



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 2000 - 03

INFORME : EVALUACION HIDROACUSTICA DE JUREL
FINAL EN LA ZEE DE CHILE, AÑO 2000

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
EJECUTORA



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA

FIP Nº 2000-03

Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE de Chile, año 2000

Mayo

2 0 0 1



INFORME FINAL

FIP 2000-03

**Evaluación hidroacústica
de jurel en la ZEE
de Chile,
año 2000**

Mayo, 2001

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP
Presidente del Consejo:
Daniel Albarrán Ruiz-Clavijo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
División Evaluación Pesquerías Nacionales
Director Ejecutivo (S) :
Guillermo Moreno Paredes

Mayo, 2001

JEFE DE PROYECTO

JOSÉ CÓRDOVA MASANES

AUTORES

- ***EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA***

JOSÉ CÓRDOVA
MARÍA ANGELA BARBIERI
MARCOS ESPEJO

- ***OCEANOGRAFÍA FÍSICA Y QUÍMICA***

SERGIO NÚÑEZ
JOSÉ ORTIZ

- ***OCEANOGRAFÍA PESQUERA***

JOSÉ CÓRDOVA
MARÍA ANGELA BARBIERI
SERGIO NÚÑEZ
VÍCTOR CATASTI

- ***PLANCTON***

VIVIAN VALENZUELA
MAURICIO BRAUN

- ***TROFODINÁMICA***

HERNÁN REBOLLEDO
LUIS CUBILLOS

- ***BIOLOGÍA PESQUERA***

JOSÉ CÓRDOVA
GUILLERMO GALINDO

Mayo, 2001



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la cuantificación de la biomasa del jurel, su distribución, las condiciones ambientales y las relaciones entre éstas y la distribución del recurso jurel, obtenidos durante un crucero de investigación, que abarcó el área entre Valparaíso (33° S) y Corral (40° S), desde las 5 millas de la costa hasta las 200 millas. Cabe destacar que 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 "Ventisquero" operado por la Pesquera "San José", entre el período que va desde el 23 de mayo al 30 de junio de 1999.

El crucero consideró la cuantificación hidroacústica del jurel; para ello y previo al crucero se efectuó la calibración del sistema SIMRAD EK-500 en ambas embarcaciones de acuerdo a lo establecido por su fabricante (SIMRAD, 1991). Asimismo, el crucero consideró la pesca con red de mediagua para la obtención de muestras de jurel para el análisis biológico pesquero, de contenido estomacal y para la identificación de ecotrazos; de estaciones oceanográficas y de plancton.

En la zona de estudio se efectuaron un total de 22 transectas, de las cuales 11 transectas tuvieron como límite occidental las 200 millas y 11 transectas alcanzaron las 100 millas en la zona de estudio. Para el muestreo oceanográfico, 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. De dichas estaciones se registraron valores de temperatura, salinidad, muestras de agua para la determinación de oxígeno, clorofila-a, y pesca de plancton con lances oblicuos con



redes Bongo. Con los datos oceanográficos obtenidos se calculó la densidad del agua ($\sigma-t$), la anomalía geopotencial y estabilidad de las masas de agua.

La cuantificación hidroacústica se realizó con un ecointegrador SIMRAD EK-500 y en la frecuencia de 38Khz, se recolectó información de la superficie hasta los 500m de profundidad. La identificación de los registros acústicos del jurel se realizó por medio de dos métodos; el primero es la estimación del coeficiente volumétrico dispersión y el análisis de los ecoregistros y el segundo por la interpretación de los ecogramas en conjunto con los resultados de la pesca de identificación. Además, cuando fue posible se consideró la captura de la flota.

Se realizaron 47 lances de mediagua de pesca de identificación, se obtuvieron muestras para realizar el análisis biológico pesquero del jurel efectuando mediciones de la composición de tamaño, peso, sexo, y obteniendo muestras para el análisis del contenido estomacal.

La biomasa estimada del jurel fue de 5.600.000 toneladas con un coeficiente de variación de 12,50% y una densidad de 85,89 t/mn².

Para el estimado de la varianza se emplearon cuatro métodos (conglomerados, estrato agrupados, bootstrap y geoestadístico). Se concluyó que el método geoestadístico permite estimaciones de biomasa con una mejor precisión.

Al comparar el resultado de la evaluación de la biomasa con los obtenidos entre 1997 y 1999 se observan importantes variaciones interanuales. En efecto, en 1997 y 1998 las biomásas presentan estabilidad en sus volúmenes (3.500.000 y 3.200.000 t), sin embargo, a partir de 1999 se registra un incremento en la abundancia desde 4.100.000 a 5.600.000 t en el presente año. Dicho incremento también se observa a través de un índice independiente del área (densidad) entre 1999 (66,75 t/mn²) y el



2000 (85,89 t/mn²). De la misma manera se determinó que la abundancia numérica total fue de 25.253.676.701 ejemplares de jurel, agrupando bajo la talla mínima legal de 26 cm el 16,25% en número y un 11,33% en peso.

En la zona de estudio se identificaron tres sectores de alta densidad. El primero comprendido entre Topocalma (34° 10'LS) y sur de Pta Nugurne (36° 20'LS), con una distribución del recurso bastante amplia y relacionada con altos valores de biomasa y registrando el valor máximo densidad histórico en las evaluaciones acústica (616,18 t/mn²), además en este sector se concentró el 60,34%% de la biomasa total. El segundo sector, se ubicó entre la Isla Sta. María (37° 00'LS) y el sur de Lebu (38°15'LS), presenta agregaciones tipo cardumen, disminuyendo de manera importante los tipos de estratos densos, este sector alcanza un 22,61% de la biomasa detectada. Finalmente, el tercer foco localizado desde el sur de Pto. Saavedra (39° 15'LS) al norte de Corral, entre las 120 a 150 mn. de la costa, observándose un reducido número de núcleos de alta densidad y agrupando el 10,08% de la biomasa registrada en el crucero.

En el sentido longitudinal, las zonas de mayor concentración de jurel no sobrepasaron las 160 mn de la costa, detectando en el sector sur bajos niveles de densidad hacia las 200 mn. (Fig. 3). Esta ausencia del recurso al oeste y noroeste de la zona de estudio, así como la escasa presencia de jurel detectada en la exploración previa al crucero entre los 40° a 42° LS, permite asegurar que gran parte de la abundancia de jurel estuvo dentro del área de estudio.

La distribución batimétrica del jurel indica que, en general, el jurel se ubicó entre los 10 a 190 m de profundidad, con un 90,00% de las agregaciones entre 10 a 100 m. En el sector norte, el recurso estuvo principalmente concentrado entre las 50 a 100 mn desde Topocalma a Pta. Nugurne, con altas densidades agrupadas entre 30 y 50 m



de profundidad. En sector oceánico la presencia de jurel es escasa y densidades superiores a las 300 t/mn² se alcanzan a menor profundidad (20 - 30 m) respecto al sector costero. En el área costera como oceánica del sector central, el jurel se localizó entre los 10 y 120 m de profundidad, manteniendo la tendencia a registrar alta densidad en superficie hacia el sector oceánico. En el área sur, la distribución batimétrica fue mayor con límites de 170 y 150 m.

En general, de norte a sur se observa una tendencia a profundizarse el recurso en el sector costero y oceánico, situación que es recurrente en las prospecciones realizadas desde 1997 y 1999, registrando este año un límite inferior mayor a lo detectado en 1999, pero dentro de los límites de los valores de 1997 (180 m) y 1998 (170 m).

La captura de jurel fue de 483.090,27 kg, de las cuales 151.362,55 kg. fue capturado por B/I "Abate Molina" y 331.727,72 kg. por el PAM "Ventisquero", con una captura promedio por lance y embarcación de 4.882,66 y 20.732,98 kg, respectivamente. El 97,86% de lo capturado correspondió a jurel mientras que la fauna acompañante representó el 2,14% de la captura total. Las especies presentes con mayores aportes fueron: caballa (1,78%), reineta (0,28%) y merluza común (0,07%).

La distribución de tallas registrada en el crucero es entre 22 a 57 cm de longitud horquilla, identificando dos grupo de estratos. El primero está conformado por individuos entre 22 a 33 cm que representa el 95,9% y son jurel de 2 a 4 años. El segundo estrato agrupa jurel adulto de 40 a 50 cm en edades de 9 años, que aportan el 2,9% al total muestreado.

La estructura de talla presenta una moda principal muy fuerte (26 cm) y una moda secundaria moderada, reiterando la ausencia de ejemplares bajo los 17 cm en la distribución de talla. Por otro lado, este año se observa un crecimiento importante a



través de la moda principal respecto a 1997 (23 cm), 1998 (24 cm) y 1999 (24 cm), lo cual contribuyó al alto volumen de biomasa estimado en la zona de estudio.

El espectro trófico de esta especie en la época de estudio fue bajo, encontrándose preferentemente en los estómagos de jurel taxas de presas de eufáusidos, peces linternas y restos de crustáceos. A diferencia de lo registrado en el año 1999, donde la presa de mayor importancia fueron los peces linternas, dominando en número, peso y frecuencia de aparición. En el año 2000, la presa de mayor relevancia en número, peso y frecuencia fueron los eufáusidos al igual que lo observado en anteriores cruceros (1991-1994).

El 24,44% de los estómagos presentó contenido estomacal, lo que difiere de los años anteriores en los cuales hubo un mayor número de estómagos vacíos.

En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 69,79%, seguido por quetognatos (11,07%), larvas de decápodos (3,28%), eufáusidos (2,41%) y ostrácodos (2,05%). El grupo ctenóforos presenta el valor más bajo de dominancia (0,07%), siendo esto característico desde 1997 a 2000. Los cinco mayores grupos aportan en conjunto un 88,21% del total de zooplancteres cuantificados, lo cual es concordante con lo registrado durante otoño de 1997, 1998 y 1999, donde estos grupos representaron el 87,7, 90,5 y 92,3%, respectivamente.

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), lo cual ha sido descrito por otros autores para la zona (eg, Wyrcki 1964; Silva y Ramírez, 1982; Osses y Blanco, 1991).



Por otra parte, la distribución superficial de la temperatura del mar evidenció aguas comparativamente más cálidas que las registradas en 1999 (junio-julio), año de bajas temperaturas debido al evento frío La Niña (1998-1999), también se destaca la intrusión de aguas más cálidas ($> 15^{\circ}\text{C}$) desde el sector oceánico al norte de los 35°S , llegando en el extremo NW a presentar aguas con temperaturas mayores a los 16°C . Además, la salinidad reveló que la isohalina de 34,2 psu estuvo restringida sólo al extremo norte del área prospectada, a diferencia de lo acontecido en el invierno de 1999 que cubrió una zona más extensa, sin embargo la actual repartición fue similar a la detallada para los años 1993 y 1994.

En general, los resultados oceanográficos registrados durante el desarrollo del crucero indican el asentamiento de normalidad oceanográfica después de las consecutivas fluctuaciones cálidas-frías establecidas por el evento ENOS 1997-98 y el evento LA Niña 1999, que estuvieron presentes en la zona de estudio.

El análisis de la cartografía, elaborada a través de SIG, muestra la agrupación del recurso en áreas pequeñas y de alta densidad, se puede observar que el recurso presentó una amplia repartición en el área prospectada. En la parte norte (desde el 32° al 34° LS) el jurel presenta una distribución costera (desde la costa hasta la longitud 73°W). En la parte central (desde el 34° al $37^{\circ} 30'$ LS) se presenta una amplia distribución alcanzando las 200 mn se encuentra distribuido desde 60 mn de la costa hasta longitud $76^{\circ} 15'\text{W}$. En el sector sur ($37^{\circ}30'\text{S}$ al sur) se presenta una amplia repartición que alcanza las 150 mn.

El análisis de los coeficientes Cramer's indica que éstos alcanzan índices de asociación bajos y muy próximos a los obtenidos en 1997. Así en la capa superficial, los índices no superan los 0,20, con excepción de la salinidad; por otra parte, en la capa de los 50 los indicadores presentan un aumento, en especial la asociación entre el jurel y la densidad que presenta un índice de 0,24.



En cuanto al rango de distribución de la especie respecto de las variables ambientales se puede observar, en la capa superficial, que el jurel se reporta en aguas cuya TSM varía entre 10°C hasta 15°C con una clara preferencia por aguas con temperaturas superficiales de 14°C; en relación con la salinidad, el jurel se distribuyó en un rango de 33,3 y 34,2 psu, prefiriendo los 33,7 a 34 psu. Respecto al oxígeno, el recurso se presenta entre 3,0 y 6,0 ml/L, pero más del 99% se distribuyó en aguas cuyo rango fluctuaba entre 5,0 y 6,0 ml/L, con una moda en 5,5 ml/L. Con respecto a la densidad, la especie se registró en un rango que varía de 25,0 a 25,4 con una clara moda de 25,2. Finalmente, la especie se distribuyó en aguas con valores de clorofila "a" entre los 1 a 60 mg/m², con una clara preferencia por aguas de bajo contenido de esta variable.

En la capa de los 50 metros de profundidad, el jurel se encuentra en temperaturas entre los 10°C a 16°C con una gran inclinación por aguas con temperaturas de 12°C; en cuanto a la salinidad, el recurso se distribuyó en un estrato de 33,3-34,2 psu, prefiriendo los 34,0 psu. Con respecto al oxígeno y a la densidad el jurel mostró preferencia por los rangos de 4,5-5,0 ml/L y 25,4 a 25,6 sigma-t, respectivamente.

Finalmente se agradece a Pesquera "San José por participar con el PAM "Ventisquero", así como por la actitud positiva de su personal de tierra y a bordo, que permitieron el desarrollo exitoso del presente estudio.



INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xvii
1. OBJETIVO GENERAL	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3. ANTECEDENTES	3
4. METODOLOGIA DE TRABAJO	5
4.1 Aspectos generales del crucero	5
4.2 Hidroacústica	7
4.2.1 Diseño de muestreo	7
4.2.2 Calibración electroacústica	8
4.2.3 Información acústica	10
4.2.4 Análisis de la información acústica	11
4.2.5 Constante de ecointegración	13
4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza	14
4.2.7 Medida de precisión del estimado	27
4.3 Pesca de identificación	28
4.4 Trofodinámica	31
4.4.1 Obtención de las muestras	31
4.4.2 Análisis de la información	32
4.5 Oceanografía física y química	38
	ix



4.5.1	Diseño general de muestreo	38
4.5.2	Análisis de las muestras y de la información	42
4.5.3	Información meteorológica	43
4.6	Plancton	44
4.6.1	Colecta de información	44
4.6.2	Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas	45
4.6.3	Biomasa zooplanctónica total	49
4.7	Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio	50
4.7.1	Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y las variables oceanográficas.	50
4.7.2	Análisis de las relaciones entre la biomasa del jurel y las variables oceanográficas	53
5.	RESULTADOS	55
5.1	Evaluación hidroacústica	55
5.1.1	Calibración electroacústica	55
5.1.2	Constante de ecointegración ($t^* mn^{2*} Sa^{-1}$)	57
5.1.3	Descripción de estructuras espaciales en la información acústica	57
5.1.4	Abundancia del recurso	62
5.1.5	Distribución geográfica del recurso	67
5.1.6	Distribución batimétrica del recurso	68
5.1.7	Análisis de los resultados de hidroacústica	69
5.2	Pesca	73
5.2.1	Pesca comparativa	73
5.2.2	Resultados de lances de pesca	75
5.2.3	Composición por tamaño	77
5.2.4	Relación longitud-peso	79
5.3	Trofodinámica	81



5.3.1	Importancia de las presas-----	82
5.3.2	Similitud trófica-----	85
5.3.3	Ración diaria de alimento (RD) y relación consumo/biomasa (Q/B)-----	86
5.3.4	Selectividad de presas por tamaño (Ursin, 1973)-----	87
5.3.5	Selectividad de jurel de acuerdo a la oferta ambiental (Chesson, 1978)-----	88
5.4	Oceanografía física y química-----	89
5.4.1	Batimetría de la zona de estudio-----	89
5.4.2	Condiciones meteorológicas-----	90
5.4.3	Muestreo regular-----	93
5.5	Plancton-----	144
5.5.1	Composición y abundancia del zooplancton-----	144
5.5.2	Distribución del zooplancton-----	149
5.5.3	Análisis estacional del zooplancton-----	152
5.5.4	Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos-----	152
5.5.5	Biomasa zooplanctónica-----	154
5.6	Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio-----	156
5.6.1	Condiciones oceanográficas y la distribución del jurel-----	156
6.	DISCUSIÓN -----	177
7.	CONCLUSIONES -----	183
7.1	Acústica-----	183
7.2	Pesca-----	185
7.3	Sección trofodinámica-----	186
7.4	Sección oceanografía-----	187
7.5	Plancton-----	189
7.6	Asociaciones-----	190
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	193

FIGURAS



INDICE DE TABLAS

TABLAS

- Tabla 1. Agregaciones de jurel por categorías.
- Tabla 2. Información de los lances de pesca realizados por B/I Abate Molina y PAM Ventisquero (mayo-julio 2000).
- Tabla 3. Clasificación de jurel por grupos de tamaño de jurel definidos cada 5 cm de longitud de horquilla (LH).
- Tabla 4. División operacional del área de estudio. Los números entre paréntesis indican el número total de transectas realizadas en cada sector.
- Tabla 5. Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular (mayo – junio 2000).
- Tabla 6. Clasificación de grupos zooplanctónicos Bodenheimer 1955.
- 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 criticos para frecuencia de 38Khz.
- Tabla 10. Indices de presencia (IC) y densidad (ID) en zonas de concentración de jurel (mayo-junio 2000)
- Tabla 11. Frecuencia de presencia de cardúmenes (en %) por milla recorrida por cruceros
- Tabla 12. Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos (mayo-junio 2000).
- Tabla 13. Abundancia en número y en peso a la talla de jurel.
- Tabla 14. Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel.



- Tabla 15. Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel.
- Tabla 16. Chi cuadrado de prueba estadística DHG para ambas embarcaciones.
- Tabla 17. Información de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/I "Abate Molina y PAM "ventisquero" en el crucero de evaluación de jurel (mayo-junio 2000).
- Tabla 18. Análisis de Chi Cuadrado para las distribuciones de talla de jurel (mayo – junio 2000).
- Tabla 19. Parámetros y estadística básica de la relación $W=a*L^b$ y t students, para B/I "Abate Molina y PAM "ventisquero" (mayo-junio 2000).
- Tabla 20. Parámetros y estadística básica de la relación $W=a*L^b$ para zona de estudio (mayo-junio 2000).
- Tabla 21. Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca (mayo-junio 2000).
- Tabla 22. Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo – junio 2000).
- Tabla 23. Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo - junio 2000).
- Tabla 24. Índice de importancia relativa (IIR) por agrupaciones de lances de pesca (mayo - junio 2000).
- 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 2000).
- Tabla 27. Índice de selectividad de Chesson (alfa) por sectores circulares de 50 mn, para eufáusidos, copépodos, ostrácodos, anfípodos y salpas (mayo-junio 2000).



- Tabla 27. Índice de selectividad de Chesson (alfa) por sector circulares de 50 mn, para eufáusidos, copépodos, ostrácodos, anfipodos y salpas (mayo-junio 2000).
- Tabla 28. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio.
- Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos en los años 1897, 1998 y 1999.
- Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos en los años 1897, 1998 y 1999.
- Tabla 30. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en 1997, 1998 y 1999.
- Tabla 31. Densidad y categorías de densidad para biomasa zooplanctónica 1997-2000.
- Tabla 32. Número de celdas ocupadas por el jurel en el área de estudio, considerando su nivel de densidad.
- Tabla 33. Estadísticos de las cartografías de distribución de jurel y de las variables ambientales en las zonas norte, centro y sur, en las capas de 5 y 50. Crucero 2000.
- Tabla 34. Rango de las variables bio-oceanográficas en áreas con presencia de jurel, en los cruceros de prospección hidroacústica de los años 1993 (Serra *et al.*, 1994b), de 1994 (Quiñónez, *et al.*, 1995) y de 1997 (Córdova *et al.*, 1998).
- Tabla 34b. Rango de las variables bio-oceanográficas en áreas con presencia de jurel, en los cruceros de prospección hidroacústica de los años 1998 (Córdova *et al.*, 1999) y de 1999 (Córdova *et al.*, 2000).
- Tabla 35. Coeficientes Cramer's de la cartografía de distribución de jurel, respecto variables ambientales en las capas de 5 y 50 m.
- Tabla 36. Probabilidades del Test Neuman-Keuls entre las macrazonas para las variables Sa (densidad promedio de jurel), temperatura, salinidad, oxígeno, densidad (sigma-t), cloa y eufáusidos.
- Tabla 37. Coeficientes de correlaciones parciales.



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución de transectas. Crucero 0005.
- Figura 2. Estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en el área de estudio.
- Figura 3. Distribución espacial de la abundancia de jurel. Crucero 0005.
- Figura 4. Correlograma por sectores. a) norte; b) centro y c) sur.
- Figura 5. Variograma para la zona de estudio. a) zona oceánica y b) zona costera.
- Figura 6. Clasificación de ecotrazos de jurel.
- Figura 7. Distribución batimétrica de jurel por categorías y sectores. a) norte; b) centro y c) sur.
- Figura 8. Distribución geográfica de lances de pesca en la zona de estudio. Crucero 0005.
- Figura 9. Distribución de tallas de jurel. a) 1997, b) 1998, c) 1999 y d) 2000.
- Figura 10. Distribución de tallas por sectores a) norte-costa; b) norte-océano, c) centro-costa; d) centro-océano, e) sur-costa y f) sur-océano.
- Figura 11. Distribución de tallas por sectores a) zona norte; b) zona centro y c) zona sur.
- Figura 12. Distribución de tallas de la fauna acompañante a) caballa, b) reineta y c) sierra.
- Figura 13. Relación longitud-peso a) machos, b) hembras y c) ambos sexos.
- Figura 14. Dendogramas de similitud trófica en jurel por grupos de tamaño (a) y por subzona (b).
- Figura 15. Agrupación de lances de pesca en sectores circulares de 50 mn de radio.



- Figura 16. Batimetría global de la zona de estudio.
- Figura 17. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el periodo de estudio a) temperatura, b) altura de olas, c) rapidez del viento y d) rosa de vientos.
- Figura 18. Distribución horizontal de temperatura. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 18(c). Distribución horizontal de temperatura. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 19. Distribución horizontal de salinidad. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 19(c). Distribución horizontal de salinidad. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 20. Distribución horizontal de densidad. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 20(c). Distribución horizontal de densidad. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 21. Distribución horizontal de oxígeno disuelto. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 21(c). Distribución horizontal de oxígeno disuelto. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 22. Distribución horizontal de a) Clorofila-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) b) Clorofila-a integrada entre 0-100 m (mg/m^2).
- Figura 23. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 1.
- Figura 24. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 2.
- Figura 25. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 3.
- Figura 26. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 4.



- Figura 27. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 5.
- Figura 28. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 6.
- Figura 29. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 7.
- Figura 30. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 8.
- Figura 31. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 9.
- Figura 32. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 10.
- Figura 33. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 11.
- Figura 34. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 12.
- Figura 35. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 13.
- Figura 36. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 14.
- Figura 37. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 15.



- Figura 38. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 16.
- Figura 39. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 17.
- Figura 40. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 18.
- Figura 41. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 19.
- Figura 42. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 20.
- Figura 43. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 21.
- Figura 44. Distribución vertical de a) temperatura, b) salinidad, c) densidad, d) oxígeno disuelto y e) clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 22.
- Figura 45. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Transecta costera.
- Figura 46. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Transecta oceánica.
- Figura 47. Perfiles verticales promedio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican desviación estándar.
- Figura 48. Perfiles verticales promedio de salinidad (psu) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican desviación estándar.
- Figura 49. Perfiles verticales promedio de densidad (σ_t) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican desviación estándar.



- Figura 50. Perfiles verticales promedio de oxígeno disuelto (ml/L) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican desviación estándar.
- Figura 51. Perfiles verticales promedio de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican desviación estándar.
- Figura 52. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector norte. Transecta 3.
- Figura 53. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector centro. Transecta 13.
- Figura 54. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector sur. Transecta 21.
- Figura 55. Distribución horizontal de la profundidad de: a) capa de mezcla (m) y b) base de la termoclina (m).
- Figura 56. Relación entre a) el componente este-oeste de la velocidad del viento y la profundidad de mezcla, b) el componente este-oeste de la velocidad del viento y la base de la termoclina, c) el componente norte-sur de la velocidad del viento y la profundidad de mezcla, y d) el componente norte-sur de la velocidad del viento y la base de la termoclina.
- Figura 57. Diagramas T-S para los sectores: a) Noroeste, b) Noreste, c) Centrooeste, d) Centroeste, e) Suroeste y f) Sureste.
- Figura 58. Distribución y abundancia de Copépodos durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 59. Distribución y abundancia de Quetognatos durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 60. Distribución y abundancia de larvas de Decápodos durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 61. Distribución y abundancia de eufáusidos. Crucero durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 62. Distribución latitudinal de Eufáusidos en otoño de 1997, 1998, 1999 y 2000.



- Figura 63. Dendograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño 2000.
- Figura 64. Distribución de la biomasa zooplanctónica para los años 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 65. Distribución espacial de la biomasa de jurel.
- Figura 66. Distribución vertical del jurel en los cruceros de cuantificación hidroacústica: 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 67. Distribución espacial de las variables oceanográficas superficiales: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t).
- Figura 68. Número de celdas de jurel respecto a variables ambientales, en el estrato superficial.
- Figura 69. Rango de distribución preferencial del jurel en el estrato superficial: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t) e) clorofila-a integrada (mg/m^2) y f) eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$).
- Figura 70. Distribución espacial de a) clorofila-a integrada (mg/m^2) y b) eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$).
- Figura 71. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 50 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t).
- Figura 72. Número de celdas de jurel respecto a variables ambientales, en el estrato de 50 metros.
- Figura 73. Rango de distribución preferencial del jurel en el estrato de 50 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t) e) clorofila-a integrada (mg/m^2) y f) eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$).
- Figura 74. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 100 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t).



- Figura 75. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 150 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t).
- Figura 76. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 200 m: a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (σ_t).
- Figura 77. Distribución de las anomalías de temperatura superficial. 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 1999 y 2000.
- Figura 78. Número de ejemplares y peso promedio por año.
- Figura 79. Número de cardúmenes de jurel de: a) sector costero, b) sector oceánico y c) total área de estudio



1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar por el método hidroacústico la biomasa del recurso jurel, *Trachurus murphyi*, existente en el litoral marítimo de las Regiones V a X 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 ítems alimentarios del jurel en el área de estudio.
- 2.5 Determinar la fauna acompañante y sus proporciones en las pescas 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.



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 Regional alcanzaron las 1.459.727 toneladas, lo que representó el 94,9% del total nacional para jurel (SUBPESCA 1999), mientras que hasta noviembre de 1999 fue de 66,5% (IFOP), producto del alto número de vedas en la zona centro-sur.

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 (proyecto FIP 97-05B y FIP 98-07), 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 Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y el PAM "Ventisquero" de propiedad de Pesquera "San José", entre el período que va desde el 23 de mayo al 30 de junio de 2000 en la zona comprendida entre las cinco y doscientas millas de la costa, desde Valparaíso (33° LS) a Corral (40° LS). En la zona de estudio se realizaron un total de 22 transectas, de las cuales 11 tuvieron como límites occidental las 200 millas y 11 transectas alcanzaron las 100 millas. (Fig 1). El B/I "Abate Molina" cubrió el sector entre las transectas 1 a 12, en tanto el PAM "Ventisquero" trabajó desde la transecta 13 a 22.

Previo al crucero, se efectuó la calibración del sistema SIMRAD EK-500 en ambas embarcaciones de acuerdo a lo establecido por su fabricante (SIMRAD, 1991). Calibración que consiste en un proceso iterativo que mide la señal de intensidad de blanco (TS) y eointegración (Sa) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, localizado al centro del haz acústico.

Entre el 23 a 31 de mayo, se realizó entre ambas embarcaciones una pesca comparativa en dos sectores; 37° 05'LS y 74 58'W (4 lances) y 35° 40'LS 75 W (7 lances). El objetivo de esta pesca fue comparar las distribuciones de tallas registradas en ambas embarcaciones, para determinar la existencia o no existencia de diferencias entre las embarcaciones.



La etapa de exploración se realizó entre el 26 a 27 de junio, suspendiendo la prospección por malas condiciones de tiempo en la zona, lo cual hizo imposible continuar con el muestreo acústico tipo zig-zag, programado hasta la latitud 42° LS. Sin embargo, antecedentes de la pesca de investigación efectuada en la zona no indican presencia importante de jurel en este sector (Barbieri *et al.*, 2000)

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron un total de 47 lances de pesca a fin de identificar ecotrazos y obtener muestras para estudios biológicos básicos y de alimentación. Para tal efecto, en ambas embarcaciones se utilizó redes de arrastre a mediagua con un forro interior de 3,5 cm, con el objeto de asegurar la retención de ejemplares de tallas menores.

Para recolectar información bioceanográfica, el B/I "Abate Molina" de eslora 43,5 m y potencia de 1400 HP, así como el PAM "Ventisquero" con eslora de 69 m. y potencia igual a 3690 HP, se habilitaron con equipos para dejar en igualdad ambas plataformas de trabajo, es así que en el PAM "Ventisquero" se embarco redes de plancton de 300 micras con sus respectivos flujómetros, huiñche oceanográfico hidraulico, cable oceanografico, botellas Nansen y CTD Seabead con perfiladores 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, no permitieron la ejecución de algunas estaciones de plancton y



oceanografía, efectuando sobre un total de 143 estaciones programadas el 76.9% y 90,2%, respectivamente.

Por otra parte, el diseño de muestreo de carácter adaptativo aplicado en la zona de estudio, permitió cubrir una área amplia durante la prospección, que incluyó la zona de distribución espacial del recurso, lo cual aseguró no perder información importante para la evaluación del recurso. Asimismo, el uso de dos embarcaciones simultaneas redujo de manera importante el tiempo de prospección, obteniendo información de distribución de jurel más instantánea, minimizando el posible sesgo asociado a desplazamientos del recurso en la zona de estudio.

4.2 Hidroacústica

4.2.1 Diseño de muestreo

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

Este diseño corresponde a un muestreo sistemático de conglomerado de tamaño variable, donde cada conglomerado es asimilado a un tramo de navegación denominado transecta. En ésta se registra la información acústica mediante el sistema compuesto por un ecosonda y 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 requirió efectuar 21 transectas en la zona de estudio. En estas transectas, se recolectó información acústica desde la superficie y los 500 m de profundidad.

La estrategia de prospección fue de tipo adaptativa, en 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 (S_a) 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:

$$Sa_t = \frac{4\pi}{\psi} * \Phi_{bs} * 1852^2 * r^2$$

donde;

- F_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB),
- r = profundidad de la esfera (m),
- r₀ = 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 (S_v), 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 :

$$ID(t / mn^2) = \frac{\sum Sa * C}{IBM^{(+)}}$$

donde,

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

b) Descripción de estructuras espaciales

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

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

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).

4.2.5 Constante de eointegración (C_b)

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

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



donde:

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

4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza

a) Abundancia 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 eointegrador 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,

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

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

$$\hat{V}_{Cb} = \left[\begin{array}{c} 2,302585 * w_k \\ 4 * \pi * 10^{\left(\begin{array}{c} TS \\ 10 \end{array} \right)^3} \end{array} \right]^2 * \left[\begin{array}{c} \hat{V}_{(w_k)} \\ w_k^2 + 10^2 \end{array} \right]$$

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

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

n_k = número de datos observados en la talla

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

w = peso estimado a la talla (promedio o mediana)

y, $\hat{V}_{\left(\begin{array}{c} TS \\ 10 \end{array} \right)}$ es la varianza de la fuerza de blanco

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



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

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

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

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

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

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

σ^2 , es la varianza general de los residuos

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

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:

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

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

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

– **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:

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

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



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

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

– Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

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

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

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:

$$\sigma_c^2 = 2 \gamma (S, V) - \gamma (V, V) - \gamma (S, S)$$

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

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

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

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

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_c^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**

– **Estimación de estructura de talla**

La estimación de la estructura de tallas será obtenida a través del siguiente estimador:

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

donde:

h = zona o estrato de pesca; h=1 primeras 100 millas; h=2 siguientes 100 -200 millas

y = lance de pesca

Sa_{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 obtendrá a través de la relación somatométrica dada por:

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

o bien el estimador:

$$\bar{w}_{hk} = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} w_{hik}$$

– **Estimación del peso medio por ejemplar.**

Este parámetro será 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” será 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} será 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} será 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} será calculado mediante el estimador dado por la siguiente expresión:

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

donde,

M_h = número máximo de lances que se pueden ser realizados

N_{hi} = número máximo de ejemplares que pueden ser medidos

y,

$$C t_{hi} = C_{hi} t_{hi}$$

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

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



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

La estimación de la varianza del estimador del peso medio a la talla se realizará 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 será obtenida 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 será 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 será 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} será calculado por:

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



4.2.7 Medida de precisión del estimado

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

a) Coeficiente de variación (Cv)

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

donde:

Vx = varianza de la media

\bar{X} = media muestral

b) Porcentaje de error (E%)

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

donde,

$V(B)$ = varianza de la abundancia

B = biomasa

t = t de student

α = nivel de confianza a un 95 %



4.3 Pesca de identificación

La unidad de muestreo fue el lance de pesca con una red de arrastre a mediagua, efectuando un total de 47 lances de pesca en la zona de estudio, siendo el recurso jurel la principal especie capturada. En la tabla 2, 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. Para ello, se utilizó una relación volumen/peso conocida o el pesaje individual cuando fue posible.

Muestreo de jurel y fauna acompañante

Se obtuvieron muestras aleatorias de la captura de dos o tres cajas de 20-25 kg, y cuando la captura se ubicó en forma estratificada por especie en el copo, es decir, no distribuida homogéneamente, se tomó una muestra en la parte anterior, centro y posterior del copo.

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



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 2. Información de lances de pesca realizados por el B/l "Abate Molina" y PAM "Ventisquero" (mayo-junio 2000).

Lance	Barco	Fecha	Hora		Posición calado		Posición virado		Tipo	Tiempo	Veloc.	Profund.	Altura
			Calado	Virado	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud					
1	ABATE MOLINA	24-05-00	14:00	15:20	3658.27	7458.28	3702.56	7453.80	Cardumen	80	4.9	41	23
2	VENTISQUERO	24-05-00	14:12	15:22	3659.92	7456.98	3704.20	7451.68	Card. Estrato	70	4.3	47	43
3	VENTISQUERO	24-05-00	19:08	20:08	3659.46	7457.68	3703.54	7453.37	Estrato	60	4.6	34	41
4	ABATE MOLINA	24-05-00	19:10	20:15	3656.78	7458.70	3701.12	7455.27	Card. Estrato	65	4.4	27	25
5	ABATE MOLINA	25-05-00	13:27	14:28	3702.03	7505.95	3703.20	7500.50	Cardumen	61	3.9	45	27
6	VENTISQUERO	25-05-00	13:30	14:30	3720.86	7505.80	3703.13	7500.54	Cardumen	60	4.1	40	40
7	VENTISQUERO	25-05-00	17:48	19:10	3703.06	7504.90	3702.54	7457.34	Estrato	82	4.0	37	39
8	ABATE MOLINA	25-05-00	17:58	19:00	3703.15	7506.52	3702.25	7500.92	Estrato	62	4.2	26	25
9	VENTISQUERO	26-05-00	08:54	10:14	3543.43	7502.22	3543.79	7504.68	Disperso	80	4.4	23	40
10	ABATE MOLINA	26-05-00	09:18	09:57	3542.60	7502.40	3543.10	7459.60	Disperso	39	4.3	30	22
11	VENTISQUERO	26-05-00	14:10	15:15	3552.36	7507.62	3557.41	7509.50	Card. Estrato	65	4.8	22	40
12	ABATE MOLINA	26-05-00	14:14	15:14	3552.32	7504.74	3556.80	7505.80	Card. Aislado	78	4.6	24	25
13	VENTISQUERO	30-05-00	04:35	05:00	3602.37	7511.81	3603.70	7509.80	Estrato	25	4.4	23	40
14	ABATE MOLINA	30-05-00	04:45	05:30	3604.19	7513.59	3603.00	7510.40	Card. Aislado	45	3.6	15	25
15	VENTISQUERO	30-05-00	06:30	07:30	3604.21	7515.54	3604.55	7511.84	Card. Aislado	60	4.1	17	40
16	ABATE MOLINA	30-05-00	06:48	07:50	603.50	7509.90	3604.20	7515.20	Card. Aislado	62	4.4	25	25
17	VENTISQUERO	30-05-00	14:55	16:02	3549.99	7443.57	3545.81	7446.68	Card. Aislado	67	4.6	29	39
18	ABATE MOLINA	30-05-00	15:09	16:10	3545.60	7445.70	3546.80	7445.40	Card. Aislado	61	4.5	19	25
19	VENTISQUERO	30-05-00	20:15	20:45	3552.10	7447.87	3550.03	7447.47	Card. Aislado	30	4.8	20	40
20	ABATE MOLINA	30-05-00	20:20	21:05	3552.00	7448.00	3549.00	7446.00	Estrato	45	3.6	10	Xx
21	ABATE MOLINA	30-05-00	23:22	23:52	3557.00	7448.00	3555.00	7449.00	Card. Aislado	30	3.8	16	xx
22	VENTISQUERO	31-05-00	01:45	02:23	3556.21	7454.88	3553.41	7453.41	Disperso	38	4.4	31	38
23	VENTISQUERO	01-06-00	18:37	19:07	3517.43	7507.91	3519.36	7506.00	Card. Aislado	30	4.3	18	40
24	ABATE MOLINA	01-06-00	22:21	23:00	3640.00	7501.00	3643.30	7500.40	Disperso	39	4.5	17	25
25	VENTISQUERO	03-06-00	06:09	07:34	3446.24	7211.80	3440.77	7209.73	Estrato prof.	85	4.2	80	40
26	ABATE MOLINA	05-06-00	15:53	16:23	3718.40	7633.41	3719.10	7613.46	Card. Aislado	30	4.2	44	25
27	ABATE MOLINA	05-06-00	19:40	20:05	3719.88	7633.58	3719.30	7631.43	Card. Aislado	25	4.1	26	26
28	ABATE MOLINA	05-06-00	23:48	00:18	3720.00	7559.21	3720.00	7602.40	Card. Aislado	30	4.2	23	24
29	ABATE MOLINA	06-06-00	13:00	14:00	3700.00	7445.45	3759.75	7449.87	Card. Aislado	60	4.2	40	22
30	ABATE MOLINA	07-06-00	09:12	10:20	3719.00	7405.50	3723.14	7403.35	Card. Aislado	68	4.2	46	20
31	ABATE MOLINA	08-06-00	06:50	07:17	3737.69	7547.71	3738.70	7546.20	Card. Aislado	27	3.4	21	25
32	ABATE MOLINA	08-06-00	18:56	19:23	3739.90	7425.20	3740.00	7423.12	Card. Estrato	33	4.0	30	24
33	VENTISQUERO	09-06-00	10:17	10:47	3508.79	7406.95	3511.09	7406.13	Card. Aislado	30	4.8	40	44
34	VENTISQUERO	09-06-00	18:29	19:30	3424.54	7335.03	3423.77	7329.66	Card. Aislado	61	4.6	18	35
35	ABATE MOLINA	09-06-00	19:15	19:45	3759.50	7530.13	3759.50	7527.67	Card. Aislado	30	4.0	31	25
36	ABATE MOLINA	09-06-00	23:45	00:02	3755.13	7549.77	3753.46	75149.84	Estrato	17	4.5	27	25
37	ABATE MOLINA	10-06-00	06:15	06:45	3753.13	7556.25	3755.00	7554.70	Estrato debil	30	3.6	31	25



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

CONT. Tabla 2

38	ABATE MOLINA	16-06-00	04:45	05:15	3848.46	7400.13	3846.79	7400.23	Disperso	30	4.0	42	25
39	VENTISQUERO	16-06-00	12:50	13:49	3440.30	7442.61	3440.84	7447.05	Card. Aislado	59	4.8	204	44
40	ABATE MOLINA	16-06-00	07:15	07:48	3834.02	7359.25	3836.49	7359.10	Disperso	33	4.2	35	25
41	ABATE MOLINA	16-06-00	16:40	17:35	3828.60	7521.34	3824.90	7523.20	Disperso	55	4.0	40	25
42	ABATE MOLINA	18-06-00	21:35	22:05	3857.87	7349.88	3859.75	7349.62	Disperso	30	3.8	42	25
43	ABATE MOLINA	19-06-00	11:59	12:46	3918.36	7512.93	3919.90	7509.75	Card. Aislado	47	3.9	55	25
44	ABATE MOLINA	23-06-00	21:36	22:10	3940.15	7408.01	3938.86	7410.30	Disperso	34	3.6	36	25
45	ABATE MOLINA	24-06-00	13:06	13:44	3919.73	7609.00	36919.46	7605.65	Card. Aislado	38	4.6	66	25
46	ABATE MOLINA	24-06-00	21:55	22:29	3920.51	7710.76	3920.16	7708.30	Estratodebil	34	4.1	44	25
47	ABATE MOLINA	25-06-00	22:02	23:09	3959.64	7612.98	4000.56	7607.66	Estrato	67	3.6	54	25

La estructura de talla fue determinada, a partir de la información agrupada en intervalos de clases de 1,0 cm. Para describir la relación longitud y el peso de jurel, se ajustó un modelo potencial.

$$W = k * L^b$$

donde,

$$L = \text{longitud horquilla (cm)}$$

- W = peso corporal (gr.)
- L = longitud horquilla (cm)
- K = peso teórico para L=0
- B = constante de crecimiento.

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

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



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

Para determinar la fauna acompañante y sus proporciones en las 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 (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.

4.4 Trofodinámica

4.4.1 Obtención de las muestras

Los estómagos de jurel se obtuvieron a partir de los muestreos biológicos realizados con individuos recolectados en lances de pesca a diferentes horas del día. Los lances se realizaron con red de media agua con una abertura de boca que osciló entre los 29 y 40 m y un tiempo de arrastre promedio de 53,4 minutos.



4.4.2 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 m³ (ind./1.000m³), 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 gravimétrico, 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



4.4.2.1 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 porcentualmente.

4.4.2.2 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.

4.4.2.3 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.



4.4.2.4 Relación consumo/biomasa, Q/B

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.

4.4.2.5 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).



4.4.2.6 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:

$$\alpha = \frac{r_i p_i^{-1}}{\sum_{i=1}^n r_i p_i^{-1}}$$

donde r_i es la proporción en número en la dieta de la especie i , p_i la proporción en el ambiente de la misma especie i , y n 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.

4.5 Oceanografía física y química

4.5.1 Diseño general de muestreo

Durante el crucero de investigación se realizaron 22 transectas de 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 (Fig 2).

En cada una de las estaciones oceanográficas realizadas a bordo de B/I "Abate Molina, se obtuvieron registros continuos de temperatura (°C), salinidad y fluorescencia (volts), hasta un máximo de 600 db de profundidad. Para ésto se utilizó un CTD (NEIL BROWN, modelo Mark III) - fluorómetro (Sea Tech), conectado a un sistema de muestreo automático tipo roseta, (General Oceanics), con 12 botellas Niskin de 5 litros y termómetros de inversión. De igual forma, en cada una de las estaciones de muestreo efectuadas en el PAM "Ventisquero" se obtuvieron



registros continuos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y fluorescencia, hasta un máximo de 600 m de profundidad mediante un CTD SEABIRD. Las muestras de agua de mar fueron colectadas mediante lances verticales con botellas Nansen de 1.5 l de capacidad.

Para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, se colectó de 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 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 oceanograficas 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 registro solo en 17 estaciones.

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



Tabla 4. 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	
Norte	16 a la 22 (7)	200	45	33°00' - 35°00'
Centro	9 a la 15 (7)	200	44	35°00' - 37°30'
Sur	1 a la 8 (8)	200	40	37°30' - 40°00'
Area Total	22	200	129	33°00' - 40°00'

El 90,2 % 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 5 resume la posición de cada una de las 22 transectas realizadas durante el estudio y el número de estaciones de muestreo.



Tabla 5. Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular. (mayo-junio 2000).

Transectas	Latitud	Longitud	Número de Estaciones	Fecha
Zona norte				
16	35°00	72°23 - 74°12	5	04/06/00
17	34°40	72°15 - 75°10	7	03-16/06/00
18	34°20	72°10 - 73°59	5	17/06/00
19	34°00	72°05 - 75°12	7	14-15/06/00
20	33°40	71°51 - 73°34	5	13/06/00
21	33°20	71°51 - 75°35	6	10-11/06/00
22	33°00	71°44 - 73°32	5	10-11/06/00
Zona centro				
9	37°20	73°54 - 77°53	8	05-07/06/00
10	37°00	73°46 - 76°39	5	06/06/00
11	36°40	73°20 - 77°17	7	01-04/06/00
12	36°20	73°03 - 74°56	4	31/06/00
13	36°00	72°58 - 76°53	7	31/05-02/06/00
14	35°40	72°47 - 74°39	5	06/06/00
15	35°20	72°38 - 76°31	8	01-05/06/00
Zona sur				
1	40°00	73°56 - 78°04	8	21-26/06/00
2	39°40	73°34 - 74°59	4	20-21/06/00
3	39°20	73°26 - 77°42	6	19-21/06/00
4	39°00	73°31 - 74°56	4	15/06/00
5	38°40	73°42 - 76°54	7	11-14/06/00
6	38°20	74°13 - 76°06	4	12/06/00
7	38°00	73°42 - 78°52	7	09-10/06/00
8	37°40	73°53 - 75°47	5	08/06/00



4.5.2 Análisis de las muestras y de la información

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

La cuantificación de la clorofila-a, se realizó midiendo la absorbancia del extracto obtenido con la técnica 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).

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

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

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

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 y 200 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 22 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.

En cada una de las estaciones oceanográficas, se calculó la profundidad de la capa de mezcla y la profundidad base de la termoclina, de acuerdo a la metodología reseñada en Kara *et al.* 2000.

4.5.3 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, tipo y cantidad de nubes, visibilidad, y altura y dirección de las olas. Se utilizaron las normas, tablas y códigos del National Oceanographic Data Center (NODC, 1991).



4.6 Plancton

4.6.1 Colecta de información

Las estaciones planctónicas se realizaron sobre el track de navegación acústico a 10, 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 ambas 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, determinado las siguientes ecuaciones de calibración:

B/I "Abate Molina" (TSK 4986):

$$V = 0,0979351 * N \pm 0,3096837$$

PAM "Ventisquero" (TSK 5074):

$$V = 0,13697326 * N \pm 0,1142362$$



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 0,6m/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 fué corregida mediante la medición periódica cada 10 m, del ángulo del cable a través de un clinómetro manual.

4.6.2 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 40 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, fué extrapolada posteriormente al total de la muestra analizada. La abundancia o densidad del zooplancton cuantificado fué 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) y Palma y Rosales (1995).

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).



Tabla 6 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 %

A partir de los datos de abundancia de cada grupo y/o phylas presentes en las muestras, se realizó un análisis de la estructura comunitaria. Para ésto se calcularon los siguientes índices: Uniformidad de Pielou, Similitud de Jaccard y Sobreposición de Horn.

El índice de Pielou da cuenta del grado de diversidad de una muestra y/o sistema y tiene valores entre 0 y 1. El valor 0, indica una máxima dominancia de una especie o grupo y el valor 1 la máxima uniformidad, es decir, todas las especies aportan de igual forma a la diversidad de la muestra alcanzando la máxima diversidad que puede tener el sistema.

Este índice se calcula en función de la diversidad de Shannon-Weaver:

$$J = \frac{H'_{obs}}{H'_{m\acute{a}x}}, 0 \leq J \leq 1$$

donde; H'_{obs} es la diversidad observada de Shannon-Weaver calculada como:

$$H'_{obs} = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$



y, H_{\max} es la máxima diversidad que podría alcanzar el sistema si las S especies tienen la misma proporción de elementos.

$$H_{\max} = \log_2(S)$$

El índice de Sobreposición de Horn, se utilizó para la medición de la diversidad específica relativa entre un par de muestras. La diversidad específica utilizada corresponde a la del índice de Shannon-Weaver, siendo la máxima diversidad aquella que se obtiene cuando los componentes de la dupla no tienen ningún elemento en común y la diversidad mínima aquella que se obtiene cuando los componentes de la dupla tienen los mismos elementos y en las mismas proporciones. El índice mide grados de superposición de esquemas de jerarquización de especies entre estos extremos. Por lo tanto, el valor 0 del índice corresponde al análisis de una dupla en que ningún elemento es común y el valor 1, a la situación inversa, en que todos los elementos son comunes y mantienen la misma proporción entre ellos (Saiz, 1980).

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 entre las especies o de los grupos 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 y de Sobreposición de Horn, se utilizó el método del promedio aritmético de pares no ponderado (UPGMA) descrito en Sneath y Sokal (1973).



Todos los índices se calcularon mediante el programa desarrollado por Sergio Rosales a partir del programa de Navarro (1984), de los trabajos de Saiz (1980), Sneath y Sokal (1973), Brylinski (1986) y Clarke (1993).

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

4.6.3 Biomasa zooplanctónica total

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



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

Para detectar la posible asociación entre la distribución de la biomasa del jurel y las variables oceanográficas medidas se efectuó un análisis espacial de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de un SIG.

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

4.7.1.1 Procesamiento de la información

Se generaron los archivos base correspondiente al crucero acústico y bio-oceanográfico realizado por IFOP en el otoño del 2000 en la zona de estudio. La información consideró los siguientes datos: latitud y longitud de las estaciones bio-oceanográficas y datos de las variables ambientales (temperatura en °C, salinidad en psu, oxígeno en ml/l, densidad en sigma-t, clorofila mg/m², eufáusidos en individuos/1000m³). Asimismo, se analizaron los archivos que contenían los muestreos acústicos que corresponden a: latitud y longitud de las lecturas acústicas y su correspondiente valor de densidad de jurel en tonelada por mn².

Con las bases de datos mencionadas anteriormente se generaron, para cada variable, archivos vectoriales compatibles con los Sistemas de Información Geográfica IDRISI for Windows (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Estos archivos contemplan la georreferenciación de la data de las diferentes variables contempladas en este estudio en diferentes capas (Tabla 7).



Para realizar una descripción espacial y temporal de las variables bio-oceanográficas y acústicas se configuraron imágenes de cada una de dichas variables.

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, de dichos vectores.

Con el objeto de superponer y relacionar distintas capas de información, fue necesario que las imágenes se encontraran en una idéntica escala espacial, en este sentido, las imágenes debían poseer una misma resolución y cobertura espacial. Lo anterior implicó generar imágenes en rasters que tuvieran similar cantidad de filas y columnas y que tuvieran igual posición y cobertura geográfica, ésto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon imágenes en rasters de 210 columnas (en el sentido E-W) y 270 filas (en el sentido N-S).

Por último, con el propósito de favorecer el análisis visual de las imágenes creadas, éstas 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.

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

VARIABLES	TIPO DATOS	CAPAS POR RANGOS DE PROFUNDIDAD
Densidad del jurel en t/mn ²	integrado	en 4 capas: 1ª: superficie a 50 m, 2ª: 51 a 100 m, 3ª: de 101 a 150 m y 4ª: 151 a 200 m.
Temperatura en °C	puntual	en 5 capas: 1ª: 5 m (superficial), 2ª: 50 m, 3ª: 100 m, 4ª 150 m y 5ª: 200 m
Salinidad en psu	puntual	en 5 capas: 1ª 5 m (superficial), 2ª 50 m, 3ª 100 m, 4ª 150 m y 5ª: 200 m
Oxígeno en ml/l	puntual	en 5 capas: 1ª: 5 m (superficial), 2ª: 50 m, 3ª: 100 m, 4ª: 150 m y 5ª: 200 m
Densidad en sigma-t	puntual	En 5 capas: 1ª: 5 m (superficial), 2ª: 50 m, 3ª: 100 m, 4ª: 150 m y 5ª: 200 m
Clorofila en mg/m ²	integrado en la columna de agua	1 a 80m
Eufáusidos en ind./1000m ²	integrado en la columna de agua	1 a 100 m
Capa de dispersión profunda	Integrado	350 a 500 m.



4.7.1.2 Relaciones entre la distribución del jurel y la distribución de variables bio-oceanográficas.

Una vez realizada la cartografía se procedió a determinar tres sectores donde se presentaba las más altas presencia de jurel, el primero denominado "sector norte" ubicado entre las latitudes 32°S y 34°S, el segundo denominado "sector central" situado entre las latitudes 34°S y 37°30'S y el tercero nominado "sector sur" localizado entre las latitudes 37°30'S y 41°S.

Posteriormente, se realizó un análisis entre la distribución del jurel y de las variables bio-oceanográficas, para tal efecto se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de la especie con respecto a las variables bio-oceanográficas (temperatura, salinidad, oxígeno, sigma-t, clorofila-a y eufáusidos). Con ésto se determinaron rangos óptimos de preferencia de la especie en relación a las variables ambientales.

4.7.2 Análisis de las relaciones entre la biomasa del jurel y las variables oceanográficas

En primer término, se realizaron asociaciones entre los planos de información de la 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).

La hipótesis a contrastar es que la distribución de la biomasa de jurel estaría asociada a la distribución de variables bio-oceanográficas. Las variables utilizadas fueron: temperatura, salinidad, oxígeno y , sigma-t en las capas de 5 y 50 m y clorofila



integrada, eufáusidos y capa de dispersión profunda. Con este análisis se buscaron hallar las combinaciones lineales de las variables originales que explicaban la mayor parte de la variación total. Se empleó el análisis en el modo R^p , primero se calculó la matriz R de correlación entre las variables originales, después se extrajeron los factores y finalmente se rotaron (Legendre y Legendre, 1979).



5. RESULTADOS

5.1 Evaluación hidroacústica

5.1.1 Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas efectuadas a bordo del B/I "Abate Molina", conjuntamente con la correspondiente al PAM "Ventisquero" 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	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
		LONGITUD DE PULSO (MSEG)					
		0,3	1,0	3,0	0,3	1,0	3,0
I. STA MARIA	10.06.91	27,1	28,2	28,5	27,5	28,2	28,8
I. STA MARIA	27.11.91	26,9	28,0	28,1	27,1	27,8	28,4
QUINTERO	21.10.92	26,9	27,9	28,1	27,0	27,5	27,9
VALPARAÍSO	20.06.93	26,8	27,9	27,9	26,9	27,5	27,6
VALPARAÍSO	09.11.93	26,5	27,2	27,4	26,9	27,2	27,6
MEJILLONES	27.02.94	26,0	27,0	27,0	26,1	26,7	27,0
VALPARAÍSO	13.07.94	25,7	26,5	26,5	25,8	26,3	26,7
VALPARAÍSO	22.04.97	26,8	27,5	27,6	27,3	27,7	27,8
VALPARAÍSO	29.12.97	26,8	27,7	27,7	27,2	27,5	27,9
VALPARAÍSO	21.11.98	26,9	27,4	27,2	27,1	27,2	27,3
TALCAHUANO	15.05.99	27,0	27,8	27,6	27,2	27,7	27,7
VALPARAÍSO	16.05.00	26,5	27,6	28,2	26,8	27,4	27,9
TALCAHUANO ¹	29.05.00	26,4	27,2	27,6	26,3	27,1	28,0
VALOR PROMEDIO		26,6	27,5	27,6	26,9	27,4	27,7
DESVIACIÓN		0,41	0,47	0,54	0,49	0,49	0,55

¹ Calibración PAM Ventisquero.



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, 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 38Khz

	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
	LONGITUD DE PULSO (MSEG)					
	CORTO	MEDIO	LARGO	CORTO	MEDIO	LARGO
T _(OBSERVADO)	0,57	0,61	0,64	0,61	0,60	0,62
T _(CRÍTICO: 95%)	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18

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



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

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), 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 $-40,05$ dB y un peso a la talla de 192.22 g. A partir de estos resultados se calculó una constante de ecointegración de $0,1548 (t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1})$, la cual es superior en solo un 15,5%, 20.9 y 11,2% a la establecida para las prospecciones de 1997, 1998 y 1999 ($0,134$; $0,128$ y $0,1391 t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$).

5.1.3 Descripción de estructuras espaciales en la información acústica

En general el recurso estuvo presente en toda la zona de estudio, exceptuando el sector comprendido desde Topocalma al norte por sobre las 100 mn de la costa, donde no se observó la presencia de agregaciones de peces en la columna de agua insonificada por los equipos acústico (ecosonda y sonar). La mayor concentración de jurel se ubicó entre Topocalma ($34^{\circ} 10'LS$) y al sur de Pta. Nugurne ($34^{\circ} 10'LS$) desde 50 a 130 mn de la costa. Hacia el sur, es posible identificar algunos sectores de abundancia más disgregados en Isla Sta María ($37^{\circ} 00'LS$) hasta el sur de Pto Lebu ($38^{\circ} 15'LS$) entre las 25 a 105 mn y desde el sur de Pto Saavedra ($39^{\circ} 15'LS$) y norte de Corral ($39^{\circ} 30'LS$) entre 120 y 150 millas de la costa.



Este tipo de distribución espacial no difiere de lo observado en anteriores cruceros realizados en la zona para los períodos de invierno, siendo este año bastante similar las distribuciones espaciales observada durante, 1992 y 1993, donde se registra un importante volumen de biomasa en el entorno de Constitución. Asimismo, en el sector norte del área de estudio, es recurrente la ausencia de recursos hacia el sector oceánico donde predominan aguas cálidas (1992, 1998 y 1999), lo que constituye un patrón característico en las evaluaciones acústicas de jurel en la zona centro-sur del país.

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

El índice presencia (IC) y densidad (ID) en la zona de estudio fue de 23,78% y 268.51 t/mn² respectivamente. Valores que están en el rango de lo registrado en las prospecciones de jurel efectuadas desde 1991-1999 (15,90 a 37,66% y 78,30 a 270,08 t/mn²). En relación al período 1997 y 1998, donde se observa variación en los índices de presencia de 35,0 y 19,48 % y de densidad 119,42 y 187,37 t/mn², indicando un cambio en el uso del espacio del recurso jurel en la zona de estudio. Los índices alcanzados este año respecto a 1999, muestran una estabilidad en la distribución del recurso en cuanto a la cobertura espacial (26,66 y 23,78), mientras que el incremento en el índice de densidad desde 185,32 a 268,51 t/mn², sugiere un incremento en la biomasa presente. En este sentido, es importante señalar que el nivel de densidad alcanzado sólo es comparable con lo registrado en 1991.

En la tabla 10, se entregan los índices de presencia y de densidad para las zonas de concentración del recurso,



Tabla 10. Índices de presencia (IC) y densidad (ID) en zonas de concentración de jurel (mayo-junio 2000).

ZONAS	INDICE PRESENCIA (IC)	INDICES DE DENSIDAD (ID)
Topocalma – Pta Nugurne	22,4	616,18
Isla. Sta María - Pto Lebu	30,8	266,11
Pto Saavedra – Corral	30,6	139,23

En general se aprecia una clara tendencia a decrecer la densidad de norte a sur, destacando el sector norte Topocalma - Pta Nugurne, con el más alto valor de densidad por sector de abundancia registrado en las evaluaciones acústicas realizadas en la zona de estudio. Hacia el sur, los índices de presencia no presentan grandes diferencias, mientras que la densidad se reduce en un 50%, indicando un fuerte agrupamiento de las agregaciones de jurel hacia el norte del área prospectada. Situación comparable solo con 1998, donde se observó en sentido contrario una fuerte concentración del recurso el sector sur del área de estudio

5.1.3.2 Número de cardúmenes por milla recorrida

El número de cardúmenes por milla recorrida expresado en porcentaje, para el crucero y anteriores evaluaciones realizadas durante invierno en la zona de estudio, se presentan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Frecuencia de presencia de cardúmenes (en %) por milla recorrida por cruceros.

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			

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. Es así que, el mayor número de cardúmenes (8) por IBM se registro durante 1997, año en el cual en la zona de estudio se presenta un evento "El Niño" de carácter intenso (anomalía +2,5 °C), observando con posterioridad una tendencia a disminuir el número de cardúmenes hacia los niveles registrados antes de 1997.

En este sentido, es posible esperar un aumento de registros con un número bajo de cardúmenes presentes por IBM, si se considera que entre 1991 a 1994, la mayor frecuencia de registros estuvo entre 1 y 3 cardúmenes por IBM, así como la tendencia paulatina de aumento para frecuencia de 1 cardumen por milla desde 1997.



5.1.3.3 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas muestra rangos distintos para los tamaños de las macroestructuras en la zona norte (1 a 3), centro (6 a 14), y sur (5 a 6) (Fig 4). Diferencias que son explicadas por el tipo de distribución espacial presente en área de estudio, al ser recurrente el aumento de tamaño de las macroestructuras en los lugares donde se concentra el recurso generando amplias zonas de distribución, como se observó en el sector centro durante 1997 (12), y sur en 1998 (9) y 1999 (9).

5.1.3.4 Variogramas

El análisis a 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 un modelo esférico tanto para el sector costero como oceánico, donde el 8,7 y 3,0% de la varianza, es explicado por un efecto "pepita", estabilizándose la varianza a una distancia de 3 millas náuticas (Fig 5). 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.



5.1.4 Abundancia del recurso

5.1.4.1 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 12.

Tabla 12 Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos (mayo-junio 2000)

MÉTODO	AREA (MN ²)	BIOMASA (T)	DENSIDAD (T/MN ²)
AGRUPADO (1985)	76.403	5.600.000	73.29
PETITGAS (1991)	65.196	5.600.000	85,89

La biomasa estimada por ambos métodos no presenta diferencias entre ellas.

En la zona de estudio, no se observaron agregaciones importantes de otros recursos, representando fauna acompañante el 2,19% de la captura. Las especies más importantes fueron: caballa *Scomber japonicus* (1,81%) y reineta *Lepidotus australis* (0,28%).

5.1.4.2 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 13.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 13. Abundancia en número y en peso a la talla de jurel.

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Frecuencia porcentual	Abundancia numérica	Abundancia en toneladas
22	6	0,00	2.835.695	314
23	249	0,97	245.303.434	30.993
24	937	4,51	1.138.324.686	163.241
25	2099	10,95	2.767.634.153	448.153
26	3238	23,01	5.812.792.560	1.057.760
27	2793	21,70	5.483.707.557	1.116.475
28	1481	13,26	3.349.741.196	759.949
29	745	8,15	2.059.803.353	518.737
30	433	5,75	1.451.982.954	404.478
31	270	3,91	986.731.549	303.045
32	186	3,26	824.585.120	278.338
33	116	2,23	562.394.250	208.039
34	52	0,73	184.017.179	74.395
35	38	0,65	163.082.851	71.871
36	24	0,23	58.051.296	27.820
37	19	0,15	37.904.325	19.708
38	20	0,18	45.373.135	25.540
39	24	0,06	14.078.007	8.561
40	48	0,07	17.706.101	11.610
41	50	0,02	4.536.780	3.202
42	44	0,02	3.838.455	2.910
43	48	0,00	677.098	551
44	59	0,01	2.326.104	2.025
45	30	0,00	1.177.668	1.096
46	37	0,01	3.662.046	3.640
47	23	0,00	375.767	398
48	21	0,03	8.350.881	9.420
49	10	0,03	7.182.388	8.615
50	16	0,05	13.873.592	17.671
51	9	0,00	34.310	46
52	8	0,03	7.692.791	11.012
53	5	0,03	6.830.764	10.348
54	1	0,00	6.658	11
57	4	0,00	15.928	30
Total	13.141	1,0	25.266.630.630	5.600.000



Los resultados alcanzados indican que se mantiene la tendencia a disminuir los ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm, tanto en número como peso, con porcentajes para la abundancia numérica de 79,54, 63,13 y 16,44% entre 1998 y el 2000, 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 ($2,52E+10$) representa un fuerte incremento respecto a 1999, donde la abundancia numérica total fue de $2,14E+10$. Asimismo, durante el crucero no se registra una presencia fuerte de ejemplares sobre 37 cm como en 1999, siendo este tipo de distribución bastante similar a lo observado en 1997 y 1998.

5.1.4.3 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 entrega en la tabla 14.



Tabla 14. Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel

MÉTODO	VARIANZA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	PORCENTAJE DE ERROR (%)
CONGLOMERADO	$2,985 \cdot 10^{12}$	30,85	50,75
ESTRATO AGRUPADO	$1,226 \cdot 10^{12}$	19,77	32,52
BOOTSTRAP	$1,391 \cdot 10^{12}$	21,06	34,64
GEOESTADÍSTICO	$4,852 \cdot 10^{11}$	12,54	20,63

El método geoestadístico presenta el coeficiente de variación más bajo (12,54%), indicando con ello una mayor precisión para el estimado de abundancia en la zona de estudio.

5.1.4.4 Varianza de la biomasa a la talla

En la tabla 15, se resume la varianza y coeficiente de variación de la abundancia en número y peso por talla de jurel.

Los resultados de la tabla 15, muestran coeficientes de variación entre 0,12 a 0,99, ubicándose la mayor precisión en el rango donde se registran las mayores frecuencias de tallas de jurel (21 a 26 cm). Este comportamiento del coeficiente de variación por talla, corresponde a lo esperado desde un punto de vista 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 15.** Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel.

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Varianza Abundancia numérica	Coefficiente de Variación	Varianza Abundancia en peso	Coefficiente de Variación
22	6	4.1836E+12	.72	5.1261E+04	.72
23	249	2.0822E+15	.19	3.3274E+07	.19
24	937	2.5804E+16	.14	5.3172E+08	.14
25	2099	1.3243E+17	.13	3.4782E+09	.13
26	3238	5.5996E+17	.13	1.8563E+10	.13
27	2793	5.0066E+17	.13	2.0786E+10	.13
28	1481	1.9616E+17	.13	1.0117E+10	.13
29	745	8.0980E+16	.14	5.1528E+09	.14
30	433	4.4437E+16	.14	3.4553E+09	.14
31	270	2.3093E+16	.15	2.1866E+09	.15
32	186	1.7699E+16	.16	2.0268E+09	.16
33	116	9.6560E+15	.17	1.3286E+09	.17
34	52	2.0958E+15	.25	3.4366E+08	.25
35	38	1.9729E+15	.27	3.8374E+08	.27
36	24	6.0285E+14	.42	1.3858E+08	.42
37	19	3.0801E+14	.46	8.3325E+07	.46
38	20	4.8384E+14	.48	1.5340E+08	.48
39	24	1.6424E+14	.91	6.0742E+07	.91
40	48	1.6911E+14	.73	7.2732E+07	.73
41	50	6.0632E+12	.54	3.0211E+06	.54
42	44	3.0040E+12	.45	1.7280E+06	.45
43	48	1.0865E+11	.49	7.1908E+04	.49
44	59	1.5406E+12	.53	1.1688E+06	.53
45	30	7.4458E+11	.73	6.4552E+05	.73
46	37	2.5474E+12	.44	2.5179E+06	.44
47	23	3.4906E+10	.50	3.9263E+04	.50
48	21	4.7736E+13	.83	6.0755E+07	.83
49	10	4.6555E+13	.95	6.6978E+07	.95
50	16	9.4022E+13	.70	1.5265E+08	.70
51	9	2.3714E+08	.45	4.3388E+02	.45
52	8	4.7280E+13	.89	9.6886E+07	.89
53	5	4.6378E+13	.99	1.0643E+08	.99
54	1	4.4327E+07	1	1.1369E+02	1
57	4	1.3221E+08	.72	4.6782E+02	.72
Total	13.141				



5.1.5 Distribución geográfica del recurso

El recurso se detectó en toda la zona de estudio, con excepción del sector ubicado al noroeste de Topocalma por sobre las 100 mn de la costa, siendo característico el patrón de distribución observado en anteriores evaluaciones, en cuanto a presencia de agregaciones alargadas y distribuidas en sentido latitudinal y paralela a la costa.

En la zona se identifican tres sectores de alta densidad (Fig 3). El primero comprendido entre Topocalma ($34^{\circ} 10'LS$) y sur de Pta Nugurne ($36^{\circ} 20'LS$), con una distribución del recurso bastante amplia asociada volúmenes altos de biomasa (Fig 3), registrando el valor máximo densidad histórico en las evaluaciones acústica ($616,18 \text{ tmn}^2$) y concentrando en este sector el 60,34%% de la biomasa detectada en el estudio.

El segundo sector, ubicado entre Isla Sta. María ($37^{\circ} 00'LS$) a sur Pto. Lebu ($38^{\circ} 15'LS$), presenta una reducción importante en el tamaño de las áreas en relación al primer sector, detectando de preferencia agregaciones tipo cardumen, disminuyendo de manera importante los tipos de estratos densos (Fig. 6). El aporte a la biomasa en este sector alcanza a un 22,61%.

En el sector sur, localizado desde el sur de Pto. Saavedra ($39^{\circ} 15'LS$) a norte de Corral, entre las 120 a 150 mn. de la costa, se observa un reducido número de núcleos de alta densidad y de menor amplitud en la distribución del recurso (Fig. 3). En este sector se agrupó el 10,08% de la biomasa registrada en el crucero.

En el sentido longitudinal, las zonas de mayor concentración de jurel no sobrepasaron las 160 mn. de la costa, detectando en el sector sur bajos niveles de densidad hacia



las 200 mn. (Fig. 3). Esta ausencia del recurso al oeste y noroeste de la zona de estudio, así como la escasa presencia de jurel detectada en la exploración previa al crucero entre los 40° a 42° LS, permite asegurar que gran parte de la abundancia de jurel estuvo dentro del área de estudio.

El patrón de distribución espacial del jurel caracterizado por una alta concentración de la biomasa al norte de Talcahuano, es bastante marcado como lo observado durante los años 1992, 1993 y 1997, donde de manera recurrente se observa por sobre el 60% de la biomasa evaluada.

5.1.6 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 190 m de profundidad, con un 90,00% de las agregaciones entre 10 a 100 m (Fig. 7). Situación que difiere de lo observado en 1998 y 1999, donde se obtuvo una distribución bimodal centrada en los intervalos de 10 a 40 m y 80 a 170 m y de 10 a 40 m y 60 a 110 m, respectivamente.

En el sector norte, el recurso estuvo principalmente concentrado entre las 50 a 100 mn desde Topocalma a Pta. Nugurne, con agregaciones de baja densidad desde la superficie a 190 m y altas densidades agrupadas entre 30 y 50 m de profundidad (Fig. 7a). En el sector oceánico la presencia de jurel es escasa y densidades (sobre 300 t/mn²) alcanzan menor profundidad (20 - 30 m) respecto al sector costero.



En el área costera como oceánica del sector central, el jurel se localizó entre los 10 y 120 m de profundidad, manteniendo la tendencia a registrar alta densidad en superficie hacia el sector oceánico (Fig. 7a).

En el sector sur, la distribución batimétrica fue mayor con límites máximos de 170 y 150 m. para la costa y océano. Las abundancias sobre 300 t/mn² estuvieron a mayor profundidad concentrándose entre los 60 a 70 y desde 80 a 90 m, respectivamente. A diferencia de lo observado en el sector norte y centro, las altas densidades de jurel se ubican más profundo en el océano.

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 y 1999, registrando este año un límite inferior mayor a lo detectado en 1999, pero dentro de los límites de los valores de 1997 (180 m) y 1998 (170 m).

Este tipo de distribución, indica que durante el día el 73,33% 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 una leve tendencia al incremento de las agregaciones en superficie respecto a 1998 (42,30%) y 1999 (69,81%)

5.1.7 Análisis de los resultados de hidroacústica

La constante de ecointegración (0,1548 t*mn⁻²*Sa⁻¹) fue mayor a la calculada durante 1997 a 1999 (0,1322, 0,1278 y 0,1404 t*mn⁻²*Sa⁻¹). Este incremento se sustenta en un mayor peso observado este año (192,22 g), respecto a 140,5 g (1997); 132,46 g (1998) y 141,06 g (1999).



La biomasa de jurel estimada en invierno del 2000 (5.600.000 t), es el volumen más alto cuantificado por método hidroacústico en la zona de estudio, entre los años 1991 a 1994 y 1997 a 1999.

Este volumen respecto al período 1991 a 1994, donde se registran estimados de biomasa de 5.050.000, 1.600.000, 2.500.000 y 1.060.000 t, indican un aumento de 10,89%, 250%, 124%, y 428%, respectivamente. Al comparar 1997 y 1998, las biomásas presentan estabilidad en sus volúmenes (3.5000.000 y 3.200.000 t), sin embargo, a partir de 1999 se registra un incremento en la abundancia desde 4.100.000 a 5.600.000 t en la zona de estudio. Este incremento también se observa a través de un índice independiente del área (densidad), que muestra en la zona cambios interanuales en la disponibilidad del recurso y un aumento real de la abundancia entre 1999 (66,75 t/mn²) y el 2000 (85,89 t/mn²).

La precisión del estimado fue de un 12,5% para el método geoestadístico, el cual entrega una mejor representatividad del área efectiva sobre la cual se distribuye el recurso en la zona de estudio. Este método que se sustenta sobre el supuesto de estacionaridad de la variable analizada, ha sido criticado por algunos autores, al plantear que su aplicación en el estudio de organismos vivos vulnera el supuesto básico, dado la capacidad de movimiento de los recursos.

El conocimiento adquirido en el marco del proyecto, conjuntamente con antecedentes de estudios adicionales (FIP 95-07, 1991 a 1994 y 1997, y Pesca de Investigación), establecen que el jurel no presenta grandes desplazamientos en la zona de estudio, siendo su período de alimentación (03-06 AM) cuando presenta su mayor actividad de natación. Esta situación sólo se ve alterada cuando opera la flota y el jurel es



sometido a estímulos que generan reacciones de escape, lo cual es sostenible sólo por un período limitado de tiempo.

En este sentido, la evaluación acústica se efectuó bajo una red de transectas cada 20 y 40 mn, durante un período de veda, detectando en la zona pequeños desplazamientos del recurso de 2 a 4 mn. después de 3 o 4 días de su detección, por tanto es posible suponer una situación estacionaria en la distribución del recurso. Al respecto, Simmonds 1998 señala que cambios a largo plazo (migraciones) tienen gran influencia en los estimados de biomasa, variograma y varianza.

