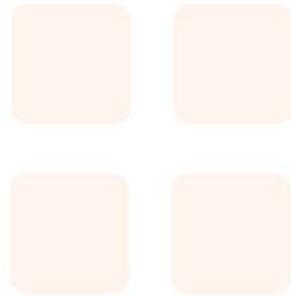




INFORME FINAL

Proyecto FIP N° 2006-02

Evaluación hidroacústica
del recurso jurel entre
la V y X Regiones,
verano, año 2006



FEBRERO
2007



INFORME FINAL

PROYECTO
FIP N° 2006-02

Evaluación
hidroacústica del
recurso jurel entre la
V y X Regiones,
verano, año 2006

• Febrero, 2007 •



REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP
Presidente del Fondo:
Carlos Hernández Salas

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría
Directora Ejecutiva:
Vivían Montecino Banderet

• Febrero, 2007 •



JEFE DE PROYECTO

JOSÉ CORDOVA MASANES

AUTORES

- *EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA*

JOSÉ CORDOVA
CAROLA HERNÁNDEZ
VICTOR CORREA

- *OCEANOGRAFIA FÍSICA Y QUÍMICA*

SERGIO NÚÑEZ
EDUARDO NAVARRO
MAXIMILIANO REYES
PATRICIO TORRES
JOSÉ ORTÍZ

- *OCEANOGRAFÍA PESQUERA*

JOSÉ CORDOVA
JUAN SAAVEDRA
SERGIO NÚÑEZ
VICTOR CATASTI

- *PLANCTON*

VIVIAN VALENZUELA

- *BIOLOGÍA PESQUERA*

JOSÉ CORDOVA
VICTOR BOCIC
CAROLA HERNANDEZ

• Febrero, 2007 •



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la cuantificación de la biomasa por hidroacústica, distribución espacial e indicadores biológicos del jurel y las condiciones ambientales asociadas al recurso durante el verano del 2006. El crucero de investigación se realizó entre el 06 y el 31 de marzo del año 2006, en el área entre el norte de Valparaíso ($32^{\circ}55'LS$) y Isla Chiloé ($41^{\circ}40'LS$), desde las 5 a 200 mn. Este estudio se llevó a cabo con tres embarcaciones: el B/C “Abate Molina” operado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), y los PAM “Ventisquero” y “Líder”, operados por la Pesquera San José S. A. y Southpacific Korp S.A. De manera complementaria, se realizó una ecoprospección desde 200 a 400 mn para conocer la distribución espacial del recurso en ese sector.

En la zona de estudio se realizaron 22 transectas, las que tuvieron como límite occidental las 200 millas; el sector norte ($32^{\circ} 55,0'LS - 35^{\circ} 12,5LS$) fue cubierto por el PAM “Ventisquero”, el centro ($35^{\circ} 12,6'LS - 39^{\circ} 22,5'LS$) el B/C “Abate Molina” y el sector sur ($39^{\circ} 22,6'LS - 41^{\circ} 40,0'LS$) el PAM “Líder”. El muestreo oceanográfico fue efectuado con una grilla de estaciones bioceanográficas, situadas a 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 mn de la costa, registrando valores de temperatura y salinidad, tomando muestras de agua para la determinación de oxígeno, clorofila-a; y realizando pescas de plancton con lances oblicuos, con redes Bongo. Asimismo, se estimó la densidad del agua ($\sigma-t$), la anomalía en las variables oceanográficas, la capa de mezcla y espesor y profundidad base de la termoclina.

La cuantificación del jurel se efectuó con los sistemas previamente calibrados SIMRAD EK-500 (B/C “Abate Molina”) y EK-60 (PAM “Ventisquero” y “Líder”). Sintonizados en la frecuencia de 38 Khz, se recolectó información desde la



superficie hasta los 500 m de profundidad. La identificación de los registros acústicos del jurel se realizó por medio de dos métodos: el primero es la estimación del coeficiente volumétrico de dispersión y el análisis de los ecorregistros, el segundo, por la interpretación de los ecogramas en conjunto con los resultados de la pesca de identificación. Además, se consideró la composición de la captura registrada por las embarcaciones de la flota cerquera industrial de la VIII Región.

En la ZEE desde 1997 a 2001, la biomasa creció de 3.2 a 5.97 millones de toneladas para luego decender a valores de 500.000 toneladas el 2005. Entre el 2003 y 2005, fuera de la ZEE se registra un incremento sostenido de la biomasa de 1.8 a 3.6 millones de toneladas, evidenciando un cambio en la distribución espacial del jurel. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo conocer la biomasa de jurel presente en las primeras 200 mn, para establecer si el cambio observado es producto de una variación el período de máxima disponibilidad del recurso, la que históricamente se registraba en invierno, cuando el recurso se concentra mayoritariamente en el sector costero, con fines de alimentación después de participar en el desove en el sector oceánico.

La biomasa total estimada de jurel fue de 1.160.000 toneladas con un coeficiente de variación de 14,75% y una densidad de 37,91 t/mn². Este resultado es inferior a lo cuantificado durante los inviernos de 1997 al 2001, y con posterioridad sobre las ZEE, razón por lo cual es posible descartar para marzo, la existencia de una mayor disponibilidad del recurso en la zona de estudio.

En este período no existen estudio realizados en la zona, luego al comparar los resultados con lo observado en invierno de 1998 y 2002 -2005, el patrón de distribución espacial se corresponde con lo registrado en estos años, en cuanto a la escasa presencia de agregaciones en el sector norte del área de estudio, donde en invierno se detecta de manera recurrente la intrusión de aguas cálidas procedentes



del área oceánica. Este sentido, en marzo la ausencia de recurso al norte de Talcahuano no fue tan extrema como lo registrado en los inviernos del 2003 y 2004, cuando el recurso estuvo fuertemente restringido al sector sur del área de estudio.

En la zona de estudio se identificaron sectores de alta densidad en el entorno de las 100 mn de la costa, entre Lebu e isla Chiloé, donde se concentró el 81,01% de la biomasa total, coincidiendo con el invierno de 1998 y 2002 - 2005 donde más del 90% de la biomasa se localizó al sur de Talcahuano. En el sentido longitudinal, el recurso se localizó de preferencia en las 200 mn y la ecoprospección entre 200 -400 mn, confirmó la virtual ausencia del jurel hacia el oeste del límite de la zona de estudio.

Batimétricamente el jurel se ubicó entre los 10 y 120 m de profundidad, el 99,30% y 81,60% de las agregaciones registraron entre 10 a 50 m, en la zona dentro y fuera de las 100 mn, respectivamente indicando una mayor profundidad de recurso en el sector oceánico, al igual que el invierno del 2003 al 2005, no registrando la tendencia a localizarse el recurso a mayor profundidad de norte a sur, observada entre 1999 y 2002.

La distribución de tallas registrada en el crucero presentó un rango de tallas entre 28 y 51 cm de longitud horquilla, con modas principales en 34 y 35 cm, lo que muestra un desplazamiento en la moda principal respecto a los inviernos del 2001 (moda 26 cm), 2002 (moda 27 cm), 2003 (moda 27-28) 2004 (moda 29) y 2005 (29-30 cm). También se observa un aumento de ejemplares de mayor tamaño durante los últimos tres años, con un 99,84% de los individuos agrupados entre los 24 y 50 cm (3 a 12 años), respecto al 99,33% (20 a 35 cm), 99,87% (20 a 42 cm) 98,37% (24 a 45 cm), 99,87% (22 a 50 cm) y 99,84% (24 a 55 cm), registrado en los inviernos del 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005, respectivamente.



La composición de ejemplares por grupo de edad estuvo formada por 11 grupos, siendo los principales el VI, VII y VIII que participan con un 29; 39 y 11%, respectivamente. Este año respecto al 2005, muestra un desplazamiento de grupo dominante edad VI (2005) y la mantención de la ausencia de ejemplares de edad III.

En la zona de estudio, entre el día y la noche no se aprecian diferencias en los grupos zooplantónicos numéricamente más importantes, siendo copépodos los más dominantes con 59,70 y 58,70%, seguido por salpas, quetognatos, radiolarios, ostrácodos, eufáusidos, foraminíferos, sifonóforos, apendicularias, larvas de eufáusidos, cladóceros, y pterópodos, con valores radicalmente bajos que van desde 0,8 a 11,8%. El resto de los grupos sólo representan el 3,1 % para el día y 4,1 % para la noche.

La abundancia relativa media de foraminíferos, apendicularias, larvas de decápodos, doliólidos, ctenóforos, isópodos y estomatópodos, presentaron diferencias estadísticas significativas entre el día y la noche, prevaleciendo las mayores concentraciones en los períodos nocturnos. Sin embargo, estos resultados no son categóricos por cuanto es necesario efectuar un estudio específico para establecer diferencias.

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 (ASAA); Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y Aguas Intermedias Antárticas (AIA).

En general, la distribución de las variables y estructuras oceanográficas verticales para el área de estudio, evidenció la presencia de aguas cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) en el sector oceánico al norte del 37°LS , con aguas comparativamente más frías ($< 15^{\circ}\text{C}$) presentes en una banda muy costera (< 25 mn desde la costa), entre punta Topocalma y golfo de Arauco y desde puerto Saavedra a Corral, que generó un



gradiente zonal importante principalmente al norte de los 37°LS entre 10 y 50 mn desde la costa. En el área sur dominan aguas comparativamente más cálidas, caracterizada por la isoterma de 17°C que se ubica cerca de la costa entre los 39° 30' y los 40° 40'LS. Las series de tiempo de TSM revelan períodos fríos para los años 1990 - 1991, 1994 - 1995 y 1998 - 2000 con anomalías negativas menores a 1°C. Los años 1992 - 1993 y 2001 - 2005, por el contrario, evidenciaron una mayor cobertura de aguas cálidas (presencia de anomalías positivas)

El jurel se encontró en temperaturas de 13 a 19°C y salinidades que van de 33,2 a 34,0 psu, lo que se asemeja a lo observado durante el invierno de 1997, con una clara preferencia por aguas de 16 y 17°C. Respecto al oxígeno, el jurel se agrupó en intervalo de 5 a 6 ml/L, destacando para este período del año, al igual que el invierno del 2003 al 2005 la presencia de altos valores de oxígeno en la columna de agua. En general, el jurel se agrupó de preferencia en sectores de fuertes gradientes térmicos y de descenso de temperatura.

Para la zona de estudio, el total de las variables ambientales analizadas presentaron relaciones significativas en relación a la densidad y presencia-ausencia de jurel, exceptuando la variable eufáusido que se acepta en el límite de la significancia. El modelo aplicado para estas variables presentó un pseudo R^2 que fue menos discriminante para la variable explicada de densidad, dado la mayor dispersión de la variable densidad respecto a las ambientales.

En general, los resultados alcanzados en este estudio indican un debilitamiento de las condiciones mejoradas que se registraron en el jurel desde 1998, caracterizada por altos volúmenes de biomasa y una mayor amplitud de los grupos de edades. Situación que es distinta al estar la biomasa estimada bajo los niveles registrados entre 1998 (3,2E+06 t) al 2001 (5,95E+06), así como la fuerte caída de la densidad acústica en invierno dentro de la primeras 200 mn, la fuerte reducción de ejemplares reclutas y la presencia de sólo tres grupos de edad importantes.



La mayor concentración del recurso detectada en invierno fuera de la ZEE entre el 2003 y 2005, conjuntamente con la baja sostenida de biomasa dentro 200 mn, muestra un cambio fuerte en la disponibilidad espacial histórica de jurel en mayo-junio. Este cambio sugiere que en los últimos años se han producido dos procesos, cambios en la estacionalidad de la mayor disponibilidad en el sector costero (< 200 mn), con una anticipación hacia el verano de la migración hacia el sector oceánico, o que a partir del 2002, el jurel entra con menor intensidad a la franja de las primeras 200 millas. Los resultados alcanzados en el presente estudio, sugieren que el jurel mantiene la estacionalidad en sus biomasa, con máximos en invierno.

Las líneas de análisis de este estudio han permitido conocer a tiempo real cambios en la distribución espacial y niveles de abundancia asociados, así como ventanas ambientales que definen al jurel como una especie ambiente-georeferenciado: Sin embargo, se debe incorporar análisis a macro escala, para conocer la dinámica de estructuras que sobrepasan el área de estudio. En este sentido, análisis preliminares de distribución espacial de jurel y corrientes superficiales, muestran que las concentraciones de jurel se localizan en sectores relativamente calmos y/o en el borde de los giros oceánicos, con la particularidad de su estabilidad espacio-temporal, lo que puede ser importante para definir la permanencia del recurso en ciertas áreas (áreas de pesca).

Asimismo, es importante contar con una evaluación acústica adicional en marzo-abril, ya que un mayor número de evaluaciones permitirá detectar y entender de mejor forma los cambios observados en la zona de estudio. Mantener una evaluación fuera del período de invierno, permitirá robustecer el resultado alcanzado en marzo de este año y que muestran un volumen de biomasa menor a los evaluados dentro de la ZEE desde 1998 al 2001, con lo cual se puede sostener que la estacionalidad de la mayor disponibilidad en este sector no ha variado temporalmente, razón por lo cual se



fortalece la tesis que sugiere un eventual desplazamiento de la distribución general del jurel hacia el sector oceánico en invierno.

Se agradece a la Empresa Pesquera Southpacific Korp S.A por participar con el PAM “Líder” y a la Empresa Pesquera San José por participar con el PAM “Ventisquero”, así como también a la positiva actitud del personal de tierra y embarcado, lo que permitió el desarrollo exitoso del presente estudio.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xiii
ÍNDICE DE TABLAS -----	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS -----	xxiv
1. OBJETIVO GENERAL -----	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	1
3. ANTECEDENTES -----	3
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO -----	7
4.1 Aspectos generales del crucero-----	7
4.2 Distribuci3n espacial y batimétrica del jurel en el área de estudio--	9
4.2.1 Diseño de muestreo-----	9
4.2.2 Calibraci3n electroacústica-----	10
4.2.3 Informaci3n acústica-----	11
4.2.4 Análisis de la informaci3n acústica-----	12
4.3 Biomasa total del recurso jurel en el área de estudio-----	14
4.3.1 Cálculo de la constante de ecointegraci3n (C_b)-----	14
4.3.2 Cálculo de la biomasa y su varianza-----	15
4.3.3 Clave Edad – Talla-----	27
4.3.4 Medida de precisi3n del estimado-----	29
4.4 Distribuci3n del zooplancton en el área de estudio-----	30



4.4.1	Colecta de informaci3n-----	30
4.4.2	Procesamiento y an3lisis de las muestras zooplanct3nicas-----	32
4.4.3	Biomasa zooplanct3nica total -----	38
4.5	Estimaci3n de la fauna acompa1ante-----	39
4.6	Condiciones oceanogr3ficas y su relaci3n con la distribuci3n del zooplancton y la distribuci3n y abundancia del jurel en el 3rea de estudio -----	43
4.6.1	Dise1o general del muestreo. -----	43
4.6.2	An3lisis de las muestras y de la informaci3n -----	46
4.6.3	Informaci3n meteorol3gica -----	47
4.6.4	Asociaci3n espacial entre las condiciones oceanogr3ficas y la distribuci3n y abundancia del jurel en el 3rea de estudio-----	47
5.	RESULTADOS-----	55
5.1	Distribuci3n espacial y batim3trica del jurel en el 3rea de estudio----	55
5.1.1	Calibraci3n electroac3stica-----	55
5.1.2	Descripci3n de estructuras espaciales en la informaci3n ac3stica -	57
5.1.3	Distribuci3n geogr3fica del recurso -----	60
5.1.4	Distribuci3n batim3trica del recurso-----	62
5.2	Biomasa total del recurso jurel -----	63
5.2.1	Constante de ecointegraci3n ($t \cdot mn^{-2} \cdot Sa^{-1}$)-----	63
5.2.2	Biomasa total del jurel y su varianza -----	63
5.2.3	Biomasa de jurel a la talla y su varianza -----	65
5.3	Distribuci3n y composici3n del plancton -----	73
5.3.1	Composici3n y abundancia del zooplancton-----	73
5.3.2	Distribuci3n del zooplancton -----	80
5.3.3	Estructura comunitaria de los grupos zooplanct3nicos -----	83
5.3.4	Biomasa zooplanct3nica -----	85
5.4	Fauna acompa1ante y proporciones en pescas de identificaci3n -	86



5.4.1	Pesca Comparativa -----	86
5.4.2	Resultados de los lances de pesca de identificación-----	88
5.4.3	Proporción y composición fauna acompañante -----	92
5.5	Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio -----	93
5.5.1	Condiciones meteorológicas -----	93
5.5.2	Muestreo regular-----	96
5.5.3	Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bio-oceanográficas-----	128
5.5.4	Análisis integrado -----	130
6.	DISCUSIÓN -----	143
7.	CONCLUSIONES -----	157
7.1	Acústica -----	157
7.2	Pesca -----	159
7.3	Oceanografía -----	160
7.4	Plancton-----	162
7.5	Asociaciones-----	163
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	165

FIGURAS

ANEXOS

- ANEXO I.** Posición y fecha de transectas acústicas y estaciones biooceanográficas.
- ANEXO II.** Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico en horas/hombre por actividad.
- ANEXO III.** Talleres de difusión y discusión jurel.
- ANEXO IV.** CD con Informe Final FIP N° 2006-02 en PDF



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación de las transectas en la zona de estudio.
- Figura 2.** Embarcaciones y equipos acústicos utilizados en la evaluación.
- Figura 3.** Distribución de los lances de pesca de cerco y arrastre a media agua.
- Figura 4.** Distribución espacial de jurel, crucero de evaluación y ecoprospección.
- Figura 5.** Correlogramas por sectores a) Norte y b) sur.
- Figura 6.** Variogramas para la zona de estudio.
- Figura 7.** Distribución batimétrica de jurel por categorías y zonas: a) 5-100, b) 100-200 y c) 5-200 mn.
- Figura 8.** Distribución de tallas de jurel entre 5-100 mn, años: a) 2001, b) 2002 c) 2003, d) 2004 y e) 2005.
- Figura 9.** Relación longitud-peso de jurel en la zona de estudio: a) hembras, b) machos y c) total.
- Figura 10.** Distribución geográfica diurna y nocturna de copépodos en verano 2006.
- Figura 11.** Distribución geográfica diurna y nocturna de salpas en verano 2006.
- Figura 12.** Distribución geográfica diurna y nocturna de quetognatos en verano 2006.
- Figura 13.** Distribución geográfica diurna y nocturna de eufáusidos en verano 2006.
- Figura 14.** Zona de concentración de eufáusidos y la distribución acústica de jurel.
- Figura 15.** Dendograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño 2006.



- Figura 16.** Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de cop3podos en verano 2006.
- Figura 17.** Variabilidad de las condiciones meteorol3gicas. Promedio diarios de a) presi3n atmosf3rica (mB), b), temperatura atmosf3rica ($^{\circ}$ C) y c) rapidez del viento (nudos): a) zona norte (PAM Ventisquero), b) Zona centro (B/C Abate Molina) y c) Zona Sur (PAM L3der).
- Figura 18.** Variabilidad de la direcci3n del viento durante el per3odo de estudio: a) zona norte ($32^{\circ}55'S-35^{\circ}00'S$; PAM Ventisquero), b) zona central ($35^{\circ}25'S-39^{\circ}10'S$; B/C Abate Molina), c) zona sur ($39^{\circ}35'S-41^{\circ}40'S$; PAM L3der) y d) 3rea total ($32^{\circ}55'S-41^{\circ}40'S$).
- Figura 19.** Variabilidad espacial de la velocidad y direcci3n del viento registrado a bordo de las embarcaciones participantes para el 3rea y per3odo de estudio.
- Figura 20.** Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}$ C), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) ox3geno disuelto ($ml\ l^{-1}$) en el estrato de 05 metros.
- Figura 21.** Im3genes satelitales modis –Aqua de TSM para el 3rea de estudio. Per3odo: 01-30 de marzo de 2006.
- Figura 22.** Anomalia de la temperatura superficial del mar (programa IGOS), para el mes de marzo de 2006.
- Figura 23.** Im3genes satelitales Modis-Aqua de clorofila-a para el 3rea de estudio. Per3odo: 01-30 de marzo de 2006.
- Figura 24.** Im3genes satelitales de corrientes geotr3ficas para el 3rea de estudio. Per3odo: 13-24 de marzo de 2006.
- Figura 25.** Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}$ C), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) ox3geno disuelto ($ml\ l^{-1}$) en el estrato de 25 metros.
- Figura 26.** Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}$ C), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) ox3geno disuelto ($ml\ l^{-1}$) en el estrato de 50 metros.
- Figura 27.** Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}$ C), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) ox3geno disuelto ($ml\ l^{-1}$) en el estrato de 100 metros.
- Figura 28.** Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}$ C), (b) salinidad (psu), (c)



densidad (σ_t) y (d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) en el estrato de 200 metros.

- Figura 29.** Distribución horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxígeno disuelto (ml l^{-1}) en el estrato de 400 metros.
- Figura 30.** Distribución horizontal de la clorofila-a (mg m^{-3}) en el estrato de 5 m de profundidad.
- Figura 31.** Transecta 1. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 1
- Figura 32.** Transecta 2. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 2.
- Figura 33.** Transecta 3. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 3.
- Figura 34.** Transecta 4. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 4.
- Figura 35.** Transecta 5. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 5.
- Figura 36.** Transecta 6. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 6.
- Figura 37.** Transecta 7. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 7.
- Figura 38.** Transecta 8. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 8.
- Figura 39.** Transecta 9. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 9.
- Figura 40.** Transecta 10. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 10.



- Figura 41.** Transecta 11. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 11.
- Figura 42.** Transecta 12. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 12.
- Figura 43.** Transecta 13. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 13.
- Figura 44.** Transecta 14. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 14.
- Figura 45.** Transecta 15. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 15.
- Figura 46.** Transecta 16. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 16.
- Figura 47.** Transecta 17. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 15.
- Figura 48.** Transecta 18. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 16.
- Figura 49.** Transecta 19. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y ox3geno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 14.



- Figura 50.** Transecta 20. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 15.
- Figura 51.** Transecta 21. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 16.
- Figura 52.** Transecta 22. Secciones verticales de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t), (d) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) para la transecta 15.
- Figura 53.** Secciones verticales de: clorofila-a (mg m^{-3}) para la transecta 1 a la 8.
- Figura 53.** cont. Secciones verticales de: clorofila-a (mg m^{-3}) para la transecta 9 a la 16.
- Figura 53.** cont. Secciones verticales de: clorofila-a (mg m^{-3}) para la transecta 17 a la 22.
- Figura 54.** Transecta latitudinal costera (10 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).
- Figura 55.** Transecta latitudinal intermedia (10 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).
- Figura 56.** Transecta latitudinal oceánica (10 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).
- Figura 57.** Distribución latitudinal de clorofila-a (mg m^{-3}).secciones costeras, de las 100 y 200 mn.
- Figura 58.** Perfiles individuales de temperatura para los sectores norte ($32^{\circ}55'-35^{\circ}00'\text{LS}$), b) centro ($35^{\circ}25'-42^{\circ}05'\text{LS}$) y c) sur ($39^{\circ}55'-41^{\circ}15'\text{LS}$).
- Figura 59.** Perfiles individuales de salinidad para los sectores norte ($32^{\circ}55'-35^{\circ}00'\text{LS}$), b) centro ($35^{\circ}25'-42^{\circ}05'\text{LS}$) y c) sur ($39^{\circ}55'-41^{\circ}15'\text{LS}$).



- Figura 60.** Perfiles individuales de densidad para los sectores norte ($32^{\circ}55'-35^{\circ}00'LS$), b) centro ($35^{\circ}25'-42^{\circ}05'LS$) y c) sur ($39^{\circ}55'-41^{\circ}15'LS$).
- Figura 61.** Perfiles individuales de concentración de oxígeno disuelto ($ml L^{-1}$) para los sectores norte ($32^{\circ}55'-35^{\circ}00'LS$), b) centro ($35^{\circ}25'-42^{\circ}05'LS$) y c) sur ($39^{\circ}55'-41^{\circ}15'LS$).
- Figura 62.** Perfiles individuales de concentración de clorofila-a ($mg m^{-3}$) para los sectores norte ($32^{\circ}55'-35^{\circ}00'LS$), b) centro ($35^{\circ}25'-42^{\circ}05'LS$) y c) sur ($39^{\circ}55'-41^{\circ}15'LS$).
- Figura 63.** Perfiles promedios (zonal) de temperatura ($^{\circ}C$) para cada transecta perpendicular a la costa.
- Figura 64.** Perfiles promedios (zonal) de salinidad (psu) para cada transecta perpendicular a la costa.
- Figura 65.** Perfiles promedios (zonal) de densidad (σ_t) para cada transecta perpendicular a la costa.
- Figura 66.** Perfiles promedios (zonal) de concentración de oxígeno disuelto ($ml l^{-1}$) para cada transecta perpendicular a la costa.
- Figura 67.** Perfiles promedios (zonal) de Clorofila-a ($mg m^{-3}$) para cada transecta perpendicular a la costa.
- Figura 68.** Distribución espacial de: (a) profundidad capa de mezcla (m), (b) profundidad base de la termoclina (m), (c) espesor de la termoclina (m) y (d) temperatura base de la termoclina ($^{\circ}C$) en la región de estudio.
- Figura 69.** Diagramas TS para los sectores: (a) norte, (b) centro-sur y (c) sur-oceánico.
- Figura 70.** Diagramas O-S para los sectores: (a) norte, (b) centro-sur y (c) sur del area de estudio estrato superficial (5 metros).
- Figura 71.** Diagramas O-S para los sectores: (a) norte, (b) centro-sur y (c) sur del area de estudio estrato superficial (100 metros).



- Figura 72.** Distribución espacial de la biomasa de jurel (t/mn^2), por estrato de profundidad: a) capa 0-50 m, b) capa 51-100 m, c) capa 101-150 m y d) capa 151-200m.
- Figura 73.** Distribución espacial de la temperatura ($^{\circ}C$) por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m c) capa 100m y d) capa 150 m.
- Figura 74.** Distribución espacial de la salinidad (psu) por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m c) capa 100m y d) capa 150 m.
- Figura 75.** Distribución espacial de oxígeno (ml/L) por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m c) capa 100m y d) capa 150 m.
- Figura 76.** Distribución espacial de densidad (σ_t) por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m c) capa 100m y d) capa 150 m.
- Figura 77.** Histograma de los rangos de preferencia del jurel en relación a las variables ambientales. Estrato superficial.
- Figura 78.** Histograma de los rangos de preferencia del jurel en relación a las variables ambientales. Estrato de 50 m. de profundidad.
- Figura 79.** Distribución espacial de: a) clorofila integrada, b) capa de dispersión profunda y c) eufáusidos.
- Figura 80.** Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa superficial: a) Costa-100 mn, b) 101-200 mn.
- Figura 81.** Serie de tiempo (enero, 1982-junio, 2005) de la anomalía promedio de TSM para el área de estudio (32° - 42° S, $73^{\circ}30'$ - 82° W) (Fuente: IGOS).
- Figura 82.** Imágenes satelitales NOAA-AVHRR de TSM para el mes de marzo de los años 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997.
- Figura 83.** Distribución de corrientes geostroficas y densidad acústica de jurel. a) 2002, b) 2003, d) 2004 y d) 2005.
- Figura 84.** Distribución de corrientes geostroficas y densidad acústica de jurel semanal a) 2002, b) 2003, d) 2004 y d) 2005.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Agregaciones de jurel por categorías de densidad.
- Tabla 2.** Información de los lances de pesca realizados por B/C “Abate Molina” y los PAM “Ventisquero” y “Líder”.
- Tabla 3.** Información de lances de pesca de cerco realizados por las embarcaciones durante la ecoprospección.
- Tabla 4.** Información de lances de pesca de cerco realizados por la flota cerquera industrial durante el crucero.
- Tabla 5.** División operacional del área de estudio y número de estaciones oceanográficas por sector.
- Tabla 6.** Posición de transecta y número de estaciones oceanográficas por en el muestreo regular.
- Tabla 7.** Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos.
- Tabla 8.** Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz.
- Tabla 9.** Valores de t Students observados y críticos para frecuencia de 38Khz.
- Tabla 10.** Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos.
- Tabla 11.** Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel.
- Tabla 12.** Abundancia en número y en peso a la talla de jurel para el sector 5 a 200 mn.
- Tabla 13.** Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel para el área de estudio.
- Tabla 14.** Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para información de IFOP e INPESCA.



- Tabla 15.** Parámetros y estadística básica de la relación $w = a * L^b$ para la zona de estudio.
- Tabla 16.** Composición en número (millones de ejemplares) por grupo de edad en la biomasa estimada para el area de estudio.
- Tabla 17.** Grupos zooplanctónicos presentes en las pescas diurna y nocturna (10/200 mn). (t). totales; (+): positivas; DE: desviación estándar.
- Tabla 18.** Número total de individuos capturados por zona en horario de muestreo.
- Tabla 19.** Comparación de la abundancia relativa media de los grupos zooplanctónicos (10/ 200 mn) y resultado de la prueba ANOVA de Kruskal-Wallis. Los valores significativos se indica en negrita (valor $p < 0,05$).
- Tabla 20.** Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona y periodo del día.
- Tabla 21.** Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona y periodo del día.
- Tabla 22.** Chi cuadrado de prueba estadística DHG para las redes de B/C “Abate Molina” y PAM “Líder”
- Tabla 23.** Chi cuadrado de prueba estadística DHG para las redes de B/C “Abate Molina” y PAM “Ventisquero”.
- Tabla 24.** Información de captura en peso de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/C “Abate Molina” y los PAM “Ventisquero” y “Líder”.
- Tabla 25.** Información de captura en número de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/C “Abate Molina” y los PAM “Ventisquero” y “Líder”.
- Tabla 26.** Índices de ocupación de las cartografías de distribución de jurel (en porcentaje) por estrato de profundidad.



- Tabla 27.** Coeficientes Cramer's de las cartografías de distribución de jurel, respecto a variables ambientales en los estratos de 5, 50 y 100 m.
- Tabla 28.** Test F para analizar la significancia estadística de las variables participantes en los modelos biomasa, temperatura (temp), gradiente temperatura (grad temp), salinidad (sal), oxígeno (oxi) y densidad (dens), clorofila (cloa.intgr9 y eufausidos).
- Tabla 29.** Test Chi para analizar la significancia estadística de las variables participantes en los modelos biomasa, temperatura (temp), gradiente temperatura (grad temp), salinidad (sal), oxígeno (oxi) y densidad (dens), clorofila (cloa.intgr9 y eufausidos).
- Tabla 30.** Modelo GAM ajustado a variables ambientales y la variable explicado densidad.
- Tabla 31.** Modelo GAM ajustado a variables ambientales y la variable explicada presencia/ausencia.



ÍNDICE ANEXOS

- ANEXO I.** Posición y fecha de transectas acústicas y estaciones bioceanográficas.
- ANEXO II.** Plan detallado de asignación de personal profesional y técnico en horas/hombre por actividad.
- ANEXO III.** Talleres de difusión y discusión jurel.
- ANEXO IV.** CD con Informe Final FIP N° 2006-02 en PDF



1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar la biomasa estacional (verano) del recurso jurel, entre las regiones V a X, mediante el método hidroacústico.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1** Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso jurel en el área y período de estudio.
- 2.2** Determinar la abundancia (en número) y biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área y período de estudio.
- 2.3** Determinar la distribución del zooplancton en el área y período de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos.
- 2.4** Determinar la fauna acompañante y su importancia relativa en los lances de identificación.
- 2.5** Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área y período 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 1995, se registra el máximo desembarque nacional de jurel con 4.404.193 toneladas y donde el 73% correspondió a capturas de la flota cerquera industrial en los puertos de la VIII Región, para luego descender a niveles que no sobrepasaron 1.500.000 toneladas capturadas principalmente en el sector costero (< 200 mn).

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

Desde 1990 la pesquería pelágica de la Zona Centro–Sur pasó a ocupar el primer lugar nacional. Dicha situación se asocia principalmente con la mayor abundancia y disponibilidad de jurel, además con un importante crecimiento del esfuerzo de pesca



de la flota de cerco industrial, la que ha presentado una notable transformación tecnológica en los últimos años.

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

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

Desde 1997 al 2005, la evaluaciones acústicas realizadas en invierno en la zona centro-sur del país, han mostrado un crecimiento somático sistemático del recurso a través del desplazamiento de la talla modal desde 24 a 31 cms, lo que se ha corroborado con la información de muestreos anuales realizados a los desembarques de jurel en la VIII Región. Asimismo, entre 1997 y 2001, la disponibilidad de jurel se incrementó desde 3.2 a 5.95 millones de toneladas en la ZEE, para posteriormente disminuir sus volúmenes a alrededor de 0.5 millones de toneladas, observando a partir del 2003, cuando se abre una ventana de evaluación por sobre la ZEE, un importante incremento de la biomasa más allá de las 200 mn de la costa. Resultados que muestran un fuerte cambio en el uso del espacio que hace el jurel durante el invierno en la zona centro-sur del país, observando de manera anticipada el desplazamiento hacia el sector oceánico, que históricamente se registraba durante el mes de agosto.

Esta situación, incide directamente en el sector extractivo, el cual ha aumentado de



manera importante la operación durante el primer semestre del año, así como también en el ámbito regulatorio, al encontrarse el jurel por sobre las ZEE. Luego, considerando la importancia del recurso para la economía del país y el nivel de explotación a que está sometido, es necesario profundizar el conocimiento existente para establecer los factores explicativos de este importante cambio espacial en el recurso, pudiendo plantearse en términos generales un desplazamiento de la distribución hacia el Pacífico sur-occidental y/o también una disminución general de su abundancia. Estos aspectos, son de especial relevancia para la comprensión de este cambio, en este sentido, es importante conocer si la alta disponibilidad de jurel, registrada históricamente en invierno, se mantiene o ha cambiado, lo cual explicaría la virtual ausencia de jurel en la ZEE durante el período de invierno en la zona centro-sur del país.

En este sentido el Consejo de Investigación Pesquera adjudicó al IFOP la ejecución del presente estudio para determinar la biomasa de jurel, su distribución y factores ambientales asociados en marzo, a fin de conocer si existe un cambio de estacionalidad de la máxima disponibilidad del recurso en el sector costero. 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

De acuerdo a lo establecido en los términos Técnicos de Referencia, el área de estudio para la evaluación hidroacústica cubrió desde el norte de Valparaíso (32° 55'LS) a Isla Chiloé (41° 40'LS), entre la costa y las 200 millas náuticas. De manera complementaria, a través de una Pesca de Investigación se realizó una ecoprospección desde las 200 a las 400 mn para conocer la distribución espacial del recurso en ese sector (Bahamonde *et al.*, 2006).

La prospección hidroacústica se llevó a cabo a bordo del B/C “Abate Molina” operado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y los PAM “Ventisquero” y “Líder”, de propiedad de Pesquera San José S.A. y Southpacific Korp S.A, durante el período que va desde el 06 al 31 de marzo del año 2006. En la zona de estudio se realizaron un total de 22 transectas, cuyo límite occidental fueron las 200 mn de la costa. El sector norte fue cubierto por el PAM “Ventisquero” (transectas 1 a 6), la zona centro fue cubierta por el B/C “Abate Molina” (transectas 7 a 16) y el sector sur por el PAM “Líder” (transectas 17 a 22) (Figura 1).

No se realizó pesca comparativa entre el B/C “Abate Molina” y los PAM “Líder” y “Ventisquero”, en atención a que estas embarcaciones ya han participado en este tipo de estudios, siendo conocido su poder de pesca y selectividad en las tallas capturadas, respecto del barco patrón B/C “Abate Molina”. Estudios que fueron llevado a cabo bajo un protocolo de operación estándar, esto es condiciones de arrastre similar, determinando que es posible agrupar la información obtenida por estas embarcaciones al no existir diferencia entre ellas como herramienta o unidad de muestreo (estructura de tallas).

Previo al crucero, en las embarcaciones se efectuó la calibración del sistema



SIMRAD EK-500 y EK-60 (Figura 2), 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 en el centro del haz acústico.

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron un total de 22 lances de pesca a fin de identificar ecotrazos y obtener muestras para estudios biológicos básicos. Para tal efecto, en las embarcaciones se utilizaron redes de arrastre a mediagua con un forro interior de 3,8 a 4,2 cm, con el objeto de asegurar la retención de ejemplares de tallas menores. La cantidad de 35 lances de pesca propuesto inicialmente no fue alcanzada dado la fuerte concentración del recursos en sectores muy puntuales y su presencia mayoritaria en el sector sur del área de estudio (Figura 3).

El B/C “Abate Molina” de eslora 43,5 m y potencia de 1.400 HP, así como los PAM “Ventisquero” y “Líder” con eslora 69,0 y 55,2 m y potencia de 3600 y 3180 KW, respectivamente, se habilitaron con equipos científicos para dejar en igualdad ambas plataformas de trabajo. Es así que, en los PAM “Ventisquero” y “Líder” se embarcaron redes de plancton de 300 micras con sus respectivos flujómetros, cable oceanográfico, botellas Niskin 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, 100, 130, 160 y 200 mn en las transectas ubicadas en el sector de las primeras 200 millas de la costa.

Las condiciones de mal tiempo imperante durante el transcurso del crucero de prospección principalmente en el sector sur, no permitieron la ejecución de algunas estaciones de plancton y oceanografía, efectuando sobre un total de 176 estaciones programadas el 88,07% (155) y 97,73% (172), respectivamente.



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

4.2.1 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo acústico corresponde a un muestreo sistemático de conglomerado de tamaño variable, donde cada conglomerado es asimilado a un tramo de navegación denominado transecta, con transectas equidistantes y perpendiculares al sentido de la costa (**Figura 1**) (Barbieri *et al.*, 1996). En éstas transectas 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 25 mn, dentro de las 200 mn de la costa, esta densidad de muestreo consideró obtener un coeficiente de variación esperado del 27% en la evaluación acústica, para lo cual se requería efectuar 22 transectas en la zona de estudio. En estas transectas, se recolectó información acústica entre la superficie y los 500 m de profundidad.

4.2.2 Calibración electroacústica



La calibración del sistema de ecointegración SIMRAD EK-500 y EK-60, se realizó mediante el procedimiento establecido por su fabricante (SIMRAD, 1991), consistente en un proceso iterativo donde se mide las señales de intensidad de blanco (TS) y ecointegración (Sa) provenientes de un blanco estándar (esfera de cobre de 60 mm de diámetro) de fuerza de blanco conocida, localizado en el centro del haz acústico. El proceso de medición de TS y el ajuste de las ganancias del sistema de ecointegración se realiza mediante las siguientes expresiones:

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

donde, G_1 es la nueva ganancia del transductor (dB), G_0 es la ganancia antigua del transductor (dB), TS_m intensidad de blanco medida (dB), y TS_t intensidad de blanco teórico (dB).

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

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

siendo:

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



donde;

- Φ_{bs} = sección dispersante de la esfera (dB),
- r = profundidad de la esfera (m),
- r_0 = profundidad de referencia igual a 1 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 ecorregistros acústicos de jurel se realizó mediante dos métodos. El primero consiste en el análisis de los ecorregistros, 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, obtenidas durante el período que se desarrolló el 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 programa SURFER 8, aplicando la escala de categorías descritas en la **Tabla 1**.

Tabla 1
Agregación de jurel por categorías de densidad.

Categorías	Intervalos (t/mn²)	Calificación de densidad
I	1-75	Muy baja
II	76-150	Baja
III	151-300	Regular
IV	301-mayor	Muy densa

4.2.4 Análisis de la información acústica

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

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

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

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

donde,

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

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

La abundancia relativa (ID) es determinada por el índice de densidad, e indica la



concentración de jurel en las IBM's con presencia de jurel. Su estimación es:

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

donde,

Sa= es la densidad promedio por IBM,

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

b) Descripción de estructuras espaciales

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

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

donde,

k = orden de autocorrelación

Y_{ij} = densidad j-ésima de la transecta i-ésima

Y_i = densidad media de la transecta i-ésima

n_i = número de IBM en la transecta i-ésima

n = número total de observaciones



c) Estructura espacial de la distribución

La estructura espacial de la distribución del jurel se analizó a través del estudio de los semivariogramas, procedimiento utilizado por Rivoirard *et al.*, (2000) y Petitgas (1993) y aplicado en las evaluaciones hidroacústicas de recursos pelágicos (Castillo *et al.*, 2004), y merluzas por Lillo *et al.*, 2004.

El variograma está dado por:

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

donde,

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

4.3 Biomasa total del recurso jurel en el área de estudio

4.3.1 Cálculo de la constante de eointegración (\hat{C}_b)

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

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



donde:

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

\bar{w} = peso promedio del jurel (kg)

\overline{TS} = fuerza de blanco promedio del jurel (db)

Sa = Unidades de ecointegración

La fuerza de blanco promedio (TS), fue calculada a partir del modelo de regresión $TS = 20,11 * \text{Log}(L) - 68,67$, determinado por Córdova *et al.*, 1998.

4.3.2 Cálculo de la biomasa y su varianza

a) Biomasa en peso total

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

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

donde:

A = área de estudio en millas náuticas cuadradas

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

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

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

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



donde:

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

Otro estimador de biomasa utilizado correspondió al propuesto por Petitgas (1991), el cual considera que la biomasa depende de la geometría del área de distribución del recurso, estimando su densidad (\hat{Z}_v) sólo en dicha área (V) mediante la expresión:

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

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

b) Estimadores de la Varianza total

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

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

al expandir,

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



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

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

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

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

- n_k = número de datos observados en la talla
- w_{ik} = peso observado a la talla (promedio o mediana)
- \bar{w} = peso estimado a la talla (promedio o mediana)

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

donde,

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

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



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

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

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

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

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

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

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

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * \sqrt{\hat{V}_1(\hat{R})}$$

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

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

donde:

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

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



El intervalo de confianza $(1-\alpha)$ para la biomasa, se estima por la expresi3n:

$$\hat{B} \pm t_{1-\alpha/2} * \hat{A} * \sqrt{\hat{V}_3(\hat{R})}$$

– **M3todo bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)**

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

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

donde \hat{R}_i es un estimador de raz3n obtenido de la i -3sima muestra de tama1o n seleccionada con reposici3n 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, est3 dado por el percentil corregido (BC):

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

donde \hat{F}^{-1} es la funci3n inversa de la distribuci3n acumulada de $\hat{F}(\hat{R})$, definida por:

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



– **Geoestadístico (Petitgas 1991)**

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

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

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

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

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

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

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

La varianza σ_e^2 depende de la estructura espacial a través de tres factores geométricos: la geometría del campo para $\bar{\gamma}(V, V)$; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para $\bar{\gamma}(S, S)$ y de la posición de la red de muestreo en el campo para $\bar{\gamma}(S, V)$ (Petitgas y Lafont. 1997).



b) Biomasa a la talla

La información fue obtenida a partir de los lances de pesca, en donde, en cada lance se separó al azar una muestra que en general superó los 50 ejemplares, registrando por ejemplar información de longitud horquilla (cm), peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez de las gónadas, de acuerdo al procedimiento de muestreo biológico establecido por IFOP (Aranis y Mendieta, 1986).

– Estimación de estructura de talla

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

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

donde:

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

y

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



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

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

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

donde,

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

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

– Estimación de la relación longitud-peso

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

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

– Estimación del peso medio por ejemplar

Este parámetro fue estimado haciendo uso del siguiente estimador:

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

donde,

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



– **Estimación de la abundancia en la zona “h” (X_h)**

La abundancia en la zona “h” fue estimada mediante expresión:

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

donde,

B_h = corresponde a la biomasa estimada para la zona de estudio “h”.

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

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

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

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

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

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

Varianza biomasa a la talla

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

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



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

donde,

- M_h = n3mero m3ximo de lances que pueden ser realizados
 N_{hi} = n3mero m3ximo de ejemplares que pueden ser medidos

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

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

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

– Estimaci3n de varianza del peso medio a la talla

La estimaci3n de la varianza del estimador del peso medio a la talla se realiz3 mediante la aplicaci3n de la siguiente expresi3n:

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



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

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

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

donde,

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

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

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

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

donde,

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

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

La varianza fue determinada mediante el estimador:

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



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

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

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

4.3.3 Clave Edad – Talla

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

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

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

donde,

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

a) Estimación de la abundancia en número de jurel

Se utilizó el estimado de biomasa determinado por el método hidroacústico. Luego se usó la frecuencia observada en cada marca de clase junto a la relación peso-longitud.



El peso total de la muestra se estimó en base a la adición de los pesos de los estratos de cada intervalo de longitud obtenido mediante:

$$W_j = f_j a L_j^b$$

donde,

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

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

L_j = marca de clase

a y b = coeficiente de la relación peso-longitud

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

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

donde,

N_t = número total de individuos presentes en la zona

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

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

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



b) Descomposición del número total de individuos por edad

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

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

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

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

donde,

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

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

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

4.3.4 Medida de precisión del estimado

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

a) Coeficiente de variación (Cv)

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



donde:

V_x = varianza de la media

X = media muestral

b) Porcentaje de error (E%)

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

donde,

$V(B)$ = varianza de la abundancia

B = biomasa

t = estadístico t de Student

α = nivel de confianza a un 95 %

4.4 Distribución del zooplancton en el área de estudio

4.4.1 Colecta de información

Las estaciones planctónicas se realizaron sobre el track de navegación acústico a 10, 25, 50, 75, 100 130, 160 y 200 mn de la costa en la zona comprendida entre las 5 y 200 millas.

En todas las embarcaciones, se realizaron pescas de plancton a través de lances oblicuos diurnos y nocturnos 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 la metodología estándar del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, determinando las siguientes ecuaciones de calibración:

- **PAM “Ventisquero” (TSK 5336):**

$$V = 0,1519 * N + 0,0249$$

- **B/C “Abate Molina” (TSK 5271):**

$$V = 0,1716 * N + 0,0032$$

- **PAM “Líder ” (TSK 6098):**

$$V = 0,1697 * N + 0,1792$$

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

Se realizaron pescas de plancton nocturnas a través de arrastres oblicuos, considerando una profundidad máxima de 200 m en la zona oceánica o 5 m sobre el fondo en el sector costero, en tanto que, para las pescas diurnas se consideró información de tipo complementaria, como es la posición vertical de la capa de plancton que proporcionan los equipos Simrad EK-500 y EK-60.

Las pescas planctónicas se realizaron calando la red a una velocidad aproximada de 0,3 m/s e izándola a 0,8 m/s, después de mantener una estabilización de 40



segundos a máxima profundidad.

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

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

4.4.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

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

En el laboratorio y para los análisis cualitativo y cuantitativo del zooplancton se emplearon microscopios estereoscópicos, marca Nikon y Zeiss con aumentos de 8 a 50 veces. Para cada grupo zooplanctónico presente se cuantificó su abundancia. El conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, principalmente cuando se trató de la presencia del grupo de los eufáusidos, por ser un ítem importante en la alimentación de jurel en la zona de estudio. En la cuantificación de aquellos zooplancteres con densidades muy grandes, se utilizó un submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984) el que permitió subdividir la muestra.

La fracción de la muestra subdividida sobre la cual se realizó el recuento y clasificación de los organismos, fue extrapolada, posteriormente, al total de la muestra analizada. La abundancia o densidad del zooplancton cuantificado fue



estandarizada y expresada como el número de individuos presentes en 1.000 m³ de agua de mar filtrada, su representación gráfica se realizó en base a la escala métrica log² que permite determinar clases de abundancia con valores equidistantes (Frontier, 1980), así como el software ad hoc SURFER 8.0.

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

La separación de las muestras consideró el período entre las 8:00 y las 17:59 como diurno y entre las 18:00 y las 7:59 como nocturno. La existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia relativa media de los grupos de mayor dominancia, capturados en lances diurnos y nocturnos, se probó mediante el análisis no-paramétrico de Kruskal-Wallis, a un nivel de confianza del 95 %.

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) y Palma y Kaiser (1993).

EL análisis consideró la constancia numérica o frecuencia de ocurrencia medida como la relación porcentual entre el número de muestras con presencia del grupo y las muestras totales, así como la dominancia numérica de los grupos que expresa la relación del número de ejemplares del grupo respecto al total de individuos,

En este estudio se entenderá como **abundancia relativa**, al número total de individuos de un mismo grupo presentes en el total de estaciones, **abundancia relativa media**, a la suma de todos los individuos de cada grupo y el número total de estaciones y **densidad**, al número de individuos bajo una unidad de área o volumen.

En el análisis de las comunidades zooplanctónica se utilizaron índices de riqueza de



especie (Margalef, 1977), diversidad (Shannon & Weaver, 1949), uniformidad (Pielou, 1966), similitud (Winer) y además de un análisis multinomial para describir las distribuciones del zooplancton.

a) Índice de riqueza de Margalef (Margalef, 1977)

$$Rl = \frac{S - 1}{Ln(n)}$$

donde,

S = número total de especies presentes en la muestra.

n = número total de individuos de todas las especies presentes en la muestra.

Este índice toma el valor de 0, si y sólo si, el número de especies en la muestra es 1. Su valor será máximo mientras mayor sea el número de especies totales de la muestra.

b) Índice diversidad Shannon & Weaver (Luwing & Reynolds, 1988)

$$H' = - \sum_{i=1}^{S^*} (pi * Ln(pi))$$

donde,

pi = abundancia proporcional

S^* = número de especies presentes en la muestra.



El índice es igual a 0, si y sólo si, el número de especies en la muestra es 1. Es máximo sólo cuando todas las especies están representadas con el mismo número de individuos en la muestra (distribución uniforme).

c) Índice diversidad de Hill (Luwing & Reynolds, 1988)

$$N1 = e^{H'}$$

donde,

H' = índice de Shannon & Weaver.

El índice de Hill fluctúa entre 1 y un valor máximo, que depende del valor máximo del índice H' . En general, representa el número de especies en la comunidad y se interpreta como el número mínimo de especies de igual abundancia que entregan un valor similar del índice de diversidad H' .

d) Índice de uniformidad de Pielou (Ludwing & Reynolds, 1988)

$$E1 = \frac{H'}{\ln(S)}$$

donde,

H' = índice de Shannon & Weaver

S = número total de especies presentes en la muestra

e) Índice de uniformidad Sheldon (Ludwing & Reynolds, 1988)

$$E2 = \frac{e^{H'}}{S}$$



donde,

H' = índice de Shannon & Weaver

S = número total de especies presentes en la muestra.

Estos índices se mueven en un rango de valores que fluctúa entre 0 y 1. Tienden a cero cuando las abundancias relativas de las especies divergen de la uniformidad y existe una máxima dominancia de una especie o grupo. Tienden a 1 cuando todas las especies en una muestra son igualmente abundantes y aportan de igual forma a la diversidad de la muestra, indicando una máxima uniformidad.

f) Índice similitud Winer (Saiz, 1980)

Este índice permite agrupar a los individuos de acuerdo a su coexistencia, trabaja con el grado de asociación entre las especies o grupos en el par de muestras (A, B) que se está analizando. Tiene un dominio entre 0 y 1, el valor 0 indica que el par de especies o grupos zooplanctónicos no están presentes simultáneamente en ninguna muestra y el valor 1, indica lo contrario, es decir, que siempre están presentes simultáneamente.

$$S_w = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

donde x e y son los valores de importancia de cada elemento en la condición A y B, respectivamente.

Para realizar las agrupaciones de las matrices de similitud de Winer, se elaboraron dendogramas de relaciones de similitud a través de un método de agrupamiento, utilizando el método del promedio aritmético de pares no ponderado (UPGMA) descrito en Sneath y Sokal (1973) y Córdova *et al.*, 2003.



g) Comparación de estructuras zooplanctónicas

A objeto de comparar las distribuciones zooplactónicas asociadas a zonas y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre estas, se consideró como instrumento de análisis la distribución multinomial para describir las distribuciones zooplactónicas en la población de estudio, bajo la premisa que esta ha sido usada frecuentemente como un modelo en estudios ecológicos y/o biológico-pesqueros (Rindorf *et al.*, 2001). Es así que, existen distintos procedimientos estadísticos diseñados para abordar la comparación de distribuciones multinomiales (Saavedra *et al.*, 2003), siendo el modelamiento de la distribución bajo un esquema modelo basado uno de ellos.

Bajo este enfoque se utiliza la teoría asociada al uso de modelos lineales generalizados (GLM), realizando una generalización de la regresión logística para respuestas dicotómicas, denominada regresión logística nominal (Dobson, 2002). Modelo que se utiliza cuando no existe un orden natural en las categorías de la variable respuesta, como ocurre para las estructuras zooplactónicas. Una categoría se elige arbitrariamente como la categoría de referencia y las funciones de enlace están definidas por,

$$\log\left(\frac{\pi_j}{\pi_1}\right) = X_j^T \beta_j \quad \text{para } j=2, k, j$$

donde,

π_j = representa la proporción de la j-ésima especie

β_j = vector de parámetros asociado a la j-ésima especie

X_j = vector de covariables.



Las ecuaciones logitos (j-1) se utilizan simultáneamente para estimar los parámetros β_j .