La estrategia de muestreo "adaptativo" en el espacio y tiempo fue adecuada, al ubicarse la zona de estudio en el área donde estuvo presente la abundancia de jurel disponible en el sector de la pesquería. Esto se basa en la absoluta ausencia del recurso en el sector noroeste y fuera de las 100 mn de la costa, conjuntamente con la baja presencia de jurel hacia el sector oceánico y en la exploración efectuada entre la latitud 42° a 40° LS, previa al inicio de crucero. Esto sugiere que no existió una fracción importante del recurso fuera del área prospectada, al momento de llevarse a cabo la cuantificación del recurso, consolidando el alto valor de biomasa estimado para la zona de estudio.

La abundancia numérica y en peso a la talla, indica que se mantiene la tendencia a disminuir los ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm, con valores decrecientes a partir de 1998, que van desde 79,54; 63,13; y 16,44% en número y 68,09; 43,41; y 11,47% en peso. Lo anterior sugiere para la zona de estudio, un crecimiento del stock de jurel y un acercamiento a valores observados durante 1991 a 1994. En cuanto a la abundancia total en número, se evidencia un incremento de un 17,75% en el número de ejemplares presente entre 1999 y 2000.



En la zona de estudio, se detectaron tres zona de abundancia ubicadas desde Topocalma (34° 10'LS) y Pta. Nugurne (36° 20'LS); desde Isla Sta. María (37° 00'LS) a sur Pto. Lebu (38° 15'LS); y desde Pto. Saavedra (39° 15'LS) a norte de Corral (39° 30'LS), donde se concentró el 60,34%, 22,61% y 10,08% de la biomasa estimada.

En general, el recurso estuvo presente en toda la zona de estudio, exceptuando el sector sobre 100 mn de Topocalma al norte y donde no se detectó peces. Se mantiene en gran medida el patrón de distribución que establece volúmenes de biomasa superiores al 60% al norte de Talcahuano (1992, 1993 y 1997).

La distribución espacial de jurel muestra cambios en el nivel de concentración respecto a 1999, con una reducción del índice de presencia de 26,66% a 23,78% asociado a un aumento importante en la densidad desde 185,32 a 268,51 t/mn², que indica un mayor grado de agregación del recurso en el espacio, registrando entre Topocalma y Pta. Nugurne una densidad de 616,18 t/mn² nunca antes observada en la zona de estudio.

Estos cambios en la forma de ocupar el jurel el espacio, también se asocia a variaciones en el ambiente, es así que en las evaluaciones acústicas de primavera de 1991 y 1992, se observó que ante un aumento de temperatura del agua, se producen cambios en las agregaciones desde muy contagiosas a dispersas. 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 2000, con un valor máximo de 8 cardúmenes por millas (8) durante 1997, año en el cual se desarrolla un evento El Niño con anomalías de +2,5 °C,



para posteriormente disminuir progresivamente a nivel como lo registrado entre 1991, 1993 y 1994.

En el sentido batimétrico, el recurso presentó una distribución unimodal con un valor máximo a 190 metros de profundidad. Esto difiere con lo observado en 1998 y 1999, donde la distribución de profundidad fue bimodal, agrupándose de preferencia el jurel entre los 10 a 40 m y 80 a 170 m y de 10 a 40 y 60 a 110 m, respectivamente. Este año, el jurel se ubicó más superficial, al concentrar el 73,33% de las agregaciones a la profundidad de captura de los artes de cerco (80 m), a diferencia de un 67,4% y 42,3 % registrado en 1998 y 1999.

5.2 Pesca

5.2.1 Pesca Comparativa

La evaluación hidroacústica se realizó con dos embarcaciones de distinto tamaño, para lo cual hubo que verificar la existencia o no existencia de diferencia como unidades de muestreo biológico-pesquero entre sí. Es así que, antes de iniciar el crucero se llevó a cabo una pesca comparativa entre los B/I "Abate Molina" y PAM "Ventisquero", a fin de determinar diferencias significativas entre las estructuras de tallas de ambas embarcaciones, además de establecer una relación que permita estandarizar sus volúmenes de captura.

Los lances de pesca se efectuaron con redes de arrastre a mediagua 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 tiempo de arrastre, velocidad y tamaño de malla en el túnel y copo (3,5 cm).



Los resultados de la prueba de Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG), aplicada a las distintas estructuras de tallas registrada en los lances de arrastre comparativo se resume en la tabla 16.

Tabla 16 Chi cuadrado de la prueba estadística DHG para ambas embarcaciones

Lances	B/I "Abate Molina" $\chi_{\text{calculado}}$	PAM "Ventisquero" $\chi_{\text{calculado}}$	$\chi_{\text{critico}} (\alpha=0,05)$
1	12,39	8,39	18
2	15,53	11,50	18
3	17,76	11,09	23
4	7,77	4,42	22
5	15,49	16,95	21
6	1,49	23,04	24
8	6,63	16,96	21
9	2,97	9,93	24
10	11,92	26,05	30
11	71,44	87,15	26

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 "Ventisquero".

El rechazo a la igualdad de las distribuciones en el lance 11, se explicaría al no existir simultaneidad en cuanto a la hora, a diferencia de los restantes. Es así que este lance por razones operativas no se realizó en forma conjunta, calando el arte de pesca el B/I "Abate Molina" a las 23:22, en tanto el PAM "Ventisquero" lo hizo a las 01:49, existiendo además una separación mayor entre ambas zonas de pesca de aproximadamente 5 millas náuticas.



5.2.2 Resultados de lances de pesca

En la zona de estudio se efectuaron 47 lances de pesca, cuya posición geográfica se muestra en la Figura 8. En el B/I "Abate Molina" la red de arrastre registró alturas en el centro de la relinga superior de 22 a 27 m, en tanto para el PAM "Ventisquero" ésta fluctuó entre 38 a 40 m. Los lances de pesca cubrieron profundidades que van desde los 10 a 204 m, con tiempos de arrastres que oscilaron entre 25 a 85 minutos, a velocidades de arrastre entre 3,4 a 5.0 nudos.

En la tabla 17, se detalla para cada lance realizado en el área prospectada, la captura total, de jurel y fauna acompañante.

La captura total fue de 483.090,27 kg en 47 lances de pesca, de las cuales 151.362,55 kg fue capturado por B/I "Abate Molina" y 331.727,72 kg por el PAM "Ventisquero", con una captura promedio por lance y embarcación de 4.882,66 y 20.732,98 kg, respectivamente. El 97,81% de lo capturado correspondió a jurel en 43 lances de pesca con pesca, mientras que en 44 lances hubo fauna acompañante que representó el 2,19% de la captura total. Las especies presentes fueron: caballa *Scomber japonicus* (1,81%), reineta *Lepidotus australis* (0,28%), merluza común *Merlucciu gayi* (0,07%), sierra *Thyrsites atun* (0,007%), calamar *Loligo gahi* (0,002%), pez luna *Mola mola* (0,0015%), merluza de cola *Macruronus magallenicus* (0,0008%), y bonito *Sarda chilensis* (0,0004%).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 17. Información de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/ "Abate Molina" y PAM "Ventisquero" en el cruce de evaluación de jurel (mayo-junio 2000).

Lance	Barco	Fecha	Jurel	Caballa	Remeta	Calamar	Sierra	M gayi	CAPTURAS (kg)	Bonito	P. Luna	Capturafalca	Contribución/fauna
									M Coia				
1	ABATE MOLINA	24-05-00	11087,30	570,20								11637,50	4,90
2	VENTISQUERO	24-05-00	34400,65	333,45								34734,10	0,96
3	VENTISQUERO	24-05-00	12100,35	302,69								12405,04	2,44
4	ABATE MOLINA	24-05-00	19700,00	300,00								20000,00	1,50
5	ABATE MOLINA	25-05-00	4434,24	35,76								4470,00	0,80
6	VENTISQUERO	25-05-00	4884,11	77,90								4962,01	1,57
7	VENTISQUERO	25-05-00	122,34	1,71								124,05	1,38
8	ABATE MOLINA	25-05-00	4323,20	156,80								4480,00	3,50
9	VENTISQUERO	26-05-00	613,74	6,51								620,25	1,05
10	ABATE MOLINA	26-05-00	5705,56	34,44								5740,00	0,60
11	VENTISQUERO	26-05-00	6017,06	185,46								6202,52	2,99
12	ABATE MOLINA	26-05-00	7,33	0,67								8,00	6,38
13	VENTISQUERO	30-05-00	0	0								0,00	0,00
14	ABATE MOLINA	30-05-00	3328,00	0					2,0			3332,00	0,12
15	VENTISQUERO	30-05-00	1729,78	5,94								1736,70	0,40
16	ABATE MOLINA	30-05-00	825,00	5,94	18,75							844,75	2,34
17	VENTISQUERO	30-05-00	4932,24	29,77						1,00		4962,01	0,60
18	ABATE MOLINA	30-05-00	3960,00	9,0								3970,00	0,25
19	VENTISQUERO	30-05-00	1482,65	5,95								1488,60	0,40
20	ABATE MOLINA	30-05-00	14850,00	50,00	16,00							14916,00	0,44
21	ABATE MOLINA	30-05-00	5444,00	10,00								5454,00	0,18
22	VENTISQUERO	31-05-00	4847,13	14,88								4862,01	0,30
23	VENTISQUERO	01-06-00	3899,18	22,33								3921,51	0,60
24	ABATE MOLINA	03-06-00	1068,00	56,10								1124,10	5,04
25	VENTISQUERO	03-06-00	0,00	0,00				171,35				173,67	100,0
26	ABATE MOLINA	05-06-00	1890,00	3,95								1895,55	0,30
27	ABATE MOLINA	05-06-00	3420,00	5,67								3426,67	0,19
28	ABATE MOLINA	06-06-00	2,86	0,00	15,81							18,67	64,66
29	ABATE MOLINA	07-06-00	627,00	0,00	3,06							630,06	5,48
30	ABATE MOLINA	08-06-00	16000,00	749,00	190,00							16938,00	5,94
31	ABATE MOLINA	08-06-00	1600,00	0,00	14,50		1,50					1936,00	0,83
32	ABATE MOLINA	08-06-00	5844,23	588,23								6202,52	9,00
33	VENTISQUERO	09-06-00	0,00	0,00							3,72	3,72	1,00
34	VENTISQUERO	09-06-00	696,00	4,21	3,35							704,55	1,21
35	ABATE MOLINA	09-06-00	3659,00	0,00								3659,00	0,00
36	ABATE MOLINA	10-06-00	2135,00	28,00								2163,00	1,29
37	ABATE MOLINA	15-06-00	624,00	0,00	14,34							638,34	2,25
38	VENTISQUERO	16-06-00	1,88	0,00	0,00							1,88	100,00
39	ABATE MOLINA	16-06-00	60,00	0,00	225,00		18,23					303,23	80,21
40	ABATE MOLINA	16-06-00	1512,00	0,34								1512,34	0,02
41	ABATE MOLINA	16-06-00	459,80	0,00	4,69							464,49	1,09
42	ABATE MOLINA	16-06-00	13592,50	402,50								14000,00	2,88
43	ABATE MOLINA	19-06-00	2419,00	1,38	21,41							2441,79	0,93
44	ABATE MOLINA	23-06-00	496,00	4,82								500,82	0,96
45	ABATE MOLINA	24-06-00	14786,79	261,21								15048,00	1,74
46	ABATE MOLINA	24-06-00	8881,59	0,30	142,41							9024,00	1,58
47	ABATE MOLINA	25-06-00	22856,55	4231,87	671,69	5,50	18,23	173,67	2,00	1,0	3,72	233664,43	
TOTAL													

NOTA: CAPTURAS DE PAM "VENTISQUERO" ESTANDARIZADAS RESPECTO A B/ "ABATE MOLINA"



El aporte de jurel fue mayor respecto a 1999, al alcanzar el 97,86% de la captura total, aproximándose el resultado de este año a los valores históricos registrados en la zona de estudio.

El esfuerzo aplicado con ambas embarcaciones fue de 38 horas y 7 minutos de arrastre, con un rendimiento estandarizado promedio de 6.130,24 kg/hora para la pesca total y de 5.996,24 kg/hora de pesca para jurel.

5.2.3 Composición por tamaño

La distribución de talla registrada en el crucero se presenta en la figura 9d. Se muestreó ejemplares entre 22 a 57 cm de longitud horquilla, identificando dos grupo de estratos. El primero está conformado por individuos entre 22 a 33 cm que representa el 95,9% y corresponde a jurel de 2 a 4 años. El segundo estrato agrupa jurel adulto de 40 a 50 cm en edades de 9 años, que aportan el 2,9% al total muestreado (Fig. 9d).

La estructura de talla presenta una modal principal muy fuerte (26 cm) y una moda secundaria moderada, coincidiendo con lo observado en el periodo 1997-1999 (Fig. 9a,b y c), reiterando la ausencia de ejemplares bajo los 17 cm en la distribución de talla. Sin embargo, este año se observa un crecimiento importante a través de la moda principal respecto a 1997 (23 cm), 1998 (24 cm) y 1999 (24 cm), lo cual contribuyó al alto volumen de biomasa estimado en la zona de estudio.

El número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm (25,04%) y de individuos bajo los 32 cm (93,23%), se redujo respecto a 1997, 1998 y 1999, años donde se registran valores de 70,85%, 84,70% y 63,67% para la talla mínima y de



92,80%, 96,80% y 92,70% para talla de primera madurez, respectivamente (Fig. 9a, b y c). Al respecto se debe decir que el nivel de disminución observado en los individuos pequeños este año, alcanza los valores históricos de 30,70 a 22,44% registrado entre 1992 a 1994.

Al igual que los últimos tres años, la distribución de tamaños de jurel muestra ejemplares mayores en el sector sur y costero del área de estudio, que corresponden a dos lances frente a Pto. Saavedra (Fig. 10e). En el sector norte y centro, las distribuciones unimodales son bastantes similares con una moda centrada en 26 y 27 cm (Fig. 10a-d y f).

El análisis estadístico de Chi Cuadrado aplicado a las distribuciones de talla de la zona costera (< 100 mn) y oceánica (> 100 mn), en el sector norte, centro y sur del área del estudio, indican que no es posible rechazar la hipótesis nula de igualdad a un 95% de confianza en el sector norte y centro, al determinar valor de χ calculado superiores a los χ de tabla, a un 95% de confianza (Tabla 18). En el sector sur la igualdad se rechaza por la presencia de ejemplares de mayor tamaño, que son aportados por sólo dos lances frente a Pto. Saavedra, razón por lo cual se valida la estructura única de talla determinada en el estudio (Fig 11).

Tabla 18. Análisis de Chi Cuadrado para las distribuciones de talla de jurel (mayo-junio 2000)

	ZONAS		
	NORTE/SUR	NORTE/CENTRO	CENTRO/SUR
$\chi_{\text{calculado}}$	41,3	42,4	698,7
χ_{critico}	43,8	43,8	43,8

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



La estructura de talla de la fauna acompañante se entrega en la Fig 12. En ella se muestran distribuciones de tipo modal y bimodal. Los límites superior e inferior de la estructura de tallas para las especies muestradas fueron de: *Scomber japonicus* (27 a 38 cm); *Lepidotus australis* (24 a 50cm), y *Thyrsites atun* (57 a 87 cm).

5.2.4 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 19), estableciendo la no existencia de diferencias significativas entre sí, al obtener un t students calculado (0,35) inferior al t students de tabla (1,96) con un 95% de confianza. Resultado que permite refundir la información en una sola base de datos para la zona prospectada.

Tabla 19. Parámetros y estadística básica de la relación $W=a*L^b$ y t students, para B/I "Abate Molina" y PAM "Ventisquero" (mayo-junio 2000)

	ABATE MOLINA	VENTISQUERO
N DE OBSERVACIONES	1098	2341
LOG (K)	-1,95445	-1,90877
A	0,01136	0,01233
B	2,97221	2,94444
ERROR EST. (LOGK)	0,01297	0,05078
ERROR EST. B	0,00850	0,03529
R ²	0,99	0,97



En este sentido, en la tabla 20 se presentan los parámetros y estadística de las regresiones lineales longitud-peso y los parámetros resultantes para las funciones de crecimiento asimétrico, calculados para la zona de estudio. La Figura 13 gráfica los datos utilizados con sus modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relación longitud-peso.

Tabla 20. Parámetros y estadística básica de la relación $W=a*L^b$ para la zona de estudio (mayo-junio 2000)

	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
N DE OBSERVACIONES	676	799	1476
LOG (K)	-1,93400	-1,98939	-1,95046
A	0,01164	0,01024	0,01120
B	2,96251	3,00438	2,97756
ERROR EST. (LOGK)	0,01679	0,01597	0,01170
ERROR EST. B	0,01103	0,01068	0,00775
R ²	0,99	0,99	0,99

La aplicación de la prueba de t students, permite ratificar que no existe evidencia suficiente para suponer que las regresiones de machos y hembras difieren entre sí, al determinar un t students de 0,39 y de tabla de 1,96.

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



5.3 Trofodinámica

En el crucero de investigación se obtuvo estómagos con contenido en 19 lances de pesca con red de media agua, y en forma adicional se incorporó información de 5 lances de cerco. Esta colecta fue a diferentes horas del día (Tabla 21).

Tabla 21 Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca (mayo - junio 2000).

LANCE	HORA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	NUMERO DE ESTÓMAGOS	
			TOTAL	CON CONTENIDO
23	17:40	28,8	50	49
26	03:15			
27	22:19	28,6	50	3
28	11:54	35,6	50	7
29	19:46	26,8	14	13
30	01:50	34,8	50	1
31	16:01	36,8	50	0
32	21:28	28,6	50	6
35	02:51	34,0	38	18
36	23:22	36,3	50	12
37	12:10	33,6	50	13
38	02:53	45,5	50	15
40	10:50	45,7	50	34
41	20:12	27,1	50	1
42	17:35	45,8	50	8
43	13:54	33,8	50	10
44	23:07	33,9	50	1
45	20:46	32,8	50	2
46	12:23	30,6	50	2
47	21:53	27,8	50	4
A	09:50	27,5	50	1
B	20:36	28,2	49	35
C	11:40	25,6	42	4
D	22:09	27,0	43	11
E	13:00	29,5	47	27
30			1133	277

S/P: lances sin pesca.; A-E lances de cerco



El análisis del contenido estomacal indicó que un 24,44% (277) presentó algún tipo de contenido, encontrándose un total de 12 taxas de presas (Tabla 21), dentro de los cuales los eufáusidos y peces linternas dominaron la dieta de jurel.

5.3.1 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 = 3,78), seguido de los peces linternas (IIR = 2,97) y restos de crustáceos (IIR = 1,83),

Los resultados revelaron que los eufáusidos dominan la dieta de jurel en número, peso y frecuencia de aparición durante todo el período de estudio (Tabla 22). Se destaca el gran aporte en peso de los peces linterna a la dieta de jurel, pero no tiene la connotación tan relevante como en 1999, donde en peso desplazaron a un segundo lugar a los eufáusidos.

Tabla 22. Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo-junio 2000).

Presa	N%	P%	F%	IIR
Eufáusidos	81,91	52,80	45,01	3,78
Resto Crustáceos	0,15	5,44	11,97	1,83
Peces linterna	1,99	38,69	22,79	2,97
Isópodos	0,04	0,00	0,85	0,01
Anfipodos	0,03	0,01	0,28	0,00
Salpas	0,10	0,15	2,85	0,24
Microstoma sp.	0,01	2,26	0,28	0,22
Copepodo	8,08	0,14	3,70	1,50
Heteropodos	4,14	0,08	3,70	1,22
Thecosomados	2,88	0,05	2,28	0,89
Zoeas	0,02	0,00	0,57	0,00
Ostracodos	0,28	0,00	1,99	0,19
Otros	0,37	0,36	3,70	0,57



En cuanto al análisis de importancia relativa por grupos de tamaño, la especie eufáusidos en general muestra una uniformidad en todos los grupos, siendo el grupo IV y VI los que presentan los valores más altos (IIR = 4,10 y 4,04). Para el caso de peces linterna (mictófididos), estos alcanzan gran importancia en grupo de tamaños menores (I – III), con valores que oscilan entre 3,64 a 3,2. pero sin subestimar la importancia del consumo de esta taxa en los grupos IV, V y VI.

Se destaca el hecho de que los crustáceos pequeños, como copépodos, heterópodos anfípodos, aparecen sólo en individuos pequeños (grupo de tamaño I y II), alcanzando valores muy similares a la presa de mayor importancia en el espectro trófico. (Tabla 23).

Tabla 23. Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo-junio 2000).

	GRUPOS						Total
	I	II	III	IV	V	VI	
Eufáusidos	2,983	2,902	3,533	4,101	3,848	4,044	3,783
Resto Crustáceos	1,387	1,010	1,436	1,994	1,924	2,156	1,832
Peces linterna	3,639	3,329	3,209	2,297	3,175	2,145	2,968
Isópodos	0,000	0,109	1,299	0,000	0,000	0,000	0,013
Anfípodos	0,244	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
Salpas	0,337	0,205	0,000	0,000	1,386	0,076	0,237
Microstoma sp.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,773	0,216
Copepodo	1,953	2,601	0,000	0,000	0,000	0,000	1,498
Heteropodos	1,964	2,284	0,000	0,000	0,000	0,000	1,221
Thecosomados	1,183	1,964	0,000	0,000	0,000	0,000	0,886
Zoeas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Ostracodos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,193
Otros	0,836	1,511	0,000	0,000	0,000	0,000	0,568
TOTAL Estómagos							



Los resultados del análisis de IIR por zonas o agrupaciones de lances, muestran que los eufáusidos se presentan en todos los sectores excepto en la zona F, donde predominan los mictófidos, isópodos, y anfípodos. En general, los peces presentan una amplia estabilidad espacial, con un valor máximo en la zona costera norte *(75-35) y una total ausencia en el sector central sur (Tabla 24)

A diferencia de las otras presas los copépodos solo aparecen en zonas costera central (74- 37), resultado que es disímil a los obtenido en 1998, por Miranda *et al* 1998

Tabla 24. Índice de importancia relativa (IIR) por agrupaciones de lances de pesca (mayo- junio 2000).

	LAT-LON						
	35-75	37-74	38-76	39-74	40-75	40-77	TOTAL
Eufáusidos	0,90	3,66	3,67	4,06	4,30	0,00	3,78
Resto Crustáceos	1,54	0,30	1,16	2,36	0,00	0,00	1,83
Peces linterna	4,17	1,75	3,44	1,57	0,00	3,74	2,97
Isópodos	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	3,21	0,01
Anfípodos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	0,00
Salpas	0,57	0,45	0,79	0,21	0,00	0,00	0,24
Microstoma sp.	0,00	0,00	1,56	0,00	0,00	0,00	0,22
Copepodo	0,00	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50
Heteropodos	0,00	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22
Thecosomados	0,00	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89
Zoeas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracodos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
Otros	0,00	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
C/contenido							



5.3.2 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 57,80%.

Al analizar a los individuos en conjunto, estos muestran una estrecha relación entre los grupos de tamaño (I-II-III), con una diferencia casi despreciable en el consumo en peso de larvas de eufáusidos y larvas de poliquetos. (grupo I).

En los grupos VI y IV predaron principalmente sobre eufáusidos, con un pequeño consumo de salpas en el grupo V. La similitud entre ambos conjuntos es superior a la similitud promedio, debido a que los individuos de estos grupos presentaron, alternadamente, altos porcentajes en peso de eufáusidos y mictófidios (Fig. 14a).

En cuanto al análisis por zonas de pesca, se observó que en las zonas más oceánicas (A-F-C) estas se segregan del resto de las zonas, debido a un alto consumo de peces específicamente en el sector 77W – 40'LS, sector en donde se registró un 100% de mictófidios en los contenidos estomacales de jurel.

Por el contrario, en la zona más costera, la dieta de estos individuos estuvo compuesta principalmente por crustáceos, específicamente eufáusidos, donde la zona situada en los 75° LW y 40° LS alcanzó un 100% de esta presa en los estómagos (Fig. 14b).

La similitud entre ambas zonas (costera y oceánica) es inferior al nivel promedio, registrándose un valor aproximado de 25%.



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

Al analizar los resultados durante el período de estudio, los mayores valores de RD por taxón corresponden a los mictófidos (0,0352% del peso corporal), seguidos por los eufáusidos (0,0313%) y restos de crustáceos. (Tabla 25).

En relación con el Q/B consumo/biomasa, los eufáusidos fueron la presa consumida durante el periodo con un 54,5% del Q/B total y mictófidos, con un porcentaje muy similar a los eufáusidos.

Estos valores difieren de los obtenidos años anteriores (1998 y 1999), donde los mictófidos fueron 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	1,00	0,22	0,0313	0,58	54,50
Resto Crustáceos	1,00	0,09	0,0033	0,01	0,59
Peces linterna	0,93	0,46	0,0352	0,48	44,86
Isópodos	1,00	0,00	0,0000	0,00	0,00
Anfípodos	1,00	0,04	0,0000	0,00	0,00
Salpas	1,00	0,01	0,0001	0,00	0,00
Microstoma sp.	0,93	0,58	0,0006	0,00	0,04
Copepodo	1,00	0,03	0,0003	0,00	0,00
Heteropodos	1,00	0,01	0,0002	0,00	0,00
Thecosomados	1,00	0,01	0,0001	0,00	0,00
Otros	1,00	0,06	0,0008	0,00	0,01



5.3.4 Selectividad de Presas por Tamaño (Ursin, 1973)

La tabla 26 muestra que la selectividad fue similar para todas las presas, siendo las salpas las que presentaron la mayor selectividad ($ds = 0,597$) y los isópodos los menos selectivos dentro de la dieta de jurel. Las presas de mayor tamaño, como es tradicional, la constituyen los peces (mictófidios, $t\% = 0,347$ y *Microstoma sp* $t\% = 0,582$), careciendo, este último, de representatividad numérica dentro de la muestra ($n = 1$ ejemplar).

Por otra parte, considerando los grupos de tamaño en el análisis de selectividad, se observó que los resto de crustáceos, presentaron la mayor selectividad en los grupos I, II y III (ds menos 0,8889). Para los grupos de tamaño mayor, las presas más selectivas estuvieron constituidas por salpas y mictófidios, en orden de importancia.

Al comparar este patrón selectivo con lo descrito para cruceros realizados en años anteriores, los eufausidos fueron la presa más selectiva en los años 1998 y 1999

Tabla 26. Índice de selectividad de presas por tamaño de Ursin (U), desviación estándar y tamaño de la presa en porcentaje (t%) (mayo-junio 2000).

PRESAS	I			II			III			IV			V			VI			TOTAL		
	U	ds	t%	U	ds	t%															
Eufáusidos	6.68	0.80	0.12	7.11	1.46	0.08	8.44	2.22	0.02	8.77	1.62	0.01	8.3	1.61	0.02	7.63	2.23	0.04	7.71	1.90	0.04
R. Crustáceos	7.21	0.62	0.07	7.28	0.49	0.06	8.94	0.88	0.01	8.66	1.20	0.01	7.89	0.70	0.03	7.89	1.36	0.03	7.82	1.09	0.04
Peces linterna	4.45	0.93	1.16	4.91	1.35	0.73	3.24		3.88	6.05	1.43	0.23	6.86	0.99	0.10	7.59	1.34	0.05	5.66	1.71	0.34
Isópodos				11.6	0.02	0.00	15.2		0.00										12.8	2.12	0.00
Anfípodos	7.82		0.04																7.82		0.04
Salpas	9.03		0.01	8.73	0.47	0.01							9.15	0.71	0.01	9.69	0.31	0.00	9.12	0.59	0.01
Microstoma sp.															5.14		0.58		5.14		0.58
Copepodo	8.97	0.18	0.01	8.74	1.23	0.01													8.77	1.13	0.01
Heteropodos	9.31	1.34	0.00	9.26	1.25	0.00													9.27	1.20	0.00
Thecosomados	9.42		0.00	9.32	1.04	0.00													9.33	0.96	0.00
Otros	9.01	3.03	0.01	8.28	1.99	0.02													8.39	1.99	0.023



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

El índice de selectividad (α) de Chesson, se determinó sólo con 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 lances tradicionales de plancton.

Para este análisis se utilizaron zonas o sectores circulares de 50mn de radio (Fig. 15), según el resultado de la estimación de la distancia aproximada que un jurel recorre en medio día descrito por Miranda *et al.* 1998.

Los resultados revelaron que los individuos capturados en las zonas 76W-38'LS, 74W-39'LS y 75W-40'LS, presentaron una alta selectividad sobre los eufáusidos, disminuyendo levemente hacia el sector norte, siendo reemplazado por otras presas (zona A y B).

En la zona más oceánica, los eufáusidos presentaron una selectividad igual a cero con respecto al predador, alcanzando gran importancia los anfípodos. Cabe destacar que en esta región la dieta de jurel, compuesta casi en su totalidad por mictófidios, lo que puede ser un factor de sesgo sobre los resultados de este último análisis (Tabla 27).



Tabla 27. Índice de selectividad de Chesson (α) por cuadrante artificial en jurel (mayo-junio 2000), para eufáusidos, copépodos, ostrácodos, anfipodos y salpas.

	LATITUD-LONGITUD						TOTAL
	35-75	37-74	38-76	39-74	40-75	40-77	
Eufáusidos	0,615	0,903	0,976	0,999	1,000		0,991
Copépodos		0,035					0,003
Ostrácodos		0,039					0,003
Anfipodos		0,014				1,000	0,001
Salpas	0,385	0,005	0,024	0,001			0,002

5.4 Oceanografía física y química

5.4.1 Batimetría de la zona de estudio

A partir de los datos de profundidad de ecosonda registrados en el B/I "Abate Molina" y PAM "Ventisquero" durante el crucero, se graficó la batimetría de la zona de estudio (Fig. 16). 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 39° LS), el talud pierde estas características, presentando nuevamente una plataforma más extensa, similar a la descrita para la región norte.



5.4.2 Condiciones meteorológicas

Las mediciones de las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, dirección e intensidad del viento, temperatura del aire y altura de olas, fueron registradas en ambas embarcaciones y son resumidas en la Tabla 28. El sector norte cubierto por el PAM "Ventisquero", abarcó el período entre el 1 y el 18 de junio de 2000, en tanto para el sector sur, cubierto por el B/I "Abate Molina" incluyó un período mayor, que va desde el 1 al 27 de junio de 2000.

En el sector norte, la temperatura superficial del aire fluctuó entre los 16 y 21 °C ($18,615 \pm 1,806$ °C, $n=50$). En contraste con lo anterior, en la región sur del área de estudio (al sur de los 36°S), la temperatura del aire fue mucho más fría fluctuando entre los 14 y 5 °C ($10,413 \pm 2,018$ °C, $n=70$). La Figura 17a muestra las variaciones temporales de la temperatura superficial del aire en ambas regiones del área de estudio.

La Figura 17b presenta las variaciones temporales en la altura de las olas para todo el crucero. La altura de las olas en el sector norte fue significativamente menor que la registrada en el sector sur del área, fluctuando entre los 0,5 y 3,5 m con un promedio de $1,89 \pm 0,916$ m, $n=50$). Por el contrario, al sur de los 36° LS, y en consistencia con el mal tiempo imperante durante la realización del crucero, la altura de la ola tuvo un promedio significativamente mayor de $4,208 \pm 2,076$ m ($n=72$), con un rango entre los 1 y 8 m de altura.



Las Figuras 17c y d muestran la evolución temporal de la rapidez y dirección del viento en la región de estudio. Al norte de los 36° LS, la rapidez del viento tuvo un promedio de $15,649 \pm 10,679$ nudos (rango entre 0 y 40 nudos, $n=57$), situación similar a la registrada en el sector sur donde el promedio fue de $14,437 \pm 7,224$ (rango entre 0 – 28 nudos, $n=71$); no obstante, debido a que la información meteorológica proviene sólo de la registrada durante la realización de las estaciones oceanográficas, no incluye tres eventos de mal tiempo (temporales fuertes) acontecidos en la región sur del área de estudio durante la realización del crucero.

Por otro lado, la Figura 17d presenta el diagrama de la rosa de los vientos de 8 puntas graficadas para el sector norte y sur del área de estudio, de acuerdo a la información registrada por ambas naves participantes del estudio. Al norte de los 36° LS, el viento fluyó desde el cuadrante sur presentando un promedio de $196,364 \pm 113,28$ ° para un total de 55 datos, con la mayor frecuencia de ocurrencia centrada en los sectores Noroeste (23,64%) y Sur. Por el contrario, en la región sur el viento fluyó principalmente desde los cuadrantes norte con un promedio de $39,303 \pm 63,467$ ° para un total de 66 datos, donde las mayores frecuencias de ocurrencia fueron desde los componentes Noreste (60,61%) y Norte (33,33%).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 28 Condiciones atmosféricas en la zona de estudio.

FECHA	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (nudos)	Temperatura media (°C)	Altura de olas (m)
ZONA SUR: 09 al 26 de junio de 2000				
09	30,75	9,50	11,67	2,50
10	35,00	25,00	12,00	4,00
11	31,33	20,67	11,83	5,67
12	19,00	23,00	10,88	6,75
14	96,50	12,25	8,15	5,50
15	16,25	14,50	8,50	5,50
19	31,50	20,00	7,75	3,00
20	33,50	21,00	11,90	6,00
21	31,20	21,60	10,84	4,80
22	33,00	20,00	12,00	4,00
24	125,50	12,50	10,00	4,50
25	25,50	17,00	7,38	4,25
26	32,00	32,00	15,00	4,00
ZONA CENTRO: 31 de mayo al 08 de junio de 2000				
31	55,20	14,60	11,26	1,60
01	8,0	16,40	11,38	1,60
04	98,00	22,00	10,83	8,00
05	26,67	12,33	10,33	5,00
06	26,25	7,25	10,58	3,33
07	99,75	14,25	10,88	2,50
08	18,40	9,00	13,00	5,80
ZONA NORTE: 03 al 17 de junio de 2000				
03	76,50	18,00	19,00	2,40
10	135,00	5,00	19,96	2,08
11	202,50	12,00	18,67	0,80
13	315,00	35,00	16,00	3,10
14	270,00	20,00	17,00	2,40
15	202,50	22,00	16,00	2,75
16	202,50	10,00	17,00	2,50
17	202,50	10,50	17,80	1,63



5.4.3 Muestreo regular

5.4.3.1 Análisis horizontal de las variables oceanográficas

Se entrega la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, *i.e.*, temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (expresada como sigma-t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a (mg/m³). Los estratos de profundidad considerados en este análisis fueron: 5, 25, 50, 100, 200, y 400 m de profundidad.

a) Estrato de 5 m de profundidad

Temperatura: En este estrato, la temperatura presentó un rango de variación amplio, considerando toda el área prospectada, fluctuando entre los 11,69 y los 16,46 °C, con un promedio de $13,77 \pm 0,908$ °C (n=128 datos).

La Figura 18a muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato de 5 m de profundidad. Se destaca la intrusión de aguas más cálidas (>15°C) desde el sector oceánico, lo que se manifiesta claramente al norte de los 36°LS, llegando hacia el extremo NW a presentar aguas con temperaturas mayores a los 16°C. La posición de la isoterma de 14°C presentó un sentido SW-NE, generando un gradiente longitudinal en el sector centro-norte del área de estudio. La distribución de la temperatura en este estrato de profundidad reveló también la incursión de tres filamentos de aguas frías desde la región costera hacia el océano, extendiéndose más hacia el oeste con la latitud, generando gradientes térmicos levemente más intensos en estos sectores.



En el extremo sur del área de estudio (al sur de los 39°LS) no existieron gradientes longitudinales de temperatura, por el contrario, en este sector ésta disminuyó latitudinalmente hasta alcanzar valores menores a 12°C hacia los 40° LS.

Salinidad: En este estrato, la salinidad presentó un rango de variación de 1,04 psu (rango entre 33,26 – 34,30 psu) considerando toda el área prospectada y un valor promedio de $33,89 \pm 0,228$ psu (n=128 datos).

La distribución espacial de la salinidad en el estrato de 5 m de profundidad se presenta en la Figura 19a y muestra la incursión de aguas con salinidades mayores (> 34 psu) en la región centro-norte del área de estudio. La posición de la isohalina de 34 psu tuvo un sentido SE-NW, revelando un claro gradiente latitudinal en esta variable; no obstante, también se detectó leves gradientes longitudinales, tanto en el sector norte (por la localización de núcleos costeros de aguas más salinas (> 34,2 psu) en el extremo NE, como en el sector sur (desde los 36°LS hacia el sur), donde, por el contrario, la región costera presentó salinidades bajas debido al aporte de aguas continentales, verificándose núcleos de aguas menos salinas (<33 psu) asociados principalmente al estuario del río Valdivia.

Densidad: La densidad del agua de mar a los 5 m de profundidad presentó una variación de $0,83 \sigma_t$ (rango entre 24,99 – 25,82 σ_t) y un valor promedio de $25,37 \pm 0,171 \sigma_t$ (n=128 datos), considerando toda el área prospectada.

La Figura 20a muestra la distribución espacial de la densidad del agua de mar en el estrato de 5 m de profundidad. Se destaca la presencia de aguas menos densas (<25,2 σ_t) asociadas al sector oceánico de la zona centro-norte (al norte de los 36°LS) siendo consistentes espacialmente con aguas más cálidas. Al igual que para



el caso de la temperatura, las isopicnas de $25,2 \sigma_t$ y $25,3 \sigma_t$ tuvieron una disposición espacial en un sentido SW-NE, revelando gradientes de densidad longitudinales, positivos hacia la costa. Similarmente a la distribución de temperatura, se detectó la intrusión desde el sector costero de dos filamentos de aguas más densas en el sector centro-norte, que alcanzaron entre las 25 y 50 mn desde la costa.

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 $4,84 \text{ ml l}^{-1}$ y los $7,09 \text{ ml l}^{-1}$ ($5,67 \pm 0,469 \text{ ml l}^{-1}$, $n=94$ datos), considerando toda el área prospectada.

La Figura 21a muestra la distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, evidenciando una distribución homogénea centrada en las isolíneas de concentración de 5 y 6 ml l^{-1} . No se distinguió gradientes longitudinales ni latitudinales en la distribución de oxígeno.

b) Estrato de 25 m de profundidad

Temperatura: En esta oportunidad, se entrega también la distribución térmica horizontal a los 25 m de profundidad, como valores representativos del estrato situado sobre la termoclina. En este estrato, la temperatura también presentó un rango de variación amplio, considerando toda el área prospectada, fluctuando entre los $11,57$ y los $16,46 \text{ }^\circ\text{C}$, levemente menor que en el estrato de superficie, esto es, $13,69 \pm 0,944 \text{ }^\circ\text{C}$ ($n=128$ datos).

La Figura 18b muestra una situación similar a lo reseñado para el estrato superficial, esto es, aguas más cálidas asociadas al sector oceánico de la zona centro-norte y



aguas más frías hacia la región costera, quedando confinadas a una estrecha banda de 50 mn de ancho en el sector norte y extendiéndose más hacia el occidente al sur de los 37° LS. El extremo sur sigue presentando aguas con temperaturas menores a los 12,5 °C.

Salinidad y Densidad: En este estrato, la salinidad presentó una estadística básica muy similar al del estrato superficial, con un rango de variación de 1,03 psu (rango entre 33,26–34,29 psu) y un valor promedio de $33,90 \pm 0,218$ °C (n=128 datos), considerando toda el área prospectada.

La distribución horizontal de salinidad a los 25 m de profundidad (sobre la termoclina; Fig. 19b), evidenció una situación similar a lo descrito para el estrato superficial; sin embargo, y a diferencia de éste, no se aprecia tan claramente la influencia de aguas continentales en la zona costera a la forma de núcleos de aguas menos salinas (v.g., región costera asociada al estuario del río Valdivia).

La densidad del agua de mar mostró un valor promedio de $25,4 \pm 0,190$ σ_t (rango entre 24,98 – 26,04 σ_t). De la misma forma a lo observado para las variables temperatura y salinidad, el estrato de 25 m (Fig. 20b), evidenció una situación similar a lo descrito para el estrato superficial. Se enfatiza, sin embargo, que los valores máximos de densidad (25,9 σ_t) correspondieron a una lengua de agua más densa proyectada al NW del puerto de Talcahuano.

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar en el estrato de 25 m de profundidad presentó también aguas bien oxigenadas, con un rango de variación entre los 2,74 ml l⁻¹ y los 7,13 ml l⁻¹ ($5,53 \pm 0,60$ ml l⁻¹, n=92 datos), considerando toda el área prospectada.



La distribución horizontal a 25 m de profundidad (Fig. 21b), representativo del estrato situado sobre la termoclina, presentó una distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto similar a la reportada para en el estrato superficial.

c) Estrato de 50 m de profundidad

Temperatura: En este estrato, la temperatura presentó un mayor rango de variación considerando toda el área prospectada, fluctuando entre los 10,65 y los 16,47°C, aunque el promedio fue levemente menor que en los estratos superiores, esto es, $12,82 \pm 01,172$ °C (n=125 datos). La distribución horizontal de la temperatura en este estrato (Fig. 18c) describió un comportamiento similar al detectado a nivel superficial, esto es, temperaturas más altas (>15°C) registradas hacia el sector noroccidental del área de estudio, notándose un desplazamiento de la isoterma de 14 C hacia el sector NW debido a la presencia de aguas más frías en la región costera que alcanzan las 100 mn desde la costa, generando un claro gradiente térmico (1,5 °C en 20 mn) dispuesto en un sentido SW-NE en la región centro-norte del área de estudio. Al igual que en los estratos superiores, al sur de los 39°S se verificaron temperaturas frías (< 12,5 °C), sin la presencia de gradientes longitudinales.

Salinidad: En este estrato la salinidad presentó un rango de variación de entre 33,60 y 34,48 psu y un valor promedio de $34,00 \pm 0,159$ psu (n=125 datos), al considerar toda el área prospectada. La distribución espacial de la salinidad mostró la presencia de aguas con salinidades mayores (> 34 psu) hacia el sector costero del área de estudio (Fig. 19c). A diferencia de lo reseñado para los estratos superiores, la isohalina de 34 psu tuvo una disposición paralela a la costa y se extendió más hacia el sector oceánico y hacia el sur de Punta Lavapié, alcanzando los 38° LS.



La distribución espacial anteriormente descrita revela gradientes longitudinales y la ausencia de gradientes norte-sur en el área de estudio. Al sur de los 38° LS y en la región oceánica (>100 mn) se verificaron salinidades menores a 34 psu, no evidenciándose aguas de mezcla en la región costera producto del aporte de ríos locales.

Densidad: En este estrato (Fig. 20c), se observó la incursión de aguas menos densas ($< 25,1 \sigma_t$) asociadas al extremo noroccidental del área de estudio, en forma similar a lo acontecido al sur de los 39° LS donde las aguas con densidades menores ($25,4 \sigma_t$) penetran desde el sector oceánico. Por el contrario, aguas de mayor densidad ($> 26,0 \sigma_t$) quedaron restringidas al sector más costero (< 25 mn) desde la costa. Este comportamiento espacial de las isopícnas revela la existencia de claros gradientes costa-océano, positivos a la costa, que se verificaron en el sector oceánico del área de estudio, más allá de las 100 mn desde la costa. En este estrato de profundidad, la densidad del agua de mar presentó un valor promedio de $25,65 \pm 0,278 \sigma_t$, con un rango de variación fluctuando entre los 24,99 y los 26,33 σ_t para las 125 estaciones de muestreo.

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, en el estrato de 50 m de profundidad, presentó un rango muy amplio de variación, fluctuando entre los 1,44 ml l⁻¹ y los 5,96 ml l⁻¹ ($4,86 \pm 0,87$ ml l⁻¹, n=86 datos).

Esta variable presentó diferencias en su comportamiento espacial comparado con lo reseñado en estratos superiores, esto es, no presentó una distribución homogénea de concentraciones, a excepción del sector situado al sur de los 38° LS, sino un claro gradiente costa-océano en gran parte del área de estudio, asociado principalmente a la presencia de concentraciones menores de oxígeno disuelto (4 ml l⁻¹), en la región costera desde los 35 a los 37° LS (Fig. 21c).



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, esto es, la presencia de una distribución homoterma en gran parte del área de estudio, centrada en la isoterma de 11 °C, sin la presencia de gradientes longitudinales ni latitudinales de importancia (Fig. 18d). El rango de fluctuación de la variable al considerar todas las estaciones realizadas (n= 118) fue de 9,6 – 13,11 °C con un valor promedio de $10,92 \pm 0,534$ °C, un descenso de casi 2 °C respecto del promedio reseñado para el estrato anterior.

Salinidad y Densidad: En este estrato (Fig. 19d) la isohalina de 34 psu queda restringida al sector más oceánico del área de estudio, donde se verifican aguas menos salinas; en tanto que, en el sector costero (< 75 mn desde la costa) se observa la penetración hacia el sur de aguas con salinidades de 35,5 y 35,6 psu, caracterizando la presencia incipiente de las AESS en este sector, alcanzando la latitud de 37°LS. El rango de fluctuación de la salinidad al considerar todas las estaciones realizadas (n= 118) fue de 33,84 – 34,70 psu, con un valor promedio de $34,22 \pm 0,213$ psu.

La distribución espacial de la densidad en este estrato (Fig. 20d), muestra que la isopicna de $26 \sigma_t$ se ha extendido hacia el extremo oceánico del área de distribución, verificándose en casi toda el área de prospección, salvo en el extremo norte y en el sector oceánico a los 39°LS, aguas con densidades superiores a los $26 \sigma_t$. La presencia costera de aguas con densidades mayores a $26,4 \sigma_t$ revela AESS en el sector centro-norte del área de estudio. El rango de fluctuación de la densidad al



considerar todas las estaciones realizadas ($n= 118$) fue de $25,62\sigma_t - 26,49 \sigma_t$, con un valor promedio de $26,18 \pm 0,183 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: La Figura 21d muestra la distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto para el estrato de 100 m de profundidad, donde la isolínea de 3 ml l^{-1} de concentración se extiende hacia el sector oceánico (alcanzando las 160 mn) entre los 34° y los 39° LS, verificando aguas bien oxigenadas sólo en el extremo noroccidental y suroccidental del área de prospección. Por el contrario, la región más costera (< 50 mn) presentó valores bajos de oxígeno, llegando a apreciarse concentraciones mínimas ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$) en la región costera situada entre Constitución y Talcahuano. El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, al considerar todas las estaciones realizadas ($n= 80$) fue entre los $0,38 \text{ ml l}^{-1}$ y los $5,96 \text{ ml l}^{-1}$, con un valor promedio de $3,05 \pm 1,345 \text{ ml l}^{-1}$.

e) Estrato de 200 m de profundidad

Temperatura: El rango de fluctuación de la temperatura al considerar todas las estaciones realizadas ($n= 109$) fue de $8,35 - 11,27$ °C con un valor promedio de $9,91 \pm 0,641$ °C. La distribución de la temperatura en este estrato (Fig. 18e) fue homogénea con valores centrados en la isoterma de 10 °C, sin la presencia de gradientes longitudinales ni latitudinales de importancia.

Salinidad y Densidad: El rango de fluctuación de la salinidad al considerar todas las estaciones de muestreo ($n= 109$) fue de $34,13 - 34,75$ psu, con un valor promedio de $34,51 \pm 0,134$ psu. En este estrato (Fig. 19e), la isohalina de $34,5$ psu se ha extendido hacia el sector occidental, alcanzando más allá de las 100 mn desde la costa, y hacia el sector sur (hasta los 39° LS). La presencia de aguas con



salinidades mayores a 34,6 psu (AESS), presentó una extensión longitudinal mayor en el extremo norte, alcanzando las 100 mn, para ir estrechándose más hacia la costa a medida que penetra hacia el sur, alcanzando el Golfo de Arauco como límite austral.

Para el caso de la densidad (Figura 20e), esta variable presentó una distribución espacial homogénea centrada en la isopicna de $26,6 \sigma_t$. Se aprecian leves intrusiones de aguas menos densas, en los extremos noroccidental y suroccidental, con valores de 26,4 y 26,5, respectivamente. El rango de fluctuación de la densidad al considerar todas las estaciones de muestreo ($n= 109$) fue de $26,35\sigma_t - 26,74 \sigma_t$, con un valor promedio de $26,58 \pm 0,070 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: La distribución horizontal de oxígeno disuelto (Fig. 21e) presentó gran parte de la región costera del área de estudio con concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$), la cual se extiende hacia el sector oceánico entre los 36 y 37°LS, confirmando la presencia costera de las AESS en este estrato de profundidad. En la región noroccidental (entre los 33 y 34°LS) y suroccidental (entre los 38 y 40°LS) del área de estudio, se presentaron dos núcleos de concentraciones mayores de oxígeno, alcanzando valores mayores a 3 ml l^{-1} . El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, al considerar todas las estaciones ($n= 74$) fue entre los $0,28 \text{ ml l}^{-1}$ y los $4,79 \text{ ml l}^{-1}$, con un valor promedio de $1,38 \pm 0,902 \text{ ml l}^{-1}$, más de $1,5 \text{ ml l}^{-1}$ inferior al promedio reseñado para el estrato de 100 m de profundidad.



f) Estrato de 400 m de profundidad

Temperatura: El rango de fluctuación de la temperatura en este estrato, considerando todas las estaciones de muestreo ($n= 100$) fue de $5,89 - 9,26$ °C con un valor promedio de $7,19 \pm 0,791$ °C, casi 3 °C inferior al promedio de temperatura registrado para el estrato de 200 m de profundidad. A diferencia de lo registrado en el estrato anteriormente descrito, a los 400 m de profundidad la distribución de la temperatura presentó un gradiente longitudinal positivo a la costa en toda el área de estudio, verificándose aguas con temperaturas mayores a 8 °C restringidas a la costa (< 50 mn) y temperaturas menores a los 7 °C más allá de las 100 mn. En este estrato no se observaron gradientes latitudinales.

Salinidad y Densidad: El rango de fluctuación de la salinidad en este estrato, considerando todas las estaciones ($n= 100$) fue de $34,25 - 34,62$ psu, con un valor promedio de $34,38 \pm 0,091$ psu, valor inferior al reseñado para el estrato de 200 m de profundidad. La distribución horizontal de la salinidad en este estrato se presenta en la Figura 19f, mostrando una distribución relativamente homogénea, centrada en la isohalina de 34,4 que abarca la región intermedia de toda el área de estudio, la que no evidencia gradientes latitudinales de importancia. A diferencia del estrato anterior, las AESS se observan sólo restringidas al sector Noreste, al norte de los 35° LS y entre la costa y las 75 mn, observándose en casi toda el área de estudio valores centrados en los 34,4 psu. El sector más oceánico (> 100 mn) evidenció aguas menos salinas ($< 34,3$ psu) indicando la presencia de Aguas Intermedias Antárticas (AIA), las que se expresan en mayor extensión al sur de los 39° LS.

La densidad (Figura 20f) presentó una distribución espacial homogénea centrada en la isopícnica de $26,8 \sigma_t$, con un núcleo de aguas menos densas ($< 26,8 \sigma_t$) situado en



el sector costero al norte de Constitución. El rango de fluctuación de la densidad al considerar todas las estaciones de muestreo ($n= 100$) fue muy estrecho, fluctuando entre los $26,75\sigma_t$ y los $26,99 \sigma_t$, con un valor promedio de $26,90 \pm 0,050 \sigma_t$.

Oxígeno disuelto: El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar, al considerar todas las estaciones ($n= 70$) fue muy amplio ($4,57 \text{ ml l}^{-1}$) variando entre los $0,31 \text{ ml l}^{-1}$ y los $4,88 \text{ ml l}^{-1}$, con un valor promedio de $2,34 \pm 1,060 \text{ ml l}^{-1}$ superior al reseñado para el estrato de 200 m de profundidad. En este estrato, la distribución horizontal de oxígeno disuelto (Fig. 21f) presentó concentraciones mayores que las descritas para los 200 m de profundidad, asociadas principalmente a las AIA. Se destaca sólo la presencia de gradientes longitudinales (costa-océano), positivas al océano. Aguas con concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$), características de las AESS quedaron restringidas sólo al sector noreste del área de estudio. El sector oceánico ($> 100 \text{ mn}$) presentó concentraciones mayores a 3 ml l^{-1} .

g) Distribución horizontal de la clorofila-a superficial e integrada

La distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a) (Fig. 22a), evidenció valores que fluctuaron entre los $0,07$ y $1,67 \text{ mg m}^{-3}$. Si bien un gran porcentaje del área prospectada presentó valores menores a los $0,3 \text{ mg m}^{-3}$, sin presentar gradientes latitudinales ni longitudinales de importancia, fueron detectados 2 núcleos de concentraciones más altas ($>1,0 \text{ mg m}^{-3}$), uno de ellos asociado a la región costera (34°LS , entre las 10 y 20 mn desde la costa) con un valor máximo de $1,6 \text{ mg m}^{-3}$, y otro situado al SW de la Isla Mocha ($38^\circ30'\text{LS}$) a una distancia de 50 mn desde la costa, con un valor máximo de $1,1 \text{ mg m}^{-3}$.



La clorofila-a integrada presentó un rango de variación entre los 2,69 y 80,89 mg m⁻² y un valor promedio de 13,13 ± 10,92 mg m⁻², considerando todas las estaciones de muestreo realizadas en el área de estudio. La distribución espacial de la clorofila-a integrada en la columna de agua (Fig. 22b) muestra la presencia de una región norte (hasta los 35°30'LS) con valores muy bajos (< 10 mg m⁻²), en comparación con el sector sur (al sur de los 37°LS) donde los valores de clorofila-a integrada son levemente mayores (15 mg m⁻²). La distribución espacial de esta variable permite apreciar la presencia de dos núcleos de concentraciones más altas, uno asociado al sector nororiental del área de estudio (34°LS, 10 mn desde la costa) con valores superiores a 80 mg m⁻² y, otro situado inmediatamente al oeste de Punta Lavapié (> 50 mg m⁻²).

5.4.3.2 Análisis distribución vertical de las variables oceanográficas: secciones oceanográficas

Transecta 1 (Fig. 23). La transecta 1, situada en el extremo sur del área de prospección (ver figura 2), presentó una estructura térmica superficial (0-100 m) caracterizada por la ausencia de gradientes longitudinales de importancia, por la presencia de aguas con temperaturas centradas en la isoterma de 12 °C y por una escasa estratificación térmica. Entre los 150 y los 200 m de profundidad la temperatura estuvo caracterizada por la isoterma de 10 °C, descendiendo a una tasa relativamente constante con la profundidad a valores menores a 6 °C hacia el estrato entre los 500 y 600 m.

La estructura vertical de la salinidad mostró la influencia superficial (< 33,7 psu) de aguas de origen continental en las estaciones correspondientes a la mitad costera del transecto y sobre los 40 m de profundidad; no obstante, en todo el sector



superficial del transecto se detectaron salinidades menores a 34,0, indicando aguas de mezcla entre las ASAA y de origen continental (Figura 23b). Lo anterior generó un gradiente vertical de salinidad, situado entre los 40 y 100 m de profundidad, situado entre 10 y 100 mn desde la costa. A partir de 130 mn esta estratificación se debilita hasta hacerse ausente hacia el extremo oceánico del transecto. Bajo los 150 m de profundidad, se aprecia un núcleo de aguas más salinas centradas en la isohalina de 34,4 psu, el que tiene un espesor de 180 m en la región costera, extendiéndose hacia el sector oceánico (hasta las 130 mn) donde se presenta un espesor de sólo 40 m. No se verificó la presencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AEES) en este sector.

En el estrato superficial la distribución vertical de la densidad muestra un gradiente longitudinal, debido a la presencia de aguas menos densas ($< 25,6 \sigma_t$) en la región costera. Entre la costa y las 130 mn se observó una pycnoclina situada entre los 40 y 80 m de profundidad (Fig. 23c), la que no se expresa en la parte oceánica del transecto (entre 130–200 mn), siguiendo similar comportamiento al reseñado para la variable salinidad. Bajo los 200 m la densidad disminuye a una tasa relativamente constante con la profundidad, hasta alcanzar valores mayores a $27 \sigma_t$ hacia los 500 m.

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó una capa superficial bien oxigenada a lo largo de todo el transecto, con valores mayores a 5 ml l^{-1} (Fig. 23d). Entre la costa y las 130 mn se observó una oxiclina situada aproximadamente entre los 60 y 100 m de profundidad, en tanto que en las estaciones 3 y 4, situadas en el extremo oceánico del transecto, no se verificó esta estratificación. En profundidad no se observó la presencia de concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml/l}$), descendiendo sólo a valores centrados en la isolínea de 2 ml l^{-1} , cuyo núcleo se



extendió verticalmente entre los 140 y 340 m en la región costera (25 mn), disminuyendo su espesor a 60 m al alcanzar las 130 mn desde la costa. Bajo este estrato la concentración de oxígeno disuelto comienza a incrementar hasta valores mayores a 4 ml l^{-1} , caracterizando a las Aguas Intermedias Antárticas (AIA) en el estrato comprendido entre los 400 y 600 m de profundidad.

Por último, los valores de clorofila-a (Fig. 23e) mostraron una distribución homogénea, donde la capa superficial (entre 0 y 100 m) estuvo bien caracterizada por las isolíneas de concentración de 0,17 y 0,15 mg m^{-3} a través de todo el transecto.

Transecta 2 (Figura 24). A diferencia de la transecta anterior, la transecta 2, situada a los $39^{\circ}40' \text{LS}$, tuvo su límite longitudinal en las 75 mn; no obstante, al igual que en la transecta 1, la temperatura en el estrato superficial no presentó gradientes longitudinales, verificándose una capa superficial homoterma que abarcó los primeros 40-60 m de profundidad (Fig. 24a). Bajo los 100 m la distribución de la temperatura descendió monótonicamente con la profundidad, destacando la profundización de la isoterma de 9°C hacia la región costera, debido principalmente a la presencia de aguas más salinas en este sector.

La distribución vertical de la salinidad es presentada en la Figura 24b. En esta figura se aprecia aguas menos salinas ($< 33,5 \text{ psu}$) entre la costa y las 25 mn debido a la mezcla con aguas de origen continental. Tal como se describió en la transecta anterior, toda la transecta presentó un estrato superficial con valores menores a 33,8 psu. Entre las 25 y 75 mn desde la costa se aprecia un gradiente vertical salino situado entre los 60 y 80 m, el cual tiende a debilitarse hacia el extremo oceánico del transecto. De igual manera, se destaca la presencia de un núcleo de aguas con salinidades mayores a 34,5 psu, ausentes en la transecta anterior, restringido a la



región costera y dispuesto entre los 280 y 320 m de profundidad. Bajo los 350 m, la salinidad desciende hasta alcanzar valores menores a 34,3 psu hacia los 500 m de profundidad. Por su parte, la distribución de la densidad del agua de mar reveló una pycnoclina situada entre los 60 y los 80 m de profundidad a lo largo de toda la transecta, notándose más débil hacia las estaciones oceánicas del transecto (75 mn) (Fig. 24c).

Debido a malas condiciones climáticas y del mar, la información relativa al contenido de oxígeno disuelto y concentración de clorofila-a en esta transecta se encuentra remitida sólo a las dos estaciones más costeras (10 y 25 mn desde la costa). No obstante, para este sector se verificó un comportamiento vertical similar a lo reseñado para la transecta anterior, esto es, una columna de agua bien oxigenada centrada en la isolínea de 5 ml l⁻¹ y la presencia de valores bajos de clorofila-a, inferiores a 0,2 mg m⁻³ (Figs. 24d y e).

Transecta 3 (Fig. 25). La distribución vertical de la temperatura en la transecta 3 es presentada en la Figura 25a. Esta figura evidenció un estrato superficial con la presencia de aguas levemente más cálidas (> 14°C) en la región más costera en comparación con el extremo oceánico del transecto, donde las temperaturas no superaron los 13 °C. Lo anterior hace que se verifique una termoclina débil sólo hasta las 100 mn desde la costa, la cual se situó entre los 60 y 100 m de profundidad. Bajo los 200 m de profundidad la temperatura desciende monótonicamente hasta alcanzar valores menores a 6 °C bajo los 450 m.

La Figura 25b muestra la distribución vertical de la salinidad en la transecta 3, destacando las bajas salinidades superficiales (< 33,4) en las primeras 25 mn desde la costa, debido a la mezcla con aguas de origen continental asociadas a la



desembocadura del río Toltén, lo que genera un mayor grado de estratificación vertical que alcanza los 80 m de profundidad. El estrato superficial del resto de la transecta presentó aguas con salinidades homogéneas centradas en las 33,9, sin variaciones longitudinales ni verticales hasta aproximadamente los 160 m de profundidad, donde se observó la presencia de una débil haloclina la que se intensifica hacia el extremo oceánico del transecto. Sólo aproximadamente a 130 mn desde la costa se detectó un pequeño núcleo subsuperficial (280-320 m) de mayor salinidad ($>34,4$ psu), revelando la ausencia de las AESS en este transecto. Bajo los 400 m, las aguas tuvieron salinidades homogéneas centradas en los 34,3 psu, de forma similar a lo descrito para las transectas anteriores.

El campo vertical de densidad (Fig. 25c) exhibió similar tendencia que la distribución de salinidad, esto es, un sector costero (< 25 mn) con presencia de aguas de densidades menores a $25,4 \sigma_t$ y una pycnoclina leve situada entre los 60 y 140 m, la que se intensifica hacia el sector oriental. Bajo los 200 m la densidad del agua de mar disminuyó a una tasa relativamente constante con la profundidad hasta alcanzar valores mayores a $27 \sigma_t$ bajo los 500 m.

La distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto presentó un esquema muy similar al descrito para la transecta 1, no obstante, la virtual ausencia de aguas con concentraciones menores a 2 ml l^{-1} condiciona la presencia de una oxiclina mucho más débil, la que se profundiza hacia el sector oceánico (Fig. 25d). Al igual que lo reseñado para la transecta anterior, la distribución vertical de la clorofila-a evidenció valores bajos, menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 25e).

Transecta 4 (Fig. 26). La distribución vertical de la temperatura presentó esta vez un ascenso de las isotermas de 11, 12 y $13 \text{ }^\circ\text{C}$ hacia la región costera, generando en



superficie (0-100 m) un gradiente latitudinal con aguas más frías ($< 12^{\circ}\text{C}$) en la región costera y aguas más cálidas ($> 13^{\circ}\text{C}$) en el extremo oceánico del transecto (Fig. 26a). Una débil termoclina se verificó entre las 25 y 75 mn, profundizándose hacia la región oceánica donde se situó entre los 60 y 100 m. Al igual que en las transectas anteriores, el estrato situado entre los 200 y los 300 m de profundidad estuvo dominado por aguas comparativamente más frías, con temperaturas centradas en las isotermas de 9 y 10°C . Bajo este estrato la temperatura desciende a una tasa relativamente constante desde 10°C (a 300 m) a 6°C (550 m).

La distribución vertical de la salinidad (Fig. 26b) mostró un patrón de distribución muy similar a lo reseñado para la transecta 2 (que también alcanzó las 75 mn desde la costa), no obstante también se verificó un cierto grado de mezcla superficial entre las ASAA y aguas de origen continental en el sector costero, éste fue menor que en las transectas anteriores detectándose salinidades superiores a 33,7 psu. Todo el resto de la transecta presentó salinidades superficiales centradas en las isohalinas de 33,8 y 33,9 psu, verificándose un gradiente vertical situado entre los 80 y 120 m hacia las 25 mn, el que se profundiza en aproximadamente 40 m hacia el extremo oceánico de la transecta. Al igual que en la transecta 2, se aprecia la presencia de un máximo salino ($> 34,5$ psu) entre los 200 y 300 m, el que no alcanza a extenderse más allá de 50 mn.

La distribución vertical de la densidad presentó un patrón muy similar al reseñado para la transecta 2, con una muy leve pycnoclina situada entre los 40 y 80 m en el sector costero que se profundiza levemente hacia las 75 mn desde la costa (Fig. 26c). Si bien la transecta 4 tuvo información sobre la concentración de oxígeno disuelto y clorofila-a sólo para las estaciones 19 y 20, situadas en la región más costera, se advierte la presencia de concentraciones de oxígeno menores a las establecidas



anteriormente, llegando a valores de mínima de oxígeno ($< 1,0 \text{ ml l}^{-1}$) entre los 120 y 240 m de profundidad (Fig. 26d). La distribución vertical de la clorofila-a presentó, en general, valores menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$. Las concentraciones más altas detectadas superficialmente en el extremo costero de la transecta alcanzando los $0,17 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 26e).

Transecta 5 (Fig. 27). La distribución vertical de la temperatura en esta transecta indicó también diferencias longitudinales, con aguas superficiales comparativamente más frías ($< 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$) en el extremo costero de la transecta y aguas más cálidas ($> 13^{\circ}\text{C}$) hacia el sector oceánico, entre las 75 y 160 mn (Fig. 27a). Se destaca también la presencia superficial de dos lentes de aguas más cálidas de aproximadamente 40-60 m de espesor situados en las 100 mn (aguas superiores a 14°C) y 25 mn desde la costa (aguas superiores a $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Una termoclina débil fue observada con mayor claridad en el sector oceánico de la transecta (100-160 mn), situándose entre los 60 y 100 m de profundidad. Al igual que lo reseñado en las transectas anteriores, el estrato entre los 200 y 300 m estuvo bien caracterizado por las isotermas de 9 y $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, las que presentaron un descenso hacia la región costera debido a la presencia de AESS. Bajo los 300 m, la temperatura que disminuyó a una tasa relativamente constante con la profundidad hasta alcanzar valores menores a $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo los 500 m.

La distribución vertical de la salinidad en la transecta 5 (Fig. 27b) mostró leves diferencias longitudinales en el estrato superficial, con aguas menos salinas ($< 33,8 \text{ psu}$) en la región costera, asociadas a la desembocadura del río Imperial, y aguas comparativamente más salinas ($> 33,9 \text{ psu}$) hacia la región oceánica del transecto (160 mn). Lo anterior generó gradientes salinos mayores hacia la región costera, con una haloclina bien desarrollada entre los 60 y 140 m de profundidad, la cual se



profundiza y debilita entre las 75 y 100 mn, presentando el sector oceánico una capa de mezcla mayor (≈ 120 m de espesor). Esta profundización de las isohalinas de 34,0 a la 34,3 psu es consistente con la presencia costera del máximo salino ($> 34,5$ psu) que se extiende entre los 160 y 300 m de profundidad, denotando la presencia incipiente de AESS en este sector. Bajo los 400 m, la disminución de la salinidad a valores menores a 34,3 psu revela la presencia de Aguas Intermedias Antárticas (AIA) a estas profundidades.

La estructura vertical de densidad presentó un claro lente de aguas menos densas ($< 25,4 \sigma_t$) en el sector intermedio de la transecta y una pycnoclina identificable a lo largo de todo el transecto, situándose entre los 60 y 100 m de profundidad, debilitándose hacia las estaciones situadas en el extremo occidental del transecto (Fig. 27c). Al igual que en las transectas descritas con anterioridad, bajo los 200 m la densidad aumenta a una tasa casi constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a $27 \sigma_t$ bajo los 500 m.

La distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto muestra, en gran parte de la transecta (entre las 10 y 75 mn), una oxiclina bien desarrollada situada entre los 60 y 140 m de profundidad, la que se profundiza y debilita hacia el extremo oceánico de la transecta (estación 31). Entre los 200 y 300 m y hacia el sector costero se verificó un núcleo de concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$) el que estuvo asociado espacialmente al núcleo de mayores salinidades ($> 34,5$ psu) indicando la presencia de AESS (Fig. 27d). Bajo los 400 m se verifican aguas con mayores concentraciones de oxígeno disuelto ($> 4,0 \text{ ml l}^{-1}$) caracterizando las AIA a esas profundidades.



Tanto la distribución vertical de la clorofila-a, como sus concentraciones no presentan variaciones respecto de lo reseñado para todas las transectas anteriores, verificándose nuevamente concentraciones menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ a lo largo de toda la transecta (Fig. 27e).

Transecta 6 (Fig. 28). La transecta 6, situada al oeste de la Isla Mocha, tuvo su límite occidental a 100 mn desde la costa. La distribución vertical de la temperatura siguió un patrón similar al descrito para la transecta precedente, esto es, un gradiente longitudinal superficial con aguas más frías en el sector costero de la transecta ($<13 \text{ }^\circ\text{C}$) y comparativamente más cálidas hacia el sector oceánico (100 mn, $> 14 \text{ }^\circ\text{C}$), debido al ascenso hasta alcanzar la superficie, de las isotermas de $13 \text{ }^\circ\text{C}$ (que rompe a las 25 mn), 12°C y $11 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 28a). El estrato situado entre los 200 y los 300 m de profundidad estuvo dominado por aguas comparativamente más frías con temperaturas entre 10 y $11 \text{ }^\circ\text{C}$. Bajo este estrato la temperatura desciende a una tasa relativamente constante desde 10°C ($\approx 250 \text{ m}$) a 6°C ($\approx 500 \text{ m}$).

El campo salino presentó un lente superficial de aguas de menor salinidad ($< 33,7$ psu) asociado a las 25 mn, probablemente por la influencia remota de aguas provenientes del río Imperial. El resto de la transecta presentó aguas con salinidades centradas en la isohalina de 33,9 psu. Este gradiente longitudinal en la distribución superficial de la salinidad y la intrusión subsuperficial (160 - 300 m) del núcleo de máxima salinidad ($>34,5$ psu, flujo hacia el sur de las AESS), generó un gradiente vertical más acentuado en la región costera, situado entre los 60 y 100 m de profundidad. Al igual que lo reseñado en la transecta anterior, el núcleo de AESS sólo se extiende hasta las 50 mn, donde su espesor disminuyó a sólo 40 m. Bajo los 400 m, la disminución de la salinidad a valores menores a 34,3 psu revela la presencia de AIA a estas profundidades.



El campo vertical de densidad presentó valores superficiales levemente menores ($<25,4 \sigma_t$) en la región oceánica del transecto y una picnoclina situada aproximadamente entre los 40 y 100 m a lo largo de todo el transecto. (Fig. 28c).

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un comportamiento similar al descrito para la transecta anterior. Si bien esta transecta sólo cuenta con información referente a las dos estaciones más oceánicas (estaciones 29 y 30), no obstante, es posible apreciar el mismo debilitamiento y profundización de la oxiclina hacia el sector oceánico que fue descrito para la transecta anterior, y se infiere la presencia de un núcleo de concentraciones mínimas de oxígeno asociado subsuperficialmente al sector costero sobre el talud continental (Fig. 28d).

Las concentraciones de clorofila-a siguen siendo bajas, sin embargo, esta vez la distribución de clorofila-a presentó gradientes laterales, debido a la presencia de un núcleo costero (50 mn) subsuperficial (10-20 m) que presentó concentraciones superiores a $0,26 \text{ mg m}^{-3}$, en tanto que el sector oceánico mantuvo concentraciones centradas en la isolínea de $0,17 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 28e).

Transecta 7 (Fig. 29). La distribución superficial (0-100 m) de la temperatura reveló un gradiente longitudinal, presentando aguas más cálidas ($> 14 \text{ }^\circ\text{C}$) entre las 100 y 160 mn y comparativamente más frías ($< 13 \text{ }^\circ\text{C}$) hacia la costa. Lo anterior incide en el aumento del gradiente térmico en la mitad oceánica del transecto, termoclina que se situó entre los 40 y 60 m hacia las 100 mn y se profundiza levemente hacia el extremo oceánico del transecto (Fig. 29a). Bajo los 300 m la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante hasta valores menores a $6 \text{ }^\circ\text{C}$ bajo los 500 m de profundidad.



En gran parte del transecto se detectó la presencia superficial de aguas con salinidades menores a 33,9 psu y el ascenso de las isohalinas de 34,0, 34,1 y 32,2 psu hacia el sector intermedio de la transecta (75 mn), lo que generó la presencia de una haloclina más superficial (40-80 m) e intensa hacia las estaciones costeras y, más débil y extensa (100-200 m) hacia el sector oceánico (Fig. 29b). Al igual que en la transecta anterior, la presencia de las AESS se verificó entre los 140 y 300 m de profundidad, extendiéndose sólo hasta las 50 mn desde la costa. Bajo los 500 m se verifican salinidades menores a 34,3, caracterizando las AIA en este estrato de profundidad.

La densidad siguió el patrón de distribución vertical de la temperatura, evidenciando una región oceánica superficial con densidades menores a $25,4\sigma_t$, incrementándose levemente hacia el sector costero, alcanzando valores superficiales de $25,6\sigma_t$. Se observó una picnoclina bien desarrollada a través de toda la transecta, levemente más profunda y menos intensa hacia el extremo oceánico de transecto (Fig. 29c).

La distribución vertical oxígeno disuelto presentó un estrato superficial (0-50 m) bien oxigenado, con concentraciones mayores a 5 ml l^{-1} y una oxiclina desarrollada en gran parte del transecto, situada entre los 40 y 80 m de profundidad, a excepción del sector oceánico, donde las isolíneas de 5 y 4 ml l^{-1} se profundizan debilitando este gradiente vertical (Fig. 29d). Entre los 160 y 260 m, se observó un núcleo de concentraciones menores a $1,0 \text{ ml l}^{-1}$, caracterizando las AESS, el que se extiende hasta las 75 mn desde la costa (Figura 16d). El incremento de la concentración de oxígeno disuelto bajo los 400 m, hasta alcanzar los $4,0 \text{ ml l}^{-1}$ hacia los 600 m, revela la presencia de AIA en este estrato. Por otra parte, a diferencia de lo descrito anteriormente, la distribución vertical de la clorofila-a mostró un conspicuo núcleo subsuperficial (30 m) con concentraciones mayores a $0,90 \text{ mg m}^{-3}$ situado a las



50 mn desde la costa. El resto del área de estudio presentó concentraciones mayores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 29e)

Transecta 8 (Figura 30). La transecta 8, situada al oeste de Punta Morquilla tuvo una extensión máxima de 100 mn. La distribución vertical de la temperatura presentó una distribución muy similar a la reseñada en la transecta anterior, si se considera sólo la mitad de la transecta 7, vale decir, presentó aguas más cálidas ($>14 \text{ }^\circ\text{C}$) hacia las 100 mn y comparativamente más frías ($< 13 \text{ }^\circ\text{C}$) hacia la costa, lo que incidió en el aumento del gradiente térmico hacia el extremo oceánico del transecto, situando la termoclina entre los 40 y 60 m (Fig. 30a). Bajo los 300 m la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante hasta valores menores a 6°C bajo los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de la salinidad (Fig. 30b), presentó un gradiente salino identificable en todo el transecto, a excepción de la estación más oceánica situada en las 100 mn. La haloclina estuvo situada entre los 40 y los 80 m, siendo más débil en la región costera debido al ascenso de las isohalinas de 33,9 y 34,0 psu. Al igual que en las dos transectas anteriores, se denota la presencia de un núcleo de máxima salinidad situado entre los 140 y 340 m de profundidad, extendiéndose sólo hasta las 50 mn desde la costa.