Esta generalización permite el uso de todas las herramientas de la inferencia existente para estos tipos de modelos, utilizando la distribución muestral aproximada del estimador máximo verosímil para el contraste de hipótesis.

4.4.3 Biomasa zooplanctónica total

La medición de los bio-volúmenes como medida estimativa de la biomasa zooplanctónica total, se realizó con posterioridad a la determinación cuantitativa y taxonómica del zooplancton, empleándose el método de desplazamiento de volúmenes húmedos (Postel *et al.*, 2000). El volumen zooplanctónico fue determinado dos veces en cada muestra, promediando la medición de ambas para el resultado final. Se excluyeron de la medición los organismos cuyo volumen superó los 5 ml.

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

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

donde:

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



4.5 Estimación de la fauna acompañante

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

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

En cada uno de los 22 lances realizados con red de media agua se estimó la captura en peso y número obtenida para el total y por especie. Para ello, se utilizó una relación volumen/peso conocida o el pesaje individual cuando fue posible. En la **Tabla 2**, se indica por embarcación la fecha, hora, posición, duración del lance, velocidad de arrastre, profundidad de pesca, captura de jurel y fauna acompañante registrada por lance de pesca.

Por otra parte, se consideró la información de la flota cerquera industrial de la VIII Región, que se corresponde en el espacio y el tiempo con el crucero de prospección acústica, de acuerdo a lo señalado en la Oferta Técnica (punto 3.3.1.5 c). En este sentido, el resumen de los muestreos realizados a bordo de las embarcaciones que efectuaron la ecoprospección y de la flota de cerco de la VIII Región que operó durante el período de estudio, se entrega en **Tabla 3** (lances de ecoprospección) y **Tabla 4** (lances de la flota cerquera).



Tabla 2

Información de los lances de pesca de arrastre realizados por el B/C "Abate Molina" y los PAM "Ventisquero" y "Líder" crucero evaluación.

Lance			Hora		Posición calado		Posición virado		Tiempo	Velocidad	Prof.	Captura (Kg)	
			Calado	Virado	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud				Arrastr.	Nudos
1	Ventisquero	17.03.06	19.06	19.06	33°10'41	71°51'60	33°09'20	75°51'20	20	3,4	208-217	0	5.000,0
2	Ventisquero	14.03.06	10.55	11.19	33°20'70	72°15'50	33°19'50	72°15'00	24	3,8	84-120	0	441,0
3	Ventisquero	10.03.06	15.37	16.07	34°10'77	73°05'03	34°09'22	73°03'49	30	3,7	107-119	0	66,5
4	Ventisquero	08.03.06	08.58	09.20	34°35'50	75°55'60	34°34'40	75°54'80	22	3,7	98-126	0	169,0
5	A. Molina	12.03.06	19.58	20.34	35°23'15	74°15'55	35°25'35	74°15'31	36	4,0	25	269,0	64,2
6	A. Molina	11.03.06	22.08	23.18	35°24'81	73°01'99	35°22'92	73°01'43	70	4,1	18	0	1.500,0
7	A. Molina	12.03.06	10.52	11.20	35°28'39	73°30'66	35°26'49	73°29'54	28	3,7	10-20	0	0
8	A. Molina	11.03.06	14.37	15.07	35°45'25	72°58'71	34°43'43	72°57'37	40	4,1	20-22	0	2.130,0
9	A. Molina	10.03.06	15.35	15.45	35°50'03	73°46'61	35°50'06	73°45'80	10	3,2	25-35	0	30,0
10	A. Molina	10.03.06	08.30	08.50	35°50'71	74°29'27	35°49'42	74°28'71	20	4,1	18*-20	0	18,0
11	A. Molina	09.03.06	08.37	09.04	35°53'03	72°52'40	35°51'36	72°51'28	27	3,4	135-147	0	1.000,0
12	A. Molina	08.03.06	15.10	16.13	36°15'10	73°14'50	36°15'11	73°13'80	63	4,4	113-117	0	1.500,0
13	A. Molina	06.03.06	10.42	11.12	36°40'60	73°38'39	36°38'39	73°38'32	30	3,6	24-26	0	35.000,0
14	A. Molina	19.03.06	10.16	10.40	37°55'03	74°01'29	37°53'73	74°01'14	24	3,4	65-82	0	7.000,0
15	A. Molina	21.06.06	10.40	11.15	38°21'50	77°38'94	38°19'54	77°39'82	35	3,7	40	0	0
16	A. Molina	28.03.06	18.35	18.45	38°48'81	74°00'08	39°49'87	73°59'87	10	3,8	67-77	0	211,0
17	A. Molina	25.03.06	07.15	07.45	39°09'80	77°33'40	39°10'90	77°34'60	30	3,8	25-35	0	0
18	A. Molina	26.03.06	09.44	10.42	39°09'43	75°05'20	39°08'24	75°01'05	58	4,1	22-26	0	9,0
19	A. Molina	27.03.06	10.32	11.02	39°19'79	75°04'79	39°17'71	75°03'63	30	4,2	10-13	0	0
20	A. Molina	28.03.06	08.26	18.46	39°53'44	73°43'43	39°52'63	73°42'17	20	4,0	89-112	0	0
21	Líder	10.03.06	13.17	13.45	40°24'06	74°50'70	40°23'60	74°49'60	29	4,6	218-259	0	0
22	Líder	17.03.06	08.28	09.16	41°40'97	76°01'62	41°39'30	75°56'40	48	3,6	72	36,0	0
TOTAL												305,0	54.162,0

Prof. R. Sup = Profundidad de la relinga superior



Tabla 3

Información de lances de pesca de cerco realizados por las embarcaciones durante la ecoprospección.

Lance	Barco	Zona	Fecha	Latitud	Longitud	Captura (Kg)	
						Jurel	Caballa
1	Antartic	200-400 mn	15.03.06	36°15'	78°27'		
2	Quilpulemu	5-200 mn	18.03.06	38°11'	75°44'	117.480,0	2.520,0
3	Antartic	5-200 mn	18.03.06	38°12'	75°46'	87.786,0	2.214,0
4	Quilpulemu	5-200 mn	18.03.06	38°12'	75°48'	77.960,0	2.040,0
5	Quilpulemu	5-200 mn	18.03.06	38°16'	75°59'	28.488,0	1.512,0
6	Antartic	5-200 mn	18.03.06	38°18'	75°53'	9.111,0	889,0
7	Quilpulemu	5-200 mn	18.03.06	38°21'	75°53'	29.652,0	348,0
8	Antartic	5-200 mn	19.03.06	38°34'	75°43'	279.990,0	20.010,0
9	Antartic	5-200 mn	18.03.06	38°35'	75°38'	113.748,0	6.265,0
10	Quilpulemu	5-200 mn	19.03.06	38°36'	75°43'	370.517,0	39.483,0
11	Quilpulemu	5-200 mn	15.03.06	39°06'	77°37'	4.955,0	45,0
12	Malleco	5-200mn	13.03.06	40°25'	78°45'	2,7	0,3
13	Malleco	200-400 mn	14.03.06	40°51'	82°20'		0,0
14	Malleco	200-400 mn	15.03.06	41°15'	78°20'		0,0
					TOTAL	1.119.687,7	75.326,3



Tabla 4

Información de lance de pesca de cerco realizados por la flota cerquera industrial durante el crucero.

Lance	Barco	Zona	Fecha	Latitud	Longitud	Captura (Kg)	
						Jurel	Caballa
1	Dn Julio	5-200 mn	16.03.06	37°50'	75°10'	163.900	6.100
2	Pehuenco	5-200 mn	08.03.06	38°10'	73°46'	500.000	
3	Liarun	5-200 mn	23.03.06	38°27'	77°36'		
4	Ducueco	5-200 mn	20.03.06	38°37'	75°32'	588.968	11.032
5	Bucanero	5-200 mn	17.03.06	38°47'	74°07'	750.0000	
6	Dn Tito	5-200 mn	14.03.06	38°48'	75°11'	520.000	
7	Rapanui	5-200 mn	14.06.06	38°48'	75°15'	490.807	9.193
8	Yelcho	5-200 mn	14.03.06	38°49'	75°15'	700.000	
9	Pehuenco	5-200 mn	26.03.06	38°50'	75°11'	854.004	15.996
10	Don Boris	5-200 mn	12.03.06	38°52'	75°06'	600.000	
11	Dn Julio	5-200 mn	19.03.06	38°53'	75°32'	82.763	27.237
12	Libas	5-200 mn	21.03.06	38°53'	75°35'	760.000	
13	Dn Julio	5-200 mn	19.03.06	38°57'	75°30'	135.431	44.569
14	Dn Julio	5-200 mn	20.03.06	39°00'	75°28'	190.000	
15	Dn Julio	5-200 mn	20.03.06	39°06'	75°26'	240.766	79.234
16	Dn Edmundo	5-200 mn	22.03.06	39°08'	75°04'	588.968	11.032
17	Dn Edmundo	5-200 mn	12.03.06	39°11'	75°22'	932.533	17.467
18	Lider	5-200 mn	22.03.06	39°19'	75°35'	20	
19	Don Boris	5-200 mn	22.03.06	39°22'	75°12'	384.119	60.881
20	Liarun	5-200 mn	15.03.06	39°28'	76°04'		
21	Liarun	5-200 mn	14.03.06	39°29'	75°41'	70.000	
22	Dn Julio	5-200 mn	15.03.06	39°31'	76°06'	160.000	
23	Liarun	5-200 mn	14.03.06	39°32'	75°31'	65.000	
24	Liarun	5-200 mn	14.03.06	39°32'	75°41'	180.000	
25	Liarun	5-200 mn	15.03.06	39°32'	75°49'	50.000	
26	Liarun	5-200 mn	14.03.06	39°35'	75°34'		
27	Liarun	5-200 mn	15.03.06	39°35'	76°10'	160.000	
28	Dn Julio	5-200 mn	15.03.06	39°37'	76°10'		
29	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°43'	75°44'	180.575	59.425
30	Don Roberto	5-200 mn	16.03.06	39°43'	76°14'	265.036	4.964
31	Dn Julio	5-200 mn	14.03.06	39°44'	75°38'	50.000	
32	Liarun	5-200 mn	10.03.06	39°45'	75°46'		
33	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°46'	75°45'	190.000	
34	Liarun	5-200 mn	10.03.06	39°47'	75°47'	218.194	71.806
35	Dn Julio	5-200 mn	15.03.06	39°51'	76°08'	100.000	
36	Dn Julio	5-200 mn	15.03.06	39°51'	76°08'	120.000	
37	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°52'	75°46'		
38	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°52'	75°45'	82.763	27.237
39	Liarun	5-200 mn	10.03.06	39°52'	75°48'	101.573	33.427
40	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°53'	75°46'		
41	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°56'	76°02'	70.000	
42	Liarun	5-200 mn	10.03.06	39°57'	76°00'	60.192	19.808
43	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	39°58'	75°56'	130.000	
44	Dn Julio	5-200 mn	11.03.06	39°58'	76°05'	112.859	37.141
45	Liarun	5-200 mn	10.03.06	39°58'	76°03'	86.525	28.475
46	Liarun	5-200 mn	10.03.06	40°00'	75°53'		
47	Dn Julio	5-200 mn	10.03.06	40°01'	75°54'		
48	Liarun	5-200 mn	09.03.06	40°01'	75°02'		
49	Dn Julio	5-200 mn	11.03.06	40°02'	76°06'	173.051	56.949
50	Yelcho	5-200 mn	10.03.06	40°05'	74°55'	600.000	
51	Vulcano	5-200 mn	26.03.06	40°09'	76°30'	1079.775	20.225
52	Dn Julio	5-200 mn	23.03.06	40°58'	75°36'		
53	Dn Manuel	5-200 mn	09.03.06	40°59'	75°40'	480.000	
54	Dn Julio	5-200 mn	23.03.06	41°01'	75°37'		
55	Dn Julio	5-200 mn	24.03.06	41°12'	75°46'	120.000	
56	Dn Julio	5-200 mn	24.03.06	41°25'	75°45'	127.907	42.093
57	Dn Julio	5-200 mn	24.03.06	41°28'	75°42'	97.811	32.189
58	Dn Julio	5-200 mn	24.03.06	41°30'	75°45'	210.670	69.330
59	Dn Julio	5-200 mn	24.03.06	41°33'	75°46'		
60	Liarun	5-200 mn	25.03.06	41°38'	75°55'	220.000	
61	Liarun	5-200 mn	25.03.06	41°41'	75°56'	160.000	
62	Liarun	5-200 mn	25.03.06	41°44'	75°56'	165.527	54.473
63	Liarun	5-200 mn	25.03.06	41°46'	76°02'	45.144	14.856
					TOTAL	14.414.881	855.139

FUENTE: Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) e Instituto de Investigaciones Pesquera (IIP)



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

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

4.6.1 Diseño general de muestreo

Durante el crucero de investigación se realizaron 22 transectas con estaciones dispuestas en forma perpendicular a la costa, con 8 estaciones de muestreo situadas a las 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 mn en el sector comprendido entre las 5 y 200 mn.

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

En el sector norte donde operó el PAM “Ventisquero”, perfiles continuos de temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y fluorescencia (u.r.), se realizaron desde la superficie hasta un máximo de 600 m de profundidad mediante una unidad CTD SeaBird modelo SeaCast y un perfilador de fluorescencia. También se colectó muestras de agua de mar con botellas Niskin a profundidades discretas



(superficie, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 y 600 m) a fin de cuantificar la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar.

Para el sector sur donde operó el PAM “Líder”, registros continuos de temperatura (°C) y salinidad (psu) se obtuvieron de la superficie a un máximo de 600 m con una sonda CTD Meereschtechnik Elektronik, modelo Memory Probe Multiparameter. Además, se colectó muestras de agua de mar con botellas Niskin a profundidades discretas (superficie, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 y 600 m) con el propósito de cuantificar la concentración de oxígeno disuelto y la clorofila-a.

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

Tabla 5

División operacional del área de estudio y números de estaciones oceanográficas por sector.

Sector	Límite	Estaciones	Latitud
	Oeste (mn)	de muestreo	Sur
Norte	200	48	32°55,0' - 35°12,5'
Centro-sur	200	79	35°12,6' - 39°22,5'
Sur	200	46	39°22,6' - 41°40,0'
Area Total	200	172	32°55,0' - 41°40,0'

El 97,73% 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. Las estaciones de muestreo donde no se obtuvo información corresponden a aquellas donde el tiempo imperante y el estado del mar no permitió se realización por razones operativas y de seguridad. Situación que se registró sólo en 4 estaciones bioceanográficas.



Por último, la **Tabla 6** resume la posición de cada una de las 22 transectas realizadas durante el estudio y el número de estaciones de muestreo.

Tabla 6

Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular.

Transectas	Latitud (°S)	N°Estaciones
1	32°55'	8
2	33°20'	8
3	33°45'	8
4	34°10'	8
5	34°35'	7
6	35°00'	8
7	35°25'	8
8	35°50'	8
9	36°15'	8
10	36°40'	8
11	37°05'	8
12	37°30'	8
13	37°55'	8
14	38°20'	8
15	38°45'	8
16	39°10'	7
17	39°35'	8
18	40°00'	8
19	40°25'	8
20	40°50'	8
21	41°15'	8
22	41°40'	6



4.6.2 Análisis de las muestras y de la información

La salinidad se determinó por medio de un salinómetro de inducción Beckman RS7C, utilizando estándar IAPSO en el Laboratorio de Oceanografía Química del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. La concentración de oxígeno disuelto se determinó por el método de Winkler (Parsons *et al.*, 1984).

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

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

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

El análisis vertical de las variables oceanográficas medidas en este trabajo se realizó a través de: a) secciones oceanográficas para cada una de las variables y en cada una de las 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 y SO para 5, 50 y 100 m de profundidad.

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

4.6.3 Información meteorológica

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

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

Se efectuó un análisis espacial de la distribución y abundancia de jurel y las variables oceanográficas registradas a partir de la información generada en el crucero de prospección. La información comprende la prospección acústica con el valor de densidad del recurso y los registros de las estaciones bio-oceanográficas temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), oxígeno (ml/L), densidad (σ_t), clorofila integrada (mg/m^2), y eufáusidos (individuos/ 1000m^3), copépodos (individuos/ 1000m^3) y capa de dispersión profunda (Sa).



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

Procesamiento de la información

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

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

Con el propósito de relacionar y superponer diferentes imágenes es necesario que éstas tengan la misma escala espacial, resolución y cobertura geográfica. Con el módulo RESAMPLE del SIG se generaron en rasters, imágenes que tenían la misma cantidad de filas y columnas. De esta manera se crearon cartografías en rasters de 210 columnas (en el sentido E-W) y 270 filas (en el sentido N-S).

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



Tabla 7

Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos

VARIABLES	TIPO DATOS	PLANOS HORIZONTALES POR RANGOS DE PROFUNDIDAD
Densidad del jurel (t/mn^2)	Integrado	en tres planos: 1ª: superficie a 50 m 2ª: 51 a 100 m 3ª: 101 a 150 m
Temperatura ($^{\circ}C$)	Puntual	en tres planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m
Salinidad (psu)	Puntual	en tres planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m
Oxígeno (ml/L)	Puntual	en tres planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m
Densidad (σ_t)	Puntual	en tres planos: 1ª: 5 m (superficial) 2ª: 50 m 3ª: 100 m
Clorofila (mg/m^2)	Integrado en la columna de agua	1 a 100 m
Eufáusidos (individuos/ $1000 m^3$)	integrado en la columna de agua	
Capa de dispersión profunda (Sa)	Integrado	



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

a) Análisis integrado

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

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

Para establecer las relaciones entre estas variables, se realizó un análisis entre la distribución de las especies y de las variables bio-oceanográficas, para tal efecto se realizaron asociaciones entre los planos de densidad del jurel y las variables ambientales a través de la estimación del índice V de Cramer (este coeficiente va desde 0, independencia completa, hasta 1, dependencia completa).

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

Para determinar los rangos de preferencia de la especie en relación a las variables oceanográficas, se generaron los gráficos con la frecuencia (número de celdas) de la distribución de la especie con respecto a dichas variables mediante tablas de



crostabulación. Con lo anterior, también se determinaron rangos óptimos de preferencia de la especie en relación dichos parámetros ambientales.

d) Análisis de la señal latitudinal

Para contrastar la hipótesis de que la distribución y abundancia del jurel se encuentra asociada a ciertas estructuras (por ejemplo surgencias, zona de bordes térmicos), se estimó la señal latitudinal de las variables hidrográficas conservativas y la densidad del jurel expresados en Sa o IBM. Para tal efecto se utilizó la metodología propuesta por (Córdova *et al.*, 2005) creándose una grilla con una resolución de 2 mn latitudinal y 2 mn longitudinal. Generándose dos señales: la primera denominada costera y situada entre la costa y 100 mn, la segunda llamada intermedia posicionada entre los 101 y los 200 mn. Asimismo, se estimaron los gradientes térmicos y salinos longitudinales, calculándose el diferencial entre píxeles vecinos mediante los comandos del SIG.

e) Modelamiento estadístico entre las variables acústicas y bio-oceanográficas

En el caso del recurso jurel y el ambiente no se conoce *a priori* la forma de la relación entre la densidad de jurel y las variables ambientales; se exploró el empleo de modelos aditivos generalizados (GAM). En este tipo de análisis el término no paramétrico considera la relación entre las variables respuesta y el término del error donde el carácter paramétrico de la hipótesis de la distribución de los errores de los GAM, permite el uso de los test de la estadística clásica. Por esta razón se escoge GAM para modelar las relaciones jurel-ambiente.



Los métodos GAM se apoyan en transformaciones empíricas de las variables explicativas por técnicas de suavización local. La formulación general de GAM es la siguiente:

$$S(Y_j) = \sum_i T_i(X_i(j)) + \varepsilon(j)$$

donde Y_j es la variable respuesta de la observación j , X_i es la variable predictora, S es una función de enlace, T representa la función no paramétrica estimada por técnicas de suavización y E es una variable aleatoria donde la ley de distribución debe ser escogida en la familia de distribución exponencial (que comprende la ley normal, la ley de Poisson, la ley binomial, la ley gama, etc. (Maury O., 1998)

Los métodos de suavizamiento pueden ser de tipo “spline” o “loess”, en el primero la estimación se realiza en la vecindad de X_i donde los pesos son calculados por una función cúbica, que es proporcional a la distancia cúbica del punto X_i , y el segundo se obtiene mediante la regresión de los mínimos cuadrados a través de un peso local. En la aplicación se efectúa un análisis de las distribuciones, se hace una hipótesis sobre la distribución normal del error. En el caso de la función de enlace S es simplemente la función de identidad. La esperanza de la variable Y es expresada como la suma de las funciones de suavización de las variables explicativas:

$$E(Y / X_i) = \sum_i T_i(X_i)$$

A la densidad de jurel (S_a) se emplea una transformación logarítmica, para hacer simétrica una distribución no simétrica de la frecuencia de la densidad del jurel y por otra parte en razón de la naturaleza *a priori* multiplicativa de los procesos considerados, la forma general de los GAM que se ajustó es la siguiente:

$$\ln(S_a + 1) = \sum_i T_i(X_i)$$



Donde, X_i son las variables predictoras representadas por datos ambientales relacionadas con la presencia de jurel expresado en S_a .

En la aplicación se probaron modelos para poner en evidencia el rol de las variables ambientales en las densidades locales de jurel.

Los criterios de selección utilizados en la evaluación de la bondad de ajuste de los modelos son: el test F, que permite probar la significancia de contribución de cada término en el modelo (Hastie y Tibshirani, 1990), el criterio C_p de Mallows, el cual permite minimizar la suma de los residuales al cuadrado, y por último se empleó el pseudo coeficiente R^2 , que se define como la diferencia de 1 y el cociente entre la devianza explicada por el modelo y la devianza explicada por un parámetro. Estos últimos criterios, permiten comparar diferentes modelos.

Los datos son analizados previamente con el sistema de información geográfica. Se considera la posición espacial de los ecotrazos expresados en S_a , la latitud (lat), longitud (long) geográfica y la profundidad. Las variables ambientales consideradas son temperatura, salinidad, oxígeno, densidad del agua, clorofila integrada y eufáusidos.





5. RESULTADOS

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

5.1.1 Calibración electroacústica

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

Tabla 8

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

LUGAR	FECHA	BARCO	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
			LONGITUD DE PULSO (ms)					
			0,3	1,0	3,0	0,3	1,0	3,0
VALPARAÍSO	16/05/00	A. Molina	26,5	27,6	28,2	26,8	27,4	27,9
TALCAHUANO	29/05/00	Ventisquero	26,4	27,2	27,6	26,3	27,1	28,0
TALCAHUANO	18/05/01	A. Molina	26,5	27,7	28,3	26,8	27,5	27,9
TALCAHUANO	04/06/01	Don Julio	26,3	27,5	28,4	26,7	27,3	28,0
TALCAHUANO ¹	04/06/01	Líder		26,7			26,7	
VALPARAÍSO	24/04/02	A. Molina	26,6	27,8	28,2	26,9	27,6	27,9
TALCAHUANO ¹	26/05/02	Líder		26,8			26,8	
TALCAHUANO ¹	31/05/03	Don Julio		27,3			27,3	
VALPARAISO	07/05/03	A. Molina	26,1	27,6	28,1	26,8	27,5	28,0
LIRQUEN ¹	30/05/03	Líder		21,6			21,6	
CORONEL	31/05/04	Don Julio		26,5			26,5	
VALPARAISO	24/05/04	A. Molina	26,3	27,5		26,7	27,4	
LIRQUEN ¹	30/05/04	Líder		25,2			25,2	
LIRQUEN ¹	02/06/05	Libas ¹		26,2			26,2	
VALPARAISO	17/05/05	A. Molina	26,	27,6	28,2	26,9	27,4	27,8
LIRQUEN ¹	29/05/05	Líder ¹		25,9			25,9	
LIRQUEN ¹	04/03/09	Ventisquero		27,2			27,2	
VALPARAÍSO	01/03/06	A. Miolina	26,5	27,8	28,6	26,9	27,6	27,2
LIRQUEN ¹	05/03/06	Líder		24,1			24,1	

¹ Sólo se calibró longitud de pulso de trabajo.



La ganancia del transductor en la frecuencia de trabajo (38 Khz), tanto para TS y Sv, indica estabilidad en los valores a lo largo del tiempo en los distintos equipos utilizados en la evaluación (B/C Abate Molina, PAM “Ventisquero” y “Líder”), 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 PAM Líder muestra una diferencia respecto a su valor nominal, lo cual no afecta la calidad de los datos ya que este valor de ganancia ajusta el equipo para obtener el valor de TS de la esfera de calibración (esfera de calibraciones de 60 mm de diámetro, TS = -33,6 dB).

En este sentido, el análisis estadístico realizado mediante la aplicación del test t Student para datos pareados, a los valores de ganancias del transductor a distintas longitudes de pulso, indica que las diferencias observadas no son significativas, al determinar valores de “t” student observado inferiores a los valores críticos de aceptación a un nivel de confianza de 95% (**Tabla 9**).

Tabla 9

Valores de t Student observados y críticos para frecuencia de 38 Khz

VALOR STUDENTS	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
	Longitud de pulso (mseg)					
	CORTO	MEDIO	LARGO	CORTO	MEDIO	LARGO
T (OBSERVADO)	0,32	0,17	0,76	0,21	0,16	0,34
T (CRÍTICO;95%)	2,17	2,07	2,28	2,17	2,07	2,28

Los resultados indican que no existe una deriva significativa en el equipo de evaluación acústica SIMRAD EK-500 y EK-60, permaneciendo éste en los rangos de variación señalados por su fabricante, lo cual asegura que un posible error por este concepto en el estimado de abundancia es mínimo.



5.1.2 Descripción de estructuras espaciales en la información acústica

El recurso estuvo presente en toda la zona de estudio, concentrándose las agregaciones de jurel principalmente desde Constitución al sur, mientras que hacia el norte su presencia fue escasa y en bajas densidades (**Figura 4**). Aun cuando no existen evaluaciones acústicas realizadas en la zona durante el mes de marzo, al comparar la distribución de jurel con la reportada para invierno en años anteriores, se puede establecer que se mantiene la baja presencia del recurso en el sector norte del área de estudio, la cual, no es tan extrema como lo registrado en el 2003 a 2005, donde se expandió considerablemente al no registrar concentraciones importantes de jurel en el sector costero. Esta zona se caracterizó por ecogramas acústicos con agregaciones esporádicas y valores mínimos de integración, así como registros imperceptibles de la capa de plancton superficial.

La distribución espacial del recurso presentó zonas de alta concentración principalmente asociadas al borde de las 100 mn, con focos de alto nivel de concentración bastante reducidos, siendo característico una distribución más contagiosa con núcleos esporádicos de alta densidad desde Lebu al norte. Situación que cambia radicalmente hacia el sur, donde la distribución del recurso presenta una mayor cobertura espacial asociada al predominio de bajas densidades y algunos sectores de mayor concentración. Las mayores concentraciones de jurel al sur del área de estudio, no muestra tendencia hacia el oeste que indique que una fracción de las agregaciones no fue cubierta por la prospección, lo cual se comprobó con la eco prospección simultánea a la evaluación efectuada sobre las 200 mn de la costa, al registrar las naves cerqueras industriales ecotrazos de jurel esporádicos y de baja densidad acústica, ratificando la fuerte concentración del recurso dentro del área evaluada (**Figura 4**).



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

Para el área total el índice de presencia (IC) y densidad (ID) fue de 4,55% y 258,76 t/mn², valores que están influenciado por la fuerte presencia de áreas de concentración del recurso en el entorno de las 100 mn de la costa.

Entre 1999 y 2001, en las primeras 200 mn la distribución espacial de jurel mostró estabilidad en la cobertura espacial (29,73; 30,28 y 29,50%), mientras que el índice de densidad se incrementó desde 159,24, 151,99 y 263,18 t/mn², indicando un aumento en la biomasa disponible entre estos años. En este sentido, los resultados de marzo de este año muestran el fuerte cambio en el uso del espacio que hace el jurel en la zona de estudio.

Número de cardúmenes por milla recorrida

El número de cardúmenes por milla recorrida expresado en porcentaje, para el crucero fue de 90,6% para la frecuencia de un cardumen y solo 9,4% para el caso de dos cardúmenes. En este sentido, se mantiene la característica observada durante los períodos de invierno, donde el número máximo de cardúmenes presentes por milla recorrida ha sido dos desde el año 2002 en adelante, con fuerte predominio de la frecuencia de 1 cardumen por milla recorrida, frecuencia que representó para los años 2002, 2003, 2004 y 2005 valores de 93,1%, 87,6%, 85,0% y 95%, respectivamente.

Estos resultados, sugieren que los incrementos en el número de cardúmenes registrado durante períodos cálidos, seis cardúmenes por milla recorrida en 1992 y ocho cardúmenes por milla recorrida en 1997, estarían más relacionados con un comportamiento propio de ejemplares de menor talla presentes en estos años, que a una relación asociada a la variable temperatura, por cuanto en marzo cuando las condiciones ambientales son más cálidas que invierno, se mantiene el bajo número



de cardúmenes por milla recorrida, conjuntamente con la total ausencia de ejemplares menores a 26 cm.

5.1.2.2 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas muestra rangos muy distintos para los tamaños de las macroestructuras dentro del área de estudio, con un tamaño de 2 mn y 3 mn en el sector norte y mayores a 5 y 6 mn hacia el sur (**Figura 5**). Diferencias que son explicadas por el tipo de distribución espacial presente en el área de estudio, al registrar de puerto Saavedra al sur, densidades de jurel bastante homogéneas que generaron zonas más extensas de distribución, con macroestructuras de mayor tamaño respecto al sector norte del área de estudio.

5.1.2.3 Variogramas

Para el análisis variográfico de la distribución espacial se estimaron los variogramas experimentales en la dirección norte-sur y este-oeste (Fig. 6).

En la dirección norte-sur, el variograma estimado presentó una alta componente de aleatoriedad, debido a la presencia de microestructuras de tamaño menor a la distancia entre transectas utilizada en el crucero. Sin embargo, en la dirección Este-oeste se observó una distribución altamente estructurada y una baja variabilidad de microescala.

Frente a lo anterior, se estimó el siguiente variograma exponencial omnidireccional :



$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & \text{para } h = 0 \\ 20000 + 1.000.000 \left[1 - \exp\left(-\frac{|h|^2}{16}\right) \right] & \text{para } 0 \leq h \leq 4 \\ 1.000.000 & \text{para } h > 4 \end{cases}$$

El variograma ajustado mostró una distribución estructurada y donde el aporte de la varianza de la estructura representó el 99,3% de la varianza espacial asociada a la distribución del jurel, mientras que la contribución de varianza aleatoria o efecto pepita sólo representó el 0,7% del total estimado para la zona de estudio.

5.1.3 Distribución geográfica del recurso

El recurso mantiene su patrón de distribución característico observado en anteriores evaluaciones hidroacústicas realizadas en invierno en la zona, con agregaciones alargadas y distribuidas en sentido latitudinal y paralelas a la costa. El recurso jurel se detectó principalmente entre Pto. Lebu y el extremo sur de la zona de estudio, hacia el norte su presencia fue bastante menor.

En la zona se identifican sectores definidos de alta densidad (**Figura 4**) asociados al borde de las 100 millas de la costa, con focos de alto nivel de concentración bastante reducidos, siendo característico un comportamiento más gregario y una menor cobertura espacial de Lebú al norte, la cual luego se incrementa hacia el sur. En este sentido el recurso se localizó principalmente de puerto Lebu a isla Chiloé, concentrando el 81,01% de la biomasa total estimada para la zona de estudio, en un sector restringido al entorno de la 100 mn, donde la distribución espacial de jurel muestra una continuidad en las agregaciones en el sentido longitudinal, y el predominio de bajas densidades en áreas más extensas.



El patrón de distribución espacial del jurel durante este mes, se corresponde con lo observado durante invierno del 1998 y 2002-2005, al ubicarse principalmente el recurso en el sector sur del área de estudio, registrando en marzo, al igual que estos años, sobre el 90% de la abundancia al sur de Talcahuano y la esporádica presencia del recurso hacia el sector norte, a la cuadra de Valparaíso. Situación que es distinta a los otros años, donde el recurso ha presentado una distribución más amplia en la zona de estudio (Córdova *et al.*, 1997,1998, 1999, 2000, 2001 y 2002).

Las principales zonas de concentración de recurso se ubicaron en el sector de las 100 mn de la costa, frente a puerto Lebu (37°30'LS), sur de puerto Saavedra (39°10'LS), bahía Corral (40°00'LS) y San Pedro (40°50'LS), algunas de las cuales constituyeron zonas de pesca durante el estudio. Hacia el norte, las zonas de alta densidad se reducen considerablemente, siendo posible destacar solo aquella ubicada frente a Constitución (35°25'LS) y donde se observó alta densidad de jurel, en tanto el resto de la zona presenta escasas densidades que no superaran los 75 t/mn².

En la zona de estudio, las concentraciones detectadas de jurel en la evaluación y ecoprospección, sugieren para el sector de las primeras 200 mn, la expansión de la distribución espacial del recurso hacia el sur, mientras que hacia el sector oceánico no existe tendencia que indique una presencia importante de jurel en este sector (**Figura 4**). Situación que es distinta a lo registrado durante los inviernos del 2003 al 2005, donde una importante fracción de la biomasa estimada se localizó sobre la ZEE (>65%).



5.1.4 Distribución batimétrica del recurso

En la zona de estudio el jurel se ubicó entre los 10 a 120 m de profundidad, con una tendencia a ubicarse sus agregaciones a mayor profundidad hacia el oeste (**Figura 7**). Es así que, entre la costa y las 100 mn, los primeros 50 m de profundidad agrupan el 97,3% de las agregaciones de jurel, mientras que por sobre las 100 mn el porcentaje alcanza un 81,6%, indicando que hay un cambio en la distribución batimétrica del recurso entre ambos sectores (**Figuras 7a y 7b**). Profundización del recurso que también se observa a una escala mayor en inviernos del 2003 al 2005, al agrupar sobre el 90% de las agregaciones en los primeros 100 m en la ZEE, lo cual por sobre las 200 mn se reduce a valores de 60%.

En el sector de las 100 mn, las abundancias sobre 300 t/mn² y bajo las 75 t/mn² se ubicaron de preferencia entre los 20 a 50 m de profundidad, con un fuerte predominio de las bajas densidades, mientras que mas allá de las 100 mn, se presentó una distribución batimétrica con agregaciones situadas a una profundidad mayor y fuerte predominio de altas densidad y el registro de bajas densidades a mayor profundidad (40 a 70 m) , respecto a lo registrado hacia la costa (**Figura 7a y b**).

En general, de norte a sur no se observa la tendencia del recurso a profundizarse en el sector costero, como ha sido recurrente en las prospecciones realizadas en invierno desde 1997, 1999, 2000, 2001 y 2002, registrando en este período, al igual que entre el 2003 y 2004, una participación mayor hacia valores menores de profundidad en la ZEE.

Este tipo de distribución, indica que durante el día el 99,68% y el 97,46% de las agregaciones de jurel, estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco dentro y fuera de las 100 mn, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad. Porcentaje que respecto a evaluaciones realizadas durante invierno, indica que se mantiene la alta participación de agregaciones en superficie dentro de las 200 mn, de manera



importante como la observada durante 1998 (42,30%), 1999 (69,81%), 2000 (73,33%), 2003 (82,77%) y 2004 (74,37%).

5.2 Biomasa total del recurso jurel

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

La constante de ecointegración fue determinada a partir de la aplicación de la relación $TS = 20,11 * \text{Log}(L) - 68,67$ (Córdova *et al.*, 1998), y el valor central (mediana) desde la distribución de tallas ponderadas por captura por tiempo de arrastre y densidad acústica.

La evaluación a la talla al 50% (mediana), de la regresión TS-longitud y la relación longitud peso establecida en el crucero, permitió determinar un TS de $-38,02$ dB y un peso a la talla de 405,47 gramos. A partir de estos resultados se calculó una constante de ecointegración de $0,2045 (t^*mn^{-2}Sa^{-1})$,

5.2.2 Biomasa total de jurel y su varianza

La biomasa de jurel estimada para la zona de estudio, aplicando los métodos de Estrato agrupado (Volter 1985) y de Geoestadístico (Petitgas, 1991) se entrega en la **Tabla 10**.

**Tabla 10**

Biomasa y densidad de jurel estimada y dos distintos métodos.

Método	Área (mn ²)	Biomasa (t)	Densidad (t/mn ²)
	5- 200	5 - 200	5-200
EstratoAgrupado	34.308	1.150.000	33,52.
Geoestadístico	30.600	1.160.0 00	37,91

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

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

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

Los estimados de varianza, coeficientes de variación y error del estimado, obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos propuestos se entregan en la **Tabla 11**.

Tabla 11

Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel

Método	Varianza	Coeficiente de variación (%)
	5 – 200 mn	5 – 200 mn
Conglomerado	1,5811*10¹¹	34,57
Estrato	5,1766*10¹⁰	19,78
Bootstrap	8,1331*10¹⁰	24,79
Geoestadístico	2.8790*10¹⁰	14,75



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

5.2.3 Biomasa de jurel a la talla y su varianza

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

El cálculo de la biomasa a la talla para la zona de estudio, se sustenta en la aplicación de la prueba estadística de Chi cuadrado a las distribuciones de talla colectadas a bordo de naves pesqueras por Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y el Instituto de Investigaciones Pesqueras (INPESCA), y cuyo resultado indica que no es posible aceptar la existencia de diferencias entre las distribuciones de talla, al no exceder el Chi cuadrado calculado (0,6) del Chi de tabla (40,1) a un 95% de confianza, razón por lo cual es posible refundir la información de ambos sectores

Respecto a las 3.200.000 t (2,22E+10 individuos), 4.100.000 t (2,14E+10 individuos), 5.600.000 t (2,5E+10 individuos) y 5.950.000 t (3,12E+10 individuos) evaluados en el período de invierno entre 1998 y 2001, los resultados alcanzados durante el mes de marzo muestran una baja disponibilidad del recurso en la ZEE, con una abundancia numérica reducida (2,5E+09 individuos) y un volumen de biomasa inferior a los registrados durante este período, lo que permite descartar para marzo, la existencia de una mayor disponibilidad del recurso del recurso en la zona de estudio. Este resultado apoya la hipótesis de una menor presencia del recurso dentro de la ZEE, al no tener evidencias concretas con este cruce de un cambio estacional en la máxima disponibilidad del jurel registrada históricamente durante invierno (mayo-junio), ante lo cual es posible sostener que a partir del 2002, el recurso no entra con intensidad hacia la costa.

Tabla 12



Abundancia en número y en peso a la talla de jurel para el sector 5 a 200 mn.

Talla	Frecuencia	Peso	Frecuencia	Abundancia	Abundancia en toneladas
28	1	237,27	0,05	1.225.360	291
29	47	263,87	0,47	11.689.530	3.085
30	207	292,40	3,52	87.789.707	25.670
31	457	322,92	8,78	219.049.351	70.735
32	737	355,50	14,47	360.728.680	128.239
33	1.000	390,21	15,79	393.845.251	153.684
34	1.254	427,12	16,34	407.361.711	173.995
35	1.210	466,30	15,05	375.167.905	174.943
36	846	507,82	8,32	207.511.407	105.379
37	539	551,74	4,19	104.477.160	57.645
38	354	598,14	2,17	54.099.072	32.359
39	256	647,08	1,82	45.305.165	29.316
40	207	698,63	1,49	37.260.817	26.032
41	170	752,87	1,14	28.407.799	21.387
42	110	809,85	0,85	21.290.538	17.242
43	76	896,65	1,01	25.261.630	21.969
44	73	932,34	1,71	42.702.016	39.813
45	40	997,98	0,85	21.149.572	21.107
46	39	1.066,65	0,66	16.556.493	17.660
47	25	1.138,42	0,57	14.212.300	16.180
48	14	1.213,35	0,54	13.518.876	16.403
49	4	1.291,51	0,02	378.317	489
50	2	1.372,98	0,17	4.263.540	5.854
51	1	1.457,82	0,01	358.478	523
TOTAL	7.669		100	2.493.610.677	1.160.000

Los resultados alcanzados indican que durante el mes de marzo no se registrarían ejemplares bajo la talla mínima legal (26 cm), con lo cual culmina la tendencia decreciente y sostenida de reducción individuos bajo la talla mínima legal en número y peso, que comenzó con un 8,13% y 14,1% el 2002, el 7,59% y 4,06% del 2003, el 6,76% y 2,82% del 2004, así como el 0,12% y 0,05% del 2005. Esta baja en el número de ejemplares bajo la talla mínima también se mantiene durante mayo-junio del 2006 de acuerdo a los resultados de la evaluación acústica de invierno realizada en la zona de estudio.

En la **Tabla 13** se resume las varianzas y coeficiente de variación de la abundancia



en número y peso por talla de jurel para el área total de estudio.

Los resultados muestran coeficientes de variación entre 0,10 a 1,00, ubicándose la mayor precisión en el rango donde se registran las mayores frecuencias de tallas de jurel (31 a 36 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 13

Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel para el área de estudio.

Talla	Frecuencia	Varianza	Coeficiente de	Varianza	Coeficiente
28	1	1.50151E+12	1.00	84537	1.00
29	47	1.18327E+13	0.29	823927	0.29
30	207	3.39693E+14	0.21	29356991	0.21
31	457	1.48149E+15	0.18	155314292	0.18
32	737	3.64026E+15	0.17	461709670	0.17
33	1.000	4.19321E+15	0.16	639845699	0.16
34	1.254	4.48128E+15	0.16	819387263	0.16
35	1.210	3.88479E+15	0.17	845869966	0.17
36	846	1.35919E+15	0.18	351393197	0.18
37	539	4.29101E+14	0.20	130875799	0.20
38	354	1.43648E+14	0.22	51504464	0.22
39	256	1.22581E+14	0.24	51453124	0.24
40	207	1.04008E+14	0.27	50863899	0.27
41	170	7.20788E+13	0.30	40900266	0.30
42	110	4.75875E+13	0.32	31235561	0.32
43	76	8.22783E+13	0.36	62265628	0.36
44	73	1.73413E+14	0.31	150911138	0.31
45	40	7.71786E+13	0.42	77012527	0.42
46	39	5.60158E+13	0.45	63767247	0.45
47	25	5.38229E+13	0.52	70163644	0.52
48	14	5.33636E+13	0.54	78789562	0.54
49	4	5.44707E+10	0.62	90917	0.62
50	2	1.68998E+13	0.96	31857290	0.96
51	1	1.28507E+11	1.00	273106	1.00
Total	7.669				

5.2.3.1 Composición por tamaño



La distribución de talla registrada desde muestreos de la flota cerquera de la VIII Región, se presenta en la **Figura 8d**. Se muestreó ejemplares de jurel entre 28 a 51 cm de longitud horquilla, concentrando el 99,94% de los individuos entre los 29 a 50 cm (4 a 12 años). A diferencia de lo registrado en invierno del 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005, donde el 99,33%, 99,87%, 98,37%, 99,84 y 98,37% de los individuos se ubicó entre los 20 a 35, 20 a 42, 24 a 45, 22 a 50 y 24 a 55cm. Este año para marzo, se evidencia una estructura de talla más restringida que el 2005, con una participación menor de ejemplares en los extremos, pero con un desplazamiento del grupo de tallas predominantes entre años (**Figura 8**).

La estructura de talla presenta moda principal en 35 cm y secundaria en 34 cm, observándose un desplazamiento de la moda principal hacia tallas mayores, respecto de la registrada durante el invierno de 2001 (26 cm), 2002 (27 cm), 2003 (28 cm), 2004 (29 cm) y 2005 (29-30 cm), lo cual sugiere un crecimiento en la estructura del stock en la zona de estudio.

Al igual que lo observado el 2005, para marzo de este año, la distribución difiere de lo observado en el 2001, donde los ejemplares entre 25 a 30 cm sustentaron el alto volumen de biomasa estimada. Este año, al igual que el 2003, se observa una fuerte merma de ejemplares pequeños (20 a 24 cm), pero con un incremento de las tallas 28 a 44 cm como se observó a partir del 2002, lo que indica un desplazamiento de la distribución de tallas del stock de jurel disponible en la zona de estudio, hacia ejemplares de mayor tamaño (**Figura 8**).



El n3mero de ejemplares bajo la talla m3nima legal de 26 cm fue cero y de individuos bajo los 32 cm de solo un 14,36%, lo que indica una fuerte disminuci3n respecto al 2001 y 2002, donde se registran valores de 41,23 - 26,66% para la talla m3nima y de 96,88 – 83,66% para talla de primera madurez, indicando un crecimiento som3tico en jurel para la zona de estudio (**Figura 8**).

5.2.3.2 Relaci3n longitud-peso

En atenci3n a que la informaci3n fue colectada en distintas embarcaciones de la flota cerquera industrial, tanto por IFOP como INPESCA, las regresiones establecidas fueron analizadas (Tabla 14), aplicando una d3cima de comparaci3n para varias relaciones lineales simult3neas, estableciendo la no existencia de diferencias significativas entre s3, al obtener un F calculado (1,60) inferior al F cr3tico de tabla (3,69) con un 95% de confianza. Resultado que permite refundir la informaci3n en una sola base de datos para la zona prospectada.

Tabla 14

Par3metros y estad3stica b3sica de la relaci3n $w=a*L^b$ para informaci3n de IFOP e INPESCA

	IFOP	INPESCA
N3 de observaciones	346	840
LOG (K)	-	.
A	0,01815	0,00933
B	2,86957	3,03220
ERROR EST. (LOGK)	0,04632	0,05331
ERROR EST. B	0,02930	0,03445
R ²	0,96	0,90



En este sentido, en la **Tabla 15** 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 9** grafica los datos utilizados con sus modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relación longitud-peso.

Tabla 15

Parámetros y estadística básica de la relación $w=a*L^b$ para zona de estudio

	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
Nº de observaciones	568	618	1.186
LOG (K)	-2,02370	-2,02795	-2,01619
A	0,00946	0,00937	0,00963
B	3,04164	3,03970	3,03439
ERROR EST. (LOGK)	0,05260	0,04960	0,03613
ERROR EST. B	0,03389	0,03178	0,02320
R ²	0,93	0,94	0,94

La aplicaci3n de la prueba de F, permite ratificar que no existe evidencia suficiente para suponer que las regresiones de machos y hembras difieren entre sí, al determinar un F calculado de 1,66 y de tabla de 3,69.

5.2.3.3 Clave edad – talla

Se determin3 la clave talla-edad para el crucero (**Tablas 16**), a partir de la lectura de 98 otolitos seleccionados desde un total de 250 otolitos recolectados en los lances de pesca con captura de jurel. Clave de talla-edad que no se aparta de la establecida a partir de los muestreos desde la flota y las obtenidas en los distintos cruceros de evaluaci3n desarrollados durante el per3odo de invierno en la zona de estudio.

La composici3n de ejemplares por grupo de edad estuvo formada por 11 grupos para



el área prospectada, con una estructura que abarco entre la edad IV y XIV. Los principales grupos de edad presentes en el crucero de marzo, fueron el VII (clase anual 1999) con un 39% de aporte a las capturas, el VI (clase anual 2000) con un 29% y finalmente el grupo de edad VIII (clase anual 1998), con un 11%, observando respecto al 2005, un desplazamiento del grupo dominante VI (2005).

El número de ejemplares juveniles representados por el grupo de edad III y menores es cero, coincidiendo con lo registrado en invierno del 2005, donde la disminución registrada el 2003 (3.1%) y 2004 (1,5%) alcanza su máximo en la zona de estudio. Estructura etaria que este año presenta una escasa participación, con la ausencia de grupos de edad menores (I a III), como también un escasa participación de grupos mayores (IX al XIV), situación que ha sido observada durante los últimos cuatro años en al zona centro sur del país.

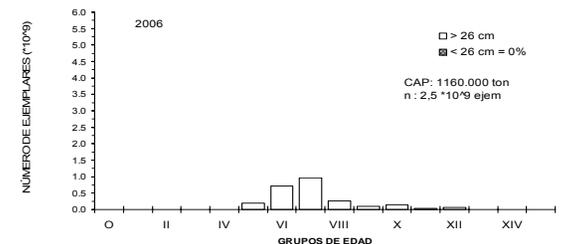
La alta biomasa evaluada en este estudio (1.160.000 t), respecto a las 500.000 t cuantificadas en invierno del 2005, explica el fuerte aumento del número de ejemplares registrado durante marzo, el cual alcanzó a un 61%.



Tabla 16

Composici3n en n3mero (millones de ejemplares) por grupo de edad en la biomasa estimada para el 1rea de estudio.

TALLAS (cm)	FREC. (Unidades)	GRUPOS DE EDAD															
		0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
10.0																	
11.0																	
12.0																	
13.0																	
14.0																	
15.0																	
16.0																	
17.0																	
18.0																	
19.0																	
20.0																	
21.0																	
22.0																	
23.0																	
24.0																	
25.0																	
26.0																	
27.0																	
28.0	1,225,360				1,225,360												
29.0	11,689,530					11,689,530											
30.0	87,789,707					87,789,707											
31.0	219,049,351					54,762,338	164,287,013										
32.0	360,728,680					40,080,964	240,485,787	80,161,929									
33.0	393,845,251						175,042,334	218,802,917									
34.0	407,361,711						81,472,342	285,153,198	40,736,171								
35.0	375,167,905						37,516,791	262,617,534	75,033,581								
36.0	207,511,407						20,751,141	103,755,704	62,253,422	20,751,141							
37.0	104,477,160							14,925,309	59,701,235	14,925,309							
38.0	54,099,072								27,049,536	27,049,536							
39.0	45,305,165										14,925,309						
40.0	37,260,817										32,603,215						
41.0	28,407,799											45,305,165					
42.0	21,290,538											4,657,602					
43.0	25,261,630											28,407,799					
44.0	42,702,016									5,052,326							
45.0	21,149,572										15,156,978	5,052,326					
46.0	16,556,493										34,161,613		8,540,403				
47.0	14,212,300										5,287,393	10,574,786	5,287,393				
48.0	13,518,876										4,139,123	12,417,370					
49.0	378,317												14,212,300				
50.0	4,263,540												13,518,876				
51.0	358,478													378,317			
52.0															4,263,540		
53.0															358,478		
54.0																	
55.0																	
56.0																	
57.0																	
58.0																	
59.0																	
60.0																	
TOTAL	2,493,610,677				1,225,360	194,322,539	719,555,407	965,416,590	264,773,945	100,381,526	152,040,983	28,044,482	62,849,511	378,317	4,622,018		
%	100.00				0.05	7.79	28.86	38.72	10.62	4.03	6.10	1.12	2.52	0.02	0.19		
L.PR.(cm)	34.6				28.0	30.6	32.5	34.1	35.8	38.3	41.1	45.1	44.9	49.0	50.1		
VARIANZA	12.227				0.000	0.765	1.59	1.38	1.507	3.418	6.434	1.157	6.022	0.07154			
PESO PR.(g)	464.0				237.277	312.278	374.726	434.030	502.726	618.735	768.756	1005.241	1003.212	1291.505	1379.545		
PESO (ton)	1,159,838				291	60,683	269,636	419,020	133,109	62,110	116,882	28,191	63,051	489	6,376		
%	100.00				0.03	5.23	23.25	36.13	11.48	5.36	10.08	2.43	5.44	0.04	0.55		





5.3 Distribución y composición del plancton

La distribución y composición del zooplancton se presenta separado para el período diurno y nocturno.

5.3.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 21 grupos zooplanctónicos en el día y como durante la noche (**Tabla 17**). La abundancia global para la zona de estudio fue de 4.010.743 individuos en el día y de 5.428.874 individuos en la noche (**Tabla 18**).

En la zona de estudio, el plancton diurno y nocturno estuvo dominado principalmente por copépodos con una dominancia de 59,70 y 58,70%, seguido por salpas, quetognatos, radiolarios, ostrácodos, eufáusidos, foraminíferos, sifonóforos, apendicularias, larvas de eufáusidos, cladóceros, y pterópodos, con valores radicalmente bajos que van desde 0,8 a 11,8%. Los grupos doliólidos, ctenóforos, cladóceros, estomatópodos, y isópodos, presentan los valores más bajos de dominancia (< 0.3 %) (**Tabla 17**).

El resto de los grupos que representan solo el 3,1% para el día y 4,1 % para la noche, registran densidades que fluctuaron entre 2 a 2.993 individuos/1000 m³ (día) y 30 a 9.774 individuos/1000 m³ (noche).



Tabla 17

Grupos zooplanctónicos presentes durante las pescas diurnas y nocturnas (10/200 mn).
(t): totales; (+): positivas; DE: desviación estándar

Diurno	N° Est. (t)	N° Est. (+)	Media (t)	Media (+)	Min	Max	DE	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
Copépodos	90	90	25611	25611	3761	136483	18975	59.7	100.0
Salpas	90	44	4213	8618	34	108958	18979	9.8	48.9
Quetognatos	90	90	3026	3026	236	9040	1990	7.1	100.0
Radiolarios	90	84	2596	2782	158	11487	2251	6.1	93.3
Ostrácodos	90	89	2005	2028	89	7583	1690	4.7	98.9
Eufáusidos	90	90	1221	1221	8	28642	3225	2.8	100.0
Foraminíferos	90	66	761	1038	28	10138	1869	1.8	73.3
Sifonóforos	90	86	643	673	27	30850	3309	1.5	95.6
Apendicularias	90	46	399	782	25	18126	2734	0.9	51.1
Larvas eufáusidos	90	21	357	1530	23	15062	3332	0.8	23.3
Cladóceros	90	23	350	1371	29	8410	1817	0.8	25.6
Pterópodos	90	76	331	392	14	3320	485	0.8	84.4
Lar. Decápodos	90	57	296	468	22	14110	1858	0.7	63.3
Poliquetos	90	78	273	315	21	2993	544	0.6	86.7
Anfípodos	90	84	249	267	32	1948	298	0.6	93.3
L. cifonaulas	90	71	220	278	25	2521	479	0.5	78.9
Medusas	90	78	196	226	2	981	204	0.5	86.7
Doliólidos	90	27	58	195	27	2641	493	0.1	30.0
Clenóforos	90	50	54	97	11	350	78	0.1	55.6
Isópodos	90	12	11	80	28	164	45	0.0	13.3
Estomatópodos	90	23	10	39	3	173	39	0.0	25.6
Nocturno	N° Est. (t)	N° Est. (+)	Media (t)	Media (+)	Min	Max	DE	Dominancia (%)	Frecuencia (%)
Copépodos	65	65	52549	52549	1907	270266	56605	58.7	100.0
Salpas	65	41	10608	16818	35	152965	27723	11.8	63.1
Eufáusidos	65	65	10016	10016	10	132201	20426	11.2	100.0
Quetognatos	65	62	3635	3811	61	18221	3685	4.1	95.4
Larvas eufáusidos	65	22	2864	8462	50	60700	8772	3.2	33.8
Apendicularias	65	29	1343	3010	48	38800	5562	1.5	44.6
Radiolarios	65	43	1242	1877	91	10061	1865	1.4	66.2
Ostrácodos	65	59	1112	1225	83	3503	1003	1.2	90.8
Clenóforos	65	33	1029	2027	34	53775	6657	1.1	50.8
Foraminíferos	65	41	741	1175	48	7068	1185	0.8	63.1
Sifonóforos	65	60	716	776	61	3966	855	0.8	92.3
Anfípodos	65	59	643	708	70	9561	1467	0.7	90.8
Poliquetos	65	48	552	747	61	17464	2256	0.6	73.8
Pterópodos	65	49	517	686	36	3111	654	0.6	75.4
Lar. Decápodos	65	47	493	681	31	5845	950	0.6	72.3
Medusas	65	54	440	530	30	2387	506	0.5	83.1
L. cifonaulas	65	37	390	685	30	6550	1003	0.4	56.9
Doliólidos	65	22	307	906	48	9774	1272	0.3	33.8
Cladóceros	65	18	193	695	103	1354	379	0.2	27.7
Estomatópodos		26	83	208	30	1320	199	0.1	40.0
Isópodos		11	58	343	34	2264	286	0.1	16.9



Tabla 18

Número total de individuos capturados por zona y horario de muestreo

DIA	N° total de individuos	Porcentaje de Dominancia
Norte	1.923.707	48
Centro	1.119.090	28
Sur	967.946	24
Total	4.010.743	100

NOCHE	N° total de individuos	Porcentaje de Dominancia
Norte	1.505.327	28
Centro	2.416.789	45
Sur	1.506.758	28
Total	5.428.874	100

El mayor porcentaje de dominancia y abundancia se registró en la zona norte (48%) y centro (28%), para los lances realizados en el período diurno, mientras que durante la noche, el máximo valor (45%) se ubicó en la zona centro (**Tabla 18**).

Tanto de día como de noche se mantiene los grupos numéricamente más importantes, no apreciando diferencias entre ambos períodos, siendo los más importante en número los copépodos, salpas quetognatos y eufáusidos, lo cuales en general, se han caracterizado por ocupar los primeros lugares de abundancia en la zona de estudio. El número de individuos totales y por zonas, colectados en horas diurnas y nocturnas fue relativamente similar. (**Tablas 17 y 18**).

Copépodos

Los copépodos se valoran como grupo dominante en términos de su frecuencia de ocurrencia (constancia) y dominancia numérica.

Este grupo presentó una predominancia durante la noche, con una densidad media



de 52.549 individuos/1000 m³ y valores mínimos de 1.907 individuos/1000 m³ y máximo de 270.266 individuos/1000 m³ (**Tablas 17**). Si bien es cierto, en el día su dominancia fue levemente mayor (59,70%), esto se sustenta solo en las mayores densidades (47.311-136.483 individuos/1000 m³) asociadas a estaciones de 75 a 130 mn, mientras que los lances nocturnos con densidades de 100.237-270.266 individuos/1000 m³ se localizaron a 10 mn de la costa.

Al comparar lo registrado en verano con los inviernos de 1997 a 2005, los copépodos muestran una densidad media para el total de estaciones diurnas comparativamente inferior a todo el período analizado, exceptuando el año 2002, donde la densidad fue de 19.541 copépodos/1.000 m³, representando los valores de 2005 (34.236 individuos/1000 m³) y 2006 (40.912 individuos/1000 m³) una tasa de cambio negativa del 37%. En la noche, si bien es cierto la densidad de verano supera lo registrado en 2002 (42.536 individuos/1000 m³), 2003 (49.161 individuos/1000 m³), 2004 (41.953 individuos/1000 m³) y 2005 (51.524 individuos/1000 m³), la tasa de cambio para el último año fue positiva en solo un 2%.

El análisis no paramétrico Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas en la abundancia relativa media entre el día y la noche para este grupo (valor p = 0,0) (**Tabla 19**), verificando que un mayor porcentaje de estaciones concentró densidades mayores cuando las capturas fueron nocturnas.

**Tabla 19**

Comparación de la abundancia relativa media de los grupos zooplanctónicos (10/200 mn) y resultado de la Prueba ANOVA de Kruskal-Wallis. Los valores significativos se indican en negrita (valor $p < 0,05$).

Grupos zooplanctónicos	Abundancia relativa		Valor p
	Día	Noche	
Copépodos	25.611	52.549	0
Salpas	4.213	10.608	0,030
Quetognatos	3.026	3.635	0,015
Radiolarios	2.596	1.242	0,0001
Ostrácodos	2.005	1.112	0,0001
Eufáusidos	1.221	10.016	0
Foraminíferos	761	741	0,68
Sifonóforos	643	716	0,0026
Apendicularias	399	1.343	0,48
Larvas eufáusidos	357	2.864	0
Cladóceros	350	193	0
Pterópodos	331	517	0,0197
Larvas decápodos	296	493	0,1155
Poliquetos	273	552	0,0051
Anfípodos	249	643	0,0001
Larvas cifonautas	220	390	0,0002
Medusas	196	440	0,013
Doliólidos	58	307	0,1698
Ctenóforos	54	1029	0,1874
Isópodos	11	58	0,4911
Estomatópodos	10	83	0,1232

Salpas

Este grupo sigue en importancia numérica a los copépodos con una dominancia diurna de 9,8% y nocturna de 11,8% respectivamente. Su incidencia es de solo un 48,9% y 63,1 % para las estaciones diurnas y nocturnas, con una densidad media de 4.213 individuos/1000 m³ y 10.608 individuos/1000 m³ respectivamente (**Tablas 17**).



La diferencia numérica diurna y nocturna de este grupo presentó diferencias significativas entre el día y la noche, al obtener un valor de $p = 0,030$ (**Tabla 19**)

En general el mayor número de individuos estuvieron asociadas a los períodos nocturnos, congregándose durante la noche el 63,1% de todas las salpas identificadas en la zona de estudio, sin embargo, las diferencias en la abundancia relativa entre ambos períodos de muestreo no son estadísticamente significativas (valor $p = 0.30$) (**Tabla 19**).

Para el período 1997 a 2005, las densidades medias varían de 1 a 5.000 individuos/1000 m³, no existiendo predominio de altos valores en estaciones diurnas o nocturnas. En este sentido, la densidad media diurna esta muy cerca del máximo, mientras que el valor nocturno supera con creces lo registrado históricamente en la zona de estudio.

Quetognatos

Los quetognatos se constituyeron en el tercer grupo de relevancia cuantitativa a pesar de exhibir una dominancia baja (7,1 % día y 4,1% noche). Igual que copépodos este grupo presenta una frecuencia constante que determino su incidencia en el 100% de las estaciones planctónicas (**Tabla 17**).

La densidad media nocturna fue de 3.635 individuos/1000 m³ y fluctuó entre 61 y 18.221 individuos/1000 m³, mientras que durante el día se registro una densidad promedio de 3.026 individuos/1000 m³ que varió entre 236 y 9.040 individuos/1000 m³ (**Tablas 17**).

Este grupo ampliamente dominante por su abundancia en el zooplancton ha experimentado un marcado descenso entre 1997 y 2005, desde 18.238 a 2.381 individuos/1000 m³ para el día y 18.254 a 3.783 individuos/1000 m³, representando el



verano de este año, un valor similar al 2005 en los muestreo nocturnos, mientras que para los diurnos, la densidad fue superior en un 27%.

Eufáusidos

Los eufáusidos que son el ítem principal en la dieta de jurel, ocuparon el sexto y tercer lugar en importancia numérica en las muestras diurnas y nocturnas. La dominancia numérica diurna y nocturna fue de 2,8% y 11,2%, con una densidad media de 1.221 individuos/1000 m³ y 10.016 individuos/1000 m³ (**Tablas 17**)

Durante el presente estudio los eufausidos se registraron en el 100,0% de las estaciones durante el día y la noche. Durante la noche las estaciones registran un mayor número de individuos, en tanto en el día, estas son menores y no superan las 7.006 individuos/1000 m³.

La abundancia relativa consignada durante este período de verano, se inserta dentro de los valores registrados en la serie 1997-2005, representado este período respecto a la estimada el 2005, un incremento de 147,24% y 119,60% para las capturas diurnas y nocturnas. Verificándose las abundancias relativas medias diurnas y nocturnas más altas durante los años 1997 (3.910 y 8.004 individuos/1000 m³), 1999 (7.840 y 10.623 individuos/1000 m³) y 2003 (5.108 y 11.059 individuos/1000 m³), para posteriormente disminuir progresivamente a valores de 565 individuos/1000 m³ en el día y 4.051 individuos/1000 m³ para la noche en el 2005.

Los resultados de la prueba estadística aplicada a la información de los lances planctónicos diurnos y nocturnos, muestra la existencia de diferencias significativas entre ambos períodos, al obtener mediante la prueba ANOVA de Kruskal-Wallis un valor $p = 0,0$.

5.3.2 Distribución del zooplancton



Copéodos

Este grupo estuvo presente en toda la zona de estudio, con una distribuci3n de categorías de densidad relativamente homogénea, aumentando sus concentraciones durante el período nocturno.

En el día, las mayores concentraciones se ubicaron en la zona sur, con un predominio de densidades entre 27.734–62.949 individuos/1.000 m³., en tanto, en la noche, las densidades aumentan a un rango de 62.950–135.000 individuos/1000 m³, con incremento de copéodos en la zona centro y sur de estudio (**Figura 10**).

En el sentido longitudinal, las densidades diurnas y nocturnas de este grupo presentan densidades medias similares dentro y fuera de las 100 mn de la costa, situaci3n que cambia en sentido norte a sur, donde existe una tendencia a incrementarse las densidades medias por transceta hacia el sur del área de estudio (**Figura 10**).

Se verifican las máximas densidades desde Puerto Saavedra hasta el extremo sur de área de estudio, respecto a lo observado en el 2003, 2004 y 2005.

Salpas

La distribuci3n diurna de salpa estuvo restringida principalmente a la zona norte, con un 44% de las estaciones positivas. De la zona centro a la sur, los focos con presencia de salpa fueron poco frecuente, registrando las máximas concentraciones entre Topocalma (34°10'LS) con 108.958 individuos/1000 m³ a caleta Queule (35°00'LS), al igual que lo registrado en otoño del 2004, siguiendo tanto de día como de noche, un patr3n de disminuci3n de las densidades medias al incrementarse la latitud (**Figura 11**).



En término de longitud, estas máximas densidades medias estuvieron a 100 mn en el día y 75 y 200 mn de noche (**Figura 11**)

A diferencia de lo observado en la distribución espacial de salpa de los muestreos diurnos y los últimos cruceros de otoño, durante la noche se detectaron altas concentraciones de salpas hacia el sur de la latitud 36°LS

Este grupo presenta un notorio incremento de densidad respecto al 2004, coincidiendo su distribución espacial con lo registrado entre 1997-2001, donde las salpas se distribuyeron en toda el área de estudio, determinando un fuerte incremento en la abundancia relativa media de sur a norte, En este sentido, esta distribución se corresponde con un patrón de persistencia espacial de salpa en el sector norte, registrado desde el 2002 al 2004 en la zona de estudio

Quetognatos

La distribución espacial de las densidades fue bastante homogénea tanto de día como de noche, no registrando abundancias mayores durante el período nocturno como los copépodos. Para ambos períodos el número de quetognatos aumenta hacia el sector oceánico, a diferencia de lo observado durante el 2004 y 2005, con un leve incremento en la ocurrencia de densidades de norte a sur solo durante el día, situándose los más bajos valores de 368-1.386 individuos/1.000 m³ al norte del área de estudio (**Figura 12**).



En la zona de estudio, tanto en el día como de noche predominaron las mismas categorías de densidad, registrando durante la noche densidades mayores por estación a 100 frente a Topocalma (14.216 individuos/1.000 m³), a punta Nena (14.967 individuos/1.000 m³) y 10 mn de punta Condor (18.221 individuos/1.000 m³).

Eufaúsidos

En el día, predominaron bajas densidades medias del orden de 66-367 individuos/1.000 m³, ubicadas principalmente en el sector norte, mientras que en la noche, el número de eufaúsidos por estación se incrementa a valores de 368-11.373 individuos/1.000 m³ concentrando sus máximos sobre 27.734 individuos/1.000 m³ en el sector costero (**Figura 13**).

Las mayores abundancias diurnas de 4.244-135.000 individuos/1.000 m³ estuvieron en los alrededores de santo Domingo (33°45'LS), Constitución (35°25'LS), punta Mela (36°15'LS), Talcahuano (36°40'LS) y punta Nena (38°20'LS), a 200, 10, 25 10 y 75 mn de la costa, respectivamente (**Figura 13**). Durante la noche, estas se agruparon entre San Antonio (33°30'LS) a punta Rocura (39°25'LS), manteniéndose de caleta Queule a Talcahuano las altas concentraciones registradas en el 2004 y 2005.

En sentido latitudinal, los valores de densidad media nocturnos muestran un notorio decremento hacia el sector sur, mientras que en el día esta tendencia de los altos valores se reinvierte en el área de estudio. Longitudinalmente están asociada a la costa, con altas concentraciones dispuestas de manera equivalente a lo registrado en los períodos de otoños, pero con una mayor proyección al detectar altas densidades hasta las 50 mn durante la noche (**Figura 13**).

En la zona de estudio, donde se concentraron principalmente las altas densidades de jurel, la densidad de eufaúsidos fue mínima (**Figura 14**), lo cual se corresponde con lo registrado el 2005, donde el área que reúne mayoritariamente los 3.600.000 t de



jurel presentó densidades mínimas de eufáusidos, mientras que el sector central donde la abundancia de jurel fue muy baja las densidades de eufáusidos fueron muy superiores. Lo anterior es similar a lo observado durante los años 2003 y 2004, donde se presentaron las densidades más bajas y la menor frecuencia de ocurrencia en el sector sur, donde predominaron altas densidades de jurel, sugiriendo una relación de alimentación al ser los eufáusidos la principal presa de jurel.

5.3.3 Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos

El índice de Margalef varió de 0,637 a 1,790, correspondiendo el valor menor a la estación nocturna ubicada a 10 mn frente a Topocalma ($34^{\circ}10'LS$), donde se registró el número menor (8) de grupos zooplanctónico. El mayor índice se localizo a 75 mn sur punta Morguilla ($37^{\circ}55'LS$) con el registro de 20 taxas zoplanctónicas en la zona de estudio.

El índice de diversidad de Shannon & Weaver y Hill fluctuaron desde 0,400 a 2,090, y de 1,493 a 8,088, mediante el índice de Hill, indicando que la menor diversidad de grupos zooplanctónicos se registró en la estación nocturna localizada a 10 mn al sur de punta Morguilla ($37^{\circ}55'LS$). En tanto, la mayor diversidad se situó en el sector norte a 100 mn al sur de punta Rocura ($39^{\circ}35'LS$), durante la noche.

La uniformidad presente durante la prospección mostró que el 60,0% (Pieliou) y 99% (Sheldon) de las estaciones tuvo valores bajo 0,5, determinando una baja uniformidad entre los grupos analizados, indicando que determinados grupos destacan notoriamente en un alto porcentaje de las estaciones, mostrando además altos valores de dominancia numérica.



El índice de similitud de Winer indicó para el período de verano del 2006, que no existe porcentajes altos de coexistencia entre los grupos zooplanctónicos, es decir, que su presencia en forma simultánea en las estaciones fue escasa. El mayor índice solo se obtuvo a nivel del 39,0% entre copépodos y medusas; 38% quetognatos y pterópodos, y cercanos al 26% entre ostrácodos–radiolarios, salpas–doliólidos, ctenóforos-apendicularias (**Figura 15**).

La aplicación de GLM a los datos zooplanctónicos, seleccionados bajo un criterio de representatividad superior al 1%, muestra que tanto para el día como la noche bajo análisis en sentido longitudinal (10-25; 50-100 y 130-200mn) y latitudinal (zona norte, centro y sur), existen evidencia muestral para rechazar la hipótesis de igualdad de las estructuras zooplanctónicas entre las zonas y período del día, al superar los valores calculados estadístico Wald los niveles de p - probabilidad $< 0,001$. Resultados que no están influenciado por el tamaño de muestra, al verificar para la misma la estructura obtenida y una muestra menor, los mismos resultados (**Tablas 20 y 21**).

Tabla 20

Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona y periodo del día, estratificándola zona en función a la distancia de la costa (10 – 25, 50 – 100 y 130 – 200 mn).

Tamaño muestra	Hipótesis	Wald	p.value
9.188.815	Ho: Z1=Z2=Z3	768.527	< 0,001
	Ho: Día=Noche	322.702	< 0,001
	Ho: Z1=Z2	365.137	< 0,001
	Ho: Z1=Z3	3.849.848	< 0,001
	Ho: Z2=Z3	204.537	< 0,001
887.365	Ho: Z1=Z2=Z3	76.856	< 0,001
	Ho: Día=Noche	32.273	< 0,001
	Ho: Z1=Z2	36.515	< 0,001
	Ho: Z1=Z3	384.930	< 0,001
	Ho: Z2=Z3	20.455	< 0,001

**Tabla 21**

Tamaño de muestra, hipótesis, estadístico de Wald y valor p para el análisis por zona, periodo del día, estratificando longitudinalmente por zona (norte, centro y sur)

Tamaño muestra	Hipótesis	Wald	p.value
9.188.815	Ho: Z1=Z2=Z3	686474	< 0,001
	Ho: Día=Noche	429469	< 0,001
	Ho: Z1=Z2	418325	< 0,001
	Ho: Z1=Z3	494007	< 0,001
	Ho: Z2=Z3	111179	< 0,001
918.882	Ho: Z1=Z2=Z3	68684	< 0,001
	Ho: Día=Noche	42954	< 0,001
	Ho: Z1=Z2	41841	< 0,001
	Ho: Z1=Z3	49412	< 0,001
	Ho: Z2=Z3	11134	< 0,001

5.3.4 Biomasa zooplanctónica

En verano del 2006 y con el fin de obtener un valor estimativo de la productividad secundaria de la zona de estudio y de sus fluctuaciones, los volúmenes de desplazamiento húmedo del zooplancton se expresaron en mililitros presentes en 1000m³ de agua filtrada, encontrándose que dichos valores en su dimensión individual muestran un amplio rango de variación, que fluctúa entre 13-291 ml/1000m³ (día) y 19–1.049 ml/1000m³ (noche) con valores promedio de 55 y 145, predominando los biovolúmenes categorizados dentro del intervalo 34-100, los que representan un 50% y 45% de la biomasa total por período (**Figura 16**).

La distribución espacial de la biomasa señaló el predominio de densidades entre 34-100 ml/1000m³ en toda la zona de estudio, dominando gran parte del sector costero en el día, para luego durante la noche, circunscribirse al sector oceánico al aparecer concentraciones mayores en el sector costero en toda su extensión latitudinal (**Figura 16**). En este sentido, la distribución espacial de la biomasa muestra que las mayores abundancias fueron nocturnas y se localizaron principalmente en las estaciones más costera, reconociéndose ellas dentro de las 25 mn desde Valparaíso



(33°10'LS) a norte Constitución (34°35'LS), así como a 25 y 75 mn al norte de Talcahuano (36°40'LS), con un máximo de 1.049 ml/1000m³ a 10 mn de Algarrobo (33°20'LS) (**Figura 16**)

Al comparar los niveles de biomasa promedio obtenidos durante invierno del 1997 al 2005, se determina que bajas biomazas zooplanctónicas promedio se registran a partir del otoño del 2000, con valores que van de 76 a 109 ml/1000m³, a diferencia de las altas biomazas registradas entre 1997 y 1999 (152 y 161 ml/1000m³). En este sentido, la biomasa media para el verano del 2006, muestra una tasa de cambio positiva leve igual a un 2,8%, respecto a lo observado para el período de invierno del 2005 (107 ml/1000m³).

5.4 Fauna acompañante y proporciones en las pesca de identificación

5.4.1 Pesca Comparativa

No se realizó pesca comparativa por cuanto estas naves ya han participado en estudios anteriores (Cordova *et al.*, 2000 y Cordova *et al.* 2002), conociéndose el poder de pesca y selectividad en las tallas capturadas respecto al buque patrón B/C “Abate Molina”. Asimismo, ambas embarcaciones no han registrado modificaciones que puedan alterar su poder de pesca como unidad de muestreo de la estructura de tallas de jurel, siendo sus redes de arrastre a mediagua utilizadas principalmente en este estudio, razón por lo cual modificaciones de las mallas por uso reiterado es mínimo, lo que permite concluir la mantención de la capacidad de retención de los artes de pesca utilizados.

En la Tabla 22 y 23, se resumen los resultados de la aplicación de la prueba de Dócima de Heterogeneidad Generalizada (DHG) en los estudios comparativos entre las redes de pesca de las embarcaciones, los cuales indican que no es posible aceptar la existencia de diferencia entre las distribuciones de talla de jurel obtenidas



entre las embarcaciones, al no exceder el Chi cuadrado calculado del Chi de tabla a un 95% de confianza, razón por lo cual es posible adicionar la información de las embarcaciones.

Tabla 22

Chi cuadrado de la prueba estadística DHG para las redes de B/C Abate Molina y PAM "Líder"

Par de Lances	B/C "Abate Molina"	PAM "Líder"	Valor de Chi
	χ calculado	χ calculado	χ crítico ($\alpha=0,05$)
1	5,44	8,33	18
2	16,99	14,86	19
3	15,94	11,67	19
4	2,62	56,92	19
Total	27,46	18,62	28

Tabla 23

Chi cuadrado de la prueba estadística DHG para las redes de B/C Abate Molina y PAM "Ventisquero"

Lances	B/C "Abate Molina"	PAM "Ventisquero"	Valor de Chi
	χ calculado	χ calculado	χ crítico ($\alpha=0,05$)
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
7	6,63	16,96	21
8	2,97	9,93	24
9	11,92	26,05	30
10	12,39	8,39	18



5.4.2 Resultados de lances de pesca de identificación

En el B/C “Abate Molina” la red de arrastre registró alturas en el centro de la relinga superior de 25 a 30 m, en tanto para los PAM “Ventisquero” y “Líder” ésta fluctuó entre 40 a 55 y 37 a 60 m respectivamente. Los lances de pesca cubrieron profundidades que van desde los 25 a 160 m, con tiempos de arrastres que oscilaron entre 14 a 159 minutos, a velocidades de arrastre entre 3,1 a 4,5 nudos.

En las **Tablas 24 y 25** se detalla para cada lance realizado en el área prospectada, la captura total estandarizada en peso y número de jurel y fauna acompañante. En este sentido, la captura total del crucero fue de 54.467,00 kg en 22 lances de pesca, de las cuales 305,00 kg corresponde a jurel y 54.162,00 kg a fauna asociada compuestas por otras especies. El esfuerzo aplicado con el B/C “Abate Molina” y PAM “Líder” fue de 11 horas y 44 minutos de arrastre, con un rendimiento estandarizado promedio de 4.642,07 kg/hora para la pesca total y de 25,99 kg/hora de pesca para jurel.

Del total de lances realizados, sólo en dos se obtuvo captura de jurel, razón por lo cual la biomasa a la talla fue calculada con muestreos de longitud y biológicos específicos efectuados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) e Instituto de Investigaciones Pesqueras (IIP), a bordo de naves cerqueras industriales durante el período de ejecución del crucero.

La baja captura de jurel radicó en la distribución espacial presente del recurso en la zona de estudio, que se caracterizó por una gran dispersión y agregaciones de baja densidad, encontrando las altas densidades solas y muy separadas entre sí. Este comportamiento en marzo de recurso, no permitió la existencia de zona de pesca estables durante el crucero, debiendo la flota cerquera industrial recorrer permanentemente en busca de zonas de pesca, la que una vez localizada, solo lograron operar con éxito de captura algunas naves, para luego iniciar la búsqueda y



detección de una nueva zona de concentración del recurso.

Fuera de la ZEE, la captura de total en la ecoprospección alcanzó a 1.195.014,0 Kg donde 1.119.389,7 Kg corresponden a jurel y 75.326,3 Kg a caballa, en tanto dentro de la ZEE, la flota cerquera de la VIII Región durante el período de cruce alcanzó a 15.240.020 Kg, distribuido en 14.414.882 Kg de jurel y 855.138 Kg sólo de caballa. Ratificándose la característica monoespecífica de jurel en las capturas entre las 5 a 400 millas de la costa.



Tabla 24

Información de captura en peso de fauna acompañante en los lances de pesca realizados por B/C Abate Molina y PAM "Ventisquero" y "Líder".

Lance	Barco	Fecha	Capturas (Kg)									
			Jurel	Reineta	Jibia	Anchoveta	Azulejo	Medusas	Captura Fauna	Captura Total	Contribución Fauna (%)	
1	Ventisquero	17.03.06			5.000					5.000	5.000	100,0
2	Ventisquero	14.03.06			441					441	441	100,0
3	Ventisquero	10.03.06			67					67	67	100,0
4	Ventisquero	08.03.06			169					169	169	100,0
5	A. Molina	12.03.06	269		64					64	333	20,0
6	A. Molina	11.03.06		23	1.470	30				1.523	1.523	100,0
7	A. Molina	12.03.06										-
8	A. Molina	11.03.06			2.130					2.130	2.130	100,0
9	A. Molina	10.03.06						30		30	30	100,0
10	A. Molina	10.03.06					18			18	18	100,0
11	A. Molina	09.03.06			1.000					1.000	1.000	100,0
12	A. Molina	08.03.06		47	1.454					1.500	1.500	100,0
13	A. Molina	06.03.06			35.000					35.000	35.000	100,0
14	A. Molina	19.03.06		267	6.733					7.000	7.000	100,0
15	A. Molina	21.06.06										-
16	A. Molina	28.03.06		194	17					211	211	100,0
17	A. Molina	25.03.06										-
18	A. Molina	26.03.06			9					9	9	100,0
19	A. Molina	27.03.06										-
20	A. Molina	28.03.06										-
21	Líder	10.03.06										-
22	Líder	17.03.06	36								36	0,0
Total			305	531	53.553	30	18	30	54.162	54.467	99,4	

Jibia *Dosidicus gigas* (98,32%), reineta *Brama australis* (0,97%), jurel *Trachurus murphy* (0,55%), anchoveta *Engraulis ringers* (0,055%) y azulejo *Prionace glauca* (0,033%).



Tabla 25

Informaci3n de captura en n3mero de fauna acompa1ante en los lances de pesca realizados por B/C Abate Molina y PAM Ventisquero" y "L3der

Lance	Barco	Fecha	Capturas (n3mero)									
			Jurel	Reineta	Jibia	Anchoveta	Azulejo	Medusas	Captura Fauna	Captura Total	Contribuci3n Fauna (%)	
1	Ventisquero	17.03.06			464					464	464	100,0
2	Ventisquero	14.03.06			32					32	32	100,0
3	Ventisquero	10.03.06			7					7	7	100,0
4	Ventisquero	08.03.06			16					16	16	100,0
5	A. Molina	12.03.06	329		14					14	343	4,1
6	A. Molina	11.03.06		10	136	68				204	204	100,0
7	A. Molina	12.03.06										-
8	A. Molina	11.03.06			170					170	170	100,0
9	A. Molina	10.03.06							6	6	6	100,0
10	A. Molina	10.03.06						1		1	1	100,0
11	A. Molina	09.03.06			54					54	54	100,0
12	A. Molina	08.03.06		23	92					115	115	100,0
13	A. Molina	06.03.06			2.222					2.222	2.222	100,0
14	A. Molina	19.03.06		160	1.235					1.395	1.395	100,0
15	A. Molina	21.06.06										100,0
16	A. Molina	28.03.06		122	1					123	123	100,0
17	A. Molina	25.03.06										-
18	A. Molina	26.03.06			1					1	1	100,0
19	A. Molina	27.03.06										-
20	A. Molina	28.03.06										-
21	L3der	10.03.06										-
22	L3der	17.03.06	81								81	0,0
Total			409	315	4.445	58	1	6	4.825	5.235	92,2	

Jibia *Dosidicus gigas* (84,91%), jurel *Trachurus murphy* (7,82%), reineta *Brama australis* (6,02%), , anchoveta *Engraulis ringers* (0.11%) y medusas (0.11%).



5.4.3 Proporción y composición de la fauna acompañante

El 99,44% de la captura correspondió a fauna acompañante en los 16 lances con pesca, mientras que en solo 2 lances hubo jurel que represento el 0,56% de la captura total. En este sentido, las especies presente fueron: Jibia *Dosidicus gigas* (98,32%), reineta *Brama australis* (0,97%), jurel *Trachurus murphy* (0,55%), anchoveta *Engraulis ringers* (0,055%) y azulejo *Prionace glauca* (0,033%).

El alto volumen de jibia registrado en el estudio, se explica principalmente por la captura en 13 lance de pesca, y el importante aporte del lance 13 (35.000 Kg) que dan cuenta del 64,62% alcanzado por la fauna acompañante. Respecto a las otras especies, la reineta estuvo presente en algunos lances de pesca realizados en la zona evaluada, sin embargo sus bajos volúmenes en las capturas la ubican en segundo lugar de importancia, mientras que el resto fueron capturas puntuales y sus aportes marginales.

En este sentido, para la jibia, la estructura de tallas registró tamaños que fluctuaron entre 57 y 90 cm de longitud de manto, con modas principales en 69 y 74 cm y peso medio de 12 kg. Esta distribución no difiere de lo observado en anteriores cruceros desarrollado en invierno en la zona de estudio. Para el caso de reineta, la estructura de talla fluctuó entre 39 y 52 cm, con moda principal en 45 cm, observando en los ejemplares un peso medio de 1,7 kg, mientras que en anchoveta, los tamaños variaron entre 12 y 17 cm, con moda principal centrada en 14 cm y con peso medio de 21 gramos.

Por otra parte, las capturas obtenidas mediante red de cerco en la ecoprospección y por la flota cerquera industrial de la VIII Región, muestran que la caballa fue la principal especie asociada a jurel, con un aporte a las capturas de 6,75 y 5,93% respectivamente (**Tablas 3 y 4**).

5.5 Condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del



zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio.

5.5.1 Condiciones meteorológicas

Las mediciones de las variables meteorológicas corresponden a las registradas en cada una de las estaciones de muestreo oceanográfico realizadas durante el estudio, *i.e.*, dirección e intensidad del viento, temperatura del aire y presión atmosférica.

La presión atmosférica en la región norte del área de estudio (**Figura 17a**) presentó escasa variabilidad temporal diaria, fluctuando entre los 1017,8 y los 1024,7 mbar, con un valor promedio de $1021,4 \pm 2,3$ mbar. Por su parte, la temperatura del aire (**Figura 17a**) evidenció también poca variación espacio-temporal a lo largo del período de prospección, sin revelar tendencias al interior de la serie, mostrando un promedio de $18,8 \pm 1,8$ °C con un estrecho rango térmico de variabilidad (promedios diarios) que fluctuó entre los 17,3 y los 20,0 °C, valores claramente representativos de fines del verano.

La rapidez del viento (**Figura 17a**) presentó un promedio de $9,7 \pm 5,3$ nudos. La distribución temporal de los promedios diarios de la rapidez del viento evidenció promedios bajos (< 5 nudos) el día 12 de marzo y un progresivo incremento en magnitud hacia fines del período de evaluación (17 de marzo de 2006). En la zona norte se observó el claro predominio de vientos provenientes del SW (58%), seguido muy secundariamente por vientos del SSE y S (< 25%), evidenciando la ausencia de vientos de los cuadrantes norte. Lo anterior, se refleja en los resultados provenientes tanto del análisis de la rosa de vientos para la región norte del área prospectada (**Figura 18a**) como de la distribución espacial de vectores de velocidad del viento presentada en la **Figura 19**, lo cual es consistente con el período estival (fines del verano) en el área de estudio.



La presión atmosférica en la zona central esta zona (**Figura 17b**) presentó un valor promedio de $1017,5 \pm 3,7$ mbar y mostró un rango de variación más amplio que el reseñado para la zona norte. La evolución temporal de esta variable mostró valores relativamente altos, con un claro incremento a través del período de estudio, evidenciando los más bajos valores (promedios diarios) el día 12 de marzo (1011,5 mbar) y los valores más altos el día 24 de marzo que alcanzaron los 1027,8 mbar, dando cuenta, en general, de buen tiempo atmosférico en esta región. Por su parte, la temperatura del aire (**Figura 17b**) mostró valores comparativamente más bajos que los descritos para la región norte, esto es, un promedio de $16,6 \pm 2,0$ °C con un rango de variación (promedios diarios) entre 12,0 y 19,0 °C. La distribución temporal mostró variaciones diurno-nocturnas importantes, así como temperaturas promedio más bajas al inicio y término de la serie (9 y 27 de marzo de 2006) y valores más altos asociados a los días 13, 16 y 22 de marzo de 2006.

La rapidez del viento (**Figura 17c**) presentó un promedio de $12,9 \pm 6,4$ nudos, mostrando un claro incremento en este sector. La serie de tiempo mostró una importante variabilidad diaria, con valores altos (> 15 nudos) asociados a los días 11, 16, 18, 23-24 y 27 de marzo de 2006. El análisis de la dirección del viento (**Figura 18b**) indicó el predominio de los vientos del SW con un porcentaje de ocurrencia superior al 80%, lo que ratifica el buen tiempo atmosférico en esta región, consistente con el período estival (fines del verano) de evaluación acústica.

La presión atmosférica en la zona sur (**Figura 17c**) presentó un valor promedio de $1011,4 \pm 3,9$ mbar, con un rango de variación que fluctuó entre los 1001,1 y 1015,2 mbar, valores comparativamente menores a los descritos para las zonas norte y centro del área prospectada. La serie temporal de esta variable evidenció escasa variación diaria, a excepción de un brusco descenso de la presión atmosférica el día 12 de marzo de 2006, alcanzando los 1001,1 mbar. La temperatura del aire (**Figura 17c**) mostró un rango de fluctuación (promedios diarios) entre los 16,1 y 19,2 °C, con un promedio para toda la serie de $17,4 \pm 1,8$ °C, valor promedio más bajo que el



reseñado para la región norte del área de estudio. La distribución temporal diaria no reveló variaciones importantes, quedando centrada en los 17°C a lo largo de toda la serie.

La rapidez del viento (**Figura 17c**) presentó un promedio de $10,1 \pm 6,7$ nudos con un amplio rango de fluctuación (promedios diarios) entre los 4,8 y 19,7 nudos. Al igual que lo reportado anteriormente, la evolución temporal de la rapidez del viento se caracterizó por una importante variabilidad diaria, con un mínimo asociado a los días 6, 10 y 20 de marzo de 2006 (< 8 nudos) y máximas intensidades de viento (> 15 nudos) vinculados a los días 07, 12 y 16 de marzo de 2006. La dirección del viento ejemplificada en la rosa de vientos para el sector sur (**Figura 18c**), mostró una mayor variabilidad comparada con el resto de las zonas de estudio, con el predominio de vientos del WSW (25%) y SW (20%). En este sector se identificó, aunque con muy baja ocurrencia, vientos provenientes de los cuadrantes WNW, NW y N con frecuencias menores al 10%.

Considerando el área total, la **Figura 18d** revela el amplio predominio de los vientos provenientes del SSW y SW, confirmando las características estivales del período de estudio. Por su parte, la **Figura 19** muestra la variación espacial de la magnitud y dirección del viento considerando toda el área de estudio, confirmando el comportamiento reseñado anteriormente, es decir, el predominio de vientos de los cuadrantes Sur, principalmente en las regiones norte y centro.



5.5.2 Muestreo regular

5.5.2.1 Distribución horizontal de las variables oceanográficas

Se entrega la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, *i.e.*, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (psu), densidad (expresada como σ_t), oxígeno disuelto (ml L^{-1}) y clorofila-a (mg m^{-3}). Los estratos de profundidad considerados en este análisis fueron: 5, 25, 50, 100, 200 y 400 m de profundidad, a excepción de la clorofila-a, sobre la cual se entrega la carta de distribución horizontal superficial (5 metros).

a) Estrato de 5 m de profundidad

Temperatura: La temperatura superficial del mar (TSM) presentó un rango de variación entre los $12,5$ y los $19,5^{\circ}\text{C}$, con un valor promedio de $17,05 \pm 1,493^{\circ}\text{C}$ ($n=170$ datos). La distribución espacial de la TSM (**Figura 20a**) muestra la presencia de aguas cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) en el sector oceánico (> 100 mn) del área de estudio, especialmente al norte de los 37°LS , en contraste con la presencia de una banda muy costera (que no excedió las 25 mn desde la costa) de aguas comparativamente más frías ($< 15^{\circ}\text{C}$), que se expresó especialmente entre punta Topocalma y el golfo de Arauco, y entre puerto Saavedra y Corral (**Figura 20a**). Esta diferencia de temperatura genera un gradiente zonal importante, principalmente al norte de los 37°LS , situado entre las 10 y las 50 mn desde la costa. Destaca, además, el dominio de aguas comparativamente más cálidas en gran parte del sector sur del área de estudio (al sur de los 38°LS), verificándose el predominio de la isoterma de 17°C la cual se acerca a la costa especialmente entre los $39^{\circ}30'$ y los $40^{\circ}40'\text{LS}$.

Los resultados de TSM fueron relativamente consistentes con la distribución superficial de TSM proveniente de imágenes satelitales. A pesar de los buenos resultados obtenidos con el método de interpolación, persiste una gran cobertura nubosa para el periodo de estudio, no obstante permite de buena forma hacer una



caracterización de las estructuras y eventos más notables en el área de estudio. Para el periodo de estudio se contó con 30 imágenes satelitales de TSM, que reflejan de buena forma la evolución espacial en la escala diaria de la temperatura superficial del mar durante el período de estudio (**Figura 21**).

El análisis de las imágenes de TSM reveló, en términos generales, dos periodos distintos: un primer periodo comprendido desde 1 al 24 de marzo de 2006 con presencia de aguas comparativamente más frías en la banda costera respecto al resto del área de estudio. Esta banda costera mostró aguas con temperaturas entre 14 y 15°C, en contraste con la zona oceánica que reveló aguas más cálidas (>17°C). Un segundo periodo, comprendido desde el 25 al 30 de marzo de 2006, evidenció una expansión zonal y un enfriamiento de las aguas en la banda costera (< 14°C), situada principalmente entre los 34°LS y los 40°LS vinculadas principalmente con salientes topográficas (punta Topocalma, cabo Carranza, punta Nugurne, punta Lavapié y punta Morguilla). Este enfriamiento podría estar vinculado a la presencia de focos locales de surgencia costera en el área de estudio, generando gradientes zonales importantes con la región oceánica más cálida.

En un análisis complementario de la anomalía de la TSM para el mes de marzo de 2006 (**Figura 22**), muestra valores positivos cercanos a la costa desde los 32°LS a los 37°LS, presentando los máximos valores en la banda centrada entre 75°W y los 76°W, lo que confirma los elevados valores de temperatura encontrados en las imágenes diarias.

En síntesis, durante marzo de 2006 se verificó la presencia de aguas comparativamente más frías en la zona costera, asociadas “estructuralmente” a eventos de surgencia (13-14°C) que se extendió a gran parte del área de estudio, registrándose la presencia de un evento de surgencia activo (desde el 25 al 30 de marzo) de aguas con temperaturas entre los 12 y los 14°C. Asimismo, se observó (para el primer período) el establecimiento de aguas cálidas en el sector oceánico del



área de estudio, lo que fue particularmente válido para la región situada al norte de los 37°LS.

Salinidad: En este estrato, la salinidad presentó un amplio rango de variación entre los 32,881 y los 34,428 psu considerando toda el área prospectada, con un valor promedio de $33,818 \pm 0,412$ psu ($n= 170$ datos). La distribución espacial de la salinidad superficial (**Figura 20b**), evidenció tanto gradientes meridionales como zonales en el área de estudio. Las diferencias meridionales se establecieron principalmente por la presencia de aguas más salinas ($>34,1$ psu) al norte de los 35°20'LS (Constitución) en comparación con aguas de menor salinidad ($<33,8$ psu) al sur de los 38°LS. Aunque no es tan clara la presencia de gradientes zonales en el área de prospección, éstos se verificaron asociados a la localización costera de aguas más salinas ($>34,3$ psu) entre punta Topocalma y punta Nugurne, así como a la presencia costera de aguas menos salinas ($<33,3$ psu) principalmente entre puerto Saavedra y el límite austral del área de prospección. Destaca la prolongación de aguas menos salinas hacia el NW en el límite austral del área prospectada lo que genera gradientes zonales en el sector oceánico (100 mn).

Densidad: La densidad superficial presentó una fluctuación entre los 23,805 y los 25,960 σ_t , con un valor promedio de $24,533 \pm 0,418$ σ_t ($n= 170$ datos). El campo horizontal de la densidad (**Figura 20c**) presentó una distribución similar a la reseñada para la temperatura, con la presencia de una marcada variación zonal, especialmente en la región situada al norte de los 37°LS, con aguas comparativamente más densas ($>25,0$ σ_t) situadas al interior de las 25 mn desde la costa, y aguas menos densas en el sector oceánico, lo que genera gradientes zonales ubicados entre la costa y las 50 mn hacia el océano. Al sur de los 38°LS, el sector se caracteriza por la virtual ausencia de los gradientes zonales costeros reseñados para la región norte, y el dominio de aguas menos densas ($<24,5$ σ_t) en todo este sector.



Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto superficial presentó aguas bien oxigenadas en toda el área de estudio, con un rango de variación entre los 3,44 y los 6,99 ml L⁻¹ ($5,71 \pm 0,470$ ml L⁻¹; n= 163 datos). La distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto en el área de estudio (**Figura 20d**) evidenció una distribución homogénea, bien caracterizada por la isolínea de concentración de 5,5 y 6 ml L⁻¹, sin la presencia de gradientes espaciales importantes, a excepción del sector costero (<25 mn) situado entre los 36 y 37°LS, que evidenció concentraciones de oxígeno comparativamente menores.

Clorofila (desde imágenes satelitales): El análisis superficial de la información satelital correspondiente a las variables: clorofila-a, viento superficial y campo geostrófico de corrientes, se presenta en las **Figura 23**. De igual forma que lo reseñado para las imágenes de TSM, existe una gran presencia de cobertura nubosa en el caso de la clorofila-a, la cual fue resuelta de buena manera con el método de interpolación utilizado, obteniéndose 31 imágenes correspondientes al mes de marzo de 2006, que dan cuenta de las estructuras más relevantes en el área de estudio (**Figura 23**). Al igual que lo descrito para las imágenes de TSM, la cobertura espacial de la clorofila-a muestra valores bajos desde el 1 al 24 de marzo de 2006 (< 2 mg m⁻³) y valores máximos desde el 25 al 31 de marzo de 2006, con valores superiores a 3 mg m⁻³, mostrando una intensificación de la biomasa fitoplanctónica en el área de estudio asociado a eventos de surgencia costera, con filamentos de pequeña extensión hacia el océano que alcanzan hasta las 60 mn fuera de la costa (al norte de los 37°LS).



Corrientes geostróficas: Por último, el análisis del campo geostrófico muestra la presencia de un gran número de corrientes de meandros y giros. Estas corrientes de meandros se encuentran asociadas principalmente a la zona cercana a la costa (74° - 77° W) con dirección norte, presentando una rama principal con velocidades que superan los 30 cm s^{-1} centrada entre los 74° - 75° W y al norte de los 40° LS. De esta rama principal se desprender giros de mesoescala que se propagan hacia el oeste con una persistencia temporal media de 18 a 20 días (**Figura 24**). Estos giros evidencian la gran dinámica presente en al área de estudio y su importancia para procesos ecológicos, debido a que contribuyen a procesos de mezcla somera y potencian la producción in situ y la concentración mecánica de partículas en el área de estudio.

b) Estrato de 25 m de profundidad

Temperatura: La distribución horizontal de la temperatura en este estrato (**Figura 25a**) mostró una situación similar a lo reseñado para la superficie, destacando la presencia de marcados gradientes zonales al interior de las 75 mn desde la costa, debido a la localización de aguas cálidas en el sector NW ($>18^{\circ}\text{C}$) y aguas comparativamente más frías ($<13^{\circ}\text{C}$) situadas en la banda costera de toda el área de estudio. Asimismo, destaca la prolongación desde la costa central ($35^{\circ}40'$ - 38° LS) hacia el NW de aguas con temperaturas menores a 15°C , y por el contrario, la penetración de aguas más cálidas desde el océano en el sector sur del área de estudio. La temperatura del mar a los 25 m de profundidad (representativo del estrato situado por sobre la termoclina) presenta un amplio rango de variación fluctuando entre los $9,9$ y los $19,3^{\circ}\text{C}$, con un valor promedio para el área de estudio de $15,9 \pm 2,425^{\circ}\text{C}$ ($n= 170$ datos).



Salinidad y Densidad: Para este estrato, la salinidad presentó valores entre 33,022 y 34,513 (promedio de $33,871 \pm 0,355$ psu, $n= 170$ datos). De igual manera que en el estrato superficial, aquí se observa el dominio de aguas más salinas ($> 34,1$ psu) en todo el sector norte (al norte de los $35^{\circ}40'LS$), situación que se intensifica en la zona costera donde se reportan aguas más salinas ($>34,3$ psu) (**Figura 25b**). Hacia el sur, se verifican aguas menos salinas especialmente al sur de Lebu donde dominan las isohalinas de 33,5 y 33,6 psu, generando un gradiente zonal en el sector oceánico por la presencia de aguas más salinas situadas al extremo occidental del área de estudio. Por su parte, la densidad del agua de mar mostró un rango entre los 24,107 y los 26,303 σ_t , con un valor promedio de $24,805 \pm 0,604$ σ_t ($n= 170$ datos). En el sector norte (al norte de los $37^{\circ}LS$) la distribución horizontal de la densidad reveló un gradiente zonal costero situado al interior de las 50 mn, que se evidenció por la presencia de aguas comparativamente más densas ($>25,2$ σ_t) hacia la costa (**Figura 25c**). En tanto, en el sector central las aguas más densas se desplazan hacia el sector oceánico en sentido NW (hasta alcanzar las 130 m) lo que genera un gradiente zonal más oceánico de densidad en este sector. En tanto, en el extremo sur se observa el dominio de aguas menos densas (isopicnas de 24,2-24,6 σ_t) a excepción del sector más costero que evidenció aguas levemente más densas.

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto presentó un rango de variación que fluctuó ampliamente entre los 0,21 y los 6,49 $ml L^{-1}$, con un valor promedio de $5,32 \pm 1,058$ $ml L^{-1}$ ($n= 163$ datos). La distribución horizontal (**Figura 25d**) mostró también un estrato bien oígenado (> 5 $ml L^{-1}$) en gran parte del área de estudio, a excepción de la banda costera (< 25 mn) de la región situada al norte de los $37^{\circ}LS$, que reveló aguas con bajo contenido de oxígeno (< 2 $ml L^{-1}$) lo que generó un gradiente zonal importante en esta región.



c) Estrato de 50 m de profundidad

Temperatura: En este estrato, la distribución horizontal de la temperatura (**Figura 26a**) mostró una ancha banda (al interior de las 75 mn) de aguas frías ($< 12^{\circ}\text{C}$) en gran parte del área de estudio, en comparación con la ubicación de aguas más cálidas ($>17^{\circ}\text{C}$) hacia el extremo occidental del sector norte y sur del área de estudio. Esta distribución de la temperatura generó gradientes zonales importantes más oceánicos que en los estratos anteriormente descritos, y la virtual ausencia de gradientes meridionales. Destaca la penetración desde el océano de aguas más cálidas en el extremo sur (al sur de los 40°LS) del área prospectada. La temperatura presentó un rango de variación que fluctuó entre los $9,8$ y los $17,8^{\circ}\text{C}$, con un valor promedio de $13,33 \pm 2,311^{\circ}\text{C}$ ($n=168$ datos).

Salinidad y Densidad: A los 50 m de profundidad la salinidad presentó variaciones entre los $33,310$ y los $34,581$ psu, con un valor promedio de $33,960 \pm 0,251$ psu ($n=168$ datos) considerando toda el área de estudio. La distribución de la salinidad mostró variaciones zonales menores que en los estratos superficiales, pero igualmente se observó aguas más salinas ($> 34,4$ psu) en el sector más costero (<25 mn) y aguas comparativamente menos salinas a partir de los 75 mn y hacia el extremo oceánico de los transectos, especialmente en el sector sur del área de estudio (**Figura 26b**). Por su parte, la densidad del agua de mar (**Figura 26c**) mostró la presencia de una franja muy costera (<25 mn) de aguas comparativamente más densas ($>26,0 \sigma_t$), las que generaron un gradiente zonal importante especialmente al norte 36°LS . Asimismo, en gran parte del área de estudio, destaca una zona de mayor gradiente zonal situada en el sector oceánico situado entre las 100 y las 160 mn desde la costa. Al igual que en los estratos anteriormente descritos, se observa la penetración desde el océano de aguas menos densas ($< 24,7 \sigma_t$) que alcanzan las 50 mn desde la costa en el sector más austral del área prospectada. En este estrato, la densidad del agua de mar fluctuó entre los $24,39$ y los $26,39 \sigma_t$, con un valor



promedio de $25,44 \pm 0,573 \sigma_t$ (n= 168 datos).

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar fluctuó entre los 0,24 y los 6,31 ml l⁻¹ (promedio= $4,82 \pm 1,511$ ml L⁻¹; n= 161 datos). En este estrato se observa una situación distinta a la reportada hasta el momento, que se verifica tanto en diferencias zonales (más importantes) como meridionales. En el sector situado al norte de los 37°LS, se observa la presencia de aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto (< 2 ml L⁻¹) en una banda costera que no excede las 25 mn desde la costa (**Figura 26d**), en tanto más allá de los 75-100 mn se observó aguas oxigenadas con el dominio de las isolíneas de 4,5 a 5,5 ml L⁻¹. En tanto, al sur de los 38°LS, gran parte del área de estudio evidenció un estrato bien oxigenado con el dominio de la isolínea de 6 ml L⁻¹.

d) Estrato de 100 m de profundidad

Temperatura: En este estrato, la temperatura presentó un rango de fluctuación entre los 9,1 y los 12,1°C y un promedio de $10,81 \pm 0,593$ °C (n= 161 datos). El campo térmico horizontal presentó una distribución relativamente homogénea, sin gradientes zonales ni meridionales de importancia, y bien caracterizada por las isotermas de 10,5 y 11 °C (**Figura 27a**). El sector costero situado entre los 39°LS y el extremo austral del área prospectada, evidenció las aguas más frías, con temperaturas menores a los 10,0 °C.

Salinidad y Densidad: La distribución horizontal de salinidad mostró una banda costera (< 50 mn) de aguas más salinas (>34,5 psu) que abarcó desde el límite norte hasta los 39°50'LS, que verifica la presencia de las aguas ecuatoriales subsuperficiales (AESS) en su flujo hacia el polo, lo que contrasta con las aguas menos salinas de distribución homogénea (centrada en los 33,9 psu) que se observan cubriendo gran parte del sector sur del área de estudio (**Figura 27b**). En este estrato la salinidad fluctuó entre los 33,765 y los 34,686 psu, con un valor



promedio de $34,141 \pm 0,275$ psu ($n= 161$ datos). Por su parte, la distribución espacial de la densidad (**Figura 27c**) se caracterizó por la presencia de aguas más densas ($> 26,4 \sigma_t$) en el sector costero (< 50 mn desde la costa), lo que generó un gradiente zonal debido al encuentro con aguas menos densas ($< 26,0\sigma_t$) que dominaron el sector más oceánico del área prospectada. La densidad del agua de mar en este estrato presentó un rango de fluctuación entre los 25,68 y los 26,58 σ_t , con un valor promedio de $26,10 \sigma_t \pm 0,252$ ($n= 161$ datos).