La distribución de la densidad no mostró cambios respecto de la transecta anterior, vale decir, presentó un leve gradiente longitudinal, positivo a la costa, en el estrato superficial y una pycnoclina situada entre los 40 y 100 m que se manifestó a lo largo de todo el transecto (Fig. 30c). Por otra parte, la distribución de oxígeno disuelto evidenció una oxiclina bien desarrollada prácticamente en todo el transecto, que sólo alcanzó las 50 mn (estación 43), situada entre los 40 y 120 m de profundidad



(Fig. 30d), con un núcleo subsuperficial costero de concentraciones menores a 1 ml l^{-1} consistente con el núcleo de alta salinidad que caracteriza el flujo de las AESS hacia el sur.

La distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a presentó valores bajos (menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ en el sector oceánico (50 mn) y un núcleo subsuperficial (20-30 m) con concentraciones máximas ($> 0,8 \text{ mg m}^{-3}$), situado en el extremo oriental de la transecta (10 mn, estación 41) (Fig. 30e).

Transecta 9 (Figura 31). La distribución vertical de la temperatura en la transecta 18 presentó un patrón espacial casi idéntico a lo reseñado para las dos transectas anteriores, con una termoclina situada entre los 60 y 100 m, más intensa y levemente más profunda en las estaciones situadas en el sector oceánico de la transecta. Bajo los 200 m, la temperatura disminuye a una tasa relativamente constante hasta alcanzar valores menores a los $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo los 500 m de profundidad (Fig. 31a).

Por otra parte, la distribución transversal de la salinidad en esta transecta, situada hacia el oeste de Punta Lavapié, evidenció un lente superficial de aguas menos salinas ($< 33,9 \text{ psu}$) en la parte intermedia del transecto y el ascenso de las isohalinas de 34,0 a 34,4 psu hacia la región costera. La haloclina fue más intensa y profunda (100-200 m) en la región oceánica, entre las 100 y 200 mn y más débil y somera (40-120 m) en la región costera (Fig. 31b). Entre los 150 y los 300 m de profundidad se detectaron dos núcleos de mayores salinidades ($> 34,5 \text{ psu}$), uno asociado a la región costera que no sobrepasó las 50 mn y tuvo un espesor de 180 m y otro oceánico (entre las 130 y 200 mn) con un espesor menor, situado entre los 220 y los 300 m de profundidad, núcleos que corresponderían al flujo hacia



el sur de las AESS a través de las dos ramas (costera y oceánica) de la corriente de Günther (Fig. 31b).

La distribución vertical de la densidad del agua de mar en esta transecta muestra la presencia de una capa de mezcla mayor (60 m) hacia la mitad oceánica de la transecta y un ascenso de las isopicnas entre $25,4\sigma_t$ y $26\sigma_t$ entre las 75 y 100 mn. La piconclina se verificó a lo largo de todo el transecto, situada entre los 40 y 100 m de profundidad, gradiente que se profundiza en casi 40 m hacia el sector oceánico (Fig. 31c).

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un estrato superficial bien oxigenado (concentraciones mayores a 5 ml l^{-1}), una oxiclina identificable en todo el transecto pero más débil y profunda desde las 100 a las 200 mn y, la presencia de dos núcleos muy claros de concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$) situados entre los 160 y los 340 m de profundidad, asociados a la región costera (50 mn) con un espesor de 160 m y a la oceánica (entre las 130 y 200 mn) con un espesor menor, situado entre los 180 y los 320 m de profundidad, lo que se corresponde espacialmente con los dos núcleos de máxima salinidad ($> 34,5 \text{ psu}$) corroborando la ubicación vertical de los flujos subsuperficiales de las dos ramas de la corriente de Günther. Bajo los 450 m se incrementan los valores de oxígeno disuelto hasta los 4 ml l^{-1} , corroborando la presencia de AIA en este estrato de profundidad (Fig. 31d).

A diferencia de la transecta precedente, nuevamente los valores de clorofila-a vuelven a ser bajos, no sobrepasando los $0,22 \text{ mg m}^{-3}$ en todo el transecto. Bajo los 40 m de profundidad, los valores fueron menores a $0,16 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 31e).



Transecta 10 (Figura 32). En esta transecta la distribución vertical térmica es casi la misma que la distribución reseñada para la transecta anterior; no obstante se aprecia un lente de aguas más cálidas en el sector medio de la transecta lo que hace incrementar levemente el gradiente térmico en dicho sector, ubicando la termoclina entre los 40 y 80 m de profundidad (Fig. 32a). Al igual que en transectas anteriores, el estrato comprendido entre los 200 y 400 m estuvo bien caracterizado por las isotermas de 8 y 9 °C, temperatura que disminuyó monótonicamente con la profundidad hasta alcanzar valores menores a los 6 °C bajo los 500 m.

De igual manera, las distribuciones de salinidad y densidad mostraron patrones similares a los descritos con anterioridad; no obstante en esta oportunidad aparecen aguas más salinas ($>34,6$ psu), caracterizando claramente a las AESS, las que no alcanzan a extenderse a las 50 mn desde la costa y se situaron en el estrato entre los 140 y 240 m (Fig. 32b). A diferencia de lo reseñado con anterioridad, el núcleo formado por la isohalina de 34,5 psu alcanza esta vez las 100 mn, disminuyendo su espesor a 40 m. En esta oportunidad, se evidenció aguas menos salinas ($< 34,0$) y menos densas ($< 25,6\sigma_t$) en la región oceánica de la transecta, verificándose una capa de mezcla menor (40 m) que en las dos transectas anteriores y una picnoclina situada entre los 40 y 80 m, identificable a lo largo de prácticamente todo el transecto (Fig. 32c).

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó nuevamente un estrato superficial bien oxigenado (concentraciones mayores a 5 ml l⁻¹) y una oxiclina identificable en todo el transecto situada entre los 20 y los 80 m de profundidad (Fig. 32d). Subsuperficialmente se detectó nuevamente la presencia de un estrato de concentraciones mínimas de oxígeno que estuvo situado entre los 120 y 340 m en la región costera (25 mn, estación 51) para disminuir su espesor a 100 m (entre



160 y 260 m) hacia la estación más oceánica (100 mn, estación 54), caracterizando la presencia de AESS en este estrato de profundidad. Bajo los 400 m se incrementan los valores de oxígeno disuelto hasta los 3 ml l⁻¹, corroborando la presencia de AIA (Fig. 32d).

A diferencia de la transecta anterior, la distribución vertical de la clorofila-a mostró un núcleo superficial (10 m) y otro subsuperficial (30 m) en la estación más oceánica (100 mn, estación 54), con valores máximos de 1,1 y 0,8 mg m⁻³, respectivamente (Fig. 32e). El resto de la transecta presentó valores bajos, inferiores a 0,2 mg m⁻³.

Transecta 11 (Figura 33). La distribución térmica mostró un estrato superficial caracterizado por la presencia de aguas con temperaturas mayores a 14°C distribuidas prácticamente a lo largo de todo el transecto, un ascenso de las isotermas de 14, 13 y 12 °C hacia la costa y la presencia de una termoclina a lo largo de toda la transecta, situada en los 40-80 m, profundizándose e intensificándose hacia el sector oceánico (Fig. 33a).

Asimismo, el estrato superficial presentó aguas menos salinas y menos densas asociadas al sector oceánico de la transecta (Fig. 33b y c), consistente con el ascenso de isohalinas e isopicnas a la región más costera de la transecta. Al igual que lo reseñado para la transecta 9, se destaca la presencia de dos núcleos subsuperficiales de altas salinidades (> 34,5 psu) que verifican la presencia de las AESS que fluyen hacia el sur formando las ramas costera y oceánica de la corriente de Günther. Bajo los 400 m se aprecia aguas con salinidades menores evidenciando la presencia de las AIA en estos estratos de profundidad.



Los máximos valores de salinidad detectados subsuperficialmente en esta transecta fueron coincidentes espacialmente con la posición del núcleo de concentraciones de oxígeno disuelto menores a 1 ml l^{-1} (Fig. 33d), corroborando el flujo hacia el sur de las AESS. Por otra parte, también en esta transecta se detectaron mayores concentraciones subsuperficiales de clorofila-a, esta vez en un núcleo situado en el sector intermedio del transecto (50 mn) y a 20 m de profundidad, que presentó concentraciones mayores a $1,1 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 33e).

Transecta 12 (Figura 34). En este transecto se verificó un gradiente térmico lateral en superficie, con aguas más cálidas ($> 14 \text{ }^\circ\text{C}$) asociadas al sector oceánico y aguas más frías ($< 12^\circ\text{C}$) al sector costero, lo que genera una mayor estratificación entre las 50 y 100 mn desde la costa, con una termoclina situada entre los 40 y 60 m de profundidad (Fig. 34a). Bajo los 100 m no existieron diferencias con respecto a las transectas anteriores.

Por otra parte, el estrato superficial presentó un leve gradiente lateral de salinidad y densidad (Figs 34b y c), debido al ascenso de isohalinas e isopicnas hacia la región costera verificándose aguas menos salinas ($< 34,1 \text{ psu}$) y densas ($< 25,6\sigma_t$) en el sector oceánico, donde se detectó una haloclina y picnoclina más intensa y profunda (80-120 m) que en el sector costero. En esta ocasión las AESS, caracterizadas por el núcleo de salinidades mayores a $34,6 \text{ psu}$, presentan una mayor extensión lateral, alcanzando las 100 mn y vertical, distribuyéndose entre los 120 y 340 m de profundidad.

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un estrato superficial menos oxigenado que las para las transectas descritas anteriormente (concentraciones mayores a 4 ml l^{-1}) y una oxiclina identificable en todo el transecto (que sólo alcanzó



hasta las 50 mn) situada entre los 20 y los 60 m de profundidad en la región costera, debilitándose y profundizándose hacia la estación de las 50 mn (Fig. 31d). Subsuperficialmente se detectó nuevamente la presencia de un estrato de concentraciones mínimas de oxígeno que estuvo situado bajo los 140 m de profundidad, caracterizando la presencia de AESS en este estrato de profundidad (Fig. 34d).

La concentración de clorofila-a a lo largo de la transecta presentó nuevamente valores muy bajos, menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$, sin la presencia de núcleos ni gradientes (Fig. 34e).

Transecta 13 (Figura 35). La transecta 13 presentó una distribución de temperatura caracterizada por la presencia de un gradiente superficial positivo hacia las estaciones más oceánicas, donde se detectaron aguas con temperaturas mayores a $14,0 \text{ }^\circ\text{C}$. De igual manera, la termoclina se observó más definida hacia el sector oceánico, donde se ubicó entre los 40 y los 80 m. El estrato entre los 100 y 200 m estuvo dominado en toda la transecta por valores entre $10 \text{ y } 11^\circ\text{C}$, mientras que bajo los 200 m la temperatura desciende uniformemente hasta la máxima profundidad de muestreo, donde se registraron valores de 6°C (Fig. 35a).

En el estrato superficial (0-100 m), la salinidad presentó un gradiente lateral positivo a la costa, revelando aguas con salinidades menores a 33,8 psu en el sector oceánico y, aguas comparativamente más salinas ($> 34,0 \text{ psu}$) hacia la costa. Se verificó una haloclina a lo largo de todo el transecto, situada entre los 80 y 160 m de profundidad en el sector oceánico, siendo más intensa y somera hacia el sector costero (Fig. 35b). La salinidad presentó un núcleo de mayor salinidad ($>34,6 \text{ psu}$) pegado al talud continental, entre los 200 y 340 m, caracterizando a las AESS, en



tanto que la isohalina de 34,5 psu se extendió subsuperficialmente hacia el oeste sobrepasando las 130 mn. Bajo los 400 m dominaron aguas con salinidades menores (34,3-34,2 psu) evidenciando la presencia de AIA en este estrato de profundidad.

Los valores de salinidad más altos ($>34,5$ psu) no se correspondieron espacialmente con concentraciones mínimas de oxígeno, las que se expresaron en un núcleo subsuperficial (200-260 m) asociado al sector más oceánico (160-200 mn) del transecto (Fig. 35d). El estrato superficial, por el contrario, presentó concentraciones altas (> 6 ml l⁻¹) y una oxiclina situada entre los 50 y 120 m de profundidad, la que se debilita y profundiza hacia el sector costero.

La distribución transversal de la clorofila-a presentó dos núcleos subsuperficiales de mayores concentraciones, uno situado a las 75 mn (estación 72, $> 0,5$ mg m⁻³) y otro más oceánico (130 mn, estación 74) con concentraciones mayores a 0,5 mg m⁻³, el cual se prolonga hacia el extremo oceánico de la transecta. (Fig. 35e). Bajo los 50 m las concentraciones fueron menores a 0,1 mg m⁻³ a lo largo de todo el transecto.

Transecta 14 (Figura 36). En esta transecta, aguas con temperaturas mayores a 14°C abarcan todo el estrato superficial del transecto, destacándose una termoclina leve entre los 40 y los 60 m de profundidad, sin la presencia de gradientes longitudinales de importancia. Bajo los 200 m, la temperatura presentó un descenso uniforme hasta la máxima profundidad.

Las AESS, caracterizadas por salinidades mayores a 34,6 psu, abarcaron una gran extensión en la columna de agua, disminuyendo su espesor hacia el sector más oceánico de la transecta (Fig. 36b). La distribución superficial evidenció aguas



menos salinas entre las 50 y 100 mn, debido al ascenso de las isohalinas de 34,2 a la 34,4 psu hacia el sector costero. Bajo los 500 m de profundidad, la distribución fue más bien homogénea con valores menores a 34,4 psu. La densidad presentó una capa de mezcla de aproximadamente 40 m a lo largo de todo el transecto, sin gradientes laterales de importancia, mientras que bajo los 200 m la densidad aumentó en forma uniforme hasta la máxima profundidad de muestreo, alcanzando valores mayores a 27,0 σ_t (Fig. 36c).

Por otra parte, la distribución de oxígeno disuelto evidenció una oxiclina bien desarrollada prácticamente en todo el transecto, situada entre los 40 y 120 m de profundidad (Fig. 36d), con un núcleo subsuperficial costero de concentraciones menores a 1 ml l⁻¹ consistente con el núcleo de alta salinidad (ver figura 36b) que caracteriza el flujo de las AESS hacia el sur.

La distribución vertical de la clorofila-a, presentada en la Figura 36e, mostró la presencia de un núcleo de concentraciones mayores a 0,4 mg m⁻³ situado subsuperficialmente (40 m) a las 75 mn desde la costa (estación 80) y concentraciones menores a 0,1 mg m⁻³ bajo los 60 m de profundidad a lo largo de todo el transecto.

Transecta 15 (Figura 37). La distribución térmica asociada a la transecta 15 no difirió significativamente del patrón ya reseñado en la transecta 13, con la excepción que en esta oportunidad, no se evidenciaron gradientes laterales de importancia debido a que aguas con temperaturas mayores a 14 °C abarcaron todo el transecto (Fig. 37a). La termoclina se encontró bien desarrollada situada entre los 40 y 80 m de profundidad. Bajo los 200 m la temperatura disminuyó casi monotónicamente hasta alcanzar valores menores a 6 °C hacia los 500 m de profundidad.



La salinidad mostró un gradiente lateral superficial positivo a la costa, con aguas menos salinas ($< 33,6$ psu) asociadas al extremo oceánico del transecto. Subsuperficialmente (entre 140 y 220 m) y en el sector intermedio del transecto (entre las 75 y 130 mn) se situó un núcleo de salinidades mayores a 34,5 psu, en tanto que, ocupando en un estrato levemente más ancho y pegado al talud continental se verificó el flujo hacia el sur de las AESS caracterizado por la presencia de aguas con salinidades mayores a 34,6 psu (Fig. 37b). Lo anterior coincidió espacialmente con núcleos de concentraciones mínimas de oxígeno disuelto (valores menores a 1 ml l^{-1}), sobre el talud continental extendiéndose hacia las 100 mn en un estrato muy delgado (Fig. 37d).

En forma similar a lo descrito para la transecta 13, esta sección transversal evidenció un núcleo subsuperficial de valores mayores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ situado en el sector oceánico, en tanto que el resto del estrato superficial de la transecta (sobre 50 m) estuvo bien caracterizado por la isolinia de $0,3 \text{ mg m}^{-3}$. Nuevamente, bajo los 50 m de profundidad las concentraciones de clorofila-a fueron extremadamente bajas ($< 0,1 \text{ mg m}^{-3}$) (Fig. 37e).

Transecta 16 (Figura 38). El estrato superficial estuvo dominado por aguas con temperaturas entre 13 y 14 °C, con una termoclina débil situada entre los 40 y 60 m de profundidad (Fig. 38a). No se observaron gradientes importantes entre los sectores costero y oceánico en esta transecta. Al igual que lo reseñado en las transectas anteriores, las AESS (salinidades de 34,6 psu) dominaron un sector muy estrecho sobre el talud continental, no alcanzando las 50 mn desde la costa pero presentando una gran extensión vertical, situándose entre los 140 y 380 m de profundidad (Fig. 38b). La densidad del agua de mar (Fig. 38c) presentó un patrón de distribución vertical muy similar al de la temperatura, con una capa de mezcla de



aproximadamente 40 m, la cual disminuyó hacia el sector costero y la ausencia de gradientes longitudinales de importancia.

La distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 38d) mostró un estrato superficial (0-20 m) bien oxigenado ($> 5 \text{ ml l}^{-1}$) y una oxiclina identificable en todo el transecto, situada entre los 20 y los 80 m de profundidad. Pegado a la costa, sobre el talud continental, se situó un núcleo con concentraciones de oxígeno disuelto menores a 1 ml l^{-1} que coincidió espacialmente con el máximo salino (34,6 psu) y que caracteriza la presencia de las AESS en este estrato de profundidad.

Al igual que en transectas anteriores, se observó bajas concentraciones de clorofila a, menores a $0,3 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 38e).

Transecta 17 (Figura 39). A lo largo de toda la transecta las temperaturas superficiales estuvieron bien caracterizadas por la isoterma de 14°C , no observándose gradientes laterales de importancia. Se observó una termoclina débil definida en toda la transecta, la que se profundiza e intensifica hacia el océano (160 mn) donde se situó entre los 60 y 100 m de profundidad (Fig. 39a).

Para el caso de la salinidad, se detectó gradientes laterales en el estrato de superficie (sobre los 100 m), con aguas menos salinas en el sector oceánico y de mayor salinidad ($> 34,1 \text{ psu}$) en la región costera. La isohalina de 34,5 psu se extiende subsuperficialmente (entre 140 y 260 m) hasta las 130 mn; en tanto que, el máximo salino subsuperficial (asociado a las AESS) se situó verticalmente en un estrato mucho mayor que lo descrito en las transectas anteriores (100-400 m), alcanzando esta vez las 50 mn. Se destaca la presencia, por primera vez, de la



isoterma de 34,7 psu, situada entre las 10 y 25 mn desde la costa y entre los 160 y los 300 m de profundidad (Fig. 39b).

La distribución vertical de la densidad reveló un estrato superficial con valores entre $25,4\sigma_t$ y $25,6\sigma_t$, a excepción del extremo oceánico de la transecta donde se detectaron aguas menos densas ($< 25,6\sigma_t$). El patrón vertical de distribución de esta variable siguió el mismo comportamiento de la temperatura, con una piconclina identificable a lo largo de todo el transecto, situada en el estrato de 60 y 100 m (Fig. 39c). Bajo los 200 m de profundidad, la densidad continuó incrementando monótonicamente hasta alcanzar valores centrados en los 27,0 bajo los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de clorofila-a tuvo un comportamiento similar al reseñado para la transecta anterior, vale decir, la presencia de valores bajos, inferiores a $0,4 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 39e).

Transecta 18 (Figura 40). De manera contraria a lo reseñado en la transecta anterior, en esta oportunidad la distribución de la temperatura evidenció un estrato superficial con gradientes laterales definidos por el ascenso de las isoterma de 14 y 13°C , las cuales rompen en superficie hacia las 50 y 25 mn desde la costa, respectivamente. Lo anterior involucró el reconocimiento de una termoclina bien desarrollada en el sector oceánico de la transecta, situada entre los 40 y los 100 m de profundidad (Fig. 40a). Por otra parte, la distribución vertical de la salinidad presentó valores homogéneos (centrados en la isohalina de 34,1 psu) en los primeros 40 m de profundidad, a excepción de la estación oceánica (100 mn) donde predominaron aguas menos salinas ($< 33,9 \text{ psu}$). Al igual que en las transectas anteriores, se evidenció una haloclina definida entre los 40 y 100 m, la que tiende a



profundizarse e intensificarse hacia el sector occidental de la transecta. El núcleo salino ($> 34,7$ psu, AESS) estuvo definido verticalmente entre los 120 y 300 m, en tanto que, en esta oportunidad, la isohalina de 34,6 psu alcanzó la extensión máxima de la transecta llegando a 100 mn desde la costa. Bajo los 450 m se detectó aguas con salinidades menores a 34,3 psu definiendo en este sector a las AIA.

Nuevamente se detectaron muy bajos valores de clorofila-a, quedando toda la sección de estudio bien caracterizada por las isolíneas de concentración de 0,2 y 0,1 mg m^{-3} (Fig. 40e).

Transecta 19 (Figura 41). La distribución espacial de la temperatura a lo largo de la transecta 19 mostró un estrato superficial caracterizado por la presencia de aguas más cálidas ($> 14^{\circ}\text{C}$) en la región oceánica (entre las 75 y 160 mn), siendo consistente espacialmente con la presencia de aguas menos salinas ($< 33,9$ psu) y menos densas ($< 25,2 \sigma_t$), en tanto que, en el sector costero se verificó aguas levemente más frías, más salinas y más densas (Fig. 41a, b y c). La termoclina aparece más definida hacia el sector oceánico, debido al ascenso de la isoterma de 14°C , que alcanzó la superficie a las 75 mn desde la costa. Se destaca también una haloclina levemente más intensa y somera hacia el sector costero (entre 40 y 100 m) y más extensa y profunda (entre 100 y 180 m) hacia el extremo oceánico del transecto. La isohalina de 34,6 psu se extendió hasta las 75 mn, ocupando gran parte de la columna de agua, entre las 160 y 360 m, en tanto que la isohalina de 34,7 psu se encontró restringida sólo a un pequeño núcleo situado subsuperficialmente (180-220 m) sobre el talud continental.



La concentración de oxígeno mostró un gradiente longitudinal en el estrato superficial, con aguas levemente más oxigenadas hacia el sector costero de la transecta. Aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($<1 \text{ ml l}^{-1}$) se situaron entre los 200 y 400 m de profundidad, en tanto que bajo los 400 se evidenció aguas más oxigenadas ($> 2 \text{ ml/l}$) (Fig. 41d).

En la estación más costera de esta transecta (estación 102, 10 mn) se verificó la concentración de clorofila-a más alta reportada para todo el crucero, expresada a través de dos núcleos subsuperficiales situados a los 30 y 50 m de profundidad con valores máximos de $10,5$ y $6,6 \text{ mg m}^{-3}$, respectivamente. Las altas concentraciones detectadas a las 10 mn tuvieron una expresión puntual, tanto es así que el resto de las estaciones que componen el transecto presentaron valores menores a $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 41e).

Transecta 20 (Fig. 42). A diferencia de la transecta anterior, la estructura vertical de la temperatura en la transecta 20 no presentó gradientes laterales en el estrato superficial. Se observó una termoclina débil a lo largo de todo el transecto, situada entre los 40 y 60 m de profundidad, con un leve ascenso de la isoterma de 14°C hacia la costa, las que alcanza la superficie hacia las 25 mn. Destaca el hundimiento de las isotermas de 11 y 10°C a partir de las 75 mn hacia la costa (Fig. 42a), debido a la presencia de AESS en este estrato.

Con respecto a la salinidad, el estrato superficial (primeros 50 m) estuvo dominado por salinidades menores a $34,1 \text{ psu}$, sin presentar gradientes laterales. Las AESS ($>34,6 \text{ psu}$) se situaron entre los 180 y 380 m de profundidad en el sector costero, espesor que disminuye hacia las 75 mn (Fig. 42b). Similarmente a lo descrito para las transectas anteriores, la distribución vertical de la variable no presentó gradientes



longitudinales de importancia, evidenciándose una capa de mezcla menor a los 40 m y una pycnoclina débil y extensa, situada entre los 40 y 120 m (Fig. 42c).

Nuevamente se repite el patrón de distribución de la clorofila-a en esta transecta, quedando toda la columna de agua caracterizada por valores muy bajos, centrados en los 0,2 y 0,1 mg m³ (Fig. 42e).

Transecta 21 (Fig. 43). La distribución vertical de la temperatura mostró un estrato superficial caracterizado por la presencia de un gradiente longitudinal, debido a la presencia por primera vez de aguas con temperaturas mayores a 16 °C hacia el sector más oceánico de la transecta y aguas comparativamente más frías hacia el sector costero. Lo anterior hace verificar un fuerte gradiente térmico entre las 130 y 200 mn, situado entre los 80 y 120 m de profundidad.

La distribución vertical de la salinidad también mostró gradientes laterales en el estrato de superficie, debido a la presencia de un lente de aguas menos salinas (< 33,9 psu) hacia las 130 mn y, aguas más salinas hacia el sector costero (Fig. 43b). En este caso, las AESS se extienden hasta 100 mn desde la costa, en tanto que bajo los 450 m y especialmente en el sector oceánico, se verifica la presencia de AIA caracterizadas por salinidades menores a 34,3 psu.

La distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 43d) mostró un estrato superficial (0-20 m) bien oxigenado (> 5 ml l⁻¹) y una oxiclina identificable en todo el transecto, situada entre los 20 y los 120 m de profundidad en la región costera, la que se profundiza y debilita hacia el sector oceánico, donde se sitúa entre los 180 y 220 m de profundidad. Pegado a la costa, se situó el núcleo de concentraciones de oxígeno disuelto menores a 1 ml l⁻¹, que coincide espacialmente



con el máximo salino (34,6 psu) y que caracteriza la presencia de las AESS en este estrato de profundidad.

El campo vertical de clorofila-a presentó valores no superiores a 0,2 mg m⁻³, coincidiendo con lo reportado para transectas anteriores (Fig. 43e).

Transecta 22 (Fig. 44). La transecta 22, situada en el extremo norte del área de estudio, presentó un patrón de distribución vertical de temperatura muy similar al reseñado para la transecta anterior, esto es, un estrato superficial dominado por aguas más cálidas (>15°C) y una termoclina situada entre los 20 y 80 m de profundidad (Fig. 44a). Bajo los 200 m la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante con la profundidad, alcanzando valores menores a 6°C hacia los 600 m.

Por otra parte, la distribución de salinidad a nivel superficial presentó valores mayores a 34,2 psu en prácticamente todo el transecto. Se destaca también la fuerte presencia de AESS (isohalina de 34,6 psu) la que se extiende hasta las 100 mn y entre los 160 y 340 m de profundidad, caracterizando el flujo costero hacia el sur de la corriente de Günther. El campo vertical de la densidad presentó patrón similar al de la temperatura, con una capa de mezcla que no sobrepasó los 40 m a lo largo del transecto y una picnoclina extensa que se extendió desde los 40 hasta los 180 m de profundidad (Fig. 44c).

Destaca en esta transecta un estrato superficial (0-50 m) bien oxigenado (>5 ml l⁻¹), una oxiclina extensa que se profundiza hacia la región oceánica (100 mn) y un núcleo subsuperficial de concentraciones mínimas de oxígeno (< 1 ml l⁻¹) que coincide espacialmente con el máximo salino presentado en la Figura 44b,



denotando la presencia de las AESS pegada a la costa, sobre el talud continental (Fig. 44d).

La distribución vertical de clorofila-a presentó valores bajos, al igual que en la gran mayoría de las transectas del sector norte, con valores menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 44e).

Transecta longitudinal costera (Fig. 45). La temperatura del mar en el estrato superficial (0-100 m), mostró una variación latitudinal de aproximadamente 3°C , presentando aguas más cálidas ($> 15^{\circ}\text{C}$) en el extremo norte del área de prospección (33°LS) y aguas comparativamente más frías en el extremo sur, con temperaturas menores a los 12°C . El estrato superficial del sector centro-norte (al norte de los 36°LS) estuvo bien caracterizado por la isoterma de 14°C , en tanto que la zona centro-sur (entre los $36-39^{\circ}\text{LS}$) presentó aguas con temperaturas centradas en los 12°C y sólo el extremo austral de la transecta (40°LS) presentó aguas menores a 13°C en el estrato superficial (Fig. 44a). Por otra parte, la Figura 45a reveló: la presencia de una termoclina a través de todo el transecto, situada aproximadamente entre los 40 y 80 m, destacando una leve profundización hacia el sur; un ascenso subsuperficial hacia el sur de la isoterma de 11°C y, un descenso a una tasa relativamente constante de la temperatura con la profundidad a partir de los 300 m.

La salinidad, por su parte, evidenció un claro gradiente superficial (primeros 100 m) en sentido norte-sur, con salinidades menores a 33,5 psu asociadas a las estaciones del extremo sur, un sector centro-sur ($38-36^{\circ}\text{LS}$) caracterizado por la isohalinas de 33,9 y 34,0 psu y una región centro-norte ($33-36^{\circ}\text{LS}$) donde el estrato superficial estuvo caracterizado por las isohalinas de 34,1 y 34,2 psu (Fig. 45b). Eventos de mezcla de



aguas subantárticas (ASAA) con otras de origen continental, se ve reflejado en los núcleos superficiales de bajas salinidades asociados a los 40°LS (estuario del río Valdivia), 39°20'LS (desembocadura del río Toltén), 38°20'LS (desembocadura del río Imperial), 36°20'LS (influencia del complejo Itata-Bíobío). Bajo los 200 m dominaron aguas con salinidades mayores a 34,6 psu, características de las AESS, estrato que presentó un espesor de aproximadamente 250-300 m en el sector centro-norte del área de prospección (34°-35°LS) y, que se hace más estrecho al sur de los 37°LS, alcanzando sólo 50 m de espesor. Al sur de los 37°40'LS no fueron detectadas aguas con salinidades mayores a 34,6 psu, en tanto que la isohalina de 34,5 tuvo una extensión un poco mayor, alcanzando los 39°LS.

La densidad evidenció también un leve gradiente superficial, con densidades menores en las estaciones del sector sur ($<25,4 \sigma_t$). Bajo los 50 m se observó una pycnoclina definida en todo el transecto, situada entre los 40 y 100 m de profundidad, la cual se hace más débil y se profundiza en el extremo norte del área de prospección (Fig. 45c). Bajo los 200 m no se detectaron variaciones clinales en esta variable, incrementando a una tasa aproximadamente constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a 26,8 bajo los 400 m.

En la distribución longitudinal costera de la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 45d) destaca: a) un sector superficial bien oxigenado, sin variaciones clinales de importancia, con concentraciones de oxígeno mayores a 5 ml l⁻¹, b) una oxiclina definida, aproximadamente entre los 40 y 80 m en el sector centro-norte, exhibiendo una leve profundización y debilitamiento hacia el sur de los 36° LS, situándose entre los 50 y 150 m de profundidad, c) las AESS, caracterizadas acá por la presencia de concentraciones de oxígeno menores a 1 ml l⁻¹, ocupan un estrato amplio de la columna de agua en la región centro-norte (al norte de los 37°40'LS)



situándose entre los 160 y 400 m de profundidad, rango que se estrecha hacia el sur, donde alcanza un espesor de 60 m hacia los 39°LS y, d) bajo los 400 m la concentración de oxígeno disuelto se incrementó hasta alcanzar valores mayores a 3 ml l⁻¹, confirmando la presencia de AIA en este estrato de profundidad.

La distribución longitudinal de la clorofila-a mostró, en general, valores muy bajos, sin diferencias significativas a lo largo de toda la transecta, quedando bien caracterizada por las isolíneas de concentración de 0,2 y 0,3 mg m⁻³ (Fig. 45e).

Transecta longitudinal oceánica (Fig. 46). Al igual que lo acontecido para la transecta costera, en la región oceánica también se observó gradientes térmicos latitudinales en el estrato superficial (0-100 m), con aguas más cálidas en el extremo norte del área de prospección (> 15°C) y aguas comparativamente más frías, casi en 3 °C, hacia el extremo austral donde dominaron superficialmente aguas con temperaturas de 12 °C (Fig. 46a). Bajo los 200 m de profundidad, la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante desde los 9 °C hasta valores menores a 6 °C bajo los 500 m. La termoclina se ubicó entre los 40 y 100 m de profundidad a lo largo de toda la transecta.

La distribución de salinidad no presentó variaciones clinales claras en el estrato superficial como lo señalado para la transecta longitudinal costera, ya que en los primeros 50 m se verificó la presencia de aguas con salinidades menores a 33,9 psu. (Fig. 46b). La distribución salina destaca: una haloclina situada entre los 60 y 100 m de profundidad en la región centro-norte, la cual tiende a hacerse más extensa hacia el sector sur. Se detectó un núcleo de aguas con salinidades superiores a 34,5 (AESS), circunscrito entre los 34°40'S y los 37°20'LS, situándose verticalmente entre los 160 y 300 m de profundidad.



La densidad presentó un patrón de distribución similar al descrito para la temperatura, con una capa de mezcla de aproximadamente 40-60 m y una pycnoclina identificable entre los 40 y 80 m de profundidad (Fig. 46c).

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, confeccionada con las estaciones realizadas a las 130 mn desde la costa, no se aprecian concentraciones mínimas de oxígeno (<1,0 ml l⁻¹) debido a que éstas aguas tuvieron un impacto más costero en la región de estudio (Fig. 46d). No obstante, si es evidente el incremento de las concentraciones de oxígeno a partir de los 400 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 concentraciones muy bajas (< 0,2 mg m⁻³) al sur de los 37°20'LS, en tanto que se detectó un núcleo subsuperficial de concentraciones mayores (> 0,5 mg m⁻³) entre los 35° y 36°LS (Fig.46e).

5.4.3.3 Perfiles verticales promedio

Las Figuras 47,48,49, 50 y 51 presentan los perfiles verticales promedio para todas las variables oceanográficas medidas en este estudio. Los perfiles verticales promedio (más su desviación estándar) fueron graficados para cada una de las transectas realizadas.

La distribución vertical promedio de la temperatura (Fig. 47) evidenció la presencia de una termoclina bien definida en todas las transectas realizadas, aunque se observó gradientes verticales térmicos más extensos hacia la región norte del estudio. En el sector sur (transectas 1 a la 11), la termoclina se ubicó entre los 20 y



100 m como límites máximos, mientras que en el sector norte (transectas 12 a la 18) se fue más somera, extendiéndose entre los 20 y 60 m como límites máximos. Las transectas del extremo norte presentaron gradientes térmicos más extensos. Bajo los 200 m de profundidad, la distribución vertical promedio de la temperatura presentó un descenso uniforme hasta la máxima profundidad.

La salinidad evidenció un extenso gradiente vertical en todas las transectas (Fig. 48), que se verificó entre los 40 y 180 m de profundidad. En la región superficial se aprecia el efecto que tiene la mezcla con aguas continentales, denotándose mayor variabilidad entre las estaciones para las transectas situadas en el sector sur del área de estudio.

La distribución vertical promedio de la densidad (Fig. 49) evidenció picnoclinas más acentuadas en la región sur del área de estudio (transectas 1 a la 9), con una capa de mezcla más profunda en este sector (transectas 1 a la 4, 60 m). A partir de la transecta 10 y hasta la 18, la distribución vertical de la densidad reveló picnoclinas más débiles y una capa de mezcla que no superó los 40 m; en tanto que en el extremo norte se detectó una capa de mezcla mayor (≈ 60 m) y gradientes más extensos que alcanzaron los 200 m de profundidad en su límite inferior. Bajo los 200 m de profundidad la distribución promedio reveló un incremento uniforme con la profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo.

La Figura 50 muestra la distribución promedio de la concentración de oxígeno disuelto para cada una de las transectas realizadas. El comportamiento vertical de la variable evidenció un extenso gradiente en la mayoría de las transectas, intensificándose más hacia la región norte del área prospectada. Se observó diferencias latitudinales asociadas a la presencia de aguas pobres en oxígeno



(<1 ml l⁻¹) y la presencia y extensión de la oxiclina, lo cual está asociada con la distribución latitudinal de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AEES). Los perfiles promedio reportados para la región norte (transectas 13 a 22) consideraron datos discretos en la columna de agua (profundidades estándares) debido a la ausencia de un perfilador continuo de oxígeno disuelto en el PAM Ventisquero.

A pesar de las bajas concentraciones de clorofila-a en toda el área de estudio, la distribución vertical promedio de esta variable (Fig. 51) presentó diferencias clinales significativas. Es así como, la región situada al sur de los 38°LS (transecta 6) presentó valores muy bajos, sin gradientes laterales (baja dispersión de los datos) ni verticales (ausencia de máximos subsuperficiales). Por el contrario, para la región centro-norte se observó la presencia de valores máximos superficiales evidenciados como núcleos en sectores localizados al interior de la transecta, lo cual produce un alto grado de variación en el rango entre los valores detectados en la sección costa-oceano. Un ejemplo de lo anterior se destaca en la transecta 19, donde en la estación costera (10 mn) se verificó el máximo de clorofila-a reportado para el crucero, presentando valores extremadamente bajos en el resto de la transecta.

5.4.3.4 Estabilidad de la columna de agua

El análisis de la estabilidad en la columna de agua consideró los perfiles verticales de las estaciones dispuestas en las transectas 1, 13 y 21, como secciones representativas de los sectores sur, centro y norte, respectivamente.

En las estaciones oceanográficas del sector sur del área de estudio (ejemplificadas por la transecta 1, Figura 52), La estabilidad presentó un rango entre 2,72–5,90 x10⁻⁵ m⁻¹, no detectándose gradientes longitudinales significativos. Destaca la profundización del valor de máxima estabilidad en la estación más oceánica (90 m),



diferenciándose así de las restantes estaciones de la transecta, cuyos máximos se presentaron en el estrato comprendido entre los 40 y 70 m de profundidad.

En la región central del área de estudio (ejemplificada por la transecta 13, Figura 53), se detectó el mayor valor de estabilidad de todas las transectas analizadas ($9,23 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$). Las estaciones restantes presentaron valores máximos de estabilidad fluctuando entre los $2,25$ y $6,29 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Se observó una profundización del valor máximo de estabilidad, diferenciando a las estaciones costeras (desde 75 mn hacia la costa) de las oceánicas.

Por último, en el sector norte (ejemplificadas por la transecta 21, Figura 54), se verificó valores de estabilidad cuyos máximos variaron entre $2,11$ y $5,43 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. En este sector tampoco fue detectado un gradiente longitudinal (costa-océano), destacando sólo la profundización del máximo valor de estabilidad en las estaciones oceánicas (>100 mn), donde se ubicó entre los 60 y 80 m y a diferencia de las estaciones costeras, cuyos máximos valores de estabilidad se presentaron en el estrato comprendido entre los 30 y 40 m de profundidad.

Los gradientes verticales relativamente importantes de densidad (estabilidades mayores $0,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$), tienden a desaparecer bajo los 300 m, profundidad a la cual la columna de agua tiende a ser más homogénea.

La distribución de los máximos valores de estabilidad fue similar a lo observado en el crucero hidroacústico invernal de 1999 (Núñez y Ortiz, 1999), deduciéndose que en ambos se observó un ascenso de la profundidad en la cual se detectaron los valores máximos de estabilidad en las estaciones costeras (< 75 mn). Similarmente, y a diferencia a lo reportado en cruceros anteriores que han analizado la hidrografía



invernal del área de estudio (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994, Núñez & Ortiz, 1998), no se observó un gradiente latitudinal de los valores máximos de estabilidad hacia el sector sur.

Por otra parte, el rango de valores máximos de estabilidad fueron levemente menores a los reportados para cruceros anteriores en el área de estudio (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994, Núñez & Ortiz, 1999).

5.4.3.5 Profundidad base de la termoclina y profundidad de la capa de mezcla

Las Figuras 55 (a y b) presentan la distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) y de la profundidad base de la termoclina (m) en el área prospectada.

La capa de mezcla, considerando todas las estaciones de muestreo realizadas, presentó un rango de variación entre los 16 y 96 m de profundidad, con un valor promedio de $49,8 \pm 14,25$ m. La distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (Fig. 55a) se caracterizó por la presencia de un marcado gradiente longitudinal en el cual la capa de mezcla se hace más profunda hacia el sector oceánico, quedando bien caracterizada por las isolíneas de 60 y 70 m. En general, entre las 50 y 100 mn desde la costa, la capa de mezcla estuvo centrada en los 40 m de profundidad, situación que se verificó también en el sector oceánico entre los 35°20'S y los 36°40'S, en tanto que, el sector costero presentó una capa de mezcla menor con valores cercano a los 30 y 20 m de profundidad.

Asimismo, la distribución horizontal de la profundidad base de la termoclina también evidenció gradientes longitudinales, en el cual la termoclina se profundiza hacia el



océano, alcanzando valores mayores a los 100 m de profundidad a partir de las 100 mn desde la costa, a excepción del sector centro (35-36°LS) que presentó termoclinas más someras en el sector oceánico. Gran parte del área de prospección mostró termoclinas situadas entre 50 y 100 m de profundidad, en tanto que sólo en el sector costero frente a Talcahuano, las profundidades base de las termoclinas presentaron magnitudes menores a los 50 m. (Fig. 55b).

5.4.3.6 Relación entre el viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina

Con la información obtenida en el crucero, se indagó sobre las eventuales relaciones entre la intensidad del viento y la profundidad de la capa de mezcla y base de la termoclina (Fig. 56).

Para ello la información de la velocidad del viento, registrada tanto en el BI "Abate Molina" como en el PAM "Ventisquero", para cada una de las estaciones oceanográficas, se desagregó en su componente paralelo a la costa (V_y ; norte-sur) y su componente perpendicular a la costa (V_x ; este-oeste). Cabe recordar que, por convención, los ejes x e y son positivos hacia el este y hacia el norte, respectivamente.

En general, las evaluaciones entre la intensidad del viento y la profundidad de la capa de mezcla y base de la termoclina evidenciaron una gran dispersión de los datos acusando una evidente falta de correlación entre dichas variables.

Así, la Figura 56, muestra que la componente este-oeste presentó velocidades máximas cercanas a los 20 nudos, sin evidenciar una tendencia definida entre un sentido u otro (e.g. este u oeste). Similar situación se observó en la componente



paralela a la costa (norte-sur), la cual presentó velocidades mayores a las descritas para el componente V_x , que en este caso alcanzaron los 40 nudos de rapidez.

La evidente falta de correlación entre la componente del viento, la profundidad de la capa de mezcla y la profundidad base de la termoclina, mencionada previamente ya ha sido reportado para esta región por otros autores en estudios anteriores de similar naturaleza (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994; Núñez *et al.*, 1998, Núñez & Ortiz, 1999). Esta falta de relación significativa entre las variables, parece atendible en función del análisis punto a punto realizado con los datos de vientos. Al realizar el análisis de estas asociaciones a través de valores instantáneos en la velocidad del viento (un sólo dato por estación) y, considerando que la escala de variación temporal del viento es mucho menor que la que puede variar la profundidad base de la termoclina y la profundidad de la capa de mezcla, no deben esperarse correlaciones significativas entre mediciones instantáneas de ambas variables (Figueroa *et al.*, 1994).

5.4.3.7 Diagramas TS

Los diagramas T-S fueron confeccionaron agrupando todas las estaciones de muestreo en seis sectores, de acuerdo a la división operacional del área de estudio (Tabla 4). Esto es, un sector costero norte, costero centro, costero sur, oceánico norte, oceánico centro y oceánico sur; cuyo límite longitudinal fue las 100 mn de la costa (Figura 57).

Las masas de agua que se han caracterizado históricamente en los primeros 1.000 metros de profundidad frente a la costa de Chile son las siguientes:



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

Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS): Es una corriente subsuperficial que fluye bajo la Corriente de Perú con dirección al sur. Se ubica entre los 100 y 380 metros de profundidad frente a la costa central de Chile. Su origen está en el norte, cerca de los 15°S y se asocia con un bajo contenido de oxígeno, altas salinidades (34,6 psu) y una temperatura que varía entre 15 y 8°C.

Aguas Intermedias Antárticas (AIA): Presentan una trayectoria hacia el norte y se les ubica entre los 500 y los 1000 m de profundidad. Su origen corresponde también a la Convergencia Antártica y están caracterizadas por presentar salinidades entre los 34,2 y 34,4 psu y temperaturas entre 8 y 5°C.

El análisis para cada uno de los sectores considerados reveló los siguientes índices termosalinos:

a) Sector oceánico norte

Los primeros metros de la columna de agua estuvo caracterizado por las ASAA con una variación de temperatura entre 10,7 y 16,5°C y un rango de salinidad de 33,65 a 34,35 psu. Bajo los 100 m de profundidad se evidenció incipientemente la presencia de las AESS con un rango de salinidad de 34,4 y 34,5 psu y una variación



de temperatura entre 10,0 y 8,5°C. Las AIA se evidenciaron en el estrato más profundo, con temperaturas entre 5,3 y los 8,5°C con salinidades entre 34,2 y 34,4 psu.

b) Sector costero norte

Las temperaturas superficiales observadas varían entre 11,5 y 16,0°C, mientras la salinidad estuvo en un rango entre 33,70 y 34,4 psu. Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,6 y 34,8 psu y una variación de temperatura entre 9,2 y 11,5°C. Por otro lado, las AIA mostraron variaciones entre 5,0 y 9,2°C para temperatura y 34,20 y 34,45 psu para la salinidad.

c) Sector oceánico centro

Las ASAA se caracterizaron por presentar temperaturas entre 10,7° y 15,2°C , con un rango de salinidad entre 33,35 y 34,10 psu. Las AESS mostraron una variación de salinidad entre 34,4 y 34,6 psu, mientras que la temperatura presenta sus límites entre 8,60 y 10,25°C. Las AIA se presentaron con temperaturas entre 5,0 y 7,6°C y una variación de salinidad entre 34,15 y 34,40 psu.

d) Sector costero centro

Las ASAA presentaron una variación de salinidad de 33,3 a 34,3 psu, siendo levemente modificadas por eventos de mezcla con aguas de origen continental, y temperaturas entre 11,0 y 14,5°C. Las AESS evidenciaron una variación de salinidad de 34,37 y 34,70 psu y un rango de temperatura entre 8,5 y 11,5°C. Por su parte, las AIA presentaron variaciones entre 5,0 y 8,5°C para la temperatura y 34,18 y 34,50 psu para salinidad.



e) **Sector oceánico sur**

Las temperaturas superficiales, más bajas que las reportadas para los sectores anteriores, alcanzaron valores entre 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.

f) **Sector costero sur**

El nivel superficial de la columna de agua evidenció un rango de temperatura entre 10,0 y 14,1°C, con salinidades entre 33,35 a 34,40 psu que corresponden a las ASAA levemente modificadas por eventos de mezcla con aguas de origen continental. Las AESS, por su parte, presentaron un rango de salinidad de 34,35 y 34,60 psu y una variación de temperatura entre 8,7 y 11,2°C, situadas sólo en una parte del sector sur (Hasta los 38°S). Las AIA se presentaron con temperaturas entre 4,6 y 8,7°C y una variación de salinidad entre 34,25 y 34,4 psu.

Los índices termohalinos reportados en este informe, aunque son relativamente similares a los descritos para los cruceros de 1999 (Núñez & Ortiz, 1999), 1998 (Núñez & Ortiz, 1999) y al crucero de 1994 (Figueroa *et al.*, 1994), poseen un rango de variación levemente mayor, especialmente en la zona norte. Por otro lado, al comparar los resultados de este crucero con la hidrografía descrita para el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998), se presentan diferencias en los índices termohalinos del área de estudio, especialmente al contrastar la zona centro-sur, en consistencia con la activación del evento El Niño 1997-98, el que incidió en la intrusión de aguas más cálidas y salinas, especialmente en los sectores del norte y centro del área de estudio.



5.5 Plancton

5.5.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 18 grupos zooplanctónicos y una abundancia global para la zona de estudio de 11.716.064 individuos/1000m³. (Tabla 29),

En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 69,79%, seguido por quetognatos, larvas de decápodos, eufáusidos y ostrácodos, con valores radicalmente bajos que van desde 11,07 a 2,05%. El grupo ctenóforos presenta el valor más bajo de dominancia (0,07%), siendo esto característico desde 1997 a 2000 (Tabla 29).

Estos cinco grupos aportan las mayores densidades, representando en conjunto un 88,21% del total de zooplancteres cuantificados, coincidiendo con lo reportado durante otoño de 1997 a 1999 y donde estos grupos representaron el 87,7, 90,5 y 92,3%, respectivamente.

Copépodos

Este grupo es el más abundante, al reunir una abundancia de 8.196.195 individuos/1.000 m³, que representa el 69,95% de la densidad total del área prospectada. Estuvo presente en todas las estaciones con valores de densidad mínima de 6.659 y máxima de 358.011, y un promedio general de 74.511 (Tabla 30).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 29. Análisis comparativo de las frecuencias de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos colectados durante el otoño de los años 1997, 1998, 1999 y 2000.

Grupos Taxonómicos	1997					1998					1999					2000				
	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est. Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)
Copepodos	139	24.241.568	100	73,82	149	14.155.576	100,00	76,06	117	10549287	100,00	73,37	110	8196195	100,00	69,79				
Eufáusidos	25	830.073	89,93	2,53	143	405.886	95,97	2,18	111	1085527	94,87	7,55	104	293.499	94,55	2,41				
Ostrácosos	135	612.972	97,12	1,87	148	532.353	99,33	2,86	111	273814	94,87	1,50	105	240984	95,45	2,05				
Cladóceros	9	12.756	6,47	0,04	2	471	1,34	0,00					8	18095	7,27	0,15				
Lar Decapodos	128	583.110	92,09	1,77	142	338.822	95,30	1,82	117	381410	100,00	2,65	108	385053	98,18	3,28				
Anfípodos	18	25.598	12,95	0,08	17	3.400	11,41	0,32	73	26303	62,39	0,18	88	62825	80,00	0,53				
Estomatópodos	9	15.362	6,47	0,05	9	4.336	6,04	0,02	46	14467	39,32	0,10	55	33533	50,00	0,29				
Medusas	115	365.809	82,73	1,11	95	38.713	63,76	0,21	92	41481	78,63	0,29	99	127957	90,00	1,09				
Sifonóforos	66	240.348	47,48	0,73	121	174.691	81,21	0,94	102	248262	87,18	1,73	47	199094	42,73	1,70				
Ctenóforos	13	48.504	9,35	0,15	7	1.048	4,70	0,01	21	4017	17,95	0,03	24	7637	21,82	0,07				
Quelecnatos	138	2.536.209	99,28	7,72	149	1.421.293	100,00	7,64	117	565171	100,00	6,74	109	1299836	99,09	11,07				
Poliquetos	106	139.857	76,26	0,43	128	70.935	95,91	0,38	102	47271	87,18	0,33	98	84600	89,09	0,72				
Pteropodos	128	402.909	92,09	1,23	139	330.829	93,29	1,78	100	75525	95,47	0,53	107	168208	97,27	1,43				
Salpas	99	474.078	71,22	1,44	98	35.546	38,93	0,19	80	41569	51,28	0,29	93	161121	75,45	1,37				
Dolióidos	119	1.159.101	85,61	3,53	111	691.743	74,50	3,72	97	125477	82,91	0,87	84	101381	76,36	0,86				
Apendicularias	117	610.690	84,17	1,86	112	202.776	75,17	1,09	104	330066	88,89	2,30	95	215071	86,36	1,83				
Radiolarios	95	377.380	68,35	1,15	119	116.852	79,87	0,63	102	125199	87,18	0,87	89	76896	80,91	0,65				
Larvas ciliataura	97	166.911	69,78	0,51	121	85.082	81,21	0,46	86	23736	56,41	0,17	72	54177	65,45	0,46				
Total Est.	139				149				117				110							
Total ind.	32.840.237				18.610.052				14.362.38				11.716.064							



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 30. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en las prospecciones de otoño en 1997, 1998, 1999 y 2000.

Grupos Taxonómicos	1997					1998					1999					2000					Abundancia Total:		
	Total	N° Est	Min	Max	Prom	Total	N° Est	Min	Max	Prom	Total	N° Est	Min	Max	Prom	Total	N° Est	Min	Max	Prom	N° Ind./1.000 m3	m3	
ARTROPODOS (Crustáceos)																							
Copepodos	24.241.568	139	1.029	839.41	175.66	14.155.576	149	20.882	518.86	95.034	10.549.287	117	6275	485.74	80.165	8.196.195	110	6.659	358.01	74.511	57.142.626		
Eufáusidos	830.073	125	64	79.224	6.641	405.886	143	33	50.587	2.838	1.085.827	111	34	135.47	9.780	283.499	104	35	38.724	2.726	2.321.869		
Ostrácos	612.972	135	401	31.720	4.541	532.353	148	278	22.713	3.557	273.814	111	19	19.808	2467	240.884	105	113	10.258	2.294	1.660.024		
Ciudóceros	12.758	9	187	4.659	1.418	471	2	165	306	235	18.095	8	57	15.197	2.262	31.324	8	57	36.755	3.565	1.685.395		
Lar. Decápodos	580.110	128	108	56.717	4.532	338.822	142	60	27.399	2.346	381.410	117	31	38.642	3.260	385.053	108	57	3.320	714	117.825		
Anfípodos	25.598	18	37	15.110	1.422	3.400	7	53	569	200	26.003	73	31	1.526	356	162.825	88	64	4.289	610	67.389		
Estomatópodos	15.362	9	27	4.149	1.707	4.036	9	59	1.970	448	14.467	46	33	1.796	314	33.533	55	46					
CELENTEREOS																							
Medusas	365.809	115	102	500.19	3.181	38.713	95	33	1.781	406	41.481	92	32	3.595	451	127.957	99	57	7.747	1.292	513.961		
Sifonóforos	240.348	66	161	13.802	3.698	174.681	121	59	7.779	1.444	248.262	102	22	40.555	2.434	199.094	47	191	20.852	4.236	862.396		
Ctenóforos	48.504	13	101	21.810	3.731	1.048	7	53	400	150	4.017	21	18	899	191	7.637	24	77	797	318	61.207		
QUETOGNATOS																							
ANELIDOS																							
Poliquetos	139.857	106	67	8.884	1.319	70.935	128	53	4.567	554	47.271	102	19	3.638	463	84.600	98	55	5.272	863	342.663		
MOLUSCOS																							
Pterópodos	402.909	128	257	26.840	3.148	330.829	139	53	43.924	2.380	75.525	100	25	7.742	755	168.208	107	95	11.848	1.572	977.471		
CORDADOS																							
Salpas	474.078	99	81	27.394	4.836	35.546	58	75	2.459	613	41.565	60	53	5.353	693	161.121	83	57	8.854	1.941	712.314		
Doliolidos	1.159.101	119	129	131.92	9.740	691.743	111	59	61.802	6.232	125.477	97	31	23.878	1.294	101.381	84	48	13.501	1.207	2.077.703		
Apendicularias	610.690	117	49	71.121	5.220	202.776	112	5	13.635	1.810	330.086	104	37	55.529	3.174	215.071	95	46	15.011	2.264	1.359.603		
Radolarios	377.380	95	216	46.359	3.972	116.852	119	60	3.734	982	125.199	102	41	6.292	1.227	76.895	89	64	4.500	854	696.328		
Larvas cifonautas	166.911	97	67	7.996	1.721	85.082	121	33	3.876	703	23.736	66	18	2.251	360	54.177	72	57	5.763	752	329.906		
TOTAL	32.840.237					18.610.052					14.362.384					11.716.064					77.245.521		



Los copépodos han experimentado a través del tiempo una paulatina caída en sus niveles de abundancia, con un cambio negativo respecto al otoño de 1997, 1998 y 1999 de 195,76%, 72,21% y 28,71% respectivamente. Para estos años las máximas densidades fueron de 839.414, 518.866 y 485.742 copépodos/1.000m³.

Quetognatos

Fue el segundo grupo de importancia cuantitativa, su densidad alcanzó a 1.299.836 quetognatos/1.000 m³, lo que equivale a una dominancia de 11,07% respecto del total (Tabla 29), con un 99,09% de ocurrencia en las estaciones y con valores mínimos y máximos de 907 y 60.872 (Tabla 30)

Al comparar los distintos años, los quetognatos muestran un cambio en la tendencia decreciente de sus niveles de abundancia entre 1997 a 1999, al incrementarse este año la abundancia en un 25,43% respecto al año precedente.

Larvas de decápodos

Las larvas de crustáceos decápodos fue el tercer grupo, con un 98,18% de ocurrencia en las estaciones y una abundancia total de 385,053 individuos que alcanzaron una dominancia de 3,28% (Tabla 29), exhibiendo valores extremos de 57 a 15.197 y un promedio por estación de 3.565 individuos/1.000 m³ (Tabla 30).

En este año, se observa una abundancia de larvas de decápodos similar a la registrada en 1999, con densidades promedios bastante similares de 3.565 y 3.260 individuos, exhibiendo una disminución de un 50,65% con respecto a 1997 (Tabla 30) Siendo característico para este grupo constancias sobre el 92,09%.



Eufáusidos

Este fue el cuarto grupo de mayor importancia cuantitativa, reunió un total de 283.499 eufáusidos/1.000 m³, correspondiendo a una dominancia de 2,41% (Tabla 29) Las concentraciones fluctuaron entre 35 y 38.724, con un promedio por estación de 2.726 individuos/1.000 m³ (Tabla 30).

Esta abundancia en número, representa una reducción importante respecto a 1997 y 1998 y en especial al último año, con tasa de cambio negativas de un 192,78%, 43,17% y 282,93%, respectivamente, lo cual indica una importante baja en sus niveles de abundancia durante este año, respecto a un alto volumen de abundancia registrado durante 1999 asociado a su máximo valor de dominancia histórico de 7,55% (Tabla 29). En términos generales, los eufáusidos han presentado valores altos de constancia sobre un 89,93% en los distintos años.

Ostrácodos

Los ostrácodos muestran frecuencia de ocurrencia de 95,45%. Su densidad total es de 240.884 ostrácodos/1.000 m³ y representa el 2,05% del total para el área de estudio (Tabla 29), con valores mínimos y máximos de 113 y 10.258 individuos/1.000 m³ (Tabla 30).



5.5.2 Distribución del zooplancton

Copépodos

Las mayores densidades de copépodos se ubicaron desde el norte de Pto. Lebu y Caleta Mansa, con valores entre 135.001 y 358.011 copépodos/1.000 m³. Las menores densidades (11.374 a 27.733 copépodos/1.000 m³) se detectaron marcadamente entre el norte de Valparaíso y Constitución, siendo menos constantes y frecuente en el sector centro del área de estudio.(Fig. 58).

Espacialmente los copépodos exhiben cambios en sus niveles de concentración durante este año, al concentrarse al sur del área prospectada. Esta situación difiere de lo registrado en los años 1997, 1998 y 1999, donde densidades entre 135.001 a 544.362 copépodos/1.000 m³ se detectaron en toda la zona de estudio, en el sentido latitudinal.

Quetognatos

Este grupo presenta la mayor presencia espacial con constancias sobre el 99% durante las cuatro prospecciones realizadas en la zona de estudio. Este año solo estuvo ausente en sólo una estación, concentrándose mayoritariamente en el rango de densidad entre 4.244 a 11.373 quetognatos/1.000 m³ en el 41,3% de las estaciones, con focos distribuidos tanto en el sector costero como oceánico. Las densidades más altas se situaron entre 27.734 a 62.949 quetognatos/1.000 m³ en 10 estaciones, distribuidas principalmente entre Talcahuano y Pto Saavedra dentro de las 100 mn de la costa (Fig. 59).



Respecto a 1997, 1998 y 2000, este intervalo de densidades alto se registró desde las inmediaciones de Valparaíso a Pto. Saavedra, mientras que para 1999, estas se restringieron a la zona entre Valparaíso y Pta. Nugune. Se destaca para 1997, los niveles más altos registrados de 62.950 a 135.000 quetognatos/1.000 m³ (Fig. 59).

Larvas de decápodos

En término espacial, la zona se encuentra dominada por densidades de larvas de decápodos entre 1.387 a 4.243 individuos por metro cúbico, concentrando el 35,2% de los organismos dentro de esta categoría. En la zona costera se detecta principalmente concentraciones superiores a los 4.244 individuos, con focos de alta agregación a 10 y 100 mn, a la cuadra de Pta. Rocura (29.485 individuos/1.000 m³) y Pto. Coronel (36.755 individuos/1.000 m³), respectivamente (Fig. 60).

Los niveles de densidad observados entre 1997 y el 2000, muestran para 1998 un intervalo de densidad mayor bastante inferior a los registrados en los otros años. Sin embargo, el foco de máxima densidad registrado a 10 mn al sur de Pto. Saavedra, es recurrente en las distribuciones de larvas de decápodos registrada durante 1997 a 1999.

Eufáusidos

Espacialmente se observa densidades de eufáusidos entre 368 y 1.386 eufáusidos/1.000 m³ en un 43,4 % de las estaciones, distribuidas hacia el sector oceánico, incrementando su frecuencia desde la zona centro hacia el sur (Fig.61) Sector donde se concentró la mayor densidad de eufáusidos, restringiéndose las máximas densidades a la línea costera con valores



superiores a 11.374 eufausidos/1.000 m³, destacando dos focos de abundancia a 10 mn al norte de Pto. Lebu (38.724 eufausidos/1.000 m³) y Pto. Saavedra (28.092 eufausidos/1.000 m³).

En este sentido, para las distintas prospecciones efectuadas durante los años 1997 a 1999, los focos de abundancia siempre se detectaron a lo largo de la línea costera, registrando entre los distintos años, cambios en la ubicación de los focos de alta densidad. En este contexto, para 1997–1998 se observa una tendencia clara a aumentar las densidades promedios de norte a sur, mientras que en 1999, esta tendencia invierte su sentido (sur a norte) (Fig. 62)

Durante este año, las máximas densidades promedio se mantienen en el sector centro y sur (36° 20'LS - 39° 00'LS), siendo recurrente picos importantes de densidad promedio para todos los años hacia el sur, entre sur de Pto. Saavedra y Corral, con valores entre 15.316 y 18.175 eufausidos/1.000 m³, además de un pico secundario entre Nugurne y Talcahuano que este año se desplazó al norte de Lebu (37° 20'LS) (Fig. 62).

El análisis de los cuatro períodos, permite señalar que en 1999 se registró la mayor abundancia de eufausidos en la zona de estudio, con un 90% de transectas con valores de densidad promedio mayor a lo registrado en los años 1997, 1998 y 2000, destacando la transecta al sur de Valparaíso (33° 20'LS) con una densidad de 25.956 eufausidos/1.000 m³



5.5.3 Análisis estacional del zooplancton

La comparación de los cuatro últimos períodos otoñales revela una disminución paulatina en el tiempo de los niveles de abundancia en los organismos zooplanctónicos, registrando en el 2000 tasas de cambio negativas respecto de 1999, 1998 y 1997 de 22,58%, 58,84% y 180,03%, respectivamente (Tabla 30).

La diversidad específica observada en los cuatro períodos ha sido prácticamente la misma, disminuyendo ligeramente entre los años 1997 a 1999 de 19 a 17, aumentando a 18 en este año. En este sentido, los artrópodos han sido el grupo de mayor presencia numérica en los distintos años, con altas densidades exhibidas por copépodos, eufáusidos, ostrácodos, larvas de decápodos y quetognatos.

Espacialmente, los mayores porcentajes de frecuencia en las estaciones son para copépodos y quetognatos, seguidos de eufáusidos, ostrácodos, larvas de decápodos y pterópodos con porcentajes importantes.

Los grupos que durante el 2000 mostraron tasas de cambio negativas con respecto a los tres períodos precedentes fueron los copépodos, eufáusidos, ostrácodos, doliólidos y radiolarios, en tanto que los cladóceros, anfípodos, estomatópodo y poliquetos denotaron un incremento de su densidad en el 2000 (Tabla 29).

5.5.4 Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos

Con la información cualitativa y cuantitativa del zooplancton se aplicaron algunos índices comunitarios para establecer la estructura comunitaria presentada por los



distintos grupos analizados en la zona comprendida entre la latitud 33°00'LS (Valparaíso) y Punta Galera (40°00'LS).

Los valores de uniformidad "J" durante el período otoñal del 2000 fluctuaron entre 0,686 y 0,207, indicando una baja uniformidad de los grupos analizados, estimándose en la estación 111 a 10 mn al sur de Bucalemu la mayor uniformidad y en la estación 61 a 10 mn al sur de Pta Rocura la mayor dominancia.

Durante esta prospección se observó una baja uniformidad, con un 55% de las estaciones con valores inferiores a 0,5, en tanto para 60 estaciones la dominancia muestra valores fluctuantes entre 0,314 y 0,793. Predominancia que esta dada principalmente por copépodos y en menor grado numérico por los quetognatos.

Existe una menor dominancia respecto a 1998 y 1999, ya que el 77,0 y 62,0% de las estaciones presentaron valores inferiores a 0,5, siendo responsables de la baja uniformidad de las estaciones los copepodos, eufáusidos y quetognatos

Los distintos grupos zooplanctónicos se agruparon a través del índice de sobreposición de Horn, a fin de establecer entre pares de muestras la diversidad específica, determinando valores de sobreposición entre 0,622 y 0,997 que indican solo un grupo con mayor diversidad y un 62,2 % de similitud en el orden jerárquico. La diversidad específica fue similar en la mayoría de los pares de muestras, manteniéndose casi los mismos elementos en común, con similares proporciones entre ellos.

Respecto a 1998 y 1999, la diversidad medida a través del porcentaje de similitud, muestra que un 62,2% registrado este año, se encuentra en el rango de los valores observados de 46,3% (1998) y 87,9% (1999).



El análisis de similitud realizado con el índice de Winer, muestra que hubo cuatro grupos de especies que coexistieron a partir del nivel del 68,0% (Fig. 63), el primero es aquel formado por copépodos-quetognatos, quienes demuestran una coexistencia de un 80,0%, el segundo y tercer grupo esta formado por poliquetos-ostrácodos y apendicularias-doliólidos con un porcentaje de 76,0%, y en cuarto lugar el grupo de salpas-anfípodos, con una coexistencia de un 68,0%.

Este año el número de pares de especies que exhibieron mayores porcentajes de coexistencia a partir del nivel 68,0% fue mayor, si se compara con 1998 y 1999, donde la cantidad de grupos que coexistieron en mayor grado fueron tres, a partir de un 69,0 y 66,4%, respectivamente. Al comparar las tres últimas prospecciones, sólo el grupo copepodo-quetognatos se mantiene con un 86,8 para 1998 y 80,0% en el 2000.

5.5.5 Biomasa zooplanctónica

La biomasa zooplanctónica expresada en mililitros de zooplancton presentes en 1.000 m³ de agua de mar filtrada, presentó valores extremos de 3 a 446 ml de zooplancton/1.000 m³, mostrando un promedio por estación de 84. Biomasa que se agrupó en un 49,09% entre Valparaíso y Pto. Coronel, a lo largo de toda la extensión longitudinal, con el predominio de densidades entre 34 a 100 ml de zooplancton/1.000 m³ m. Un 27,27% se concentró en el sector costero, desde Valparaíso a caleta Mansa con valores de densidad entre 101 – 300 ml de zooplancton/1.000 m³, encontrando en este sector los principales focos de abundancia entre Bucalemu y Topocalma, así como desde Pta. Nugurne y sur de Pto. Coronel (Fig. 64).



Este año se registra el nivel más bajo de biomasa zooplanctónica de la serie 1997 – 1999, constituyendo una tasa de cambio negativa de un 80,95, 3490 y 91,66%, respectivamente. La fuerte disminución respecto a 1998, se sustenta por una mayor abundancia presente en la zona, producto de densidades del orden de 901 – 10.000 ml de zooplancton/1.000 m³ en un 88,7% de área de estudio, y donde valores de 0 – 100 ml de zooplancton/1.000 m³ estuvieron ausentes (Tabla 31), sin embargo, esta mayor abundancia se fundamenta en el gran número de salpas grandes registrada durante ese año y que no fueron observada en los otros periodos.

En este sentido, este año la frecuencia de los intervalos de densidad presente en la zona prospectada, vuelve a los porcentajes registrados en 1997 y 1999, donde las densidades entre 34 – 100 ml de zooplancton/1.000 m³ y secundariamente 101 - 300 ml de zooplancton/1.000 m³ fueron dominantes, presentando distribuciones espaciales de zooplancton similares (Fig. 64)

Tabla 31 Densidad y categorías de densidad para biomasa zooplanctónica para el período 1997-2000.

	1997	1998	1999	2000
Máximo	1.085	17.0876	1.855	446
Mínimo	16	294	26	3
Promedio	152	3.016	161	84
N	138	135	115	110
RANGOS	PORCENTAJE (%)			
0-33	6,6		2,6	20,0
34-100	45,7		46,9	49,1
101-300	39,9	0,6	40,9	27,7
301-900	10,1	8	8,7	3,6
901-10.000	0,7	88,76	0,9	
10.001-20.000		2,7		



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

5.6.1 Condiciones oceanográficas y la distribución del jurel

5.6.1.1 Densidad jurel

En la carta de distribución del jurel elaborada con SIG, se puede observar que el recurso jurel presenta una amplia repartición en el área prospectada. En la parte norte (desde el 32° al 34° LS) el jurel presenta una distribución costera (desde la costa hasta la longitud 73°W) y entre la latitud 33° 30' LS y 35° 30' LS el jurel se reporta preferentemente desde 60 mn hasta 120 ó 140 mn desde la costa hacia el oeste. En la parte central (desde el 34° al 37° 30' LS) el jurel presenta una amplia distribución alcanzando las 200 mn se encuentra distribuido desde 60 mn de la costa hasta longitud 76° 15'W. En la parte sur (desde el 37°30'S al sur) el jurel presenta una amplia distribución que alcanza las 150 mn y aisladamente se presentó a las 200 mn desde la costa (Fig. 65a).

En la 1° capa (de la superficie a 50 m) el recurso se presentó en 5936 (32%) celdas de un total de 18472 celdas totales. En esta capa se aprecia que un 22% de celdas poseía baja densidad, un 8% regular densidad y el 2% eran de alta densidad respecto al total. En esta capa se presenta la participación porcentual más elevada de alta densidad entre las latitudes 34° 25'LS y 36° 10' LS (Fig. 65a y Tabla 32).

En la 2° capa (51 a 100 m) el jurel se presentó en 8557 celdas (46%), que comparada con las otras presenta una mayor área ocupada por el jurel. El 38% de



las celdas eran de baja densidad, el 8% de densidad media y sólo el 1% de densidad baja respecto al total (Fig. 65b y Tabla 32).

En la 3° capa (101 a 150 m) el jurel tuvo presencia en 3065 celdas (17%), en el 16% de las ellas el jurel presentó baja densidad respecto al total (Fig. 65c y Tabla 32).

En la 4° capa (151 a 200 m) el jurel estuvo escasamente presente en sólo 914 celdas, lo que representa un 5% del total (Fig. 65d y Tabla 32).

Tabla 32. Número de celdas ocupadas por el jurel en el área de estudio, considerando su nivel de densidad.

CAPAS	Densidad Baja (< 75 t/mn ²)	Densidad Media (75-300 t/mn ²)	Densidad Alta (> 300 t/mn ²)	Total celdas
Superficie – 50 m.	4119 (22%)	1499 (8%)	318 (2%)	5936 (32%)
51 – 100 m	6959 (38%)	1427 (8%)	171 (1%)	8557 (46%)
101 – 150 m.	2977 (16%)	88 (0,5%)	0	3065 (17%)
151 – 200 m.	753 (4%)	161 (1%)	0	914 (5%)
Total	14808 (80%)	3175 (17%)	489 (3%)	18472

Los resultados muestran que el jurel se presenta en la columna de agua desde la superficie hasta los 200 m de profundidad, con una clara preferencia por los primeros 100 m de la columna de agua donde se presenta el 78% de las celdas (Tabla 32), En el período 1997 – 2000 se ha observado un cambio en la distribución batimétrica del jurel, en el otoño cálido de 1997 el 88% del jurel se encontraba en los primeros 100 m de la columna de agua, mientras que en 1998 sólo el 66% (Fig. 66).

El área ocupada por el recurso jurel en otoño de 1999 es mas amplia que la de 1998, sin embargo ha disminuido la participación porcentual de las cuadrículas con



alta densidad de jurel de 7,8% en 1998 a 3,0% en 1999 (Córdova *et al.*, 1999; Córdova *et al.*, 2000). El año 2000 se reporta un porcentaje del 2,6% de pixeles de alta densidad (Tabla 32), no obstante que se aprecia un leve aumento en el área de ocupación de la especie.

5.6.1.2 Presencia de jurel y las variables bio-oceanográficas desde un enfoque espacial

En el presente estudio se intenta encontrar las posibles relaciones existentes entre la distribución del recurso y las variables ambientales. La determinación de la escala temporal y espacial con la que se trabaja está dada por el diseño de la prospección, se reitera la afirmación efectuada en trabajos anteriores en que se concuerda con Quiñones *et al.*, (1995), en el sentido que en los proyectos multidisciplinarios como el presente y en las evaluaciones hidroacústicas efectuadas anteriormente (Córdova *et al.*, 1999; 2000), la frecuencia de la observación está determinada en gran parte por el equilibrio entre los distintos diseños muestrales necesarios para cumplir con los objetivos del estudio.

El presente crucero se efectuó con dos embarcaciones en forma simultánea, lo que permitió reducir la extensión en tiempo del crucero en sólo un mes, mientras que en los cruceros anteriores (1997, 1998 y 1999) estos se extendían entre 45 a cerca de 50 días (Córdova *et al.*, 1998; 1999; 2000). La información tanto ambiental como bio-oceanográfica se toma como un plano o una capa, por variable y estrato de profundidad, luego, se dispone de un sólo plano temporal o imagen, que se relacionan entre sí a través de un SIG. Dentro de cada plano la escala espacial está dada por el tamaño de los pixeles de las imágenes, los cuales poseen una resolución de 2 mn millas náuticas en el sentido longitudinal (E-W) y 2 mn en el sentido latitudinal (N-S).