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto fluctuó ampliamente en este estrato, evidenciando valores entre los 0,15 y los 6,28 ml L^{-1} , y un valor promedio para toda el área de estudio de $3,79 \pm 2,088 \text{ ml L}^{-1}$ ($n= 154$ datos). Destaca el dominio de aguas pobres en oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$) en el sector costero (al interior de las 50 mn) de gran parte del área de estudio, verificando la presencia de las AEES en este estrato de profundidad (**Figura 27d**). Un núcleo de aguas salinas, densas y menos oxigenadas ($< 2 \text{ ml L}^{-1}$) con orientación NW se observa entre las 75 y 130 mn desde la costa. Aguas oxigenadas ($>5 \text{ ml L}^{-1}$) se observó en el extremo occidental del sector norte, y en gran parte del área situada al sur de los 38°LS.

e) Estrato de 200 m de profundidad

Temperatura: En general, la distribución horizontal de la temperatura en este estrato evidenció un comportamiento homogéneo, sin gradientes zonales ni meridionales de importancia, verificándose una diferencia latitudinal de sólo 1°C para toda el área de estudio (**Figura 28a**). La temperatura en este estrato fluctuó entre los 8,6 y 10,8 °C, con un valor promedio de $9,6 \pm 0,574^\circ\text{C}$ ($n= 148$ datos).



Salinidad y Densidad: La distribución horizontal de la salinidad (**Figura 28b**) mostró mayores salinidades ($> 34,5$ psu) en el sector norte del área de estudio, destacando la presencia de aguas más salinas en una banda costera de aguas más salinas ($>34,6$ psu) ubicada entre Topocalma y Puerto Saavedra, vinculada con la presencia de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) que fluyen hacia el sur. El sector situado al sur de los 37° LS muestra, en general, salinidades menores a $34,4$ psu sin la presencia de gradientes zonales ni meridionales. El sector sur oceánico (más allá de las 100 mn desde la costa) presentó los valores más bajos de salinidad, quedando bien caracterizado por la distribución de la isohalina de $34,3$ psu. En este estrato, esta variable fluctuó entre los $34,026$ y los $34,691$ psu, con un valor promedio para toda el área de estudio de $34,435 \pm 0,160$ psu ($n= 148$ datos). En el caso de la densidad del agua de mar, el campo horizontal de esta variable verificó aguas más densas al norte de los 37° LS, quedando bien caracterizadas por la distribución espacial homogénea de la isopicna de $26,6 \sigma_t$ (Figura 16c). Al sur de los 38° LS, se registraron densidades menores en el sector oceánico que alcanzaron los $26,3 \sigma_t$. No se observaron gradientes zonales ni meridionales de importancia. El rango de fluctuación de la densidad fue entre los $26,27$ y los $26,76 \sigma_t$, con un valor promedio de $26,54 \pm 0,091 \sigma_t$ ($n= 148$ datos).

Oxígeno disuelto: El rango de fluctuación de la concentración de oxígeno disuelto en los 200 m de profundidad fue muy amplio, variando entre los $0,23$ y los $5,54 \text{ ml L}^{-1}$ (promedio= $1,92 \pm 1,582 \text{ ml L}^{-1}$; $n= 142$). La distribución espacial (**Figura 28d**) reveló variaciones meridionales y zonales marcadas, caracterizadas por la presencia de aguas pobres en oxígeno ($<1 \text{ ml L}^{-1}$) en el sector norte (al norte de punta Nugurne) y que alcanzan por la costa hasta los $39^{\circ}40'$ LS. Esta distribución, que coincide espacialmente con aguas más salinas, caracterizan la presencia importante de las AESS en este estrato de profundidad. Por el contrario, el sector sur (especialmente al oeste de las 100 mn desde la costa), presentó aguas bien oxigenadas quedando bien caracterizadas por las isolíneas de concentración de 3 a 5 ml L^{-1} (**Figura 28d**).



f) Estrato de 400 m de profundidad

Temperatura: El rango de fluctuación de la temperatura a los 400 m de profundidad varió entre los 5,05 y los 9,02°C (promedio= $6,99 \pm 0,625^\circ\text{C}$, $n= 138$ datos). La temperatura del mar en este estrato (**Figura 29a**) mostró un patrón homogéneo de distribución espacial, bien caracterizado por la disposición de las isotermas entre 6,5 y 7,5°C. La variación latitudinal de la temperatura alcanzó aproximadamente a 1°C.

Salinidad y Densidad: A diferencia de lo reportado para estratos superiores, a los 400 m de profundidad, la distribución horizontal de la salinidad reveló una distribución homogénea, bien caracterizada por las isohalinas de 34,4 (en el sector norte) y de 34,3 psu (en el sector sur más allá de las 75 mn) (**Figura 29b**). La salinidad fluctuó entre los 34,224 y los 34,582 psu considerando toda el área de estudio (promedio= $34,384 \pm 0,082$ psu, $n= 138$ datos). Por su parte, la densidad del agua de mar también presentó una distribución espacial homogénea, quedando bien caracterizada por la disposición horizontal de la isopicna de 26,9 σ_t . El rango de fluctuación de la densidad varió entre 26,73 y los 27,05 σ_t , con un promedio de $26,90 \pm 0,046$ σ_t ($n= 138$ datos) (**Figura 29c**).

Oxígeno disuelto: Al considerar toda el área de prospección, la concentración de oxígeno disuelto varió ampliamente entre los 0,42 y los 5,46 ml L⁻¹ (promedio= $3,07 \pm 1,24$ ml L⁻¹, $n= 132$ datos). La distribución horizontal de esta variable (**Figura 29d**) mostró aguas con menor concentración de oxígeno en la región norte del área de estudio (al norte de los 38°LS; $< 3,0$ ml l⁻¹), especialmente al interior de las 25 mn donde se detectó aguas con concentraciones menores a 2 ml L⁻¹; y aguas comparativamente más oxigenadas al sur de los 38°LS, especialmente al oeste de las 75 mn, donde en general dominan la isolínea de 4 ml L⁻¹.



g) Distribución horizontal de la clorofila-a superficial

La biomasa fitoplanctónica (estimada aquí como clorofila-a) evidenció bajos valores superficiales que fluctuaron entre los 0,01 y los 1,29 mg m⁻³, con un valor promedio de 0,11 ± 0,17 mg m⁻³ para toda el área de prospección. La distribución espacial de esta variable (**Figura 30**) mostró valores muy bajos (< 0,2 mg m⁻³) en gran parte del área de estudio, específicamente en la región situada al norte de los 35°LS, y en todo el sector oceánico situado al oeste de las 25-50 mn desde la costa. Concentraciones de clorofila levemente superiores (> 0,3 mg m⁻³) se detectaron solamente en una estrecha banda costera entre los 35°20'S (Constitución) y los 37°LS (Talcahuano) y, hacia el sur de puerto Saavedra (al sur de los 39°LS).

5.5.2.2 Distribución vertical de las variables oceanográficas

A continuación, se entrega el análisis de la distribución vertical de cada una de las variables oceanográficas registradas durante el estudio, en cada una de las transectas evaluadas en el área de prospección. Las transectas han sido numeradas desde la transecta 1 (extremo norte) a la transecta 22 (extremo austral) según se muestra en la **Figura 1**.

Transectas 1 a la 7 (Figuras 31 a la 37)

Las transectas 1 a la 4, se encuentran localizadas en el extremo norte del área de prospección, al norte de los 34°20'LS. Estas transectas evidenciaron similar patrón de distribución vertical de temperatura, caracterizado por: a) la presencia de aguas cálidas en superficie (>17°C) especialmente al oeste de las 100 mn, b) una termoclina identificable a lo largo de todos los transectos, situada entre los 40 y los 100 metros de profundidad, c) aguas levemente más frías en las estaciones más costeras de los transectos (especialmente en los transectos 2, 6 y 7), y d) un descenso térmico con la profundidad, revelando temperaturas menores a 10°C en los



200 m y menores a 6 °C hacia las máximas profundidades de muestreo.

Por su parte, el patrón de distribución vertical de la salinidad estuvo caracterizado por la presencia superficial de aguas levemente menos salinas (<34,2 psu) en el sector occidental de los transectos, lo que genera un gradiente positivo hacia las estaciones costeras (especialmente la en la Transecta 2). Se observa una haloclina débil y extensa en general a lo largo de todo el transecto, situada verticalmente entre los 20 y los 140 m la que se profundiza hacia el sector oceánico. En el estrato situado entre los 130 y los 400 metros de profundidad se observa la presencia del máximo salino correspondiente a las AESS en su flujo hacia el sur (salinidades superiores a 34,6 psu), situado entre la costa y las 75 mn mar afuera. En las transectas 4 y 7 (especialmente en esta última), destaca la presencia de un remolino proyectándose hacia el océano interior centrado en las 100 mn, caracterizado por salinidades superiores a 34,5 psu, bajo contenido de oxígeno (<1 ml L⁻¹) y el ascenso de las isopicnas en este sector. Hacia las máximas profundidades de muestreo, se observa un decremento en la salinidad hasta alcanzar valores inferiores a 34,4 psu denotando la presencia incipiente de las Aguas Intermedia Antártica en dicho estrato.

En tanto, el campo vertical de la densidad presentó diferencias zonales en el estrato superficial debido al ascenso de aguas comparativamente más densas (isopicnas de 25,4 a 26,0 σ_t) hacia la costa. En general, se observó una capa de mezcla muy somera en todo el transecto, que alcanzó entre los 10 y los 40 m de profundidad con una leve profundización hacia el sector oceánico. Bajo los 200 m la densidad incrementó a una tasa relativamente constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a 27,0 σ_t en los estratos más profundos.



Para el caso de la concentración de oxígeno disuelto, los resultados revelaron un estrato superficial (0-50 m) bien oxigenado ($> 5 \text{ ml L}^{-1}$), el ascenso hacia la costa de las isolíneas de 3 y 4 ml L^{-1} (especialmente en las transectas 1 y 2) y la presencia de oxiclina identificadas a lo largo de todo el transecto, situadas entre los 60 y los 120 m de profundidad, con una clara profundización hacia el sector oceánico (v.g., Transecta 3). Bajo los 100 metros de profundidad se observa la presencia de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$) que abarcan prácticamente todo el transecto (v.g., transectos 1 y 2) revelando la presencia de las AESS entre los 100 y los 400 m de profundidad. Bajo los 400 metros se observó un claro aumento en la concentración de oxígeno disuelto ($> 3 \text{ ml L}^{-1}$) asociado a la presencia de Aguas Intermedias Antárticas (AIA) en los estratos más profundos.

Transectas 8 a la 13 (Figuras 38 a la 43)

Las transectas 8 a la 13 se situaron entre los $35^{\circ}20' \text{LS}$ y los $38^{\circ}00' \text{LS}$, entre Bahía Chanco y Lebu. En estas transectas, la distribución vertical de la temperatura reveló la presencia superficial de aguas cálidas ($> 17^{\circ}\text{C}$) en el sector oceánico de los transectos (más allá de las 75 mn) y aguas comparativamente más frías en las estaciones costeras, debido al ascenso de las isoterma de $12-14^{\circ}\text{C}$ hacia la superficie, lo que generó un gradiente zonal importante positivo al océano. Asimismo, se detectó una termoclina bien desarrollada a lo largo de todos los transectos, situada entre la superficie y los 80 m de profundidad, con una leve profundización hacia el sector occidental. En estratos más profundos (bajo los 200 m) se observó un descenso térmico con la profundidad, revelando temperaturas menores a 10°C en los 200 m y menores a 6°C hacia las máximas profundidades de muestreo.

Por su parte, la salinidad mostró una haloclina extensa presente en gran parte de los transectos, situada entre los 40 y los 160 m de profundidad, evidenciando un debilitamiento y profundización hacia las estaciones oceánicas, donde alcanzó los 200 metros de profundidad. El flujo de las AESS hacia el polo (máximo salino) se



observó más claramente en los transectos 8, 9 y 10, caracterizadas por la isohalina de 34,6 psu pegada a la costa y situada entre los 80 y los 300 m de profundidad. En general, todas las transectas mostraron un gradiente zonal de salinidad en el estrato superficial, con aguas menos salinas ($< 33,7$ psu) asociadas al sector oceánico y aguas comparativamente más salinas ($>34,3$ psu) en las estaciones costeras. La excepción la constituyeron las secciones 11 y 13 que no evidenciaron salinidades mayores en la región costera. Bajo la haloclina, se observa el seccionamiento zonal de un remolino de mesoescala situado aproximadamente entre las 75 y 120 mn en la Transecta 8, caracterizado por altas salinidades y bajo contenido de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$), situación consistente con lo reportado para la Transecta 7 (**Figura 37**).

La distribución vertical de la densidad evidenció la virtual ausencia de capa de mezcla en gran parte de los transectos, así como una pycnoclina bien desarrollada situada entre los 10 y los 80-100 de profundidad. Especialmente en las secciones dispuestas sobre la Terraza del Itata (transectas 8, 9 y 10) se verificó el ascenso hacia la costa de las isopicnas de 25,6 a 26,2 σ_t lo que genera un gradiente zonal superficial con aguas más densas en la costa. Bajo los 200 m de profundidad, la distribución vertical de la densidad reveló un incremento a una tasa relativamente constante con la profundidad, alcanzando los 27 σ_t hacia los estratos más profundos de muestreo.

Por su parte, la distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto muestra un estrato superficial altamente oxigenado ($>5 \text{ ml L}^{-1}$) con el ascenso hacia la costa de las isolíneas 2, 3 y 4 ml L^{-1} , lo que fue particularmente válido en las transectas 8 a la 10, generando un leve gradiente zonal en superficie. Se registró una oxiclina débil a lo largo de todos los transectos, situada verticalmente entre los 20 y 100 metros en la mitad oriental de los transectos, y un debilitamiento y profundización de ésta hacia el extremo oceánico de cada una de las secciones. Las AESS se observan pegadas a la costa sobre el talud continental (hasta las 50 mn desde la costa), ubicándose aproximadamente entre los 60 y 340 m en todas las estaciones exceptuando en la Transecta 10 donde sobrepasa las 75 mn desde la costa. Tal como se reportó para



las transectas anteriores, bajo los 400 metros de profundidad se observa el incremento en las concentraciones de ox3geno disuelto superando los 4 ml L⁻¹ en las m3ximas profundidades de muestreo.

Transectas 14 a la 18 (Figuras 44 a la 48)

Las secciones 14, 15, 16, 17 y 18 se localizaron entre los 38°20'LS (isla Mocha) y los 40°00'LS (punta Galera). El patr3n de distribuci3n vertical de la temperatura present3 aguas superficiales c3ldas (>17°C) en gran parte de los transectos, a partir de las 50 mn hacia el oeste, y aguas comparativamente m3s fr3as en el sector costero (<14°C). Al igual que en los transectos informados anteriormente, en estas secciones se observ3 una termoclina bien desarrollada a lo largo de todos los transectos, particularmente hacia el sector costero (< 50 mn) donde se situ3 entre los 20 y los 80 m de profundidad revelando una leve profundizaci3n hacia la mitad oce3nica de las secciones. Al igual que lo reseñado anteriormente, bajo los 200 m de profundidad se verific3 un descenso a una tasa relativamente constante de la temperatura hacia la m3xima profundidad de muestreo, donde se registraron valores menores a 6 °C.

Por su parte, el campo salino mostr3 gradientes zonales en el estrato superficial debido a procesos costeros de mezcla con aguas continentales (r3os Imperial, Tolt3n y estuarios de los r3os Valdivia-Tornagaleones), lo que se expresa en los primeros 40 m de profundidad y se extiende hasta las 50 mn desde la costa, generando un marcado gradiente zonal con aguas comparativamente m3s salinas desde las 130 mn hacia el oce3no. Se observa una estratificaci3n de la salinidad (haloclina) bien desarrollada en todas las cinco secciones, con una marcada profundizaci3n a partir de las 100 mn desde la costa y hacia el l3mite oce3nico de los transectos. Asimismo, destaca la ausencia del n3cleo salino subsuperficial (>34,6 psu) caracter3stico de las AESS en su flujo hacia el polo.

Para el caso de la densidad, se identific3 picnoclinas desarrolladas a lo largo de



todos los transectos, las cuales se distribuyeron entre la superficie y los 60 m en el sector costero (< 75 mn) y se profundizaron hacia el sector occidental situándose entre los 60 y 100 m de profundidad. Por su parte, la distribución vertical de la concentración de oxígeno disuelto reveló un estrato superficial bien oxigenado (>5 ml l⁻¹), una zona de estratificación (oxiclina) muy débil situada entre los 60 y 180 metros, la que se profundiza y debilita hacia el sector oceánico, destacando en algunas transectas (v g., Transecta 15) la ausencia de estratificación vertical en el sector situado más allá de las 50 mn evidenciando concentraciones superiores a 4 ml L⁻¹ en toda la columna de agua. No se observa en estos transectos concentraciones mínimas de oxígeno (< 1 ml L⁻¹). Bajo los 400 m de profundidad se observa un incremento en la concentración de oxígeno disuelto (> 4 ml l⁻¹) asociados a la presencia de las AIA en este estrato.

Transectas 19 a la 22 (Figuras 49 a la 52)

Las transectas 19 a la 22 se ubicaron en el extremo austral del área de prospección acústica, entre los 40°25'LS y los 41°40'LS. En términos superficiales, las transectas 19, 20 y 21 evidenciaron aguas cálidas (>16°C) a lo largo de prácticamente todo el transecto, sin evidenciar gradientes zonales superficiales para este parámetro, en tanto la Transecta 22 mostró aguas comparativamente más frías (<14°C) en la estación más cercana a la costa. Todas las secciones evidenciaron una zona de estratificación térmica vertical bien desarrollada, situada entre los 20 y los 100 m de profundidad.



Por su parte, la distribuci3n vertical de la salinidad present3 haloclinas extensas que alcanzaron los 240 m de profundidad hacia las estaciones oce3nicas de las secciones, y una zona costera de menor salinidad superficial probablemente asociada a la mezcla con agua dulce. En estos transectos no se detect3 la presencia de salinidades mayores a 34,6 psu, denotando la virtual ausencia de AESS a estas latitudes. En tanto, el campo vertical de la densidad mostr3 una piconclina bien desarrollada en los primeros 120 m de profundidad, con una capa de mezcla que evidenci3 mayor profundidad hacia el sector oce3nico, al igual que en las transectas anteriores, alcanzando los 40-60 m de profundidad.

Para el caso de la concentraci3n de ox3geno disuelto, los resultados revelaron la virtual ausencia de estratificaci3n vertical en todos los transectos, los que estuvieron dominados por la distribuci3n de las isol3neas de 4 y 5 ml L⁻¹, lo que fue particularmente v3lido hacia el extremo oce3nico de las transectas.

Distribuci3n vertical de clorofila-a

La **Figura 53** presenta la distribuci3n vertical de la clorofila-a para cada una de las secciones realizadas en el 3rea de estudio. Esta distribuci3n vertical estuvo caracterizada principalmente por la presencia de muy bajas concentraciones de clorofila-a que no sobrepasaron los 0,2 mg m⁻³ en la gran mayor3a de los casos, a excepci3n de la transecta 22, la m3s austral del 3rea de estudio, que evidenci3 concentraciones comparativamente m3s altas, con un n3cleo superficial de concentraciones mayores a 0,7 mg m⁻³ en la estaci3n 172 (100 mn, 20 m de profundidad) y un n3cleo subsuperficial en la estaci3n 170 (50 mn, 40 m de profundidad) que alcanz3 los 0,5 mg m⁻³.



Transectas longitudinales

Las fluctuaciones latitudinales en las variables medidas también fueron analizadas a través de transectas paralelas a la línea de costa, utilizando estaciones representativas del sector más costero (sobre la plataforma continental), estaciones situadas a las 100 y a las 200 mn desde la costa.

Transecta latitudinal costera

La transecta costera consideró estaciones sobre la plataforma continental y quiebre de ésta, por lo que su profundidad máxima no sobrepasó los 200 m en la mayoría de los casos. Esta transecta evidenció aguas cálidas ($> 14\text{ }^{\circ}\text{C}$) a lo largo de todo el sector costero del área de estudio, sin la presencia de gradientes latitudinales (norte-sur) de importancia. De igual manera, los gradientes verticales no fueron pronunciados lo que fue evidenciado por la profundidad de la isoterma de 12°C ubicada a 25 metros (**Figura 54**).

Por su parte, la salinidad mostró claras diferencias meridionales vinculadas a los procesos de mezcla de las aguas costeras provenientes de los principales ríos de la región centro-sur de Chile, destacando núcleos superficiales de menor salinidad al sur de los 38°LS y al sur de los $40^{\circ}30'\text{LS}$. La región norte del área de estudio (al norte de los 38°LS) reveló salinidades mayores a 34,4 psu bajo los 50 m que denotan la mezcla de ASAA con las AESS en el sector costero del área de prospección (**Figura 54**). De igual manera a lo reseñado para la salinidad, la densidad del agua de mar mostró gradientes meridionales debido a los procesos de mezcla ya señalados, una pinoquina definida en prácticamente todo el transecto situada entre los 20 y 75 m de profundidad, que se profundiza levemente hacia el extremo sur del área de prospección. En las estaciones que presentaron profundidades mayores se observó valores superiores a $26,4\ \sigma_t$ bajo los 100 m de profundidad (**Figura 54**).



La distribución latitudinal superficial de la concentración de oxígeno disuelto mostró valores mayores a 5 ml L^{-1} en todo el transecto. Se observó una oxiclina, definida entre los 20 y 90 m, que se profundiza claramente hacia el extremo austral, así como también la presencia aguas pobres en oxígeno (AESS, $<1 \text{ ml L}^{-1}$) restringidas al norte de los 37°LS y bajo los 70 m de profundidad. En tanto, la distribución longitudinal de la clorofila-a mostró valores superficiales bajos a lo largo de toda la transecta, destacando solamente una zona con concentraciones no mayores a $1,2 \text{ mg m}^{-3}$, entre los 34°LS y los 36°LS (**Figura 57**). Bajo los 50 m de profundidad todo el transecto presentó concentraciones menores a $0,2 \text{ mg m}^{-3}$.

Transecta latitudinal a 100 mn

El estrato superficial de la transecta situada a 100 mn estuvo caracterizado por escasa variabilidad meridional, y una termoclina bien definida en los primeros 80 m de profundidad, evidenciando una leve profundización hacia el sector sur del área de estudio. Bajo los 200 m de profundidad se observa un descenso relativamente constante de la temperatura hasta alcanzar valores menores a 6°C bajo los 500 m (**Figura 55**).

Por su parte, la salinidad presentó un gradiente meridional superficial (0-200 m) con aguas más salinas ($> 34,1$) en el extremo norte y salinidades menores a 33,9 hacia el sur del área de prospección. La haloclina, situada entre los 80 y 180 m de profundidad, se debilita y profundiza hacia el sur (**Figura 55**). Asimismo, el máximo de salinidad (característico de la presencia de AESS) se detectó en el estrato situado entre los 70 y 450 m, principalmente al norte de los 38°LS . Para el caso de la densidad, los resultados revelaron una distribución similar al descrito para la salinidad, exhibiendo escasa variación meridional, una capa de mezcla que se incrementa levemente hacia el sur, y una pycnoclina bien definida a lo largo de todo el transecto situada entre los 80 y 140 m de profundidad (**Figura 55**).



La distribuci3n latitudinal de la concentraci3n de ox3geno disuelto sobre los 100 m de profundidad mostr3, en general, valores mayores a 5 ml L^{-1} . Se observa la presencia de una oxiclina debil en la mayor3a de las estaciones que componen el transecto, a excepci3n de las situadas entre los 35°LS y los 37°LS que evidenci3 un mayor grado de estratificaci3n vertical. La oxiclina queda virtualmente ausente al sur de los 40°LS donde se verifica una columna de agua verticalmente homog3nea y bien oxigenada. Aguas con bajo contenido de ox3geno ($<1,0 \text{ ml L}^{-1}$) estuvieron presentes hasta los $37^{\circ}20'\text{LS}$ y a una profundidad entre los 50 y 200 m de profundidad (**Figura 55**). Por 3ltimo, la distribuci3n de clorofila-a (**Figura 57**) revel3 valores bajos tanto vertical como meridionalmente, encontr3ndose un n3cleo subsuperficial (20 m) de concentraciones mayores ($> 0,8 \text{ mg m}^{-3}$) centrado en los $35^{\circ}20'\text{LS}$.

Transecta latitudinal a 200 mn

Esta transecta evidenci3 aguas particularmente c3lidas sobre los 50 metros de profundidad, alcanzando valores superiores a los 19°C en el sector norte del 3rea de estudio, y valores superiores a los 16°C hacia el extremo sur del transecto, mostrando un leve gradiente meridional en el 3rea de estudio. La secci3n muestra adem3s, la presencia de una termoclina bien desarrollada a lo largo de todo el transecto, situada verticalmente entre los 20 y los 80 m de profundidad. (**Figura 56**).

En tanto, la distribuci3n vertical de la salinidad evidenci3 escasa variabilidad meridional en el estrato superficial ($< 100 \text{ m}$), con aguas levemente m3s salinas ($>34,1 \text{ psu}$) al norte de los 35°LS . Se observ3 una haloclina d3bil que se ubic3 entre los 140 y 200 m de profundidad en la zona norte, la que se debilita y profundiza al sur de los 38°LS . Al norte de los 38°LS , y en el estrato comprendido entre los 100 y los 420 m de profundidad, se observa la presencia de aguas con altas salinidades ($> 34,5 \text{ psu}$) caracter3sticas de las AESS en su flujo hacia el polo. Por su parte, la densidad del agua de mar mostr3 un comportamiento similar a lo descrito para la temperatura, esto es, la presencia de una somera capa de mezcla que tiende a



profundizarse hacia el sector sur (al sur de los 39°LS) del área de estudio, una pycnoclina bien desarrollada a lo largo de todo el transecto situada entre los 20 y 80 m de profundidad. Bajo los 200 m de profundidad todo el transecto presentó un incremento de la densidad con la profundidad, alcanzando los 27,0 σ_t entre los 400 y 600 m con un fuerte ascenso de esta isopícnica en los 37°LS probablemente asociado al paso de un anillo de mesoescala en este sector.

La distribución latitudinal de la concentración de oxígeno disuelto mostró aguas bien oxigenadas ($> 5 \text{ ml L}^{-1}$) en los primeros 150 m de profundidad. Subsuperficialmente, la distribución de oxígeno mostró dos sectores distintos, esto es, el área situada al norte de los 37°LS caracterizada por una oxiclina situada entre los 100 y los 180 m y por la presencia de un núcleo de aguas pobres en oxígeno ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$) situado al norte de los 36°20'LS que abarcó el estrato entre los 180 y los 460 m de profundidad. Por el contrario, al sur de los 38°LS la distribución vertical de oxígeno disuelto reveló la ausencia de estratificación (oxiclina) y de concentraciones mínimas de oxígeno ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$), dominando claramente las isolíneas de 4 y 5 ml L^{-1} (**Figura 56**). Por último, la distribución oceánica de la concentración de clorofila-a presentó valores muy bajos en toda la transecta, los que no sobrepasaron los 0,1 mg m^{-3} (**Figura 57**).

5.5.2.3 Perfiles verticales individuales

La distribución vertical de las variables oceanográficas medidas en el área de estudio se presenta a la forma de: a) perfiles verticales individuales por estación de muestreo, agrupando las estaciones en las regiones: norte (32°55'-35°00'LS), centro (35°25'-39°10'LS) y sur (39°35'-41°15'LS) y, b) perfiles verticales promedio para cada una de las 22 transectas realizadas durante la prospección, privilegiando las diferencias longitudinales al interior de cada transecta.



A continuación se presentan perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a en el área de estudio.

Temperatura

La distribución vertical de la temperatura para cada una de las estaciones de muestreo se presenta en la **Figura 58**. Se observa un comportamiento térmico relativamente similar para las tres zonas estudiadas, evidenciando las siguientes características principales: a) aguas superficiales cálidas (generalmente entre los 15 y los 19,5 °C) lo que se intensifica hacia el sector norte del área de estudio, b) termoclinas intensas y bien definidas en la gran mayoría de los casos, ubicada aproximadamente entre los 20 y los 80 m de profundidad para las tres zonas estudiadas; c) gradientes verticales máximos de temperatura más intensos para la región norte con un promedio de $-3,40 \pm 1,510 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$ (rango= $-0,39 - -6,56 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$), en comparación con lo observado para el sector central ($-0,58 - -4,61 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$; $-2,95 \pm 0,703 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$) y especialmente para el sur del área de estudio ($-1,49 - -3,91 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$; $-2,66 \pm 0,593 \text{ } ^\circ\text{C } 10 \text{ m}^{-1}$) denotando termoclinas más intensas hacia el sector norte del área de estudio, y d) en general, en todos los perfiles y bajo los 200 m de profundidad, se verificó un decremento de la temperatura a una tasa relativamente constante con la profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo (*i.e.*, 600 m), donde se alcanzó valores mínimos centrados en los 5,5 °C.

Salinidad

La distribución vertical de la salinidad entre la superficie y los 600 m como profundidad máxima se presenta en la **Figura 59**. A diferencia de lo reportado para la temperatura, esta variable presentó diferencias en su campo vertical para las tres zonas estudiadas. La zona norte evidenció salinidades superficiales fluctuando en un estrecho rango definido entre los 34,0 y los 34,45 psu, presentó haloclinas extensas que alcanzaron los 200 m de profundidad en algunos casos, máximos



gradientes salinos comparativamente menores al resto de las zonas evaluadas, con un promedio de $0,126 \pm 0,043$ psu 10 m^{-1} (rango= $0,075 - 0,269$ psu 10 m^{-1}) y una zona de máxima salinidad entre los 60 y los 360 m de profundidad vinculado con la presencia de las AESS caracterizadas por salinidades superiores a 34,6 psu. Por su parte, la zona central de estudio se caracterizó por la presencia de aguas superficiales con un mayor rango de variación (salinidades menores a lo reportado para la zona norte) que fluctuó entre los 33 y los 34,4 psu, además de la presencia de haloclinas más desarrolladas y extensas que evidenciaron máximos gradientes promedio superiores a la zona norte ($0,201 \pm 0,119$ psu 10 m^{-1} ; rango= $0,064 - 0,747$ psu 10 m^{-1}) y el establecimiento de las AESS (salinidades $> 34,6$ psu) entre los 100 y los 260 m de profundidad. Por último, la zona sur evidenció un campo vertical caracterizado por salinidades superficiales menores ($32,9 - 34,2$ psu), máximos gradientes de salinidad que fluctuaron entre los $0,055-1,237$ psu 10 m^{-1} (promedio= $0,275 \pm 0,240$ psu 10 m^{-1}) que fueron mayores a los reportados para las otras dos zonas estudiadas y, la presencia de haloclinas más extensas que alcanzaron los 250 m en los perfiles del sector oceánico.

Bajo los 300 m de profundidad se registró un comportamiento salino similar, con una tendencia a disminuir hasta la máxima profundidad de muestreo producto de la presencia incipiente de las Aguas Intermedias Antárticas (AIA) hacia los estratos más profundos de muestreo.



Densidad

La distribución vertical de la densidad del agua de mar para todas las estaciones de muestreo se presenta en la **Figura 60**. Se observa un comportamiento relativamente similar para las zonas norte y centro del área de estudio, que se caracterizan por tener un rango similar de variación superficial ($24 - 25,8 \sigma_t$), una profundidad de la capa de mezcla que alcanzó los 40-50 m de profundidad, y máximos gradientes de densidad promedio que fluctuaron escasamente entre los $0,67 \pm 0,208 \sigma_t 10 \text{ m}^{-1}$ y los $0,70 \pm 0,298 \sigma_t 10 \text{ m}^{-1}$. Por su parte, el sector sur reveló una situación levemente distinta, con densidades superficiales menores ($24-25 \sigma_t$) y menos variables, alta variabilidad espacial en la posición vertical de la capa de mezcla, situándose entre los 10 y los 60 m de profundidad, una pycnoclina bien desarrollada ubicada, en la gran mayoría de los casos, entre los 20 y los 120 m de profundidad y gradientes verticales máximos relativamente similares a los reseñados para las zonas norte y centro, que fluctuaron entre los $0,36$ y los $1,31 \sigma_t 10 \text{ m}^{-1}$ con un valor promedio de $0,688 \pm 0,234 \sigma_t 10 \text{ m}^{-1}$.

Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto (**Figura 61**) presentó un patrón de distribución vertical caracterizado por: a) un estrato superficial (entre la superficie y al menos los 50 m) bien oxigenado, con concentraciones de oxígeno disuelto entre $4,5$ y $6,5 \text{ ml L}^{-1}$, b) una oxiclina bien desarrollada en la gran mayoría de los perfiles desarrollados en los sectores norte y central del área de estudio, la que estuvo situada entre los 20 y los 200 m de profundidad (sector norte) y entre los 40 y los 260 m de profundidad (sector central), en cambio en el sector sur la gran mayoría de los perfiles verticales de oxígeno disuelto muestran oxiclinas débiles y extensas o ausencia de ellas, c) concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$) situadas verticalmente entre los 30 y 430 m de profundidad para los sectores norte y sur, revelando la



presencia de AESS en este estrato, y un progresivo incremento de la concentración de oxígeno disuelto a partir de los 300 m y hasta la máxima profundidad de muestreo, caracterizando la mezcla de las AESS con la presencia de las AIA. Lo anterior no fue válido para las estaciones situadas en la región sur, donde sólo hubo presencia de concentraciones mínimas de oxígeno en 6 estaciones de muestreo, situados entre los 80 y 360 m de profundidad. En este sector, en general, los perfiles evidenciaron un comportamiento vertical menos variable con concentraciones superiores a los 3 ml L⁻¹.

Clorofila-a

La distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica, estimada como clorofila-a, establecida en los primeros 100 m de la columna de agua mostró una situación similar para las zonas norte y centro del área de estudio, esto es, muy bajos valores de clorofila-a (<0,4 mg m⁻³) en la gran mayoría de los casos, y una distribución vertical relativamente homogénea sin máximos superficiales ni subsuperficiales (**Figura 62**), a diferencia de lo reportado para el sector sur, donde se informa concentraciones comparativamente mayores (> 0,5 mg m⁻³) en algunos casos, con presencia de algunas estaciones con máximos subsuperficiales de clorofila-a (**Figura 62**).

5.5.2.4 Perfiles verticales promedios

La distribución vertical promedio de la temperatura revela, en general, un comportamiento similar en la región norte y centro del área de estudio, con variabilidad zonal sobre los 100 m de profundidad, y una termoclina bien definida en todas las transectas que alcanza aproximadamente a los 80 metros (**Figura 63**). Por su parte, el sector sur del área de estudio (al sur de los 39°35'LS, Transecta 17) muestra un estrato superficial más homotermo y una termoclina levemente menor que lo descrito para las otras dos zonas estudiadas, no obstante bajo los 200 m de



profundidad, todas las secciones muestran la virtual ausencia de variabilidad entre las estaciones que componen cada transecta (variabilidad zonal), así como la evidencia de un descenso térmico relativamente constante hasta la máxima profundidad de muestreo, donde se alcanzó valores promedio centrados en los 5,5 °C.

La salinidad, por su parte, reveló un estrato superficial altamente variable (mayor variabilidad zonal que para el caso de la temperatura), especialmente en las transectas 8, 9, 10, 14, 15, 17, 18, 19, 20 y 21, vinculado con la presencia costera de bajas salinidades producto de la mezcla superficial de las ASAA con aguas de origen continental aportadas por ríos locales (*v g.*, río Maule, ríos Itata-Bíobío, Bahía Corral). En general, se observó haloclinas extensas en toda el área de estudio que alcanzaron los 160-180 m en el sector norte (transectas 1 a la 5), para ir progresivamente profundizándose hacia el sur hasta alcanzar los 280 m a partir de la Transecta 19 (40°25'LS) (**Figura 64**). En algunas transectas (especialmente en el sector norte) el perfil promedio de salinidad se observó aguas más salinas en el estrato superficial (< 20 m de profundidad) asociada presumiblemente salinidades comparativamente más altas vinculadas con las estaciones más costeras producto de eventos muy locales de surgencia costera (*v g.*, transectas 1, 3, 4,7). Bajo los 400 m de profundidad, la salinidad evidencia escasa variabilidad zonal (similitud entre las estaciones que componen una transecta), así como también comienza a disminuir levemente hacia la máxima profundidad de muestreo, denotando la presencia incipiente de las AIA en ese estrato.

La distribución vertical promedio de la densidad en cada una de las transectas realizadas se presenta en la **Figura 65**. La figura revela una capa de mezcla muy somera que se expresa en los primeros 20 m de profundidad en la mayoría de las transectas. Asimismo, se observa una pycnoclina bien desarrollada en todas las secciones que alcanza los 80 m de profundidad en la región norte del área de estudio (al norte de los 34°35LS) y aumenta progresivamente hacia el sector sur, donde se establece en los 120 m de profundidad. Bajo los 200 m de profundidad, la distribución



promedio de la densidad muestra escasa variabilidad zonal en todas las transectas evaluadas, y un incremento uniforme con la profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo.

Por su parte, la distribución vertical promedio de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua (**Figura 66**) mostró un estrato superficial bien oxigenado ($> 5 \text{ ml l}^{-1}$) y la presencia de oxiclinas bien desarrolladas especialmente al norte de los $38^{\circ}20' \text{LS}$ (Transecta 14) situada entre los 40 y los 180 m de profundidad. Los perfiles promedio evidenciaron alta variabilidad zonal (variaciones entre las estaciones de muestreo de cada transecta) en la zona de estratificación vertical, debido a la disposición costera de aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto. Destaca la presencia de aguas pobres en contenido de oxígeno ($< 1 \text{ ml L}^{-1}$) en los perfiles promedio de la zona norte y centro del área de estudio, que se situaron (en promedio) entre los 140 y los 360 m de profundidad, situación contraria a lo reportado para los transectos del sur (al sur de la Transecta 18) donde no se verifican concentraciones mínimas de oxígeno en la columna de agua. Bajo el mínimo de oxígeno que caracteriza la presencia de las AEES en este estrato, se verifica un aumento progresivo en la concentración de oxígeno disuelto con la profundidad, denotando la presencia incipiente de las AIA en toda el área de estudio.

La distribución vertical promedio de la biomasa fitoplanctónica (**Figura 67**) mostró un patrón de distribución vertical similar en la región norte (transectas 1 a la 6) y centro (transectas 8 a la 16) del área de estudio, caracterizado por muy bajos valores promedio de clorofila-a ($< 0,2 \text{ mg m}^{-3}$), escasa variabilidad zonal y ausencia de máximos superficiales y subsuperficiales. Por el contrario, el perfil promedio para la transecta 7 evidenció un máximo subsuperficial (20 m) de concentración comparativamente mayor al resto de las transectas de esta región ($> 0,3 \text{ mg m}^{-3}$) con una gran variabilidad zonal, lo que refleja el carácter local de este núcleo de concentraciones más altas de clorofila-a. De igual forma, las transectas del sector sur (transectas 17, 19, 21 y 22) evidenciaron máximos superficiales y subsuperficiales



(30 m), los cuales, no obstante, no sobrepasaron en promedio los $0,3 \text{ mg m}^{-3}$.

5.5.2.5 Profundidad capa de mezcla, base de la termoclina y temperatura base de la termoclina

Las estructuras oceanográficas verticales, esto es, la profundidad de la capa de mezcla (PCM), la profundidad base de la termoclina (PBT) y la temperatura en la profundidad base de la termoclina (TBT) se presentan en la **Figura 68**.

La distribución horizontal de la PCM mostró un gradiente zonal positivo hacia el sector oceánico, con valores muy bajos, menores a los 20 m de profundidad, al interior de las 50 mn desde la costa en las regiones norte y sur, y una extensión hacia el océano (hasta las 130 mn) en el sector central situado entre Constitución y Lebu. Por el contrario, el sector oceánico (especialmente al sur de los 39°S) mostró valores comparativamente mayores de PCM ($> 50 \text{ m}$) (Figura 56a). La PCM reveló un valor promedio de $29,7 \pm 13,1 \text{ m}$, con una fluctuación entre los 11 y los 60 m de profundidad ($n= 160$ datos).

Por su parte, la PBT fluctuó entre los 23 y los 146 m de profundidad (promedio= $82,1 \pm 26,2 \text{ m}$; $n= 167$ datos). Al igual que lo reportado para la PCM, esta estructura evidenció un claro gradiente zonal a lo largo de toda la región de estudio, con valores de PBT comparativamente menores ($<50 \text{ m}$) asociados a las primeras 25-50 mn desde la costa y una marcada profundización hacia el sector más oceánico, donde la PBT superó los 120 m de profundidad en el sector noroccidental (más allá de los 160 mn) (**Figura 68b**). La TBT presentó un valor promedio de $10,9 \pm 0,53 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con una fluctuación entre los $9,5$ y los $12,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. La distribución horizontal mostró un patrón homogéneo bien caracterizado por la distribución de las isotermas de $10,5$ y $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a lo largo del área de prospección (**Figura 68c**).

5.5.2.6 Diagramas TS



La identificación de las masas de aguas se realizó a través del análisis e interpretación de diagramas TS, los cuales se presentan en la **Figura 69**. Con fines operacionales las estaciones de muestreo fueron agrupadas en tres regiones geográficas: norte ($32^{\circ}00'$ - $35^{\circ}30'LS$), centro ($35^{\circ}30'$ - $38^{\circ}30'LS$) y sur ($39^{\circ}00'$ - $41^{\circ}30'LS$).

Durante el presente estudio, se detectó la presencia de tres masas de agua, a saber: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Intermedia Antártica (AIAA). El análisis para cada una de las regiones muestreadas arrojó los siguientes resultados:

Sector norte

En el estrato superficial se observó la presencia de las ASAA, encontradas eventualmente en mezcla con aguas costeras de baja salinidad e influidas por irradiación solar superficial. La presencia de ASAA se caracterizó por valores de salinidad entre 33,90 y 34,40 psu, y entre 9 y 19 °C de temperatura. En los estratos subsuperficiales se combina gradualmente con AESS, las que presentan índices termosalinos que variaron entre 34,4 y 34,6 psu, y entre 8 y 12 °C de temperatura. Bajo los 100 m de profundidad, la presencia de AESS comienza a hacerse significativa, a diferencia de las ASAA, que a esta profundidad participa de manera secundaria en la mezcla. Al mismo tiempo y a medida que aumenta σ_t , el aporte de AIAA se vuelve más importante. A partir de los 350 m la mezcla se produce prácticamente sólo entre estos dos tipos de agua. Los índices termosalinos de las AIAA varían entre 34,25 y 34,42 psu, y entre 5,5 y 6,5 °C de temperatura.

Sector centro

Esta zona presenta condiciones similares a la anterior (zona norte). En superficie se



observan aguas influenciadas por la presencia de aguas costeras poco salinas generando un rango más amplio en la salinidad. La presencia de ASAA se caracteriza por presentar índices de salinidad entre 33,00 y 34,30 psu y de temperatura entre 9 y 19°C. La influencia de AESS aparece como rasgo marcado, presentando en general, índices termosalinos comprendidos entre 34,20 y 34,7 psu y entre 7,8 y 11,5°C de temperatura, las que se ubican verticalmente entre los 100 y 300 metros de profundidad. Por debajo de las AESS se ubica las AIAA, la cual muestra en esta región índices comprendidos entre 34,2 y 34,4 psu y entre 5,1 y 6,5 °C, ubicándose bajo los 500 metros de profundidad.

Sector sur

A diferencia de las dos regiones anteriores, en el estrato superficial de las estaciones de este sector no se observa una influencia importante de irradianza solar, pero sí de aguas continentales de baja salinidad. La presencia de ASAA en la región se caracteriza por presentar valores de salinidad entre 33,8 y 34,1 psu, y de temperaturas entre 9,5 y 17,5°C. Comparativamente, la participación de AESS se ve drásticamente disminuida al identificarse sólo en algunas estaciones en un rango salino comprendido entre 34,20 y 34,50 psu y de temperatura entre 7,5 y 10 °C.

Los índices termohalinos reportados en este informe, son consistentes con los descritos anteriormente por la literatura para la región Centro-Sur de Chile (Brandhorst, 1971; Silva & Konow, 1975; Robles, 1976; Silva & Sievers, 1981; Silva, 1982; Rojas & Silva, 1996; Strub *et al.*, 1998).



5.5.2.7 Diagramas OS

Para el presente estudio, se realiz3 un an3lisis de diagramas O-S (ox3geno-salinidad) considerando las profundidades de 5 y 100 metros para las tres regiones estudiadas. Los resultados revelaron la presencia de dos masas de agua, a saber: Agua Subant3rtica (ASAA) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES).

A la profundidad de 5 metros, los diagramas muestran la ausencia de las AEES para las tres regiones de estudio, con un fuerte dominio de las ASAA las cuales presentaron rangos de fluctuaci3n similares para las regiones centro y sur, con salinidades desde los 33 a los 34,4 psu y concentraciones de ox3geno entre los 5,1 y los 7 ml L⁻¹. Por su parte, la zona norte del 3rea de estudio evidenci3 un rango mucho m3s estrecho de salinidad, variando entre los 33,95 y los 34,5 psu y, valores de oxigeno disuelto entre los 4,9 y los 6 ml L⁻¹. (**Figura 70**).

Por su parte, a la profundidad de los 100 metros, se observa la marcada presencia de las AEES, principalmente en el sector norte del 3rea de estudio y en estaciones asociadas a la banda costera, con valores de ox3geno que fluctuaron entre los 0,2 y los 2,5 ml L⁻¹ y valores de salinidad superiores a 34,4 psu. La presencia de las ASAA se muestra fuertemente influenciada por procesos de mezcla con las AEES, revelando salinidades en un estrecho rango de variaci3n (34,2 – 34,3 psu) y valores de ox3geno menores. Por su parte, el sector sur mostr3 la virtual ausencia de las AEES, dejando s3lo algunas estaciones en el rango de esta masa de agua, probablemente producto de un evento muy localizado de surgencia costera cercano a Punta Galera (40°LS). Por su parte, las ASAA presentaron un comportamiento similar al descrito para el sector central del 3rea de estudio, con un estrecho rango de salinidad y valores de ox3geno que alcanzaron los 6,2 ml L⁻¹. (**Figura 71**)



5.5.3 Relaciones espaciales de la distribución y abundancia de jurel respecto a las variables bio-oceanográficas.

5.5.3.1 Distribución geográfica del recurso

De manera general, se puede señalar que la especie se reportó de preferencia distribuida en el extremo sur de la zona de estudio. Por otra parte, la distribución batimétrica indica que el recurso se presentó en la columna de agua desde la superficie hasta más de 100 m de profundidad, con una marcada preferencia por los primeros 50 m de la columna de agua donde se presenta la gran mayoría de las celdas.

En el caso de la distribución geográfica total de jurel, se aprecian tres focos de concentración, el primero y segundo de reducido tamaño al sur-oeste de Constitución y oeste de Lebu, y un tercero de amplia extensión a 90 mn al nor-oeste de Corral, destacándose que el mayor porcentaje es ocupado por la categoría de bajas densidades (1-75 t/mn²) con un 87%; por su parte, el estrato con las mayores densidades (>300 t/mn²), presentó un IOC del 2.5% siendo bastante menor a los reportados para cruceros de otoño (Córdova *et.al.*, 2004 y 2005).

Con respecto a los diferentes planos, en la capa que abarca desde la superficie hasta los 50 m, la especie presentó una cobertura geográfica reducida con un IOC de 13,0% y con agregaciones muy definidas en el entorno de las 100 mn de la costa (**Figura 72a**). En este sentido, la distribución espacial de las agregaciones indica que el jurel se concentró mayoritariamente en un núcleo ubicado a unas 90 mn al nor-oeste de Corral y comprende un área aproximada de 600 mn², donde sus altas concentraciones de densidad están en una zona de gradientes térmicos. En cuanto al índice de ocupación (Nº de píxeles positivas/Nº de píxeles totales), si se considera solamente las cuadrículas positivas, el 86% correspondió a píxeles de baja densidad, el 11% a celdas de mediana densidad y solamente el 3% a



concentraciones altas (**Tabla 26**).

En la capa de 51 a 100 m de profundidad, el jurel exhibi3 menos agregaciones y una distribuci3n espacial mucho m3s acotada, con un 3ndice de ocupaci3n bastante menor (3%) que el estrato superficial y un comportamiento m3s oce3nico. En esta capa, la distribuci3n se centra exclusivamente en el extremo sur de la zona de estudio, por obre las 150 millas al sur-oeste de Corral (**Figura 72b**). Sector que se caracteriz3 por la ausencia de niveles altos de densidad y la presencia de altas temperaturas, bajas salinidades y aguas bastante oxigenadas (**Figuras 73, 74 y 75**).

En el plano 101-150 metros, la especie se distribuy3 en un 3rea muy reducida con densidades que no superaron las 75 t /mn² (**Figura 72c y Tabla 26**). En esta capa, la distribuci3n del recurso respecto a los otros planos, se encuentra desplazada hacia el norte del 3rea de estudio.

Tabla 26

3ndices de ocupaci3n (en porcentaje) de las cartograf3as de distribuci3n de jurel en las capas de 5, 50 y 100 m.

DENSIDAD	Superficie-50 m.		Capa 51-100 m.		Capa 101-150 m.	
	+	t.	+	t.	+	t.
Densidad Baja	86	11	99	3	100	05
Densidad Media	11	2	1	0,02	0	0
Densidad Alta	3	0,3	0	0	0	0

+ : cuadr3culas positivas.

t. : cuadr3culas totales.



5.5.4 Análisis integrado

a) Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y las variables bio-oceanográficas

Se realizó un análisis visual de los distintos planos y cartografías. Asimismo, se establecieron tabulaciones cruzadas con el propósito de estimar los rangos óptimos de preferencia de la especie en relación los parámetros ambientales y además calcular los coeficientes Cramer de las cartografías de distribución de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5, 50 y 100 m.

En relación con la temperatura

Las cartografías de temperatura se observan en las **Figura 73**. En la capa superficial se observa que las TSM fluctuaron entre los 12 y 20°C; con un valor promedio de 17,0°C. La distribución espacial de la TSM presentó, en las primeras 50-60 mn, aguas comparativamente más frías (color verde claro) desde Golfo Arauco hacia el extremo norte del área analizada, observando focos de surgencias frente a San Antonio, Constitución y Talcahuano. Al norte del Golfo de Arauco las aguas costeras más frías generaron un brusco diferencial de temperatura debido al encuentro con aguas más cálidas que se sitúan en el sector oceánico. En general, se destaca que en la región de estudio dominan las isotermas mayores a los 16°C (**Figura 73a**). Con respecto al jurel, el recurso mostró una distribución espacial escasa y con un índice de ocupación total de 13%. En esta capa, la distribución se centra preferentemente al NW de Corral, con una repartición geográfica del recurso que indica que éste se concentró en un área de temperaturas cálidas y de diferenciales térmicos moderados. La relación entre los pixeles con presencia de jurel y la TSM, muestra que el recurso se presentó en un rango de TSM desde los 14°C hasta los 19°C, con una clara preferencia por las aguas de 16 y 17°C (**Figura 77a**), lo que difiere a lo mencionado



para los cruceros de otoño en los cuales el jurel se reporta en aguas más frías. El índice de Cramer entre las variables es de 0,26, indicado una significativa asociación entre las variables ($\alpha = 0,05$) (**Tabla 27**).

En el estrato de 50 m de profundidad, la temperatura presentó un rango de variación que fluctuó entre los 9 y los 18°C, con un dominio de las isotermas menores a los 15°C, con una repartición espacial de la temperatura que exhibió un fuerte gradiente longitudinal en toda la zona de estudio, con un predominio de aguas de <12°C en los sectores costeros y aguas comparativamente más cálidas (>14,0°C) en el sector oceánico. En relación al jurel, éste muestra una repartición mucho más acotada con un IOC del 3%, con una distribución centrada exclusivamente en el extremo sur de la zona de estudio por sobre las 150 mn al SW de Corral, en un sector que se asocia con a bajos niveles de densidad de eufáusidos y fuertes gradientes térmicos y salinos. La **Figura 78a** muestra que el recurso se reporta principalmente en temperaturas de 13 y 17°C, con una acentuada preferencia por las aguas de 15 y 16°C. La asociación entre el recurso jurel y la temperatura es buena con un índice Cramer de 0,24 (**Tabla 27**).

En el plano de 100 m, la repartición horizontal de la temperatura varió drásticamente respecto a lo descrito anteriormente. La estructura térmica señaló una repartición más homogénea, con un rango de fluctuación entre los 9 y los 12°C y un promedio de aproximadamente 10°C. El comportamiento de la variable no presentó gradientes térmicos importantes, destacándose que el extremo sur costero exhibió las aguas más frías, con temperaturas menores a los 10°C. En cuanto a la especie, ésta se distribuyó en una zona muy reducida de aproximadamente 700 mn². La asociación entre el recurso jurel y la temperatura es muy baja con un índice Cramer de 0,08 (**Tabla 27**).

**Tabla 27**

Coeficientes de Cramer de las cartografías de distribuci3n de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5, 50 y 100 m.

VARIABLE	Superficie-50 m.	Capa 51-100 m.	Capa 101-150 m.
Temperatura (°C)	0,26	0,24	0,08
Salinidad (psu)	0,24	0,24	0,08
Oxígeno (ml/L)	0,23	0,20	0,07
Densidad (σ_t)	0,26	0,26	0,07
Clo-a integrada (mg/m^3) *	0,11	0,10	0,10
Eufáusidos ($\text{ind}/1000\text{m}^3$) *	0,10	0,08	0,02
Capa dispersi3n profunda	0,19	0,15	0,10

Nota: * Los valores de clorofila, eufáusidos y capa de dispersi3n profunda son integrados en la columna de agua.

En relaci3n con la salinidad

En el campo superficial, la salinidad present3 un rango de variaci3n entre 32,8 y 34,4 psu, con un valor promedio de 33,8. La repartici3n geogr3fica de la variable exhibi3 un fuerte diferencial en el sentido costa-oce3no, con aguas comparativamente m3s salinas en el sector oce3nico, asimismo se destaca una gran cuña de aguas de baja salinidad al sur de Lebu y que alcanza las 150 mn de la costa provocando fuertes diferenciales salinos. Se señaala que los importantes gradientes costeros situados en los alrededores de Talcahuano y frente a Corral, se relacionan con el efecto local de mezcla con aguas continentales de salinidades menores a 33,4 psu aportadas por los ríos de la regi3n (**Figura 74a**). La especie exhibi3 una distribuci3n espacial escasa y se centr3 preferentemente en las proximidades de Corral, con una repartici3n geogr3fica del recurso que indica que éste se concentr3 en un área de salinidades bajas y de gradientes salinos relevantes. La proporci3n entre los pixeles con presencia de jurel y la salinidad muestra que el recurso se report3 en un amplio rango de salinidades desde valores $>33,2^\circ\text{C}$ hasta los 34,4 psu, con una clara preferencia por las aguas menores a 33,8 psu (**Figura 77b**). El índice de Cramer entre las



variables es de 0,24, indicado una buena asociación entre las variables ($\alpha = 0,05$) (**Tabla 27**).

En el campo de los 50 metros de profundidad, las salinidades se incrementaron y se presentaron entre los 33,3 y 34,6 psu, con un promedio de 33,95 psu. Al norte del Golfo de Arauco, la salinidad presentó un importante gradiente longitudinal con aguas más salinas ($>34,0$ psu) localizadas en las primeras 70 mn de la costa y aguas comparativamente menos salinas hacia el sector oceánico. Por otra parte, se observa que a unas 100 mn al SW de Corral se producen fuertes diferenciales salinos debido al encuentro de un foco con aguas menos salinas en el extremo sur y aguas de mayores valores localizadas en el sector occidental de la zona de estudio. De igual manera se destaca que la repartición espacial del jurel muestra un foco centrado exclusivamente en el extremo sur de la zona de estudio por sobre las 150 mn al SW de Corral, en un sector que se asocia con fuertes diferenciales salinos. A su vez, la **Figura 78b** muestra una gran preferencia del recurso por el rango 33,9-34,0 psu, lo que es similar a lo descrito para años anteriores en cruceros de otoño en este plano (Córdova *et al.* 2005). El índice de Cramer es de 0,24 por lo que existe una buena relación entre las variables

En el plano de 100 m, la distribución horizontal de la salinidad exhibe valores relativamente altos con un rango de fluctuación entre los 33,76 y los 34,68 psu, con un valor promedio de 34,13 psu, apreciándose un claro dominio del estrato 34,0-34,5 psu en toda la zona costera, en tanto que en el sector oceánico predominan aguas menores a los 34,0 psu (color verde), destacándose una zona costera al norte del Golfo de Arauco con aguas más salinas ($>34,5$ psu), lo que implica que se formen fuertes gradientes laterales (**Figuras 74c**). En relación al recurso jurel, éste se distribuyó en una zona muy reducida de aproximadamente 700 mn^2 , con la totalidad de los pixeles registrando bajas densidades. El índice de Cramer entre las variables da cuenta de un 0,08, indicado una baja asociación ($\alpha = 0,05$) (**Tabla 27**)



En relación con el oxígeno disuelto

En la capa superficial, el oxígeno presentó aguas oxigenadas con una distribución más bien homogénea en un rango que fluctúa entre los 3,44 y 6,98 ml/L, con una participación de más del 90% de aguas de más de 5,0 ml/L, lo anterior implicó que la repartición geográfica de la concentración de oxígeno disuelto fue homogénea, bien caracterizada por la isolínea de concentración de 5 ml/L, en la que no se forman gradientes longitudinales relevantes (**Figura 75a**). En este estrato la especie se reportó exclusivamente en el estrato de 5,0 y 6,0 ml/L, con una marcada moda en 5,0 ml/L (**Figura 77c**), lo anterior es coincidente con lo reportado para cruceros realizados en otoño en la zona de estudio (Córdova *et.al.*, 2004 y 2005). Por otra parte, se señala que la asociación entre las variables es significativa registrando un índice de Cramer de 0,23 (**Tabla 27**).

En el manto de los 50 m, la distribución horizontal del oxígeno presentó un rango mucho más amplio, entre los 0,24 y los 6,3 ml/L con un promedio de 4,8 ml/L, no obstante lo anterior se conserva la marcada moda de los 5,0-6,0 ml/L, destacándose una franja costera ubicada al norte del Golfo de Arauco donde se registran concentraciones menores a 1,0 ml/L, especialmente en las cercanías de Constitución posiblemente vinculadas al efecto local de surgencias en este sector. En relación al jurel, éste solamente se presentó en aguas de 5,0 ml/L, lo que similar a lo descrito en los últimos años para cruceros de otoño (Córdova *et.al.*, 2004 y 2005). Finalmente, el índice de Cramer exhibe una moderada asociación con un valor de 0,20 (**Tabla 27**).

La repartición horizontal en los 100 metros de profundidad sigue el tradicional comportamiento del oxígeno disuelto con niveles que decrecen significativamente y se localizan entre los 0,1 y los 6,28 ml/L con un valor promedio de 3,79 ml/L, aunque las aguas de más de 4,0 ml/L (color verde) continúan registrando sobre el 50% de participación. A su vez, se observa el claro dominio de aguas pobres en oxígeno (< 2 ml/L) en el sector costero y también se observan aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto (color amarillo) muy cerca de la



costa. Por su parte, el índice de Cramer vuelve a reportar una muy baja asociación alcanzando solamente el valor de 0,07 (**Tabla 27**).

En relación con la densidad

La densidad superficial del agua de mar presentó una variación entre 23,8 y 25,96 σ_t , con una media de 24,53 σ_t , y un predominio de aguas de densidad menor a 24,8 (σ_t) (**Figura 76a**). La distribución horizontal de la densidad del agua mostró aguas más densas en el sector costero entre Constitución y Talcahuano relacionadas con aguas surgentes en dicho sector, lo que implicó la presencia de un gradiente laterales relevantes. En tanto que la región sur occidental estuvo bien caracterizada por la posición de las isopícnas de 24,2-24,4 σ_t , lo que coincide con un sector a bajas salinidades al sur de Lebu y que alcanza las 150 mn de la costa provocando fuertes diferenciales salinos. En este plano, el jurel se observó entre los 24,0 y 25,4 σ_t con una clara preferencia por aguas menores de 24,4 (σ_t) (**Figura 77d**). En cuanto a la asociación de las variables, ésta es significativa ($\alpha=0,05$) registrando un índice de Cramer de 0,26 (**Tabla 27**).

A los 50 metros de profundidad, las densidades del agua de mar aumentan y se encuentran en el estrato de 24,39-26,38 σ_t , siguiendo el patrón de la salinidad, al norte del Golfo de Arauco se presenta un importante gradiente lateral con la presencia de aguas más densas ($>26,0 \sigma_t$) en el extremo costero y masas de agua comparativamente menos densas hacia el sector oceánico. Por otro lado, al sur del Golfo de Arauco se observa que se vuelven a producir fuertes diferenciales, destacándose que esta región está bien caracterizada por la posición de la isopícnica de 25,2-25,4 σ_t , con un pequeño gradiente meridional negativo hacia el sur. En esta capa la proporción entre los pixeles con presencia de jurel y la densidad muestra que el jurel se reportó entre los 24,2 y 25,2 σ_t con una clara preferencia por las aguas menores de 24,6 σ_t (**Figura 78d**). Finalmente, la asociación entre las variables vuelve



a ser significativa ($\alpha= 0,05$) registrando un índice de Cramer de 0,26 (**Tabla 27**).

En la profundidad de los 100 m, los registros de la densidad del agua aumentan notablemente y no se reportan densidades del agua inferiores a 25,6 (σ_t), destacándose la presencia de aguas más densas ($> 26,0 \sigma_t$) en el sector costero, lo que generó un gradiente lateral debido al encuentro con aguas menos densas ($< 26,0 \sigma_t$) que dominaron el sector más oceánico del área prospectada, y masas de aguas muy densas que van desde la costa hacia el sector oceánico. Por último, el índice de Cramer muestra una baja relación con un registro de 0,07 (**Tabla 27**).

En relación con la clorofila-a integrada

La distribución horizontal de la clorofila-a integrada en los primeros 100 m de la columna de agua evidenció concentraciones muy pobres con un solo núcleo de altas densidades que se encuentra al SW de Constitución en un sector muy costero (**Figura 79a**). A su vez, en el sector sur se presentaron registros bajos, con un foco de bajas concentraciones ($>20 \text{ mg/m}^2$) al SW de Corral. Respecto al jurel, éste se reporta en concentraciones de clorofila a integrada entre >10 y 30 mg/m^3 , con una nítida predilección por el rango $>10 \text{ mg/m}^2$ (**Figuras 77e y 78**). El índice de Cramer indica relaciones poco significativas para las distintas capas de jurel analizadas (**Tabla 27**).

En relación con la capa de dispersión profunda (CDP)

La distribución horizontal de la clorofila-a integrada en los primeros 100 m de la columna de agua evidenció concentraciones muy pobres con un solo núcleo de altas densidades que se encuentra al SW de Constitución en un sector muy costero (**Figura 79a**). A su vez, en el sector sur se presentaron registros bajos, con un foco de bajas concentraciones ($>20 \text{ mg/m}^2$) al SW de Corral. Respecto al jurel, éste se reporta en concentraciones de clorofila a integrada entre >10 y 30 mg/m^3 , con una



nítida predilección por el rango $>10 \text{ mg/m}^2$ (**Figuras 77e y 78e**). El índice de Cramer indica relaciones poco significativas para las distintas capas de jurel analizadas (**Tabla 27**).

En relación con los eufáusidos

Como se mencionó anteriormente, los eufáusidos se constituyeron en grupos de relevancia cuantitativa registrando una gran abundancia y siendo además un grupo de la mayor de importancia en la alimentación de la especie (Córdova *et.al.*, 2005).

La repartición horizontal de los eufáusidos indica que las mayores concentraciones se ubicaron en las primeras 100 millas de la costa con un foco principal localizado entre el NW de Constitución Talcahuano y un núcleo secundario ubicado frente a Corral (**Figura 79c**), estas zonas de altas densidades de eufáusidos no se corresponden con los mayores focos de mayor concentración del jurel. Esto se ve reflejado en los índices de Cramer, lo que da cuenta de una baja relación entre las concentraciones de eufáusidos (integrada en la columna de agua) y las distribuciones de jurel en las diferentes capas (**Tabla 27**).

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

Las señales latitudinales de la densidad acústicas de jurel expresado en S_a y las variables hidrológicas temperatura y gradiente térmico se muestran en la **Figura 80**. Esta en general, presenta una marcada disminución en el sentido norte-sur lo que es consecuente con la climatología local.



En relaci3n con la temperatura

Capa superficie - 50 metros

En la franja costera (que se extiende desde la costa hasta 100 mn), se observ3 claramente que la mayor concentraci3n de jurel se centro preferentemente al NW de Corral, foco en el cual se alcanzan las mayores densidades acústicas del crucero, asimismo se observ3 un segundo n3cleo frente a Lebu en un área muy reducida localizada a unas 70 mn de la costa que exhibió menores concentraciones (Figuras 1a y 9a). Por su parte, las temperaturas fluctuaron entre los 14 y 18°C; con una distribuci3n espacial que present3 aguas comparativamente m3s cálidas al norte de la latitud 36°S aunque con aguas frías en algunos sectores relacionados con aguas surgentes, adem3s se apreci3 en estos sectores gradientes térmicos relevantes. En esta franja las mayores densidades de la especie est3n asociadas a lugares de aguas frías y a gradientes térmicos moderados (**Figura 80a**).

En la seál intermedia (entre 101 y 200 mn de la costa), se aprecia que las mayores concentraciones de jurel continúan observándose en el extremo sur de la zona de estudio, aunque en densidades bastante menores, cabe destacar que las mayores agregaciones de la especie se corresponden con grandes cambios latitudinales negativos de la temperatura, es decir, la temperatura presenta un continuo descenso en la direcci3n norte-sur (**Figura 80b**), adem3s corresponden a sectores donde se vuelven a presentar diferenciales térmicos moderados.



c) Modelamiento estadístico entre las variables acústicas y bio-oceanográficas

La densidad acústica del jurel fue transformada aplicando logaritmo y de esta forma la distribución que presenta la variable corresponde a una normal. Se analizaron las relaciones entre el jurel y las variables ambientales, considerando como variable explicada la presencia/ausencia del recurso y su densidad. El análisis considera la asociación no paramétrica usando suavizadores “loess” y “spline”, sin embargo, a través de la aplicación del modelo los mejores ajustes se obtuvieron con “loess”.

Los resultados para las distintas variables asociadas a la variable explicada de densidad y presencia-ausencia, fueron todas significativas respecto a un nivel de error de un 0,05 para los Test F y Chi, donde los eufáusidos son aceptado en el límite del 0,05 (**Tablas 28 y 29**).

Tabla 28

Test F para analizar la significancia estadística de las variables participantes en los modelos biomasa (densidad), temperatura, gradiente de temperatura (grad.temp), salinidad, oxígeno, densidad, clorofila integrada (cloa.intgr) y eufáusidos.

	MODELO			Devianza	Df	Devianza	F	Pr (F)
	V explicada	Suavizador	V explicativa					
Densidad de jurel	Biomasa	loess	Temperatura	4937	5.9	4786	3.26	0.0037
	Biomasa	loess	Grad. temp	4937	5.8	4749	4.55	0.0002
	Biomasa	loess	Salinidad	4937	4.2	4586	10.9	0.0000
	Biomasa	loess	Oxígeno	4937	6.5	4619	9.97	0.0000
	Biomasa	loess	Densidad	4937	5.4	4563	11.1	0.0000
	Biomasa	loess	Eufáusidos	4937	4.9	4893	2.24	0.0500
	Biomasa	loess	Cloa	4937	4.8	2979	5.79	0.000



Tabla 29

Test Chi para analizar la significancia estadística de las variables participantes en los modelos biomasa (presenci/ausencia), temperatura, gradiente de temperatura (grad.temp), salinidad, oxígeno, densidad, clorofila integrada (cloa.intgr) y eufáusidos

	MODELO							
	V	Suavizador	V explicativa	Devianza	Df	Devianza	F	Pr (Chi)
Presencia/ausencia	Biomasa	loess	Temperatura	5937	8.52	5089	100	0.0000
	Biomasa	loess	Grad. temp	5937	9.65	5616	34.3	0.0000
	Biomasa	loess	Salinidad	5937	8.17	5505	54.6	00.0000
	Biomasa	loess	Oxígeno	5937	9.96	5454	51.3	0.0000
	Biomasa	loess	Densidad	5937	8.58	5308	73.9	0.0000
	Biomasa	loess	Eufáusidos	5937	7.41	5900	5.16	4.30E-06
	Biomasa	loess	Cloa integr.	5937	9.91	3750	2.23	0.0000

De acuerdo a los criterios de F y Cp de Mallows, el modelo que mejor se ajusta a los datos es LOG (Sa jurel) ~ lo(lat) + lo(long) + lo(temp) + lo (grad temp) + lo(salinidad) + lo (oxígeno) + lo(densidad) + lo(eufáusidos) con suavizador tipo "loess". En el cual el aporte de cada variable con la excepción de los eufausidos contribuye significativamente al modelo y la suma cuadrática de los residuales es la más baja entre los modelos comparados, de acuerdo a **Tablas 30 y 31**. En este análisis de modelos complejos se observó que el coeficiente pseudo R² fue menos discriminante para la densidad que lo registrado para la presencia-ausencia. Luego para esta variable explicada las variables ambientales recogen mejor la probabilidad de encontrar jurel en una zona, mientras que para la densidad se observa una mayor dispersión o variabilidad de la variable explicada respecto a las ambientales.



Tabla 30

Modelo GAM ajustado a variables ambientales y la variable explicada densidad.

Modelo	Test F	Test Cp de Mallows	N. Deviance	R. Deviance	Pseudo R ²
Lo(lat)	0,007				
Lo(long)	0				
Lo(temperatura)	0				
Lo(grad temp)	0,001	3875	4937	3554	0,28
Lo(salinidad)	0,05				
Lo(oxigeno)	0				
Lo(eufausidos)	3,48E-01				

Tabla 31

Modelo GAM ajustado a variables ambientales y la variable explicada presencia/ausencia.

Modelo	Test F	Test Cp de Mallows	N. Deviance	R. Deviance	Pseudo R ²
Lo(lat)	0				
Lo(long)	0				
Lo(temperatura)	0				
Lo(grad temp)	0	3521	5937	3414	0,428
Lo(salinidad)	0				
Lo(oxigeno)	0				
Lo(eufausidos)	4.3E-06				





6. DISCUSIÓN

En la zona prospectada, no existen estudios anteriores de evaluación acústica de la biomasa de jurel, razón por lo cual los resultados alcanzados en marzo del 2006, se comparan con los registrados en el período de invierno para la zona centro-sur del país. En este sentido, la biomasa de jurel estimada en el verano del 2006 alcanzó a 1.160.000 toneladas. Volumen que está sustentado por un aumento en el número de ejemplares de jurel y un crecimiento de carácter somático en el stock, dado el desplazamiento de la moda principal de 30 a 34-35 cm y la mayor presencia de ejemplares mayores respecto al invierno del año 2005,

La precisión del estimado de biomasa fue menor a la esperada para la prospección ($CV = 27,00$) al alcanzar un 14,75, lo que se explica por una mayor homogeneidad de las densidades acústicas de jurel que determinaron, al igual que en los inviernos del 2003 al 2005, zonas amplias de distribución desde el puerto de Lebu al sur dentro de las 200 mn durante este año. La evaluación de los métodos propuestos para estimar la varianza de la biomasa (conglomerado, estrato agrupado, bootstrap y geoestadística), determinó una mayor precisión en el método geoestadístico.

Entre los inviernos de 1998 y 2001, en la ZEE se cuantificaron altos volúmenes de biomasa que crecieron de 3,2 a 5,97 millones de toneladas, ratificando para este período la alta disponibilidad histórica del recurso en invierno, caracterizada por la operación de la flota cerquera industrial con altos rendimientos de pesca en las primeras 100 millas de la costa. A partir del 2002, la biomasa de jurel dentro de las 200 mn cae a valores cercanos a 0,5 millones de toneladas, registrando además un importante aumento en la biomasa de 1.8 a 3.6 millones de toneladas cuantificada sobre la ZEE, entre el 2003 y 2005, conjuntamente con un aumento sostenido de operación de la flota en este sector. Estos resultados muestran un fuerte cambio en el uso del espacio que hace el jurel en la zona de estudio, con un desplazamiento



anticipado de la distribución del jurel hacia el sector oceánico, lo que normalmente se registraba durante el mes de agosto.

En este sentido, la biomasa de jurel estimada de 1.160.000 toneladas durante marzo, fue menor a lo evaluado dentro y fuera de la ZEE, lo que permite descartar para marzo, la existencia de una mayor disponibilidad del recurso en la zona de estudio, manteniéndose la estacionalidad en sus biomasa, con máximos en invierno, mostrando a partir del 2002, una menor intensidad en el ingreso del recurso hacia el sector costero, con fines de alimentación después de participar en el desove en el sector oceánico. Resultado que se fortalece con la fuerte presencia de jurel dentro del área evaluada, lo que conjuntamente con el bajo número de ecotrazos detectada en la ecoprospección por fuera de la ZEE, permite aseverar que no existe evidencia concreta de que una fracción importante no hubiese sido evaluada, lo que pudiera invalidar el resultado de este estudio.

Por otra parte, el no contar con capturas en los lances de pesca realizados durante la evaluación y la posterior consideración de información provenientes de muestreos efectuados a bordo sobre las capturas de naves cerqueras industriales, puede llevar a presumir algún tipo de incerteza sobre los resultados alcanzados en la cuantificación del recurso jurel, lo cual invaliden su comparación con anteriores estudios realizados en la zona de estudio.

En este sentido, la alta concentración de jurel en superficie con un 97,3 y 81,6 % de las agregaciones en los primeros 50 m de profundidad, para el sector de 5 a 100 mn y 101 a 200 mn, permite aseverar que las muestras obtenidas por las naves cerqueras industriales mediante el arte de pesca de cerco, no estuvieron sesgada por la profundidad máxima efectiva de captura (80 m), al ubicarse el recurso mayoritariamente cerca de la superficie. Situación que cambia radicalmente con una distribución batimétrica más profunda, al reducirse fuertemente la accesibilidad al recurso con el cerco, siendo necesario en este caso, el uso de arte de pesca a



mediagua como unidad de muestreo, dado la posibilidad de operación a distintas profundidades a través de la columna de agua.

Asimismo, es posible suponer la existencia de diferencias entre las estructuras de tallas de jurel recolectadas por las distintas naves cerqueras que operaron durante la prospección acústica y que fueron consideradas en el estudio, al no existir estudios que permitan estandarizar la información entre las distintas naves cerqueras industriales, como se ha realizado mediante pesca comparativas entre las naves que participan en la evaluación acústica. Sin embargo, el análisis estadístico a las estructuras de tallas y relaciones longitud-peso obtenida desde los muestreos tanto del IFOP como de IIP, no muestran diferencias estadísticas significativas entre sí, evidenciando una gran homogeneidad en las distintas estructuras de tallas registrada por lance, razón por lo cual, al igual que los estudios anteriores, es posible agrupar ambas informaciones en una estructura de talla y relación longitud-peso general para el área de estudio.

Por otra parte, el efecto de no disponer de captura contemporánea a la prospección acústica que permitiera la identificación de los ecotrazos y la obtención de muestras para estudios biológicos, se reduce al mínimo, si se considera la baja variabilidad de las estructuras de tallas de jurel por lance a través del período de estudio, el carácter monoespecífico de esta especie con capturas 100% de jurel y su reducida fauna asociada de no más de dos especies. Lo último que es fundamental en la identificación de ecotrazos, fue minimizado, al concentrarse principalmente el jurel por fuera de la plataforma continental, donde la presencia de un alto número de otras especies dificulta la identificación, siendo necesario contar con capturas para minimizar el error de reconocimiento de especie.



En este sentido, la validación de los ecotrazos de jurel durante la prospección se efectuó mediante la aplicación de las características morfológicas de las agregaciones de jurel: cardumen, estrato, disperso e individuales, así como también el coeficiente volumétrico de dispersión (Sv) y la identificación de ecotrazos a través de lances de pesca en el crucero y de la flota cerquera industrial contemporánea a la prospección en tiempo y espacio. Si bien no se obtuvo capturas de jurel que permitieran validar los ecotrazos, los ecogramas fueron procesados con la información de la flota y los procedimientos antes descritos, siguiendo el protocolo utilizado en las evaluaciones acústicas de recursos pelágicos zona norte del país entre 1983 y 1995.

Luego, considerando el carácter monoespecífico de jurel en las capturas de cerco, la realización de lances de cerco en profundidades donde se concentró la totalidad del recurso, y la estabilidad de las estructuras de talla de jurel en el período y área de estudio, permiten aseverar que los resultados alcanzados mediante la metodología aplicada, son absolutamente comparables con los registrados durante invierno en la zona de estudio.

Para marzo en los primeros 100 m, el recurso mantiene la tendencia a profundizarse hacia el sector oceánico, con un 97,3 y 81,6% dentro y fuera de las 100 mn, al igual que lo registrado a una escala mayor en los inviernos del 2003 y 2005, donde un 90 y 60% se ubicaron dentro y fuera de la ZEE. Asimismo, la no captura de ejemplares menores a 20 cm, así como una talla modal mayor (34-35 cm) a los inviernos 2001 (26 cm) y 2005 29-30 cm), indican que se mantiene el crecimiento somático de la estructura del stock de jurel observado durante los períodos de invierno en la zona de estudio.

El patrón de distribución fue similar al observado en anteriores evaluaciones hidroacústicas realizadas en invierno, con agregaciones alargadas y distribuidas en sentido latitudinal y paralelas a la costa, destacando los sectores definidos de alta



densidad asociados al borde de las 100 mn y una mayor presencia del recurso hacia el sur del área de estudio, concentrando al igual que el invierno de 1998 y 2002 la 2005, sobre le 90 % al sur de puerto Lebug.

Las evaluaciones realizadas en invierno en la zona de estudio, muestran cambios interanuales en el uso del espacio por parte del jurel, al variar la posición de las áreas donde se concentra la mayor parte del recurso año a año, lo cual se hace evidente en los IC y ID registrado entre 1999 y 2001, en los que existe una estabilidad en la cobertura espacial con un 39,73 -30,28%, mientras el índice densidad aumenta desde 159,24, 151,99 y 263,18 t/mn², indicando el incremento de biomasa en esos años. Esto cambia a partir del 2003, donde los ID mantiene su rango pero el IC sufre una fuerte reducción (3.52 a 6.88%), evidenciando un cambio en el uso del espacio por parte del jurel. En este sentido, para marzo del 2006 se mantiene en el rango de los índices registrados los últimos años, no apreciando para este período una mayor cobertura espacial del recurso, que sugiera una mayor presencia del recurso durante este período, reafirmando el menor volumen de biomasa estimado en la zona de estudio, respecto a años anteriores.

El análisis de la frecuencia de ocurrencia de las agregaciones tipo cardumen para una distancia recorrida de 1 milla en invierno, indica variaciones importantes entre 1991 y 2001, con un valor máximo de 8 cardúmenes por millas en 1997, año de evento El Niño con anomalías de +2,5 °C, para posteriormente disminuir progresivamente conjuntamente con la presencia de aguas frías en la zona de estudio. Los resultados alcanzados este año no mantienen esta relación, por cuanto las condiciones oceanográficas muestran el predominio de aguas cálidas sobre 17°C en gran parte del área prospectada, conjuntamente con la alta frecuencia de ocurrencia de 1 cardumen por millas recorrida (90,6%), lo que plantea que el alto número de cardumenes registrados durante el evento cálido El Niño (1997), estaría relacionado con un comportamiento propio de ejemplares pequeños presentes mas que a una relación asociada a la temperatura, sin embargo, la mantención del



estudio en este período permitirá ratificar o descartar este planteamiento.

En este sentido, el análisis de la información satelital mensual de anomalías de temperatura superficial del mar en invierno (**Figura 81**), evidencia la presencia de períodos cálidos y fríos con una alternancia interanual entre períodos de aproximadamente 4 a 5 años, registrando los últimos años un transición de cálido (2004) a frío (2005). Esta alternancia no se observa durante el verano, quizás por ser esta una estación de transición, sin embargo, el análisis de la temperatura superficial para este mes entre 1990 al 2005, verifica la sucesión de eventos fríos y cálidos, los que se evidencian por una mayor extensión de las aguas costeras hacia el sector oceánico para dar paso a intrusiones de aguas notoriamente más cálidas desde la zona oceánica (**Figura 82**). En este sentido, las condiciones térmicas registradas durante el estudio verifican este período como más cálido y similar a lo reportado para marzo del 2005.

Es así que, antecedentes históricos de estructura de tallas anual en la zona centro sur del país, indican en forma marcada la presencia de ejemplares de jurel de menor tamaño en los años donde se ha desarrollado un evento El Niño, sugiriendo como hipótesis, el desplazamiento de masas de aguas oceánicas que incluyen el transporte de ejemplares pequeños que habitualmente permanecen en el sector oceánico (pre-reclutas) (Aranis com. Pers, Arcos *et al.*, 2001.) En este sentido, durante el desarrollo de un evento EL Niño, ocurren cambios importantes en la distribución espacial de los diferentes grupos de tamaño de jurel, como se observó en las capturas de la flota soviética fuera de las 200 mn frente a Perú entre 1987 y 1988, donde prácticamente no se capturaron ejemplares mayores a 29 cm de longitud a la horquilla.



Luego, tras el evento intenso El Niño 97-98 se registraron cambios importantes en la zona centro-sur del país, con una fuerte modificación en la estructura de tallas de jurel que expertos han definido como una juvenalización del stock, la que a través de los años ha mostrado un crecimiento sostenido con un claro desplazamiento de sus modas en la zona de estudio. Por otra parte, durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño, cambios en la disponibilidad de zooplancton (presas) se han registrado de manera habitual en la zona norte del país, asimismo, para invierno en la zona centro-sur la densidad global de los principales grupos zooplanctónicos ha disminuido gradualmente, con una caída drástica en el 2002 y que se mantiene en el 2004, además de una reducción de las tasas presentes u oferta de alimento en el medio de 34 (1991 al 1994) a 18 (1997 al 2004). Luego, para el verano de este año, la densidad diurna y nocturna alcanzada por los principales grupos zooplanctónicos (80% día y 86 % noche) muestran un leve incremento respecto al invierno del 2005, al aumentar este año las densidades medias de los grupos zooplanctónicos en un 2,8% en la zona de estudio.

El análisis histórico de la distribución espacial de la biomasa de jurel para los cruceros de evaluación ejecutados el período de invierno 1997-2002, revela la ausencia recurrente de recurso en el sector noroccidental del área de prospección, lo cual coincide espacialmente con la intrusión superficial por el NW de aguas comparativamente más cálidas ($> 14^{\circ}\text{C}$) y más salinas ($>34,2$), situación que es corroborada también por información satelital para los distintos períodos en el área de estudio. Luego, en la presente campaña de marzo del 2006, se observa de manera más intensa la penetración oceánica en el sentido NW-SE, de aguas comparativamente más cálidas ($>18^{\circ}\text{C}$), en tanto en la costa y hacia al sur se manifiesta la fuerte presencia de aguas más frías ($<15,0^{\circ}\text{C}$) restringidas a las 25 millas de la costa, generando un fuerte gradiente térmico en sentido latitudinal al norte de los 37°LS , mientras que en gran parte del sector sur dominaron aguas comparativamente más cálidas caracterizada por la isoterma de 17°C , donde se concentró mayoritariamente el jurel (81,01% de la biomasa). La zona estuvo bajo el dominio de temperaturas



superficiales que variaron de 12,50 a 19,5 °C ($17,05 \pm 1,492$ °C) y salinidades en superficie entre los 32,881 y 34,428 ($33,818 \pm 0,412$ psu).

En general, la distribución de las variables y estructuras oceanográficas verticales para el área de estudio, reveló al igual que en invierno del 2005, termoclinas y picnoclinas bien desarrolladas entre 20 y 100 mn, que se profundizan hacia el extremo occidental y sur del área prospectada, haloclinas extensas que se debilitan hacia el sur, y un máximo salino que se debilita al norte de los 39°LS. Asimismo, oxiclinas identificables en el sector norte y centro, con aguas pobres en oxígeno disuelto desde 90 a 400 m, que coincide con las altas salinidades que caracterizan las AESS y que disminuye su influencia hacia el sur.

En las evaluaciones hidroacústicas de otoño desde 1997 al 2003, en la zona central del país, se han presentado cambios en la distribución espacial del recurso jurel, así como también una fluctuación intra anual en las variables bioceanográficas, causadas preferentemente por la influencia de eventos cálidos y fríos que han afectado el área. Sin embargo, frente a estas variaciones ambientales el jurel presentó rangos preferenciales en las variables hidrológicas, que para la reciente campaña de marzo van desde los 13 a 19° C y 33,2 a 34,0 psu, los cuales se asemejan con los observado durante 1997 cuando se registro un importante evento cálido. Asimismo, en la zona de estudio el jurel se ubicó de preferencia en el estrato con valores de oxígeno entre 5 a 6,5 ml/L, destacando en este período del año, al igual que para el invierno de los años 2003 al 2005 la presencia de altos valores de oxígeno en la columna de agua.

En este escenario, el análisis de asociación entre las variables bio-oceanográficas y el recurso para los períodos de invierno, así como marzo del 2006, muestra que el jurel en su medio ambiente no se ubica en cualquier lugar, si no más bien en sectores donde es posible encontrar rangos preferenciales, clasificando el recurso en el grupo de especies definidas como ambiente georreferenciado.



Es así que, la mayor abundancia de jurel estuvo en el sector de las 100 mn y los eufaúsidos se concentraron en la costa, observando al igual que los inviernos del 2003 al 2005, mayor concentración de eufaúsidos en zona de baja presencia del recurso así como la escasa presencia de eufaúsidos donde se registran las mayores concentraciones de jurel, lo que podría explicar una relación de predación del recurso sobre este grupo, al ser los eufaúsidos un ítem relevante en la dieta de jurel en la zona de estudio.

Estas relaciones han sido descritas y analizadas para el jurel por Bertrand *et al.* 2004 en la zona de estudio, quienes a partir de lo señalado por Levin (1992) y Rose and Legget (1990), establecen a través del análisis de la relación predador-presa a una escala mayor, que las densidades de predador-presa están positivamente correlacionadas, mientras que al disminuir aproximándose a la escala de la agregación, la linealidad de la correlación decrece y llega a ser no significativa. Finalmente, a escalas menores que la agregación, las densidades de predador-presa son correlacionadas en forma negativa. Resultados que deben ser interpretados a través del conocimiento del comportamiento de la comunidad de predador (jurel) y presas (oferta alimentaria) (Bertrand *et al.*, 2004, Hancock *et al.*, 1995, Fréon *et al.*, 1993 y 1995, Barbieri *et al.*, 1996)

Para la zona de estudio, el total de las variables ambientales analizadas presentaron relaciones significativas en relación a la densidad y presencia-ausencia de jurel, exceptuando la variable eufaúsido que se acepta en el límite de la significancia. El modelo aplicado para estas variables presentó un pseudo R^2 que fue menos discriminante para la variable explicada de densidad, dado la mayor dispersión de la variable densidad respecto a las ambientales.

De los 11 grupos que conforman la estructura de edad en esta campaña, los grupos **VI, VII y VIII** son los más importantes y sostienen la pesquería de jurel,



desapareciendo al igual que el 2005 el grupo III, que disminuyó desde 3,2% (2003) a 1,5% (2004). Estructura de edad que difiere de la alta presencia de ejemplares menores registrada desde 1997, presentando este año una estructura sin edades I a III y escasa participación de grupos mayores IX a XIV, como lo registrado durante el invierno en los cuatro últimos años, tendiendo a una estructura parecida a la registrada antes de El Niño 97 98, donde la pesquería estuvo sustentada principalmente por las edades **V, VI, VII y VIII**.

Al considerar el valor absoluto de biomasa estimado durante marzo, el cual está bajo los niveles registrados en los inviernos entre 1998 ($3,2E+06$ t) al 2001 ($5,95E+06$), así como la fuerte caída de la densidad acústica en invierno dentro de las primeras 200 mn, la presencia de sólo un reducido grupo de edad importantes en ambos períodos y su desfase, el reducido número de ejemplares pre-reclutas en la estructura de talla y la baja disponibilidad del recurso en la pesquería en invierno (80% biomasa sobre 200 mn) y durante el verano (ecoprospección), no es posible señalar la continuidad de la tendencia creciente y mejorada de la estructura del stock observada hasta el 2001, donde se registró una alta disponibilidad de jurel y un número mayor de grupos de edades, sino más bien por lo contrario, se mantiene el debilitamiento de las condiciones en el recurso.

Por otra parte, la intensificación de la abundancia sobre la ZEE durante invierno entre el 2003 y 2005, conjuntamente con la baja sostenida de biomasa dentro de las 200 mn, indica un cambio en la disponibilidad espacial histórica de jurel en mayo-junio en la zona de estudio, aspecto que debe ser analizado en profundidad. En este sentido, es relevante considerar que las condiciones de El Niño 1996-1997 afectaron el patrón de distribución de la fracción juvenil por tres años consecutivos (1996-1998), atrapando a juveniles en el sur y que ha impactado fuertemente a las clases anuales del 1994 a 1997, configurando con ello un nuevo patrón espacial bajo el cual estuvo la población, así como la fuerte explotación pesquera que deprimió la fracción más adulta, indican que la restauración de un patrón “normal”



de la población será un proceso lento, en la medida que las nuevas clases anuales redescubran la antigua zona de crianza (Arcos *et al.*, 2001). Bajo este escenario es posible entender posibles cambios de adecuación en la distribución espacial del jurel

Ante tal variación de la biomasa dentro y fuera de ZEE, es importante establecer si estos cambios espaciales del recurso responden a una baja en la abundancia o corresponden a un cambio espacial en la distribución del jurel en la zona de estudio, respuestas que son relevantes por su impacto en el ámbito comercial y de la administración del recurso. En este sentido, si bien es cierto las líneas de análisis aplicados en el marco de este estudio, han permitido a tiempo real conocer los cambios en la distribución espacial y sus niveles de abundancia asociados, así como ventanas ambientales que caracterizan al jurel como una especie ambiente-georeferenciado, es necesario incorporar análisis a macro escala, que permita conocer la dinámica de estructuras que sobrepasan el área de estudio. En este sentido, análisis preliminares de la distribución espacial de jurel y corrientes superficiales, muestran de manera nítida que las concentraciones de jurel se localizan en sector relativamente calmo y/o en el borde de los giros oceánicos (**Figura 83**). Es así que, al contrastar gráficamente esta información por períodos semanales, se evidencia una recurrencia entre las densidades acústicas de jurel y estos giros oceánicos, cuya característica principal es su estabilidad espacio temporal, lo que puede ser importante, en cuanto a definir la permanencia sostenida del recurso en ciertas áreas (áreas de pesca) (**Figura 84**).



Por otra parte, las ondas Rossby que desplazan aguas hacia el océano, generando remolinos a mesoescalas de aproximadamente 200 Km de diámetro a 600 -800 Km de la costa a la altura de la zona centro sur del país, en una zona de transición entre el sector costero y oceánico, constituyéndose estos remolinos en focos de concentración de recursos pelágicos, principalmente jurel, lo cual se explicaría por la altas concentraciones de alimentos (nutrientes) que generaría la atracción de peces.

Luego, es importante contar con una evaluación acústica adicional en los meses de marzo-abril, que permita disponer de nuevos antecedentes sobre distribución y niveles de abundancia dentro del año, ya que un mayor número de evaluaciones permitira detectar y entender de mejor forma lo cambios observados en la zona de estudio. Asimismo, la continuidad de una evaluación fuera del período de invierno, permitirá robustecer el resultado alcanzado en marzo de este año y que muestran un volumen de biomasa menor a los evaluados dentro de la ZEE desde 1998 al 2001, con lo cual se puede sostener que la estacionalidad de la mayor disponibilidad en este sector no ha variado temporalmente, razón por lo cual se fortalece la tesis que sugiere un eventual desplazamiento de la distribución general del jurel hacia el sector oceánico en invierno y una menor intensidad en el ingreso de jurel hacia el sector costero.

En este sentido, contar con nuevas evaluaciones acústicas permitirá disponer de una serie de antecedentes durante el año para establecer el período de mayor disponibilidad del recurso en la zona de estudio, y de esta manera poder conocer posibles cambios en la estacionalidad de maxima disponibilidad del jurel y evaluar el recurso en el período de máxima concentración del recurso frente a las costas de la zona centro-sur del país. En este contexto, se enmarcan las ecoprospecciones exploratorias extensas realizadas antes de la evaluación, las que permiten conocer con anticipación la distribución espacial del jurel y dirigir el esfuerzo de muestreo, al ajustar el área de estudio a fin de evaluar en ella los sectores de



mayor concentración del recurso, aplicando una estrategia adaptativa.

Este procedimiento fue aplicado parcialmente durante el desarrollo del estudio en invierno del 2005, logrando aumentar significativamente la eficiencia del diseño de muestreo, al incorporar a la zona de estudio el sector 200- 400 mn, donde se evaluaron 7/8 de la biomasa total. Luego, al considerar los resultados alcanzados durante el 2005, es necesario mantener este protocolo para las evaluaciones hidroacústica y aumentar el número de prospecciones durante el período de mayor concentración del recurso en el sector costero.





7. CONCLUSIONES

7.1 Acústica

- 7.1.1** La biomasa de jurel para la zona comprendida desde el norte de Valparaíso (32° 55'LS) a isla Chiloé (41° 40'LS) y desde 5 y 200 millas de la costa fue de 1.160.000 t, con un coeficiente de variación (CV) de 14,75 y una densidad de 37,91 t/mn².
- 7.1.2** El método geoestadístico (Petitgas, 1991) presentó la mayor precisión y su biomasa no presentó diferencia con lo estimado en el método de Estratos Agrupados (Volter, 1985).
- 7.1.3** El 1.160.000 t cuantificado en marzo de este año, es menor a los volúmenes registrado entre 1998 (3.200.000 t) y 2001 (5.950.000 t), lo que permite descartar para marzo, la existencia de una mayor disponibilidad del recurso en la zona de estudio.
- 7.1.4** El patrón de distribución espacial del jurel durante marzo se corresponde con lo observado en invierno del 1998 y 2002 -2005, en cuanto a la escasa presencia de agregaciones en el sector norte del área de estudio, donde se detecta en invierno de manera recurrente la intrusión de aguas cálidas procedentes del área oceánica. Este año, la ausencia de recurso al norte de Talcahuano no fue tan extrema como lo registrado el 2003 y 2004, cuando el recurso estuvo fuertemente restringido al sector sur del área de estudio.
- 7.1.5** Las principales zonas de concentración se ubicaron en el sector de las 100 mn de la costa, frente a puerto Lebú (37°30'LS), sur de puerto Saavedra (39°10'LS), bahía Corral (40°00'LS) y San Pedro (40°50'LS), algunas de las cuales constituyeron zonas de pesca durante el estudio. Hacia el norte, las



zonas de alta densidad se reducen considerablemente, siendo posible destacar solo aquella ubicada frente a Constitución ($35^{\circ}25'LS$) y donde se observo alta densidad de jurel, en tanto el resto de la zona presenta escasas densidades que no superaran los 75 t/mn^2 . En este sentido el recurso se localizó principalmente desde puerto Lebu a isla Chiloé, concentrándose el 81,01% de la biomasa total estimada para la zona de estudio, coincidiendo con los inviernos de 1998 y 2002-2005, donde más del 90% de la biomasa se localizó al sur de Talcahuano.

- 7.1.6** El número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm fue cero y de individuos bajo los 32 cm de solo un 14,36%, lo que indica una fuerte disminución respecto al 2001 y 2002, donde se registran valores de 41,23 - 26,66% para la talla mínima y de 96,88 – 83,66% para talla de primera madurez. La estructura de talla tuvo una moda principal en 34 - 35 cm, observando un desplazamiento respecto a la registrada durante el invierno del 2001 (26 cm), 2002 (27 cm), 2003 (28 cm), 2004 (29 cm) y 2005 (29-30 cm), lo cual sugiere un crecimiento en la estructura del stock de carácter somático en la zona de estudio.
- 7.1.7** El número de cardúmenes máximo por milla recorrida fue de 2, manteniendo la tendencia a disminuir entre 1997 al año 2002 (8 a 2 cardúmenes), sin embargo, se rompe la relación de reducción del número de cardumen – presencia de aguas frías observada en invierno, lo cual estaría mas relacionado a un comportamiento propio de ejemplares de menor talla presentes en estos años, que ha una relación asociada a la variable temperatura.



7.1.8 El jurel se localizó entre los 10 a 120 m en la zona de estudio, con una reducción de las agregaciones presentes en los primeros 50 m, de 99,30% (< 100 mn) a 81,60% (> 100 mn), indicando un cambio en la distribución batimétrica del recurso entre ambos sectores, al ubicarse sus agregaciones a mayor profundidad hacia el oeste. Situación que también se observa a escala mayor en los inviernos del 2003 al 2005, con un 90% y 60% de las agregaciones en los primeros 100 metros en y fuera de la ZEE.

7.2 Pesca

7.2.1 El 99,44% de la captura registrada en la evaluación correspondió a fauna asociada, en tanto el 0,56% lo constituyó el jurel, donde el mayor aporte en la fauna correspondió a las especies; Jibia *Dosidicus gigas* (98,32%), reineta *Brama australis* (0,97%), anchoveta *Engraulis ringers* (0,055%) y azulejo *Prionace glauca* (0,033%). El alto volumen de jibia lo explica su captura en 13 lances de un total de 16 lance con pesca, y el fuerte aporte del lance (13) que da cuenta de aproximadamente el 65% de su captura.

7.2.2 La captura obtenida en la ecoprospección sobre la ZEE fue de 1.195.003 Kg, donde 1.119.730 Kg corresponden a jurel y 73.623 Kg a caballa, mientras que dentro de la ZEE, la flota cerquera de la VIII Región registró 15.240.020 Kg, distribuido en 14.414.882 Kg de jurel y 855.138 Kg caballa, estableciendo a la caballa como única especie asociada a jurel en la pesca comercial, con un aporte a las capturas de 6,75 y 5,93% respectivamente. Ratificándose la característica monoespecífica de jurel en las capturas entre las 5 a 400 mn de la costa.

7.2.3 No existen diferencias significativas entre las distribuciones de tallas



recolectadas por IFOP e INPESCA en la ZEE, razón por lo cual se determinó una distribución general para la zona de estudio.

- 7.2.4** El número de ejemplares juveniles representados por el grupo de edad III y menores, que disminuyo de 3.1% el 2003 a 1,5% el 2004, desaparece este año, al igual que el 2005 en la zona de estudio. De los principales grupos de edades VI, VII y VIII que participan en el área total, el grupo VI muestra un desplazamiento respecto al grupo dominante edad VI (2005).
- 7.2.5** Al igual que desde 1997 al 2005, 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 una constante de ecointegración única para la zona de estudio..

7.3 Oceanografía

- 7.3.1** En la zona de estudio, aguas cálidas ($> 18^{\circ}\text{C}$) se presentaron al norte de los 37°LS , en contraste con aguas comparativamente más frías ($<15^{\circ}\text{C}$) presentes en una banda muy costera (<25 mn desde la costa), entre punta Topocalma y golfo de Arauco y desde puerto Saavedra a Corral. Hacia el área sur dominan aguas comparativamente más cálidas, caracterizada por la isoterma de 17°C . Aguas más salinidad ($>34,1$ psu) se registraron al norte de Constitución y de menor salinidad ($<33,8$ psu) al sur de los 38°LS , con el predominio de un ambiente bien oxigenado, dominado por la isolínea de 5,5 y 6 ml l-1, pero con baja presencia de biomasa fitoplanctónica, que no sobrepasaron los $0,2 \text{ mg m}^{-3}$, en gran parte del área de estudio.
- 7.3.2** La distribución vertical de las variables medidas reveló: a) la presencia de termoclinas y picnoclinas bien desarrolladas situadas entre los 20 y los 100 m, que se profundizan levemente hacia el extremo occidental y sur del área



de prospección; b) haloclinas extensas (20 – 240 m) que se debilitan y virtualmente desaparecen hacia el sur. El máximo salino (>34,5 psu; AESS) se verificó principalmente al norte de los 39°S situado entre los 130 y 400 m; c) oxiclinas identificables en los sectores norte y centro del área de estudio situadas entre los 60 y 180 m, con aguas pobres en oxígeno disuelto entre los 90 y los 400 m de profundidad, lo que es coincidente con las altas salinidades que caracterizan a las AESS, disminuyendo su influencia hacia el sector sur occidental.

- 7.3.3** La Profundidad de la capa de mezcla (PCM) fue muy somera, fluctuando entre los 10 y 60 m, evidenciando un gradiente zonal debido a valores comparativamente más bajos (20 m) hacia el sector costero. La profundidad base de la termoclina presentó también un claro gradiente zonal con valores menores a 50 m al interior de las 25-50 mn y una marcada profundización hacia el sector más oceánico
- 7.3.4** Las anomalías de la TSM muestra el predominio de anomalías positivos cerca de la costa entre el 32° y 37°LS, evidenciando el dominio de aguas comparativamente más cálidas en el mes de marzo de 2006. Las series de tiempo de TSM revelan períodos fríos para los años 1990-1991, 1994-1995 y 1998-2000 con anomalías negativas menores a 1°C. Los años 1992-1993 y 2001-2005, por el contrario, evidenciaron una mayor cobertura de aguas cálidas (presencia de anomalías positivas).
- 7.3.5** En este estudio y al igual que lo reportado para el período invernal de 1997-2005, el análisis de los diagramas T-S reveló la presencia de tres masas de agua en el área de prospección: las Aguas Subantárticas (ASAA), las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y las Aguas Intermedias Antárticas (AIA), caracterización coincidente con lo descrito en numerosos estudios hidrográficos de características descriptivas y dinámicas realizados en la región central y centro-sur de Chile.



7.4 Plancton

7.4.1 La composición zooplanctónica de marzo permanece estable respecto a los inviernos de años anteriores, al mantenerse la dominancia en abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia de los grupos copépodos, quetognatos, y eufáusidos, a través del tiempo. La biomasa zooplanctónica total se del área de estudio incremento en solo un 2,8% respecto a invierno del 2005, registrando sus mayores valores a lo largo del borde costero.

7.4.2 En verano se verifica lo observado desde 1997, esto es altas concentraciones de eufáusidos que se registran y se mantienen en el tiempo en entorno de las localidades de Talcahuano (36°-37°LS) y puerto Saavedra (39°LS). Grupo que presentó una tasa de cambio positiva respecto al 2005, igual a 119% (día) y 147%% (noche), lo cual se reflejo en una mayor colonización en cada una de las estaciones.

7.4.3 Diferencias estadísticamente significativas en los niveles de abundancia relativa media fueron registradas entre los lances diurnos y nocturnos en las salpas, foraminíferos, apendicularias, larvas de decápodos, doliólidos, ctenóforos, isiópodos, y estomatópodos, prevaleciendo las mayores concentraciones durante los períodos nocturnos, mientras que el mayor porcentaje de los grupos identificados no mostró diferencias relevantes entre ambos períodos. Sin embargo, estas diferencias no pueden considerarse categóricas, ya que los diferentes grupos, presentan ciclos anuales donde prevalecen las máximas abundancias medias en el día o en la noche, siendo necesario diseñar un estudio específico orientado a establecer diferencia diurna-nocturna en las muestras de plancton.

7.5 Asociaciones



- 7.5.1** De las series latitudinales, el jurel, en términos generales, muestra preferencia por los sectores de permanentes descensos de la temperatura, los cuales a su vez se asocian a gradientes térmicos moderados. Asimismo, dichas zonas exhiben un leve pero continuo descenso de la salinidad.
- 7.5.2** Todas las variable asociadas a jurel fueron significativas respecto a un nivel de error de un 0,05 para los Test F y Chi, donde el modelo que mejor se ajusta a los datos es LOG (Sa jurel) \sim lo(lat) + lo(long) + lo(temp) + lo (grad temp) + lo(salinidad) + lo (oxígeno) + lo(densidad) + lo(eufaúsidos) con suavizador tipo “loess”, con un coeficiente pseudo R^2 de 0,28 y 0,428 que es menos discriminante para la densidad que lo registrado para la presencia-ausencia, lo que significa que para la variable explicada presencia-ausencia las variables ambientales recogen mejor la probabilidad de encontrar jurel en una zona.





8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.F., L.A. Cubillos & S.P. Núñez 2001.** The jack mackerel fishery and El Niño 1997-1998 effects off Chile. *Progress in Oceanography*, Vol 49:597-617.
- Arcos, D., L. Cubillos y S Núñez 2001.** Efecto de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile. 2004 El Niño–La Niña 1997-200, sus efectos en Chile. Comité Oceanográfico Nacional de Chile (CONA), pág 153-177.
- R. Bahamonde, C Hernandez y C. Lang. 2006** Pesca de Investigación “Determinación de la Distribución Espacial de jurel entre la V y X regiones, verano 2006. Informe a Subsecretaria de Pesca.
- Bertrand, A. M. A. Barbieri, J. Córdova, C. Hernández, F. Gómez y F. Leiva 2004.** Diel vertical behaviour, predator-prey relationships and occupation of fish in space: the case of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) off Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1105-1107.
- Barbieri, M. A. 1981.** Variabilité des données acoustiques utilisées dans l' evaluation des bomasses halieutiques par echo-Integration. Thesis doctorat 3eme cycle. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (Francia), 197 pp.