Tabla 33. Estadísticos de las cartografías de distribución de jurel y de las variables ambientales en las zonas norte, centro y sur, en las capas de 5, y 50 m. Crucero 2000.

	VARIABLES		Norte	Centro	Sur
CAPA 5 m.	Salinidad	Promedio	34.05	33.90	33.67
		Minimo	33.77	33.50	33.30
		Máximo	34.26	34.16	34.07
	Temperatura	Promedio	14.39	14.01	13.02
		Minimo	13.27	12.68	10.34
		Máximo	14.94	14.93	14.42
	Oxígeno	Promedio	5.67	5.53	5.14
		Minimo	0.44	0.00	0.00
		Máximo	6.14	6.86	7.71
	Densidad	Promedio	25.37	25.34	25.38
		Minimo	25.07	25.00	25.00
		Máximo	25.57	25.79	25.70
Densidad	Promedio	25.37	25.34	25.38	
	Minimo	25.07	25.00	25.00	
	Máximo	25.57	25.79	25.70	
CAPA 50 m.	Salinidad	Promedio	34.06	33.98	33.91
		Minimo	33.78	33.50	33.67
		Máximo	34.27	34.42	34.14
	Temperatura	Promedio	14.04	12.66	12.78
		Minimo	12.05	10.82	10.71
		Máximo	16.39	14.78	14.44
	Oxígeno	Promedio	5.18	4.25	4.88
		Minimo	0.43	0.00	0.00
		Máximo	5.79	5.94	5.52
	Densidad	Promedio	25.44	25.67	25.59
		Minimo	25.07	25.00	25.28
		Máximo	25.98	26.30	26.08
Densidad	Promedio	25.44	25.67	25.59	
	Minimo	25.07	25.00	25.28	
	Máximo	25.98	26.30	26.08	
Integrada	Clorofila-a	Promedio	8.69	13.83	15.87
		Minimo	3.50	0.00	0.00
		Máximo	71.42	70.60	40.60
	Eufáusidos	Promedio	246	581	432
		Minimo	0	0	0
		Máximo	3213	7735	5250



Tabla 34a. Rangos de las variables bio-oceanográfica en áreas con presencia de jurel, en los cruceros hidroacústicos de los años 1993 (Serra *et al.*, 1994b), de 1994 (Quiñones *et al.* 1995,) y de 1997 (Córdova *et al.*, 1998).

AÑO	PROFUNDIDAD	VARIABLE	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	DESV.EST.
1993	Superficial	Temperatura (°C)		10.5	14	
		Salinidad (psu)	33-34	33.9	34.6	
		Oxígeno (ml/L)	6.0	5.1	7.7	
		Sigma-t	24.8-25.7			
		Eufáusidos	3200			
		Clo-a integrada.	10-150		180	
	Profundidad	Temperatura (°C)				
		Salinidad (psu)			34.25	
		Oxígeno (ml/L)		0.25	3	
1994	Superficial	Temperatura (°C)	12.49	11.03	14.66	
		Salinidad (psu)	33.84	31.56	34.69	
		Oxígeno (ml/L)	5.51	4.75	6.47	
		Sigma-t	25.59	23.96	26.13	
	Ponderada	Temperatura (°C)	11.04	8.96	13.62	
		Salinidad (psu)	34.30	33.31	34.76	
		Oxígeno (ml/L)	3.23	0.37	6.00	
		Sigma-t	26.22	25.26	26.73	
1997	Superficial	Temperatura (°C)	15.50	13.23	16.80	
		Salinidad (psu)	34.01	32.06	34.30	
		Sigma-t	25.09	24.08	25.37	
		Clo-a integrada	19.37	8.75	49.31	
	50 m.	Eufáusidos	783	23	7060	
		Temperatura (°C)	13.90	10.62	16.66	
		Salinidad (psu)	34.05	34.30	35.53	
		Sigma-t	25.47	24.87	26.13	



Tabla 34b. Rangos de las variables bio-oceanográfica en áreas con presencia de jurel, en los cruceros hidroacústicos de los años 1997 (Córdova *et al.*, 1998), de 1998 (Córdova *et al.*, 1999) y de 1999 (Córdova *et al.*, 2000).

AÑO	PROFUNDIDAD	VARIABLE	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	DESV EST
1998	5 m	Temperatura(°C)	14.75	12.29	16.16	0.86
		Salinidad(psu)	34.06	33.20	34.47	0.64
		Oxígeno(mi/L)	5.07	7.29	6.57	0.74
		Sigma-t	25.30	24.71	25.98	0.41
		Sa (t/m ²)	896	0	19299	2759
	50 m	Temperatura(°C)	14.35	11.61	15.93	1.31
		Salinidad(psu)	34.16	33.62	34.68	0.59
		Oxígeno(mi/L)	4.70	1.91	6.59	1.04
		Sigma-t	25.46	25.01	26.37	0.47
		Sa (t/m ²)	644	0	191126	1954
	100 m	Temperatura(°C)	11.87	10.34	13.97	1.03
		Salinidad(psu)	34.24	33.92	34.83	0.40
		Oxígeno(mi/L)	3.62	0.81	6.27	1.45
		Sigma-t	26.04	25.59	26.44	0.68
		Sa (t/m ²)	108	0	6795	361
	150 m	Temperatura(°C)	11.03	9.61	12.29	0.72
		Salinidad(psu)	34.50	33.15	34.79	0.40
		Oxígeno(mi/L)	2.67	0.36	1.13	1.52
		Sigma-t	26.34	26.06	26.58	0.33
		Sa (t/m ²)	86	0	903	361
Integrada	Clo-a integrada	35.91	13.34	99.07	12.19	
	Eufausidos	5213	0	46895	8873	
1999	5 m	Temperatura(°C)	12.98	10.87	14.94	0.93
		Salinidad(psu)	33.96	33.60	34.53	1.05
		Oxígeno(mi/L)	3.59	1.38	5.67	0.77
		Sigma-t	25.62	25.47	26.31	0.11
		Sa (t/m ²)	328	0	7193	750
	50 m	Temperatura(°C)	12.42	9.78	15.03	1.16
		Salinidad(psu)	34.04	33.46	34.64	1.18
		Oxígeno(mi/L)	3.02	0.39	5.18	0.83
		Sigma-t	26.04	25.41	26.54	0.27
		Sa (t/m ²)	272	0	10473	683
	100 m	Temperatura(°C)	11.06	9.31	14.37	0.74
		Salinidad(psu)	34.10	33.75	34.64	0.79
		Oxígeno(mi/L)	2.61	0.20	5.05	1.04
		Sigma-t	26.17	25.47	26.69	0.16
		Sa (t/m ²)	73	0	5755	251
	Integrada	Clo-a integrada	29.53	13.19	100.81	8.49
		Eufausidos	7675	0	118496	11155



A. Capa superficial

- En relación con la temperatura

En la figura 67a se muestra la cartografía de la temperatura superficial del mar (TSM), se observa que en el área prospectada se presentan temperaturas desde 11°C (al sur del área de estudio) hasta 16°-17°C (en el extremo norte oceánico), con un claro predominio de aguas con temperatura de 13°-14°C, éstas tienen una presencia costera desde la latitud 33° 50' LS al sur expandiéndose progresivamente hacia el sector oceánico alcanzando las 200 mn al sur de la latitud 38° 20'LS.

El jurel se reporta en aguas cuya TSM varía entre 10°C hasta 15°C con una clara preferencia por aguas con temperaturas superficiales de 14°C, asimismo se presenta en aguas de 13 °C (Fig. 67a; Fig. 68a y tabla 33), mientras en el crucero de 1999 se había distribuido entre los 10 y 14°C con una clara preferencia por reportarse en aguas cuya TSM era de 13°C (Córdova *et al.*, 2000). Mientras que entre mayo-junio de 1997 y 1998, el jurel se reportó en aguas cuyas TSM se presentaron en un rango de 12 a 16°C y 12° a 15°C respectivamente con una preferencia de 14 y 15°C para 1997 y 13°C para 1998 (Tabla 34a-b y Fig. 69 a). Mientras que julio-agosto de 1994, el jurel se presentó preferentemente en aguas superficiales de 12,5°C, este fue un año frío (Tabla 34 a).

Cabe señalar que en el período 1997 – 2000, la zona de estudio estuvo afectada por el fenómeno de El Niño en el año 1997, donde se presentó una anomalía positiva máxima de 2,5°C (Nuñez *et al.*, 2000). Entre tanto en el año 1999 el área de estudio estuvo afectado por el fenómeno de La Niña, donde se presentó una anomalía negativa máxima de 1,6°C (Nuñez *et al.*, 2000). A pesar de que el jurel se



puede encontrar en amplio rango (5°C), que pueden estar desfasados en los años cálidos y fríos el jurel se distribuye en rangos preferenciales que no superan los 2°C (Fig. 69 a).

El índice de asociación de Cr entre la temperatura y la distribución del jurel es bajo, 0,19 (Tabla 35), estos resultados son análogos a los encontrados en la zona sur de la prospección de otoño de 1998 y 1999 (Córdova *et al.*, 1999; 2000)

Tabla 35. Coeficientes Cramer's de las cartografías de distribución de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5 y 50 m.

VARIABLE	Superficie.	Capa 50 m.
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,19	0,22
Salinidad (psu)	0,20	0,23
Oxígeno (ml/L)	0,17	0,22
Densidad (Sigma-t)	0,18	0,24
Clo-a integrada (mg/m^2)	0,18	0,20
Eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$)	0,19	0,20
Capa dispersión profunda	0.15	0.16

- **En relación con la salinidad**

En la figura 67b se muestra la distribución espacial superficial de la salinidad, el jurel se distribuyó en un rango de 33,3 y 34,2 psu (Fig. 68b); con un rango preferencial el jurel de 33,7 a 34 psu. En el año frío de 1999 el jurel se distribuyó en un amplio rango de salinidad entre 33,3 y 34,4 psu, pero con un estrecho rango preferencial entre 33,8 y 34,0 psu; en el año 1998 se presentó en un rango ligeramente más



estrecho que en el año anterior, pero en el mismo rango preferencial (Tabla 34b). En el año 1997 el rango de distribución del jurel fue el más estrecho del período, pero el jurel se reportó en un rango preferencial entre 34,0 y 34,1 psu (Tabla 34b). El rango preferencial de la salinidad del jurel es estrecho y difiere levemente cuando el área está sometida a la influencia del fenómeno de El Niño (Fig. 69b).

El índice de asociación de Cr entre la salinidad superficial y la distribución del jurel es bajo, 0,20 (Tabla 35), estos resultados son análogos a los encontrados en la zona sur de la prospección de otoño de 1998 y 1999 (Córdova *et al.*, 1999; 2000)

- **En relación con el oxígeno**

En la figura 67c se muestra la distribución espacial del oxígeno disuelto superficial y en la Tabla 33 se presentan los estadísticos de dichos mapas.

En el estrato de la superficie a los 50 m, el jurel se presenta entre 3,0 y 6,0 ml/L, pero más del 99% se distribuyó en aguas cuyo rango fluctuaba entre 5,0 y 6,0 ml/L, con una moda en 5,5 ml/L (Fig 68c). Estos resultados son similares a los encontrados en 1998, donde el jurel se presentó entre 3,2 y 6,0 ml/L concentrando el mayor número en el rango entre 4,8 y 5,6 ml/L (Tabla 34b). Asimismo en 1994 el rango de oxígeno superficial fue similar entre 4,75 y 6,47 ml/ (Tabla 34a; Quiñones *et al.*, 1995). Mientras en 1999 se había reportado jurel en un rango de oxígeno disuelto bajo, sólo entre de 1,5 y 4,5 ml/L con preferencia por el rango entre 2,5 y los 3,5 ml/L (Córdova *et al.*, 2000).



Cabe señalar que el oxígeno superficiales un valor que debe ser considerado con precaución debido a que su valor puede estar influenciado por la relación océano – atmósfera.

- **En relación con la densidad en sigma-t**

En la figura 67d se muestra la distribución espacial de la densidad superficial en sigma-t, cuyo rango varía de 25,0 a 25,4 con una clara preferencia por la moda de 25,2 (Fig 68d). En el año 1999 el jurel se encontraba distribuido en un el rango mas amplio entre 25,0 y 26,2 sigma-t (Tabla 34 b), sin embargo también mostró igualmente una preferencia 25,2 y 25,5 sigma-t (Córdova *et al.*, 2000). En 1998, el rango varió entre 24,6 y 25,7 sigma-t, sin embargo también mostró una preferencia por el rango 25,2-25,3 sigma-t (Tabla 34 b ;Córdova *et al.*, 1999). Estos resultados no difieren sustantivamente a los encontrados en 1997, el jurel se hallaba distribuido en aguas cuya densidad fluctuaba entre 24,6 y 25,9 sigma-t, con un rango preferencial entre 25,0 y 25,5 sigma-t. (Córdova *et al.*, 1999) (Fig. 69d). Mientras que en año 1994 el jurel se presentó en aguas de un mas amplio rango de densidad entre 24,0 y 26,16 sigma-t, con una moda en 25,59 sigma-t (Tabla 34 a; Quiñones *et al.*, 1995).

- **En relación con la clorofila-a integrada**

En la figura 70 se muestra la distribución espacial de la clorofila-a integrada. En el área norte de la zona de estudio el jurel se reportó en niveles bajos de clorofila a (promedio 8,69 mg/m², pero con un amplio rango) en la zona centro se presentó en niveles intermedios y en la zona sur en altos niveles (Tabla 33). El jurel se presentó en agua de cloa-a integrada desde 1 a 60 mg/m², con una clara preferencia por



aguas de 40 mg/ m² (Fig. 68d). El rango de distribución es análogo al presentado en 1998, pero el rango preferencial era más amplio entre 15 y 70 mg/m², agrupando la mayor cantidad de agregaciones entre 25 y los 35 mg/m² en la capa superficial (Córdova *et al.*, 1999; Tabla 34 b). Por otra parte, en invierno de 1994 (Tabla 34 a), mientras que en otoño de 1997, las áreas de mayor concentración del recurso presentaban más baja concentraciones de clorofila a (Tabla 34 b).

Al observar la distribución del jurel respecto a la clorofila a y su rango preferencial se observa que este fue más bajo durante el crucero de cuantificación que se realizó durante El Niño de 1997 y durante el presente crucero del 2000 fue el más alto del periodo 1997 – 2000 (Fig. 69).

Los índices de asociación de Cr entre la clorofila integrada y la distribución del jurel son bajos, (Tabla 35). Estos resultados son análogos a los encontrados en la prospección de otoño de 1997 (Córdova *et al.*, 1998 y 1999).

- **En relación con los eufausidos**

En la figura 70 se muestra la distribución espacial de los eufáusidos en la columna de agua. En el área de prospección los eufáusidos se presentaron valores bajos 246 ind/m³ en la zona norte, 581 ind/1000m³ en la zona centro y 432 ind/1.000m³ en la zona sur (Tabla 33). Las máximas concentraciones de eufausidos se sitúan en el área norte y centro en los sectores próximos a las áreas de alta distribución de jurel, sin embargo este patrón no se reporta al sur del área de estudio.

En el presente crucero del año 2000, en jurel se distribuye en áreas desde 1 a 8100 ind/1000m³, con una clara por los 300 ind/1000m³. Este valor es el más bajo del



período 1997-2000. En efecto en 1999 el jurel se reportó en áreas donde los eufausidos se presentaban entre los 0 y 118496 ind./1000m³, con una media de 7575 ind./1000m³ (Tabla 34b), esta cifra era superior a la obtenida en 1998 con 46895 ind./1000m³ ya la reportada en 1997 con sólo 5665 ind./1000m³ (Tabla 34b). Estos resultados son relevantes debido a que indican que los eufáusidos son el principal ítem alimentario del jurel, se reitera lo señalado en informes anteriores propuesto por Quiñónes, *et al.* (1994) en que las redes de plancton utilizadas no son adecuadas para el muestreo cuantitativo de otros ítemes alimentarios de importancia, como son los peces linterna y salpas por lo que no son incorporados en el presente análisis, pero se debe señalar que durante el período 1997 a 2000 se ha empleado el mismo tipo de red, por lo que los resultados son comparables entre ellos.

Los índices de asociación de Cr entre los eufáusidos y la distribución del jurel son reducidos tanto en la capa superficial (Tabla 35). Estos índices son más altos a los obtenidos en 1999, y similares a los obtenidos en la prospección de 1998 (Córdova *et al.*, 1999) y a la de 1997 (Córdova *et al.*, 1998)

A diferencia de los cruceros anteriores no se observó que había un ligero desplazamiento espacial entre el jurel y su principal presa se vio corroborada al estudiar las imágenes de la distribución espacial del jurel, de los eufáusidos y de la presencia de contenido estomacal en los ejemplares. Estos resultados sugieren revisar lo sugerido por Quiñónes *et al.* (1995), quien sugiere que la correlación puede llegar a ser negativa si se muestrea en el momento en que el predador (el jurel) ha agotado a la presa de un área determinada.



- **En relación a la capa de dispersión profundas CDP**

El análisis de la información correspondiente a la capa de dispersión profunda (CDP) y su relación con la distribución del jurel (Fig 70b), entregó resultados que indican una baja asociación entre ambas variables con $Cr = 0.15$ en superficie y $Cr = 0.16$ en la capa de 50 m de profundidad: Estos valores de asociación se enmarca dentro de los Cr 's obtenidos en años anteriores.

B. Capa sub-superficial (50m)

- **En relación con la temperatura**

En la figura 71a se muestra la cartografía de la temperatura subsuperficial del mar (TM), se observa que en el área prospectada se presentan temperaturas desde 10°C hasta 16°C (en el extremo norte oceánico), con un claro predominio de aguas con temperatura de 13°C . El agua con temperatura $\geq 14^{\circ}\text{C}$, se presenta en dos cuñas oceánicas una situada desde el norte del área de estudio hasta la latitud $35^{\circ} 30' \text{ S}$ y la segunda desde $36^{\circ} 30' \text{ S}$ hasta $38^{\circ} 20' \text{ S}$, en la primera cuña no se reporta presencia de jurel, mientras que en la segunda esta es escasa (Fig. 65b).

El jurel se reporta en aguas cuya TM varía entre 10°C hasta 16°C con una clara preferencia por aguas con temperaturas de 12°C (Fig. 71a y Fig. 72a), mientras en el crucero de 1999 se había distribuido entre los 10 y 15°C con una clara preferencia por reportarse en aguas cuya TM era de 13°C (Tabla 34 b; Córdova *et al.*, 2000). Mientras que en los cruceros de 1997 y 1998, el jurel se reportó en aguas cuyas TM promedio eran de 12°C y 14°C (Tabla 34a y b). Mientras que julio-agosto de 1994, el jurel se presentó en aguas cuya temperatura promedio era de $12,5^{\circ}\text{C}$ (Tabla 34 a).



Cabe señalar que al igual que en el estrato superficial, en el período 1997 – 2000, el jurel se puede encontrar distribuido en amplio rango (6°C), que pueden estar desfasados en los años cálidos y fríos el jurel se distribuye en rangos preferenciales que no superan los 3°C (Fig. 73a).

El índice de asociación de Cr entre la temperatura y la distribución del jurel es bajo pero significativo 0,22 (Tabla 35).

- **En relación con la salinidad**

En la figura 71b se muestra la distribución espacial subsuperficial de la salinidad, el jurel se distribuyó en un rango de 33,3 y 34,2 psu (Fig. 72b); con un rango preferencial el jurel de 33,7 a 33,8 psu. En el año frío de 1999 el jurel se distribuyó en un amplio rango de salinidad entre 33,3 y 34,4 psu, pero con un estrecho rango preferencial entre 33,9 y 34,0 psu; en el año 1998 se presentó en un rango ligeramente mas estrecho que en el año anterior, pero ligeramente desplazado hacia valores más salinos, bien que en el mismo rango preferencial (Tabla 34b). En el año 1997 el rango de distribución del jurel fue el mas estrecho del período, pero el jurel se reportó en un rango preferencial entre 34,0 y 34,1 psu (Tabla 34b). El rango preferencial de la salinidad del jurel es estrecho y difiere levemente cuando el área está sometida a la influencia del fenómeno de El Niño (Fig. 73b).

El índice de asociación de Cr entre la salinidad subsuperficial y la distribución del jurel es bajo pero significativo, 0,23 (Tabla 35).



- **En relación con el oxígeno**

En la figura 71c se muestra la distribución espacial del oxígeno disuelto superficial y en la Tabla 33 se presentan los estadísticos de dichos mapas.

En el estrato de la superficie a los 50 m, el jurel se presenta entre 0,1 y 6,0 ml/L, pero más del 90% se distribuyó en aguas cuyo rango fluctuaba entre 4,5 y 5,0 ml/L (Fig 72c); este es en mismo el rango de preferencia donde se reportó el jurel en 1998, si bien en ese año el rango de distribución había sido más amplio (Tabla 34b). Por otro lado en el año frío de 1999 el rango de preferencia jurel, con relación al oxígeno fue mas bajo entre 0,42 y 5,20 ml/L con una media en 3,0 (Tabla 34 b).

- **En relación con la densidad en sigma-t**

En la figura 71d se muestra la distribución espacial de la densidad en sigma-t, cuyo rango varía de 25,0 a 26,0 con una clara preferencia por la moda de 25,6 (Fig 72d). En el año 1999 el jurel se encontraba distribuido en un el preferencial mas amplio entre 25,2 y 25,5 sigma-t (Tabla 34 b). En 1998 y 1997 sigma-t presentó un rango ligeramente amplio pero el rango preferencial fue estrecho 25,2 a 25,3 sigma-t (Tabla 34 a y b).

El índice de asociación de Cr entre la densidad del mar y la distribución del jurel son bajos 0,24 pero significativo (Tabla 35).

- **En relación con la clorofila-a integrada**

En el estrato subsuperficial de 51 a 100 m de profundidad el jurel se reporta entre valores de clorofila-a integrada entre 1 y 40 mg/m², con una clara preferencia por el



rango entre 1 y 10 mg/m² (Fig. 72e). El rango de distribución es más bajo al presentado en los años anteriores, en efecto 1999 y 1998 era de 20 mg/m², mientras que en 1997 era entre 10 y 20 mg/m² (Fig. 72e).

El índice de asociación de Cr entre la clorofila integrada y la distribución del jurel es bajo 0,20 (Tabla 35).

- **En relación con los eufaúsidos**

En forma análoga al estrato superficial el jurel se reporta preferentemente en áreas donde se presentan entre 100 y 800 ind/1000m³ con una evidente inclinación por el estrato de 300 ind/1000m³ (Fig. 72f). Este valor es similar al reportado en 1997 cuando la zona de estudio se vio afectada por el fenómeno de El Niño, y es más bajo que los años 1998 y 1999 (Fig. 72f).

El índice de asociación de Cr entre la clorofila integrada y la distribución del jurel es bajo 0,20 (Tabla 35).

C. Capa sub-superficial: 100 m, 150 m y 200m

- **Estrato de 100 m en relación con el jurel distribuido entre 100 y 150m**

Sólo el 17 % del jurel se encuentra presente en esta área. La cartografía de la temperatura (Fig. 74a), salinidad (Fig. 74b), oxígeno (Fig. 74c) y densidad (Fig. 74d), son similares a las encontradas en 50 m de profundidad con una variación en los rangos y el jurel no se reporta en las áreas donde se presentan las cuñas de agua oceánicas citadas en el párrafo B.



- **Estrato de 150 m en relación con el jurel distribuido entre 150 y 200m**

Sólo el 5 % del jurel se encuentra presente en esta área. La cartografía de la temperatura (Fig. 75a), salinidad (Fig. 75b), oxígeno (Fig. 75c) y densidad (Fig. 75d), son similares a las encontradas en 50 m y 100 m de profundidad con una variación en los rangos. El jurel se reporta escasamente en este estrato (Fig. 65d).

D. Análisis de las relaciones

Para facilitar el análisis de la distribución del jurel y su posible asociación con las variables ambientales, la zona de estudio se dividió en 6 macroáreas:

- 3 nominadas latitudinales, en dirección Norte – Sur. Estas macroáreas se denominaron: área norte desde el inicio de la zona de estudio hasta la latitud 34° S; área centro desde 34° S hasta; y área sur desde 37°S hasta latitud 40°S. El criterio para dividir esta zona estuvo dado por el análisis latitudinal de las variables temperatura y salinidad.
- 3 nominadas longitudinales, en dirección Este – Oeste. Estas macroáreas se denominaron: área costera desde 5 a 50 mn, área intermedia desde 51 a 100 mn; y, área oceánica desde 101 mn hacia el oeste.

Se efectuó un análisis andeva a dos factores: el latitudinal y el longitudinal, considerando la variable, densidad de jurel (que se denomina Sa), temperatura, salinidad, oxígeno, clorofila a, eufáusidos y densidad del agua.



Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias significativas entre las macroáreas considerando el factor latitudinal y longitudinal y la prueba post-hoc, empleando el test de Newman – Keuls, permiten afirmar que para la variable Sa (densidad de jurel) no existe evidencia de diferencias entre la zona costera e intermedia y entre la zona norte y sur, además para la variable clorofila no existe evidencia de diferencias entre las zona centro y sur (Tabla 36).

Tabla 36. Probabilidades del Test Neuman-Keuls entre las macrozonas para las variables Sa (densidad promedio de jurel), temperatura, salinidad, oxígeno, densidad (sigma-t), cloa y eufáusidos.

	Longitudinal			Latitudinal		
		Intermedia	Oceánica		Centro	Sur
Sa	Costera	0	0,463*	Norte	0	0,93*
	Intermedia		0	Centro		0
Temperatura	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0
Salinidad	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0
Oxígeno	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0
Densidad	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0
Cloa	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0,08
Eufausidos	Costera	0	0	Norte	0	0
	Intermedia		0	Centro		0

*diferencias no significativas

El análisis de correlación indica que existe una baja asociación entre las variables, los que limita la realización de un análisis multivariado (Tabla 37).



Tabla 37. Coeficientes de correlaciones parciales

	SA_TOT	CLOA_GR	CLOA_PRO	TEMP_GR	TEMP_PRO	SAL_GR	SAL_PRO
SA_TOT	1.00						
CLOA_GR	-0.04	1.00					
CLOA_PRO	-0.09	0.32	1.00				
TEMP_GR	-0.06	0.13	0.04	1.00			
TEMP_PRO	0.10	-0.08	-0.35	0.00	1.00		
SAL_GR	-0.03	0.01	0.12	0.06	-0.19	1.00	
SAL_PRO	0.14	0.08	-0.29	0.14	0.54	-0.31	1.00
OXI_GR	-0.03	0.21	-0.11	0.00	0.05	-0.02	-0.05
OXI_PRO	0.10	-0.09	-0.04	0.08	0.10	0.04	0.14
DENS_GR	0.00	0.02	0.06	0.32	-0.13	0.49	-0.06
DENS_PR	0.03	0.18	0.10	0.13	-0.56	-0.11	0.39
EUFAS_PR	-0.04	0.16	0.30	0.06	-0.14	-0.05	0.13

	OXI_GR	OXI_PRO	DENS_GR	DENS_PR	EUFAS_PR
SA_TOT					
CLOA_GR					
CLOA_PRO					
TEMP_GR					
TEMP_PRO					
SAL_GR					
SAL_PRO					
OXI_GR	1.00				
OXI_PRO	-0.37	1.00			
DENS_GR	0.00	0.04	1.00		
DENS_PR	-0.10	0.03	0.08	1.00	
EUFAS_PR	-0.05	-0.05	0.02	0.29	1.00



Un análisis de correlación canónica se efectúa para determinar los modos lineales dominantes de la covaribilidad entre la densidad del jurel expresada en Sa y las variables bio-oceanográficas: temperatura, salinidad, oxígeno, densidad (σ_t), cloa y eufáusidos. Los resultados indican que el R canónico es de 0,20 y las variables ambientales extraen sólo el 12,33% de la varianza, a pesar de la baja significancia, y las que tienen la mayor participación son la temperatura, la salinidad y la clorofila.

Se efectúa además un análisis de correlación canónica que considera en el primer set la posición longitudinal (costera, intermedia y oceánica) y latitudinal (norte, centro y sur) y en el segundo set la densidad del jurel expresada en Sa y las variables bio-oceanográficas antes señaladas. El R canónico es de 0,82 y 0,58 para cada set respectivamente, el eigenvalues es 0,684 y 0,344, los pesos canónicos son aportados por las variables temperatura, salinidad y densidad del agua. Estos resultados son concordantes con los presentados anteriormente sobre la variabilidad espacial.



6. DISCUSION

El análisis de la información acumulada desde 1991 a 1994 y 1997 a 2000, ha permitido establecer que la ventana de observación establecida en el proyecto, la cual cubre el sector donde se desarrolla principalmente la pesquería de jurel del país, es capaz de detectar cambios en el medio ambiente que son observados a través del análisis a macro escala.

Es así que, para el período 1997–1999, destacan anomalías positiva de temperatura superficial del agua de mar para invierno de 1997 (máxima +2,5 °C) en toda el área de estudio, indicando la presencia de aguas cálidas durante la fase inicial del evento El Niño 1997-98. Durante el invierno de 1998, estas anomalías positivas de TSM se restringen al sur de los 35° LS, con valores menores (máxima +1,0 °C) que son consistente con la declinación del evento registrado claramente a una escala mayor. A partir de 1999, el área de estudio presentó anomalías negativas (máxima–1,5 °C) asociada al evento frío La Niña. Cambio que se registra también en la variabilidad de las isotermas frente a Talcahuano asociada a la distribución batimétrica del jurel, donde se destaca la profundización de las isotermas de 10 y 11 °C como un indicador del evento El Niño 1997-1998. (Núñez *et al.* 2000; Arcos *et al.* 2000). Luego, el análisis histórico en la zona de estudio muestra anomalías positivas especialmente durante 1992 y 1997, y en un ciclo de tres años, un proceso inverso o período frío (La Niña), destacando el ciclo 1997-1999 como más intenso (Fig 77).



Al comparar estos períodos, se observa cambios en el medio ambiente referidos al plancton, disminuyendo el número de taxas presentes en el plancton de 32-34 para 1991-1994 a 16-17 en 1997-2000, indicando con ello una escasa disponibilidad de grupos zooplanctónicos en el ambiente a partir del 1997, lo que se atribuye a cambios generados por el evento El Niño 1997 y que se traduce en la tolerancia de algunos grupos a mantenerse en el tiempo. Es así que, si bien es cierto se detectan algunos grupos dominantes en término de abundancia (poliquetos, sinóforos y medusas), sus ítems en los últimos cuatro años han exhibido densidades relativamente bajas. En general, a partir de 1997 se observa un decrecimiento gradual de la abundancia global de los grupos zooplanctónicos desde 32.840.237 N° ejemplares/1000m³ en 1997 a 11.716.064 N° ejemplares/1000m³ en 2000.

Por otra parte, los eufásidos que son el ítem de alimentación mas importante en la dieta de jurel, muestran una notoria disminución entre un período cálido a frío con valores de densidad de 6.836 N° ejemplares/1000m³ (1992), 2.829 N° ejemplares/1000m³ (1993) y 1.752 N° ejemplares/1000m³ (1994), lo cual no se observa entre 1997 a 2000, donde se registra un aumento fuerte de densidad en 1999. Luego, entre 1991 a 1994 no es posible sugerir una relación de consumo entre la biomasa de jurel y la cantidad de eufásidos presentes en la zona de estudio. No obstante, entre 1999 y 2000 se registra un aumento de biomasa acústica de jurel conjuntamente con una importante disminución de los eufásidos entre esos años, lo cual podría estar asociado a un mayor consumo producto de la mayor biomasa de jurel, sin embargo, esta hipótesis deberá ser comprobada en los próximos cruceros acústicos ha realizarse en la zona de estudio. De existir esta relación de consumo, las variaciones en la oferta alimentaria serán de gran relevancia en cuanto a la calidad del desove desde el punto de alimentación del stock parental.



Respecto a la biomasa, en general se observa un crecimiento desde 1997 al 2000, registrándose en los dos últimos años un importante incremento que va desde los 4.100.000 t (1999) a 5.600.000 t (2000), lo cual también se observa a través de un índice independiente del área como es la densidad (66.75 a 85.89 t/mn²). Este aumento de la abundancia en este año, está sustentado en primer lugar por un incremento en el número de ejemplares presentes en la zona de 2,14 E+11 a 2.50 E+11 y en segundo lugar por un desplazamiento de la talla (moda) desde 24 cm en 1999 a 26 cm en el 2000, que indica un crecimiento de carácter somático del recurso entre ambos años. En este sentido, un análisis gráfico y prueba estadística de significancia del número ejemplares y el peso promedio, muestra que el crecimiento somático es el más importante y explicaría en gran medida el aumento de biomasa registrado en el presente estudio, al rechazarse a un 95% de confianza que los pesos medios sean iguales; en tanto para el número de ejemplares se acepta la igualdad al estar el valor estimado en 1999 dentro del intervalo de confianza de la abundancia numérica del 2000 (Fig 78).

En relación a la precisión del estimado de biomasa para el 2000, el coeficiente de variación fue mayor (12,54 %) a lo registrado en las anteriores evaluaciones acústicas realizadas en la zona de estudio (8%). Este aumento de la variabilidad respecto a 1999 y años anteriores, está fundamentado por un incremento en el nivel de concentración del recurso durante el estudio, dado por una reducción del área donde se detectó jurel (IC de 26.66 a 23.78%) conjuntamente con un alto valor de densidad (185,32 a 268,51 t/mn²), registrándose durante este año en las zonas de concentración de jurel la mayor densidad histórica (616,18 t/mn²).

Por otra parte, los cambios ambientales observados entre 1997 al 2000 en la zona de estudio, sugieren cambios en el uso del espacio por el jurel con distribuciones



altamente contagiosas y altos niveles de densidad que varían entre los distintos años. En este sentido, el jurel presenta cambios en la forma de agregarse internamente como se observa a partir de 1997, donde se detecta una mayor presencia del jurel con un índice de cobertura de 35% y registros con 8 cardúmenes por milla náutica recorrida (Fig 79). Situación que se ha modificado post Niño, al disminuir el número de cardúmenes por milla a 4-5 en el 2000 y aumentar los registros acústicos con un cardumen por milla náutica. Estos cambios en la manera de ocupar el espacio también se observa en los rangos preferenciales de distribución en cuanto a la temperatura superficial, y es así como el jurel muestra para los años 1997 al 2000, una evolución de los rangos de preferencia de acuerdo a la situación oceanográfica cálidas y frías (Fig 69a). Estos cambios en la forma de agregarse el recurso, son importante de considerar al momento de establecer la unidad de esfuerzo a utilizar en la evaluación del recurso por método indirecto.

Los resultados alcanzados en la zona de estudio entre 1997 al 2000, son bastante coherentes con los obtenidos en el proyecto condiciones biológicas del jurel en el alta mar (FIP 200-10), donde se detectó un incremento en las densidades de huevos/10m² durante primavera, con valores de 440 (1998), 456 (1999) y 565 (2000). Cabe señalar que la densidad de 722 huevos/10m² registrada en noviembre de 1999 no se consideró por estar sustentada en un alto valor aislado (26.659 huevos/10m².) respecto a años anteriores.

Por otra parte, los resultados alcanzados en marco del proyecto Monitoreo de las capturas de jurel 1999 (FIP 99-02), no difieren de los registrados por el método hidroacústico en la zona de estudio, por cuanto en este estudio también se observa un desplazamiento de la moda hacia la derecha que indica un crecimiento somático de los ejemplares, situación que es también observada en la pesquería.



En el proyecto FIP 99-02 se concluye que al volver las condiciones oceanográficas a la normalidad, la hipótesis planteada en cuanto a que el alto número de ejemplares pequeños se asociaba a un evento El Niño 97-98, que modificó la distribución espacial del recursos pelágicos y su habitat generando migraciones hacia fuera del área de pesca, no se cumple al no registrarse el ingreso de los ejemplares mayores al área de pesca, por tanto dicha hipótesis explica particularmente el fenómeno pero no su ciclo completo. En este sentido, Barrias *et al*, 1999 han sostenido que las capturas habían superado por varios años los excedentes productivos del stock y las biomasas estaban en declinación; por tanto, el bajo porcentaje de ejemplares de mayor tamaño obedecía a una sobre explotación del stock, dado su distribución más costera y accesible a la flota.

Luego, bajo un supuesto de población cerrada es posible proyectar para el año 2001 un crecimiento de carácter somático en el recurso, con un desplazamiento de la talla hacia un valor mayor y sin presencia de ejemplares pequeños (reclutas), con una distribución caracterizada por un agrupamiento fuerte de las tallas entorno a una moda principal (cuortosis). Antecedentes del proyecto Monitoreo de las capturas de jurel 2000 (FIP 2000-02) indican que entre marzo y abril del 2001, se ha observado una moda cercana a los 28 cm, ratificando las condiciones proyectadas durante el 2000.



7. CONCLUSIONES

7.1 Acústica

- 7.1.1 La estrategia de muestreo de tipo “adaptativo” en el espacio y tiempo fue apropiada, al evaluar la disponibilidad de jurel presente en el área de estudio al no registrar la distribución, una tendencia que sugiera que alguna fracción importante de la población estuvo fuera del área prospectada.
- 7.1.2 La biomasa de jurel para la zona comprendida entre Valparaíso (33° 00'LS) a Corral (40° 00'LS) y desde 5 y 200 millas de la costa fue de 5.600.000 t, con un coeficiente de variación (CV) de 12,5.
- 7.1.3 El método geoestadístico (Petitgas, 1991) fue el más eficiente en cuanto a la precisión y su biomasa no presentó diferencia con lo estimado en el método de Estratos Agrupados (Volter, 1985).
- 7.1.4 La abundancia numérica total alcanzó a 25.266.630.630 individuos, agrupando bajo la talla mínima legal (26 cm) el 16,44% en número y un 11,47% en peso. Abundancia que es superior a 1999 (2,14E+11) en un 17,75%.
- 7.1.5 El 60,34% de la biomasa se situó entre Topocalma (34° 10'LS) y sur de Pta Nugurne (36° 20'LS).



- 7.1.6** El número de cardúmenes por milla recorrida fue de 5, apreciando una disminución desde 8 en 1997 y 6 en 1999, con una tendencia a aproximarse a los valores registrados entre 1991 y 1994 (3 a 5 cardúmenes por milla).
- 7.1.7** El índice de cobertura y densidad fueron de 23,78% y 268,51 t/mn² para la zona de estudio, indicando una leve disminución del grado de cobertura de jurel en la zona comparado con un 26,66% para 1999, en tanto a nivel de densidad, se registra un alto incremento desde 185,32 t/mn², que sólo puede ser comparado con 270,08 t/mn² registrado en 1991.
- 7.1.8** La distribución espacial de jurel no presenta grandes diferencias con las de los años 1992-93 y 97, al coincidir en general los sectores donde se concentró mayormente el jurel.
- 7.1.9** El jurel se localizó entre los 10 a 190 m en la zona de estudio, manteniendo al igual que los otros años una tendencia a profundizarse las agregaciones hacia el sector sur. Las concentraciones sobre 300 t/mn² se ubicaron más superficial en el área oceánica, en tanto que en el sector sur, estas fueron más profundas en el sector costero.
- 7.1.10** En general el recurso se concentró a menor profundidad, con el 73,33% de las agregaciones a la profundidad accesible al arte de cerco (80 m), manteniendo la tendencia a agruparse mas superficial observada desde 1998 con un 42,3% y 69,81% en 1999.



7.2 Pesca

No existen diferencias significativas en la información biológica pesquera, obtenida a bordo del B/I "Abate Molina" y PAM "Ventisquero", lo que permitió agrupar la información en solo una base de datos general.

El 97,81% de la captura correspondió a jurel, en tanto el 2,19% lo constituyó la fauna acompañante.

El mayor aporte en la fauna acompañante correspondió a las especies: *Scomber japonicus* (1,81%), *Lepidotus australis* (0,28%), *Merluccius gayi* (0,07%), *Thyrsites atun* (0,007%), *Loligo gahi* (0,002%), *Mola mola* (0,0015%), *Macruronus magallenicus* (0,0008%) y *Sarda chilensis* (0,0004%).

El 25,04% de los ejemplares de jurel capturados estuvieron bajo la talla mínima legal (26 cm), disminuyendo de manera importante el número de individuos pequeños respecto a lo observado en 1998 (84,7%) y 1999 (63,67%).

El intervalo de talla 22 a 33 cm concentró el 95,9% de los ejemplares, una segunda agrupación se centró en 40 y 50 cm con un 2,9% del total. Ejemplares bajo 17 cm no se capturaron y sobre los 37 cm son reducidos respecto a 1999.

No existe diferencias significativas entre las distribuciones de tallas oceánica y costera en los sectores norte y centro. Al sur se observó diferencias producto del aporte de ejemplares mayores proveniente de dos lances de pesca realizado frente a Pto Saavedra. Luego se determinó una distribución general para la zona de estudio.



Al igual que en 1997, 1998 y 1999, 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

Las presas de mayor importancia dentro de la dieta jurel durante la presente evaluación hidroacústica, fueron los eufáusidos y los mictófidos.

Según los valores de la razón consumo/biomasa (Q/B), la presa más consumida por el jurel fueron los eufáusidos, con un 54,5% del consumo total; a diferencia de los resultados descritos para 1999, donde los mictófidos alcanzaron un 90%.

El análisis de similitud trófica por grupos de tamaños, reveló que los mictófidos fueron principalmente consumidos por individuos pequeños (25-35 cm de longitud de horquilla), Para organismos de mayor talla la preferencia en el consumo estuvo orientada hacia los eufáusidos.

El análisis por zonas de pesca, reveló que para los individuos capturados en sectores más costeros, se observó una mayor depredación sobre crustáceos, en tanto que hacia el océano abierto, esta depredación aumentó hacia el consumo de peces.

El análisis de selectividad por tamaño de presas reveló que los R.Cr (restos de crustáceos) presentaron la mayor selectividad en individuos pequeños (grupo tamaño I, II y III), en tanto que, en grupos de tamaños mayores, las presas más selectivas estuvieron constituidas por mictófidos y salpas.



7.4 Sección Oceanografía

La distribución superficial de la temperatura del mar evidenció aguas comparativamente más cálidas que las informadas para el año 1999 (junio-julio), que fue un año de bajas temperaturas, debido al evento frío La Niña (1998-1999). En este crucero destaca la intrusión de aguas más cálidas ($> 15^{\circ}\text{C}$) desde el sector oceánico al norte de los 35°S , llegando en el extremo NW a presentar aguas con temperaturas mayores a los 16°C , desplazando la posición de la isoterma de 14°C (de sentido SW-NE) hacia la región costera, generando un gradiente longitudinal en el sector centro-norte del área de estudio.

La salinidad reveló a la isohalina de 34,2 psu restringida sólo al extremo norte del área prospectada, a diferencia de lo acontecido en el invierno de 1999 que cubrió una zona más extensa, situación que se acentuó durante el invierno de 1998. No obstante la actual distribución fue similar a la informada para los años 1993 y 1994. Asimismo, se mantiene un patrón regular en relación a los gradientes costeros producto del aporte de aguas continentales principalmente de los ríos Itata-BíoBío y la desembocadura del estuario del río Valdivia.

La distribución de oxígeno disuelto mostró un estrato superficial bien oxigenado (5 ml l^{-1}). En el estrato de 200 m de profundidad se advierte claramente el flujo hacia el sur de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales caracterizadas por bajas concentraciones de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml l}^{-1}$), coincidiendo espacialmente con aguas más salinas (34,5-34,6 psu) pegadas a la costa ($< 75 \text{ mn}$), situación reportada anteriormente en los cruceros de prospección de jurel realizados en la década del 90.



En este crucero se detectaron bajas concentraciones de clorofila-a en toda el área de estudio, siendo en general, menores a 2 mg m^{-3} (clorofila-a superficial) y a 80 mg m^{-2} (clorofila-a integrada). Estos valores bajos de concentración son consistentes con lo descrito para los años 1999 y 1998.

Los perfiles verticales y secciones oceanográficas reveló la presencia de termoclinas bien definidas situadas aproximadamente entre los 20 y 100 m de profundidad, siendo éstas más extensas hacia el norte. La salinidad presentó un gradiente vertical en todas las transectas, que se verificó entre los 40 y 180 m de profundidad, notándose en el estrato superficial el efecto de mezcla con aguas continentales, denotándose mayor variabilidad entre las estaciones para las transectas situadas en el sector sur del área de estudio.

La capa de mezcla presentó un claro gradiente longitudinal, fluctuando entre los 20 y 80 m de profundidad, en tanto que la profundidad base de la termoclina también presentó valores altos en el sector oceánico del área prospectada ($> 100 \text{ m}$) y una ubicación vertical más somera ($< 70 \text{ m}$) hacia la región costera.

El análisis de los diagramas TS reveló, al igual que en estudios anteriores (que abarcan hasta los 600 m de profundidad), la presencia de tres masas de agua, las Aguas Subantárticas (ASAA), las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y las Aguas Intermedias Antárticas (AIA).

En síntesis, los resultados registrados en este crucero reflejan el establecimiento de un grado de normalidad oceanográfica después de las consecutivas fluctuaciones cálidas-frías establecidas por el evento ENOS 1997-98 y el evento LA Niña 1999, que estuvieron presentes en la región de pesca de jurel frente a Chile central.



7.5 Plancton

- 7.5.1 Se identificaron en total 18 grupos zooplanctónicos, reuniendo una densidad global de 11,716,064 organismos /1.000 m³, valor que es el más bajo del período 1997 –1999.
- 7.5.2 El grupo de amplio dominio numérico fueron los copépodos, contribuyendo con el 69,79% a la abundancia total zooplanctónica.
- 7.5.3 Los grupos que revelaron aportes importantes a la densidad numérica fueron en orden jerárquico los quetognatos, larvas de decápodos eufáusidos, y ostrácodos.
- 7.5.4 Los organismos dominantes en el área fueron los copépodos (100%), quetognatos (99,09%), larvas de decápodos (98,18%), eufáusidos (95,55%) y ostrácodos (94,45%).
- 7.5.5 Las taxas de mayor presencia espacial en todos los períodos analizados fueron para esta año; cladóceros, anfípodos, estomatópodos, medusas, ctenóforos, poliquetos, pterópodos y salpas.
- 7.5.6 Las máximas densidades de eufáusidos en los cuatros períodos de otoño se detectaron en el sector costero.
- 7.5.7 Máximos recurrentes de densidad promedio de eufáusidos se ubicaron entre 1997 a 2000, al sur entre Pto Saavedra y Corral.



- 7.5.8** El 55,0% de las estaciones mostró valores de uniformidad inferiores a 0,5, lo que refleja una menor dominancia exhibida principalmente por los copépodos, eufásidos y quetognatos.
- 7.5.9** La diversidad específica de todas las estaciones analizadas fue similar a partir del nivel del 62,2%.
- 7.5.10** Los copépodos y quetognatos mostraron el mayor porcentaje de coexistencia en las estaciones, alcanzando a un 80,0%, seguido de poliquetos y ostrácodos, apendicularias y doliólidos con un 76%, y las salpas y anfipodos con un 68,0%.
- 7.5.11** Los rangos de biomasa dominantes en el área fue el fluctuante entre 3 – 446 ml de zooplancton/1.000 m³. Los valores más altos de la biomasa zooplanctónica estuvieron focalizados en la zona costera, entre Valparaíso y Caleta Mansa.

7.6 Asociaciones

- 7.6.1** En el área de estudio el 32 % de los pixeles con presencia de jurel se presentaban entre la superficie y los 50 m de profundidad; el 46% se encontraba entre los 51 y 100 m; el 17% entre los 101 y 150 m, y 5% en profundidades mayores a los 150 metros.
- 7.6.2** En el área de concentración del jurel: En el estrato superficial el jurel se distribuye en aguas con una temperatura de 10,0 a 14,98°C y una preferencia por aguas de 14°C, con valores de salinidad entre los 33,30 y 34,20 psu, con niveles de oxígeno de 3,0 a 6,0 ml/L y una moda de 5,5



ml/L y una densidad de entre 25,0 y 25,4 sigma-t con una media de 25,2 sigma-t.

- 7.6.3** En la capa de 50 metros de profundidad la especie jurel se localiza en temperaturas entre 10,0 y 16,0 °C, con una gran inclinación por los 12°C, en aguas cuyas salinidades fluctúan de 33,30 a 34,20 psu, prefiriendo los 34,0 psu, con registros de oxígeno entre 4,5 y 5,0 ml/L y una densidad preferida de entre 25,4 y 25,6 sigma-t.
- 7.6.4** Con respecto a la clorofila integrada, el recurso se presentó en rango de 0,1 a 50,0 mg/m², con una clara inclinación por el rango menor a 20,0 mg/m².
- 7.6.5** En cuanto a los eufáusidos, el jurel se presentó en aguas con un rango de 0 a 24.300 ind/1000m³ y una preferencia por el rango entre 100 y 300 ind/1000m³.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andronov, V. N., 1983.** Feeding of Cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) and cape hake (*Merluccius capensis*) off Namibia in January 1982. ICSEAF Coll. Scient. Pap. Int. Comm. SE Atl. Fish: 10(1): 1-6
- Andronov, V. N., 1985.** Feeding of Cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) Castelnau, in the Namibia area. ICSEAF Coll. Scient. Pap. Int. Comm. SE Atl. Fish: 12(1): 1-16
- Andrianov, D. P. 1987:** Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. En Biología y pesca comercial del jurel en el pacífico sur. Instituto de Investigación Pesquera
- 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.
- Arancibia, H. L. Miranda, S. Núñez, G. Vasquez y E. Yañez. 1995.** Determinaciones de las relaciones tróficas en el recurso jurel. En: Arancibia H. L. Vilugrón y D. Arcos (Eds.) Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro sur, V a IX Regiones, Informe Final, Proyecto FIP 018-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.
- Aranis, A y J. C. Mendieta, 1986.** Manual de muestreo biológico. Documento técnico interno. Inst. Fom. Pesq.. Santiago, Chile. 23 p., anexos.
- Arcos, D. F. 1975.** Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. Gayana Zool. 32:1 - 31.



- Arcos, D. y M. Salamanca. 1984.** Productividad primaria y condiciones oceanográficas superficiales en el Pacífico Sudoriental. Latitudes 32-38°S. *Biología Pesquera*, 13: 5-14.
- Arcos, D. F. 1987.** Seasonal and short time-scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph. D. Thesis Dissertation. State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Andrianov D. P., 1987.** Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. In: *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico del sur*. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile: 25-35.
- Bahamonde, R., G. Henríquez, P. Pavez, B. Ramírez y N. Silva. 1979.** Evaluación recursos camarón y langostino entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe CORFO. Ins. Fom. Pesq. Chile (AP 79 - 40).
- Barange, M., and I. Hampton, 1994.** Influence of trawling on in situ estimates of cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) target strength. *ICES, J. Mar. Sci.*, 51: 121-126.
- Barange, M., I. Hampton and M. A. Soule, 1995.** Empirical determination of in situ target strengths of three loosely-aggregated pelagic fish species. In press, Aberdeem, Gran Bretaña, 20 pp.
- 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 cruceo metodológico). Informe de final al FIP 95-07. IFOP, Chile. 52 p + anexos y figs.
- Barbieri; M. A.; J. Cordova, V. Correa, S. Lillo, B. Leiva, M. Espejos M. Rojas. H: Peña, A. Grenchina, S. Nuñez, A. Sepúlveda, L: Miranda, H. Rebolledoy C. Cuevas. 1998.** Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Instituto de Fomento Pesquero y Instituto de Investigaciones Pesqueras. 121 p + anexo tablas y figs.
- Barría, P., A. Aranis, S. Mora, G. Böhm, V. Catasti; H. Peña, C. Gonzáles, F. Vejaar, A. Hernández 1999.** 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.
- Braun, M. 1992.** Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII Región. Informe Técnico, Inst. Fom. Pes. 88 pp. + Anexos.



- Braun, M. J. L. Blanco y J. Osses. 1993.** Investigación Monitoreo de la marea roja en la XII región. Inf. Técnico, IFOP.
- Brylinski, J. M. 1986.** Méthode de detection des gradients fuanistique les courbes FCT. Repartition du zooplancton au large du Cap Griz-Nez (france). Oceanol. Acta. 9 (4):457-467.
- 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.
- Cárdenas, E. G. 1986.** Observaciones sobre la composición del zooplancton en ensenada baja entre 1984 y 1985 e Isla Carmen entre agosto y diciembre de 1985. Informational Brief 20. Introduc. into Aysén of Pac. Salmon, Jica, SERNAP, 17 pp.
- Castillo, J., S. Lillo y M. Espejo. 1992.** Distribución y abundancia de los recursos pelágicos en junio de 1992. En: Monitoreo mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. pp: 65 - 83.
- Castillo, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán y U. Parker. 1995.** Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe Proyecto al FIP. IFOP, Chile, 152 p. tablas, fig + anexos.



- Céspedes, R., L.Adasme; H.Reyes; M.Braun; E.Figueroa; V.Valenzuela; V.Ojeda y R.Roa. 1996.** Identificación de Areas de Reclutamiento de Merluza del Sur, en la Zona Sur Austral. Informe Final FIP 93-20, Abril 1996 145pp + Tablas y Figuras.
- Clarke, K. R. 1993.** Non -parametric multivariate analyses of change in community structure- Australian Journal of ecology, 18, 117-143.
- Córdova, J., J. Castillo y M. Espejo. 1990.** Distribución y abundancia de sardina, anchoveta y jurel. En: Cuantificación de la biomasa de Recursos Pelágicos y Vigilancia Bio-oceanográfica Zona Norte. Mayo 1990. Programa Investigaciones Pesqueras de Recursos Pelágicos Zona Norte. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. (pp 48 - 85)
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1995.** Evaluación 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, 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, S. Lillo, 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.
- Cornejo, M. H. 1991:** Causas posibles de las agregaciones de jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), Nicols): Disponibilidad de alimento. Tesis de Magister en: Ciencias (mención Oceanografía). Universidad de Concepción, 108 pp.



- Chesson, J. 1978.** Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59(2):211-215.
- Chirichigno, N. 1974.** Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú (Callao)*, 44: 387 pp.
- Dahl, K. y E. Kirkegaard. 1987.** The diet and consumption of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Eastern North Sea, august 1986. ICES C.M. 1987/H:43.
- Diana, J. S. 1979.** The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 57:2121-2127.
- Eastman, J.R. 1995.** IDRISI for Windows. User's Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- Elizarov, A., A. Grechina, B. Kotenev y A. Kuzetsov. 1993.** Peruvian Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *Jor. Ichthyol.* 33(3):86-104.
- Ermolovich C. I. and L. G. Gardina, 1987.** Alimentación del jurel. In: *Biología y pesca comercial del jurel en el pacífico del sur*. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigaciones Pesquera, Talcahuano, Chile: 55-60.
- Evseenko, S. A. 1987.** Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.
- Figueroa, D., M. Sobarzo, L. Soto y P. Davila, 1994.** Oceanografía física. En: Informe final proyecto "Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, 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.
- Foote, K., H. Knudsen and G. Vestnes. 1987.** Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. International Council for the Exploration of the sea. Copenhagen. Denmark. 70 p.
- Frontier, S. 1966.** Zooplancton de la región de Nosy-Bé I) Programa des récoltes et techniques d'étude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.
- Guajarati, D. 1981.** Econometria. Ed. Mc Graw-Hill. 293-298 p
- Grechina, A. 1992.** Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (Eds). Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 1, Núm. 2:47 pp. + 21 figs.
- Griffiths, F.B., G.H. Brown, D.D. Ried y R.R. Parker. 1984.** Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. J. Plank. Res., 6(5) : 721-731.
- Guzmán, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodríguez e I. Giakoni. 1983.** Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30'- 30°00'S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82). Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.



- Hirakawa, K. 1984.** Seasonal distributions of zooplankton in the surface waters of Aysen Fiord, Southern Chile. *Introducción into Aysen Chile of Pacific Salmon, Informational Brief*, 9.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1954.** Sample survey methods and theory. Volume I and II. *Methods and applications*: John Wiley and Sons, INC.
- Hays, W.L. 1994.** *Statistics (Fifth Edition)*. New York: Harcourt Brace.
- Holden, M. y D. Raitt. 1975.** Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *Doc. Tec. FAO sobre pesca* . 115: 221 p.
- 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 pungitus*)
- Hyslop, E. 1980.** Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17:411-429.
- IFOP. 1993.** Estimación de la biomasa del recurso jurel en la zona centro-sur de Chile. Capítulos III y IV. *Crucero primavera 1992. Informe IFOP*, 380 pp.
- Jones, J. B. 1990.** Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. *N. Z. Fish. Tech. Rep.* 23: 28 pp.



- Kawahara, S., J. Uozum Y h: Jamada. 1988.** First record of a carangid fish. *Trachurus murphyi*, from New Zeland Waters. *Jap. J. Ichthyol.* 35 (2):21-214
- Konchina, Y. 1980.** The Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. *J. Ichthyol.* 20(5):46-59.
- Konchina, Y. 1983.** The feeding niche of the hake *Merluccius gayi* (Merlucciidae), and the jack mackerel, *Trachurus symmetricus* (Carangidae) in the Trophic System of the Peruvian Coastal Upwelling. *J. Ichthyol.* 23(2):87-98.
- Krefst, G: 1984.** Nodosudidae. Pag 421-425
- LaFond, E. 1951.** Processing Oceanographic Data. U. S: Navy Hydrographic Office, H. O. Publication N° 614: 114 pp.
- Lillo, S y A. Paillaman. 1995.** Evaluación directa de merluza común. En .Evaluación hidroacústica de la merluza común. Sección 1. En : Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro sur. Informe final. FIP-IFOP.
- Livingston, P. A., D. A. Dwyer, D. L. Wencker, M. S. Yang y G. M. Lang. 1986.** Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. *Inst. North. Pacific Fish. Comm. Bull.*, 47:49-65.
- Love, R. H.. 1977.** Target strength of an individual fish at any aspect. *J. Acoust. Soc. Am.*, 62, 1397-1403.
- MacLennan, D. and J. Simmonds. 1992.** Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.



- Macpherson, E. 1985.** Efecto de la predación de *Lophius upsicephalus* sobre la población de *Merluccius capensis*. ICSEAF Coll. sci. Pap. int. Comm. SE Atl. Fish.:155-162.
- Mehl, S. y T. Westgard. 1983.** Gastric evacuation rates in mackerel (*Scomber japonicus*). ICES C.M./H:33, Pelagic Fish. Comm., 11 pp.
- Massé J. and N. Retière. 1995.** Effect of number of transects and dentification hauls on acoustic biomass estimates under mixed species conditions. Aquat Living Resours., 8, 195-199.
- Microimages. 1997.** TNTmips- The map & Imaagen 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.
- Navarro, R. 1984.** Programa computacional para el análisis numérico de comunidades: Diversidad y sobre posición. Medio ambiente, 7(1): 82-87
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1966.** Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- NOAA. 1998.** Climate Diagnostics Bulletin. Climate Prediction Center. N° 98/6. 80 pp.



- NODC. 1991.** National oceanographic data center, user guide. En: Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA.
- Núñez, S. L. Cubillos., D. Arcos., A. Urrutia., V. Troncoso., F. Véjar., M. Landaeta., R. Quiñonez., A. Pacheco., H. Muñoz y M. Braun. 1997.** Informe Final Proyecto FIP "Condiciones oceanográficas que inciden en el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII Región. 226 pp + anexos.
- 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.
- Osses, J. y J. L. Blanco. 1991.** Condiciones oceanográficas en la zona centro sur de Chile, durante julio de 1991. Crucero INDUSUR 9102. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona centro sur.
- Osses, J., V. Ortiz y C. Barrera. 1994.** Capítulo: Oceanografía química. En: Proyecto "Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX". 219 pp + anexos
- 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 macroplancton 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.
- 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.
- Pinkas, L., M. S. Oliphant y L. K. Iverson. 1971.** Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull. Calif. 152:105 pp.
- Pond, S. y G. L. Pickard. 1983.** Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press, 241 p.
- Quiñones, R., H. Muñoz, R. Serra, S. Núñez, J. Córdova y D. Figueroa. (Eds.). 1995.** Informe Final. Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero Instituto de Investigación Pesquera. Sección trofodinámica. 221p +285 figuras.
- Robertson, A. 1979.** An improved apparatus for determinig plankton volume. Fish. Bull. S. Africa (6): 23-36.
- Robotham, H y J.Castillo. 1990.** The bootstrap methods: An alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hidroacoustic techniques. Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer. 189:421-424.



- Saiz, F. 1980.** Experiencia en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades. Arch. Biol. Med. Exp., 13:387-402.
- Serra, R. 1976.** Escalas de madurez sexual para Sardina Española (*Sardinops sagax musica*, Girard) y Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, Nichols). Invest. Pesq. Inst. Fom. Pesq. 24: 20 pp.
- Serra, R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36: 67-83.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones y H. Robotham. 1994.** Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Informe Final. Inst. Fom. Pesq. pág. 60 - 72.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones & M. Sobarzo. 1994a.** Informe Final. Programa para la evaluación del recurso jurel e investigación asociada. Años 1991-1992. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera. ASIPES: 110 pp. + 149 figs.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, M.A. Barbieri, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones & H. Robotham. 1994b.** Informe Final. Proyecto Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera. Fondo de Investigación Pesquera. 148 p. + 128 figuras.
- SIMRAD, 1991.** SIMRAD EK-500 Scientific echosounder. Operation. P217E.0. 15p. manual



- Silva S. Y B. Ramírez. 1982.** Condiciones oceanográficas frente a las costas chilenas en 1981: Zona Arica – Coquimbo. Los Vilos – Chiloé. Estu. Doc. Univ. Católica Valparaíso, 28- 1/82: 212 pp.
- Simmonds, E. J. 1998:** The implications of the distribution and mobility of north sea herring, on the evaluation of the stock. ICES CM 1998/j:29
- 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
- Torres, A., O. Guzmán y J. Castillo. 1984.** La vejiga gaseosa como órgano resonante y su influencia en la intensidad sónica. Invest. Pesq. (Chile) 31: Instituto de Fomento Pesquero, Santiago: 81 - 88.
- UNESCO. 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 Calanoídeos epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1 - 98.
- Volter, K. M. 1985.** Introduction to Variance Estimation xii, 428 pp.



- Vorobyov V. M., A. V. Ivanov 1981.** Target strength measurements of the single fish during the acho survey. Meeting on Hydroacoustical methods for the estimations of marine fish populations, Cambridge, Mass. U.S.A., 25-29 June 1979, J. R. Suomala ed.
- Wyrтки, K. 1967.** Circulation and water masses in the equatorial Pacific Ocean. Int. J. Oceanol. And Limnol. Vol 1(2).
- 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. Catastí, 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.
- Zar, J. 1984.** Biostatistical analysis. Second edition. Prentice- Hall Inc.. New Jersey. 718 p.

FIGURAS

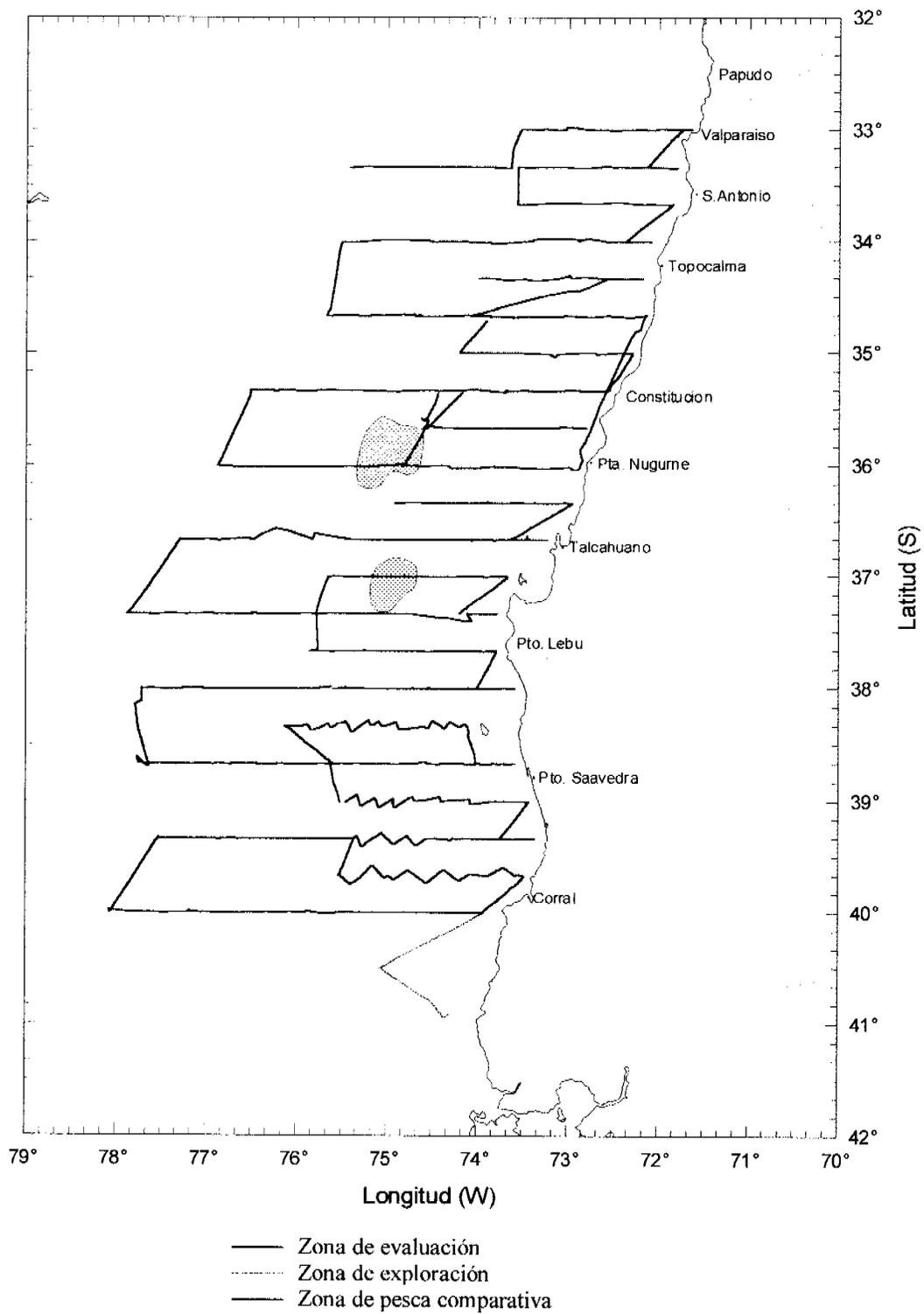


Figura 1. Distribución de transectas. Crucero JUREL 0005.

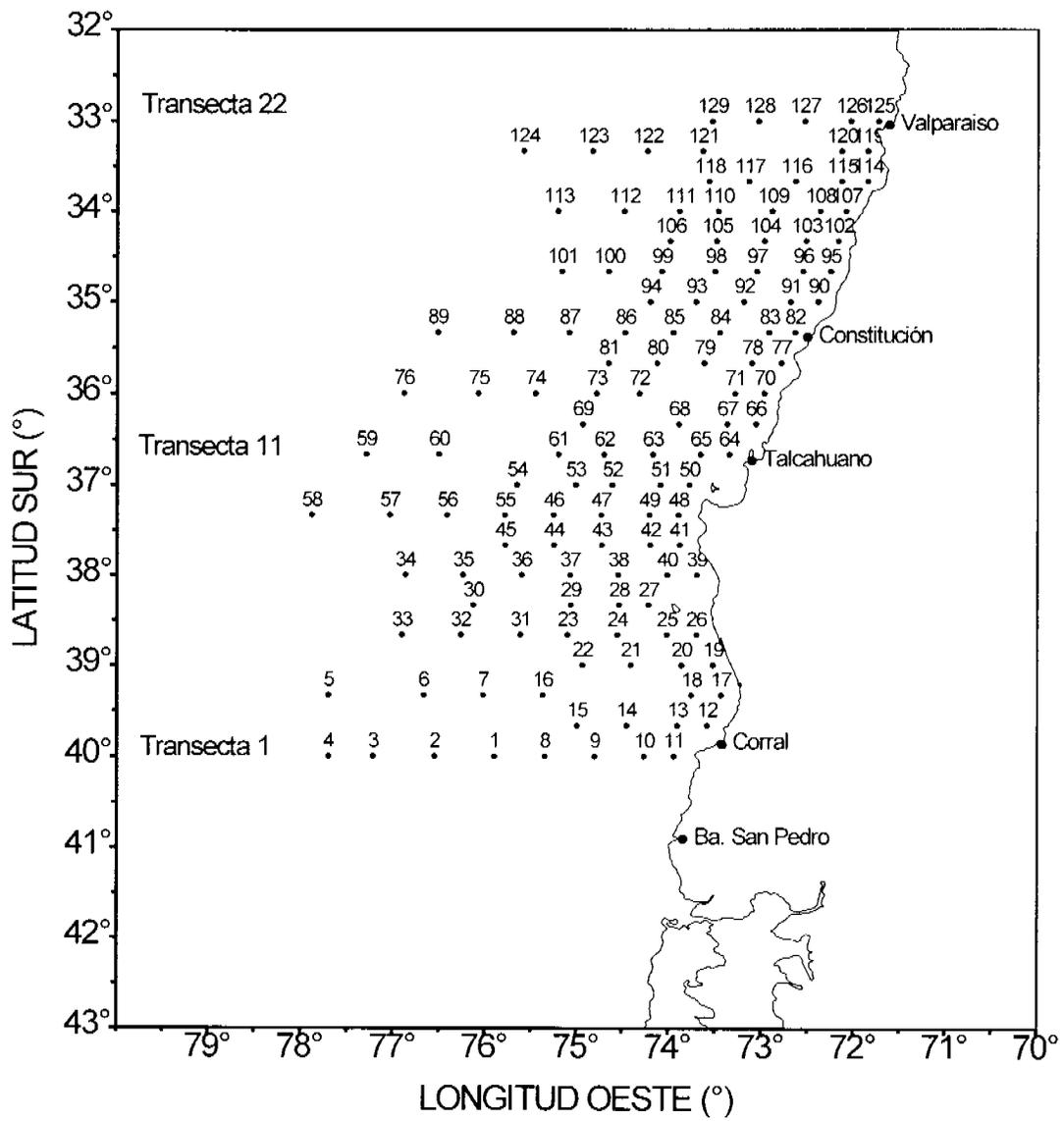
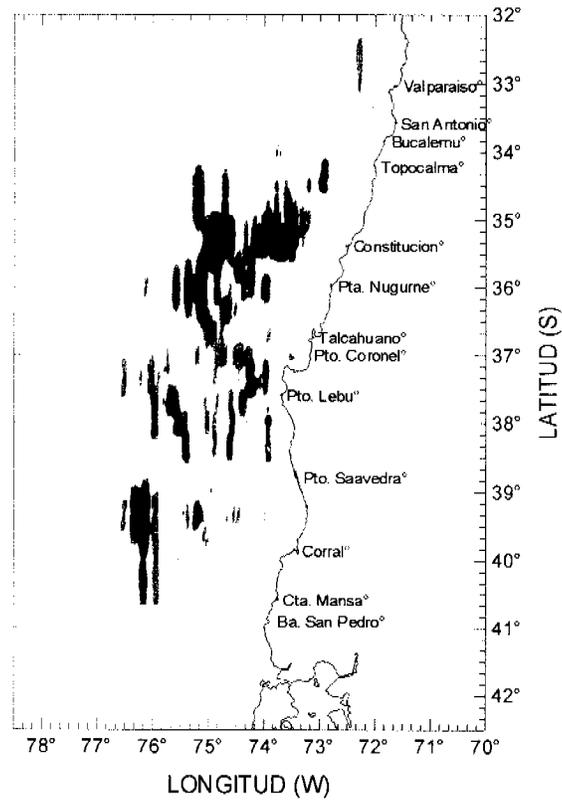


Figura 2. Estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en el área de estudio.



CATEGORIAS	
Sa	t/mn ²
0 - 484	0 - 75
485 - 968	76 - 150
967 - 1937	151 - 300
1937 - más	300 - más

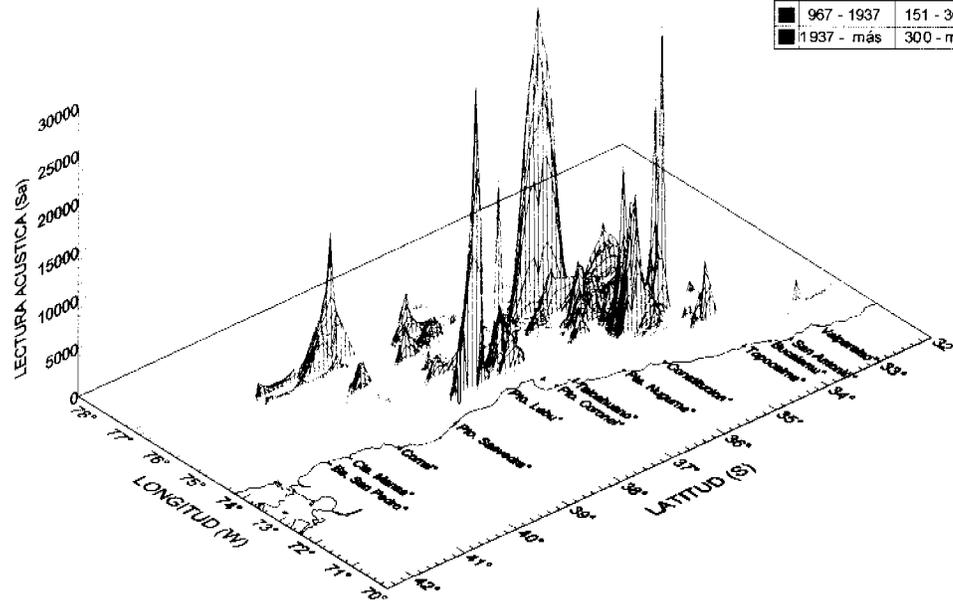
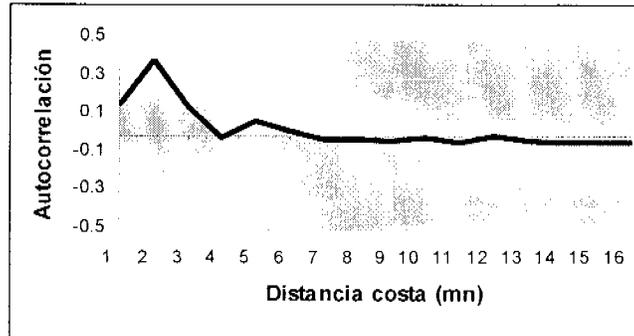
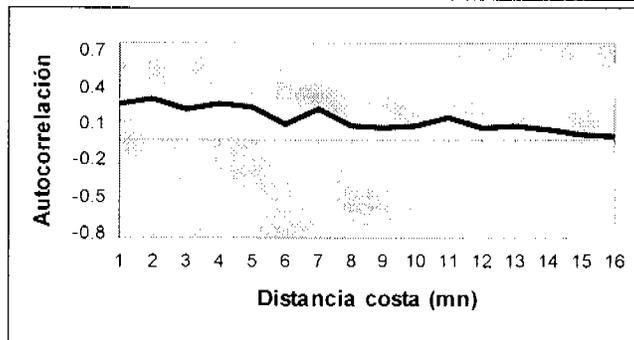


Figura 3. Distribución espacial de jurel en la zona de estudio. Crucero JUREL 0005.

a) Zona norte



b) Zona centro



c) Zona sur

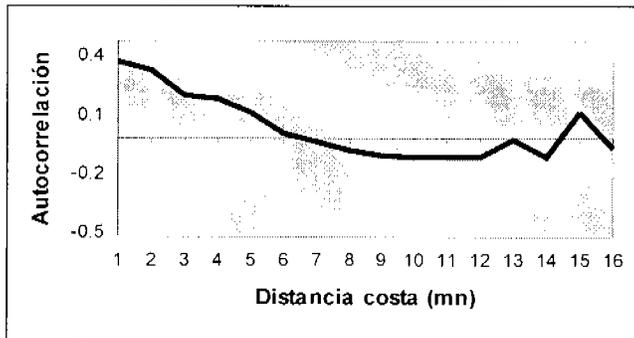


Figura 4. Correlogramas por sectores: a) zona norte, b) zona centro y c) zona sur.