- Barbieri, M. A. y J. Córdova. 1986.** Estudio de la variabilidad de los datos obtenidos en cruceros hidroacústicos. En: La pesca en Chile. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso. pp.: 249-259.
- Barbieri, M. A., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, G. Bohm, J. L. Blanco, E. Yáñez, V. Catasti, H. Robotham, H Arancibia, O. Guzmán y F. Gerlotto. 1996.** Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (fase crucero metodológico). Informe de final al FIP 95-07. IFOP, Chile. 52 p + anexos y figs.
- Barnes, R. 1986.** Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1.157 p.
- 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.
- Brandhorst, W. 1971.** Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. 14(3):45-84.
- Castillo, J., A Saavedra , J. Cordova, P. Galvez y M. A. Barbieri. 2004.** Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Año 2004. Fondo de Investigación Pesquera
- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1995.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).



- Córdova, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán, H. Robotham y M Rojas. 1997.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (219p).
- Córdova, J., M. A. Barbieri, S. Lillo, 1998.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (161p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, H. Miranda, M Espejo y M Rojas, 1999.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (200 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2000.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE, marzo 2001. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (204 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2001.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (207 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2002.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel en la ZEE, año 2002. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (198 p)+ anexo figs.
- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2003.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, año 2003. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (190 p)+ anexo figs.



- Córdova, J., M. A. Barbieri, M. Espejo, 2004.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Investigación Evaluación directa de jurel, V y X Regiones, año 2004. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile.
- Córdova, J., V. Correa y C. Lang, 2005.** Evaluación Hidroacústica de jurel. En: Evaluación hidroacústica de jurel entre la V y X Regiones, invierno, año 2004. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile. (196 p)+ anexo figs.
- Chirichigno, N. 1974.** Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. Inst. Mar Perú (Callao), 44: 387 pp.
- Dobson, A. 2002.** "An Introduction to Generalized Linear Models 2nd Edition" Chapman and Hall, London
- Eastman, J.R. 1995.** IDRISI for Windows. User'LS Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- Evseenko, S. A. 1987.** Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. Voprosy Ichthyologii, 27(2):264-273.
- Foote, K. and J. Rivoirard 1992.** Geostastical analysis of acoustic survey data on 0 group herring in Fjord. ICES. C M/ B: 33. 14 p.
- Fréon, P., Soria, M., Mullon, C. and Gerlotto, F. 1993.** Diurnal variation in fish density estimate during acoustic surveys in relation to spatial distribution and avoidance reaction. Aquatic Living Resources, 6: 221-234.
- Fréon, P., Gerlotto, F. and Soria, M. Diel 1995** variability of school structure with special reference to transition periods ICES Journal of Marine Science, 53: 459–464.



Frontier, S. 1980. Zooplancton de la región de Nosy-Bé I) Programa des recoltes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.

Griffiths, F. B., G. H. Brown, D. D. Ried y R. R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. J.Plank. Res., 6(5) 721-731.

Guzmán, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodríguez e I. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30'- 30°00'LS). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82). Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.

Hancock, J., Hart, J. B. and Antezana, T. 1995. Searching behaviour and catch of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) by industrial purse-seiners off south-central Chile. ICES Journal of Marine Science 52: 991-1004.

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.



- 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
- Jones, J. B. 1990.** Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23: 28 pp.
- Kara, A.B., P.A. Rochford & H.E. Hulbert. 2000.** An optimal definition for ocean mixed layer depth. J. Geophys. Res., 105(C7):16803-16821.
- Kawahara, S., J. Uozum Y h: Jamada. 1988.** First record of a carangid fish. *Trachurus murphyi*, from New Zealand Waters. Jap. J. Ichthyol. 35 (2):21-214
- Kong, I. y R. Meléndez. 1991.** Estudio taxonómico y sistemático de la ictiofauna de aguas profundas capturadas entre Arica e Isla Mocha (18°30'-38°30' Lat., S). Estudios Oceanológicos 10:1-81.
- Krefst, G. 1984.** Nodosudidae. Pag 421-425
- Lamilla, J. 1986.** *Bathyraja albomaculata* (Norman, 1937): Primer registro para las costas de Chile (Chondrichthyes, Rajidae). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, Chile. Tomo 57:177-182.
- Levin, S. A. 1992.** The problem of pattern and scale in ecology. Ecology, 73: 1943-1967.



Lillo, S., R. Céspedes, M. Barbieri, A. Saavedra y P. Galvez. 2004. Programa temporal de evaluación hidroacustica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Regiones, Año 2002. Informe final proyecto FIP 2002-07..

Ludwig, J. & J. Reynolds. 1988. Stastical Ecology. A primer on methods and computing. Wiley & Sons. NY. 329 p.

Margalef, R. 1977. Ecología. Ed. Omega SA. España. 951 p.

MacLennan, D. and J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman Hall, London: 325 pp.

Maury O. 1998. Modelisation spatiale en halietique. Approche par simulateur sous SIG. Application à la modélisations hiérarchique de la population de thons albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique tropical. Tesis n° de origen:98 - 17, n° de serie: H41. 353p

Meléndez, R. y D. Meneses. 1989. Tiburones del talud continental recolectados entre Arica (18°19'LS) e Isla Mocha (38°30'LS), Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 17:3-73.

Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.

Microimages. 1997. TNTmips- The map & Imaagen Processing system. Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. Deep Sea Res. 28A: 625 - 629.



- Miranda, H. 1999.** Derivación del estimador de la varianza para el factor de eointegración. Informe Técnico – Unidad de estadística. IFOP.
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1966.** Marine plankton a practical guide. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- NODC. 1991.** National oceanographic data center, user guide. En: Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA.
- Ojeda, P. y S. Avilés. 1987.** Peces oceánicos chilenos. Islas Oceánicas Chilenas. Conocimiento Científico y Necesidades de Investigaciones. J.C. Castilla (Ed.) 1987. Ediciones Universidad Católica de Chile:247-270.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993.** Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984.** A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis 172 pp. Pergamon Press.
- Pequeño, G. 1971.** Sinopsis de Macrouriformes de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 32: 269-298.
- Pequeño, G. y E. D'Ottone. 1987.** Diferenciación taxonómica de los lenguados comunes de Valdivia, Chile (Osteichthyes, Bothidae). Revista de Biología Marina, Valparaíso, 23(1):107-137.
- Petitgas, P. 1991.** Contributions geostatistiques a la biologie des peche maritimes. These de doctorat., Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p



- Petitgas, P. 1993.** Geostatistics for fish stock assessment: a review and on acoustic applications. ICES J. mar. Sci., 50: 285 - 298.
- Petitgas, P. y T. Lafont. 1997.** EVA 2: Estimation variance. A geostatistical software on Window 95 for the precision of fish stock assesment.. ICES C.M. 1997/Y:22.
- Pielou, E. C. 1966.** The measurement of diversity in different types of biological conditions. J. Theoret. Biol. 13:131-144.
- Postel, L., H. Fock and W. Hagen. 2000.** Biomass and abundance. In: Zooplankton methodology manual. Ed: R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal and M. Huntley. ICES.
- Retamal, M.A. 1981.** Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. Gayana (Zoología), N° 44, 110 págs.
- Robles, F. 1976.** Descripción general de las condiciones oceanográficas en aguas chilenas. Instituto de Fomento Pesquero, 103 p.
- Robotham, H y J.Castillo. 1990.** The bootstrap methods: An alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hidroacoustic techniques. Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer. 189:421-424.
- Rojas, R. & N. Silva. 1996.** Atlas Oceanográfico de Chile. Vol. 1. Primera Edición. Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile. 130 p.
- Rose, G. A. and Leggett, W. C. 1990.** The importance of scale to predator-prey spatial correlation: an example of Atlantic Fishes. Ecology, 71: 33-43.
- Saavedra, J.C., H. Miranda & Z. Young. 2003.** “Métodos de Comparación de



Distribuciones de Frecuencia de Tallas y Edades”. Documento Técnico. Comisión Estadística. Instituto Fomento Pesquero. 10 p.

- Saiz, F. 1980.** Experiencias en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades. Arch. Biol. Med. Exp., 13: 387-402.
- Serra R., C. Canales, P. Barría, J. Córdova y A. Aranís. 2001.** Investigación y captura Total Permisible Jurel, 2001. Proyecto IFOP – SUBPESCA. Informe final 61p+ Anexos.
- Serra, R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36: 67-83.
- SIMRAD, 1991.** SIMRAD EK-500 Scientific echosounder. Operation. P217E.0. 15p. manual.
- Silva, N. y H. Konow. 1975.** Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Suroriental. Expedición Krill. Crucero 3-4. Julio-Agosto, 1974. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur. Ciencia y Derecho del Mar 3:63-75.
- Silva, N. & H. Sievers. 1981.** Masas de agua y circulación en la región de la rama costera de la Corriente de Humboldt. Latitudes 18°LS y 33°LS (operación oceanográfica Mar Chile X – ERFEN I). Cienc. Y Tec. Del Mar. CONA, 5:5-50.



- Silva, N. 1982.** Masas de agua y circulación en la región norte de Chile, Latitudes 18-32°LS (operación oceanográfica Mar Chile XI – ERFEN II). Cienc. y Tec. del Mar, CONA 7:47-84.
- Shannon, C. Y Weaver, W.** The mathematical Theory of Communication, Urbana, The University of Illinois Press, 1949.
- 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 taxonimy . The principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman, San Francisco. 573 pp
- Strub, P.T., J.M. Mesías, V. Montecino, J. Rutland & S.Salinas. 1998.** Coastal ocean circulation off western South America. In: The Sea A.R. Robinson & K.H. Brink (eds). Vol. 11, p: 273-313.
- UNESCO. 1981a.** The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°36.
- UNESCO. 1981b.** Background paper and supporting data on the practical salinity scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°37.
- Vidal, J. 1968.** Copépodos Calanoídoes epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1 - 98.
- Volter, K. M. 1985.** Introduction to Variance Estimation xii, 428 pp.

FIGURAS

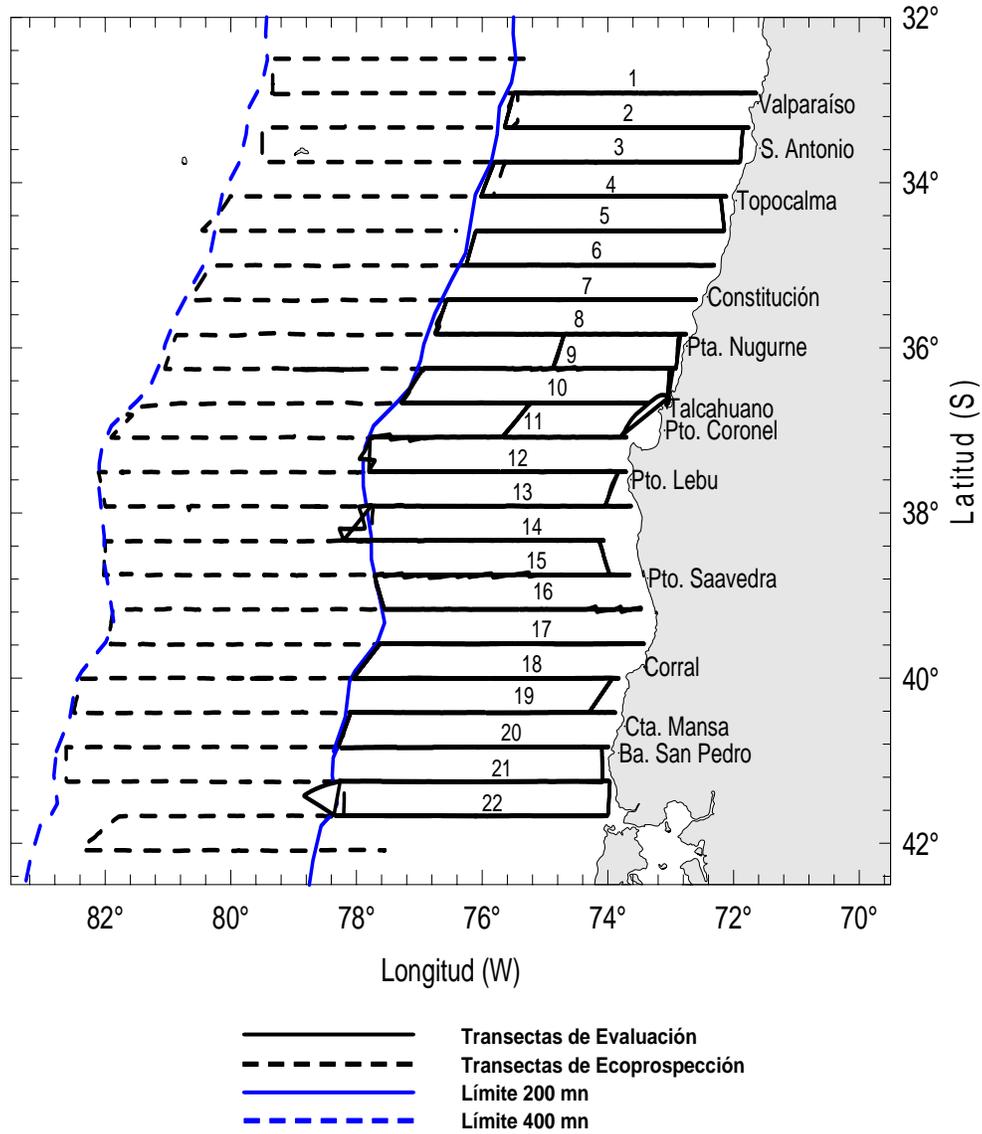


Figura 1. Distribuci3n de transectas en la zona de estudio.



B/l "Abate Molina



Pesqueros



Figura 2. Embarcaciones y equipos ac3sticos usados en la evaluaci3n.

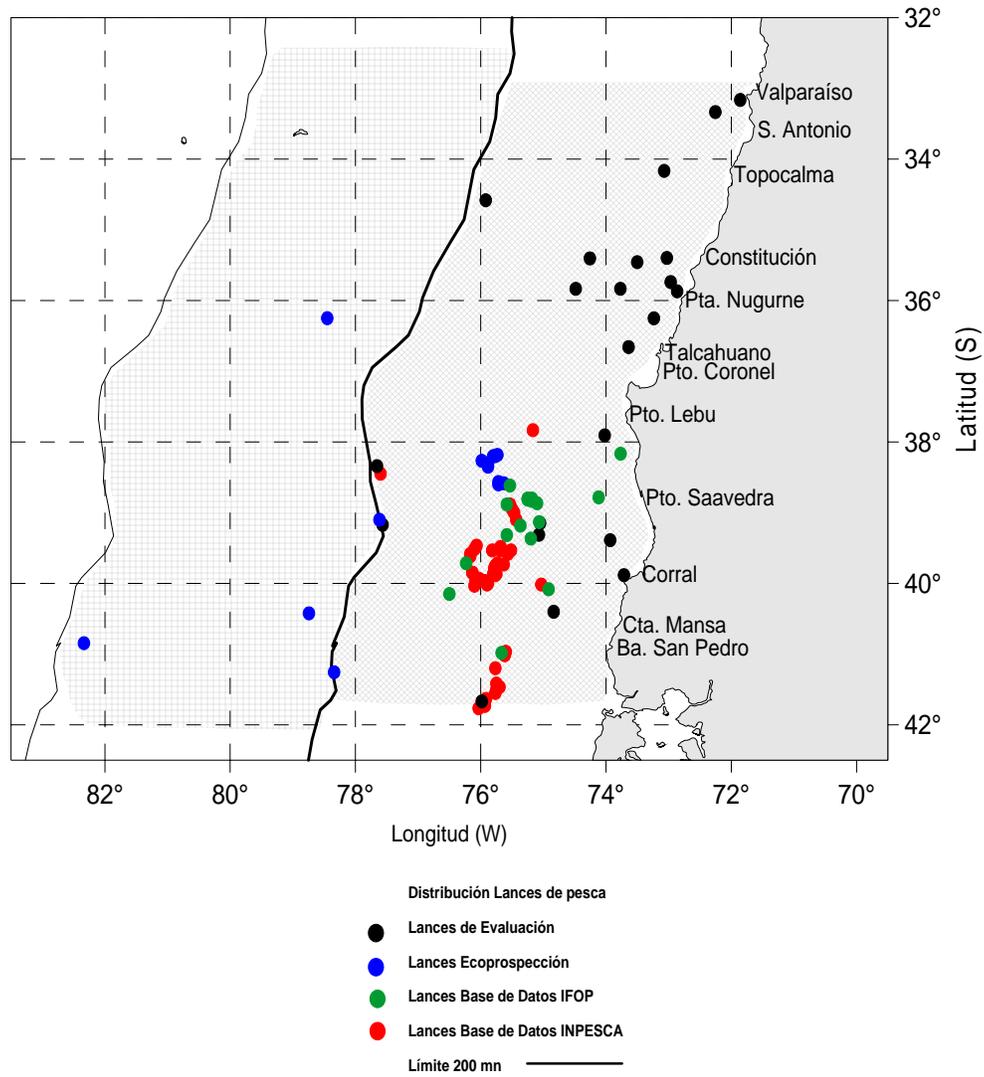


Figura 3. Distribuci3n de los lances de pesca de cerco y arrastre a mediagua.

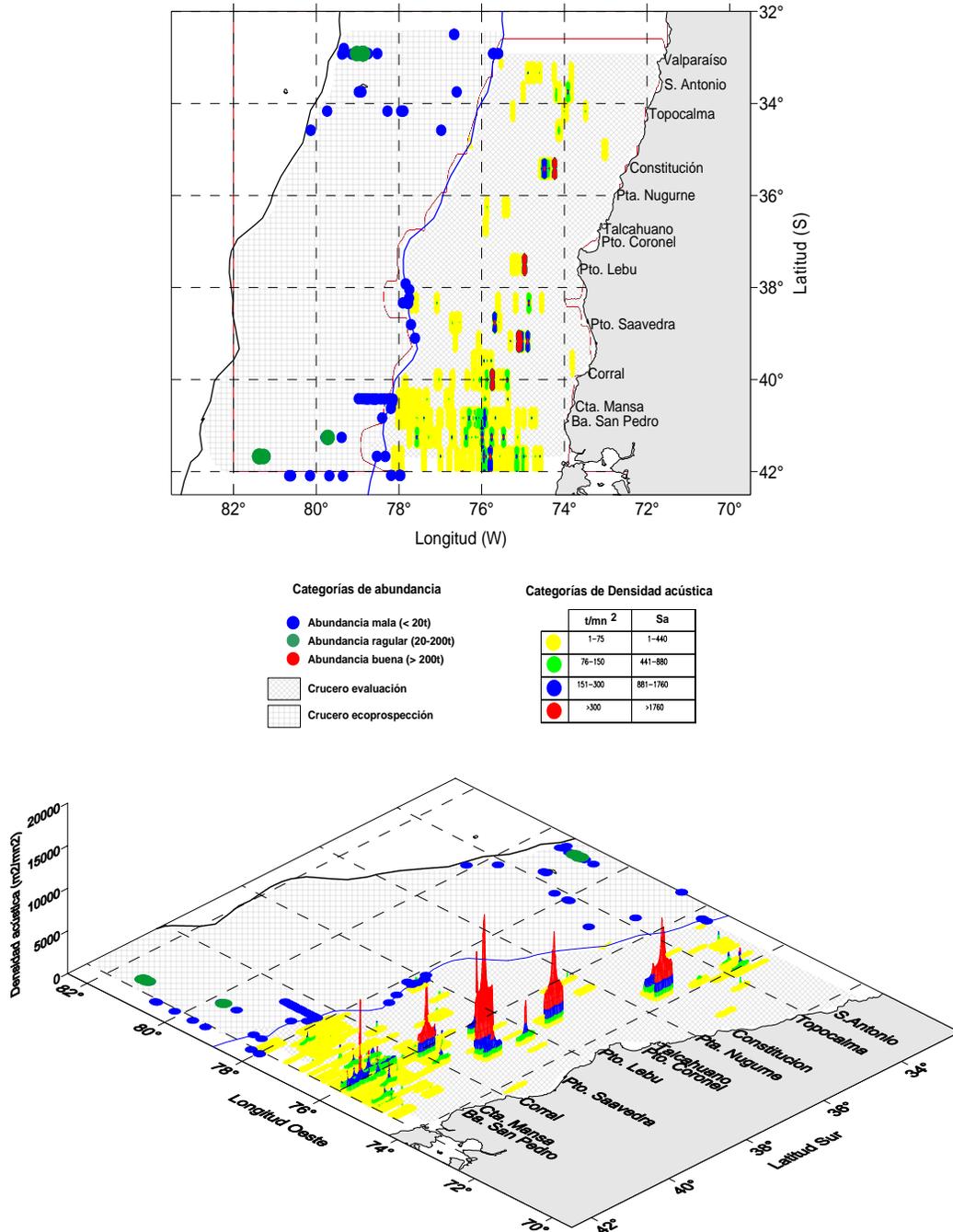


Figura 4. Distribuci3n espacial de jurel, crucero de evaluaci3n y ecoprospecci3n 2006.

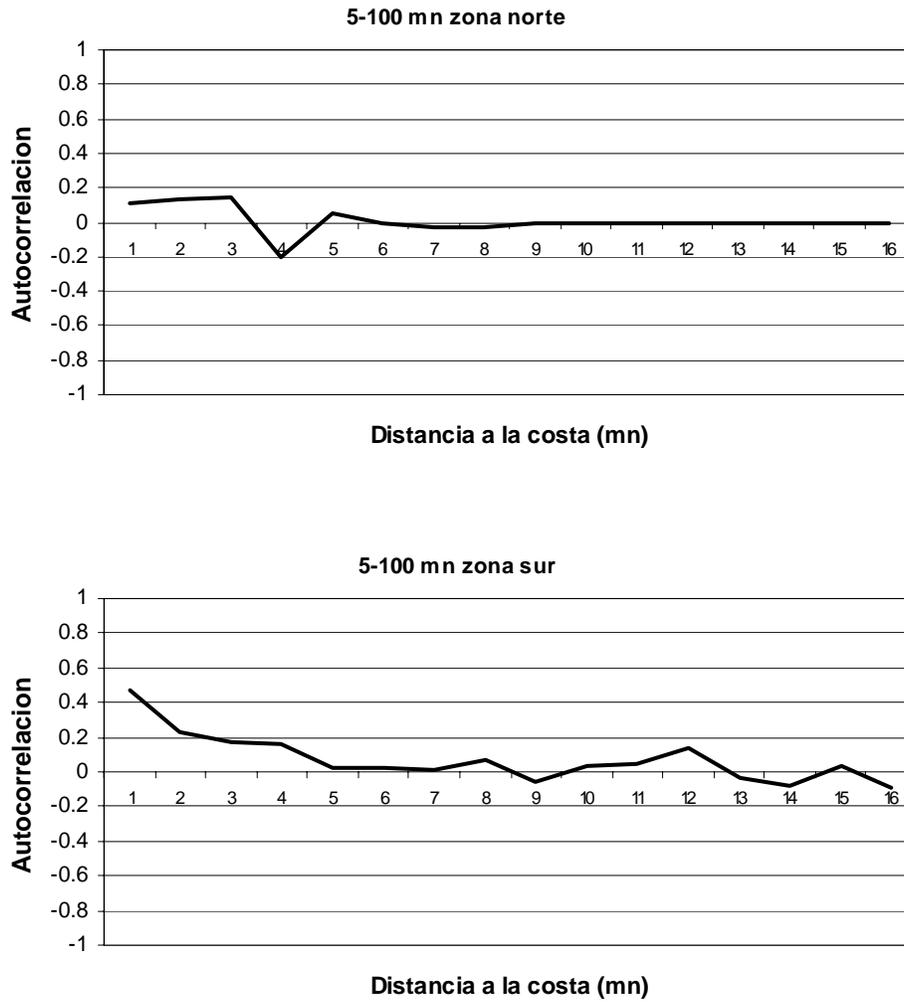


Figura 5. Correlogramas por sectores. a) Norte y b) sur.

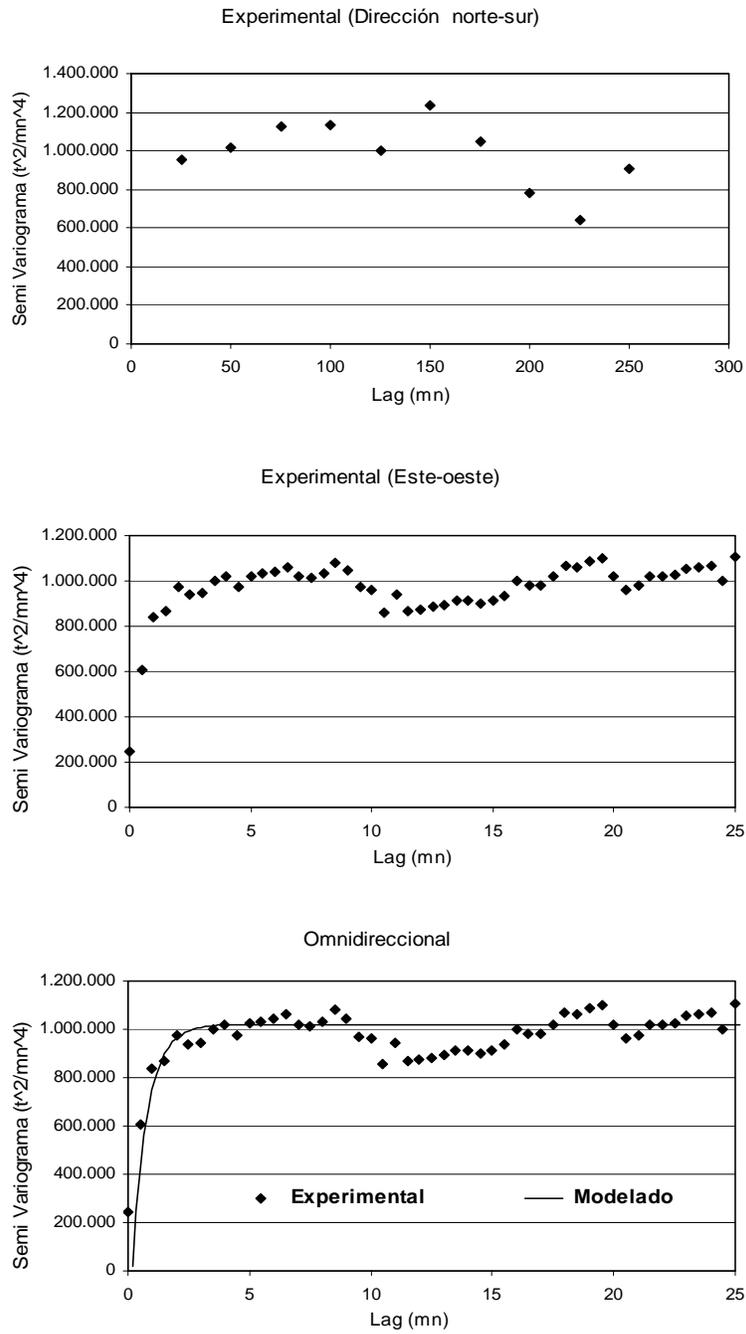


Figura 6. Variogramas estimados para la distribuci3n de jurel en el 1rea de estudio.

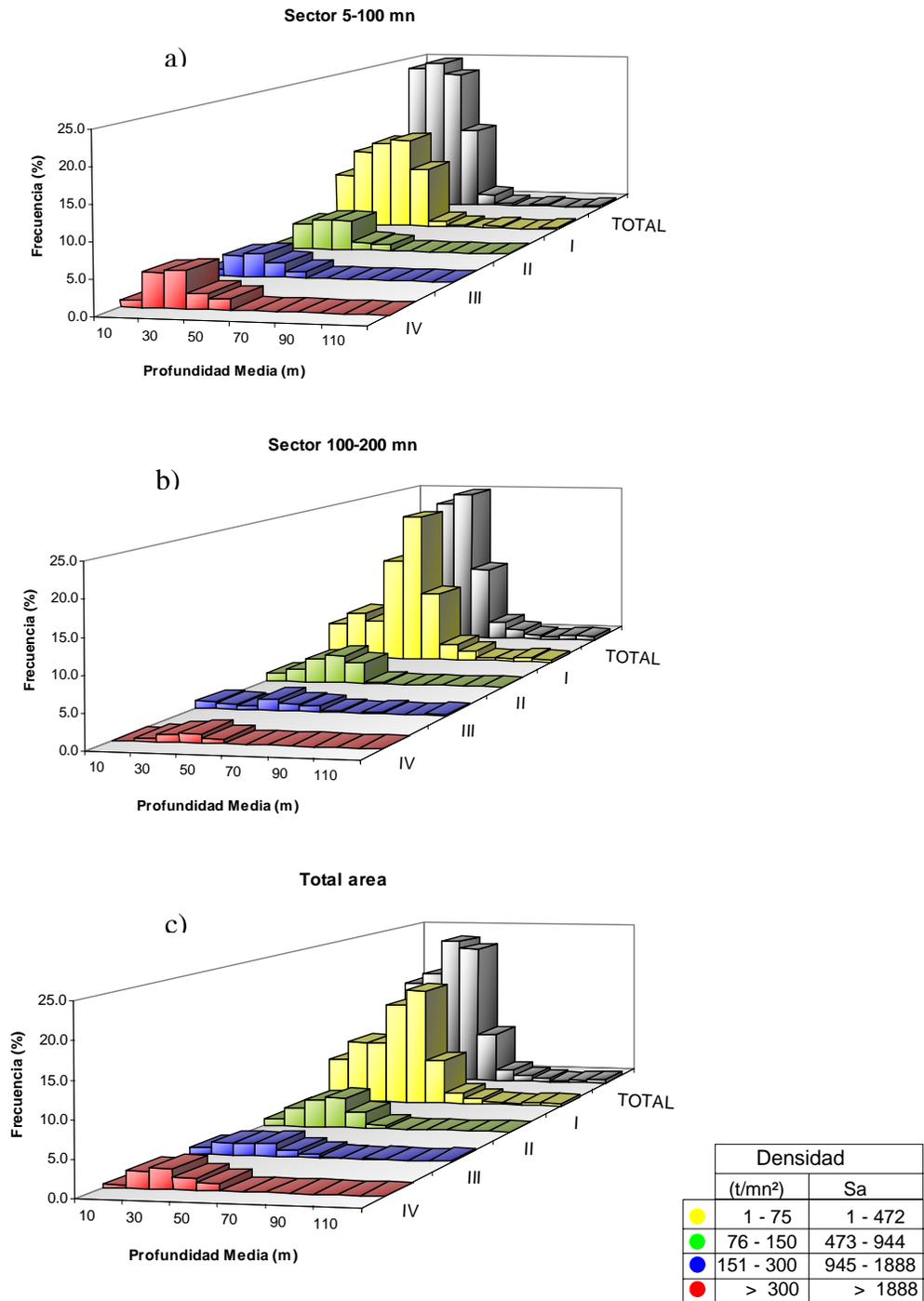


Figura 7. Distribución batimétrica de jurel por categorías y zona a) 5-100 mn, b) 101-200 mn y c) 5-200 mn

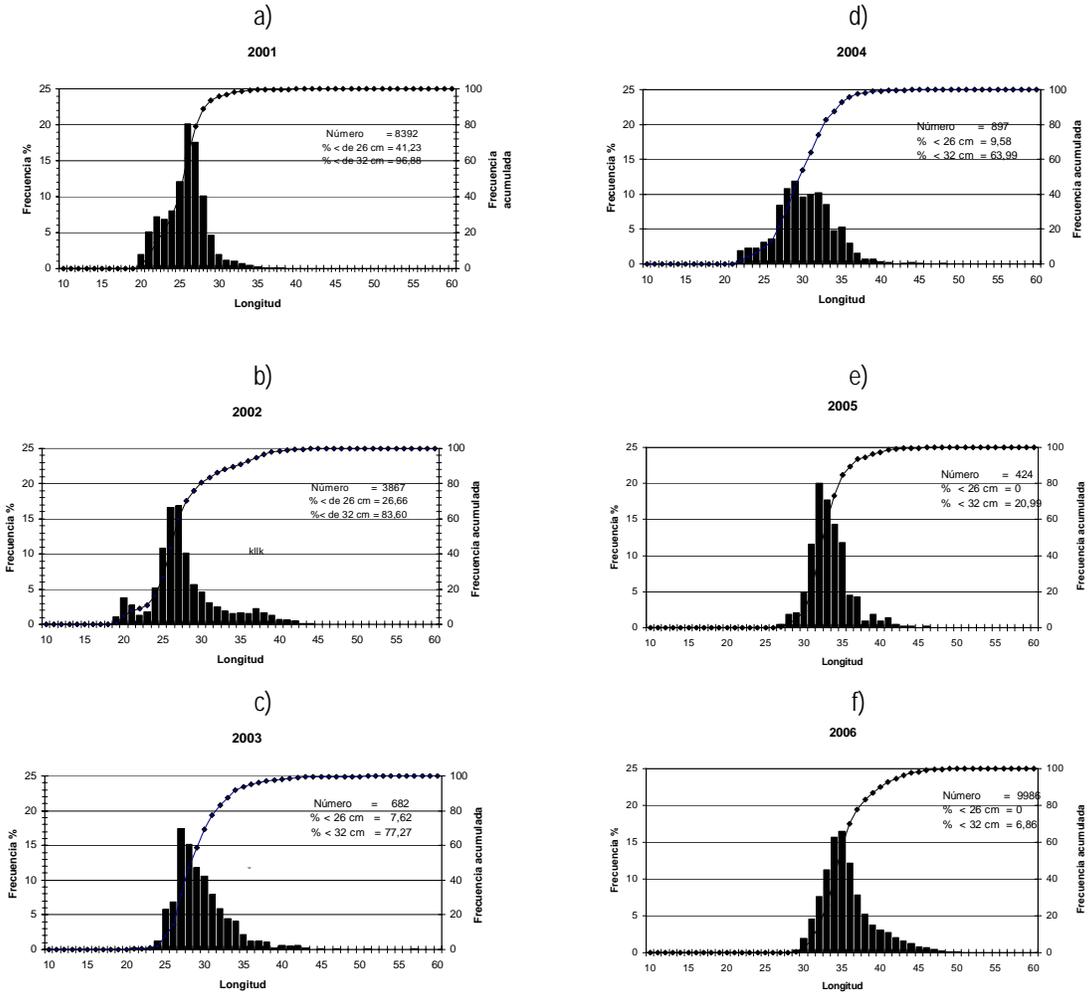


Figura 8. Distribuci3n de tallas de jurel entre 5-200 mm a3os: a) 2001 b) 2002 c) 2003 d) 2004 e) 2005 y f) 2006.

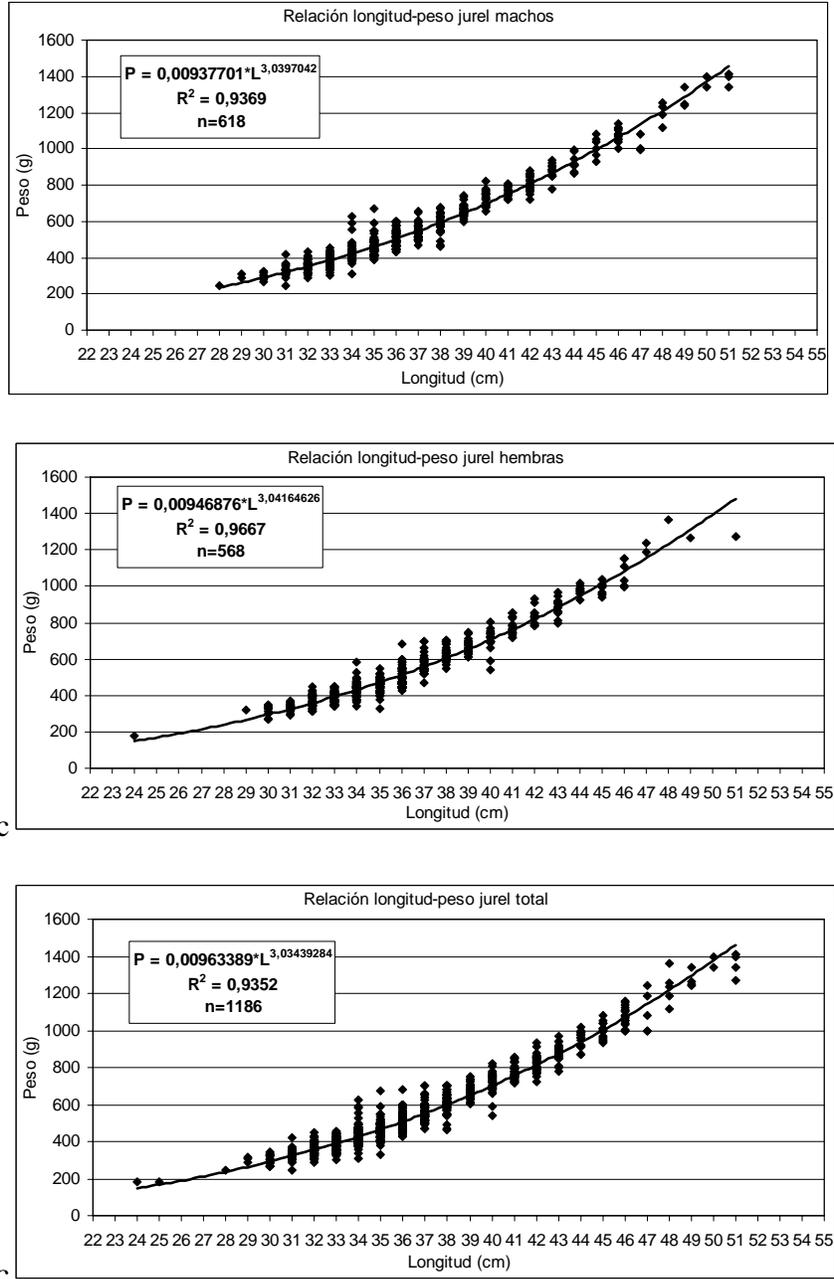


Figura 9. Relaci3n longitud-peso de jurel en la zona de estudio.

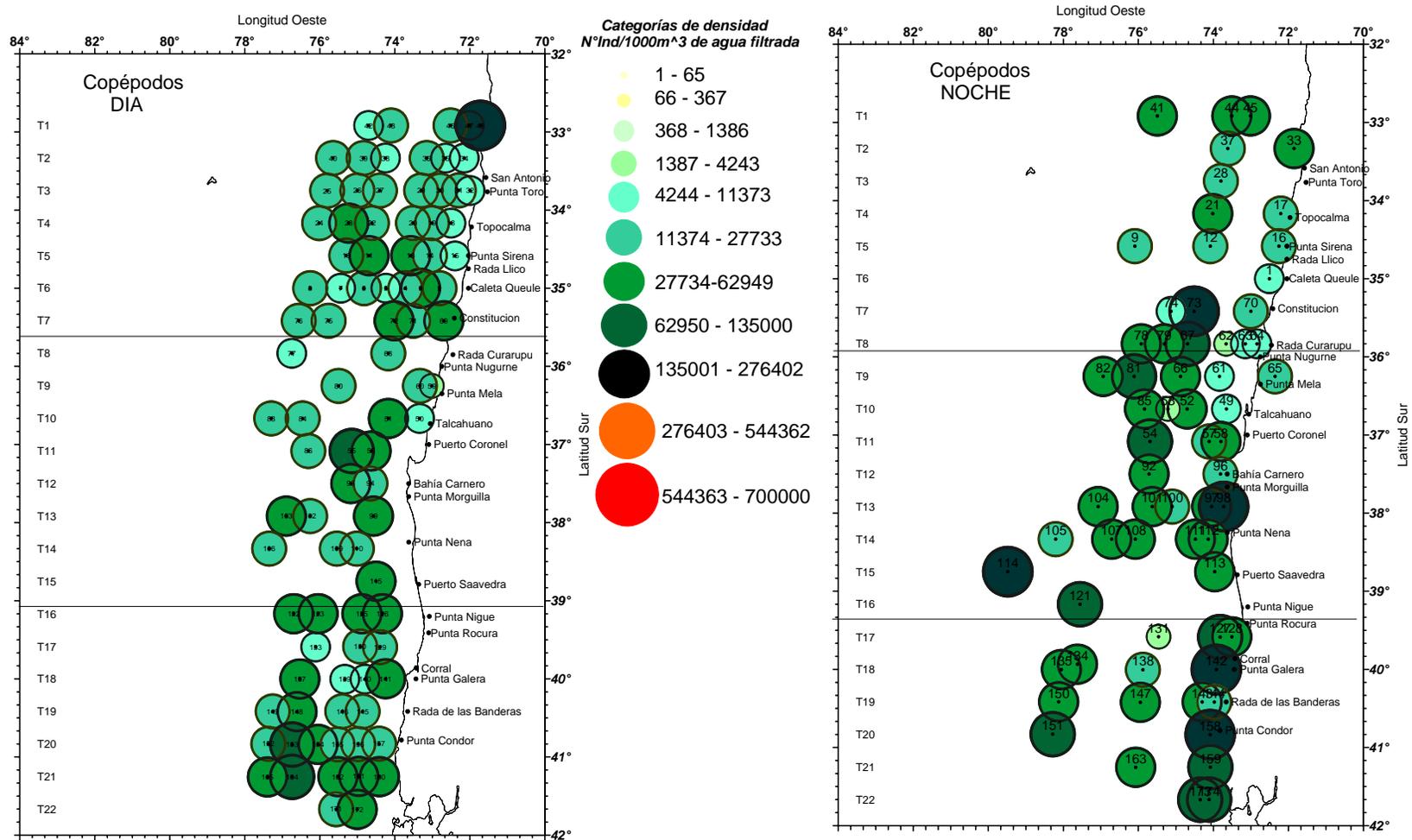


Figura 10. Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de copéodos en verano. 2006

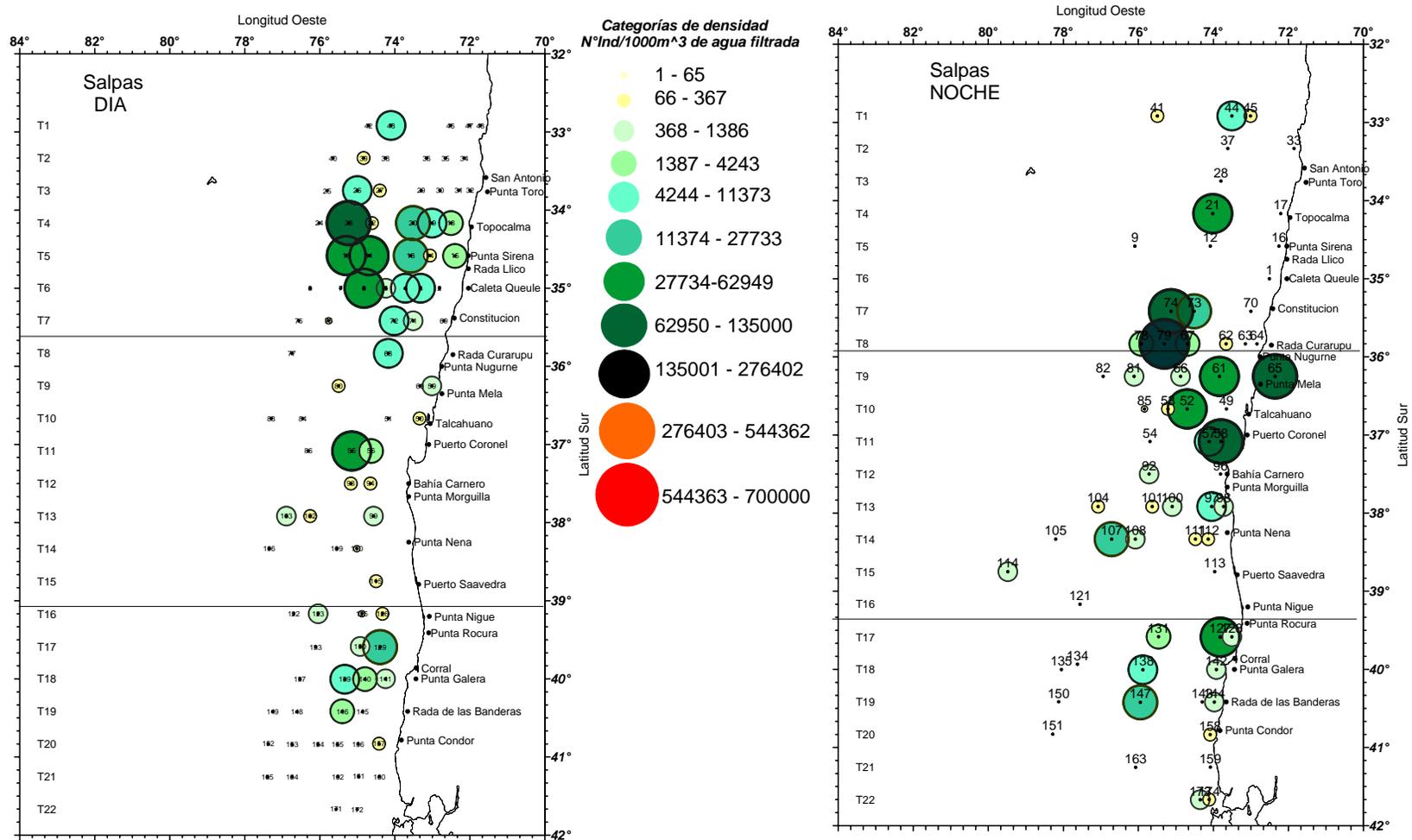


Figura 11. Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de salpas en verano. 2006

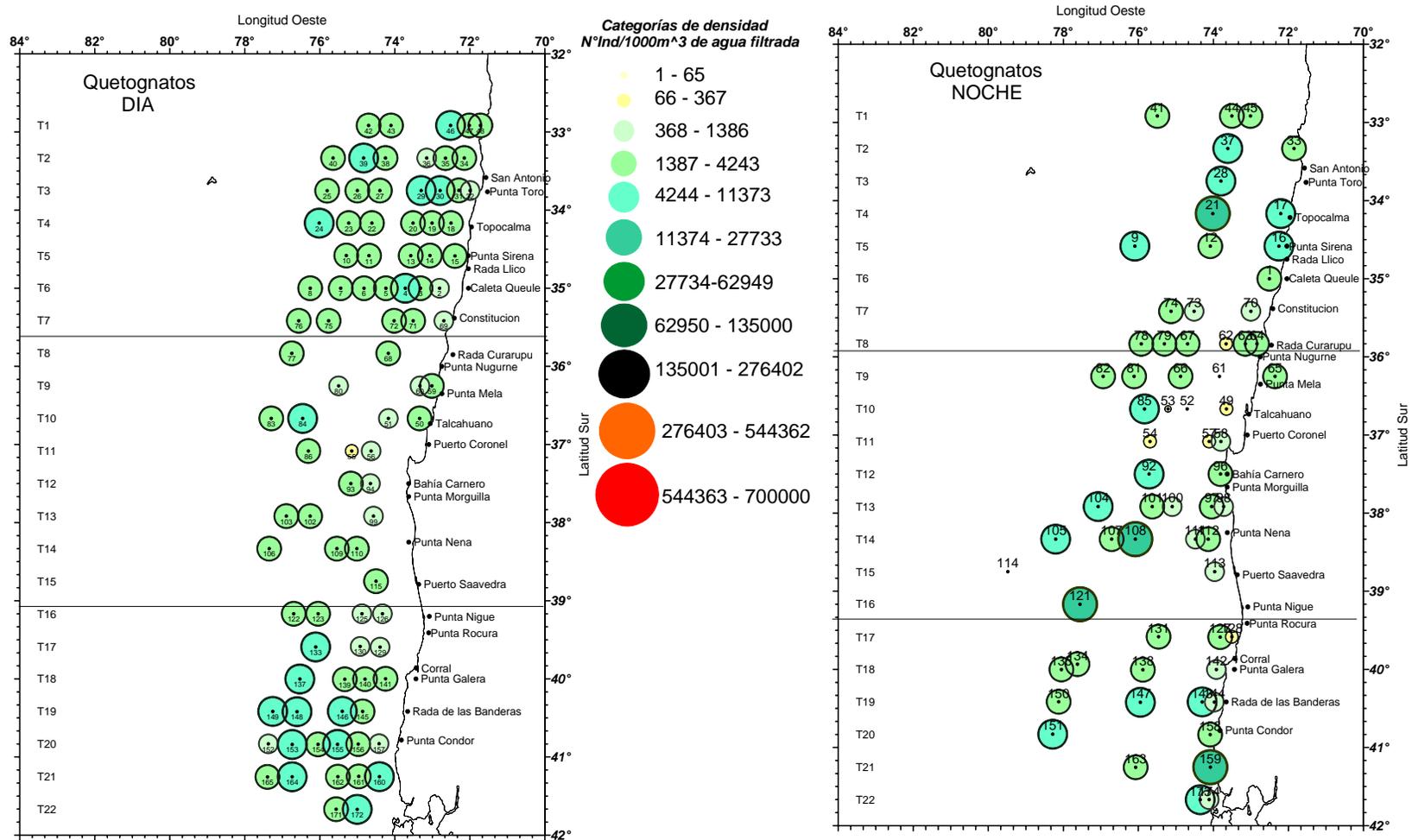


Figura 12. Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de quetognatos en verano. 2006

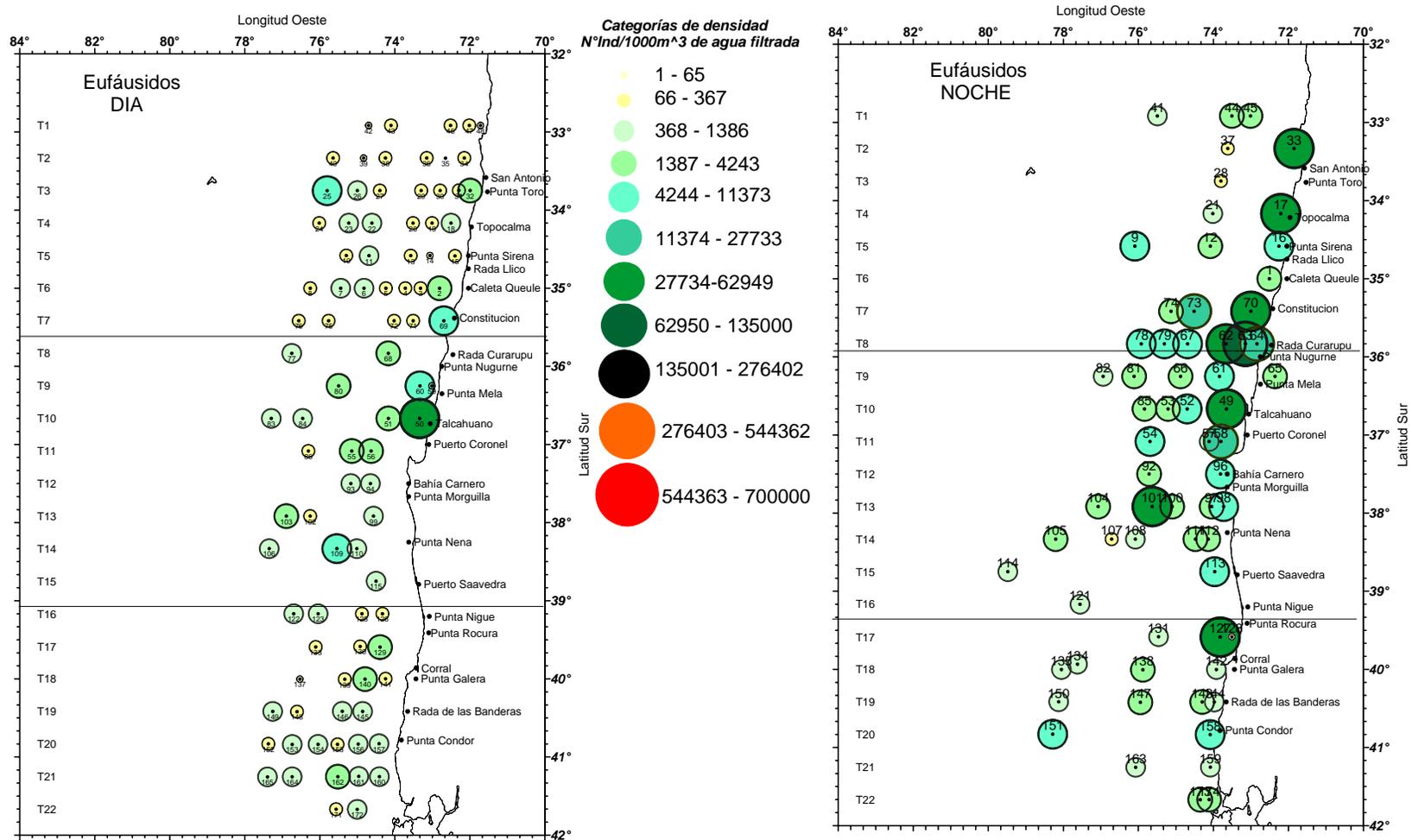


Figura 13. Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de eufáusidos en verano, 2006.