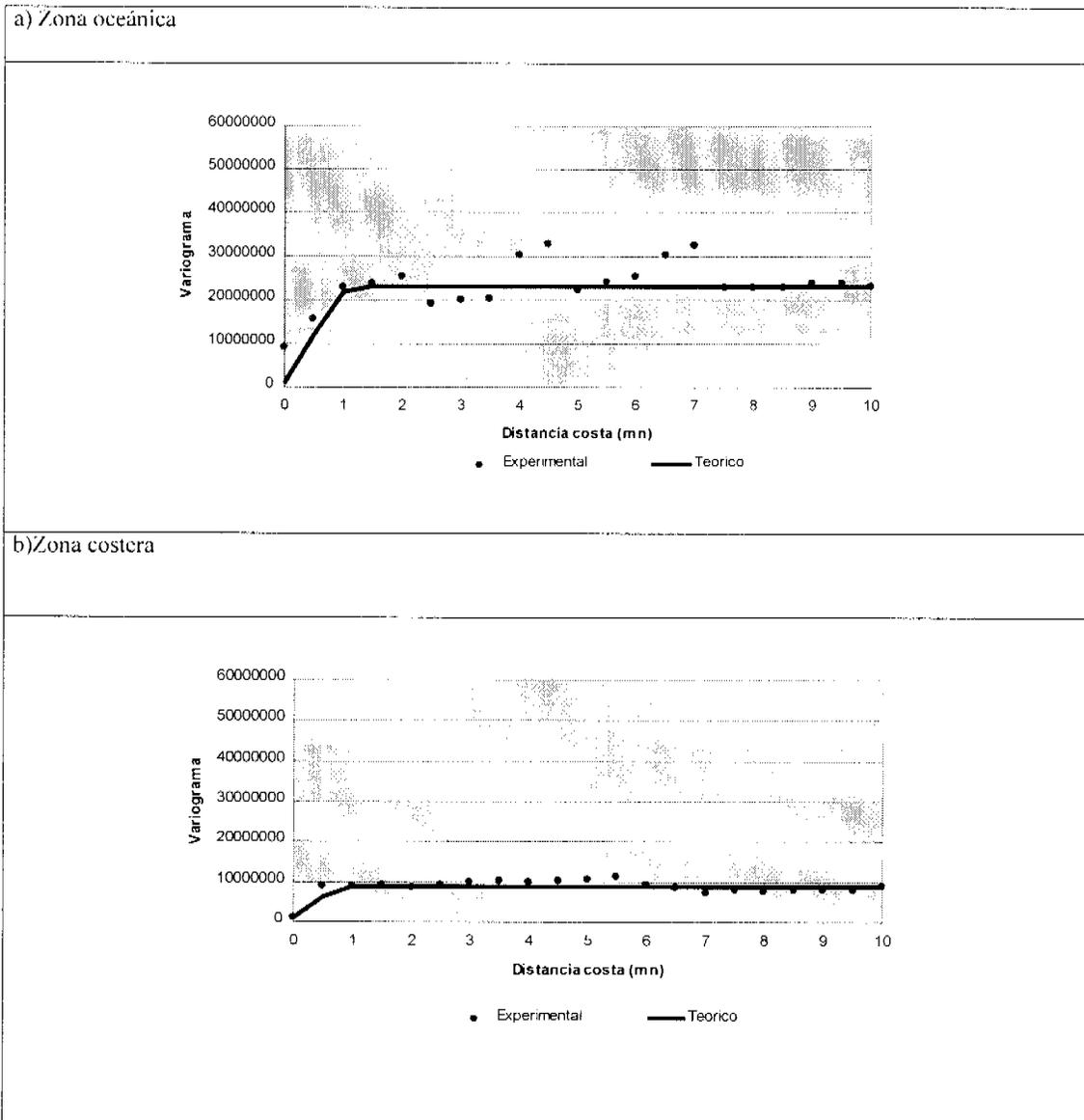


Figura 5. Variograma para la zona de estudio: a) zona oceánica y b) zona costera

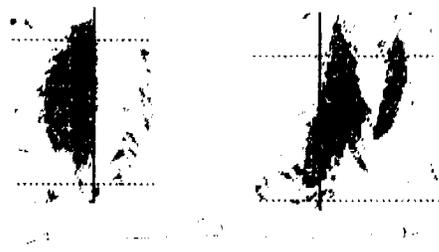
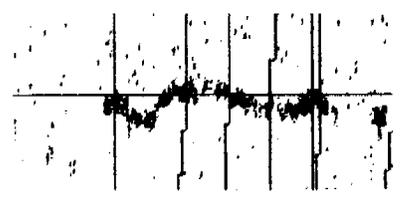
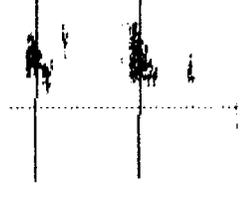
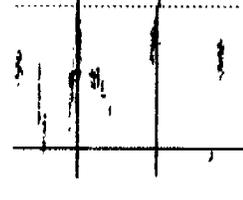
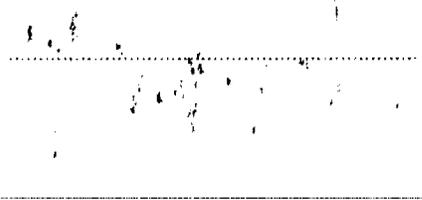
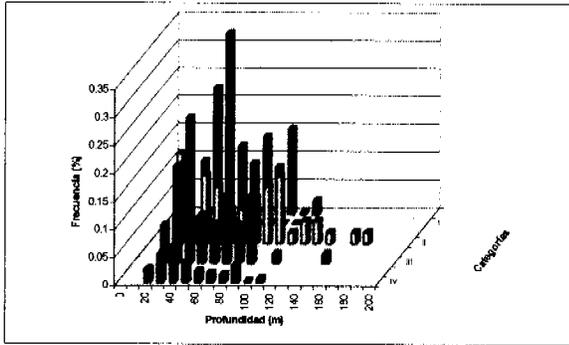
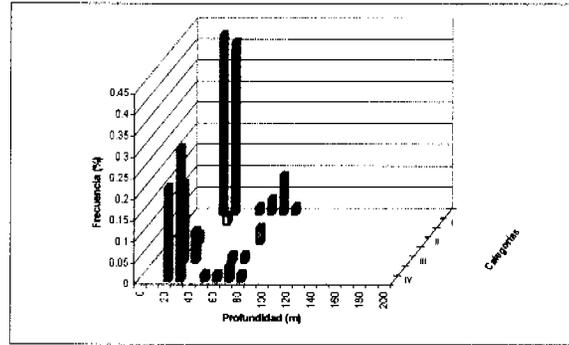
1) Cardumen	
2) Estrato denso	
3) Estrato medio	
4) Estrato disperso	
5) Disperso	
6) Individual	

Figura 6. Clasificación de ecotrazos de jurel.

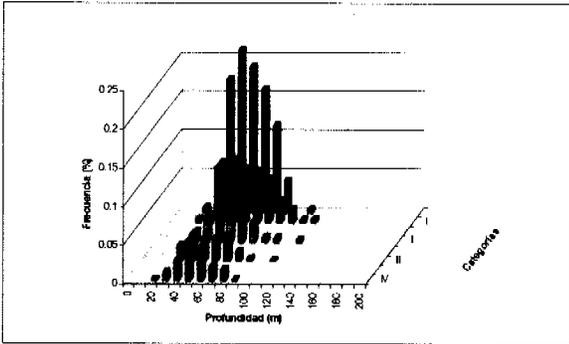
Zona norte costa



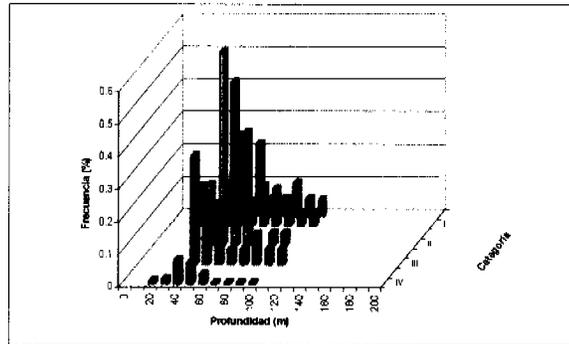
Zona norte oceano



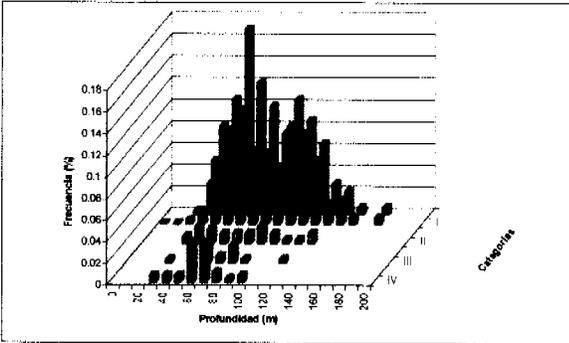
Zona centro costa



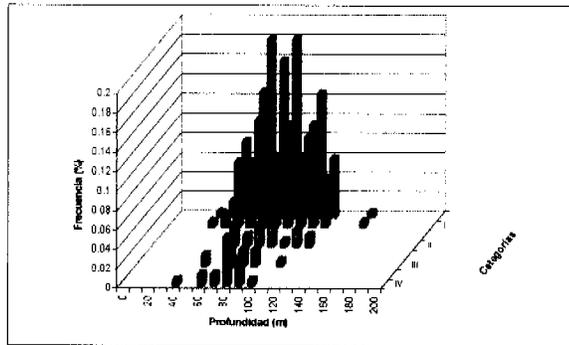
Zona centro oceano



Zona sur costa

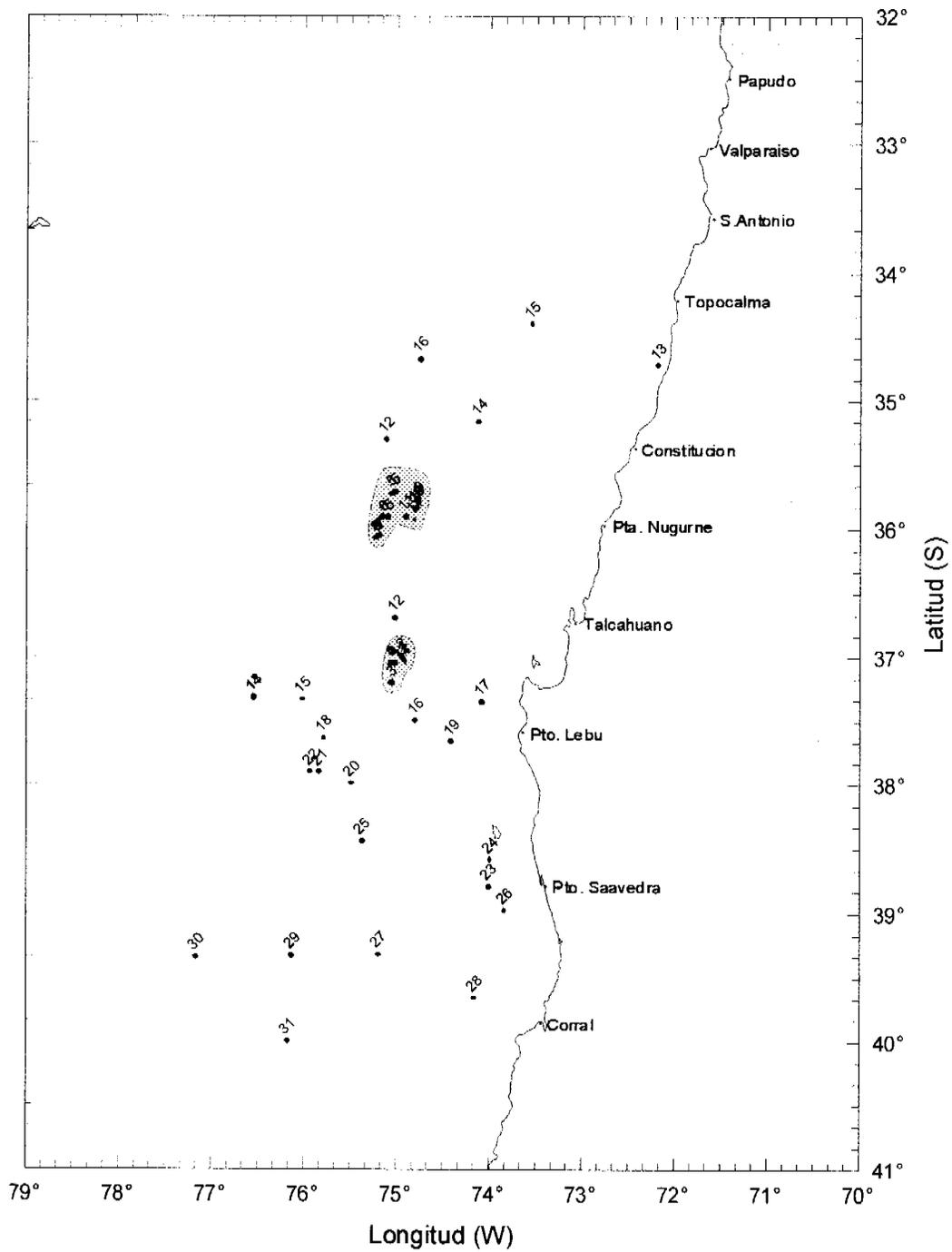


Zona sur oceano



Categorías	Intervalo (t/mm ²)	Clasificación
I	1-75	Muy baja
II	76-150	Baja
III	151-300	Regular
IV	301-mayor	Muy densa

Figura 7 Distribución batimétrica de jurel por categorías y sector: a) norte; c) centro y c) sur.



 Zona de pesca comparativa

Figura 8. Distribución de los lances en la zona de estudio. Crucero JUREL 0005

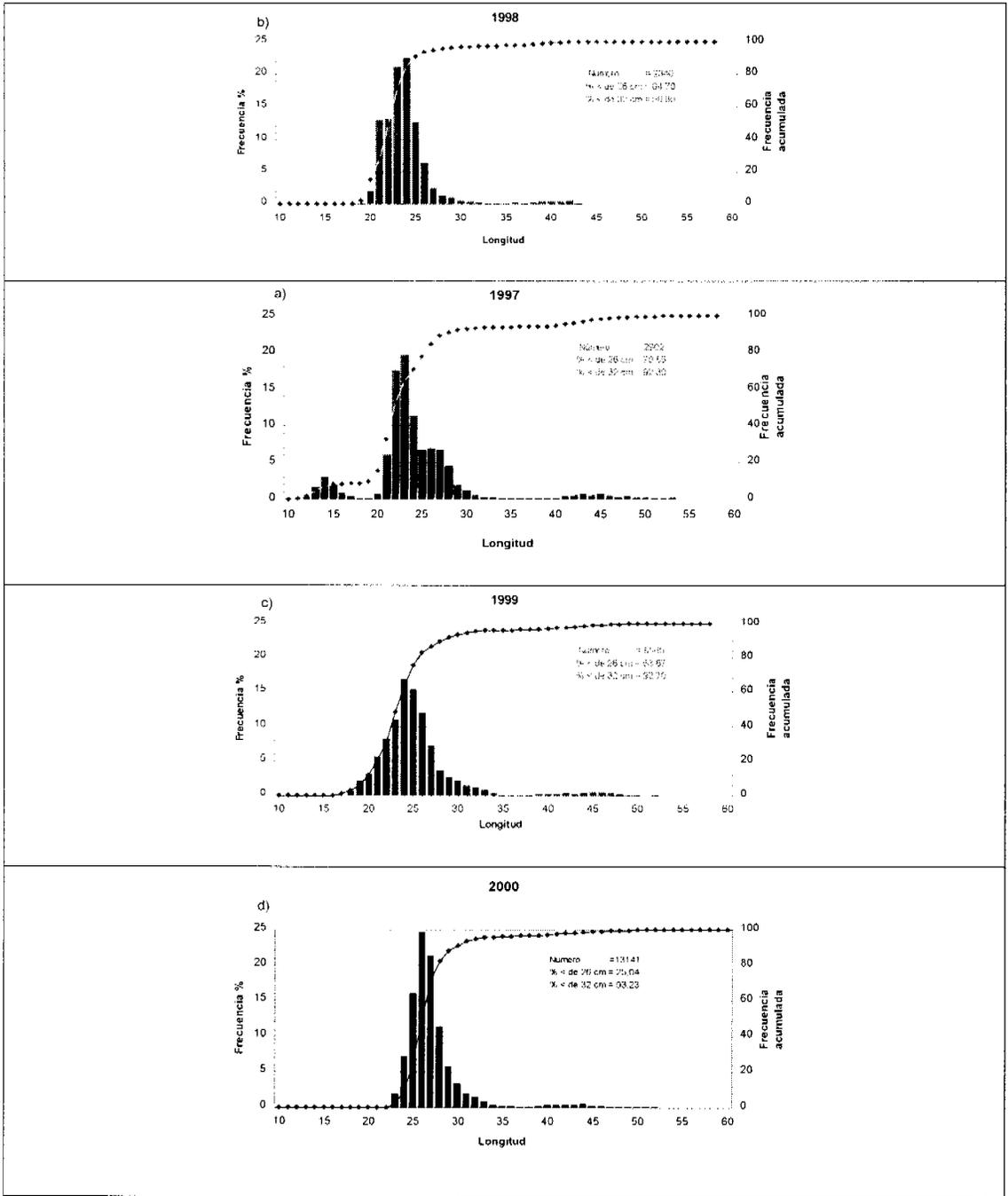


Figura 9. Distribución de tallas de jurel: a) 1997, b) 1998, c) 1999 y d) 2000.

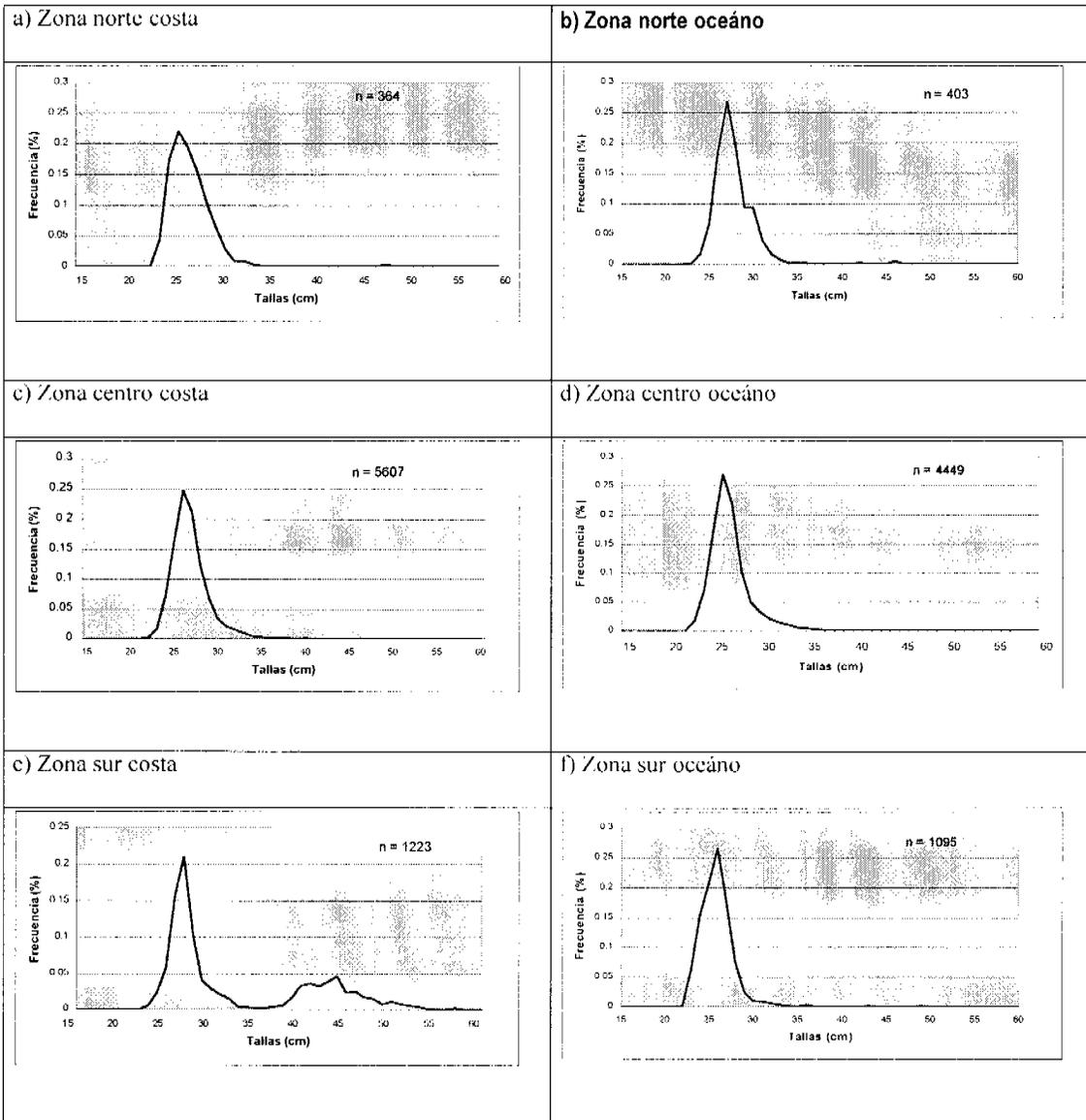


Figura 10. Distribución de tallas por sectores: a) norte-costa, b) norte-océano, c) centro-costa, d) centro-océano, e) sur-costa y f) sur-océano.

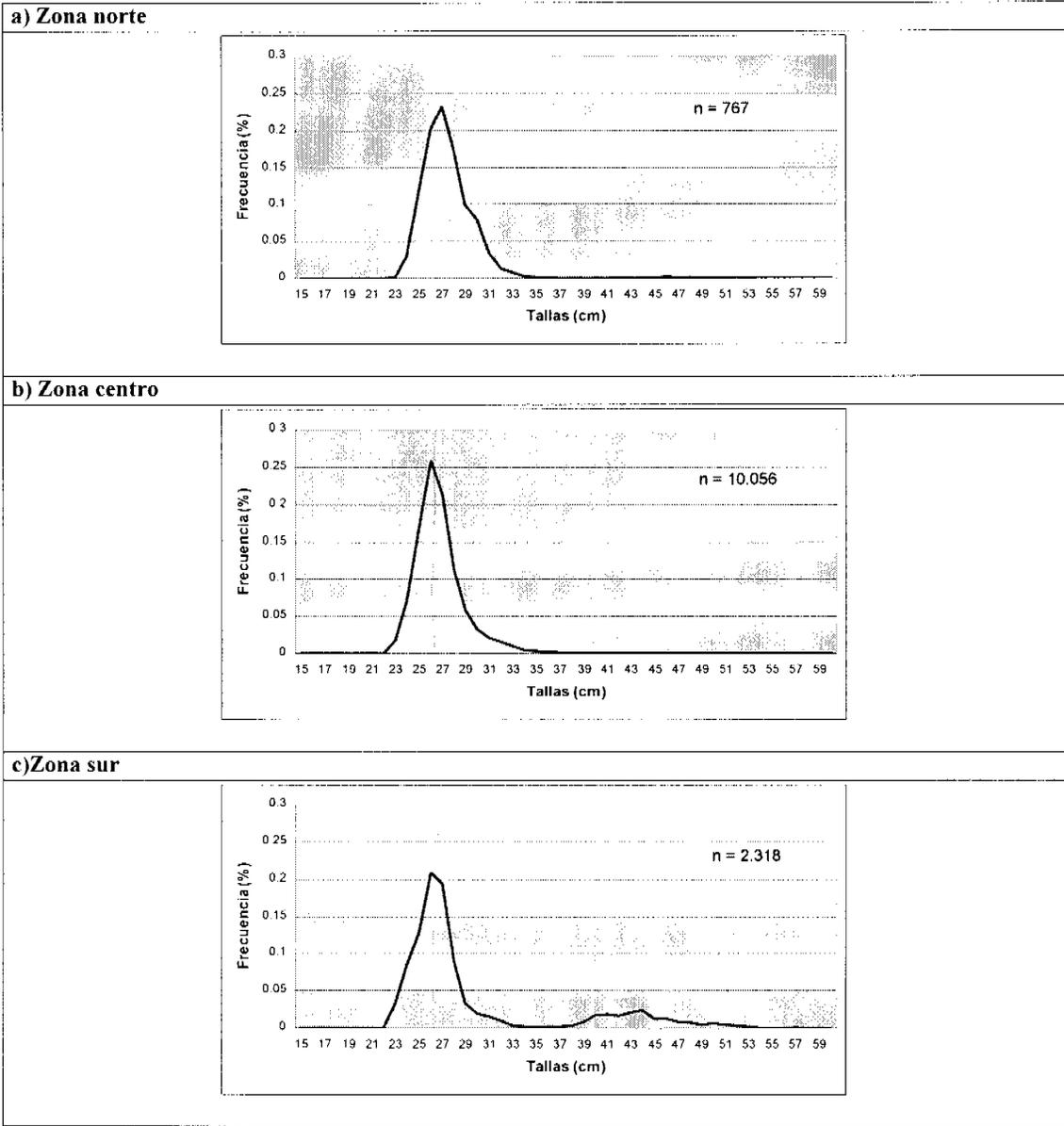


Figura 11. Distribución de tallas por sectores: a) zona norte, b) zona centro y c) zona sur.

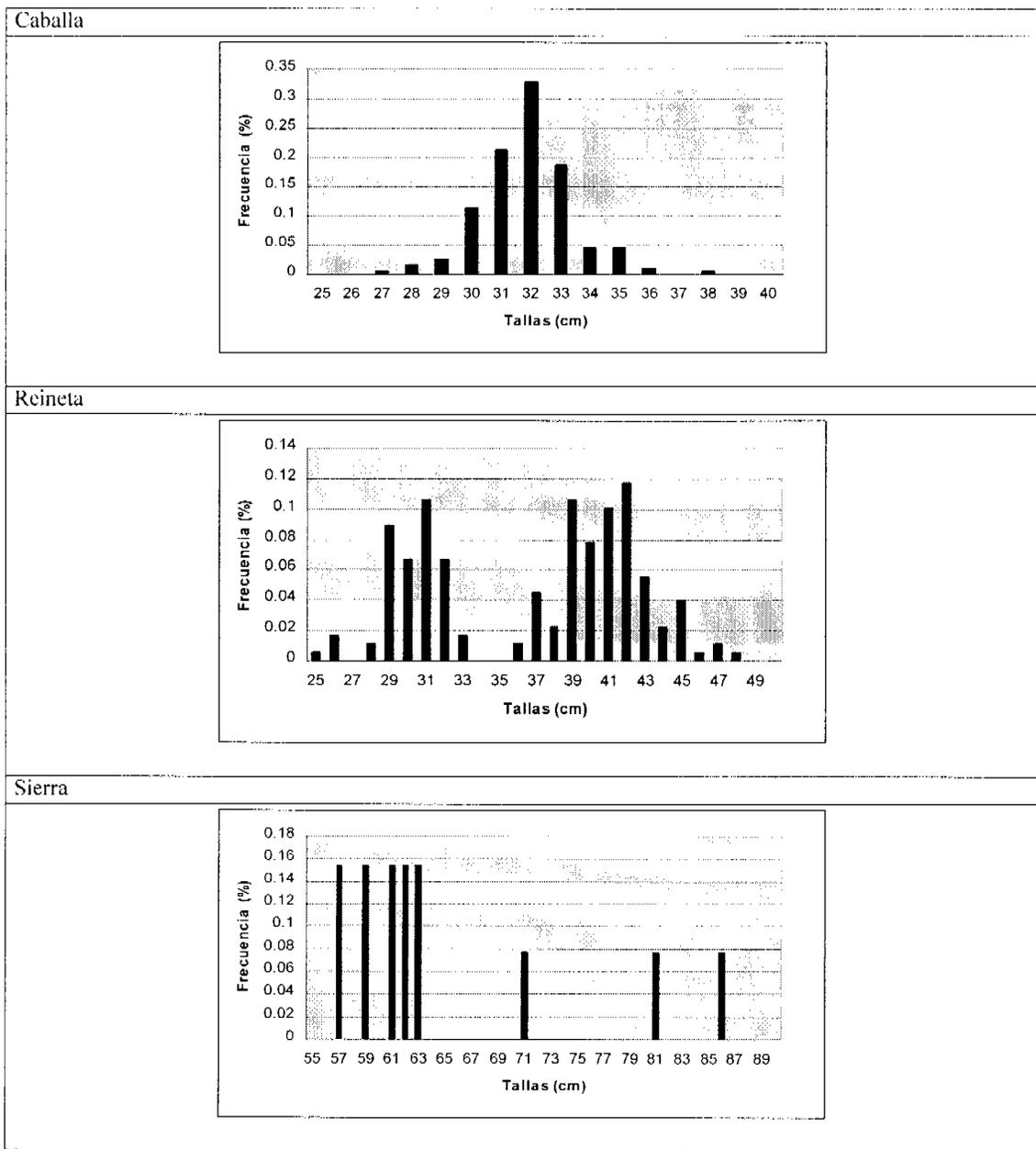


Figura 12. Distribución de tallas fauna acompañante: a) caballa, b) reineta y c) sierra.

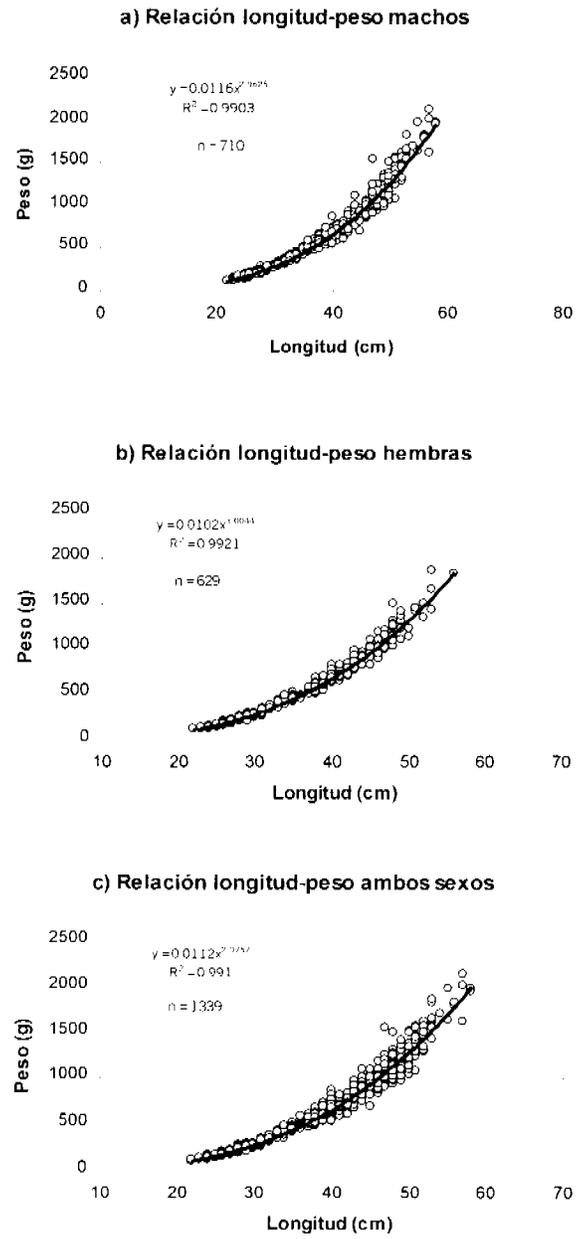


Figura 13. Relación longitud-peso: a) machos, b) hembras y c) ambos sexos

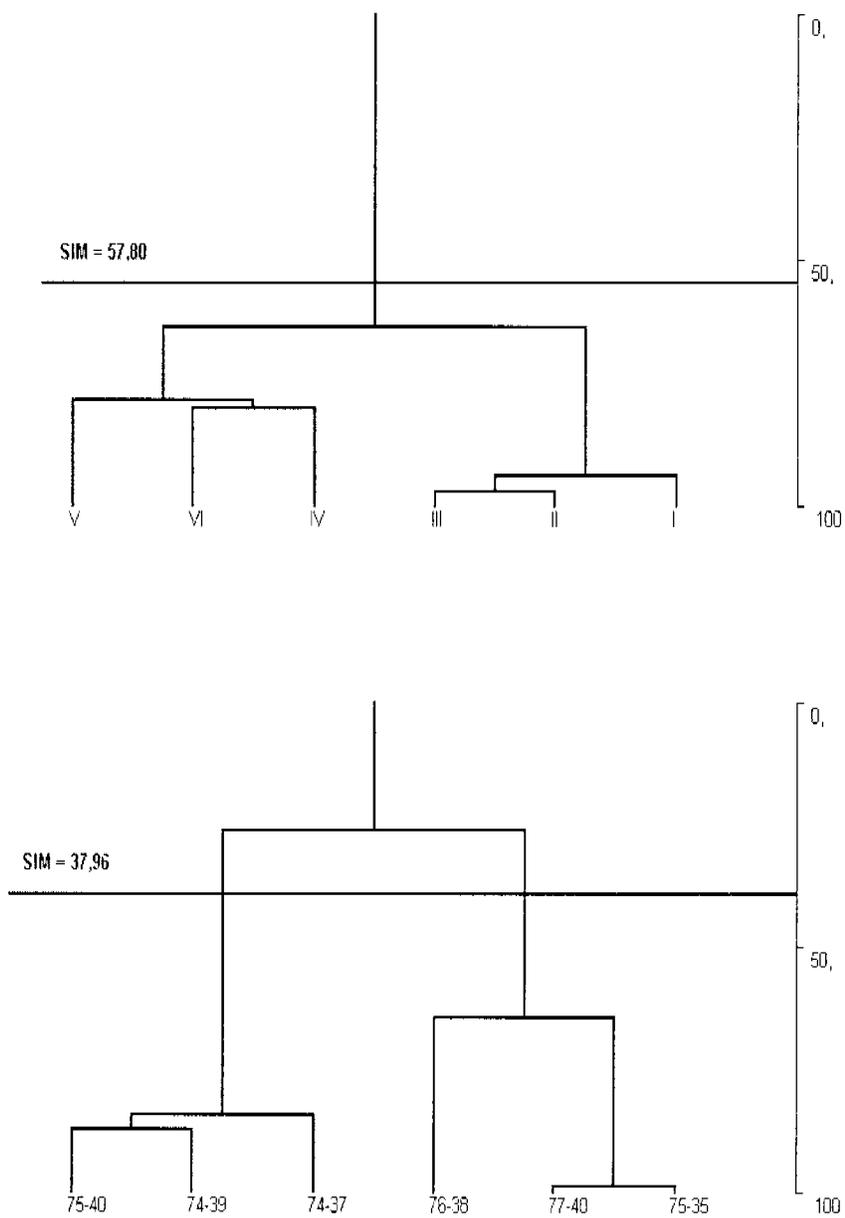


Figura 14. Dendrogramas de similitud trófica en Jurel por grupos de tamaños (A) y por subzonas (B).

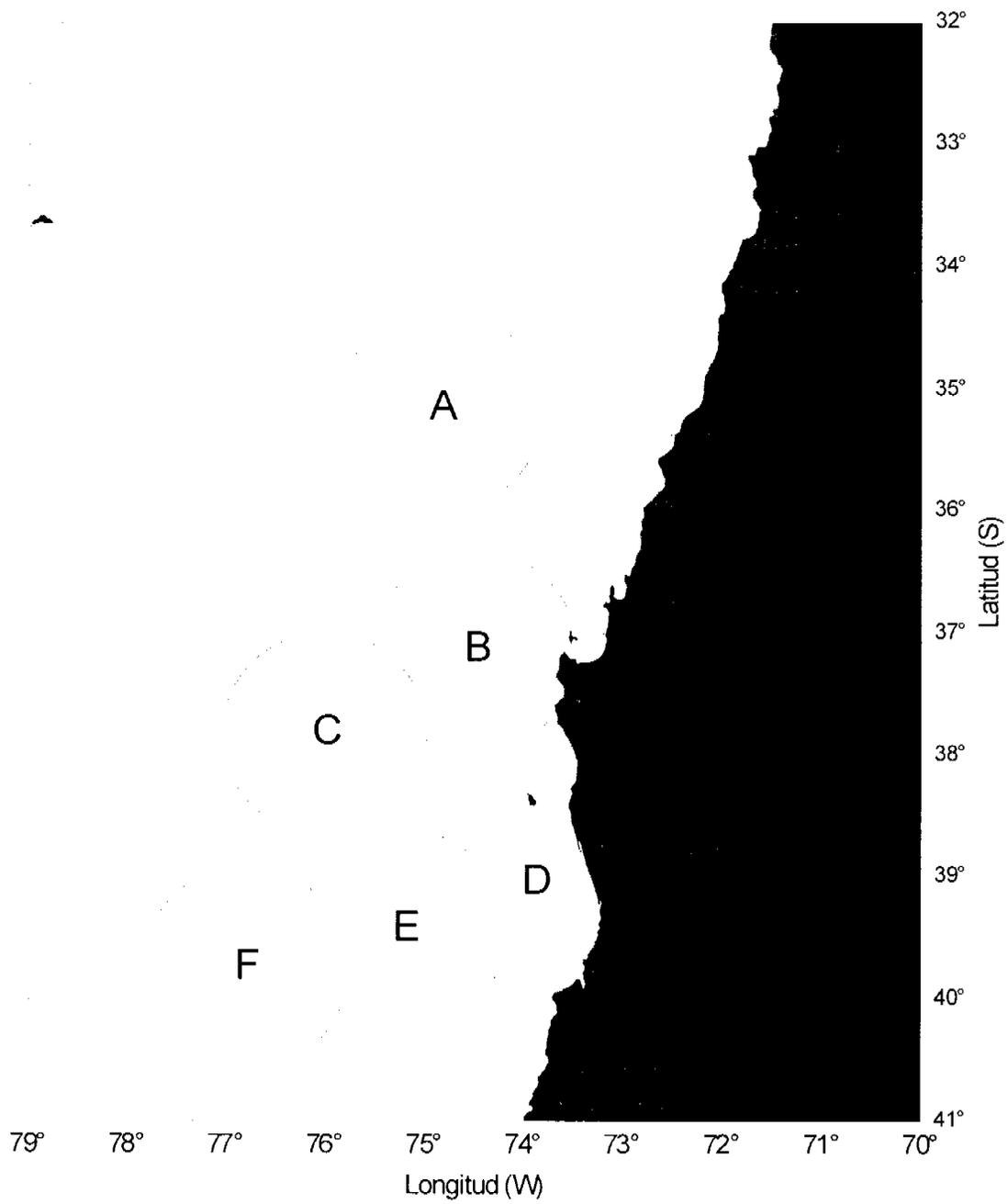


Figura 15. Agrupaciones de lances de pesca en sectores circulares de 50 mn de radio.

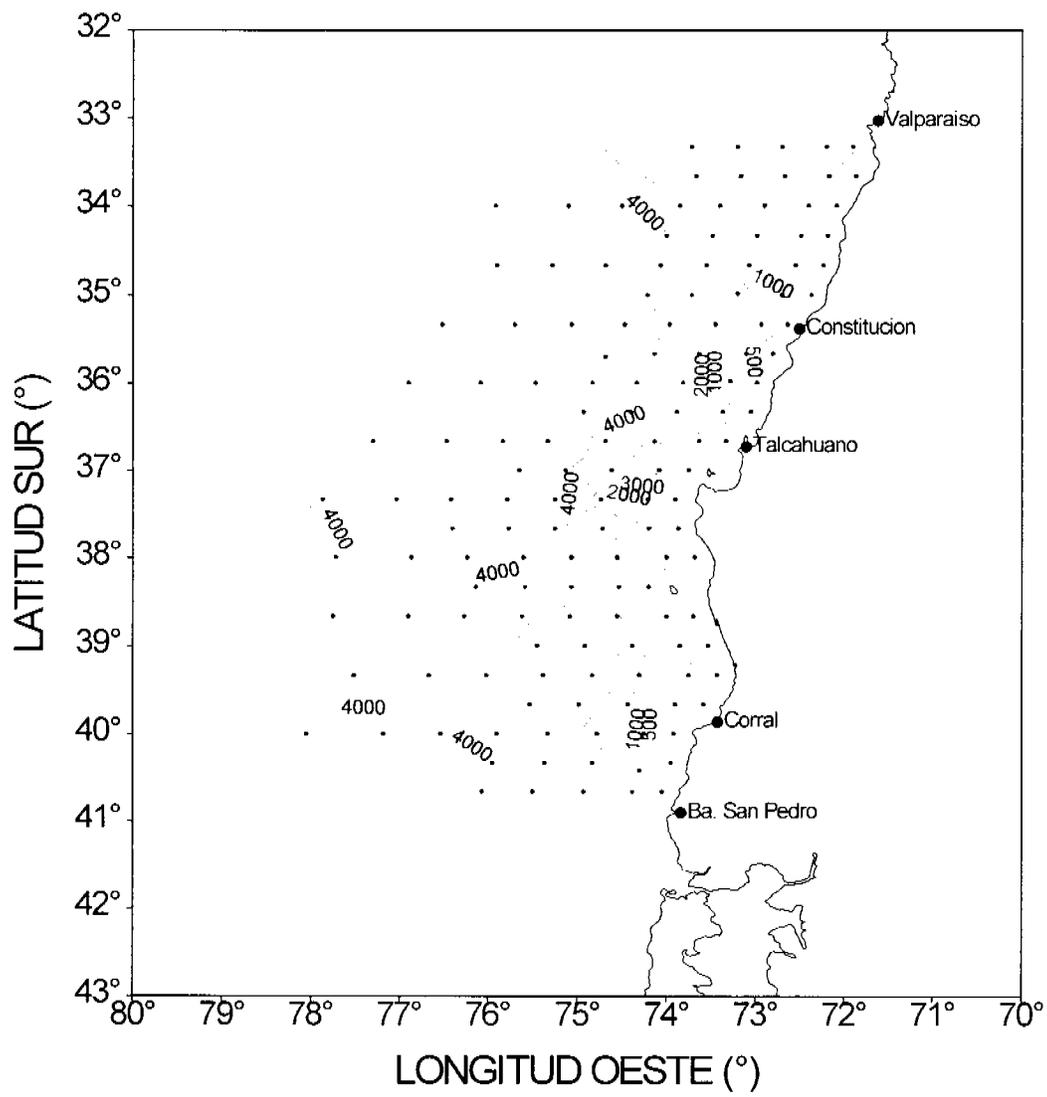


Figura 16 Batimetria global del área de estudio.

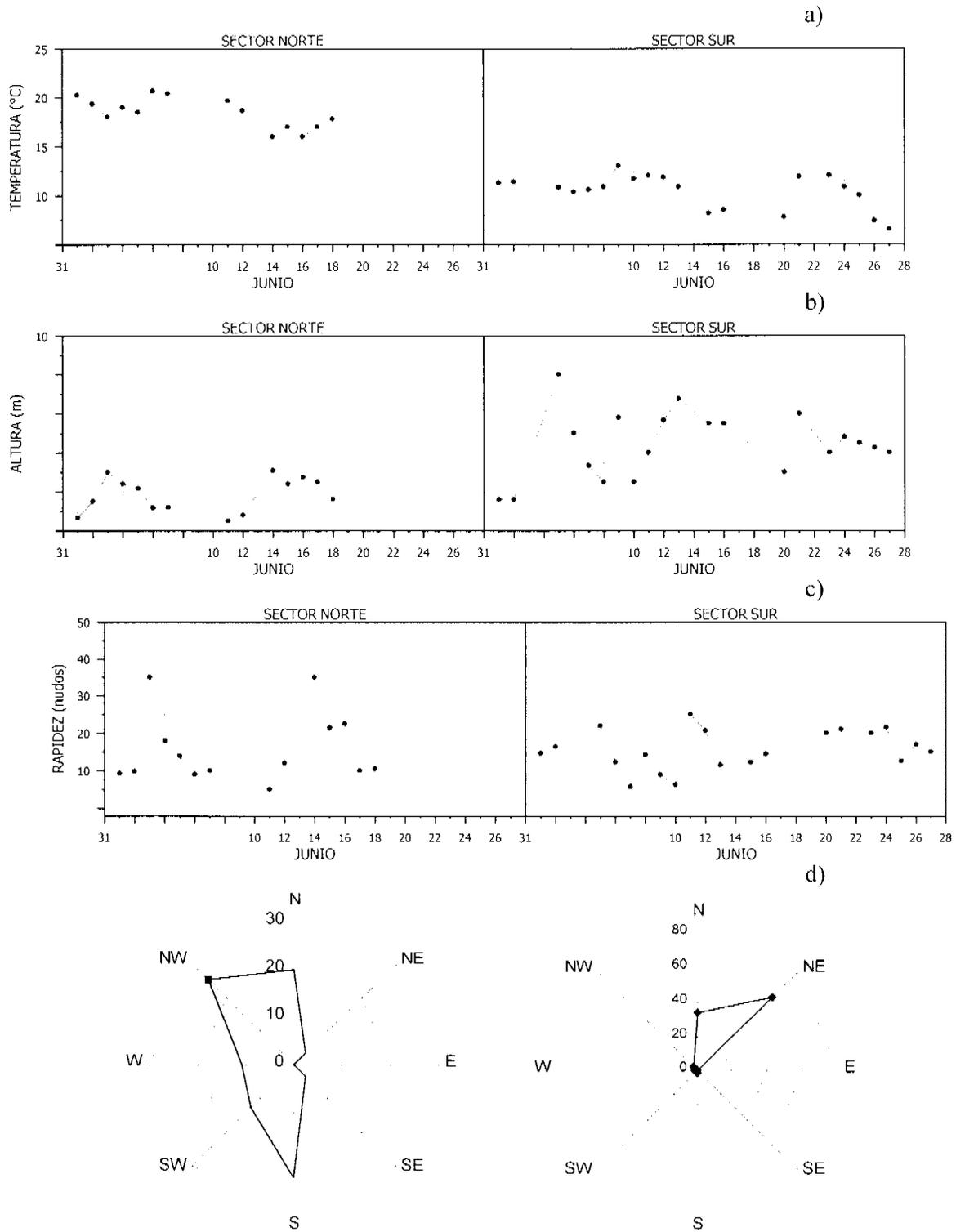


Figura 17 Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el período de estudio: a) temperatura, b) altura de olas, c) rapidez del viento, d) rosa de vientos.

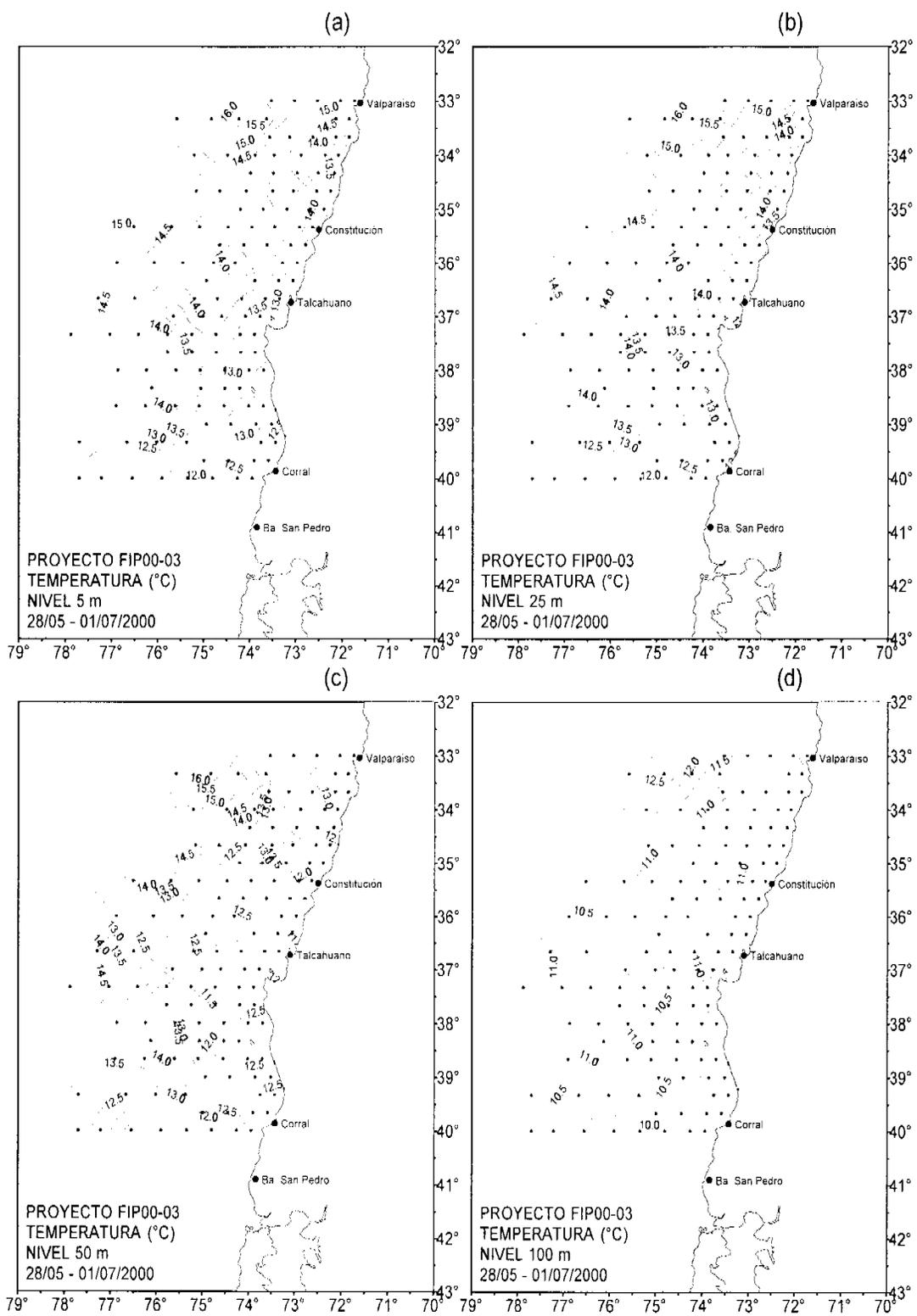


Figura 18 Distribución horizontal de temperatura (°C). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

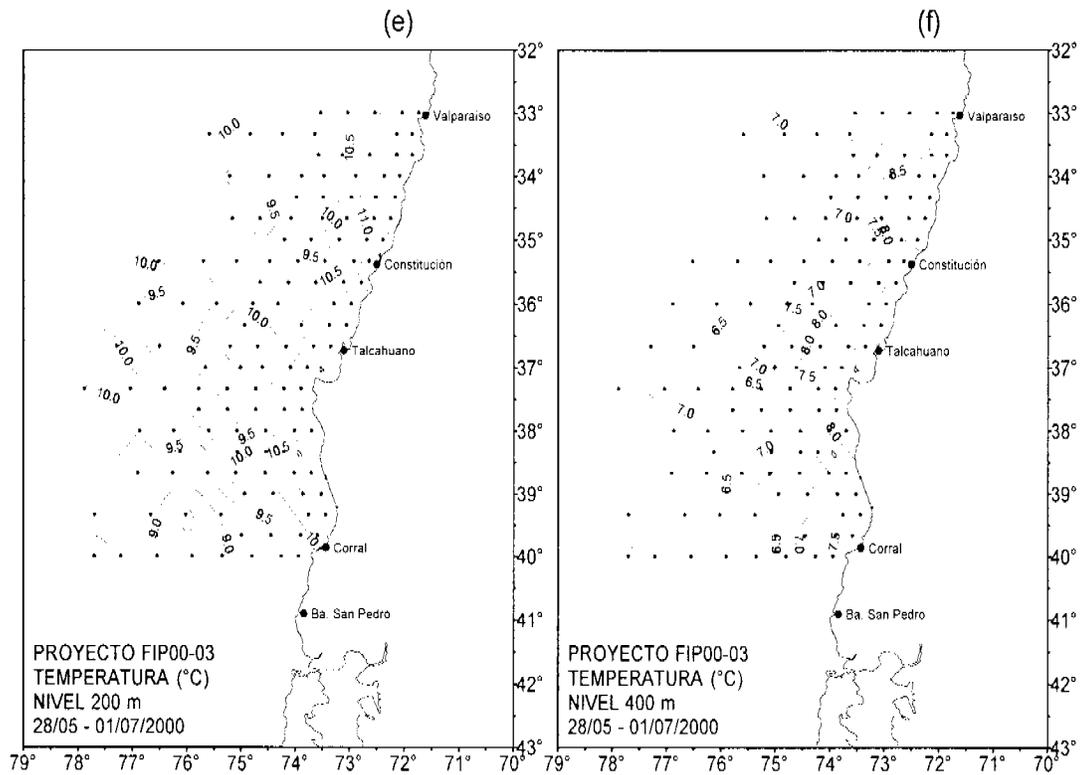


Figura 18 (continuación). Distribución horizontal de temperatura (°C). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

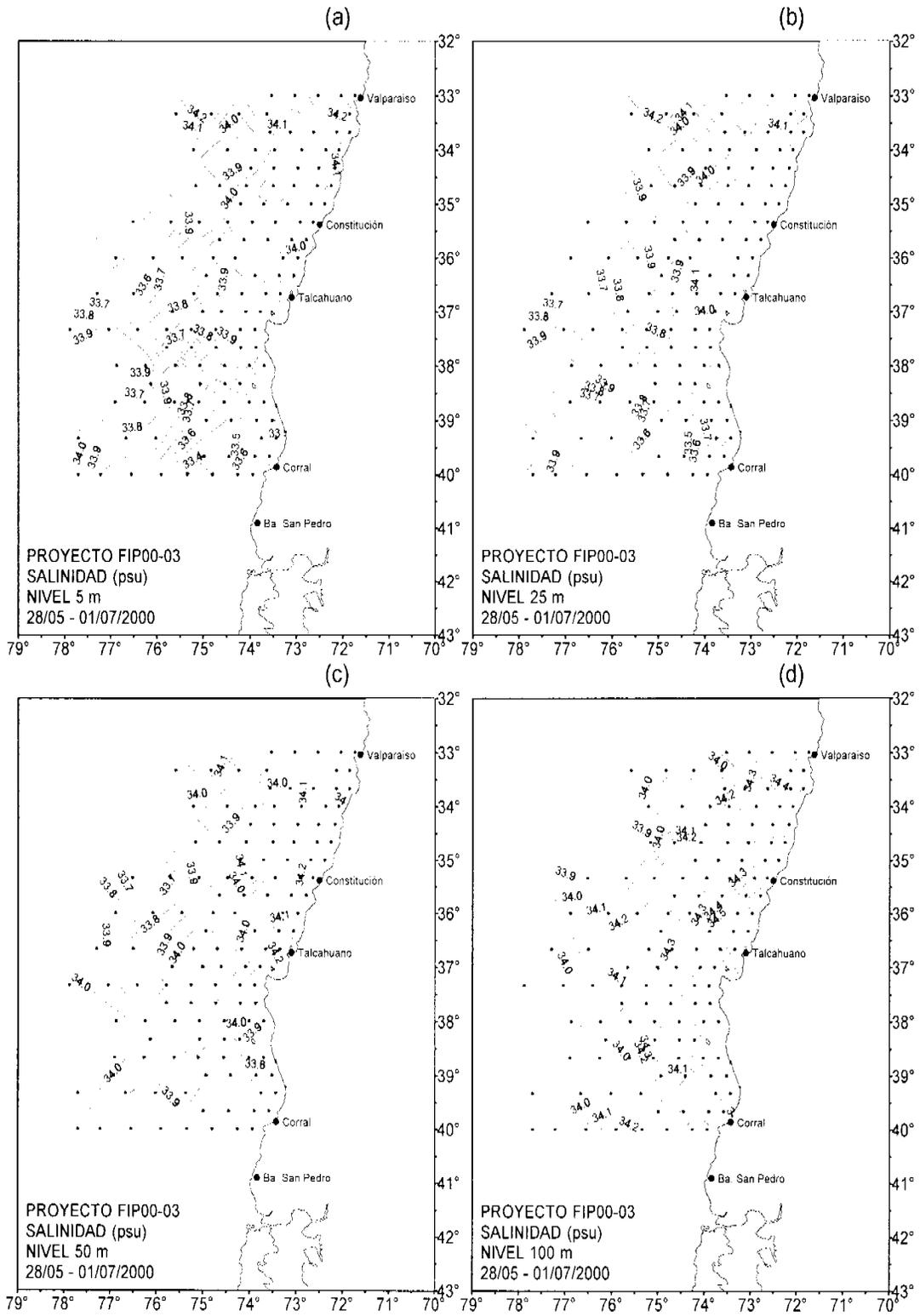


Figura 19 Distribución horizontal de salinidad (psu). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

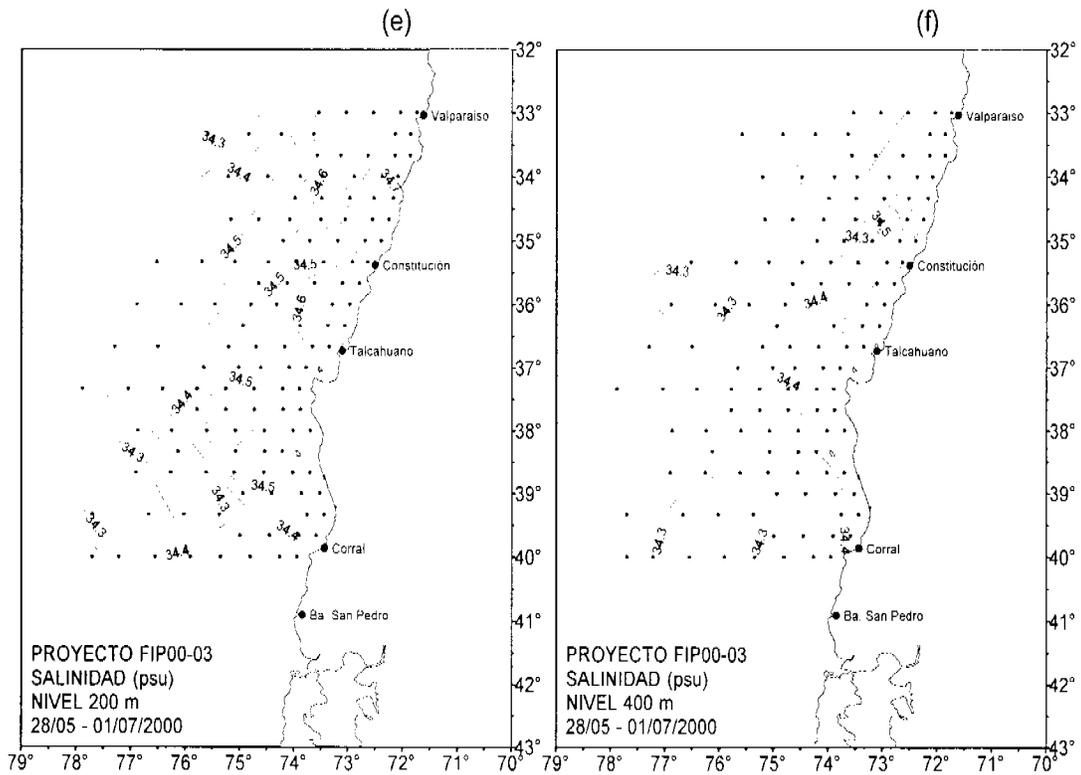


Figura 19 (continuación). Distribución horizontal de salinidad (psu). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

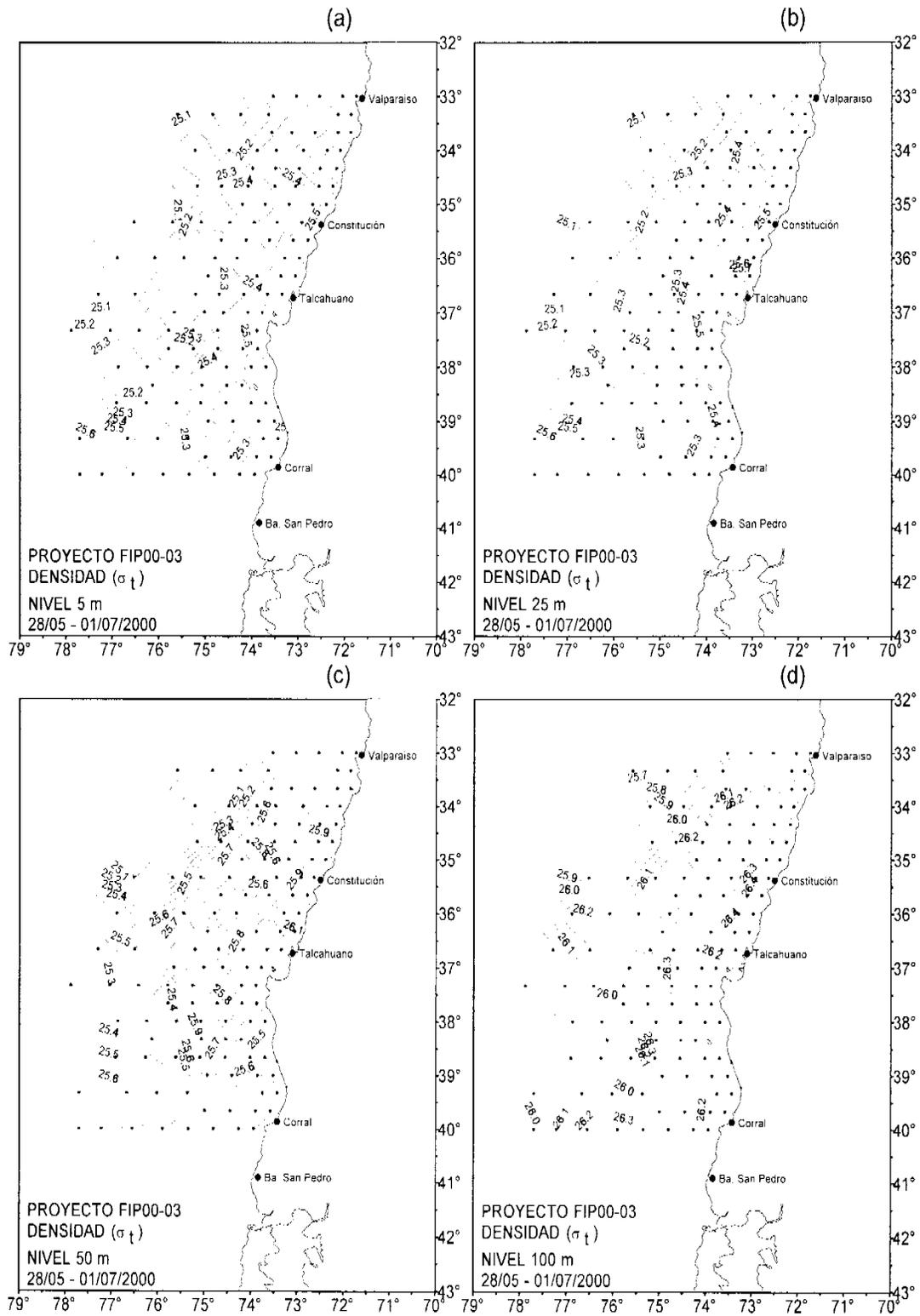


Figura 20 Distribución horizontal de densidad (σ_t). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

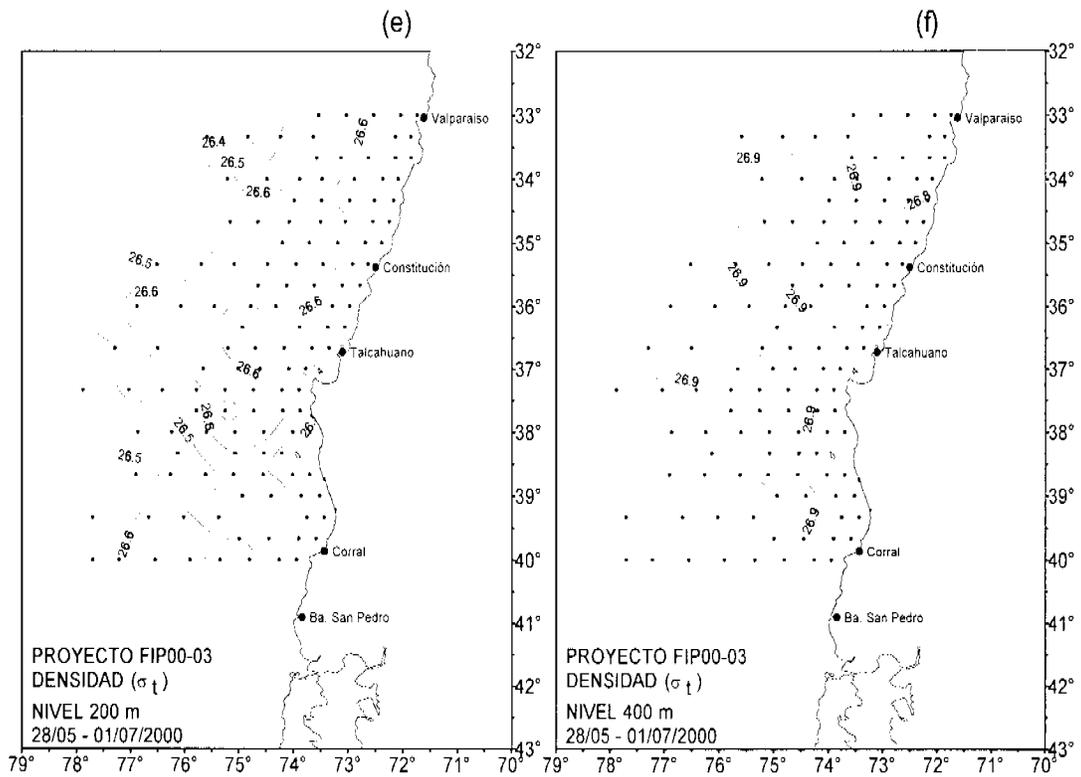


Figura 20 (continuación). Distribución horizontal de densidad (σ_t). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

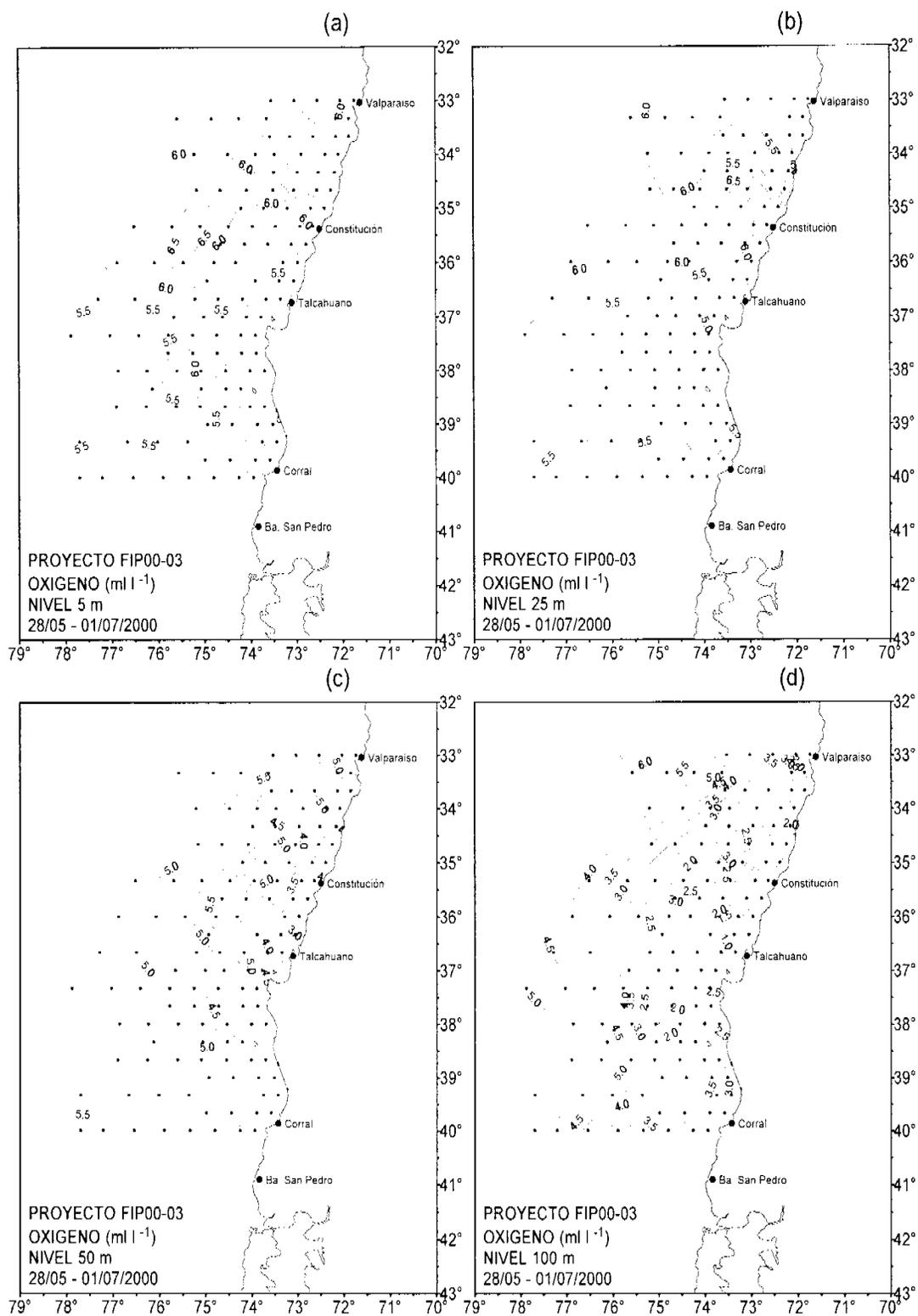


Figura 21 Distribución horizontal de oxígeno disuelto (ml l^{-1}). Estratos de (a) 5, (b) 25, (c) 50 y (d) 100 m de profundidad.

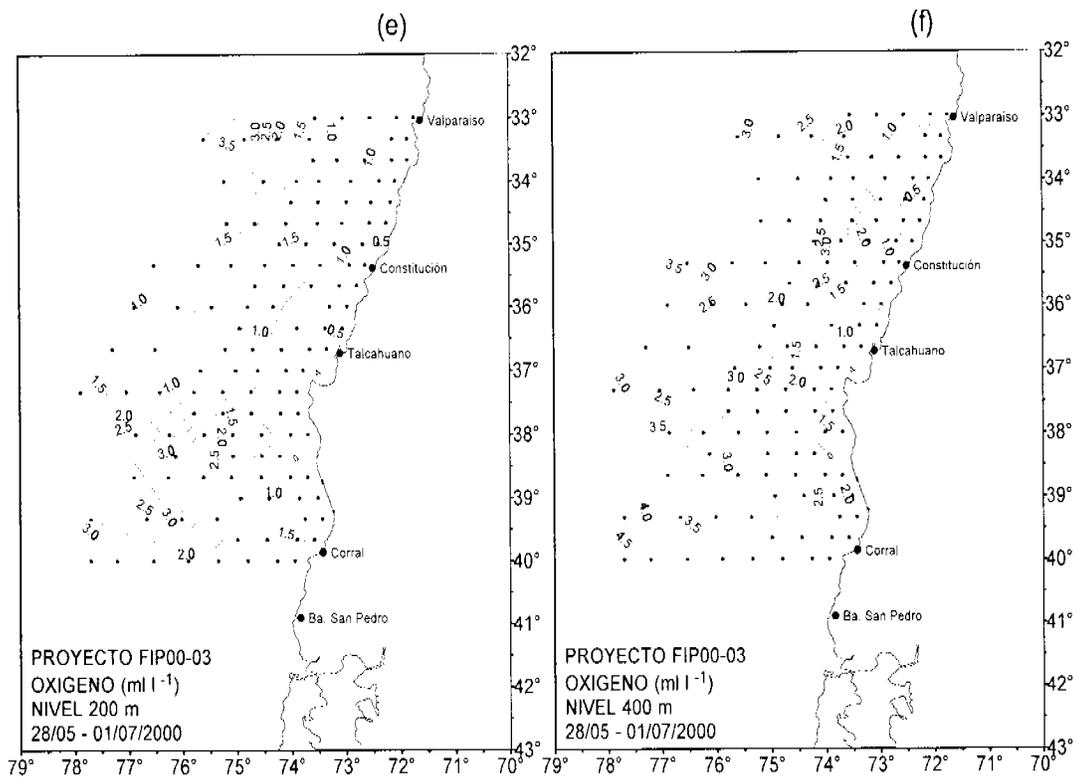


Figura 21 (continuación). Distribución horizontal de oxígeno disuelto (ml l^{-1}). Estratos de (e) 200 y (f) 400 m de profundidad.