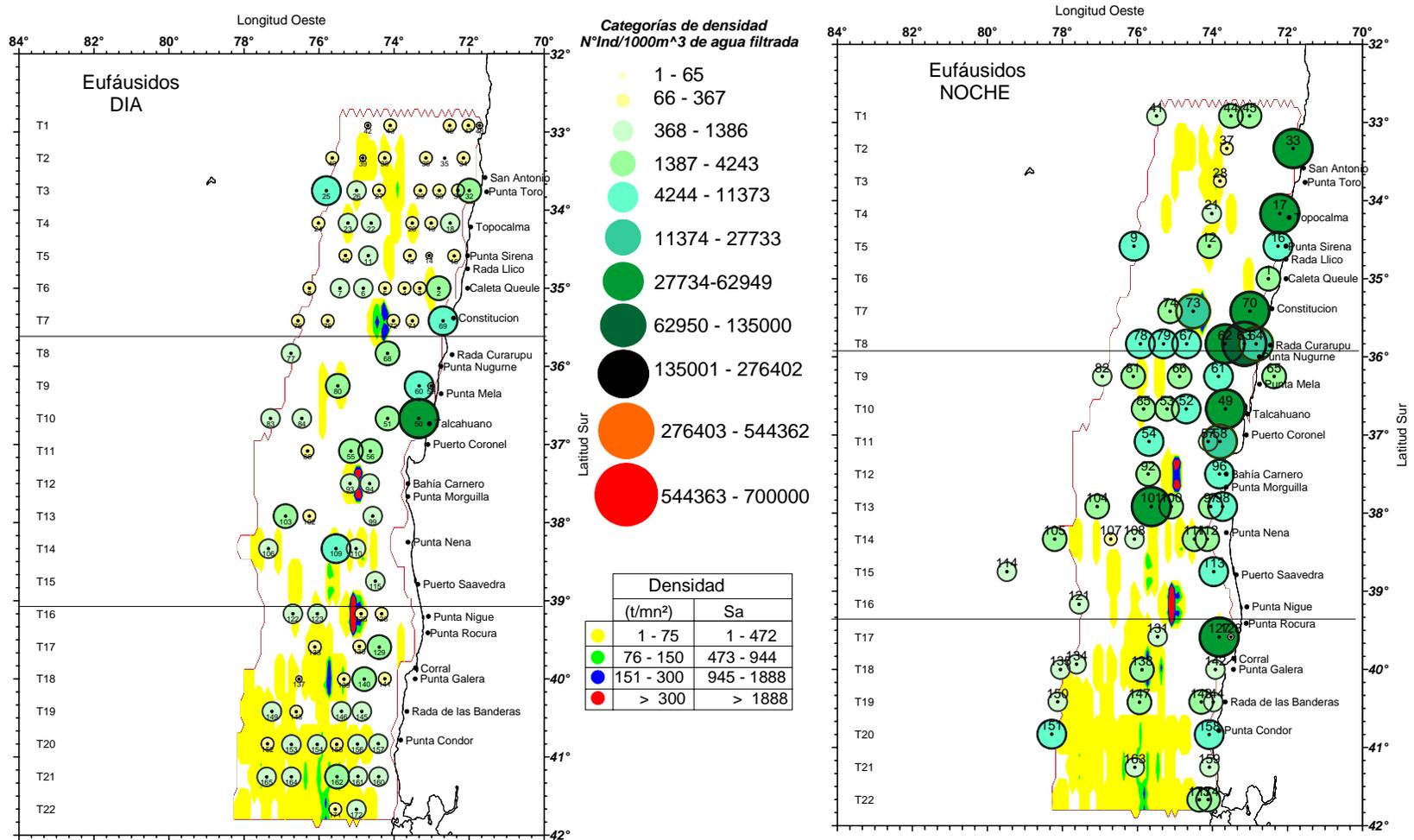


Figura 14. Zona concentración eufáusidos y distribución acústica de jurel.

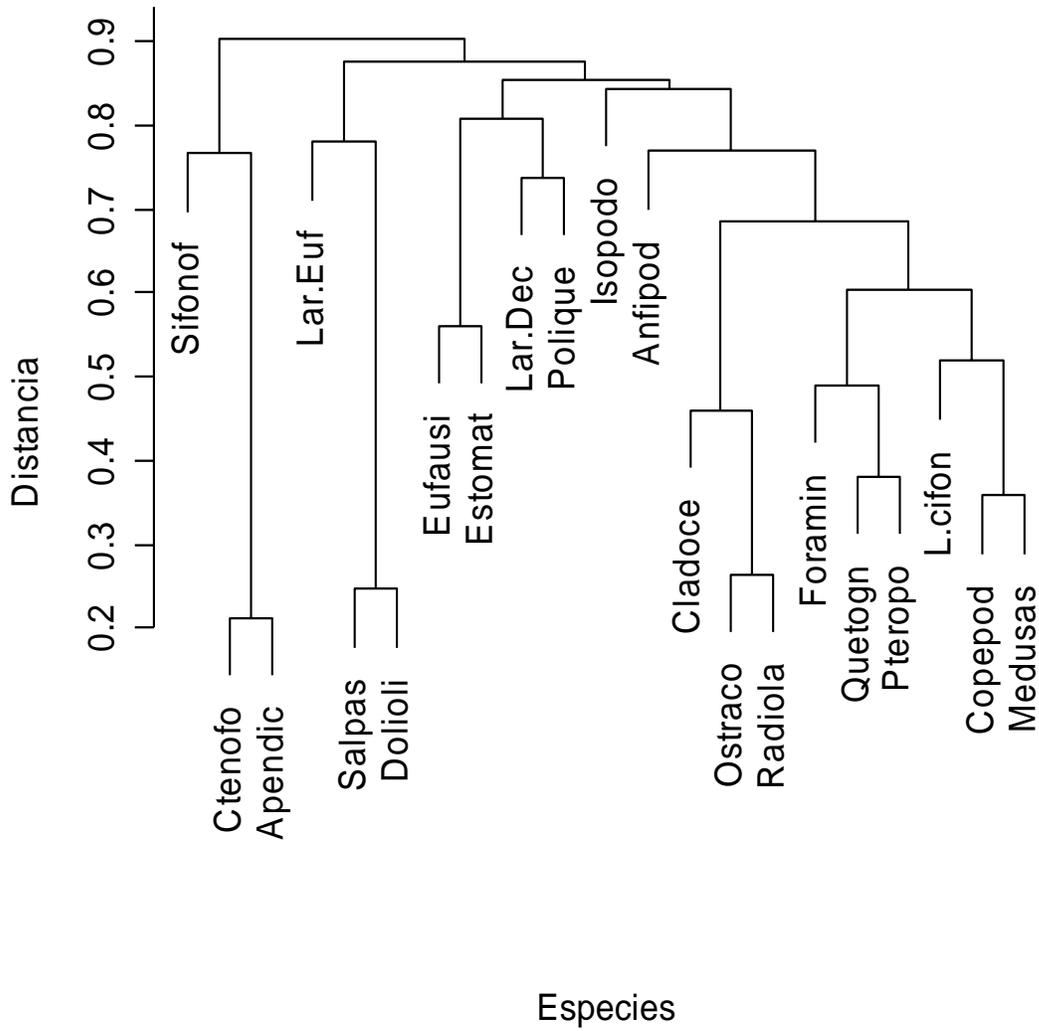


Figura 15. Dendrograma de similitud de Winer de los grupos zooplanct3nicos analizados en verano de 2006.

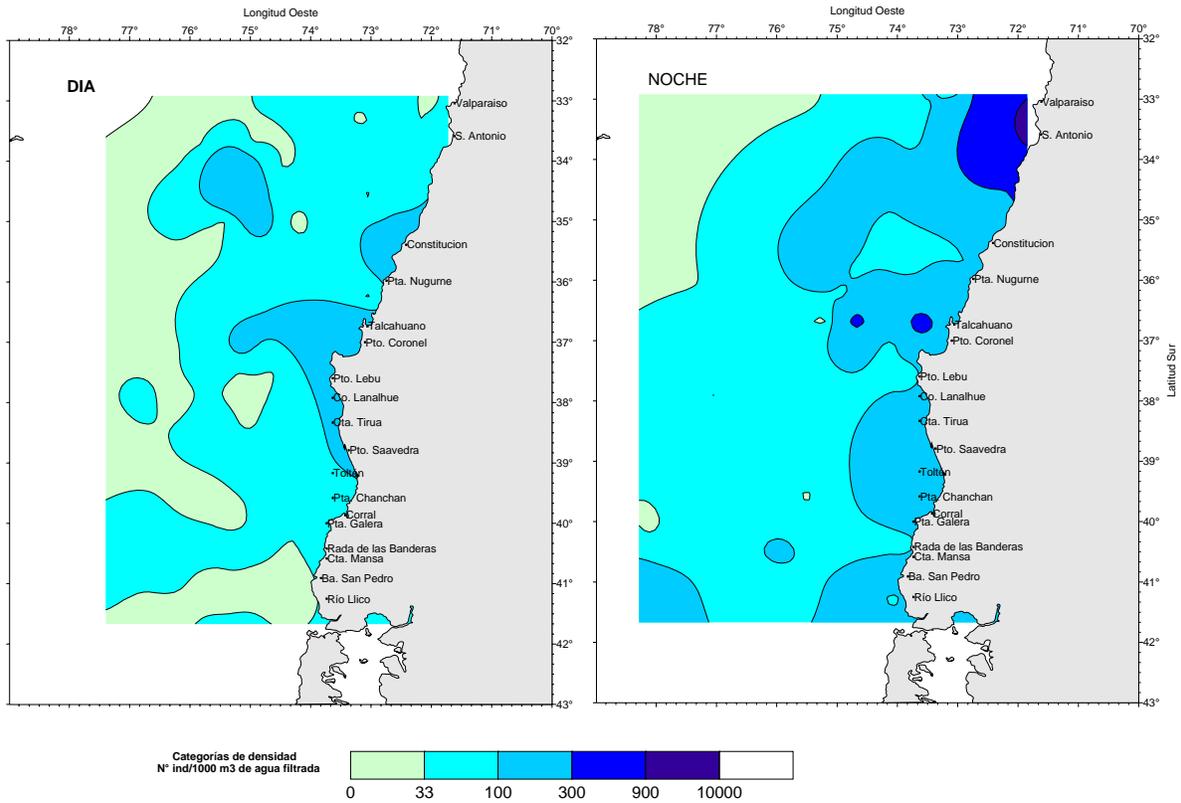


Figura 16. Distribuci3n geogr3fica diurna y nocturna de copépodos en verano. 2006

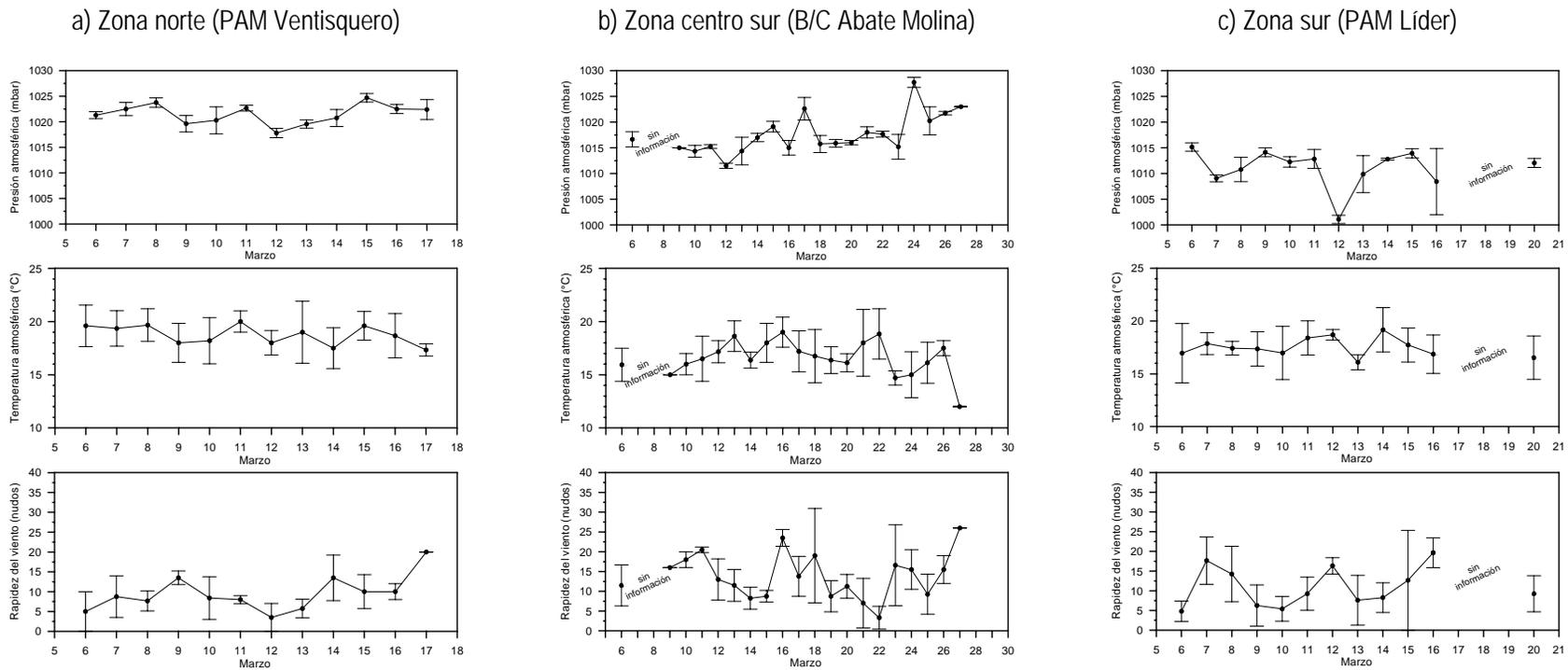


Figura 17. Variabilidad de las condiciones meteorológicas. Promedios diarios de: a) presión atmosférica (mbar), b) temperatura atmosférica (°C) y c) rapidez del viento (nudos) por zona: a) Zona norte (PAM Ventisquero), b) Zona centro (B/C Abate Molina) y c) Zona sur (PAM Lider).

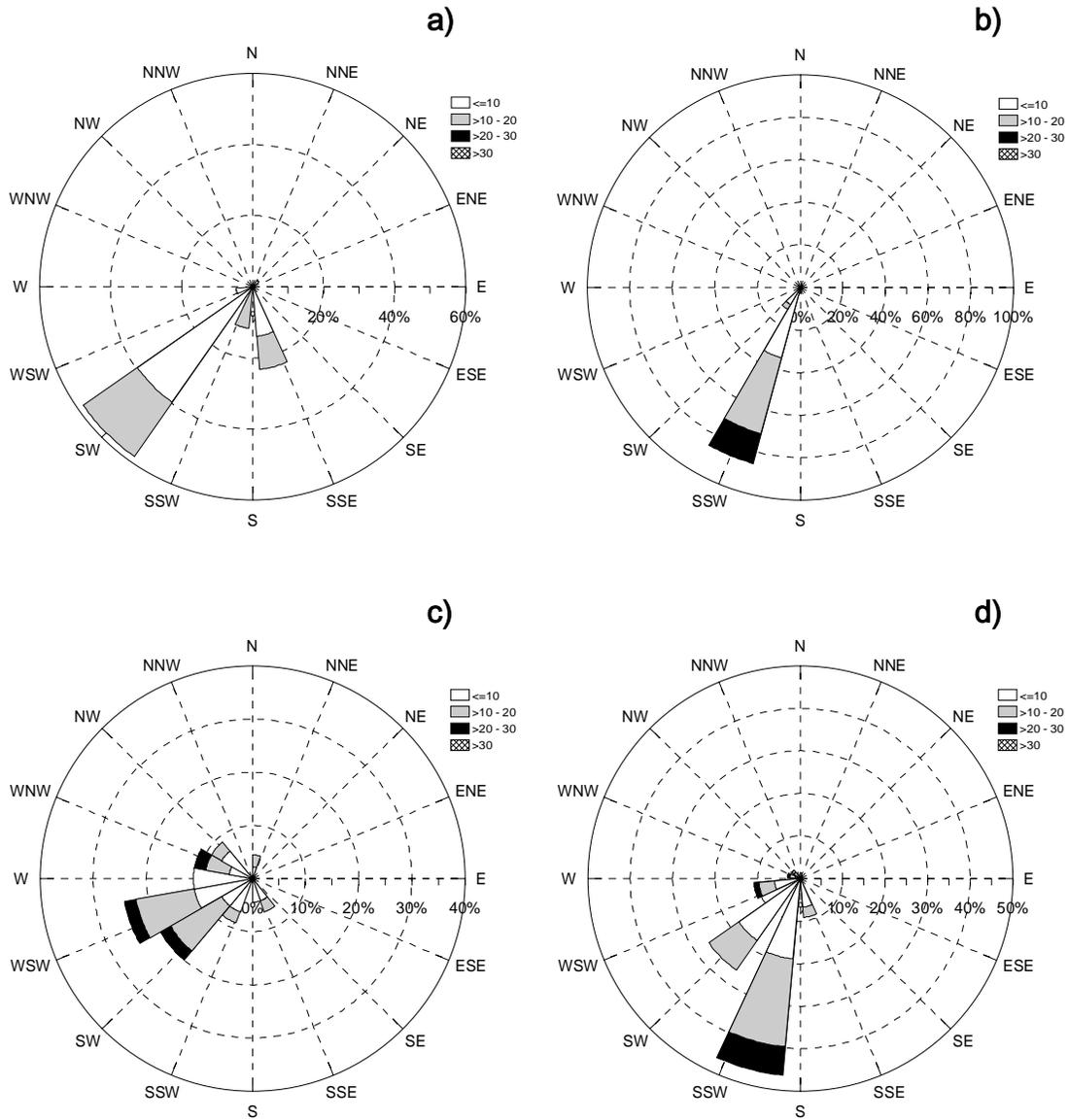


Figura 18. Variabilidad de la direcci3n del viento durante el periodo de estudio: a) zona norte ($32^{\circ}55'S$ - $35^{\circ}00'S$; PAM Ventisquero), b) zona central ($35^{\circ}25'S$ - $39^{\circ}10'S$; B/C Abate Molina), c) zona sur ($39^{\circ}35'S$ - $41^{\circ}40'S$; PAM L3der) y d) 3rea total ($32^{\circ}55'S$ - $41^{\circ}40'S$).

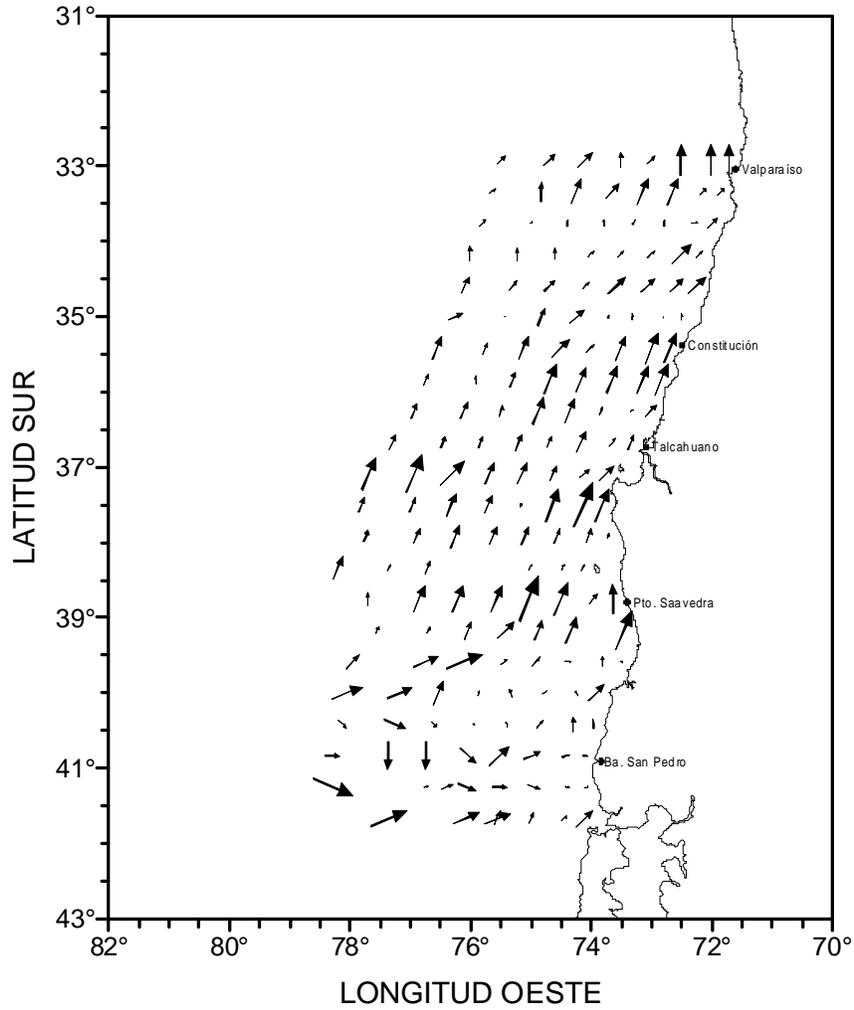


Figura 19. Variabilidad de la velocidad y la direcci3n del viento registrada a bordo de las embarcaciones participantes para el 3rea y per3odo de estudio.

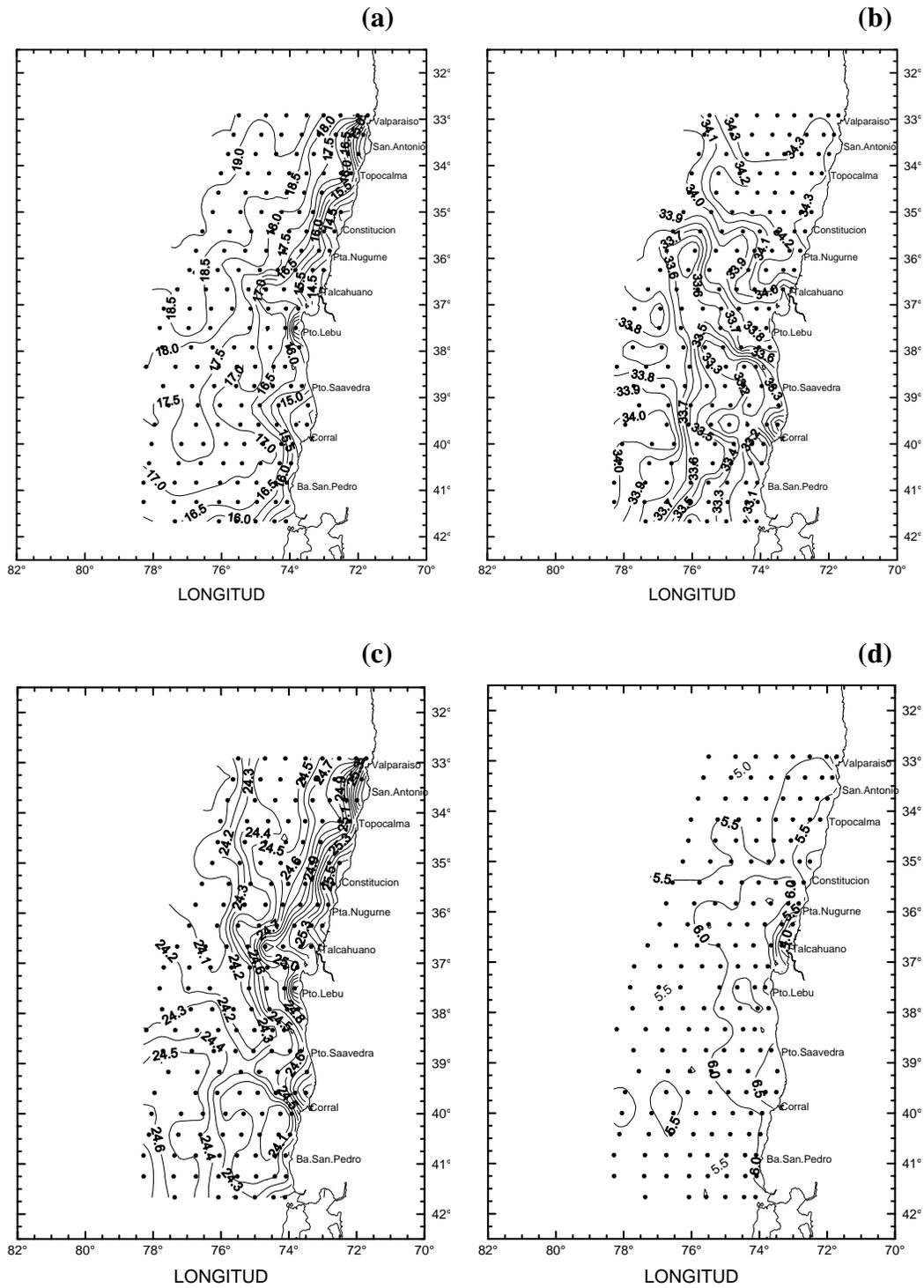


Figura 20. Distribución horizontal de: (a) temperatura (°C), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxígeno disuelto en el estrato de 05 metros.

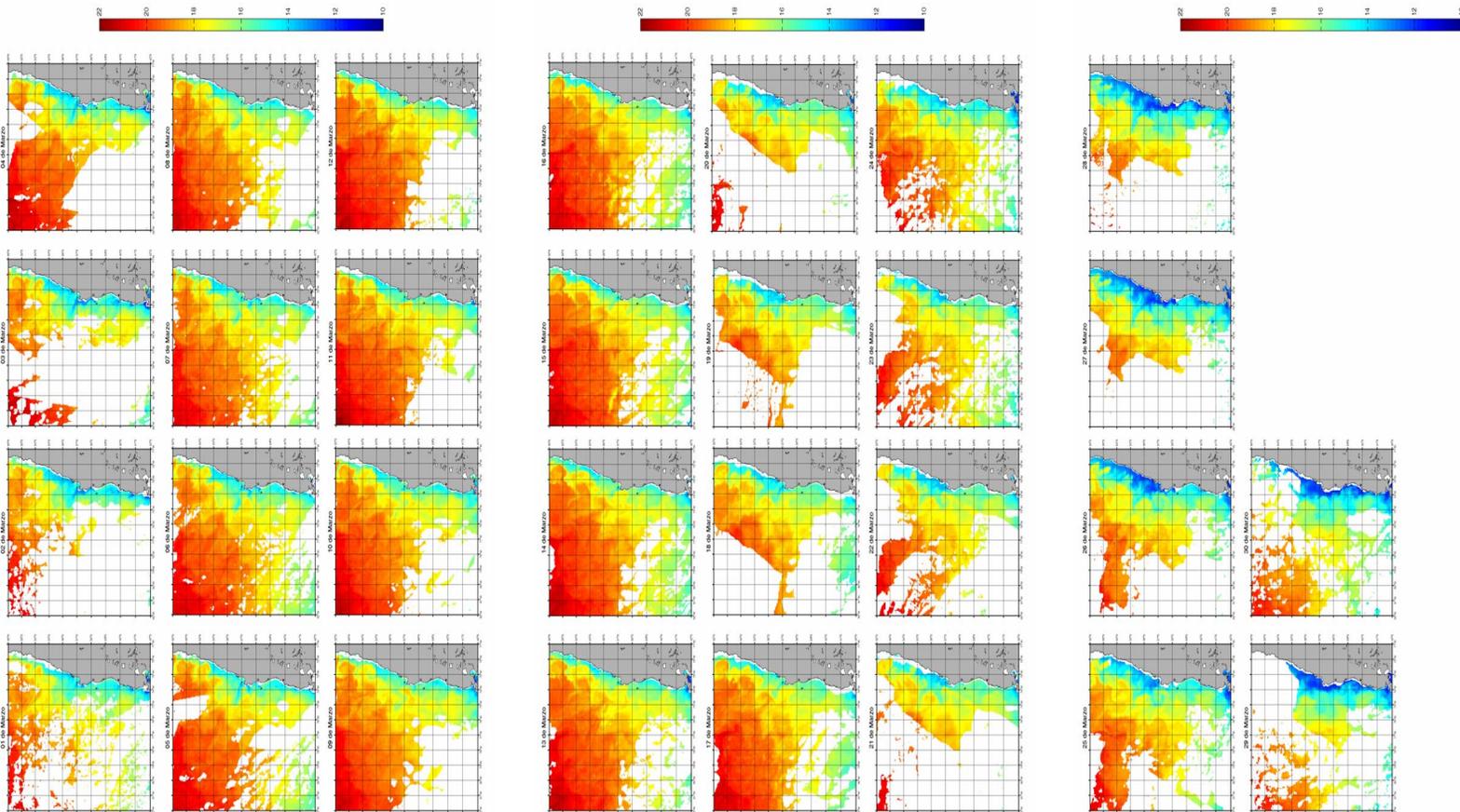


Figura 21. Imágenes satelitales Modis-Aqua de TSM para el área de estudio. Período: 01-30 de marzo de 2006.

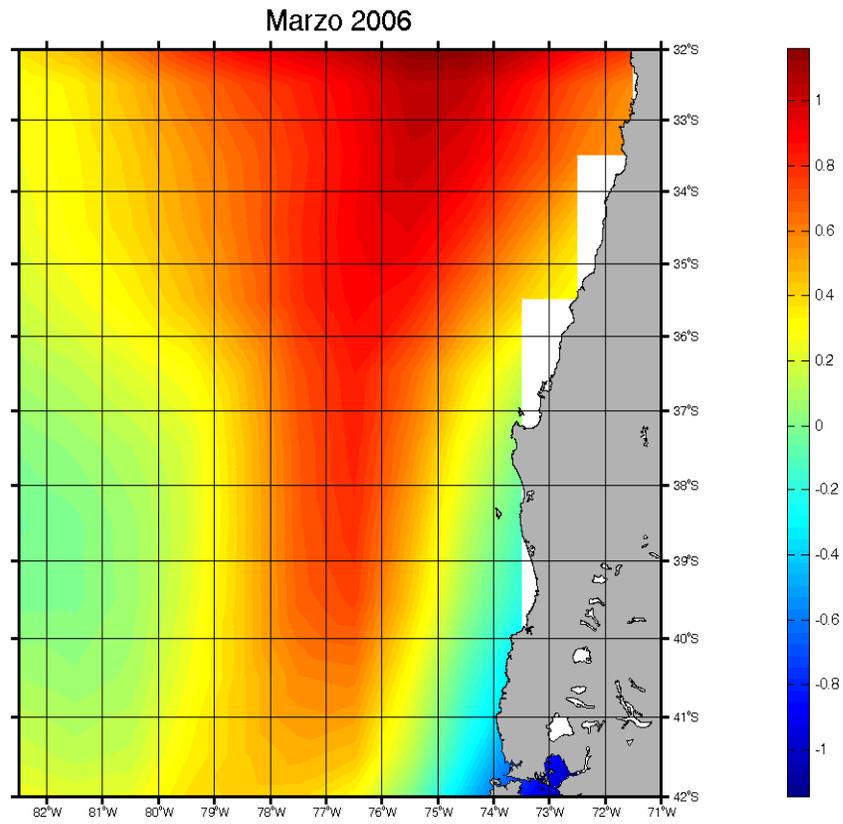


Figura 22. Anomalía de la temperatura superficial del mar (Programa IGOSS), para el mes de marzo de 2006

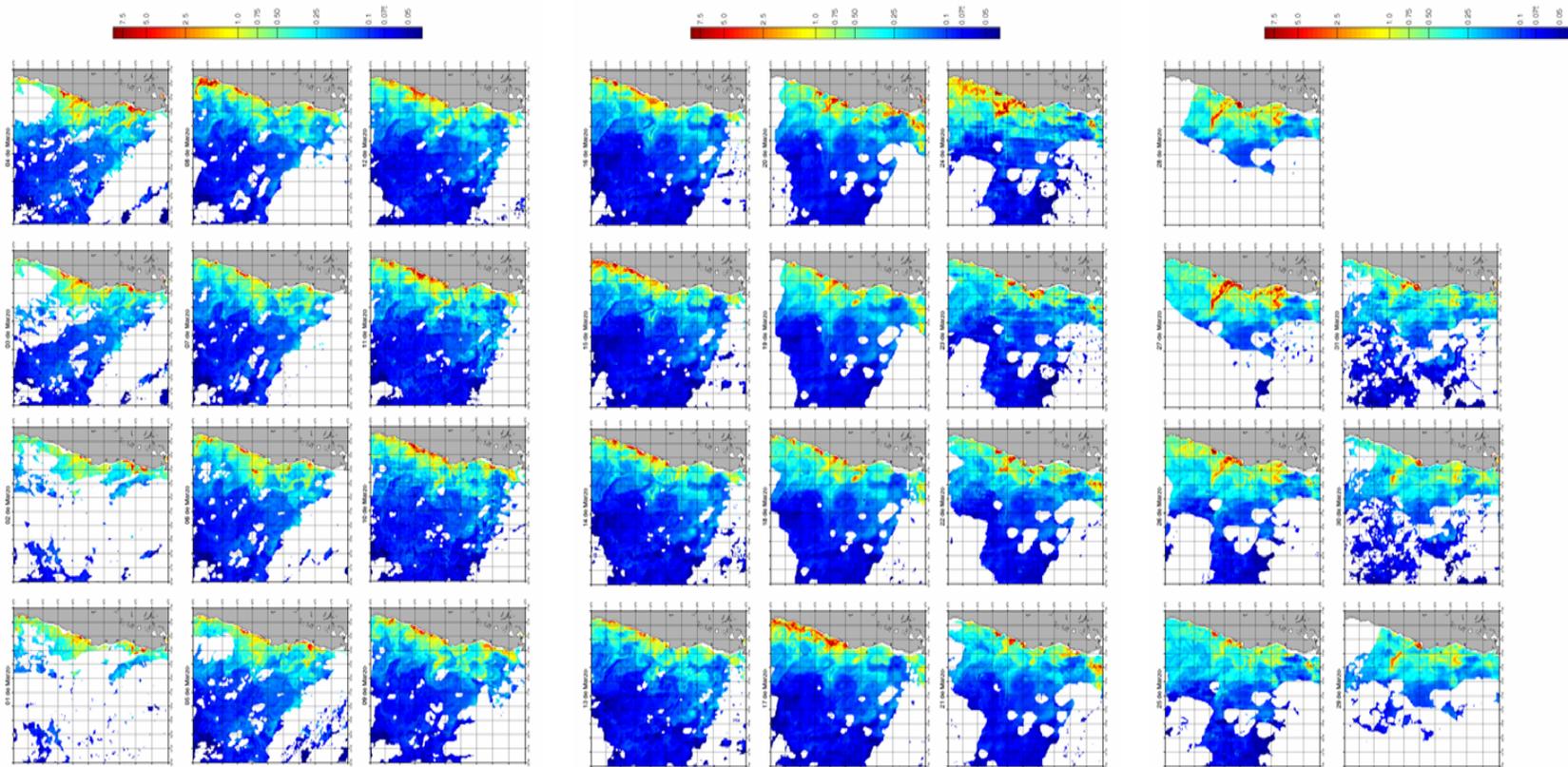


Figura 23. Imágenes satelitales Modis-Aqua de clorofila-a para el área de estudio. Período: 01-30 de marzo de 2006.

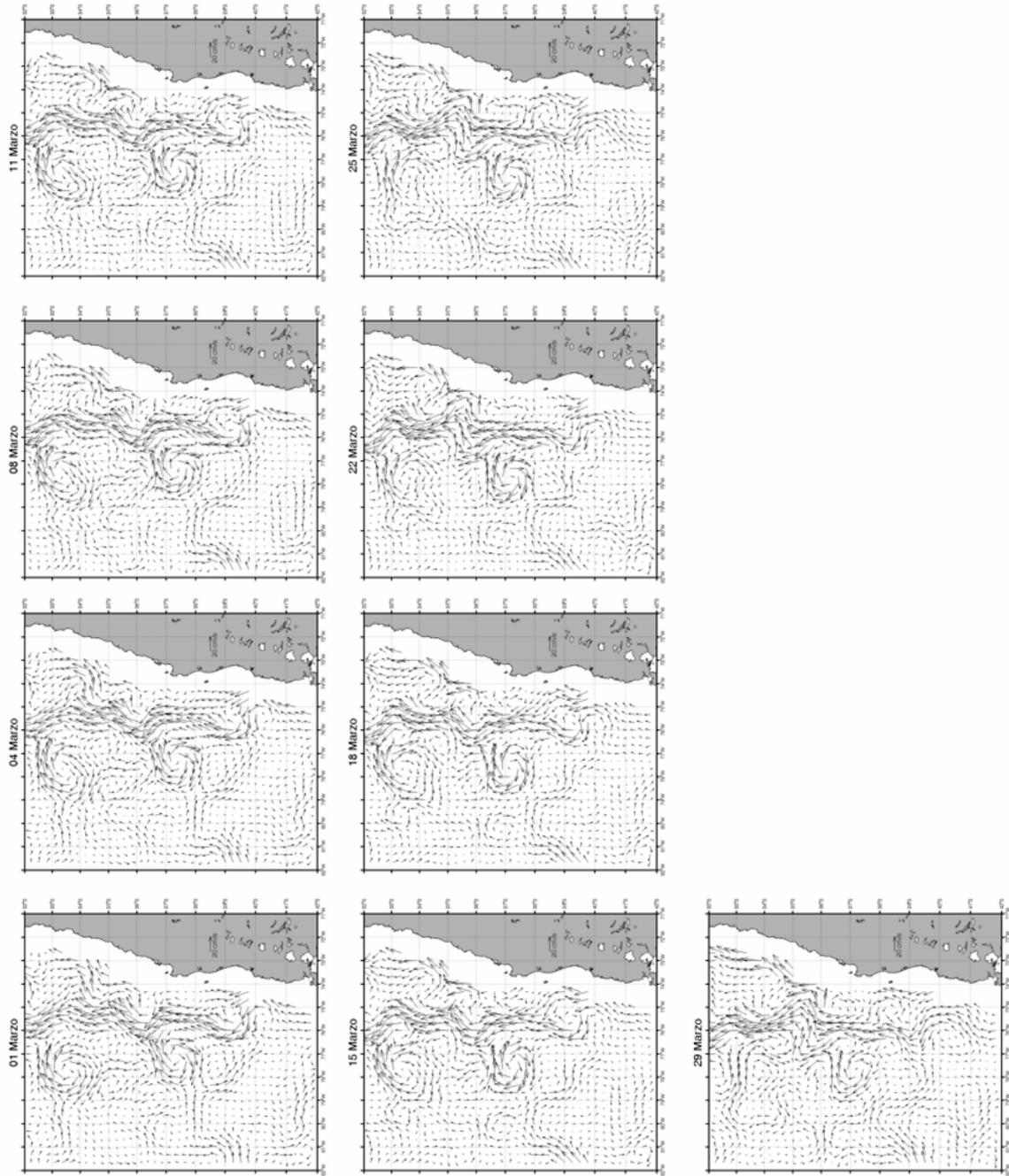


Figura 24. Imágenes satelitales de corrientes geostroficas para el área de estudio. Período: 13-24 de marzo de 2006.

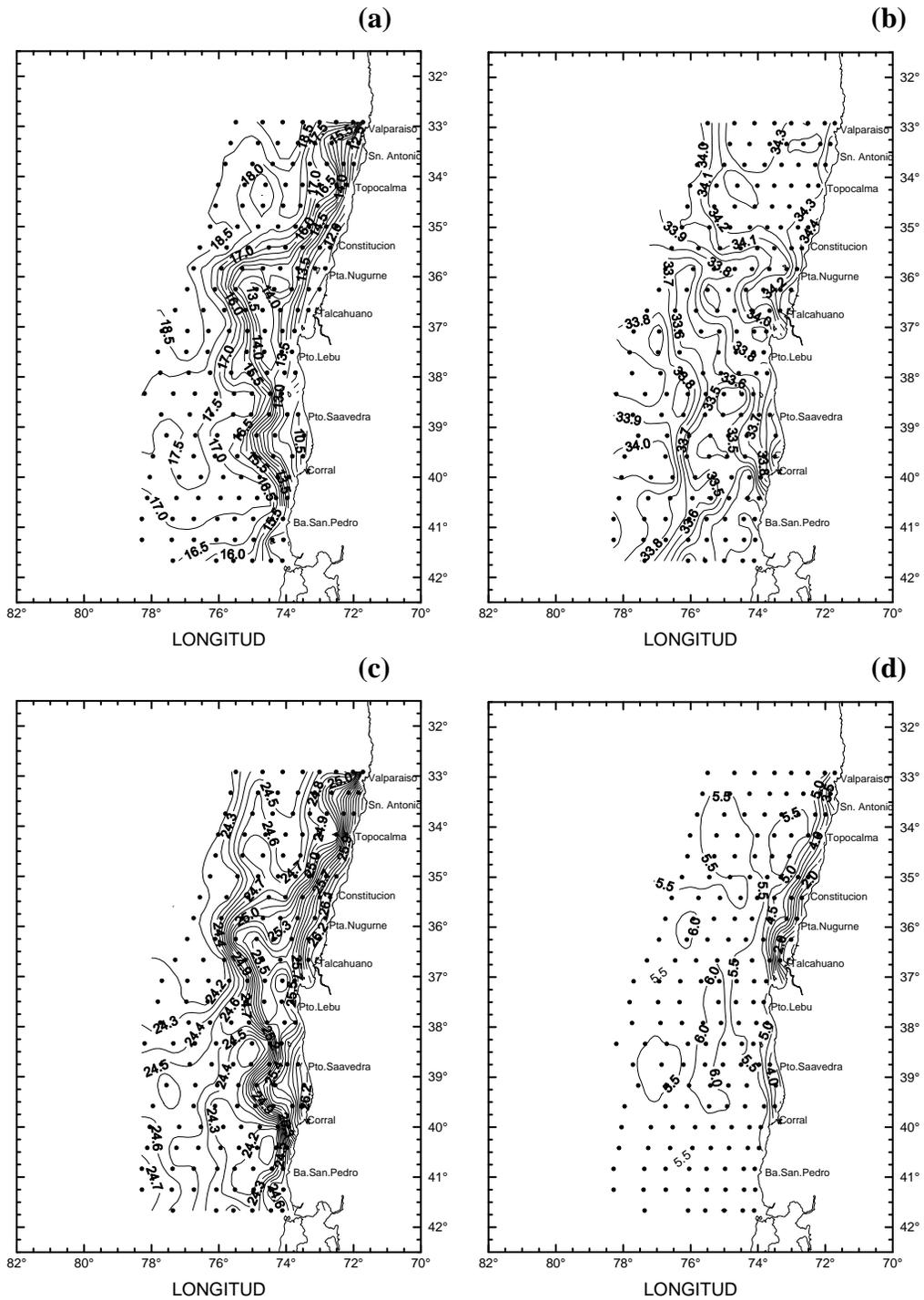


Figura 25. Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) 3xgeno disuelto en el estrato de 25 metros.

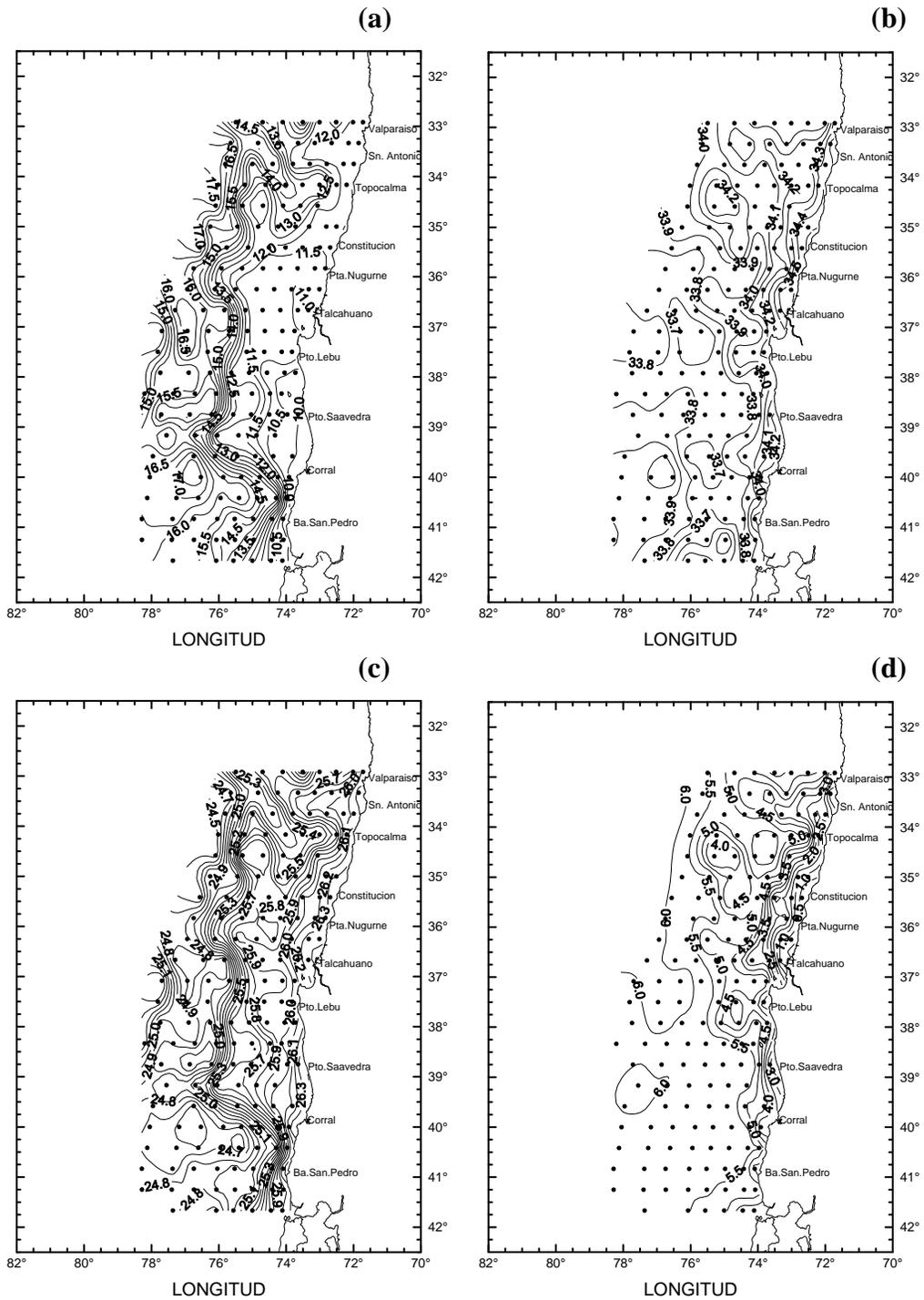


Figura 26. Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxigeno disuelto en el estrato de 50 metros.

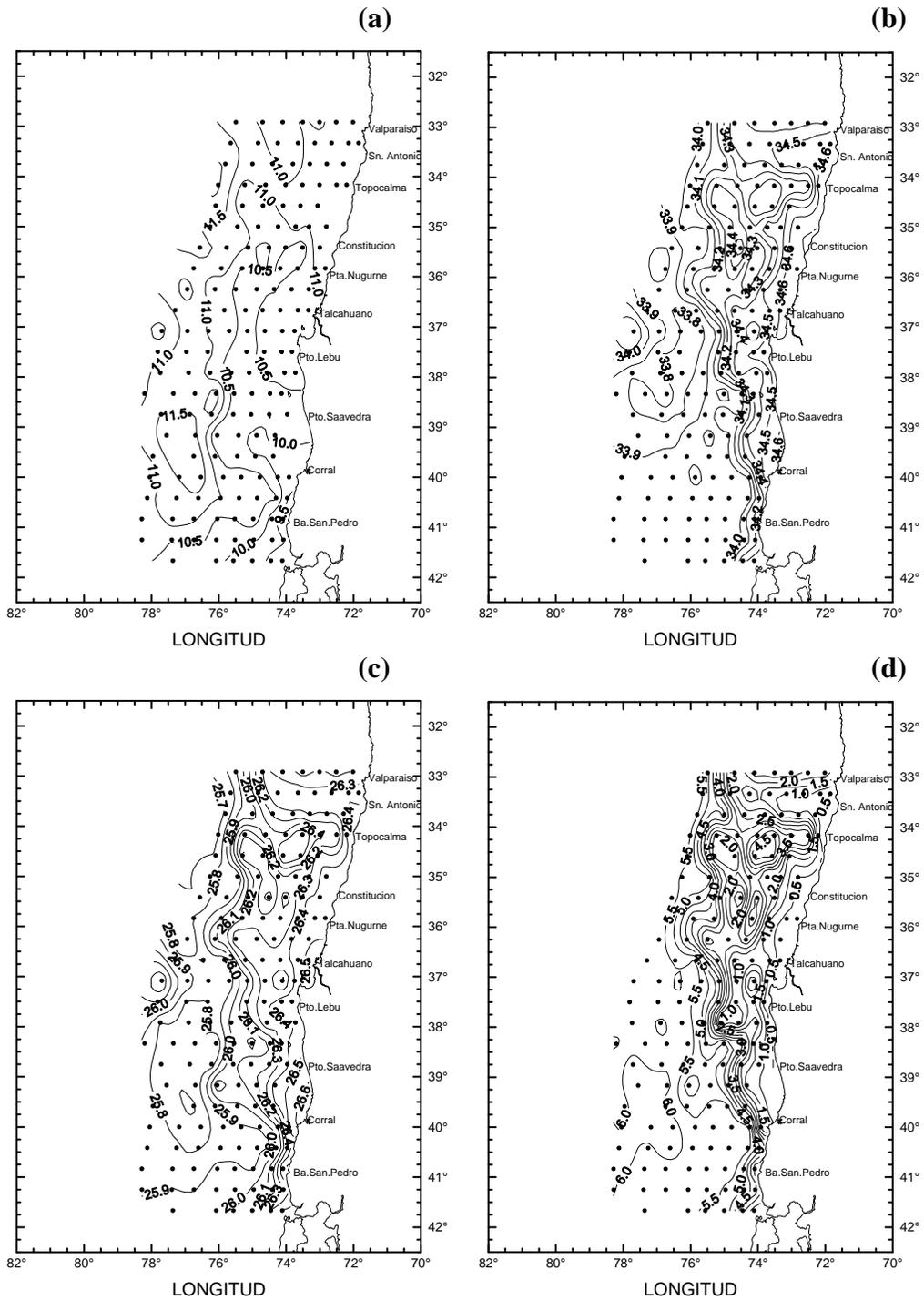


Figura 27. Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxigeno disuelto en el estrato de 100 metros.

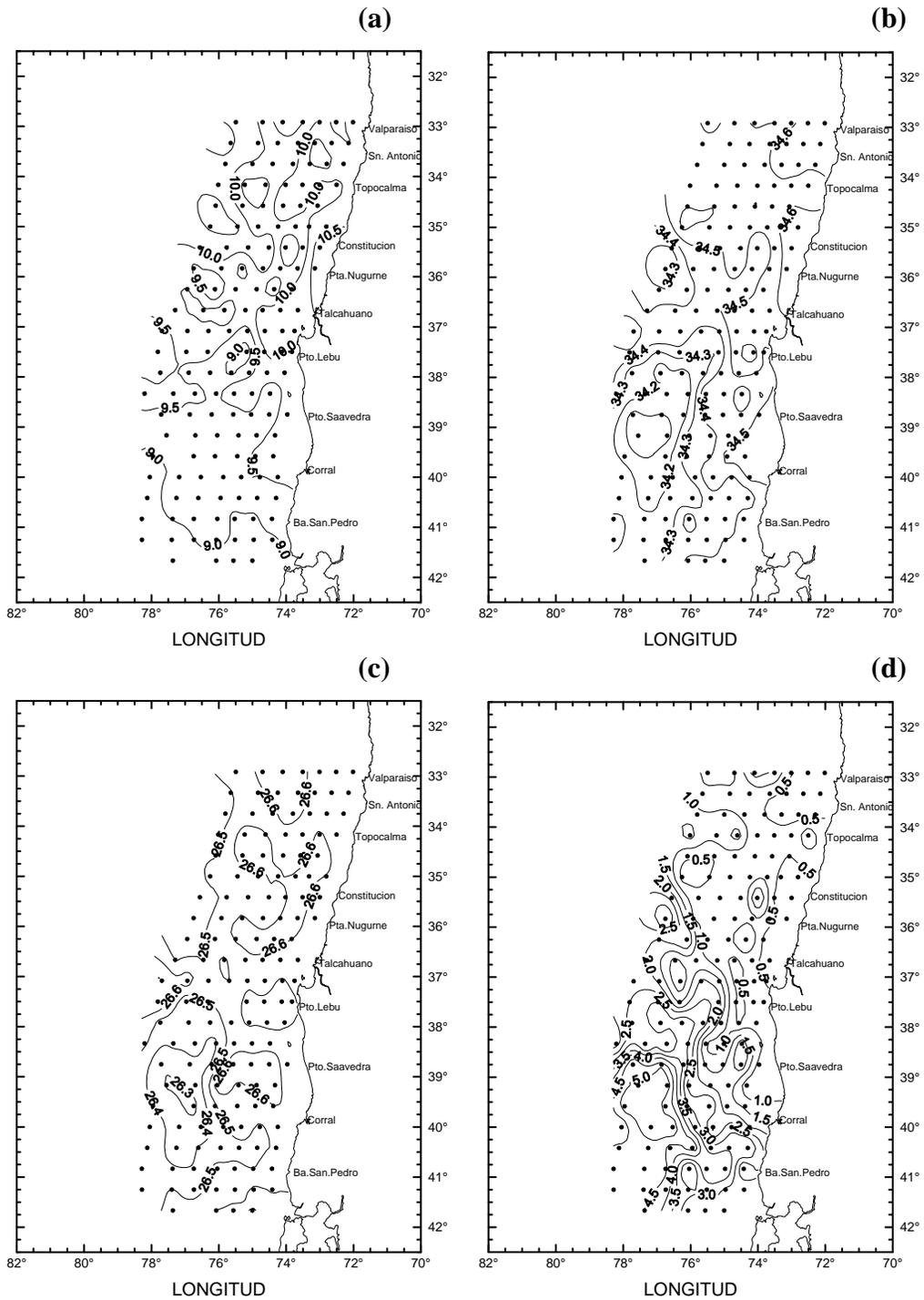


Figura 28. Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxigeno disuelto en el estrato de 200 metros.