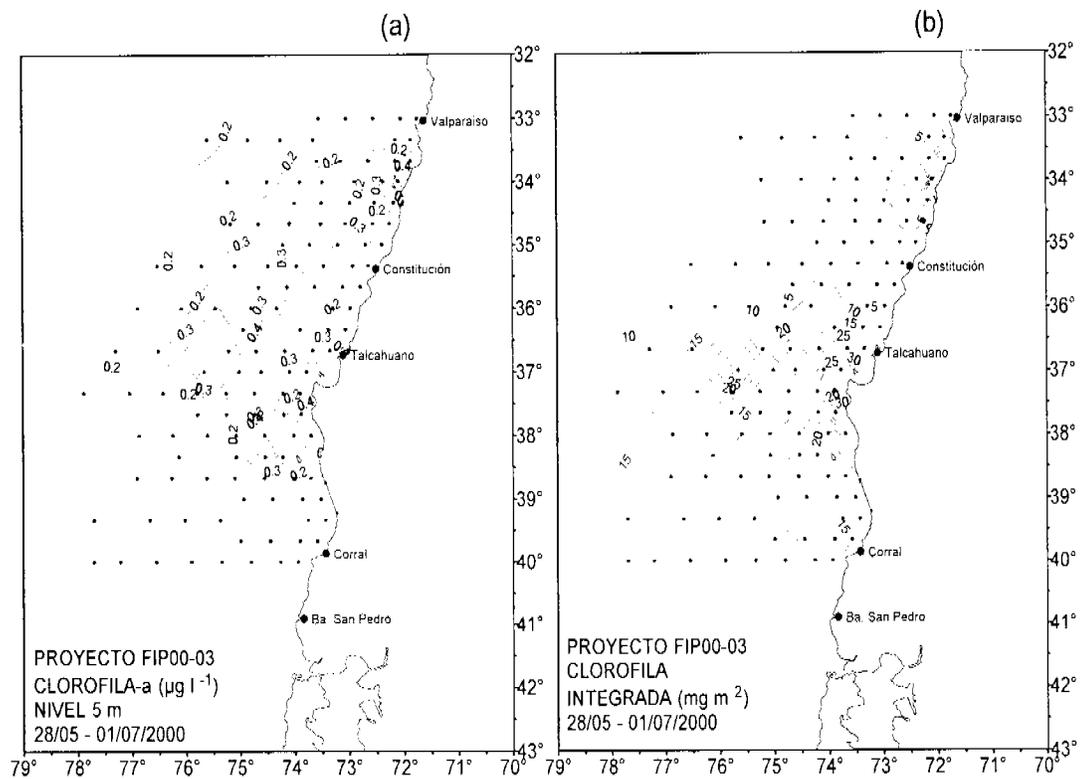


Figura 22 Distribución horizontal de: (a) Clorofila-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) en el estrato de 5 m de profundidad y de (b) Clorofila-a integrada (mg m^{-2}) entre 0 y 100 m de profundidad.

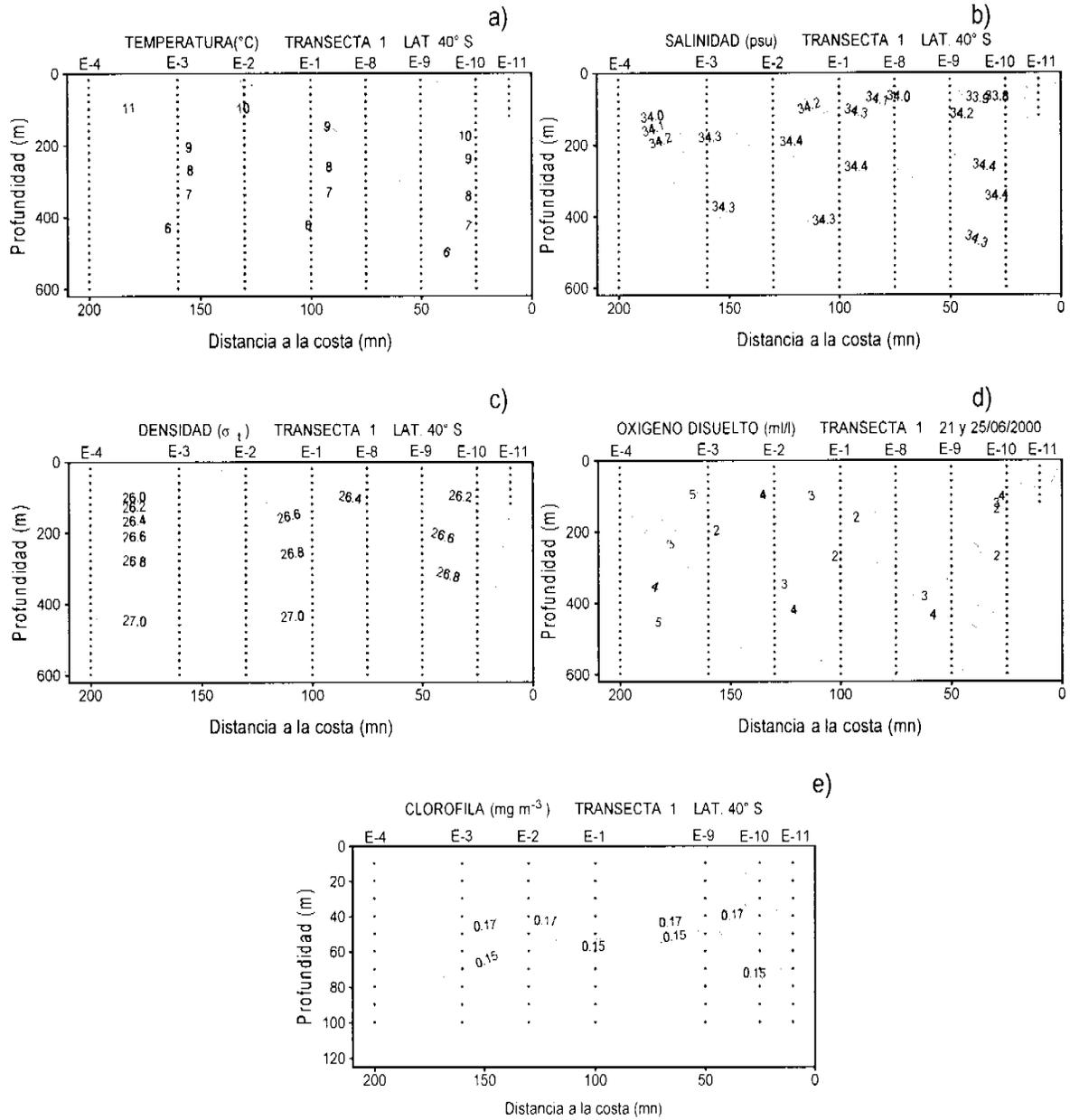


Figura 23 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 1.

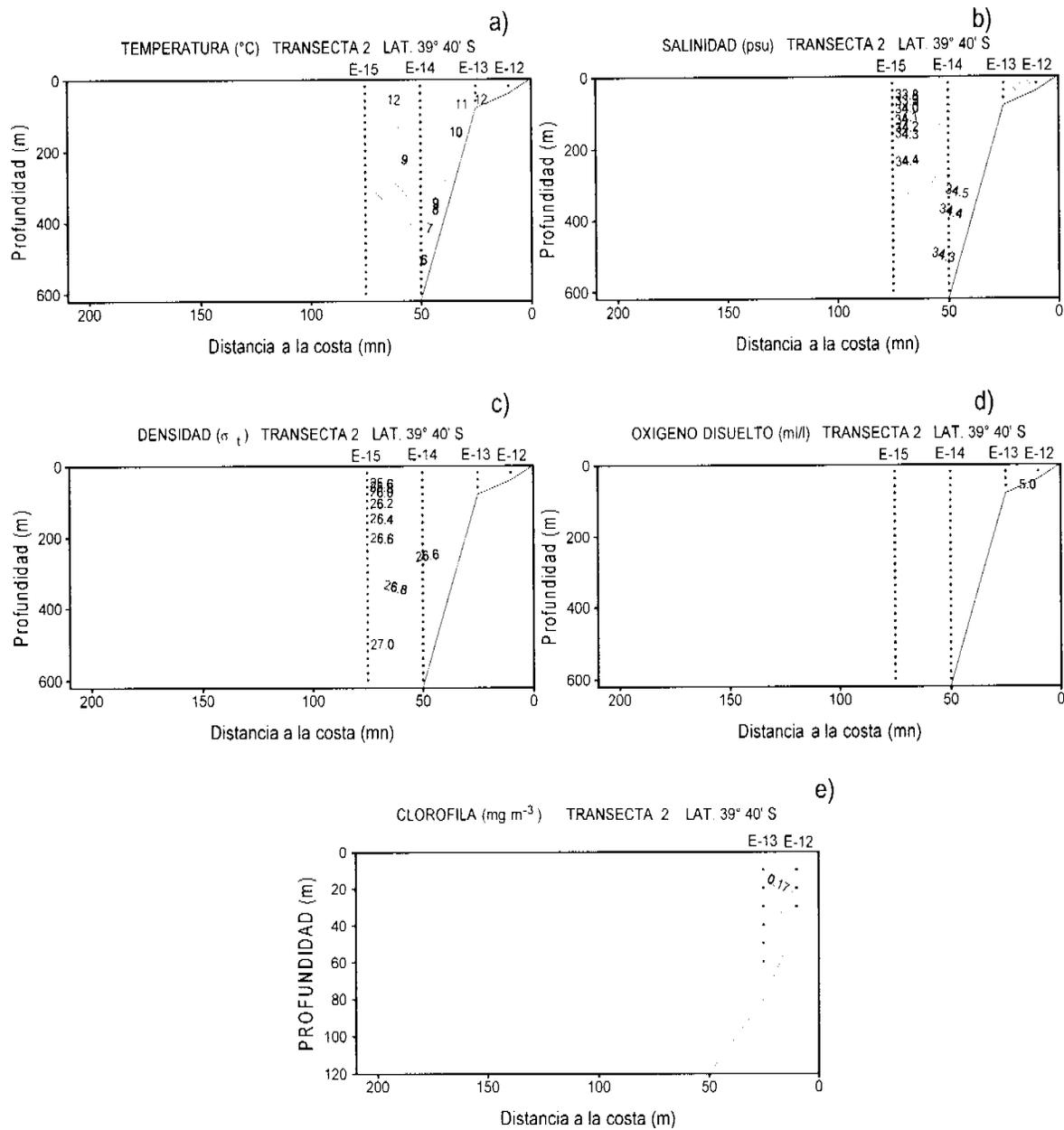


Figura 24 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 2.

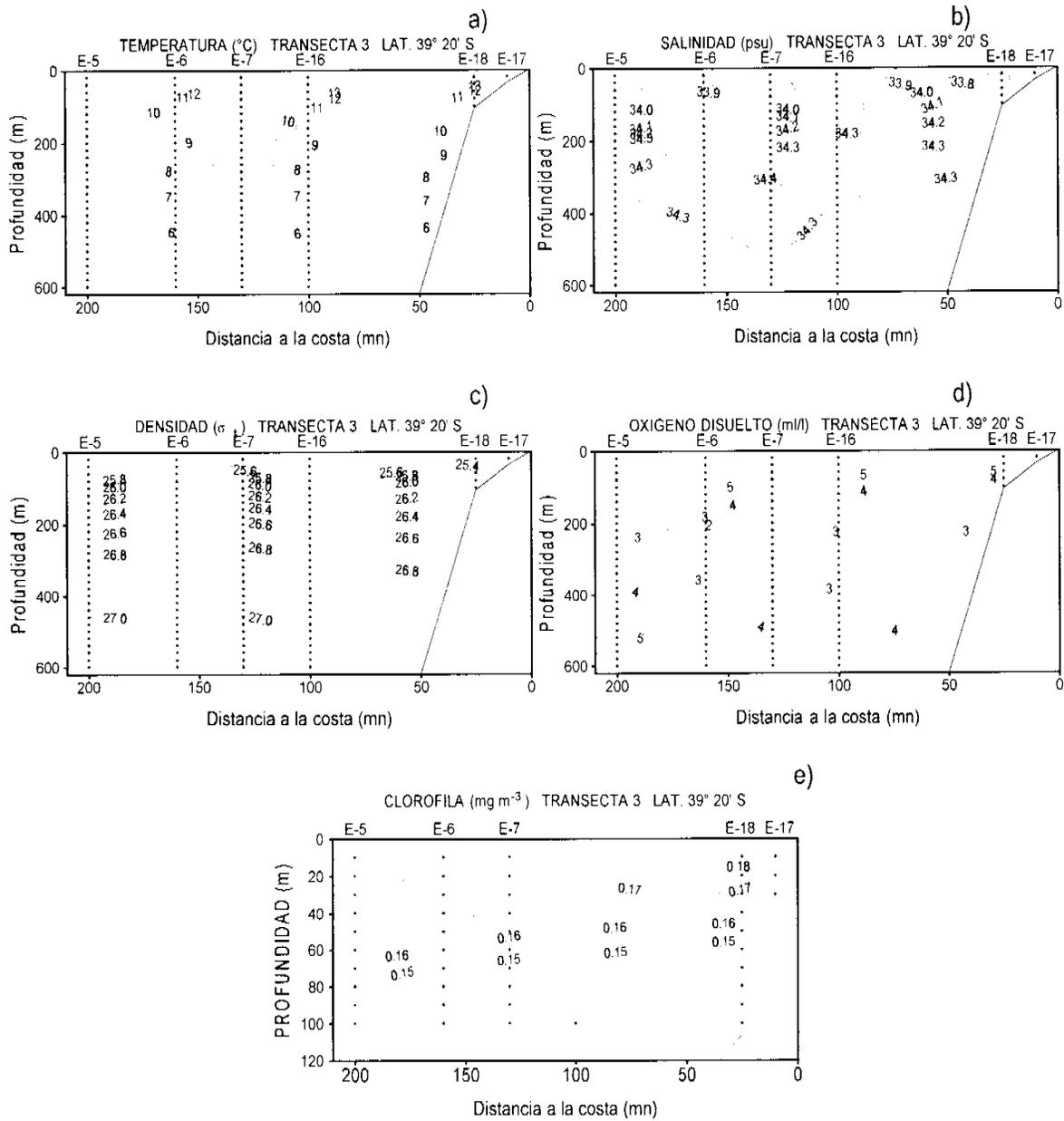


Figura 25 Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 3.

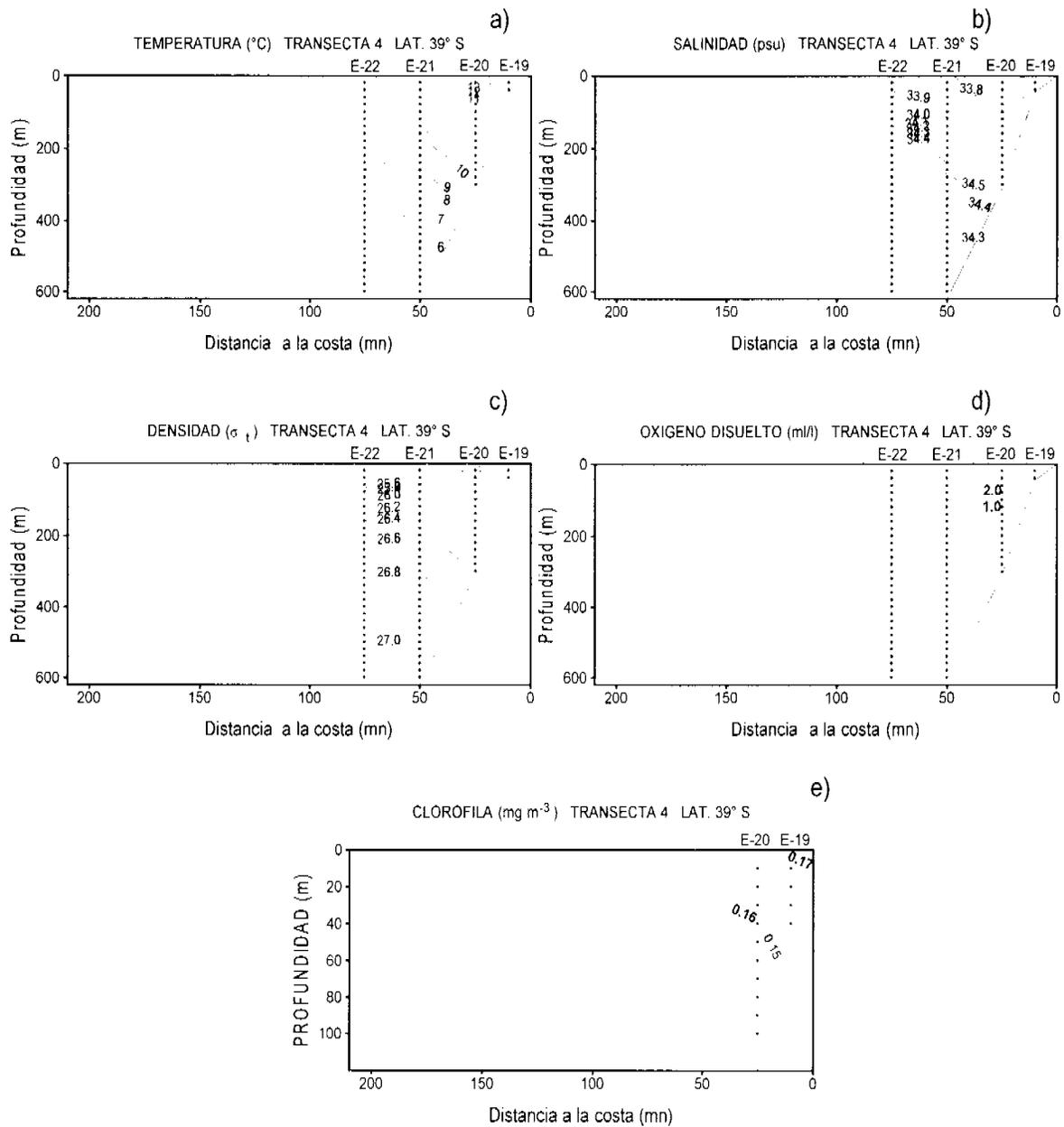


Figura 26 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 4.

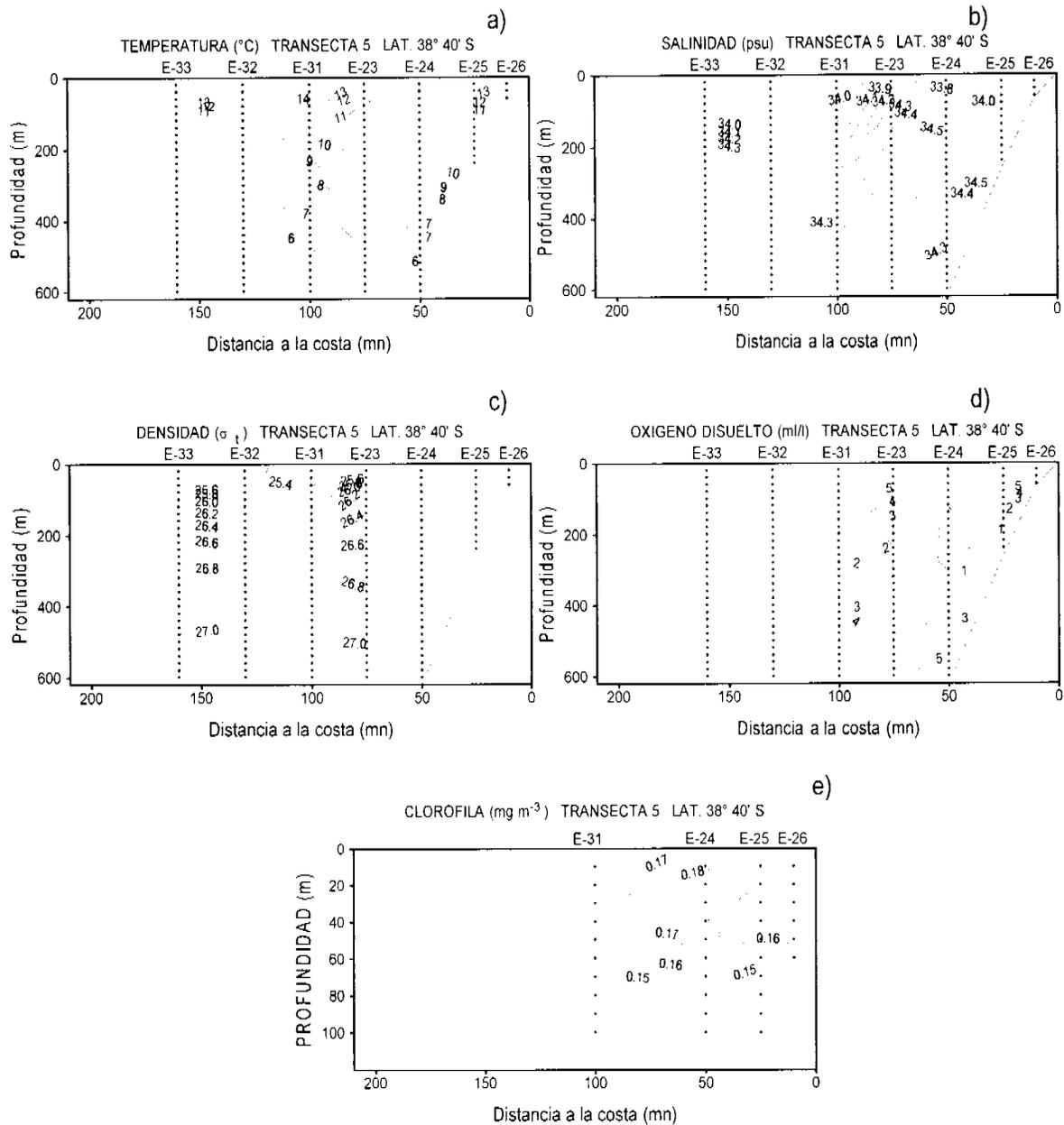


Figura 27 Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 5.

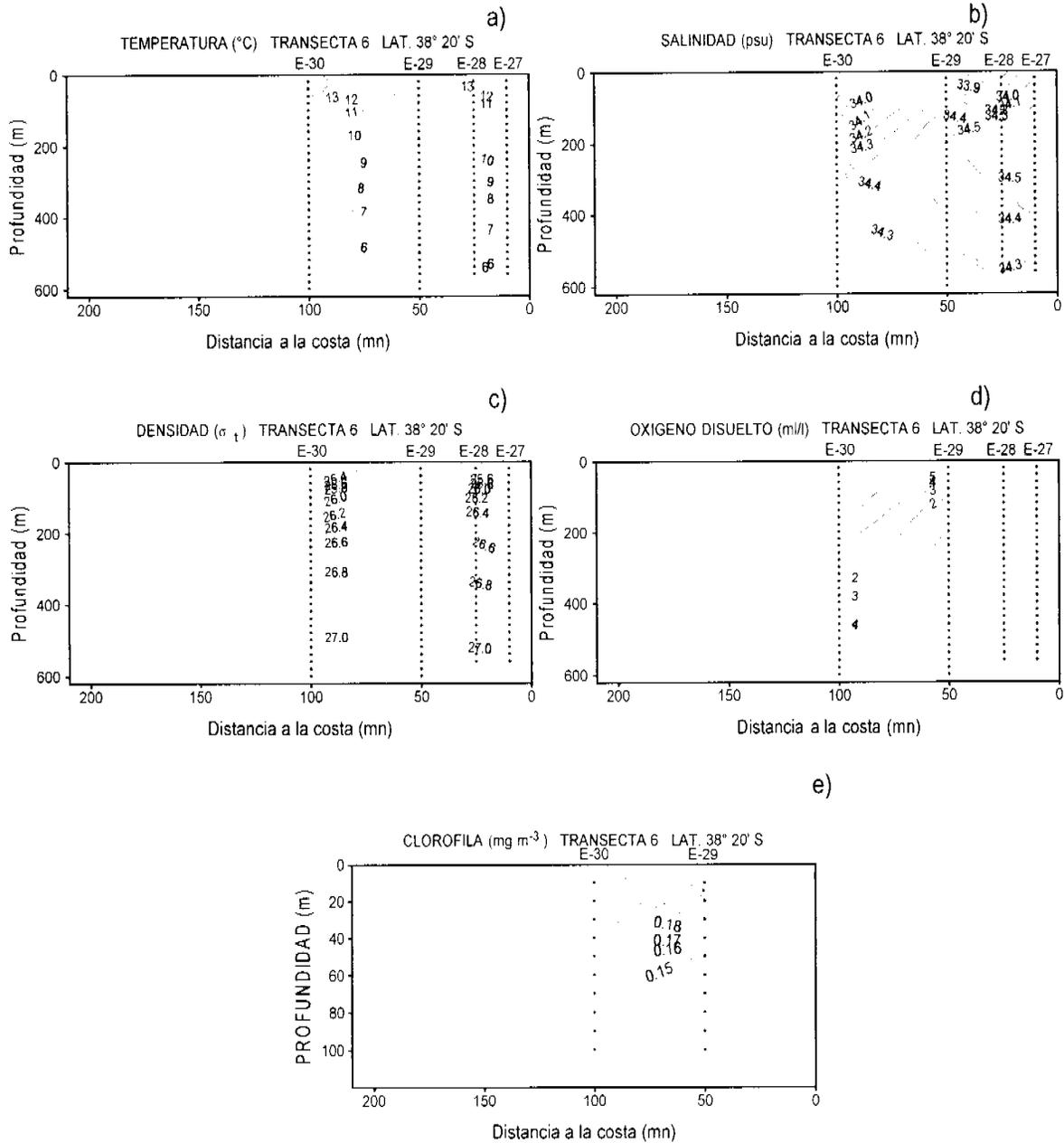


Figura 28 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 6.

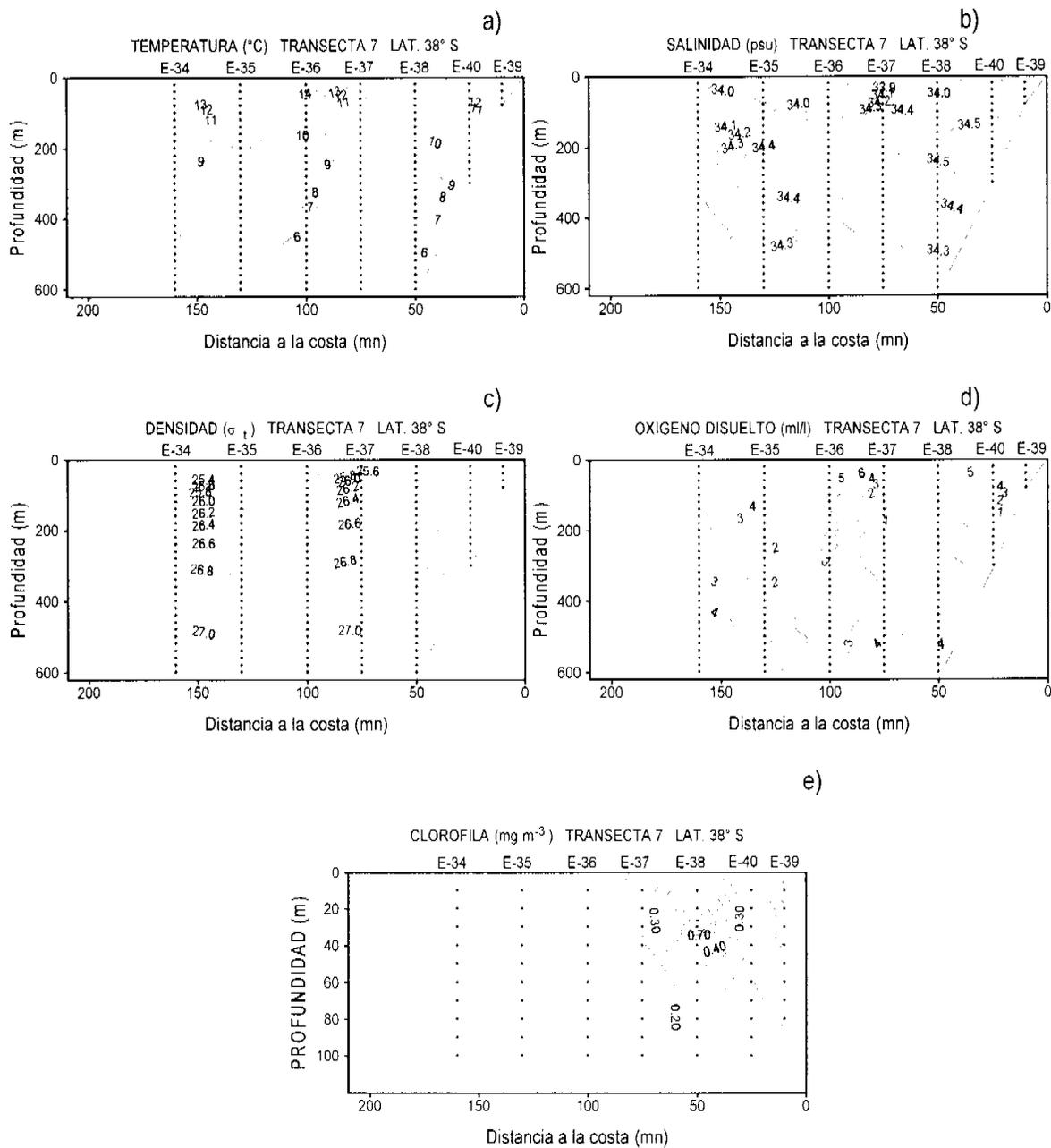


Figura 29 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 7.

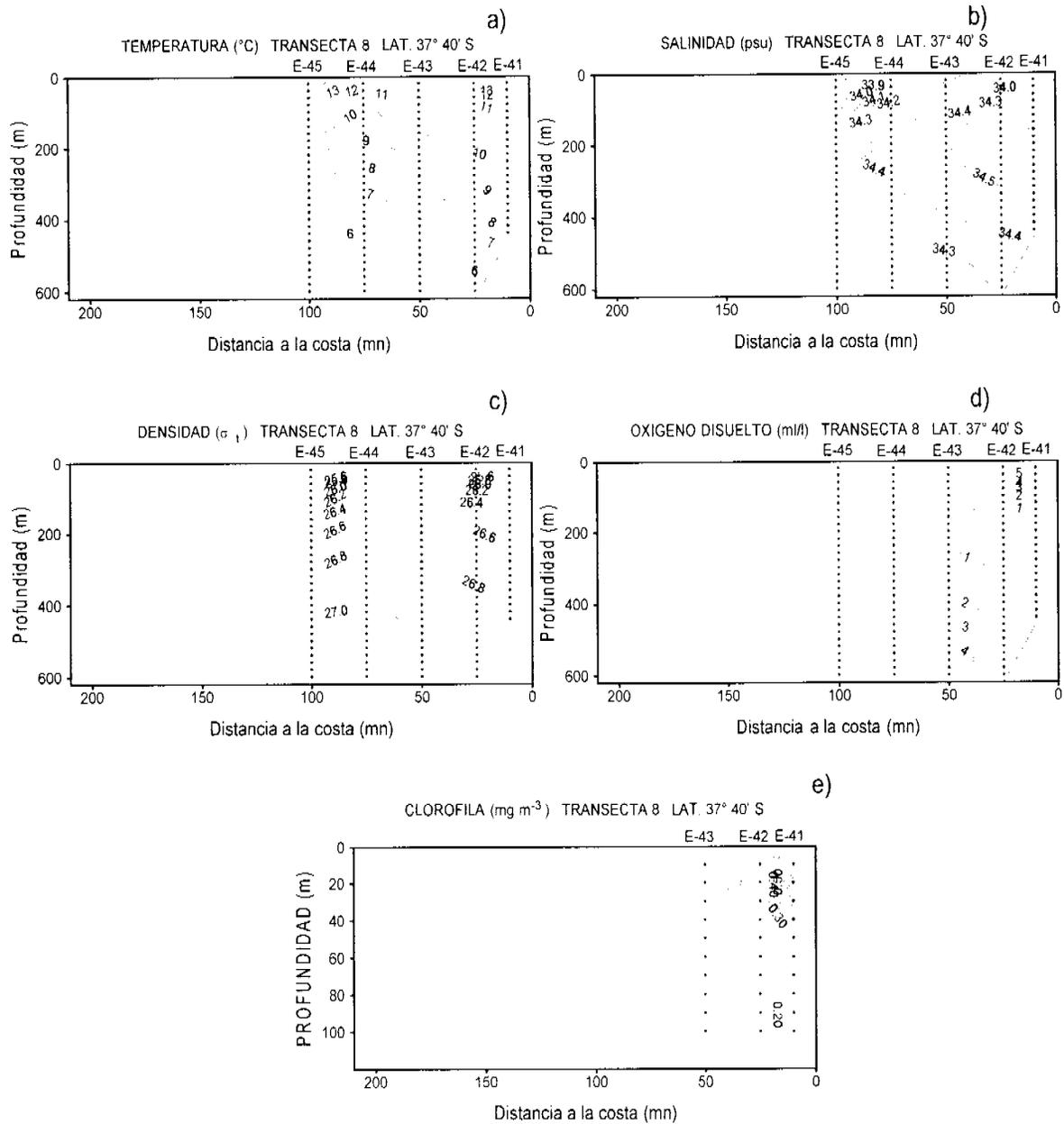


Figura 30 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 8.

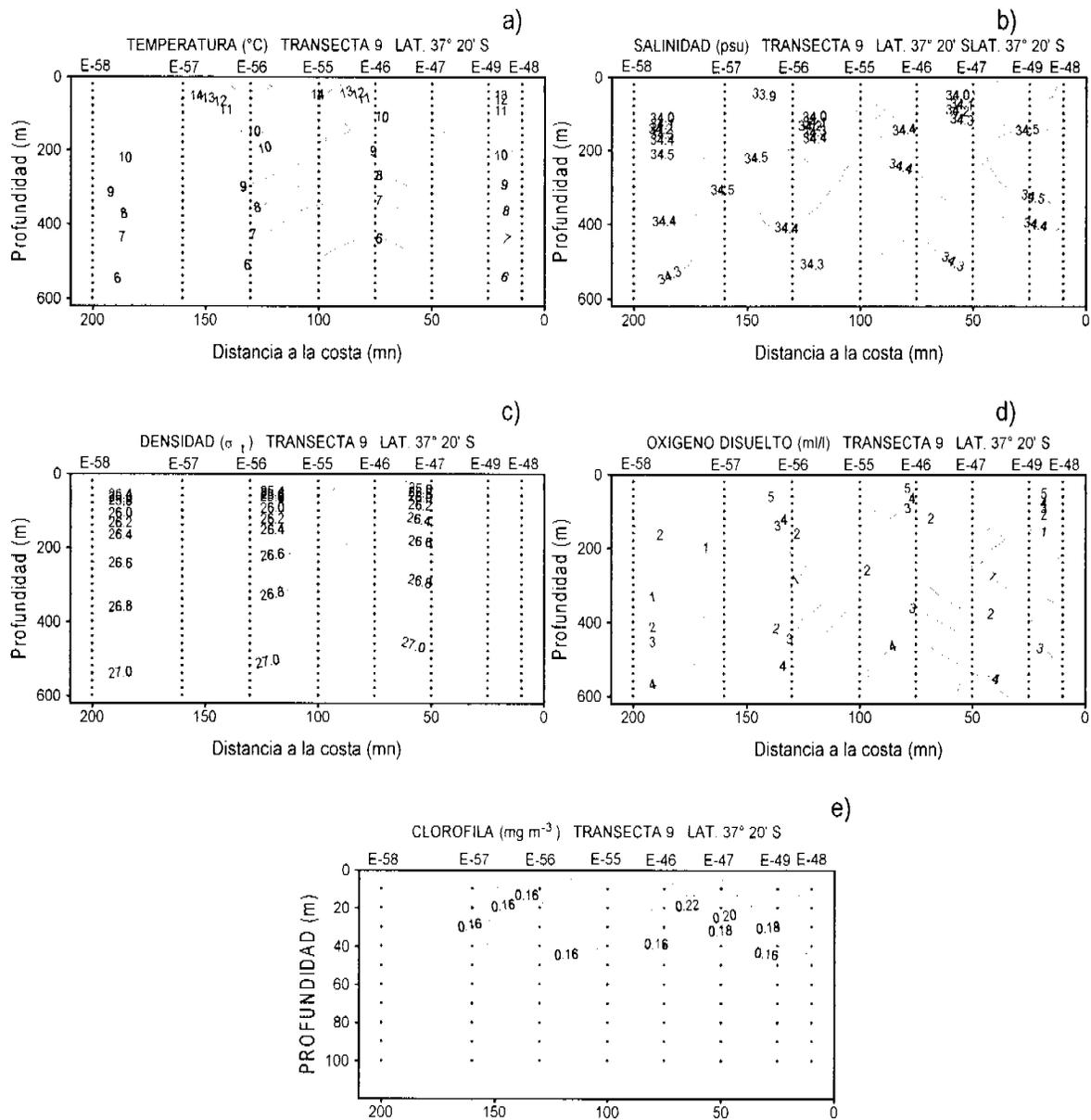


Figura 31 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 9.

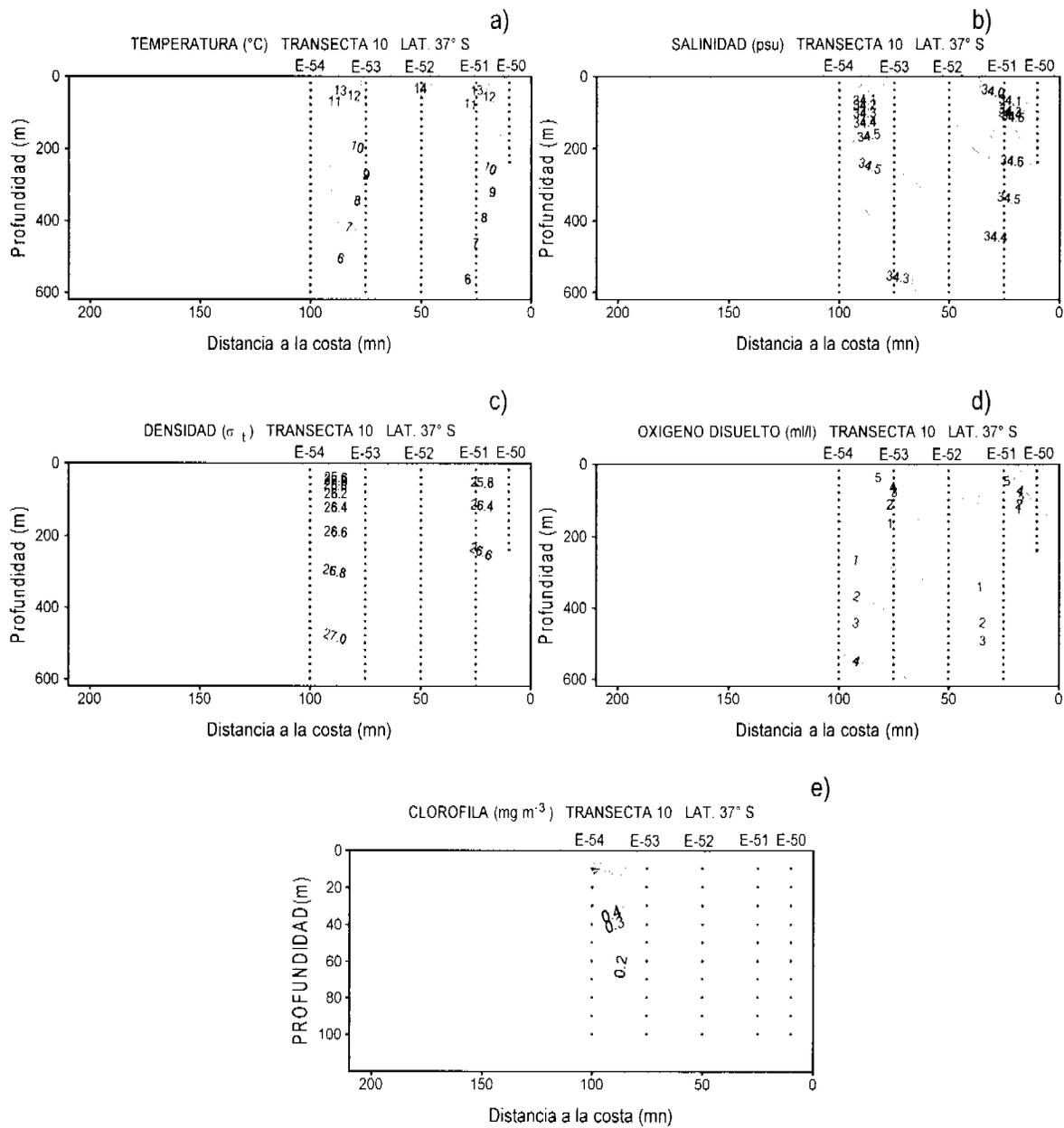


Figura 32 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 10.

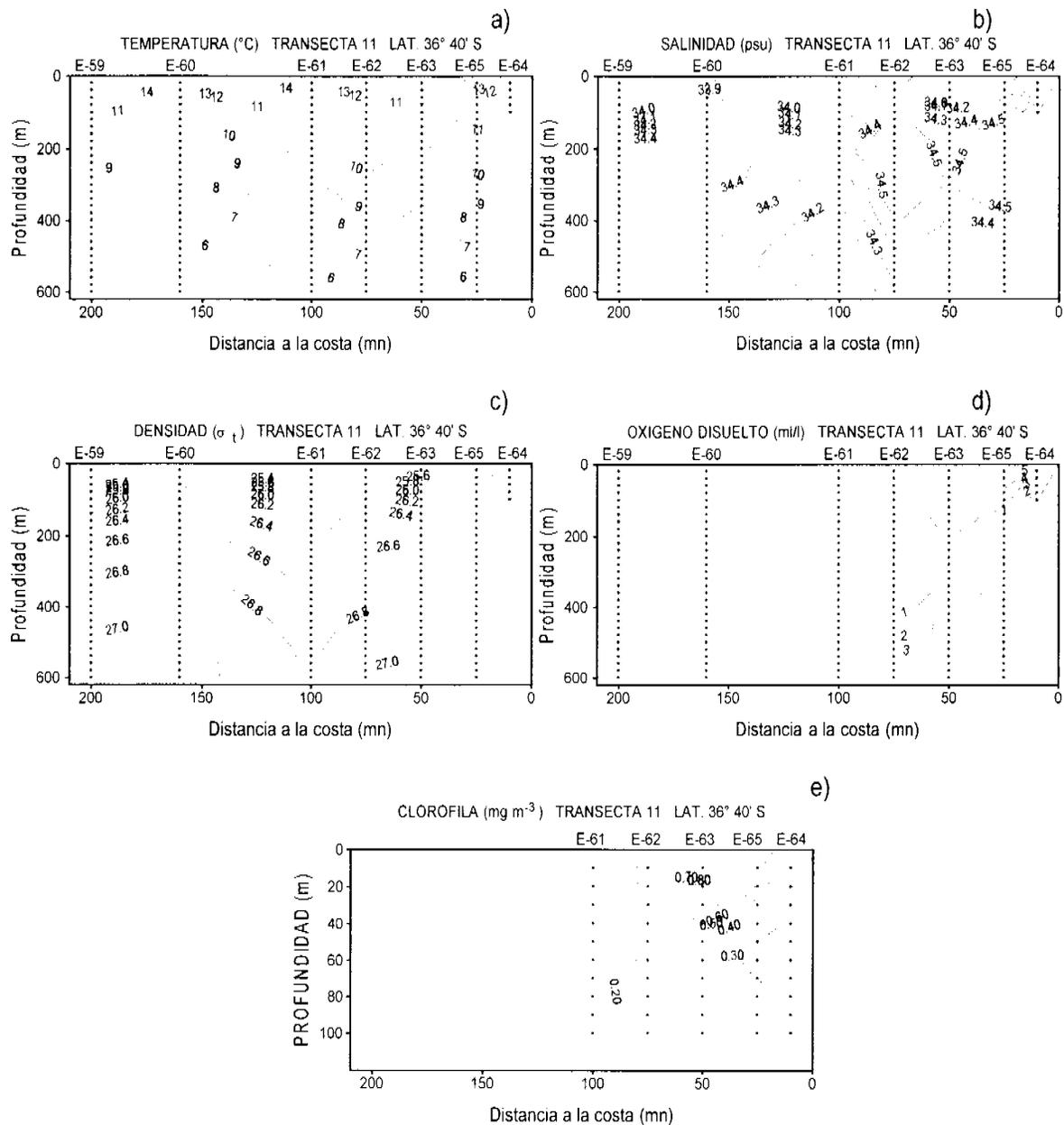


Figura 33 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (sigma-t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 11.

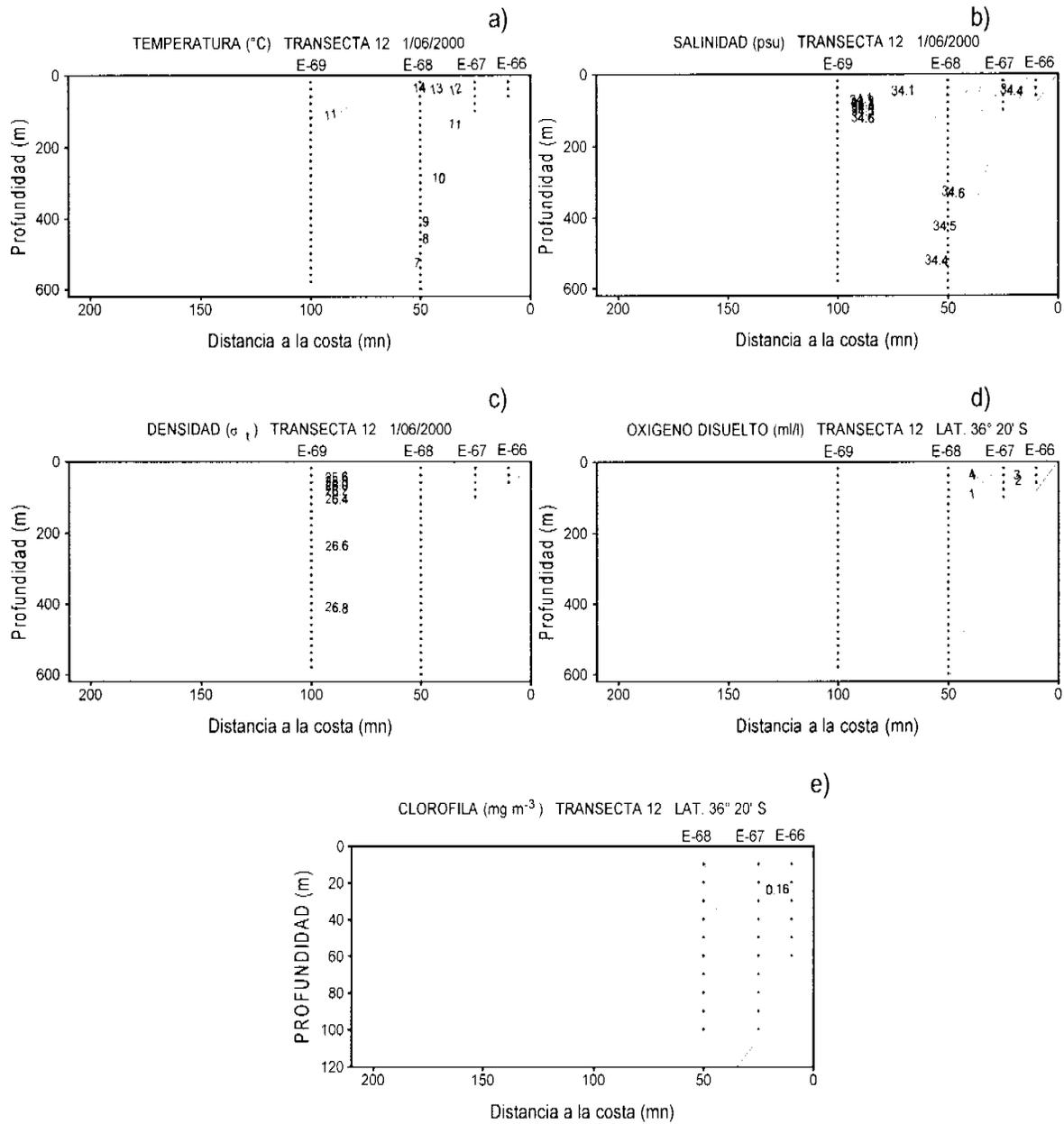


Figura 34 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (sigma-t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 12.

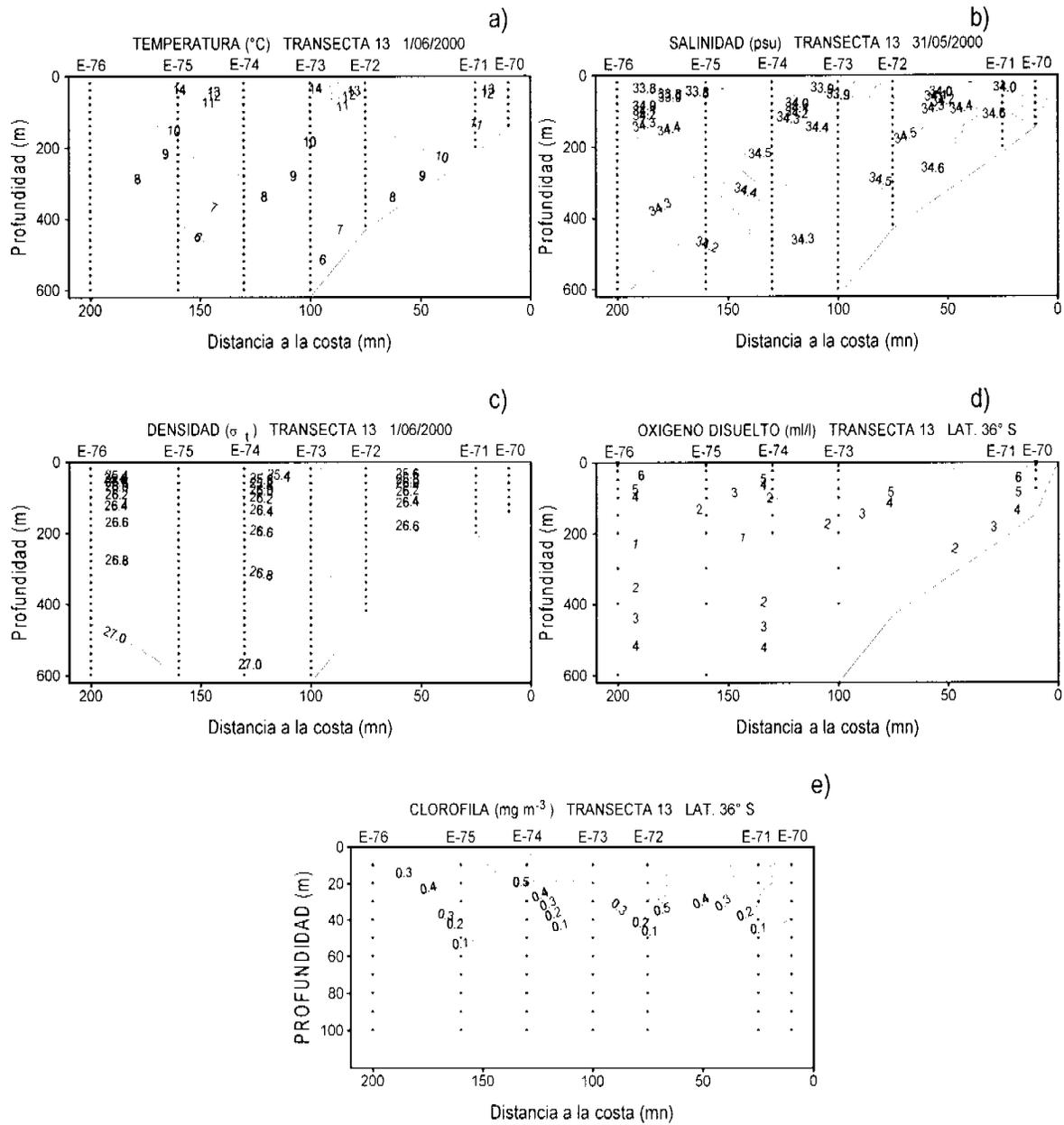


Figura 35 Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 13.

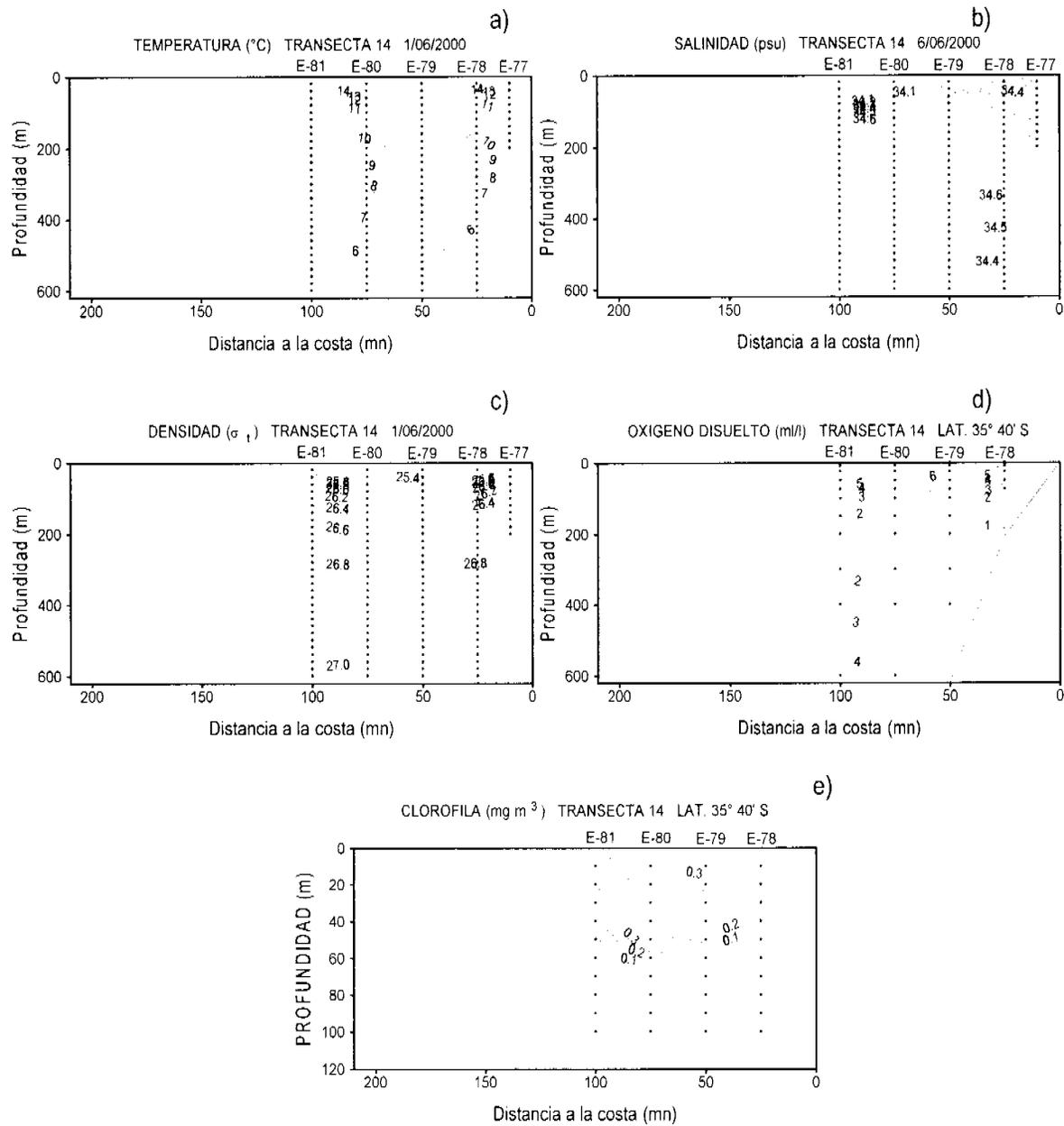


Figura 36 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 14.

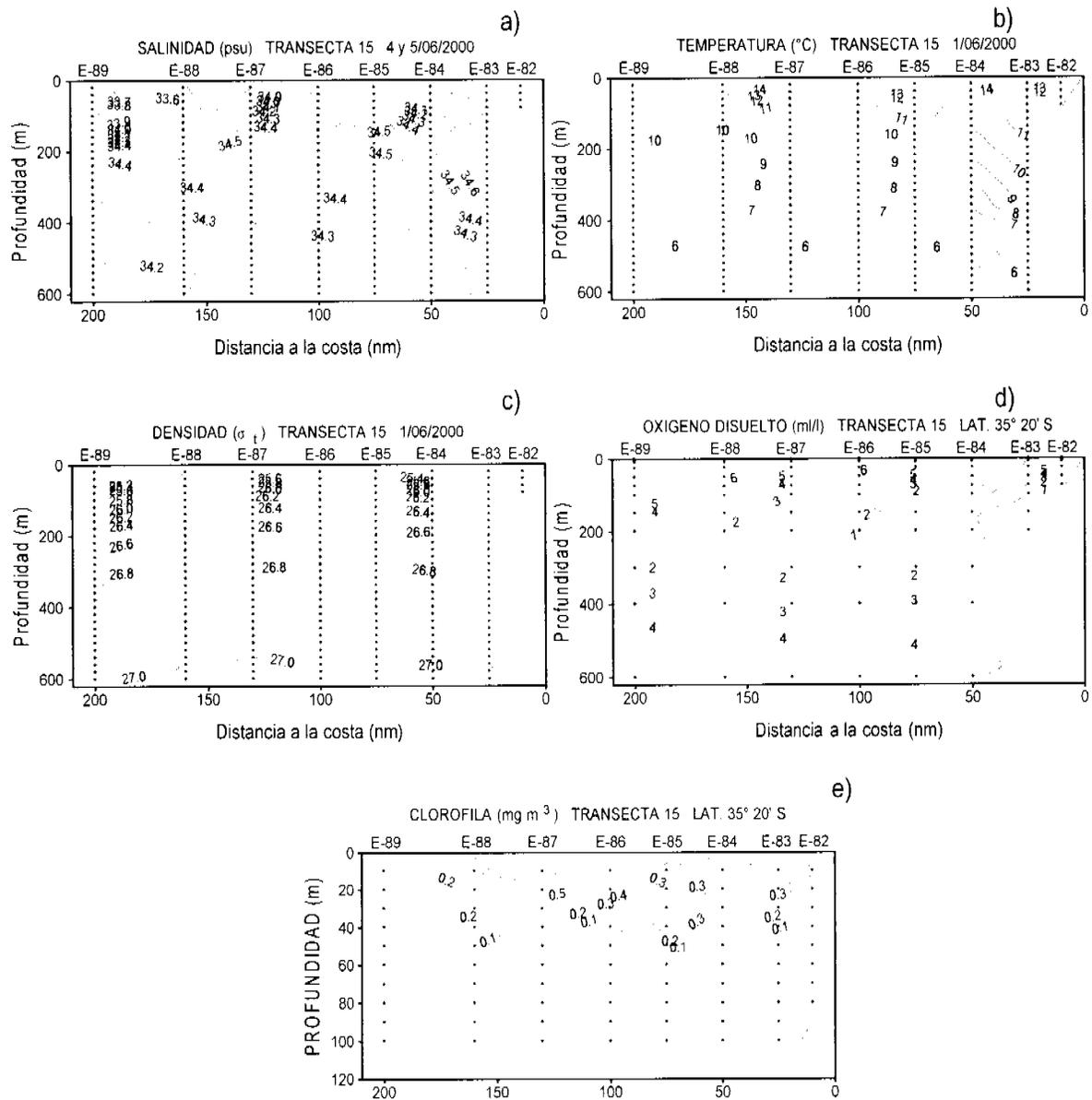


Figura 37 Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 15.

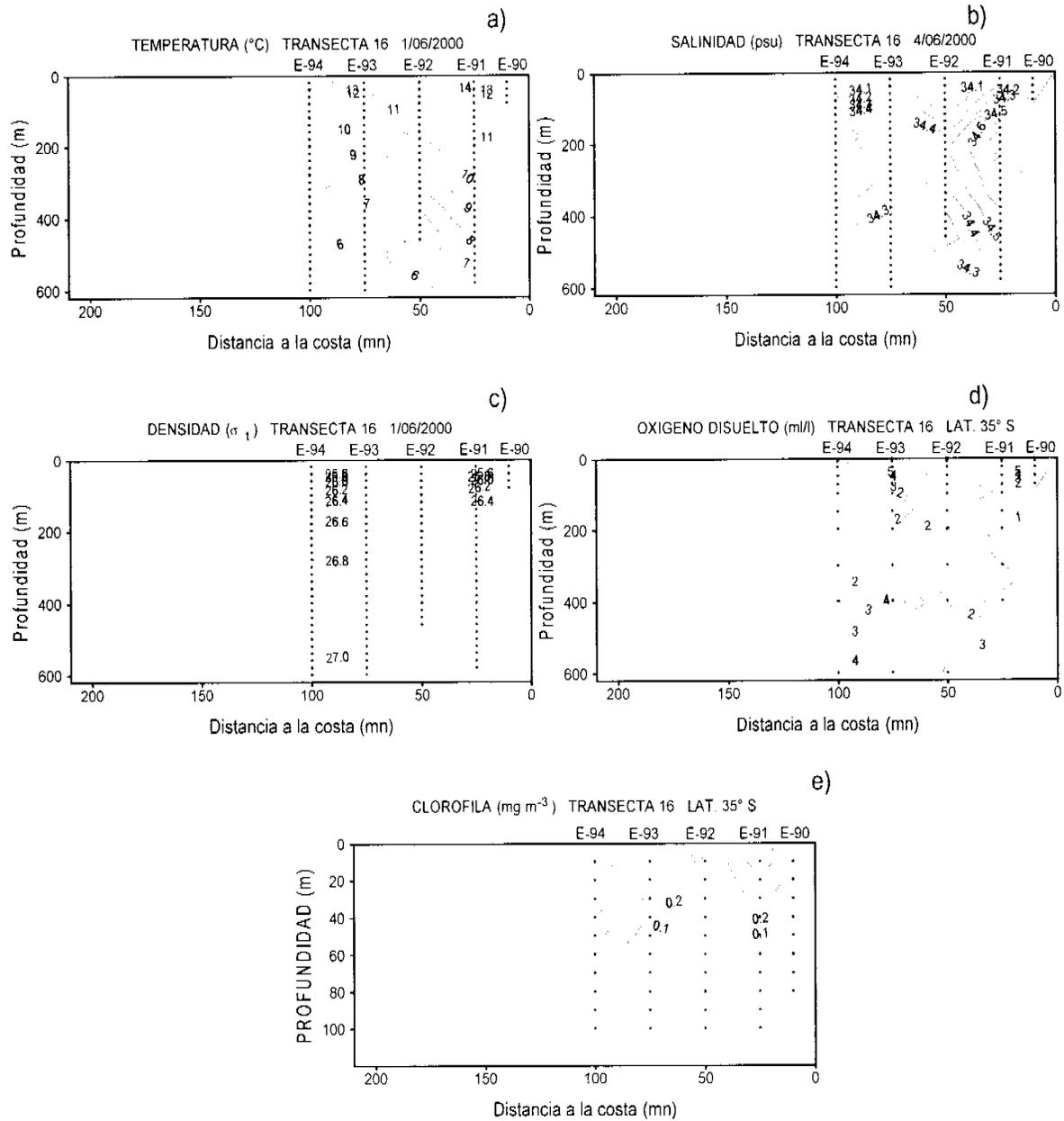


Figura 38 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 16.

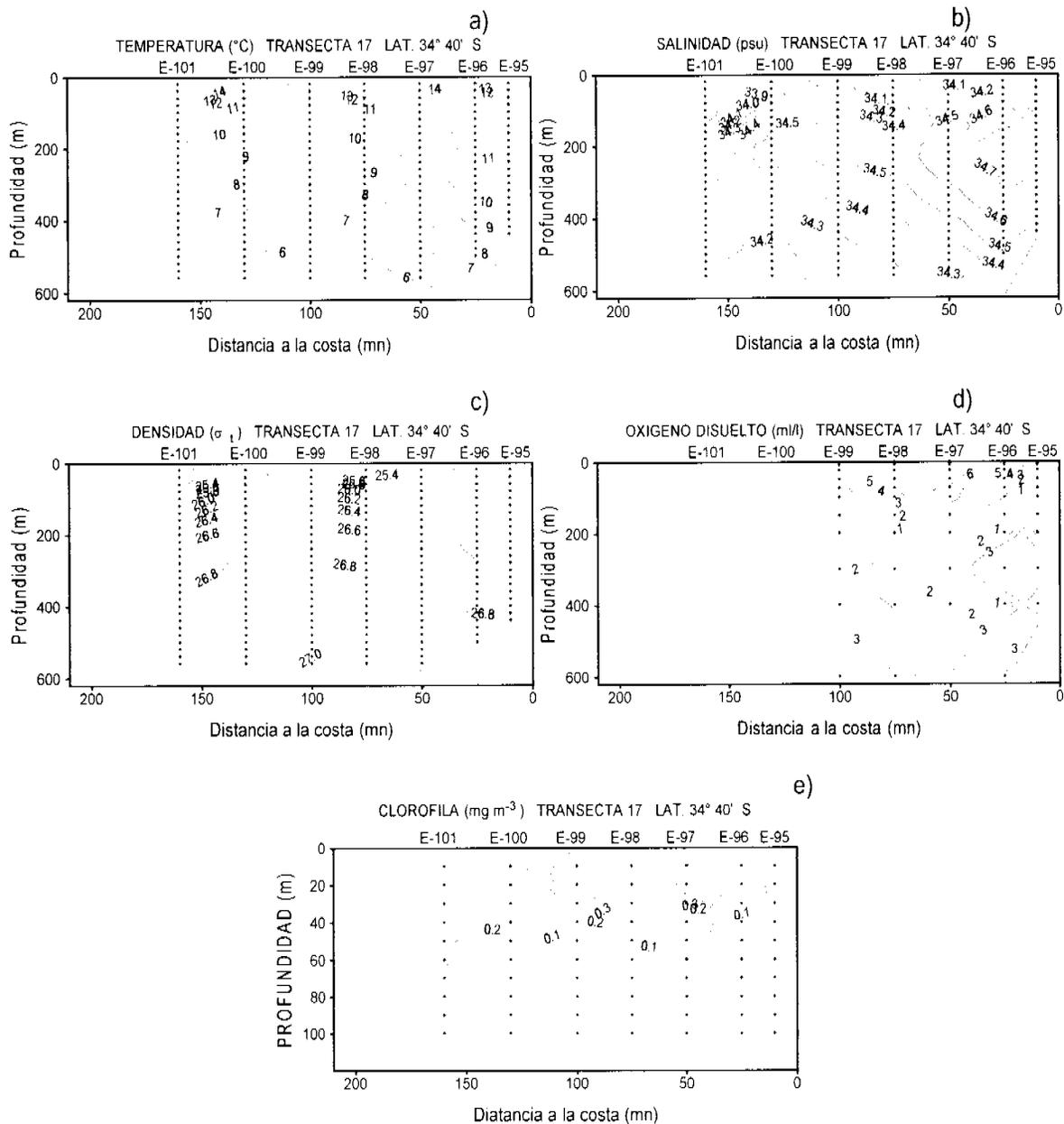


Figura 39 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 17.

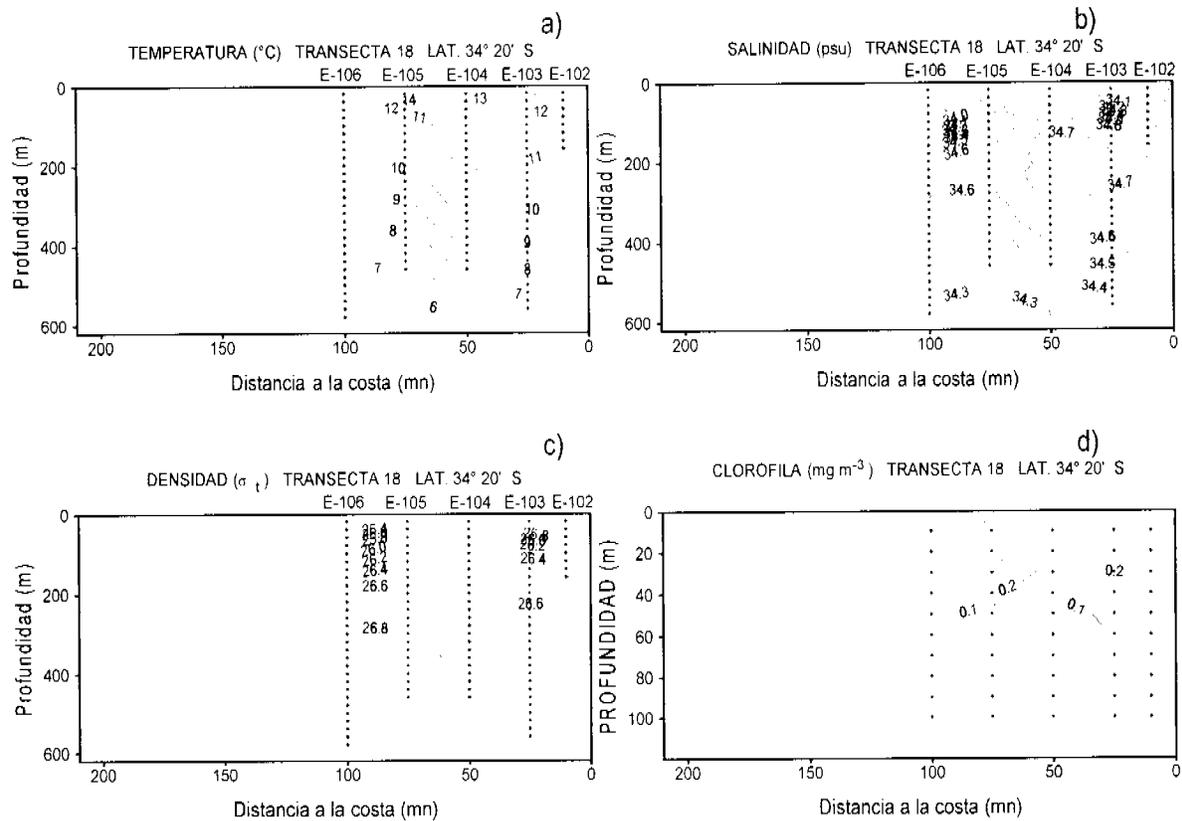


Figura 40 Distribución vertical de (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), b) salinidad (psu), c) densidad ($\sigma\text{-t}$) y d) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 18.

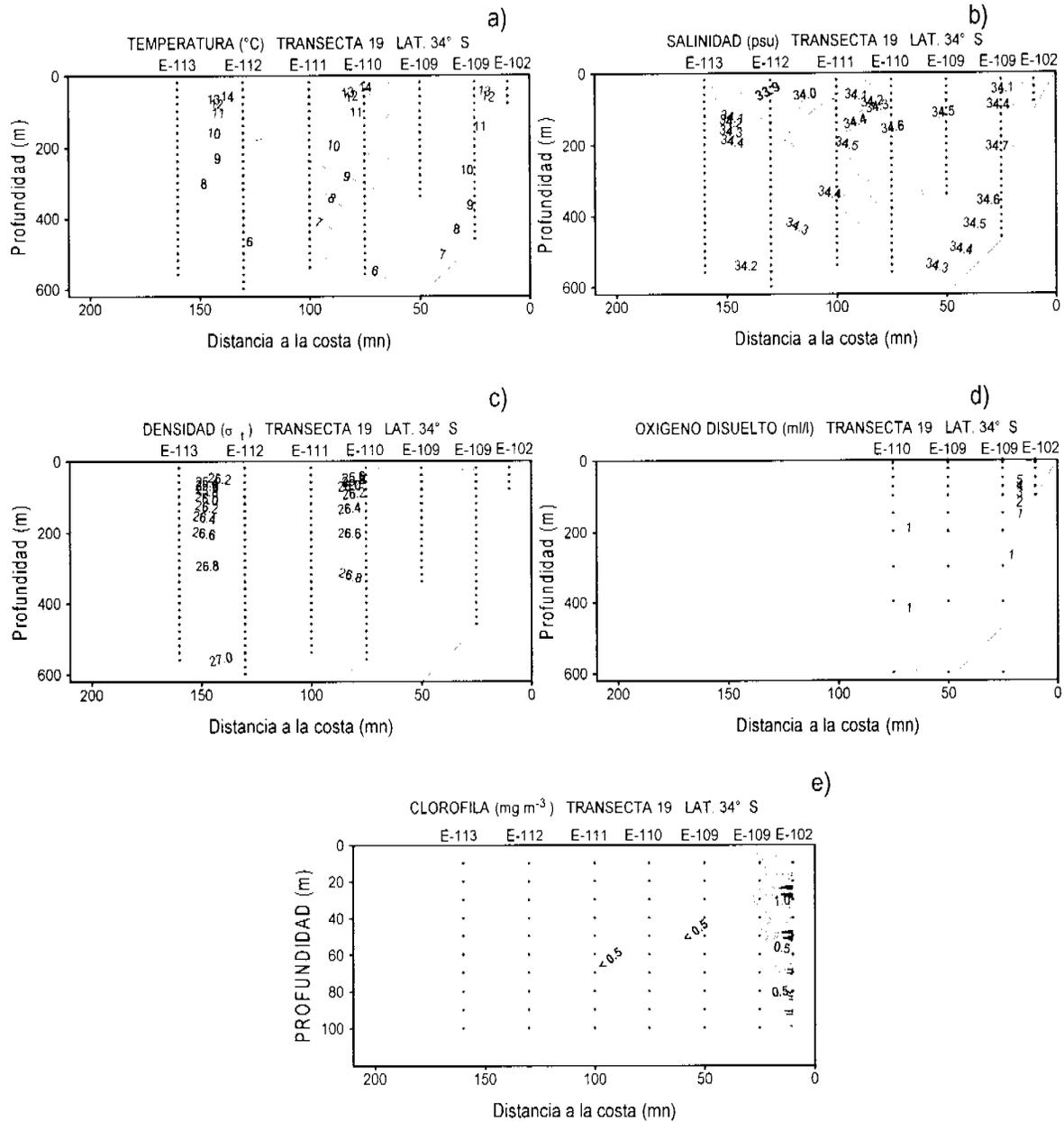


Figura 41 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 19.

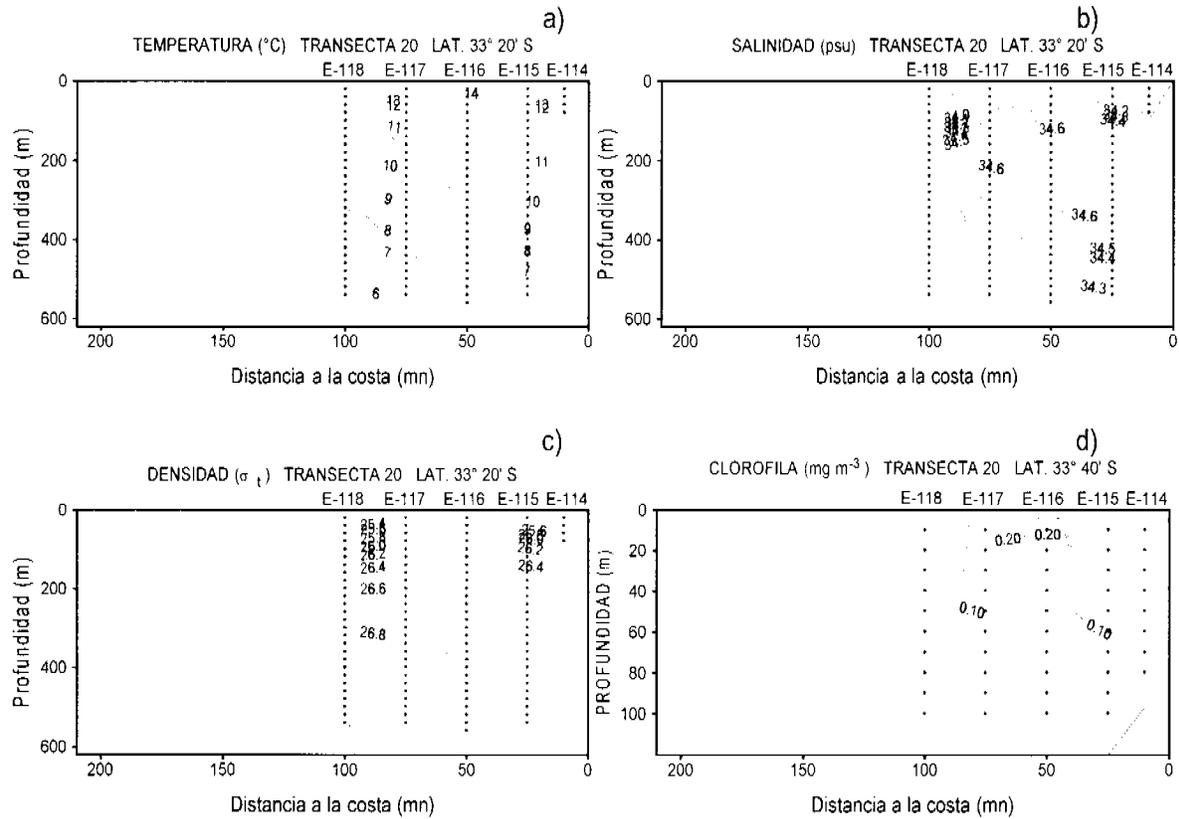


Figura 42 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (sigma-t) y d) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 20.

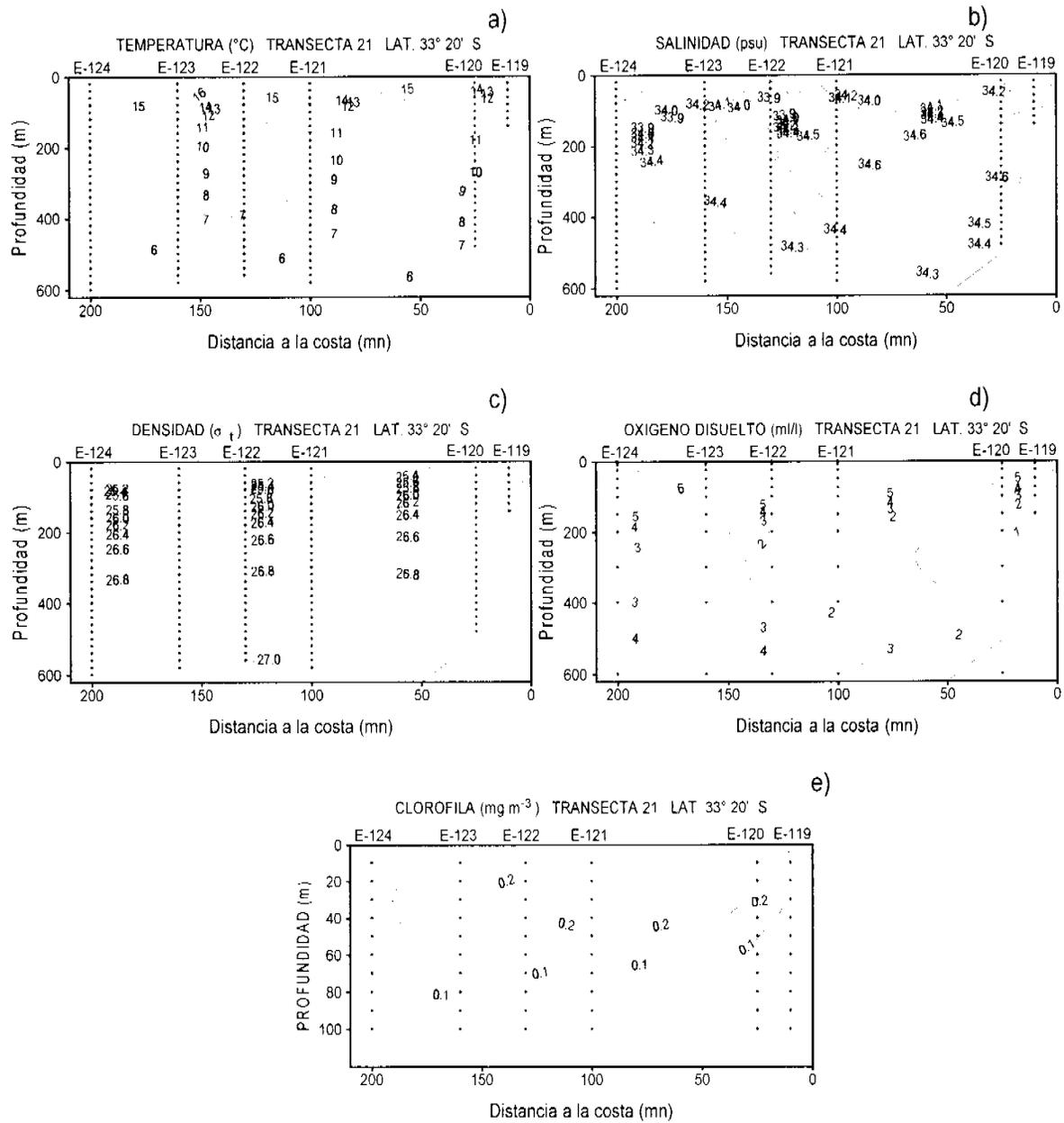


Figura 43 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 21.

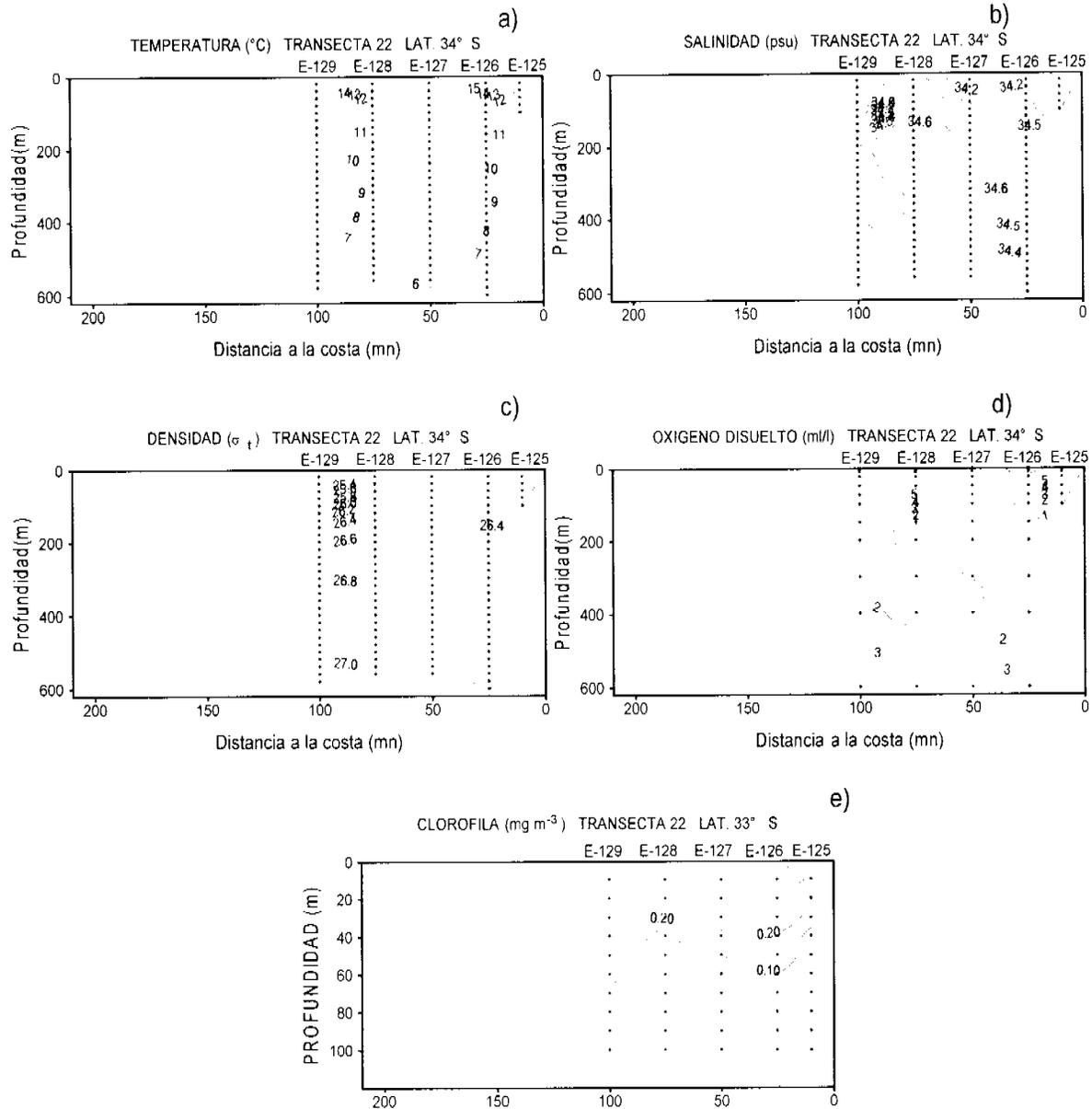


Figura 44 Distribución vertical de (a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (σ_t), d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) Clorofila-a (mg m^{-3}): Secciones oceanográficas correspondiente a la Transecta 22.

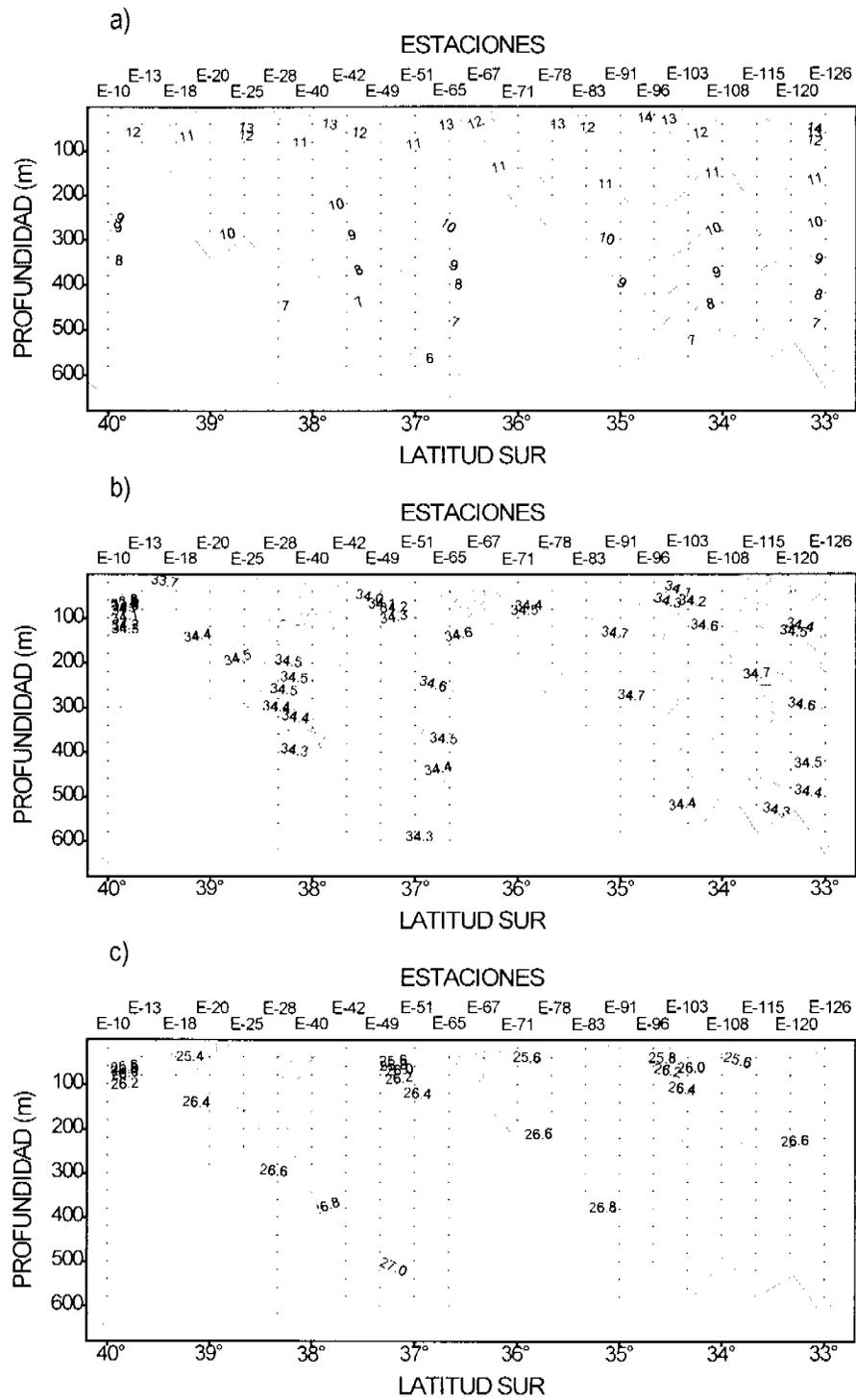


Figura 45 Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t). Transecta costera.

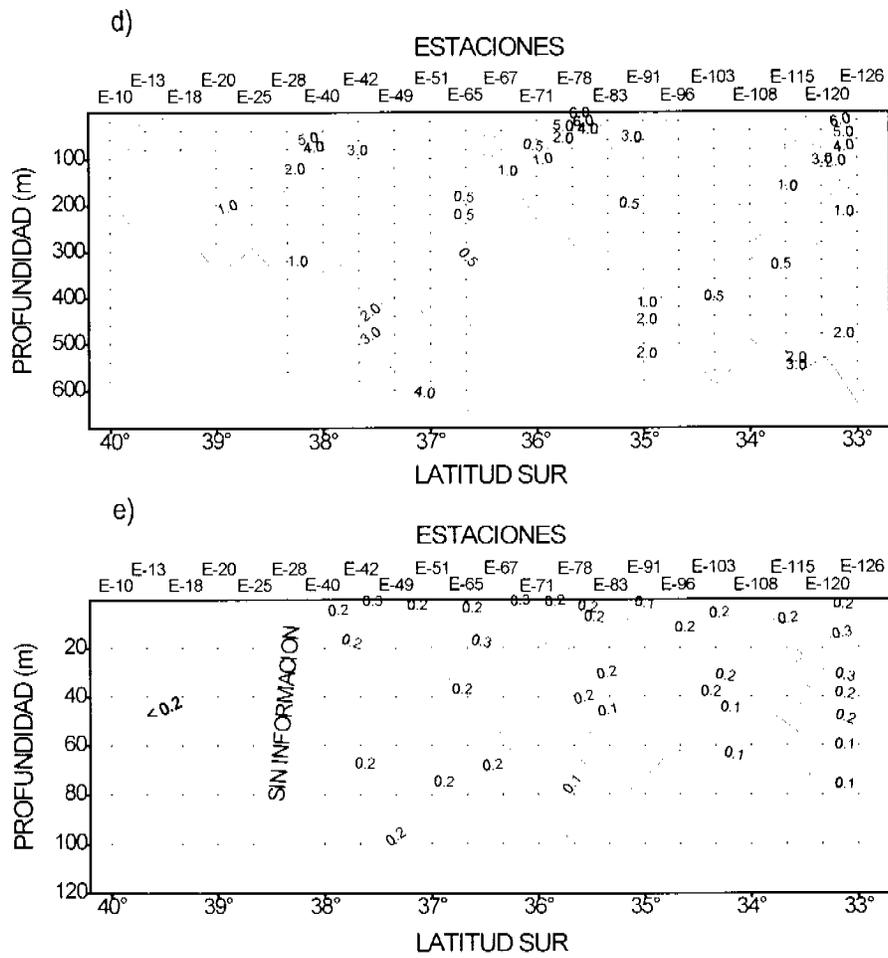


Figura 45 (continuación). Secciones longitudinales de la distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a ($\mu\text{g/l}$). Transecta costera.

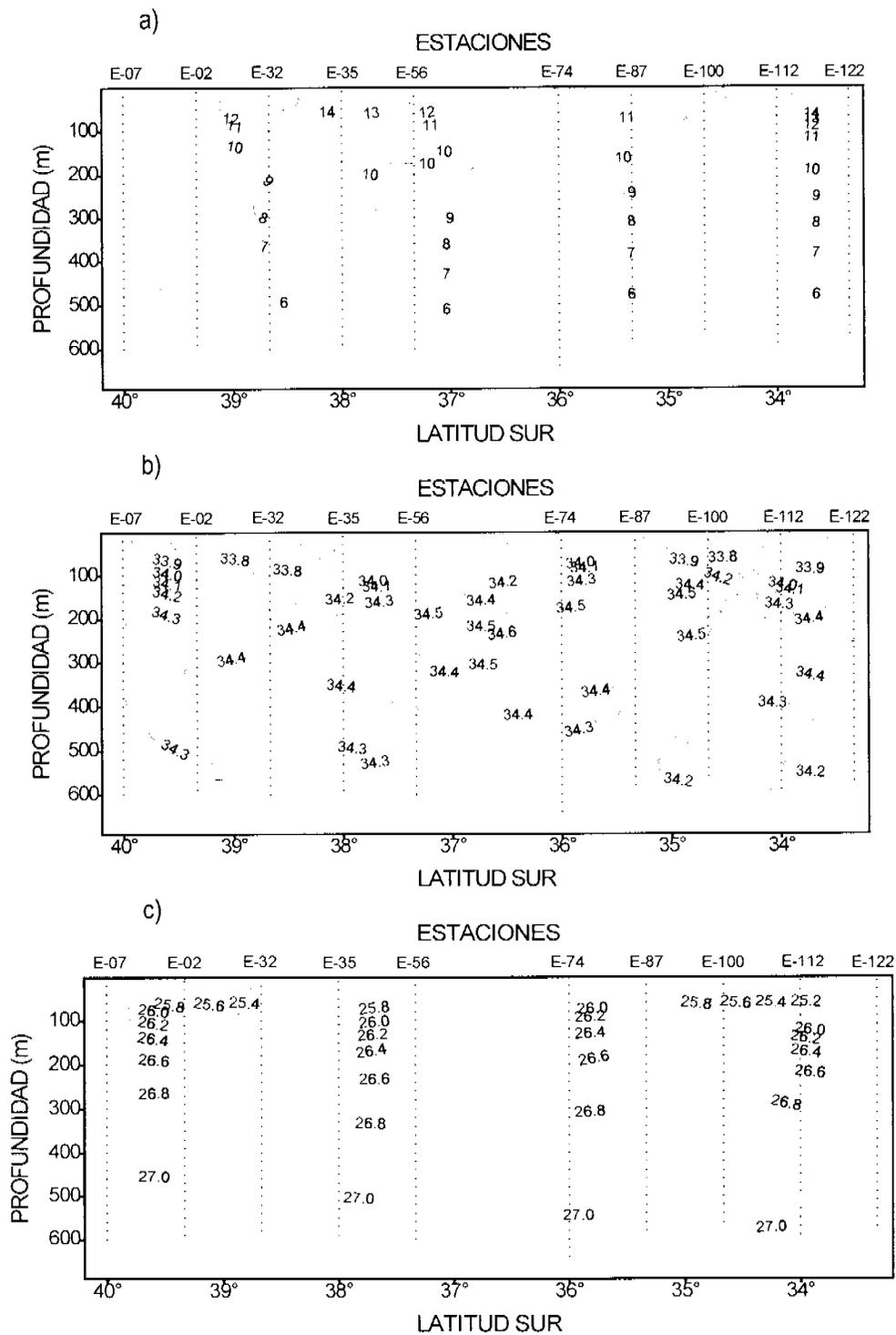


Figura 46 Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu) y densidad (σ_t). Transecta oceánica.

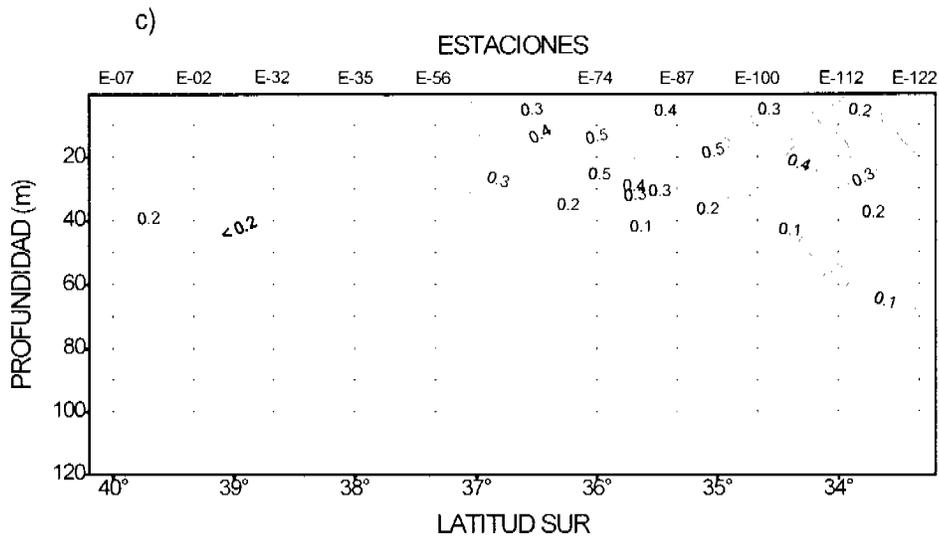
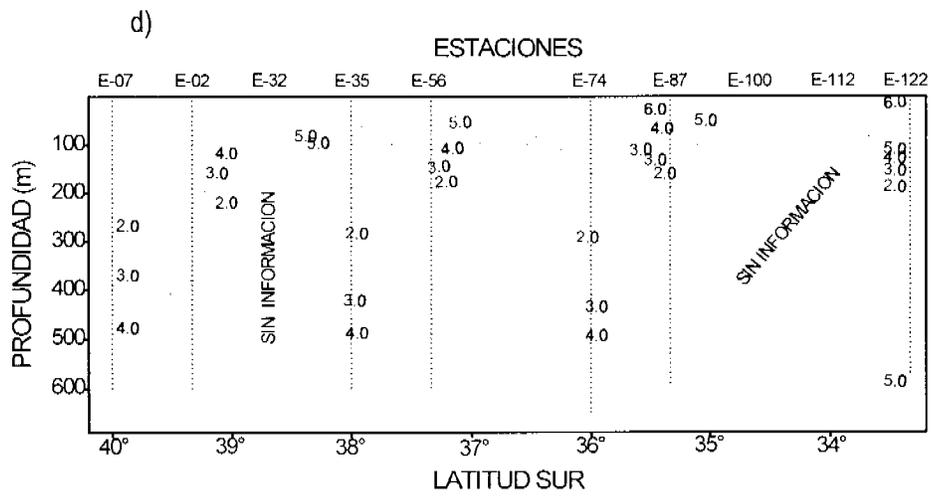


Figura 46 (continuación). Secciones longitudinales de la distribución vertical de oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a ($\mu\text{g/l}$). Transecta oceánica.

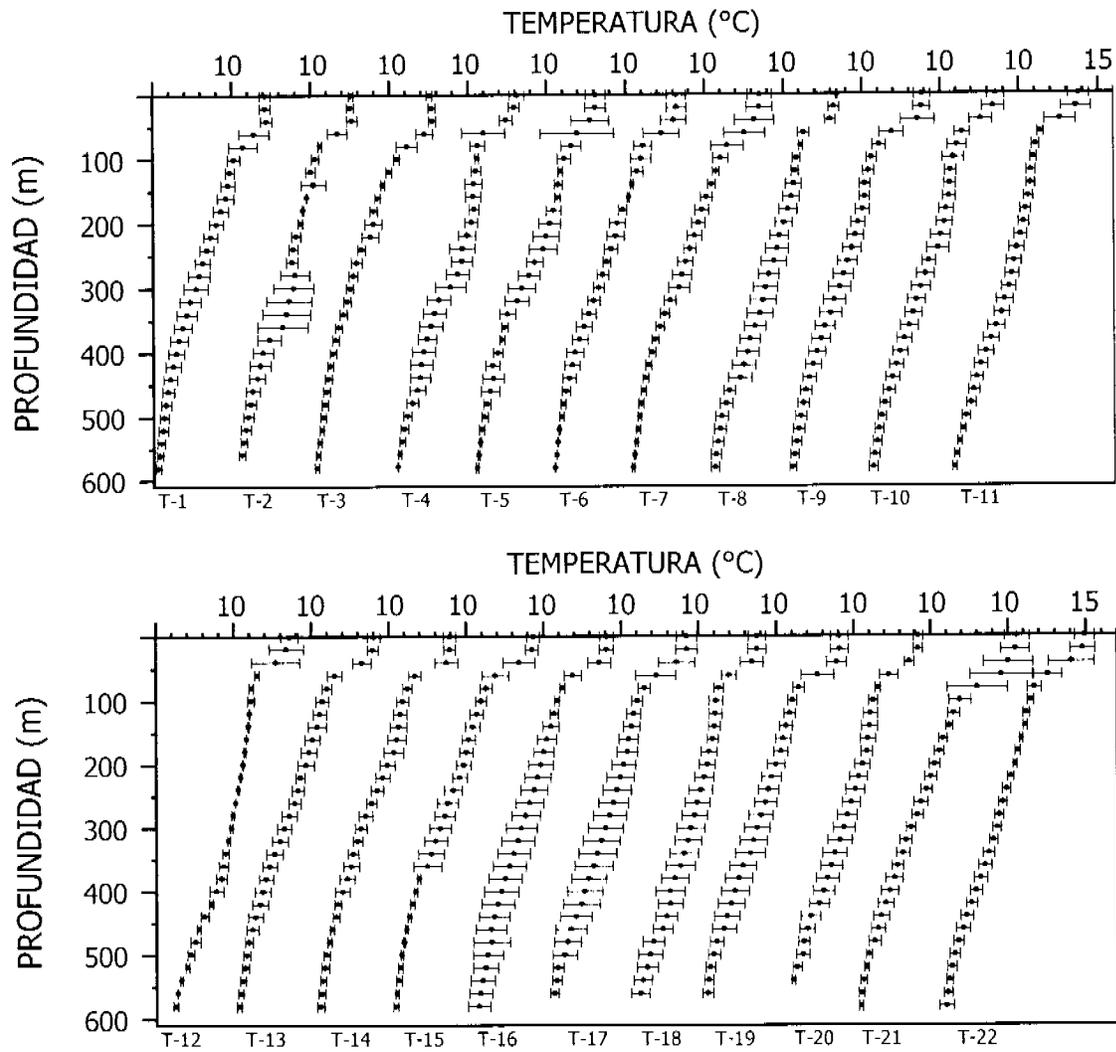


Figura 47 Perfiles verticales promedio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican la desviación estándar.

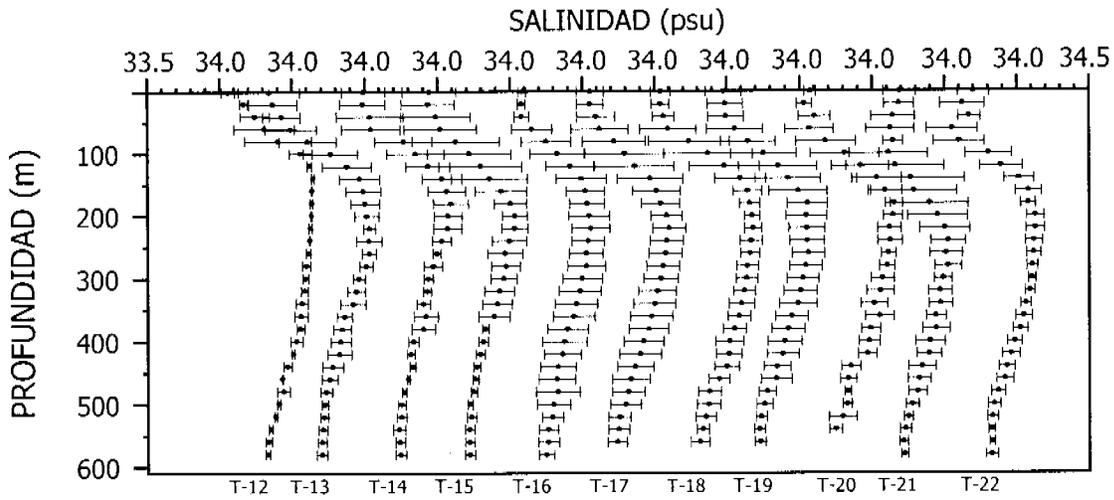
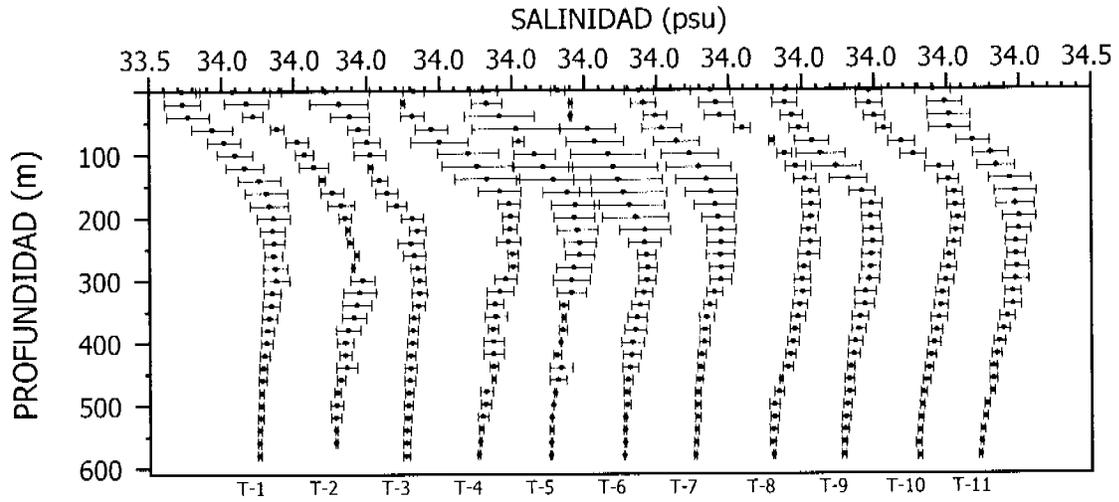


Figura 48 Perfiles verticales promedio de salinidad (psu) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican la desviación estándar.

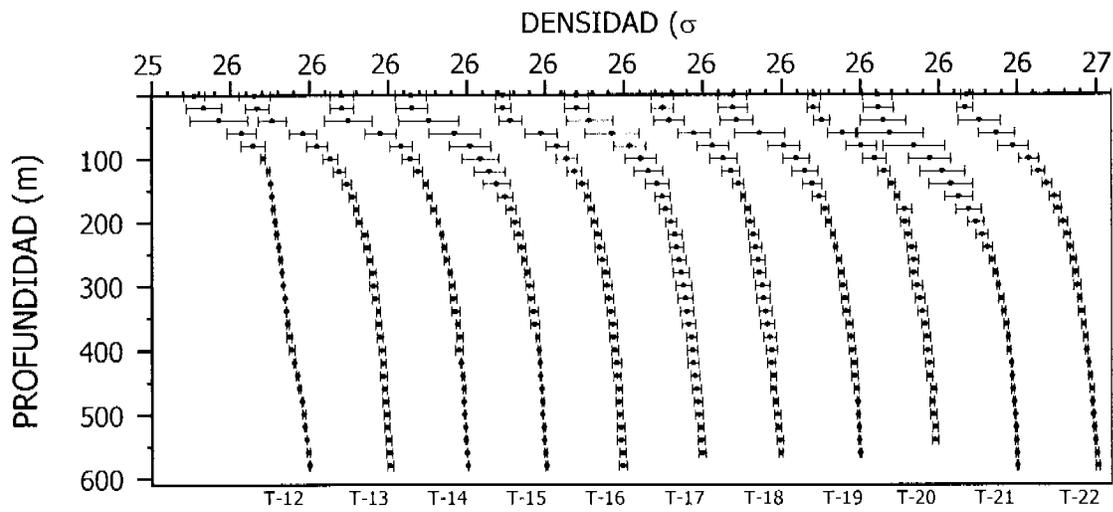
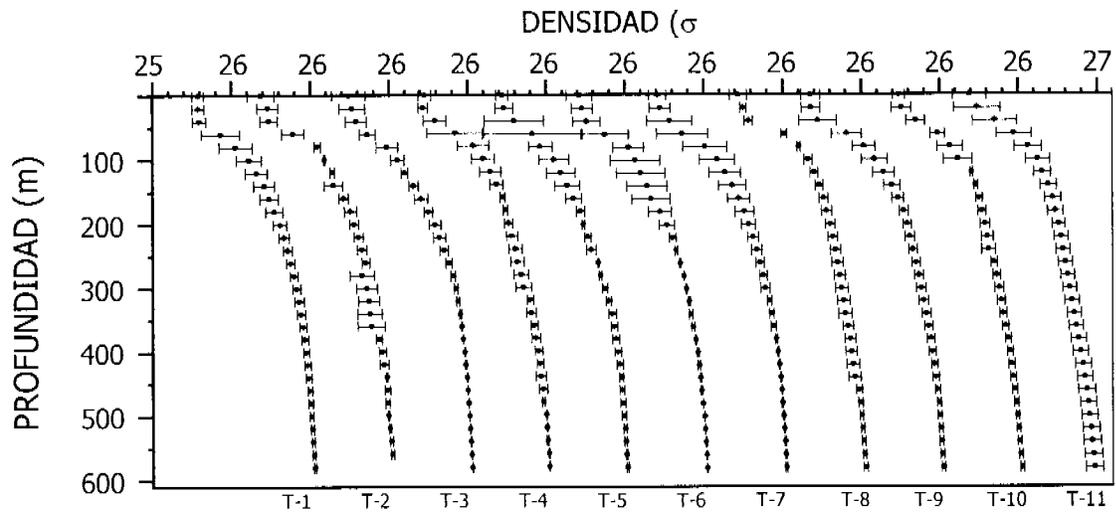


Figura 49 Perfiles verticales promedio de densidad (sigma-t) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican la desviación estándar.

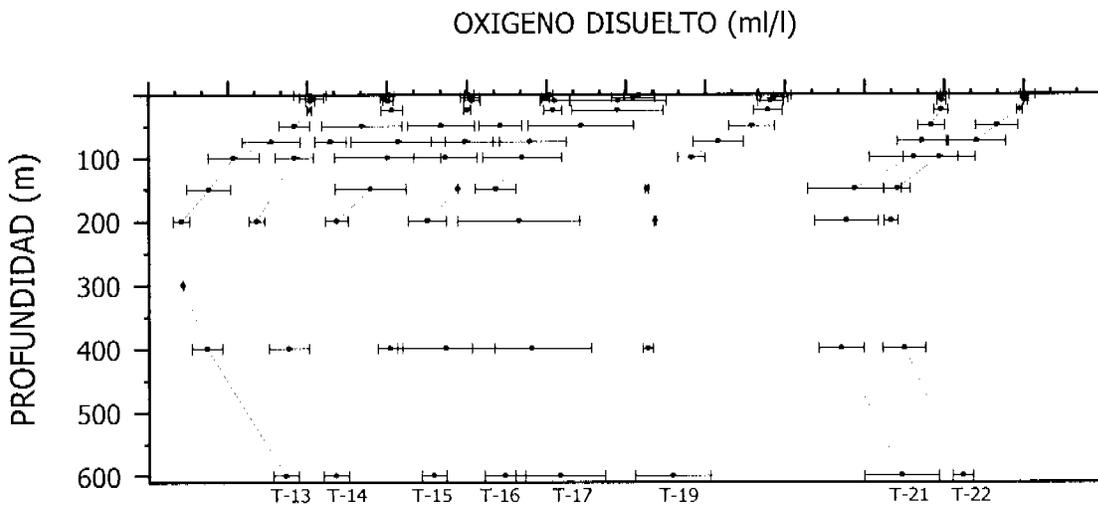
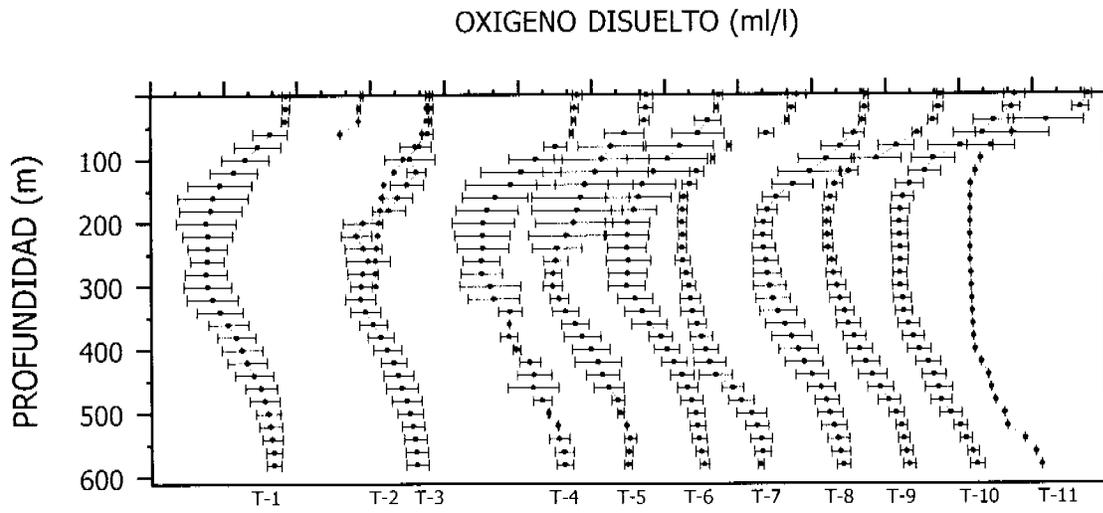


Figura 50 Perfiles verticales promedio de oxígeno disuelto (ml/l) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican la desviación estándar.

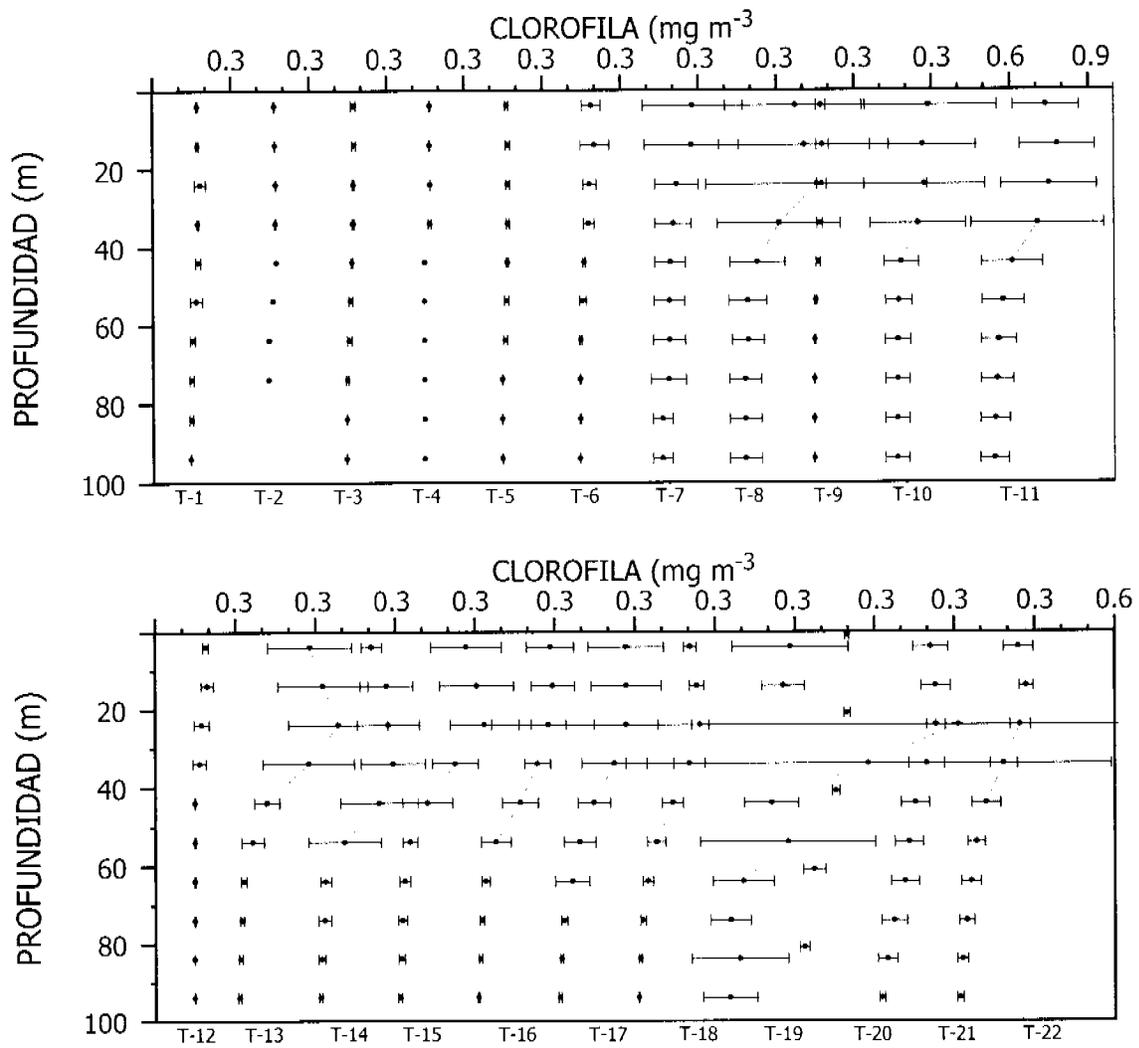


Figura 51 Perfiles verticales promedio de Clorofila-a ($\mu\text{g/l}$) para todas las transectas de muestreo. Las barras indican la desviación estándar.

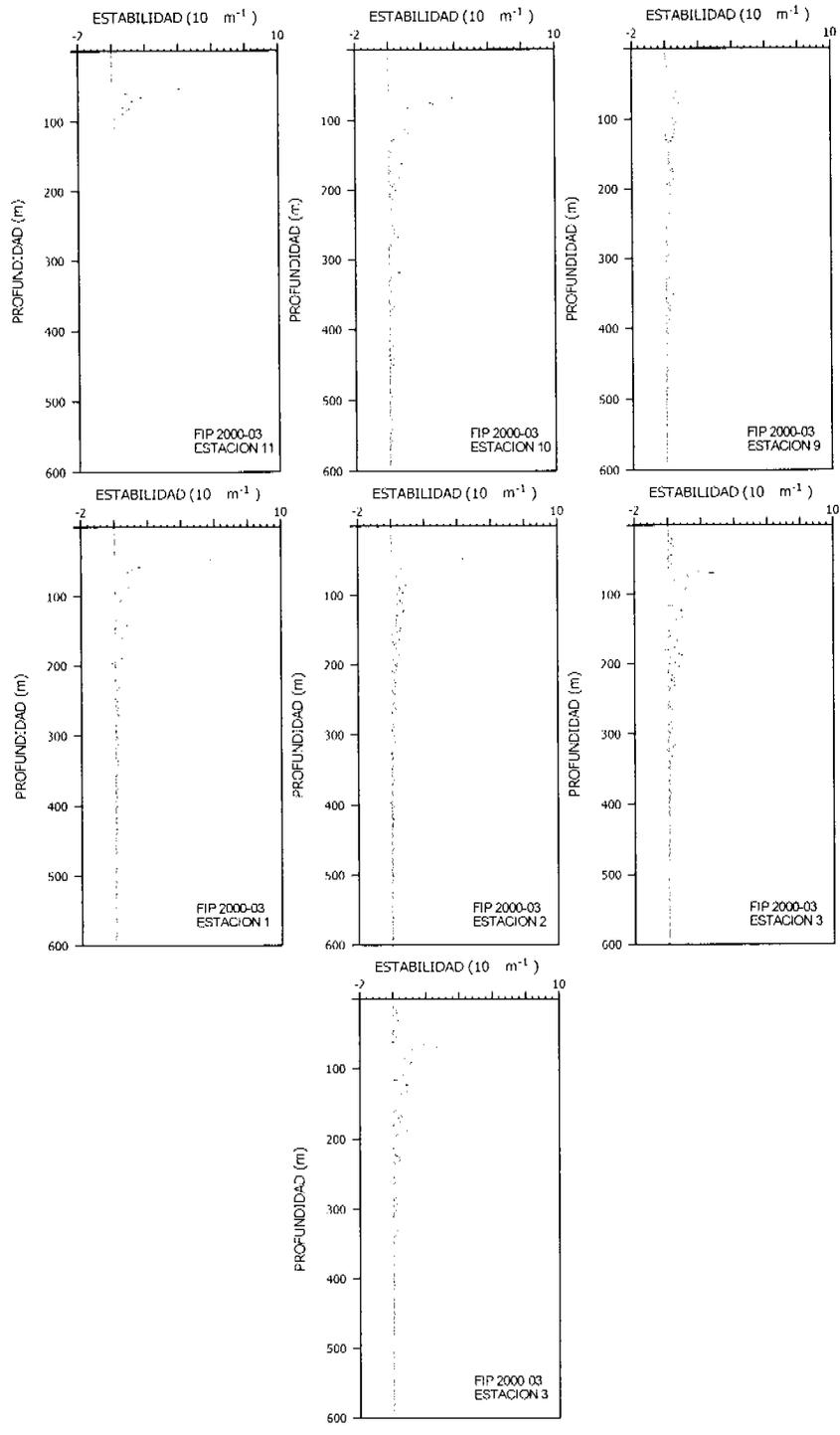


Figura 52 Distribución vertical de la estabilidad ($10^5 m^{-1}$) en la columna de agua. Sector sur (transecta 1).

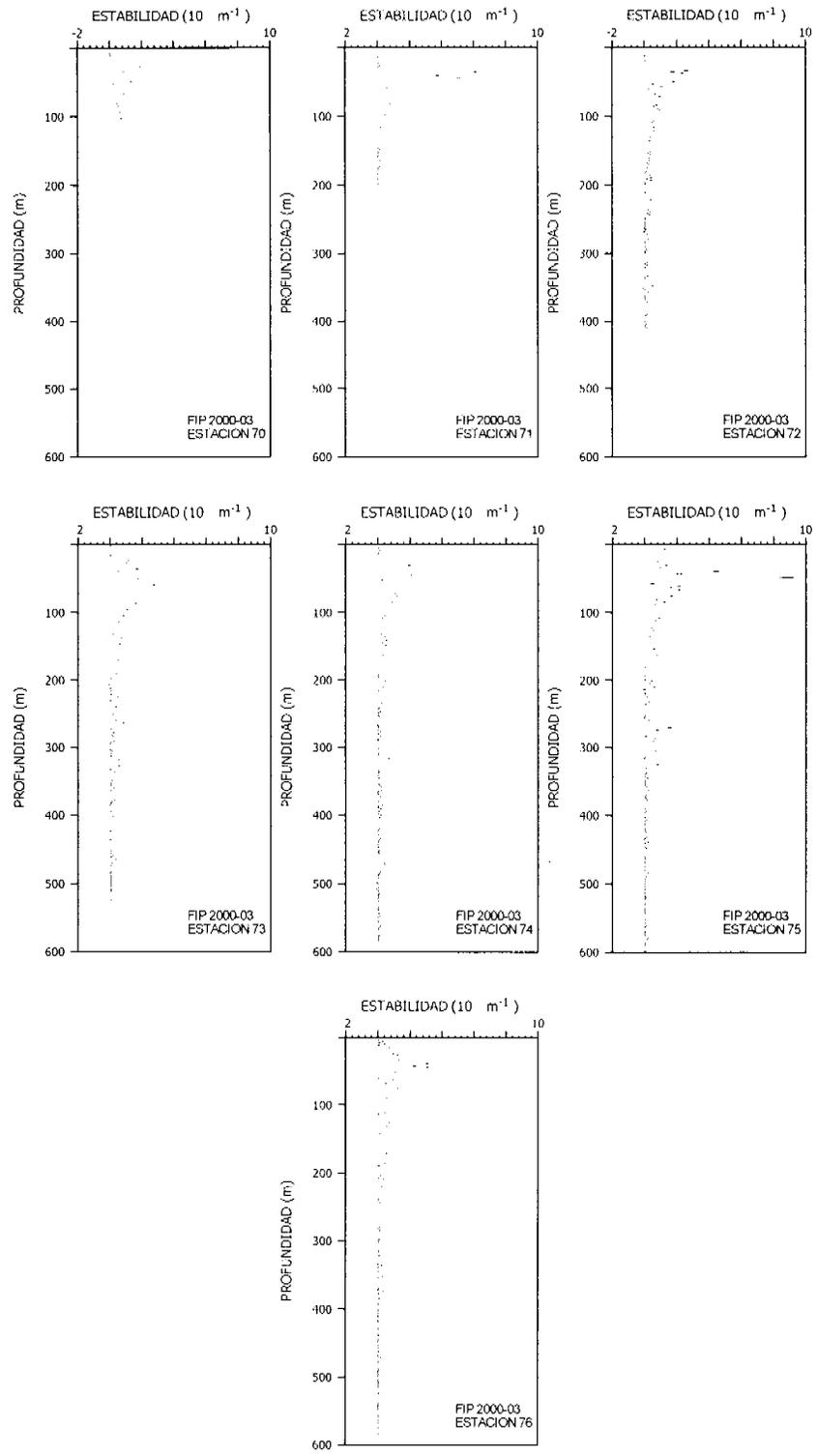


Figura 53 Distribución vertical de la estabilidad (10^5 m^{-1}) en la columna de agua. Sector centro (transecta 13).

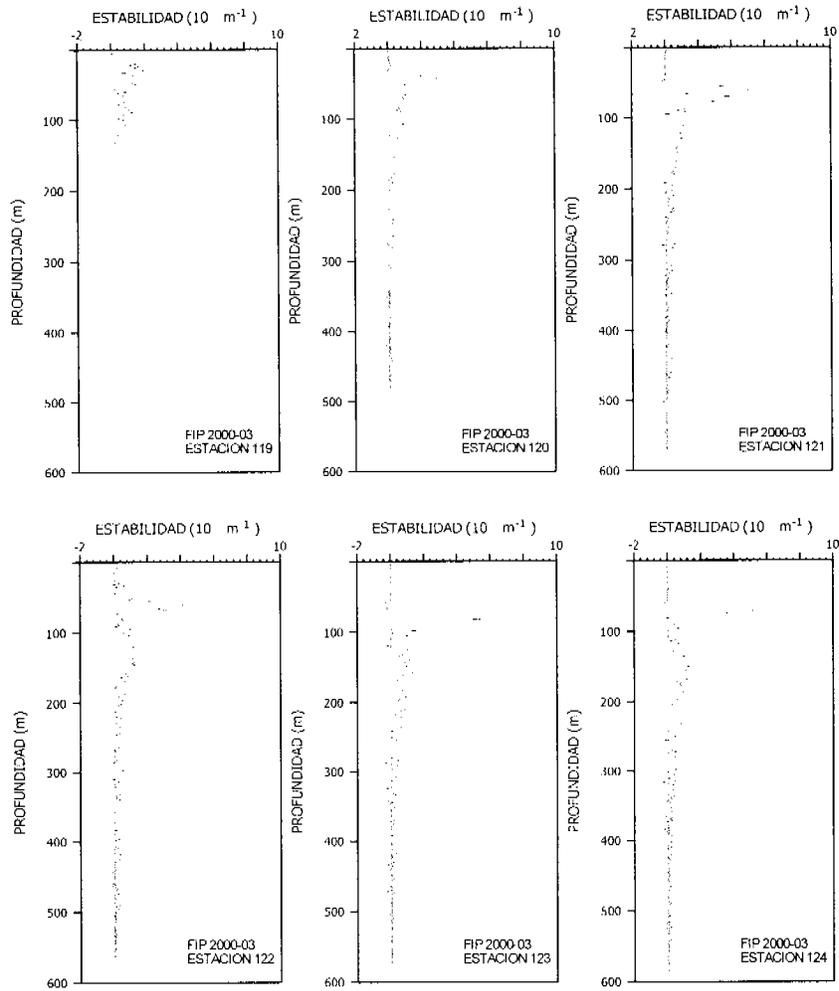


Figura 54 Distribución vertical de la estabilidad ($10^5 m^{-1}$) en la columna de agua. Sector norte (transecta 21).

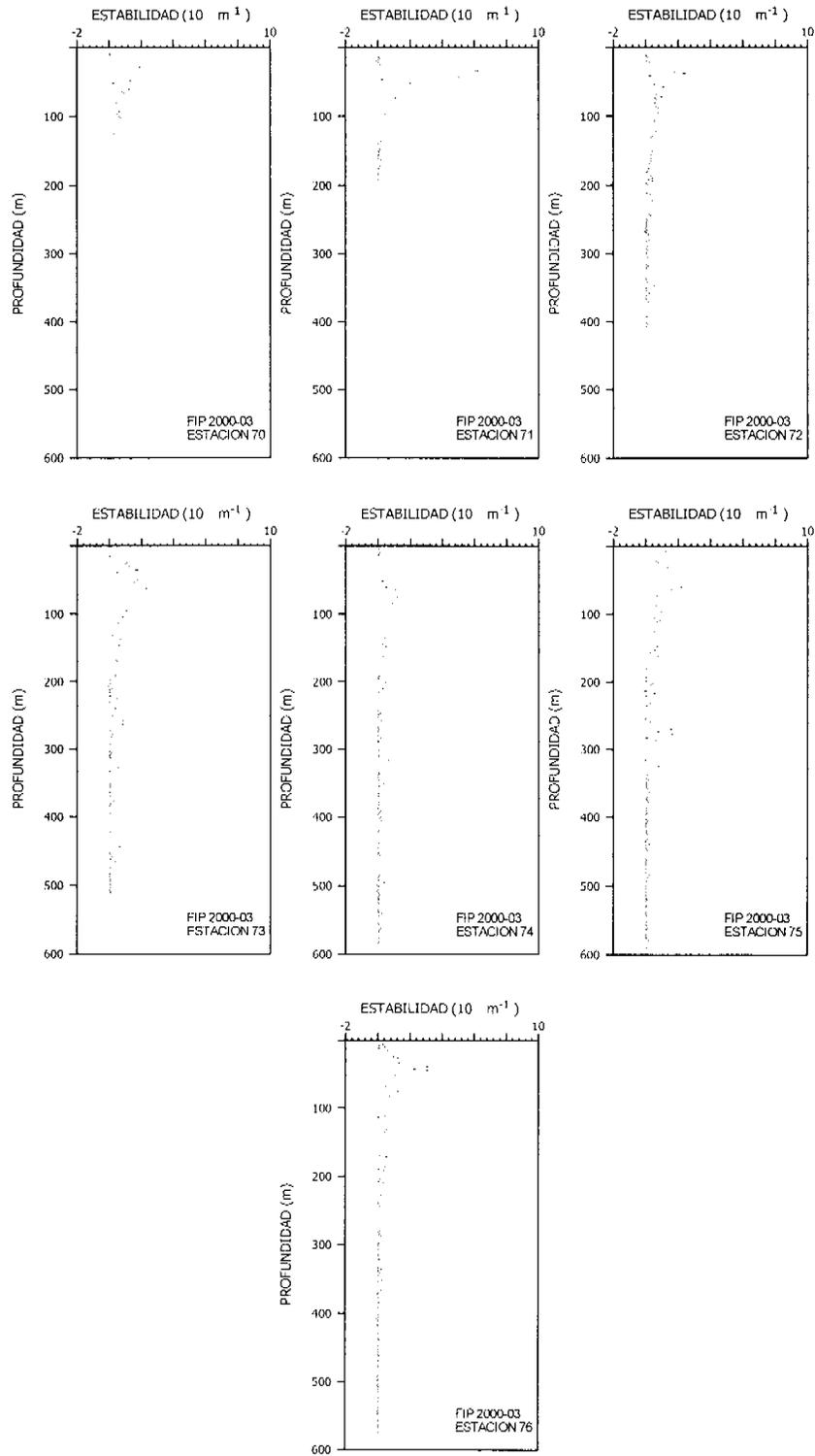


Figura 53 Distribución vertical de la estabilidad (10^5 m^{-1}) en la columna de agua. Sector centro (transecta 13).

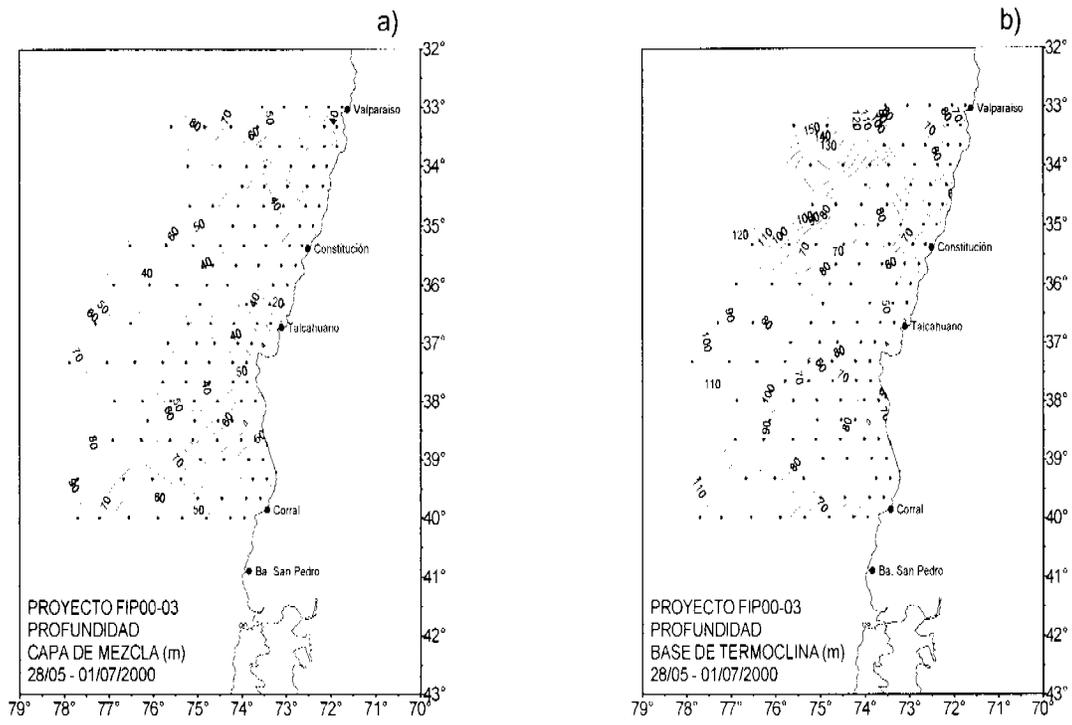


Figura 55 Distribución horizontal de la profundidad de: a) capa de mezcla (m) y b) base de la termoclina (m).

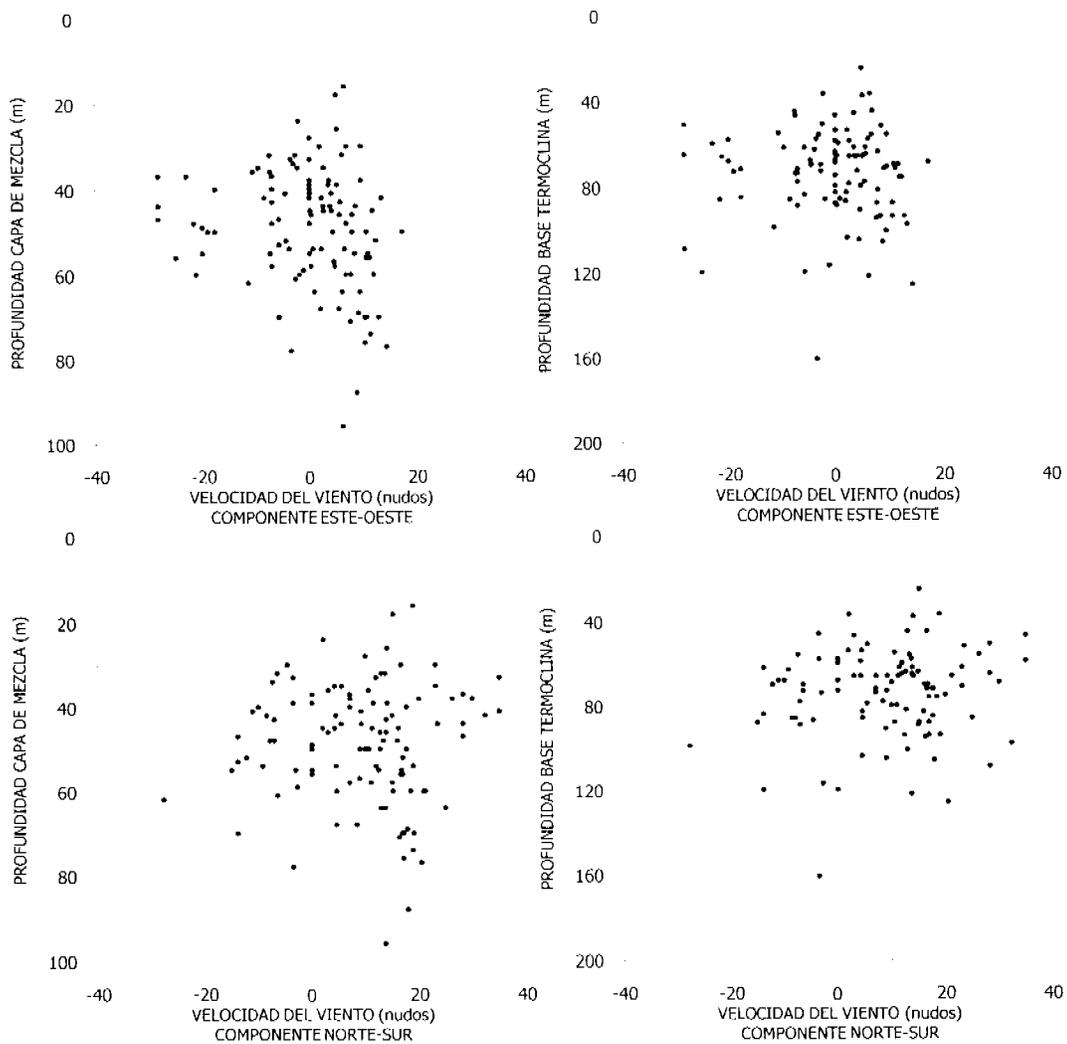


Figura 56 Relación entre a) el componente este-oeste de la velocidad del viento y la profundidad de mezcla, b) el componente este-oeste de la velocidad del viento y la base de la termoclina, c) el componente norte-sur de la velocidad del viento y la profundidad de mezcla, y d) el componente norte-sur de la velocidad del viento y la base de la termoclina.

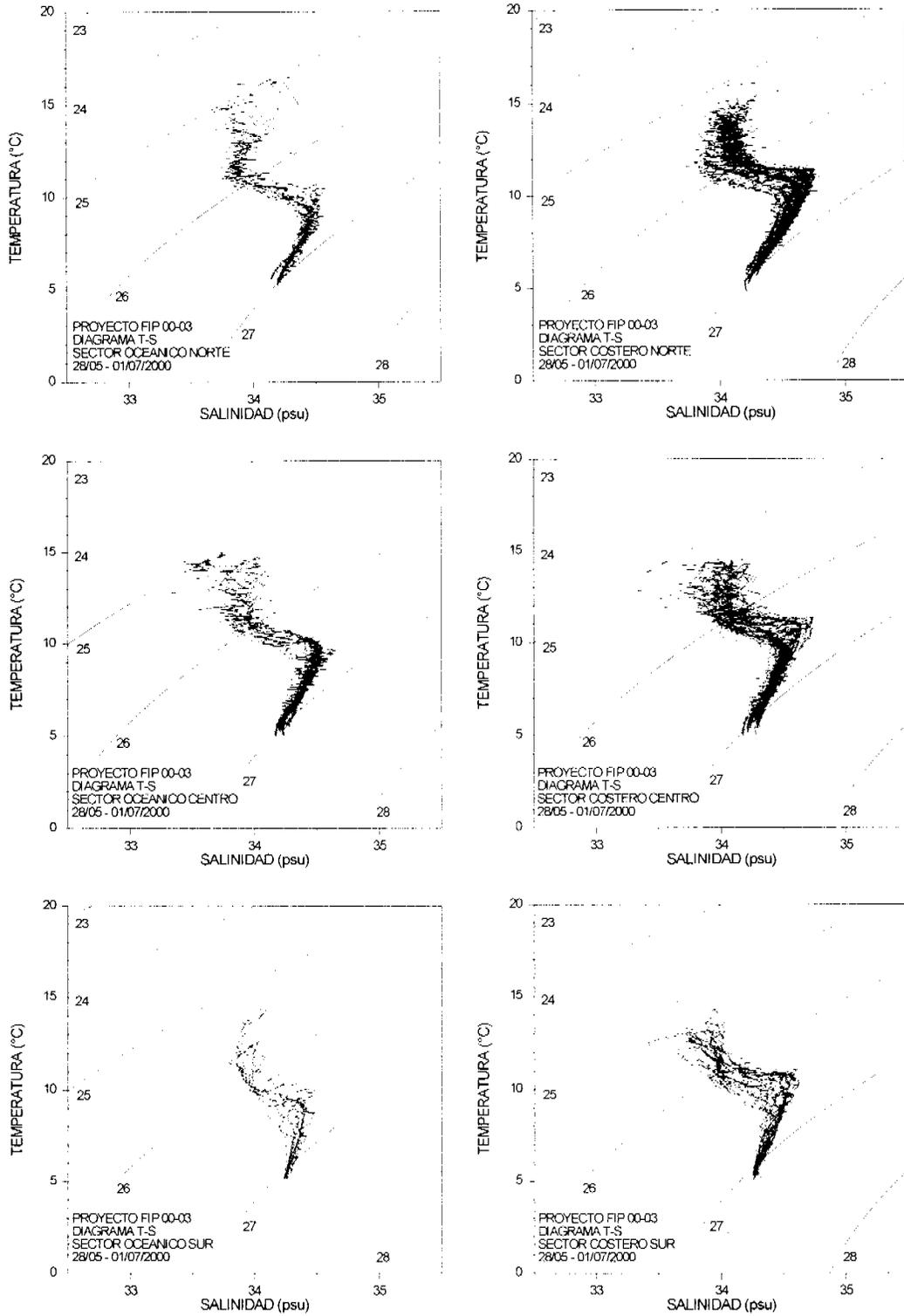


Figura 57 Diagrama TS para los sectores a) norte oceánico, b) norte costero c) centro oceánico, d) centro costero, e) sur oceánico y f) sur costero.

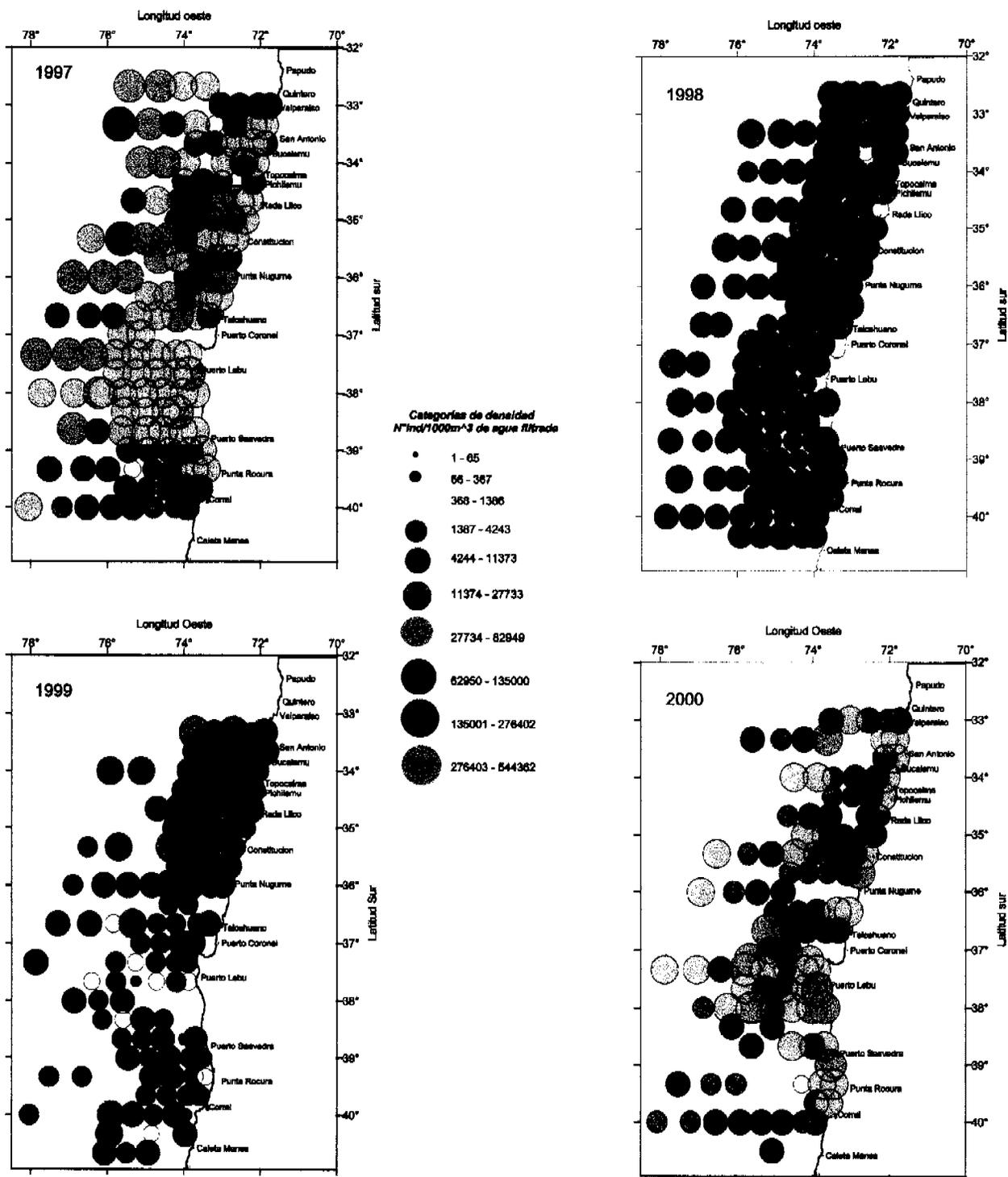


Figura 59. Distribución y abundancia de Quetognathos durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.

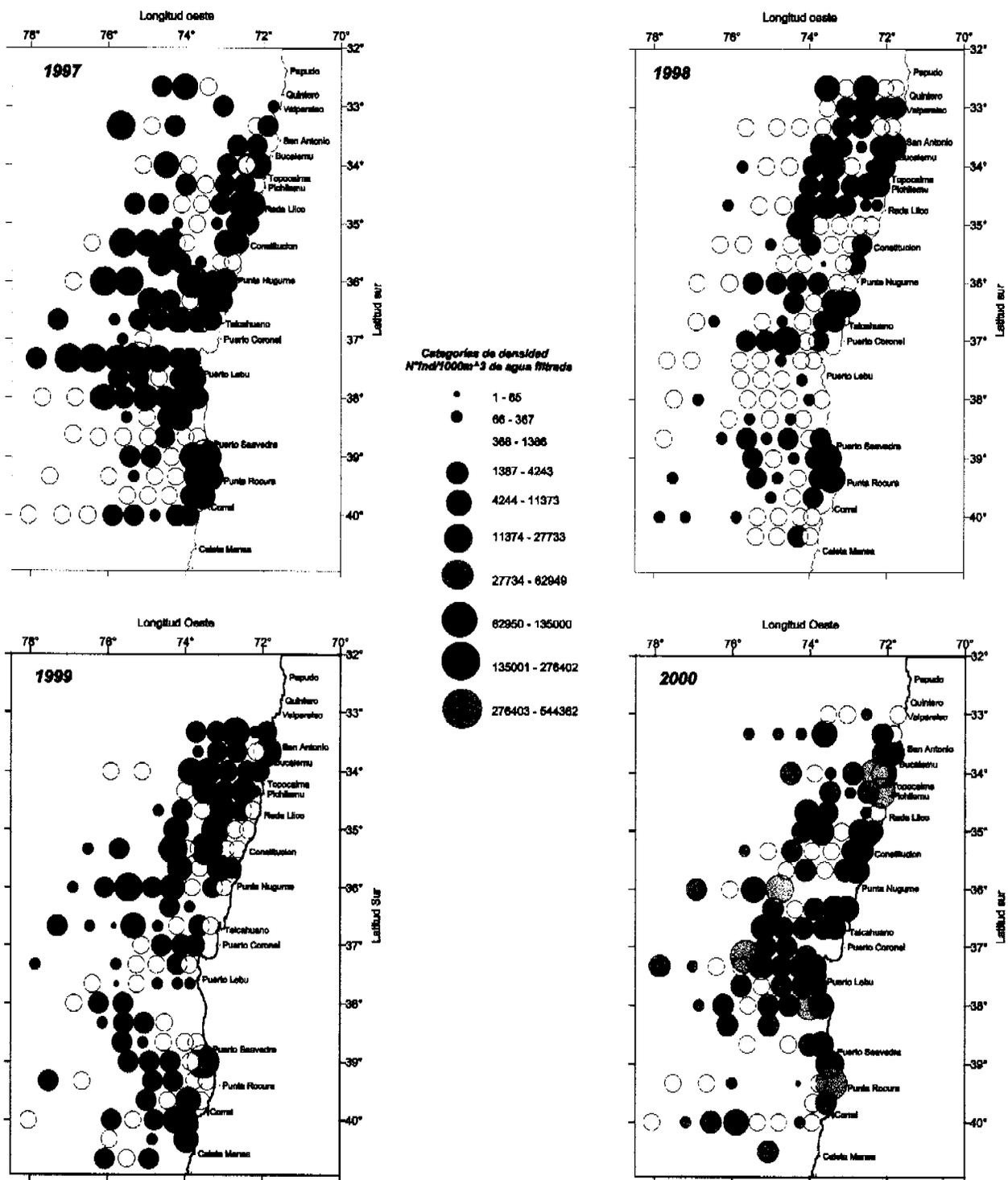


Figura 60. Distribución y abundancia de larvas de decápodos durante los cruceros otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.

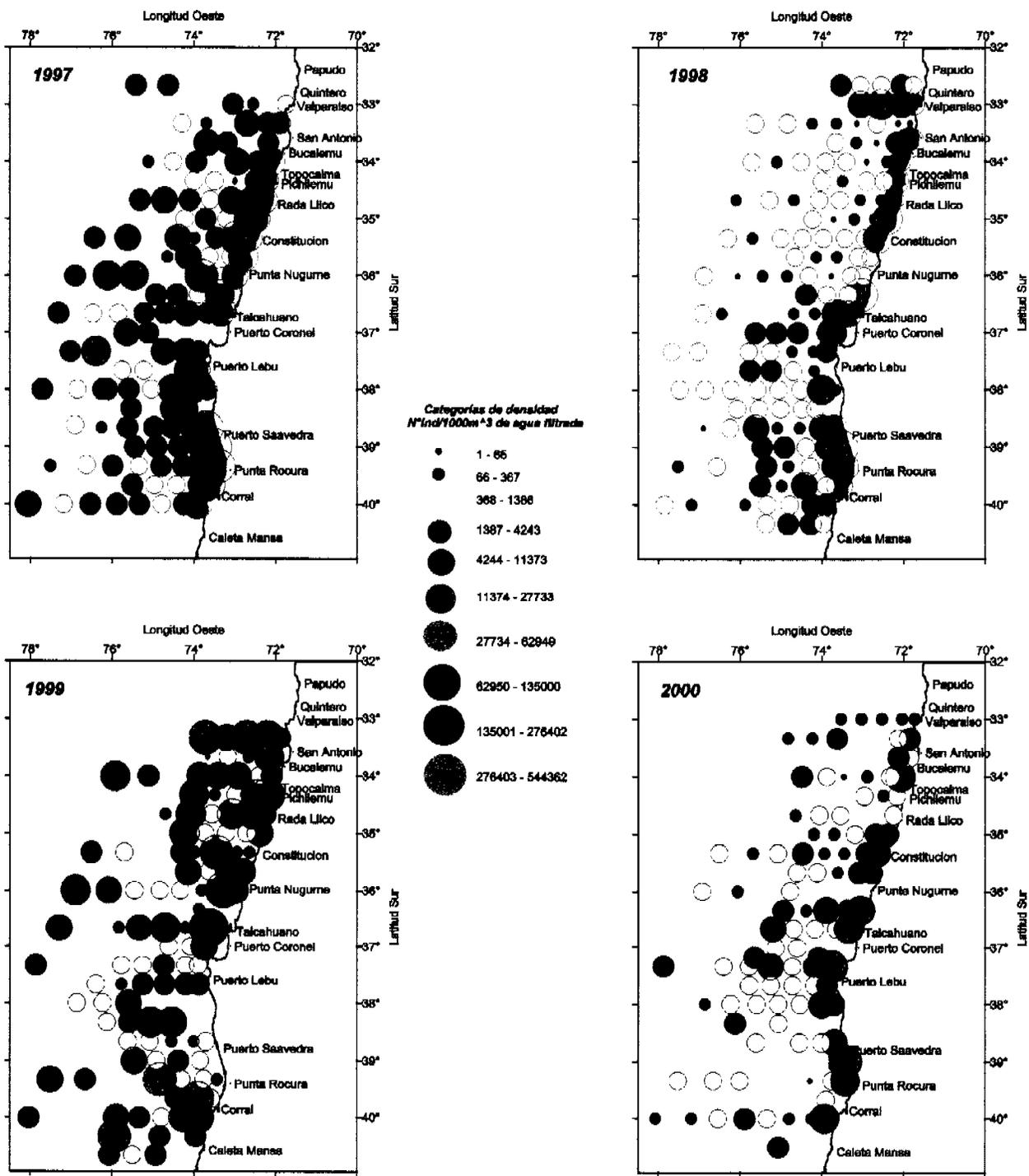


Figura 61. Distribución y abundancia de Eufúsidos durante los cruces otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.

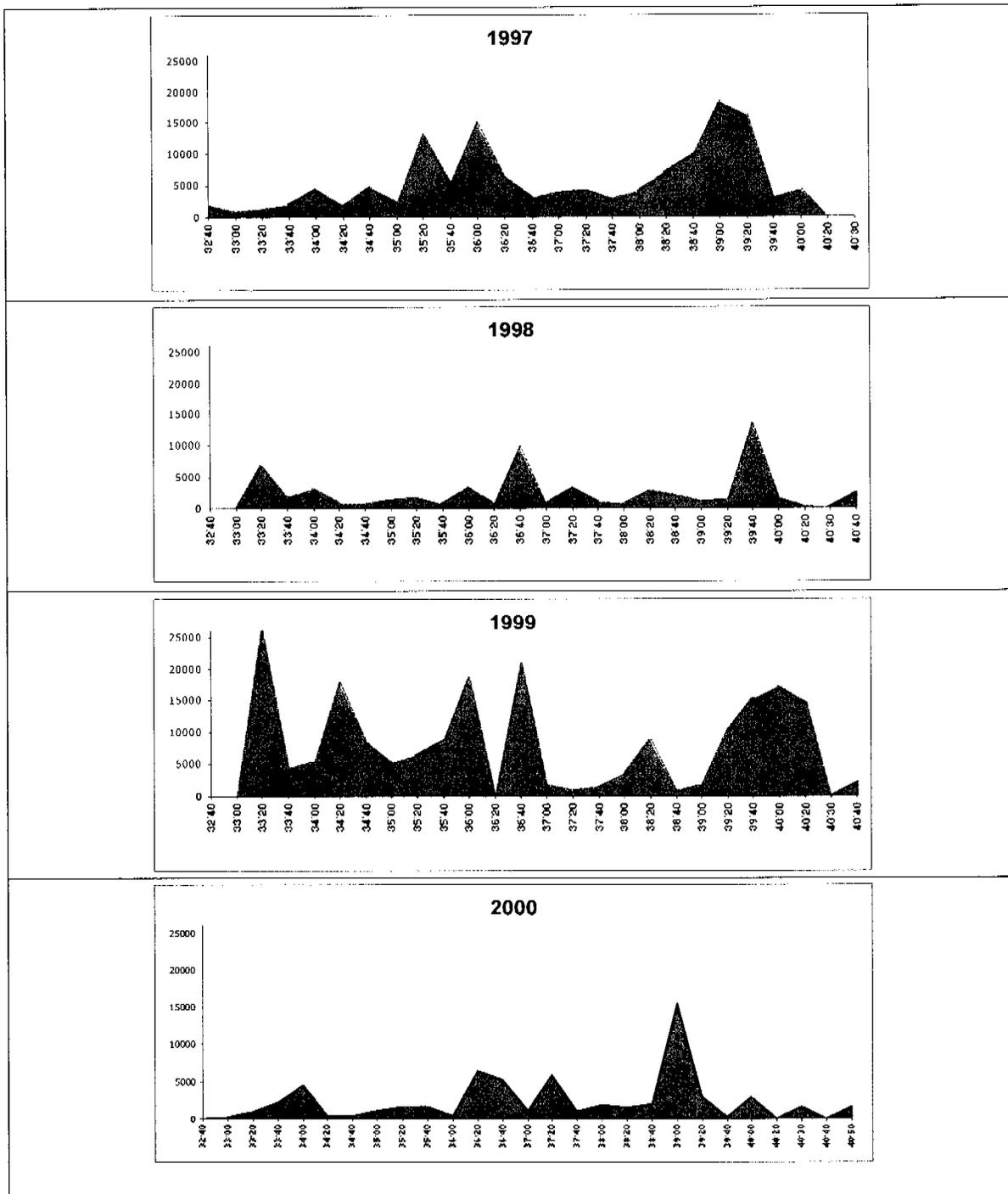


Figura 62 Distribución latitudinal de eufásidos en 1997, 1998, 1999 y 2000.

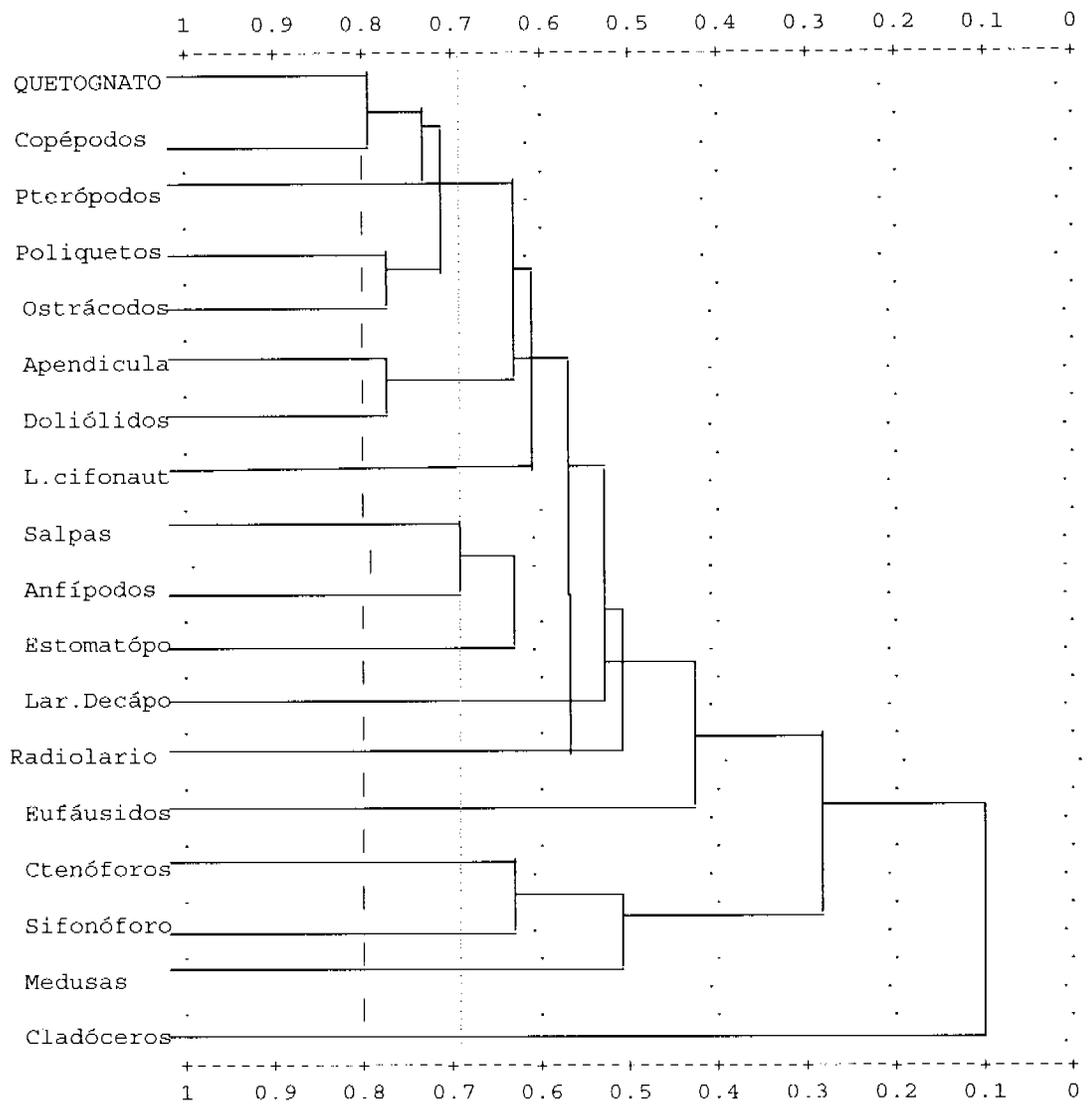


Figura 63 Dendrograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño del 2000.

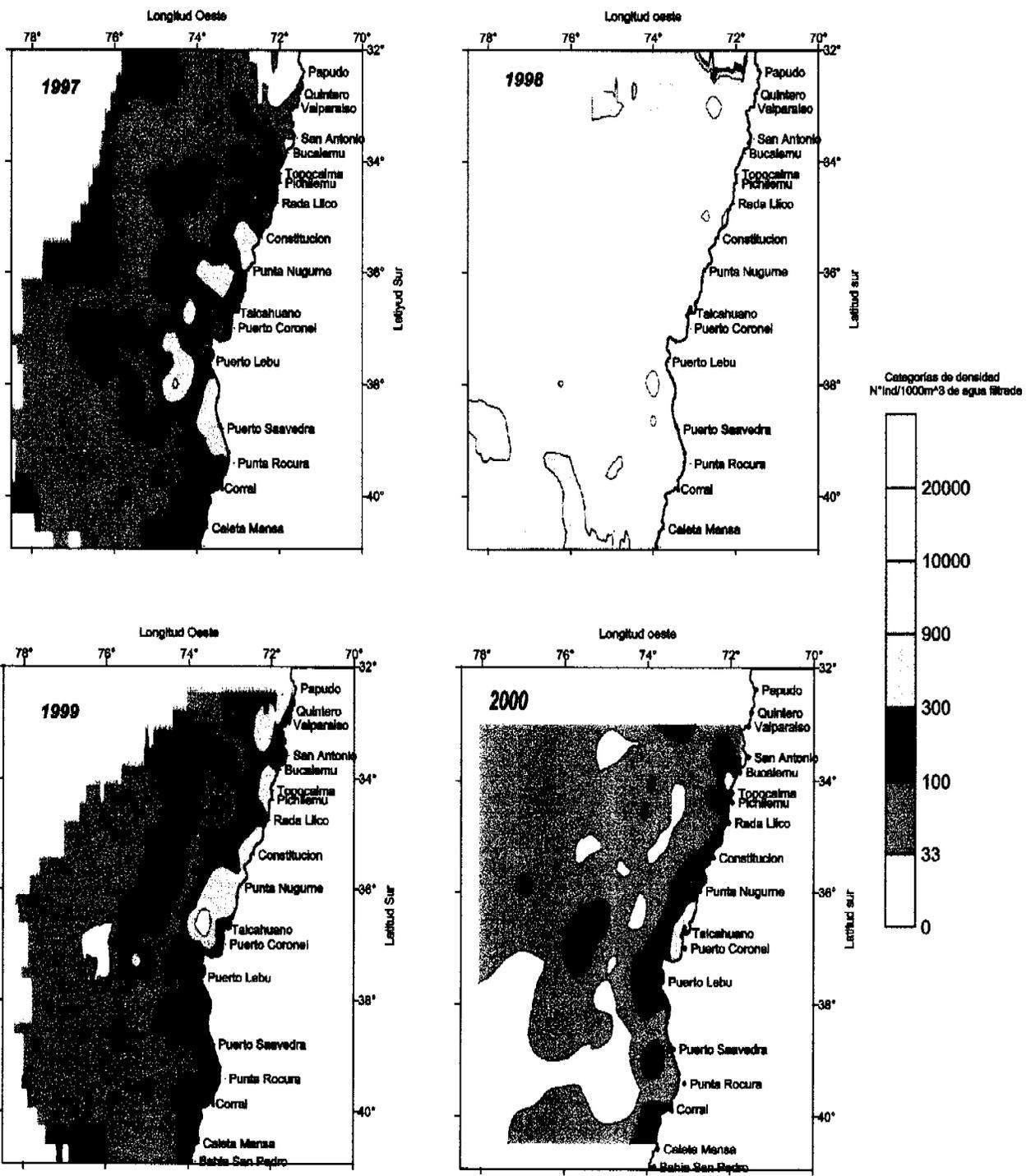


Figura 64. Distribución de la biomasa zooplantónica durante los cruces otoñales de 1997, 1998, 1999 y 2000.

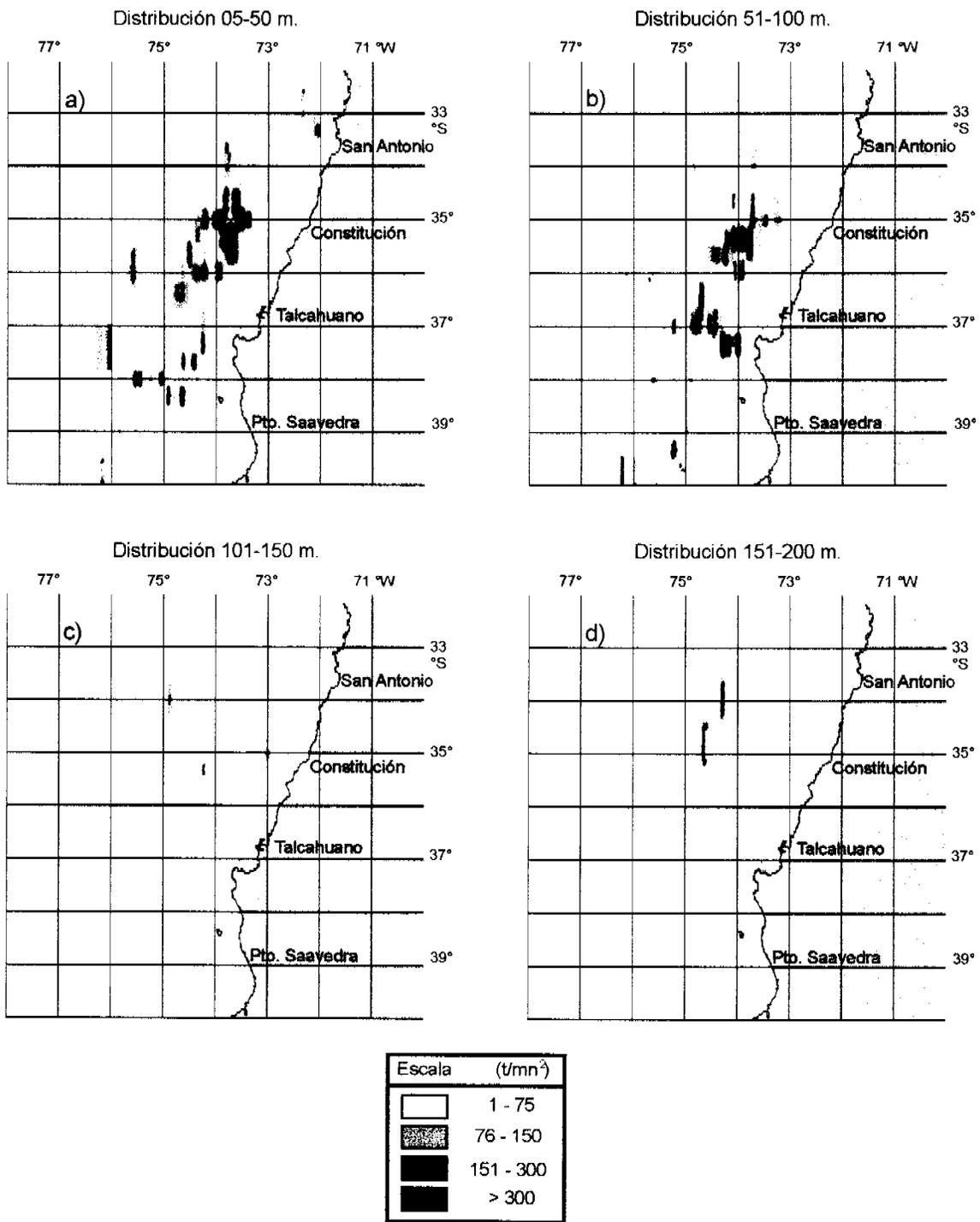


Figura 65. Distribución espacial de la biomasa de jurel.

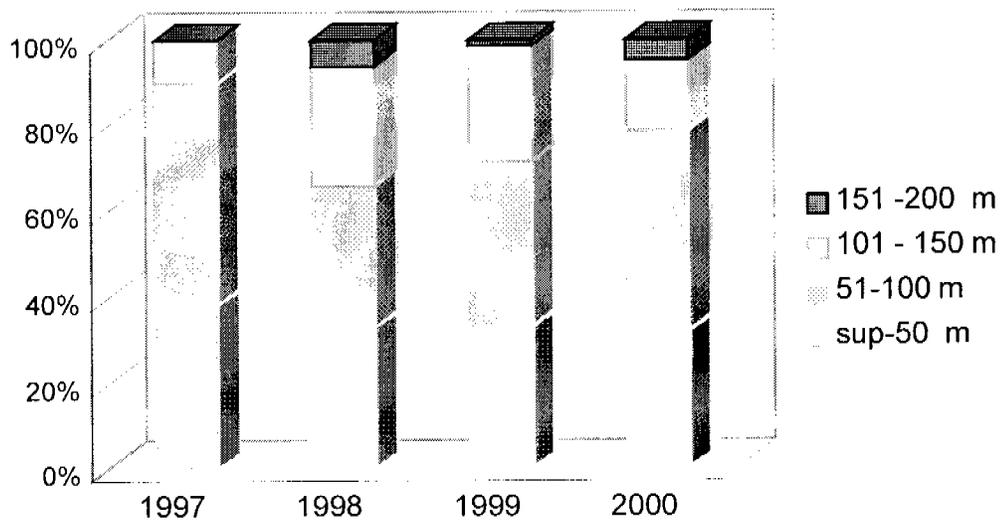


Figura 66. Distribución vertical del jurel en los cruceros de cuantificación hidroacústica: 1997, 1998, 1999 y 2000.

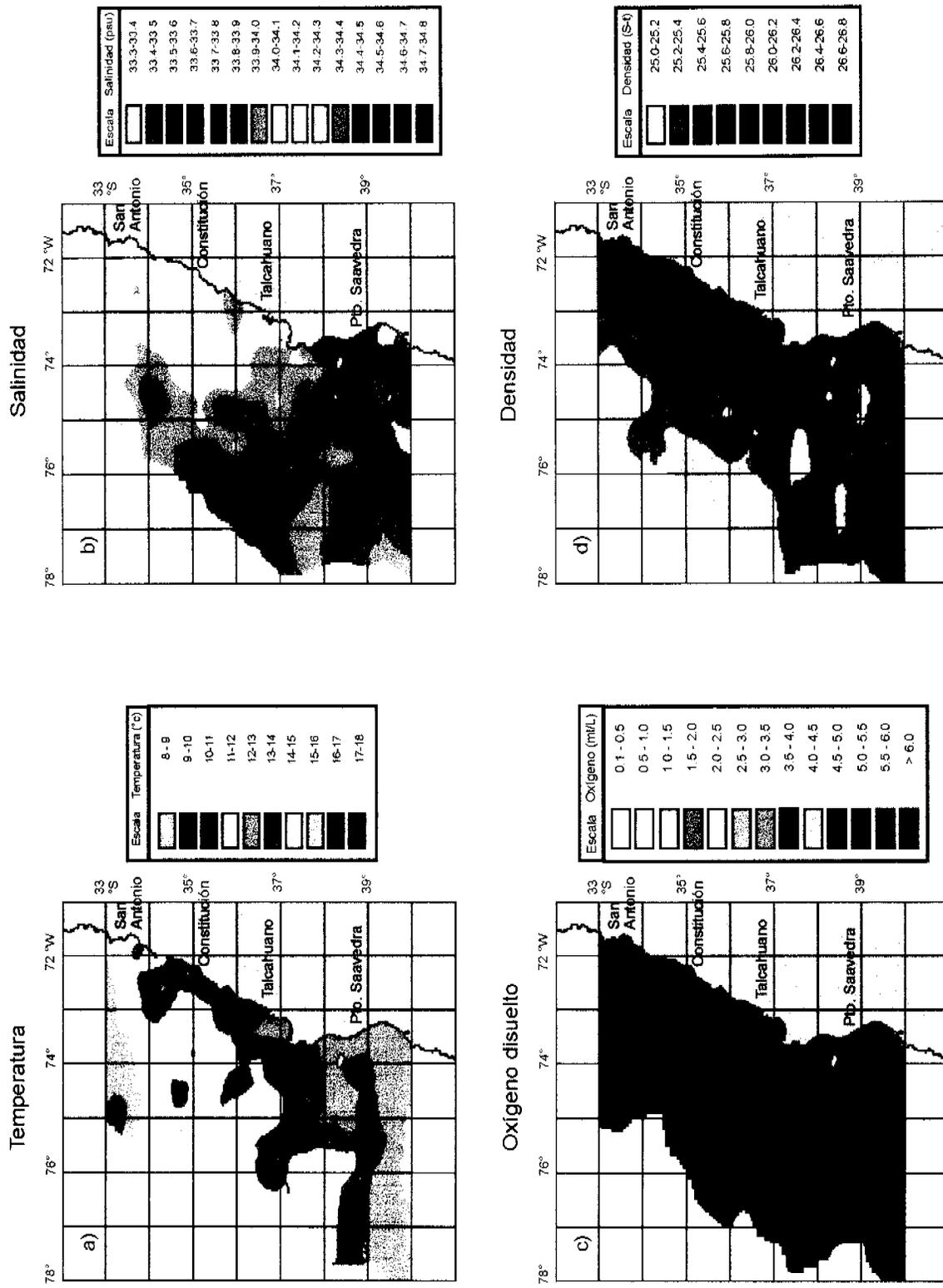


Figura 67. Distribución espacial de las variables oceanográficas superficiales: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (Sigma-t).

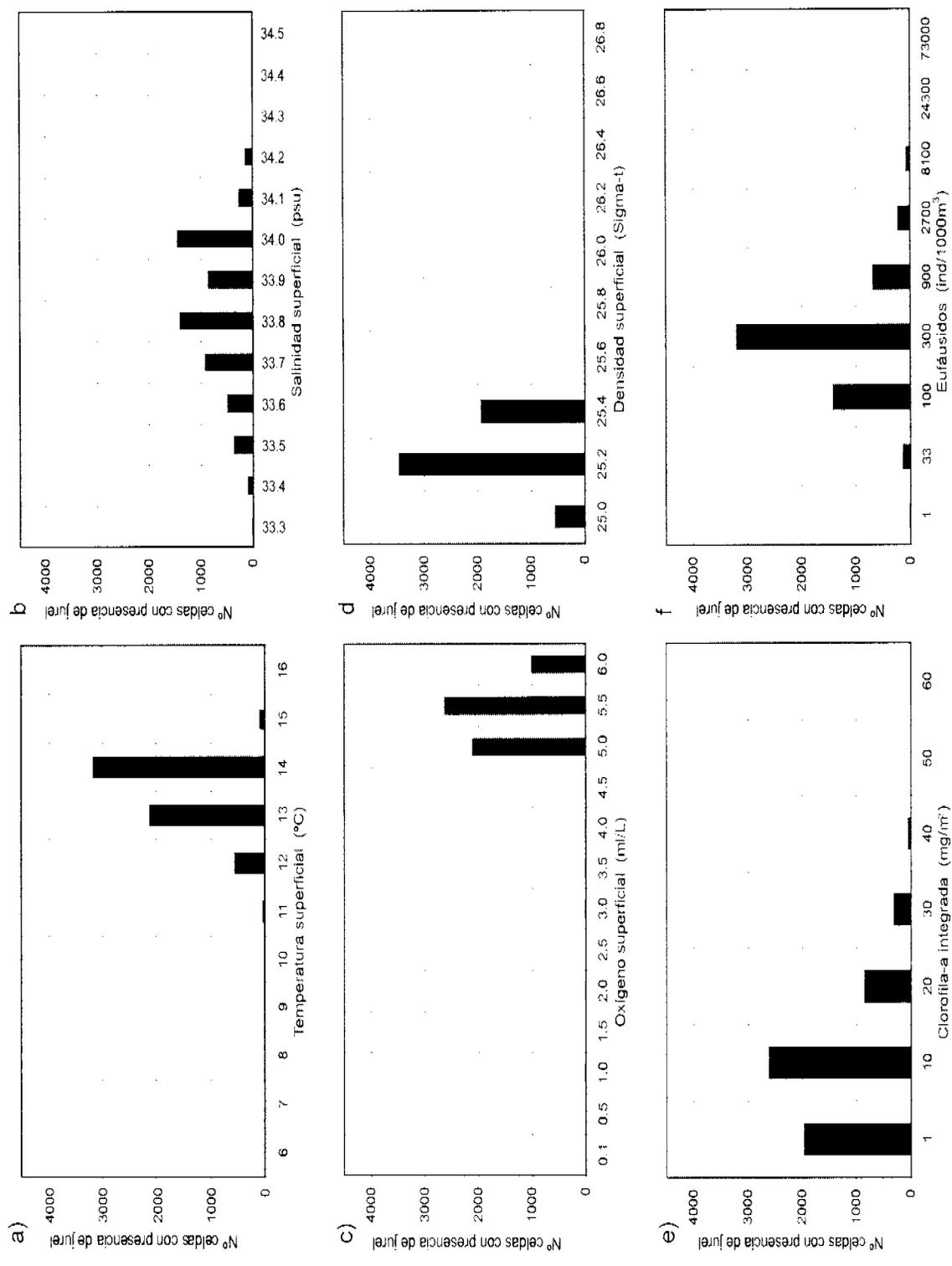


Figura 68. Número de celdas de jurel respecto a las variables ambientales, en el estrato superficial.

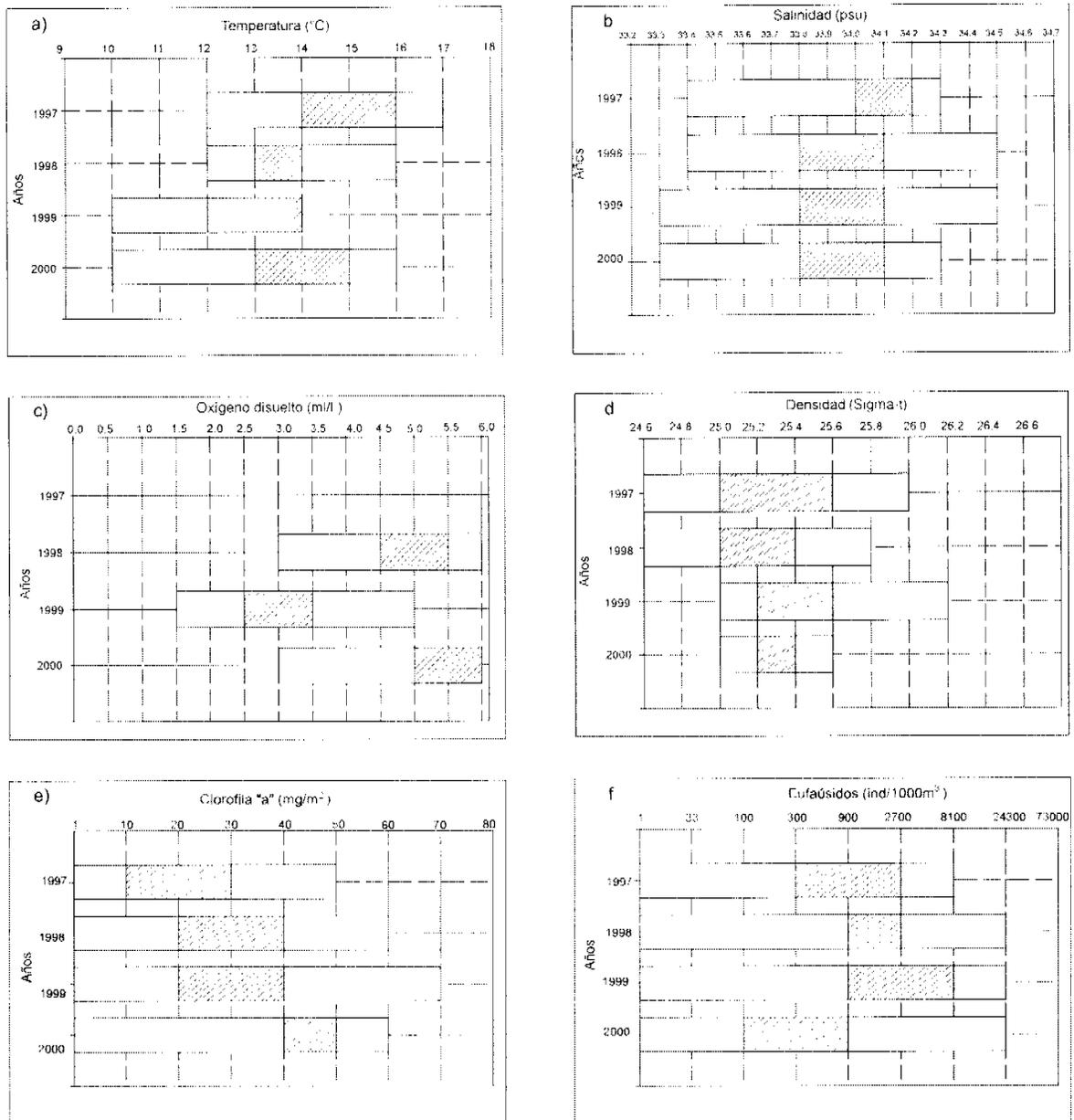


Figura 69. Rango de distribución preferencial del jurel en el estrato superficial: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L), d) densidad (sigma-t), e) clorofila integrada y f) eufausidos.

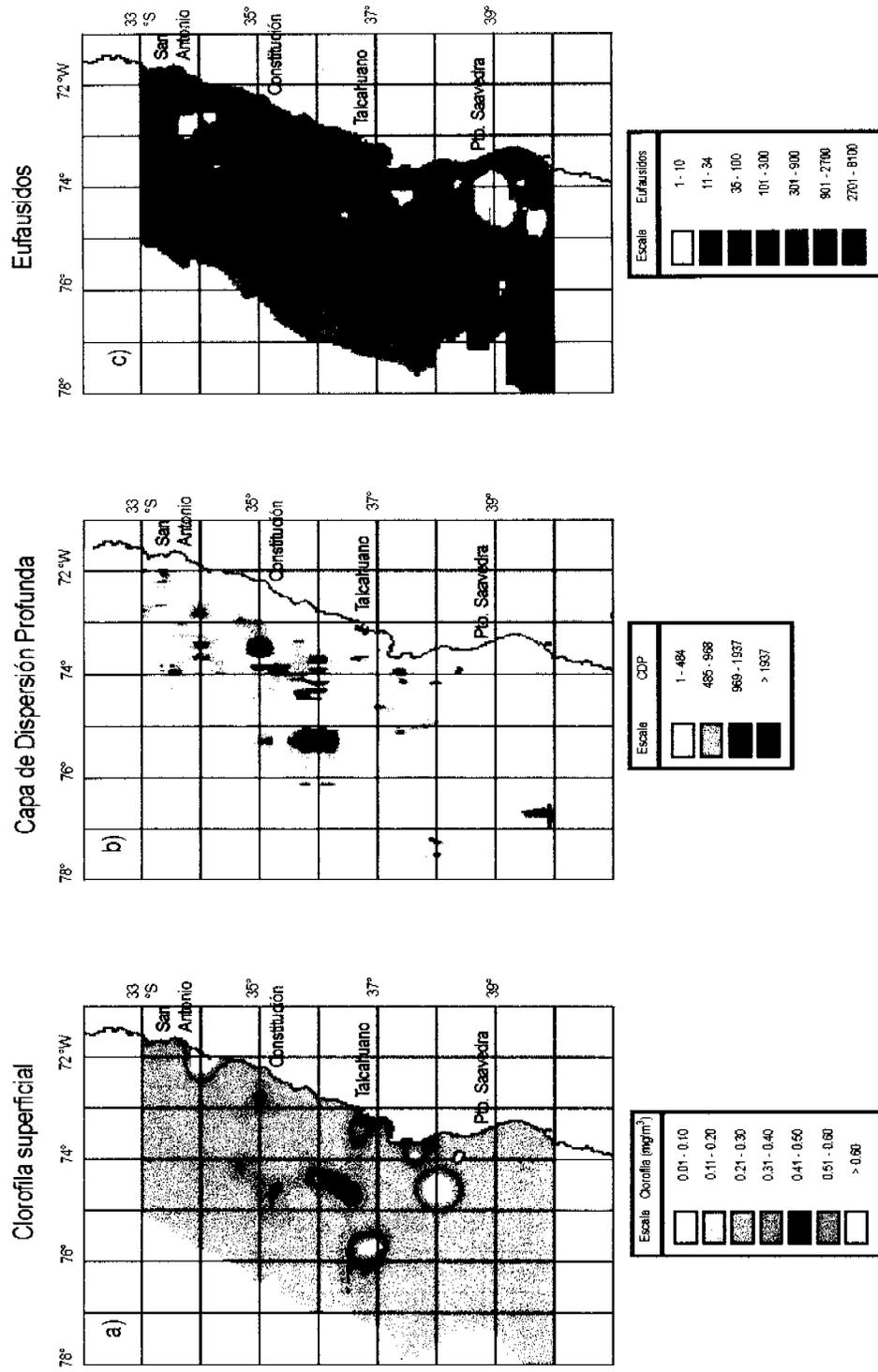


Figura 70. Distribución espacial de: a) clorofila "a" integrada (mg/m²), b) capa de dispersión profunda y c) eufausidos (ind/1000m³).

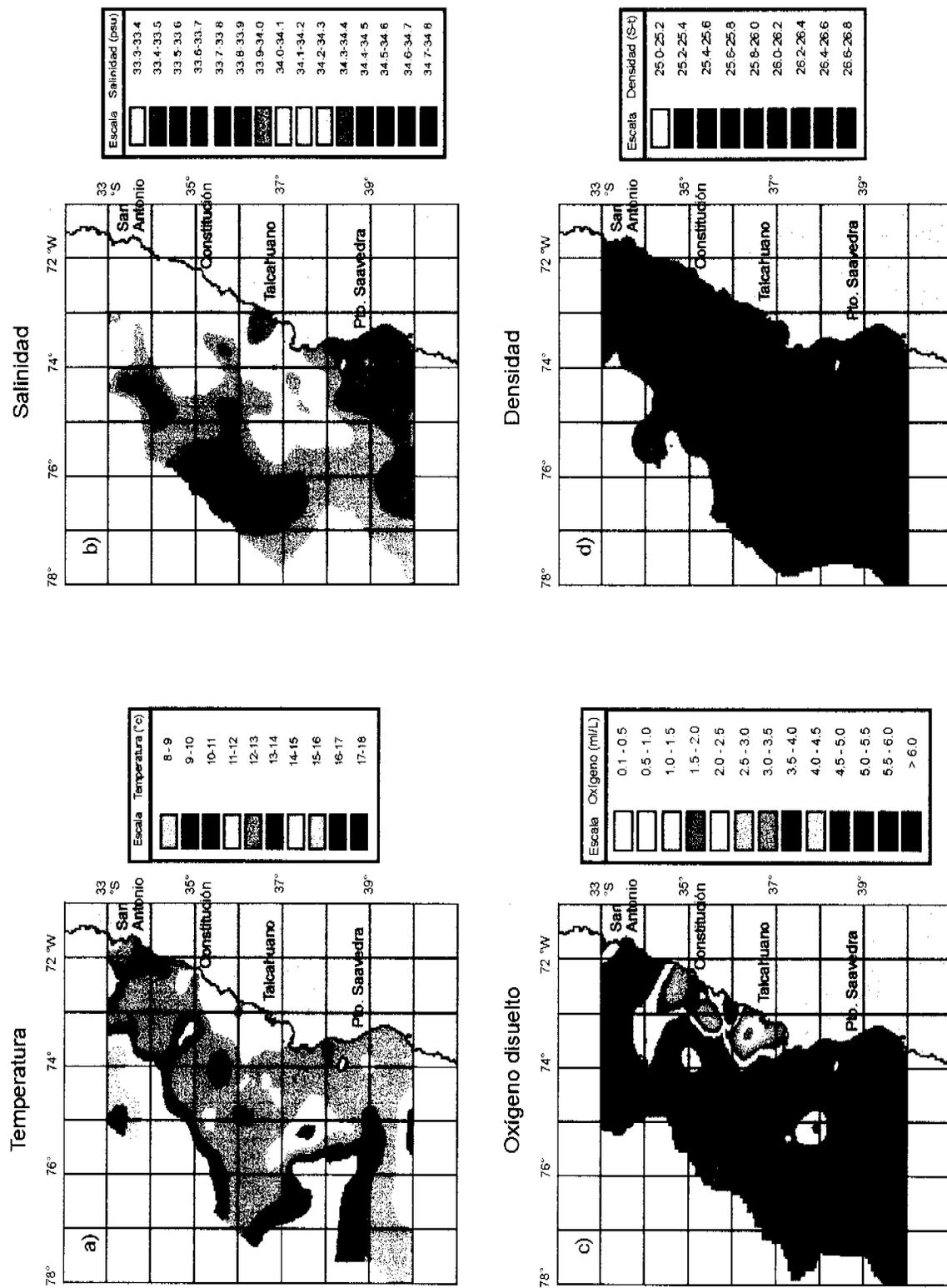


Figura 71. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 50 metros: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (Sigma-t).

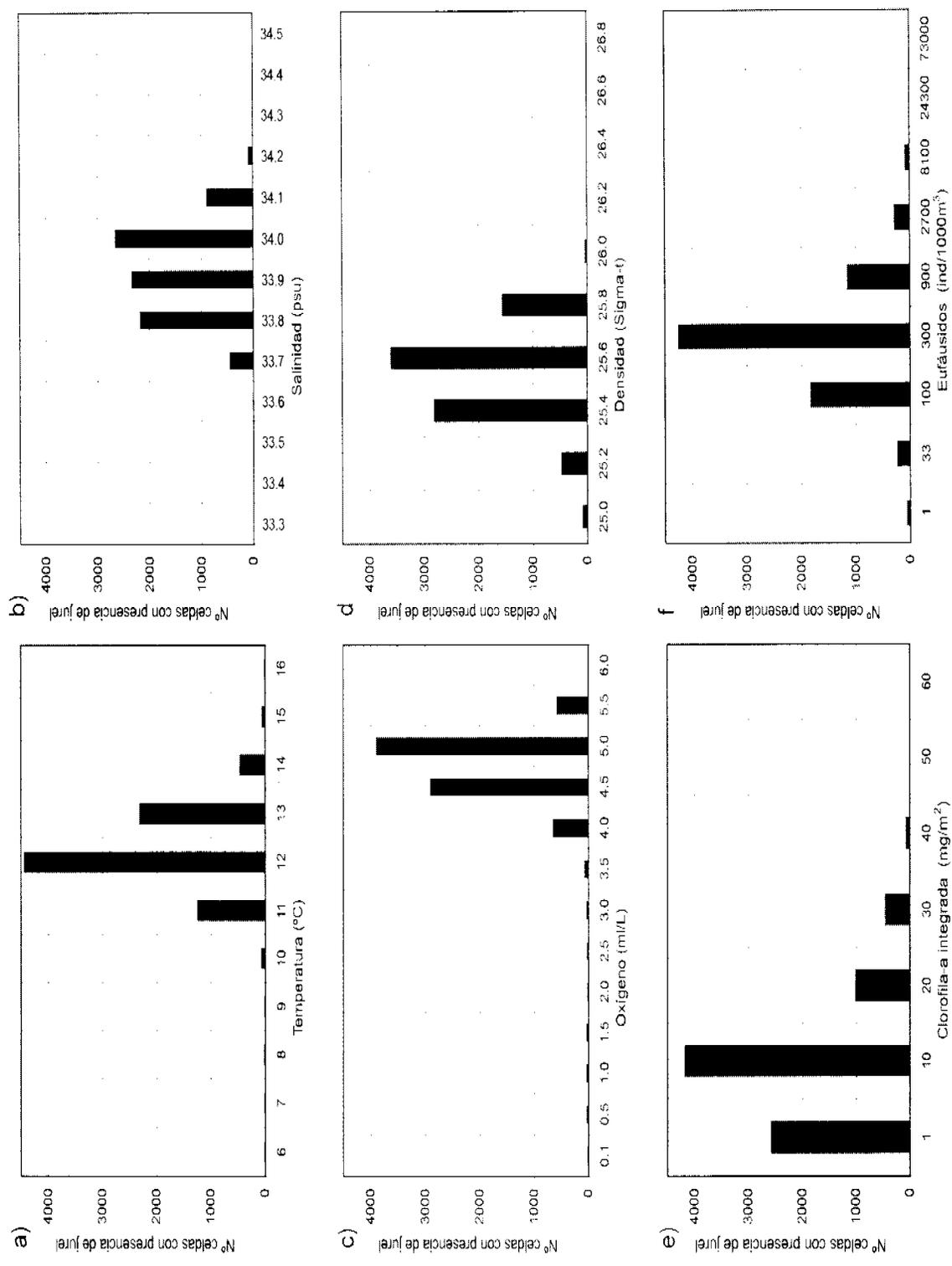


Figura 72. Número de celdas de jurel respecto a las variables ambientales, en el estrato de 50 metros.

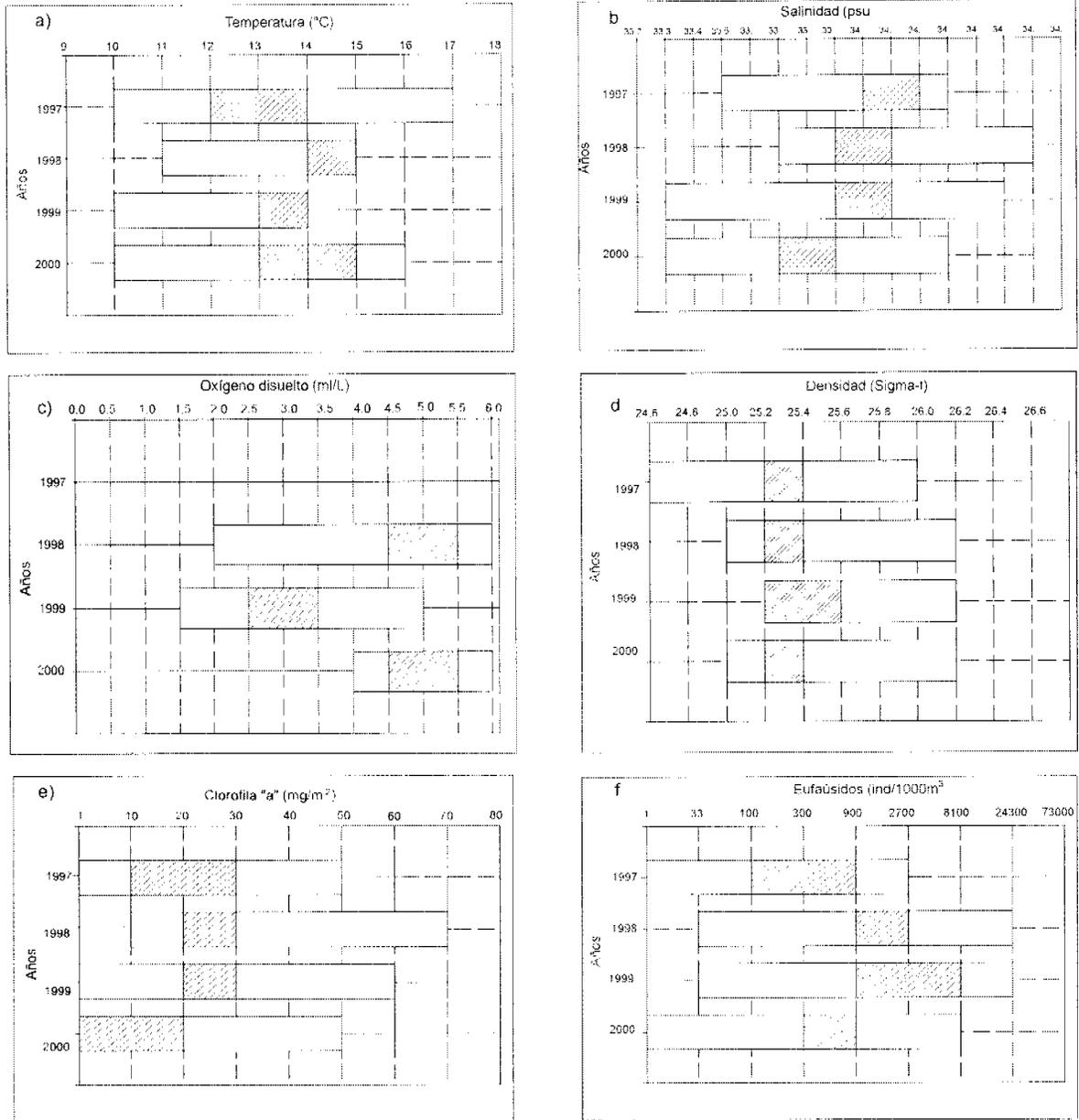


Figura 73. Rango de distribución preferencial del jurel en el estrato de 50 metros: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L), d) densidad (sigma-t), e) clorofila integrada y f) eufausídeos.

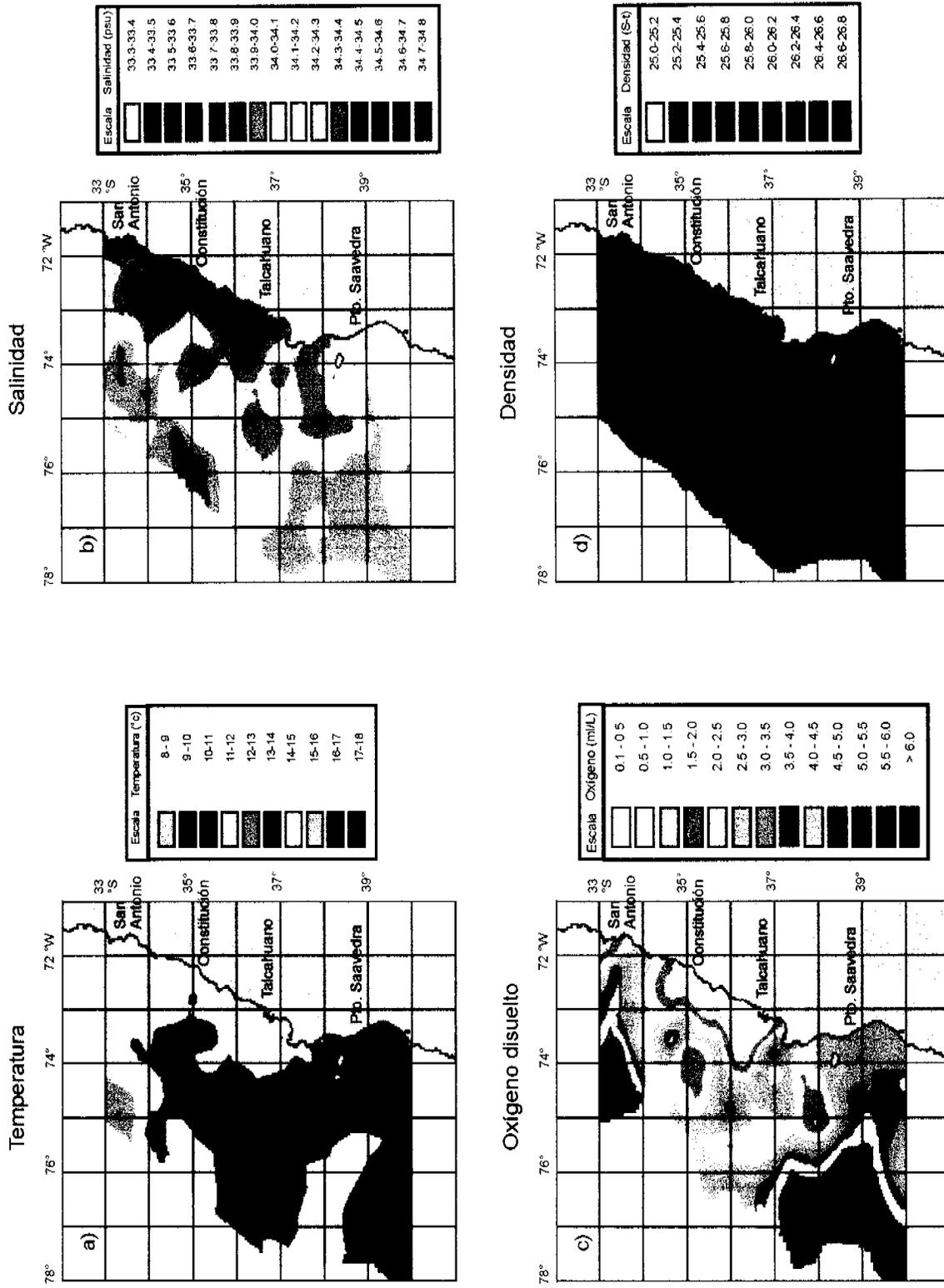


Figura 74. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 100 metros: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (Sigma-t).

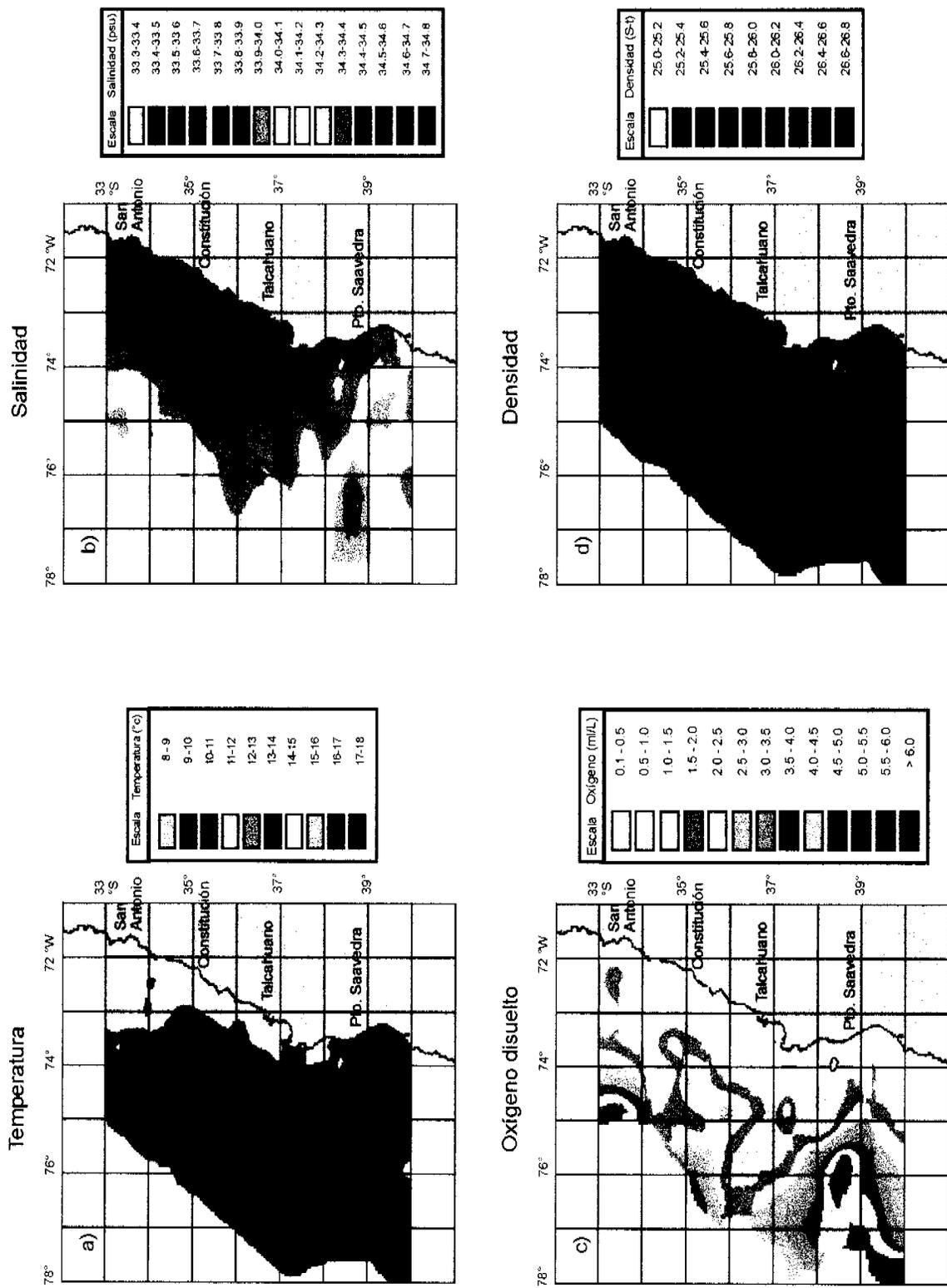


Figura 75. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 150 metros: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (Sigma-t).

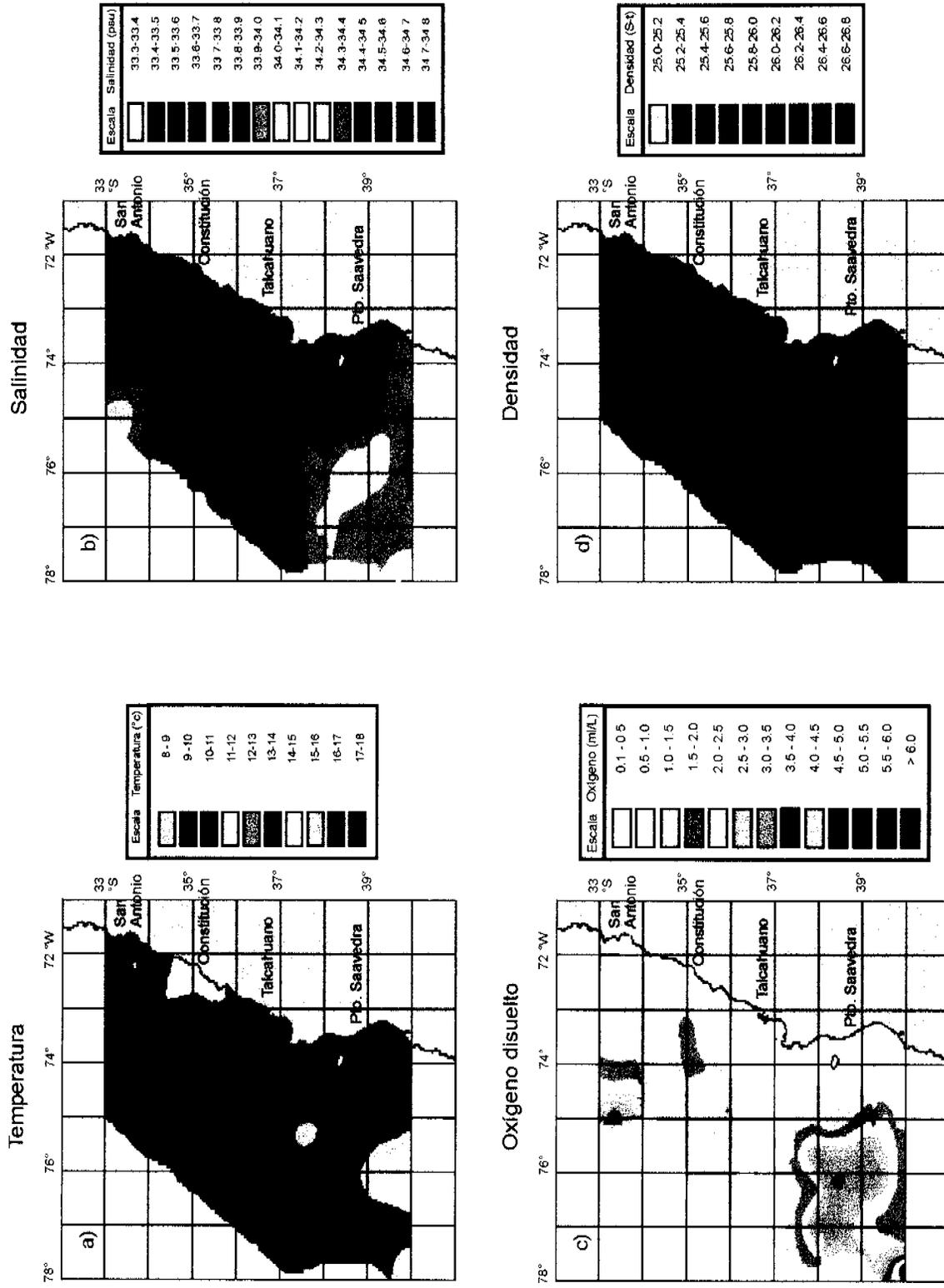


Figura 76. Distribución espacial de las variables oceanográficas a 200 metros: a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) oxígeno disuelto (ml/L) y d) densidad (Sigma-t).

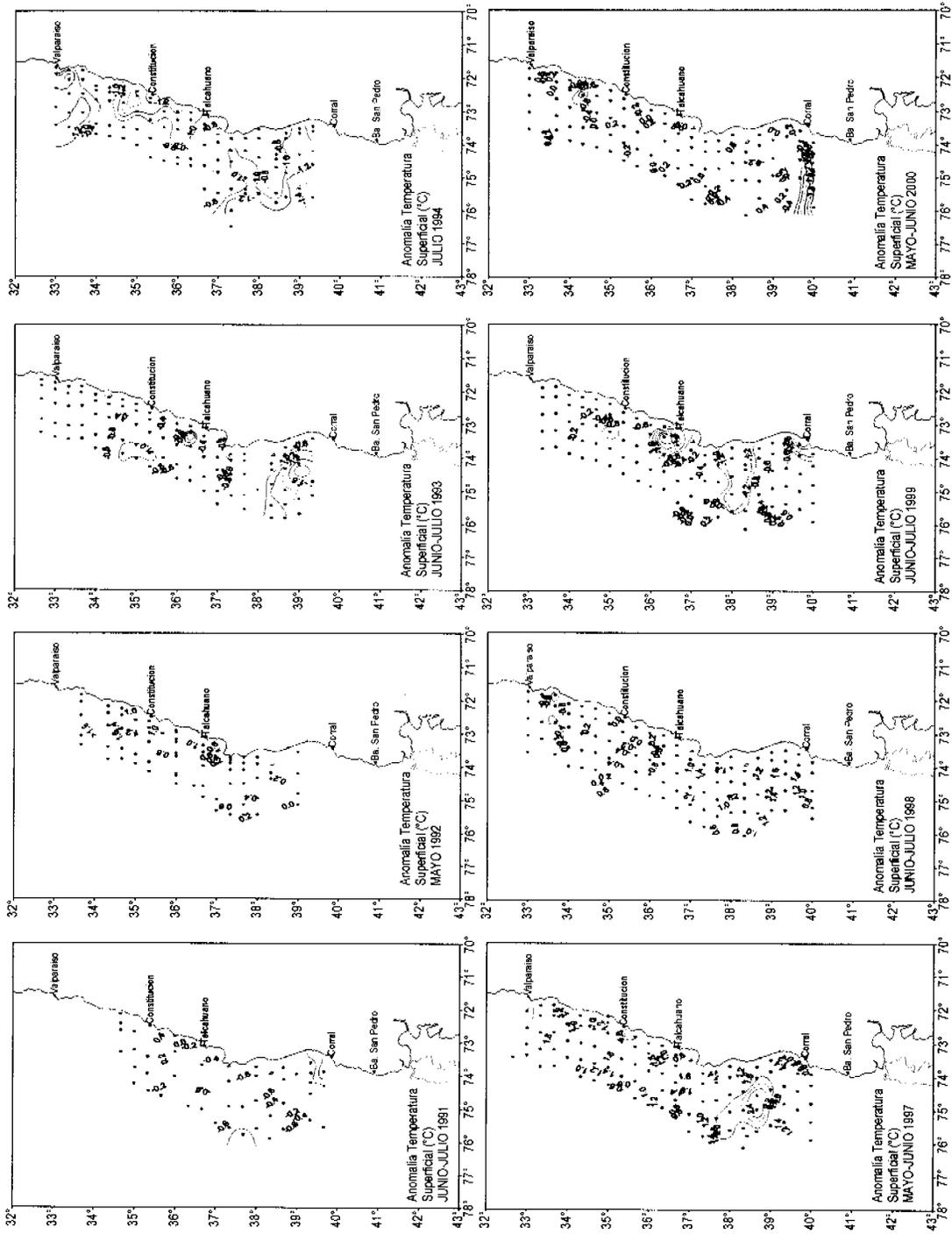
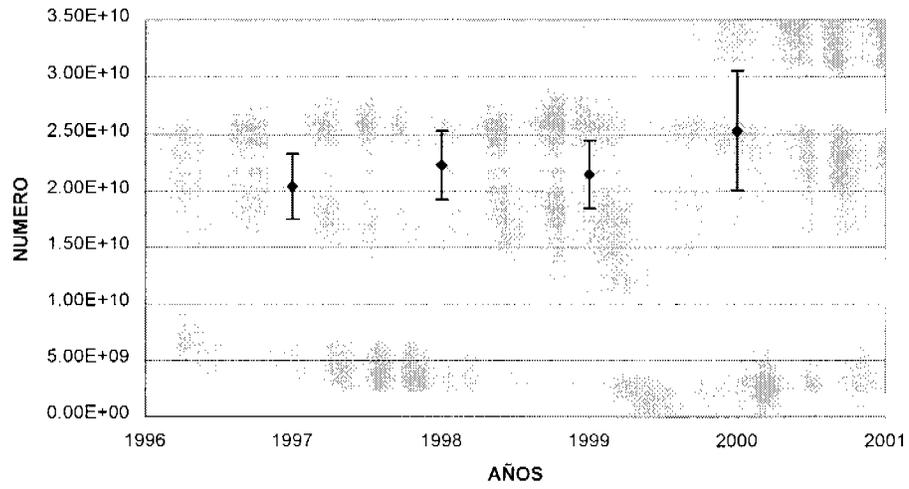


Figura 77. Distribución de la anomalía de temperatura superficial del mar (°C) en 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2000 y 2000.

ABUNDANCIA EN NUMERO



PESO MEDIO

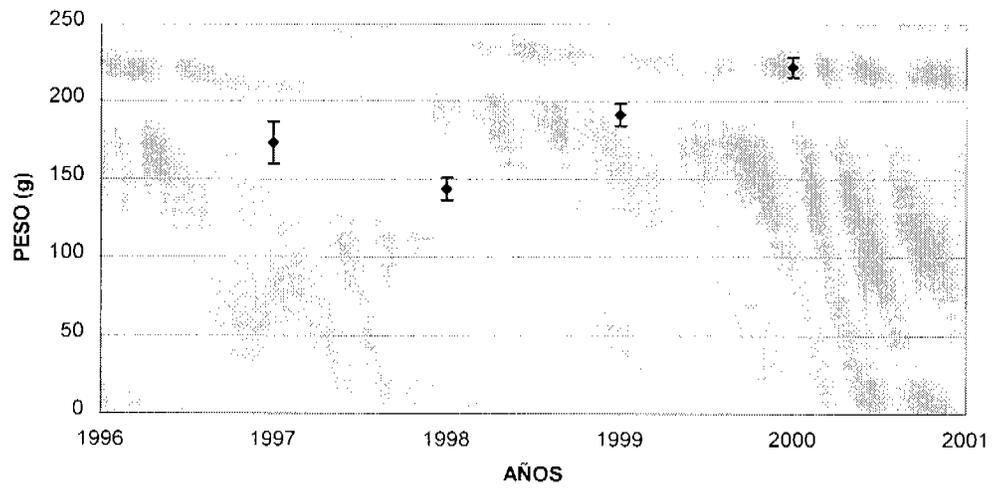


Figura 78. Número de ejemplares y peso promedio por año.

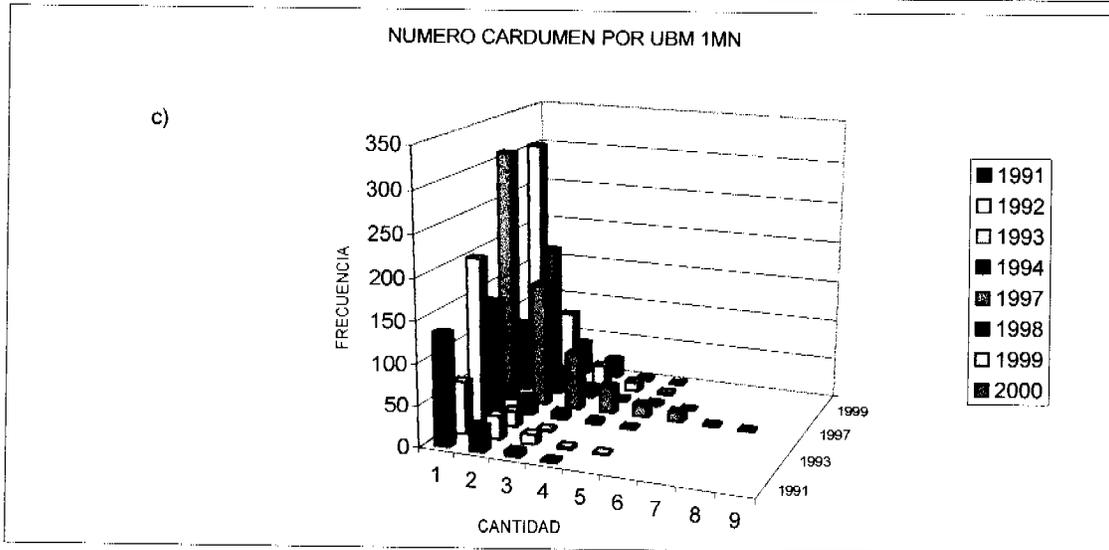
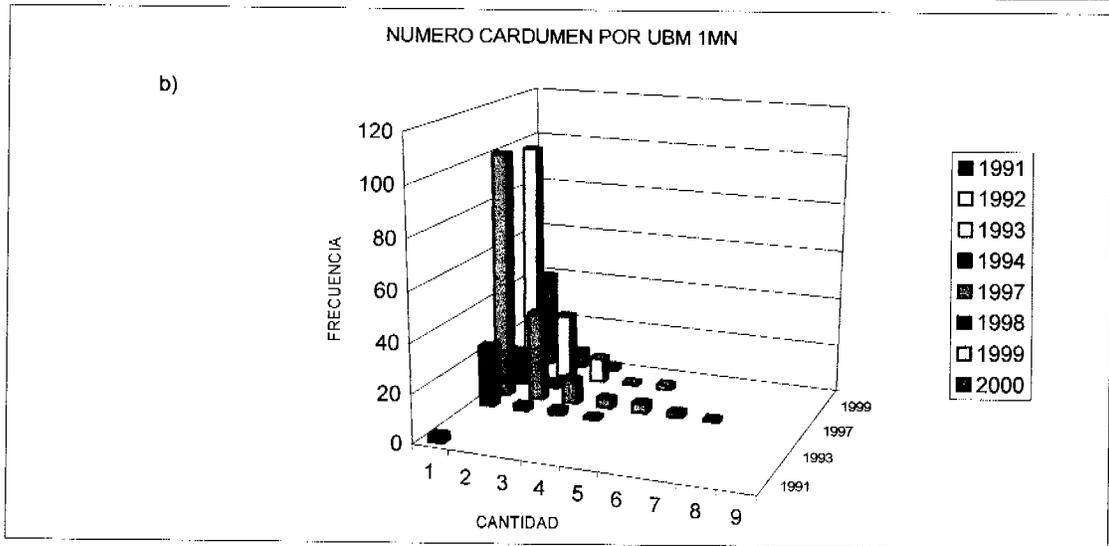
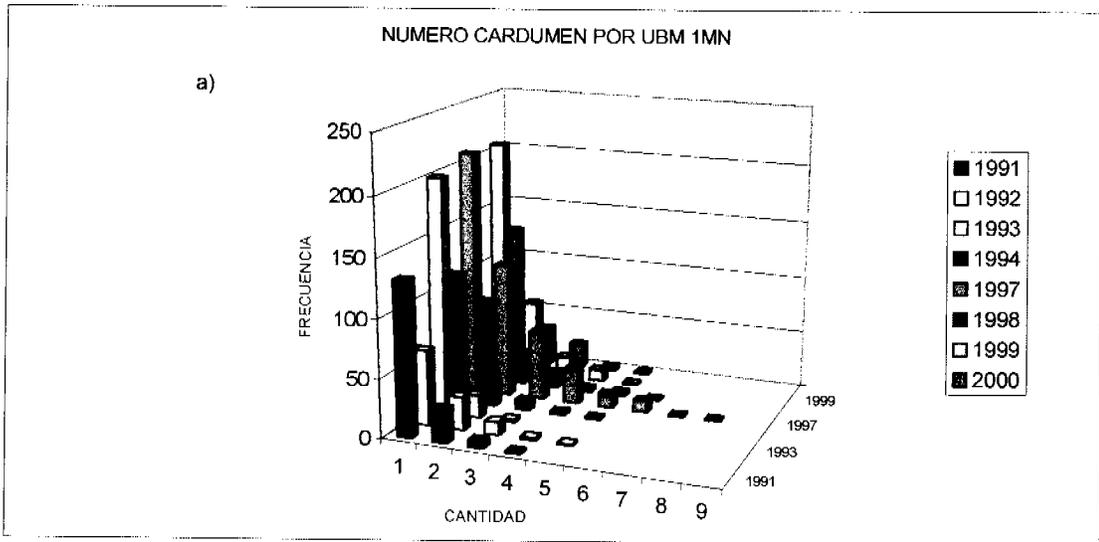


Figura 79. Número de cardumenes de jurel de: a) sector costero, b) sector oceánico y c) total área de estudio.



Unidad Técnica Promoción y Ediciones

**IFOP
Valparaíso**