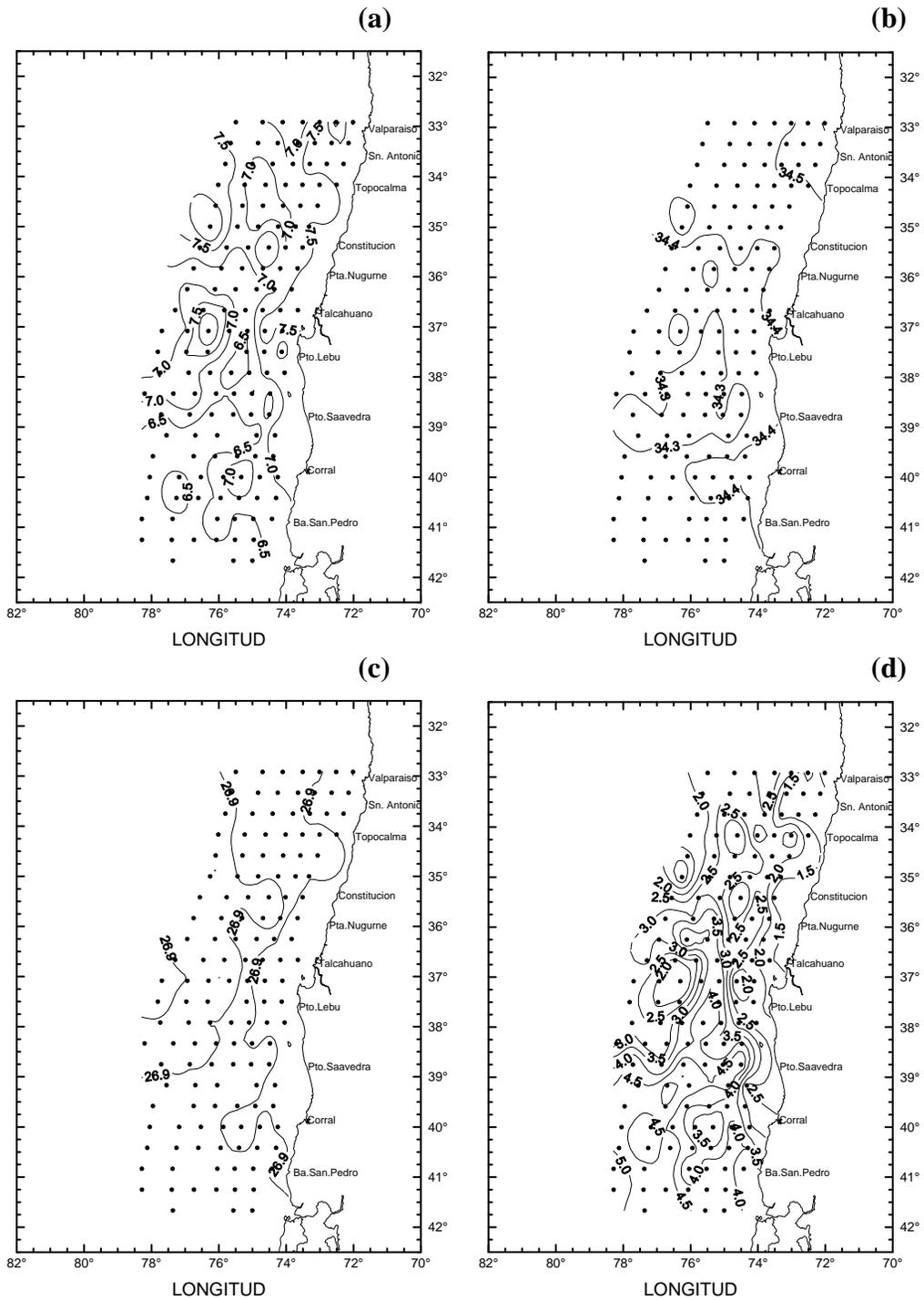


Figura 29. Distribuci3n horizontal de: (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$), (b) salinidad (psu), (c) densidad (σ_t) y (d) oxigeno disuelto en el estrato de 400 metros.

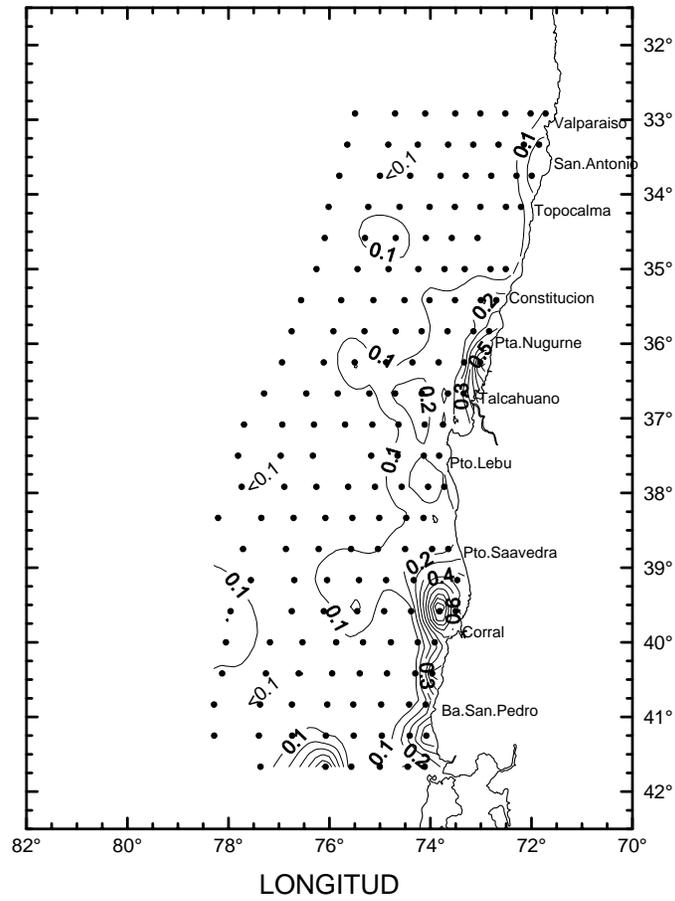


Figura 30. Distribuci3n horizontal de la clorofila-a (mg m^{-3}) en el estrato de 5 m de profundidad.

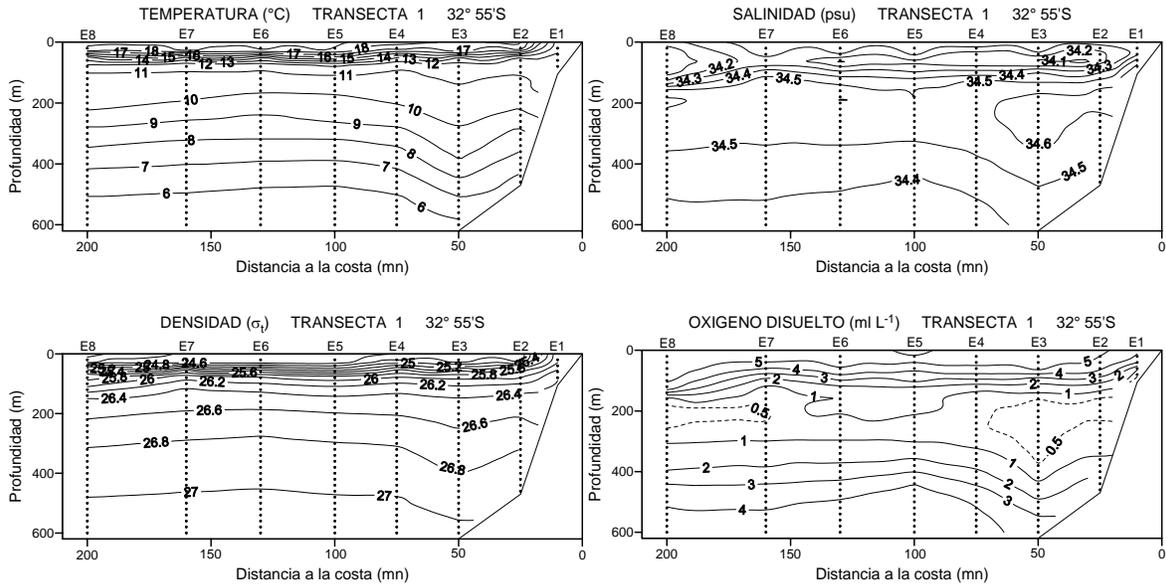


Figura 31. Transecta 1. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

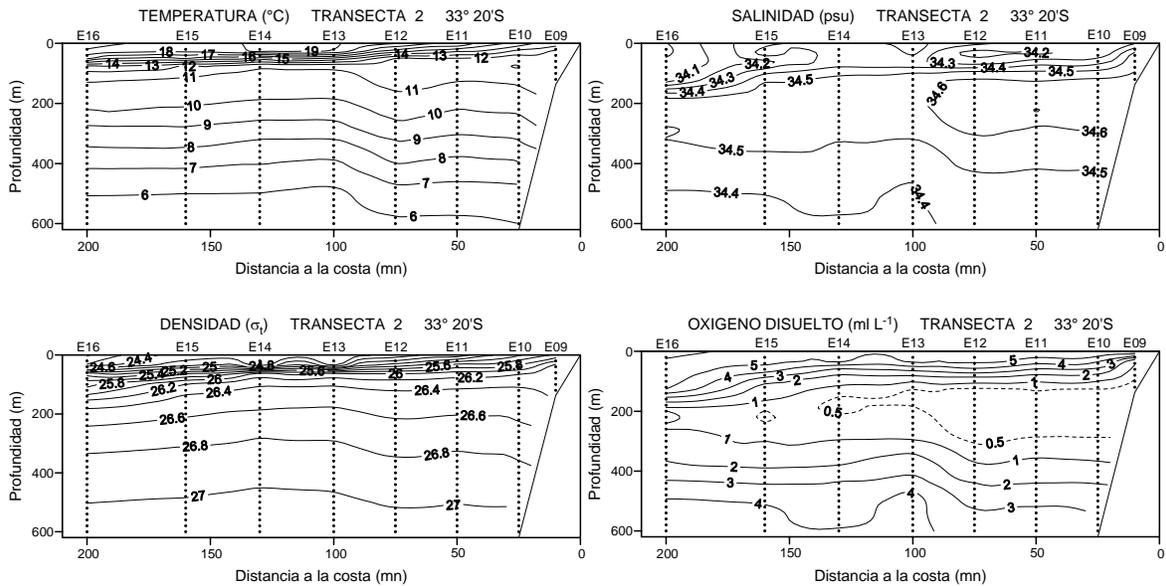


Figura 32. Transecta 2. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

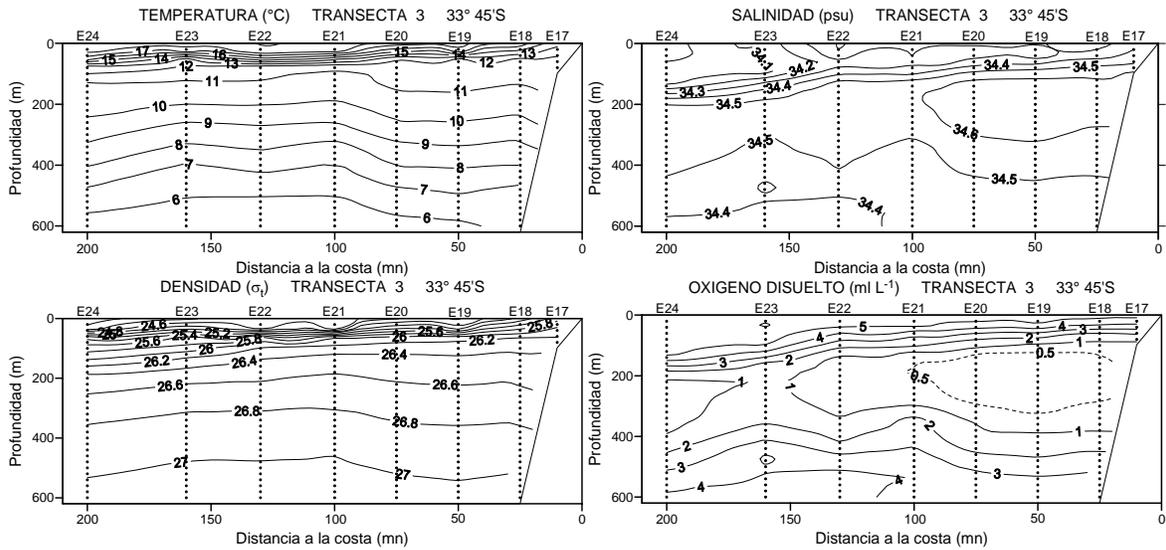


Figura 33. Transecta 3. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

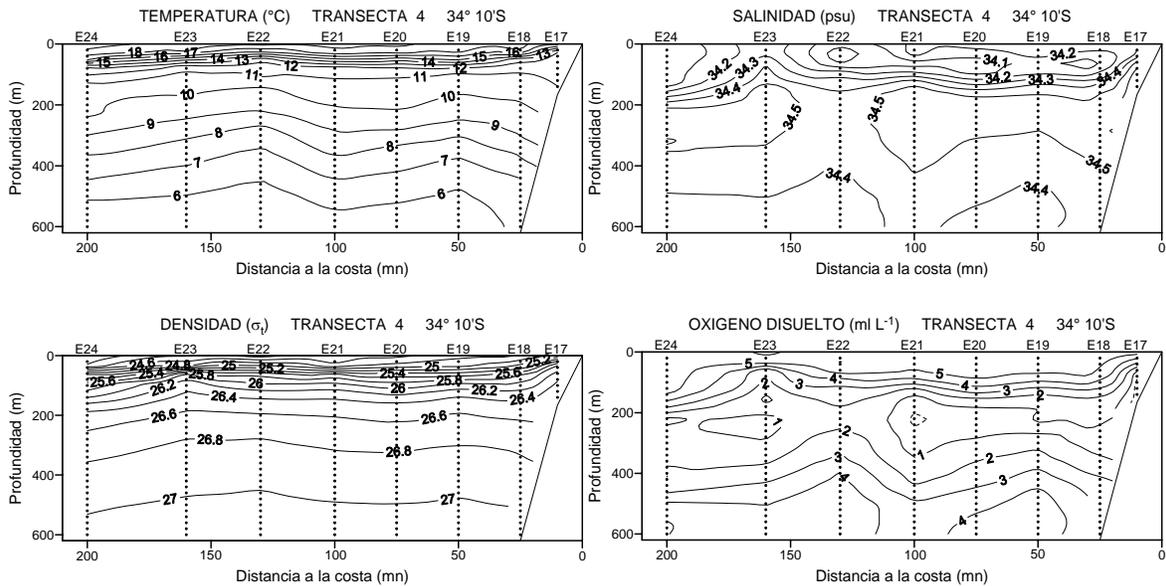


Figura 34. Transecta 4. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

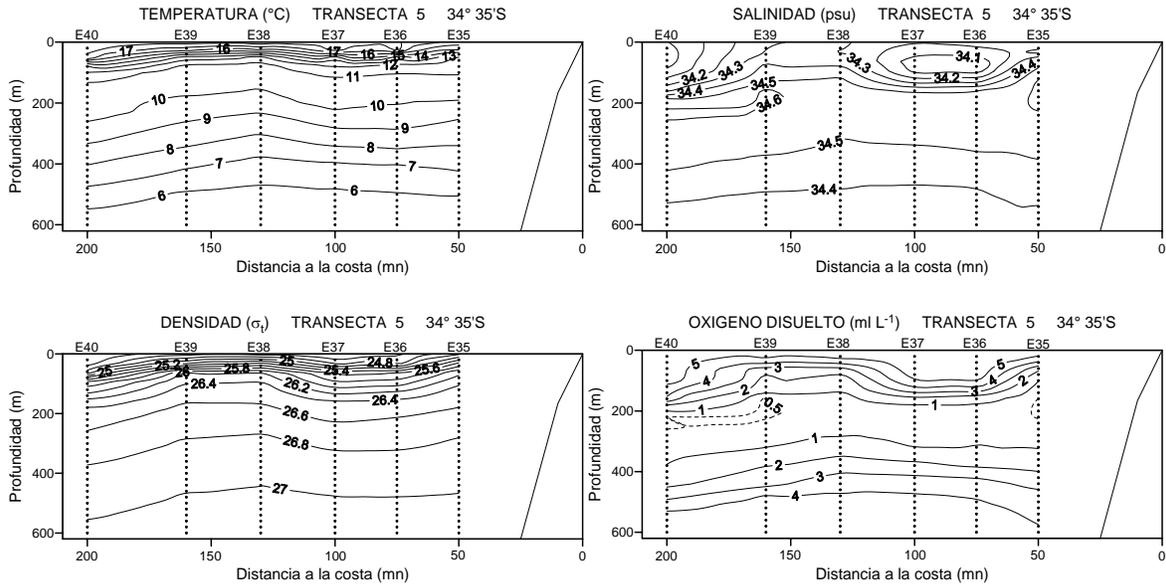


Figura 35. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l⁻¹).

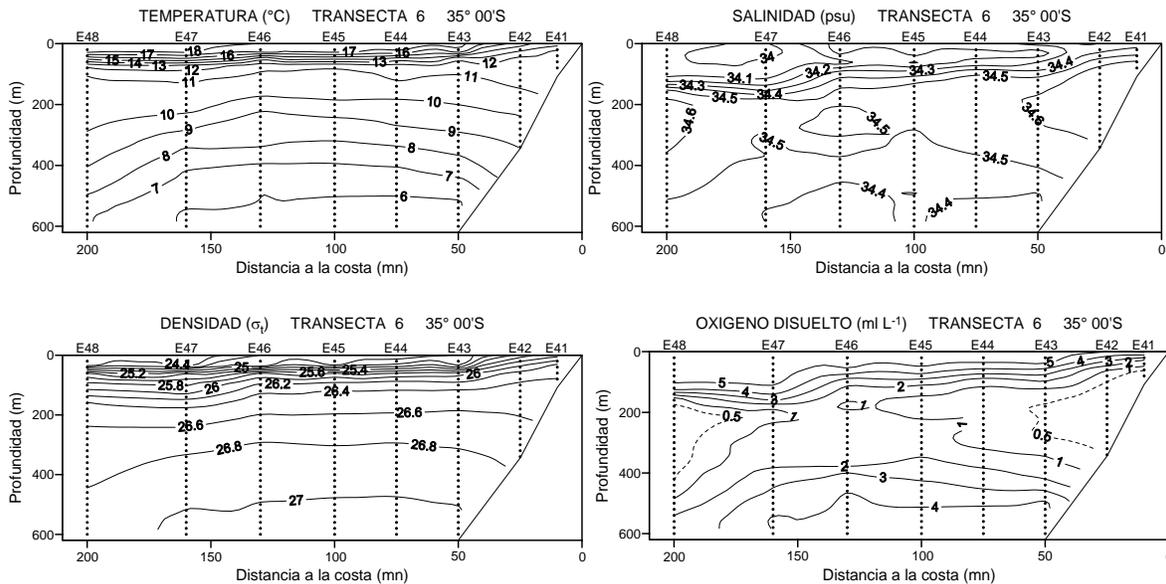


Figura 36. Transecta 6. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l⁻¹).

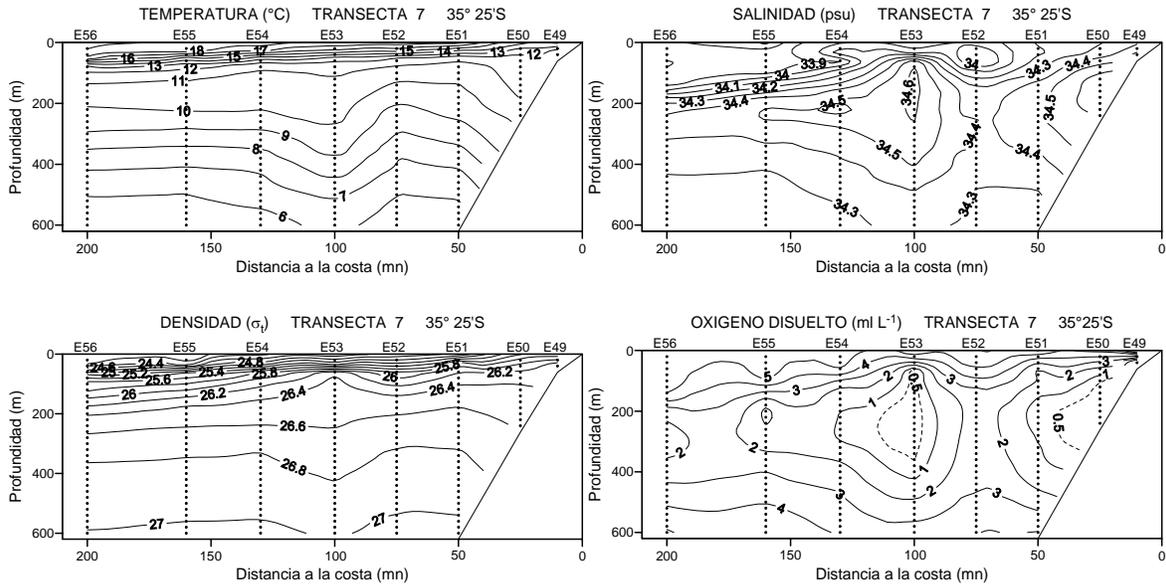


Figura 37. Transecta 7. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

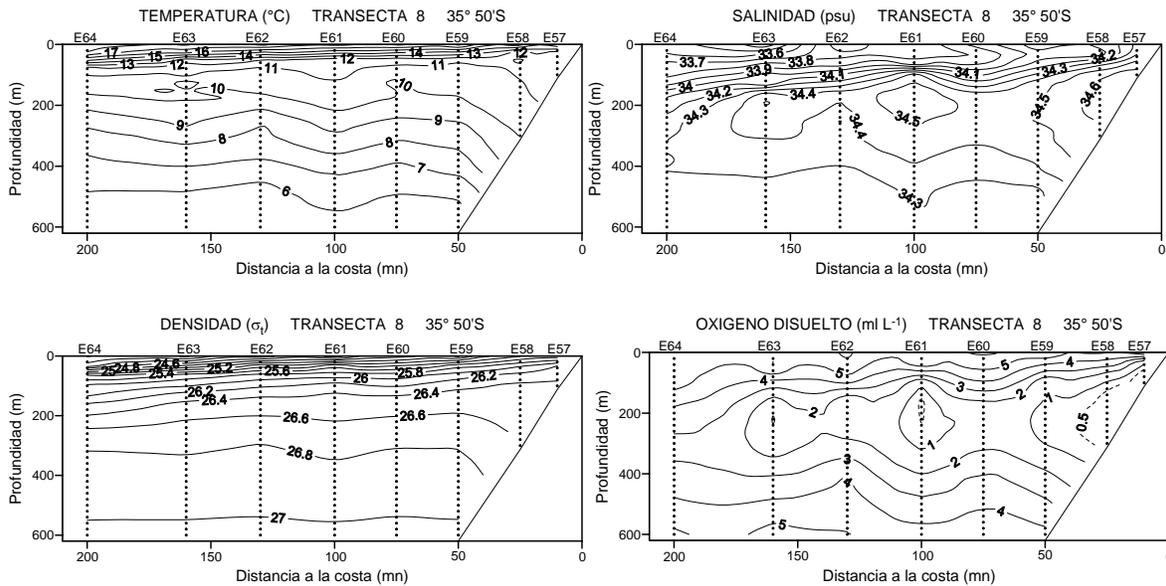


Figura 38. . Transecta 8. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

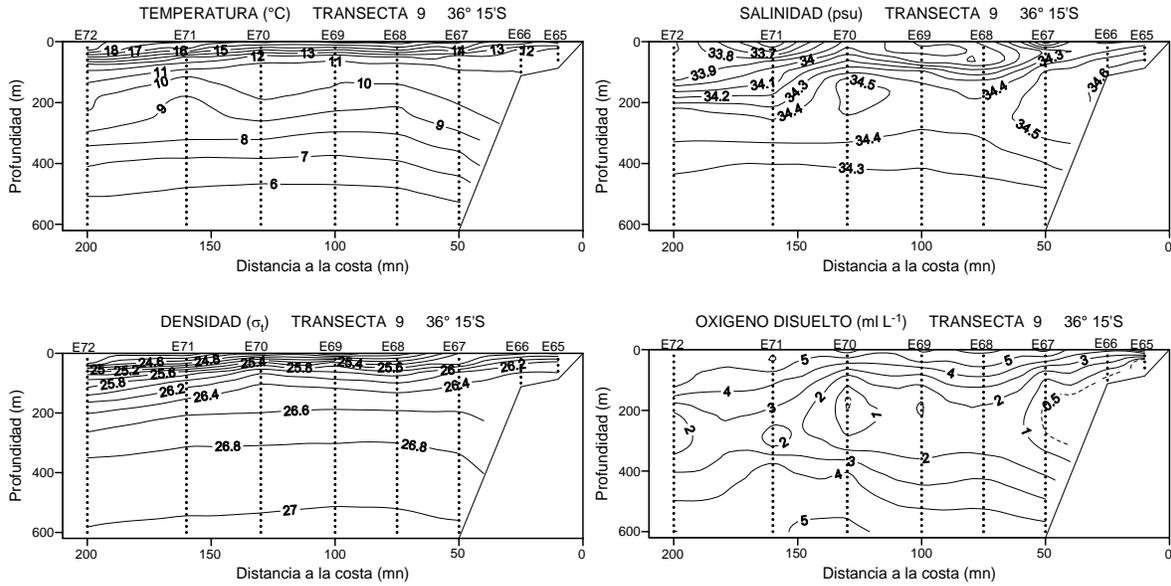


Figura 39. Transecta 9. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

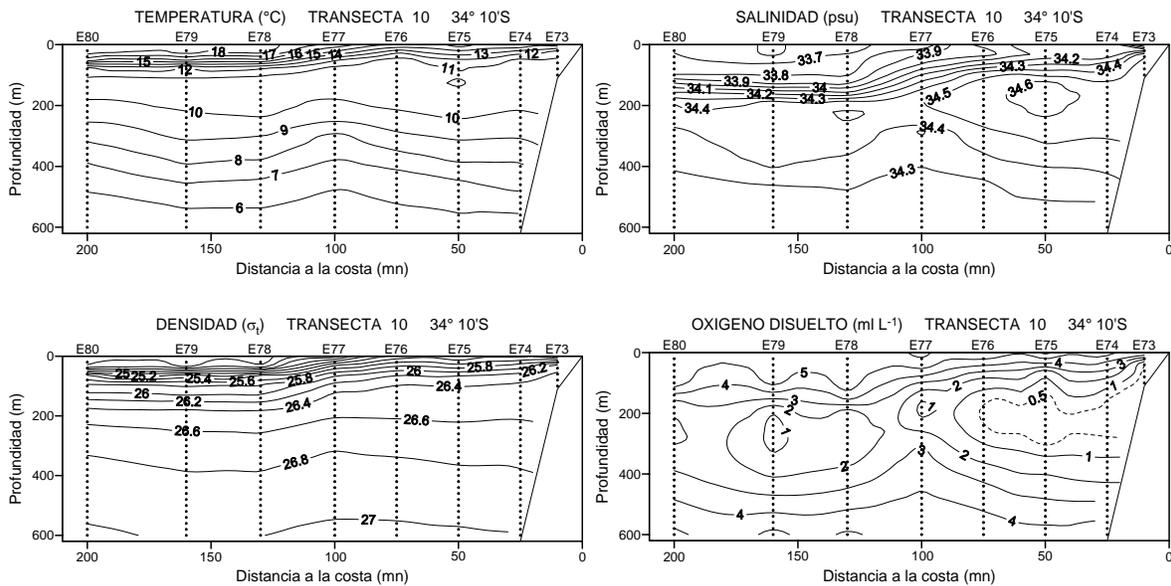


Figura 40. Transecta 10. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

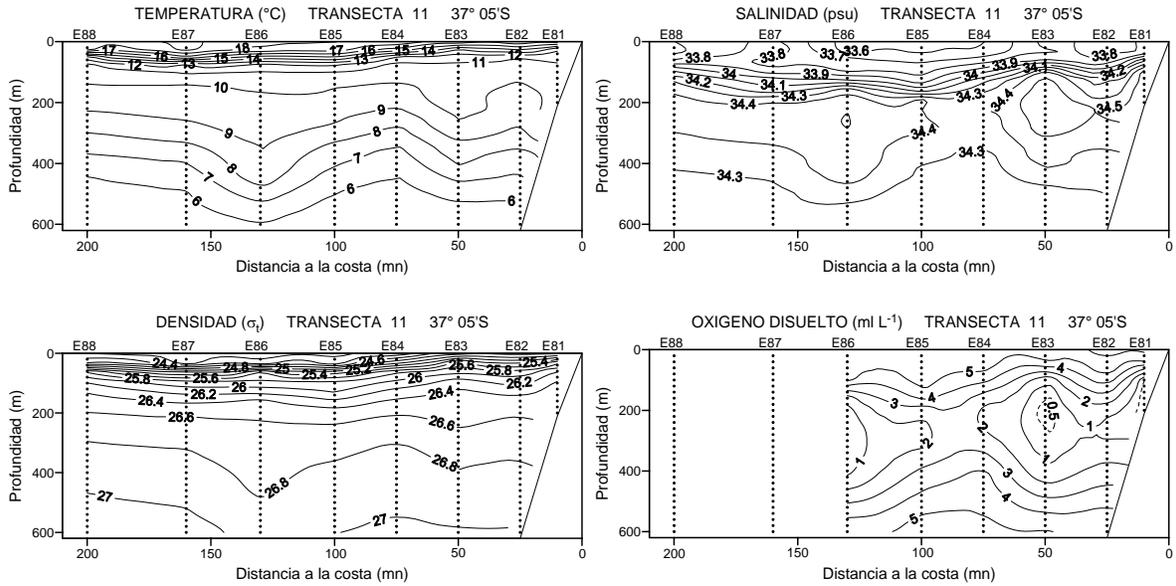


Figura 41. Transecta 11. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

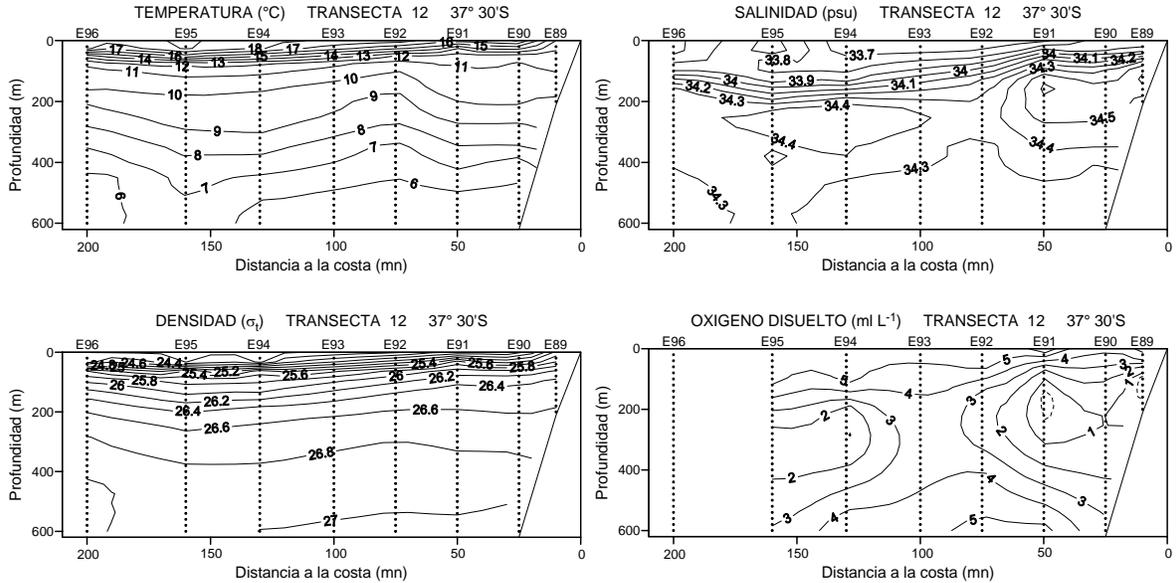


Figura 42. Transecta 12. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

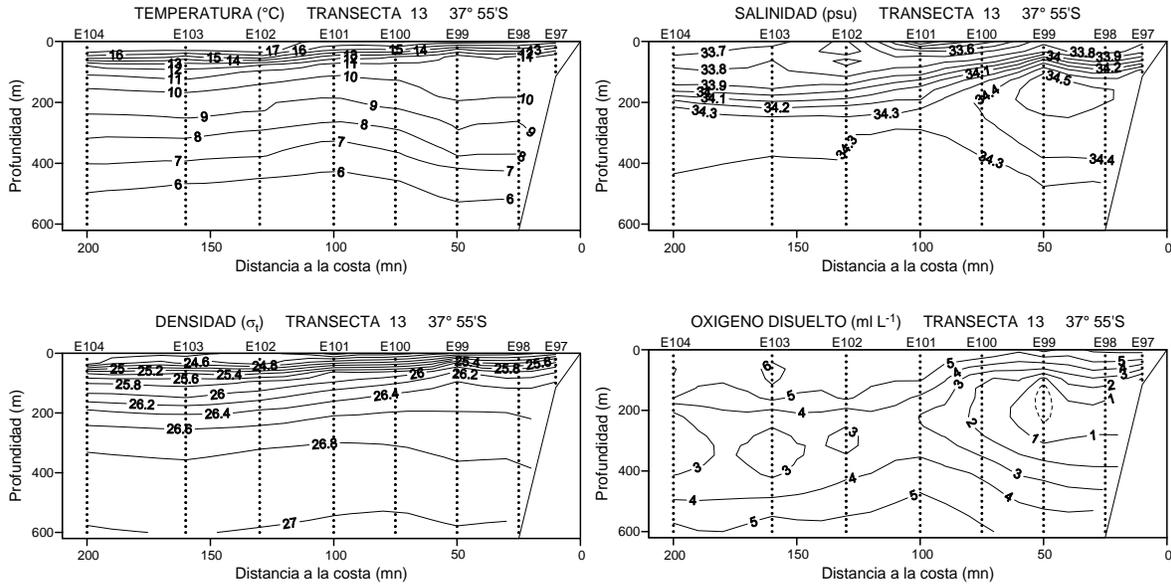


Figura 43. Transecta 13. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

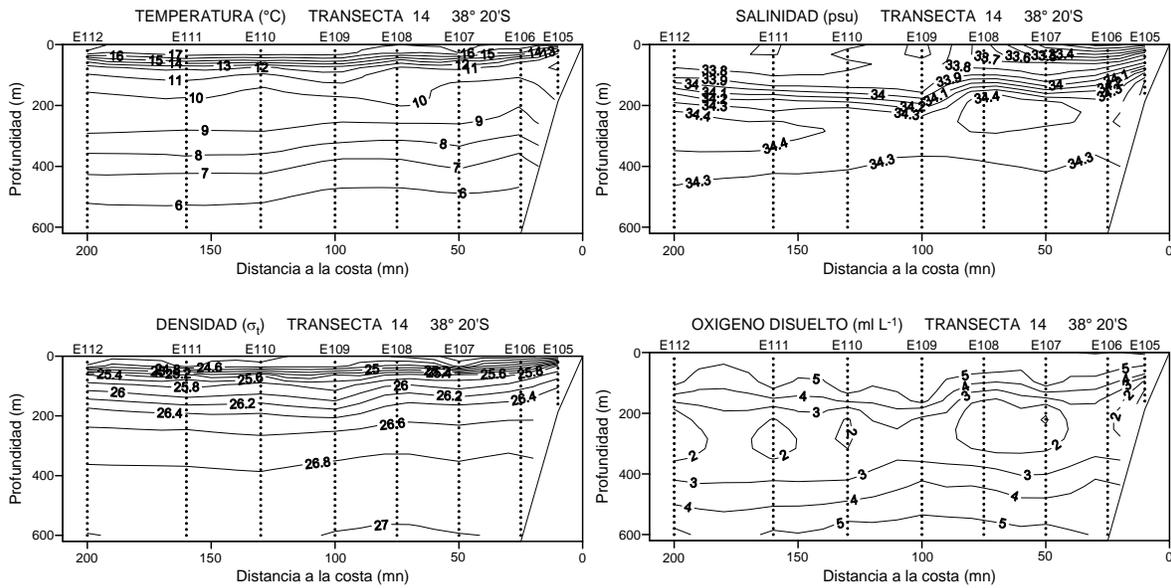


Figura 44. Transecta 14. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

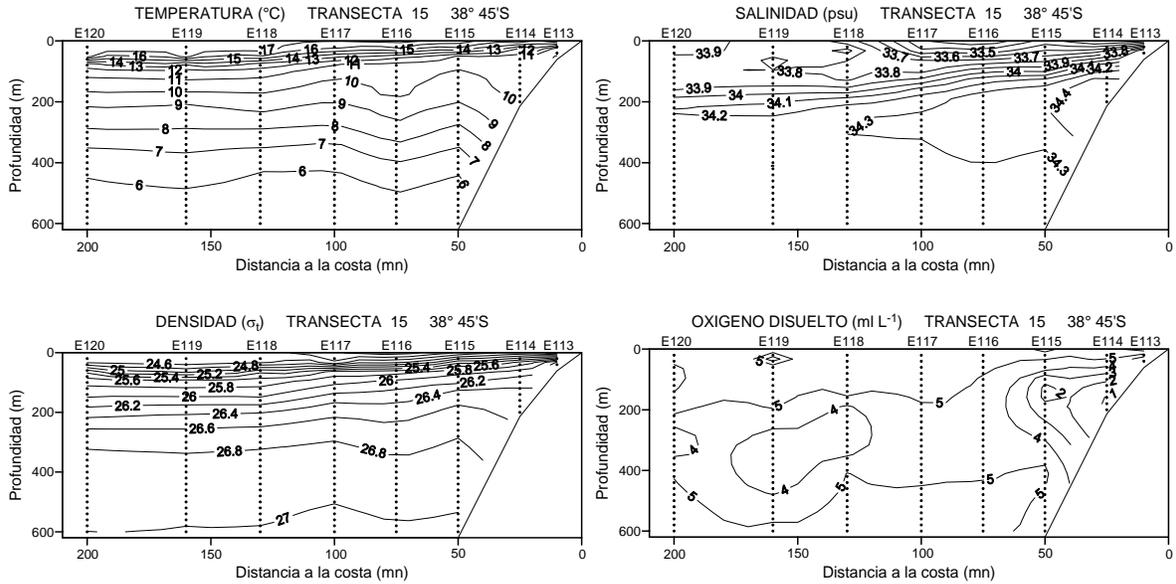


Figura 45. Transecta 15. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

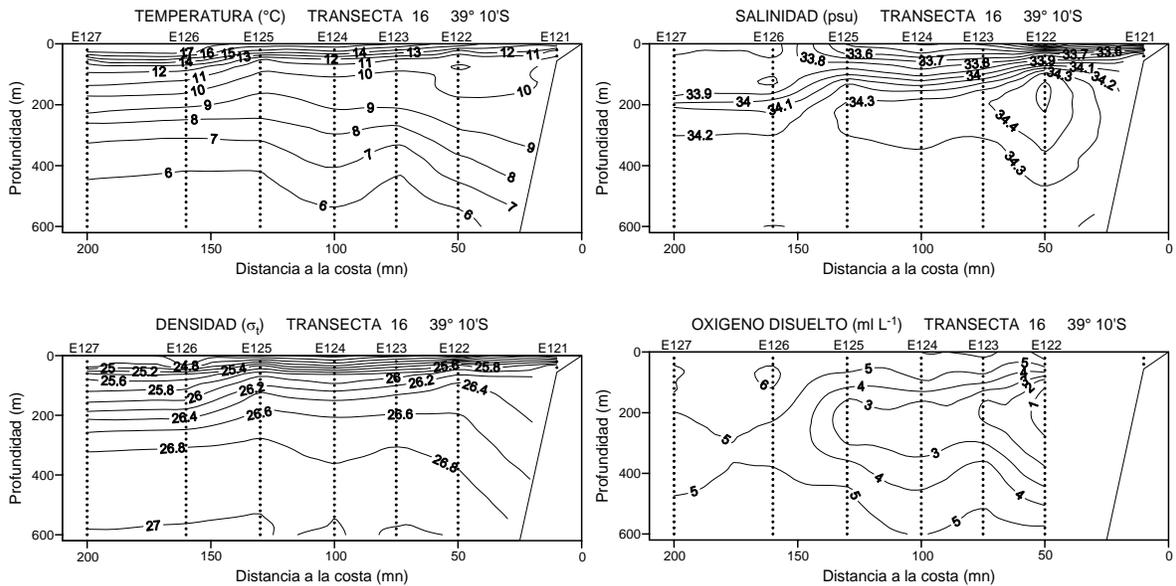


Figura 46. Transecta 16. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

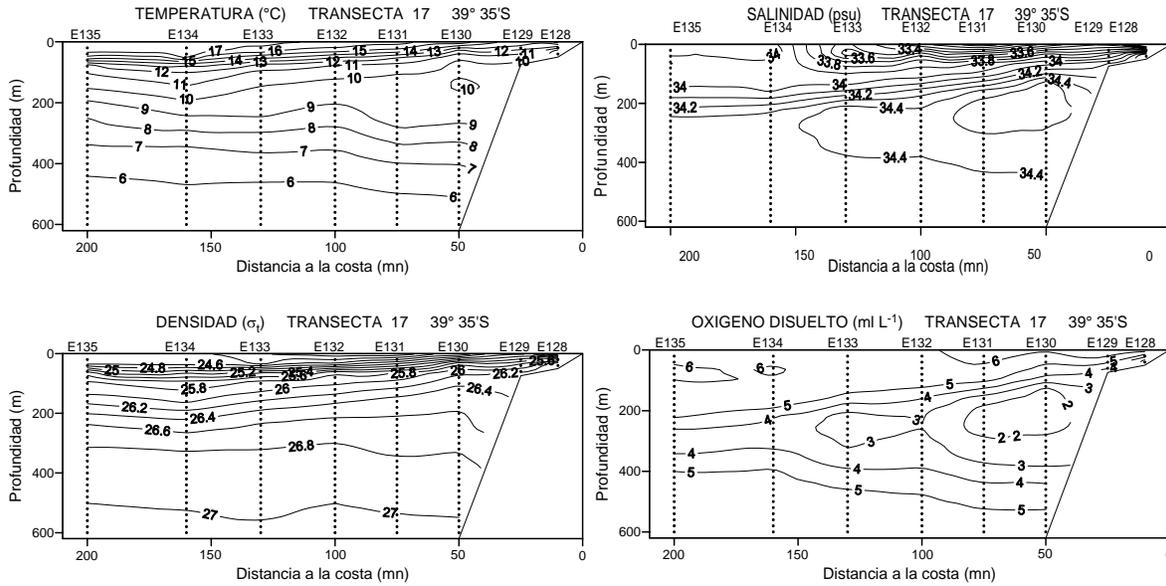


Figura 47. Transecta 17. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

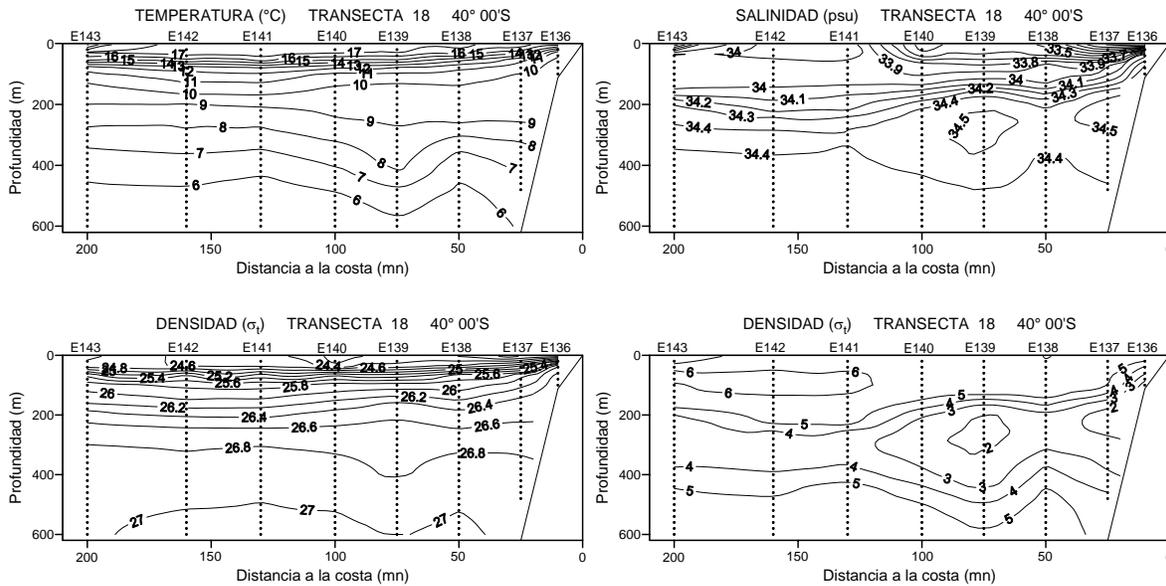


Figura 48. Transecta 18. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

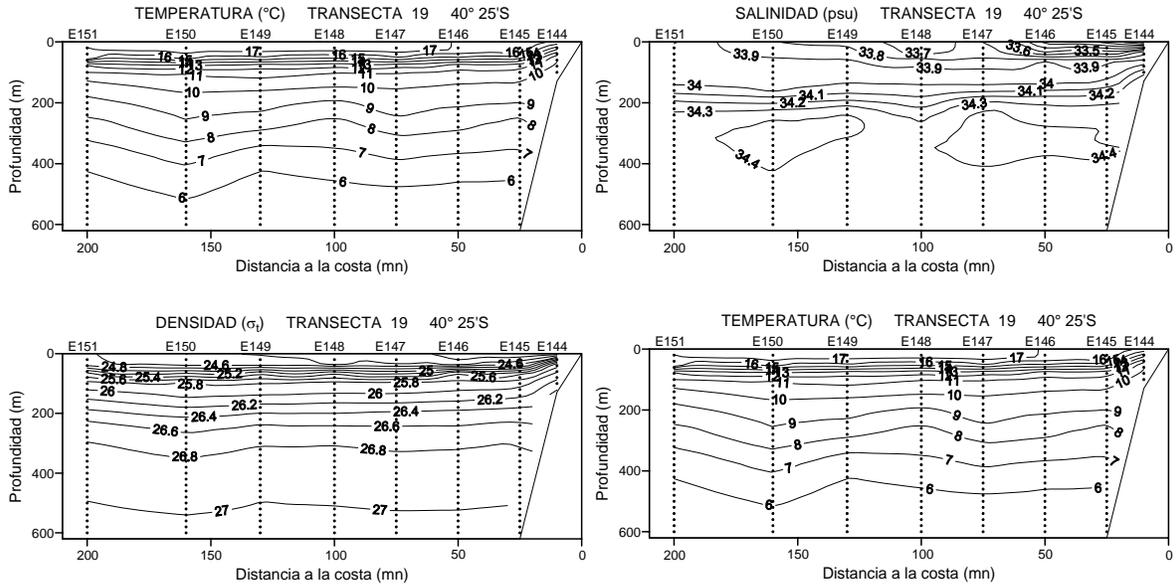


Figura 49. Transecta 19. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

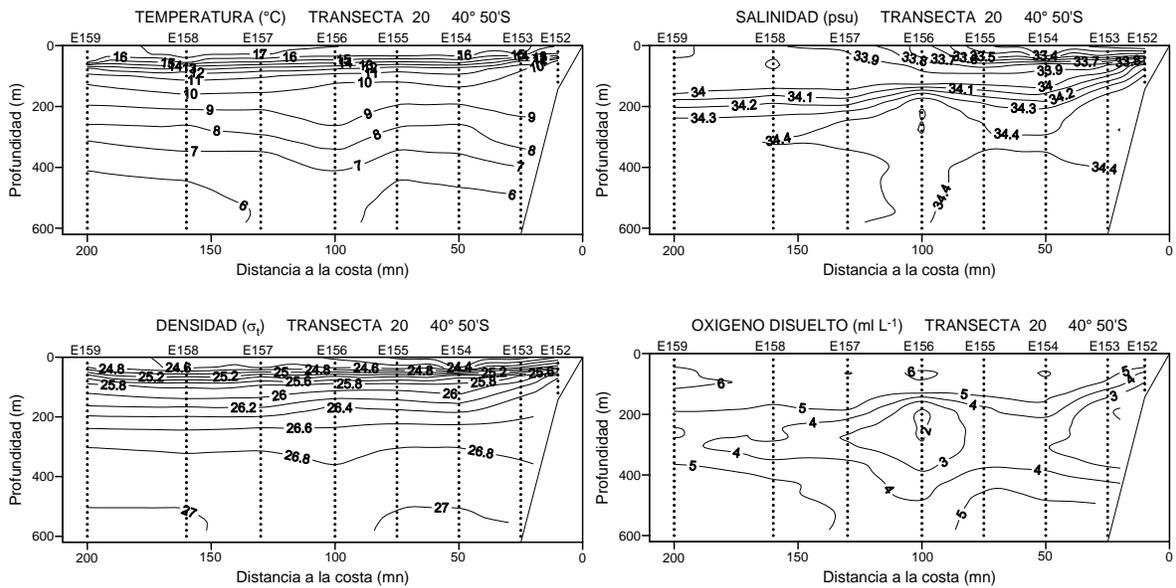


Figura 50. Transecta 20. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}).

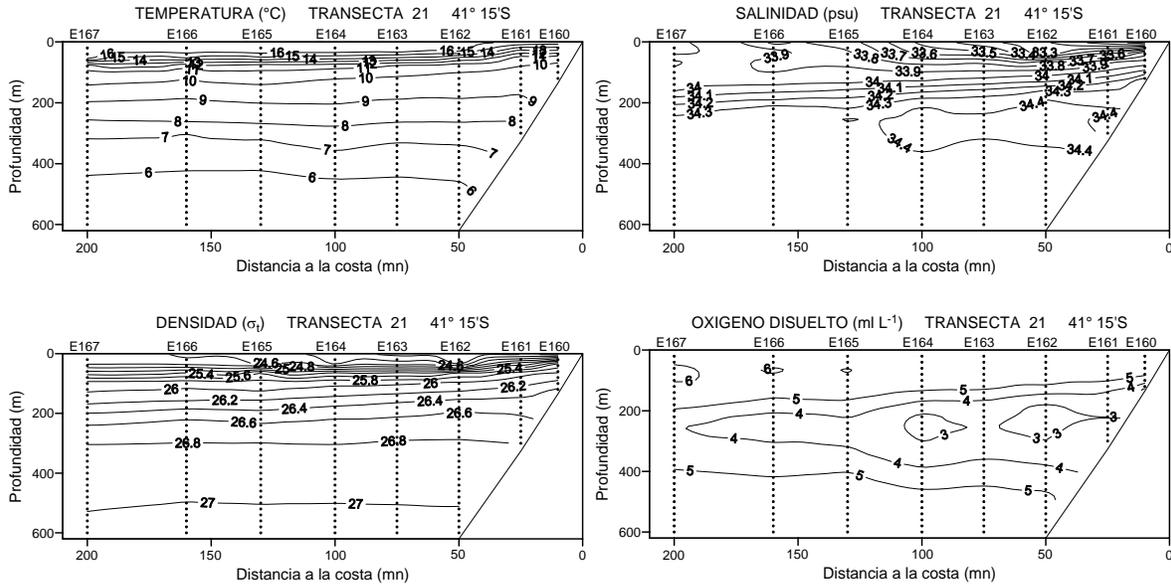


Figura 51. Transecta 21. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto ($ml\ l^{-1}$).

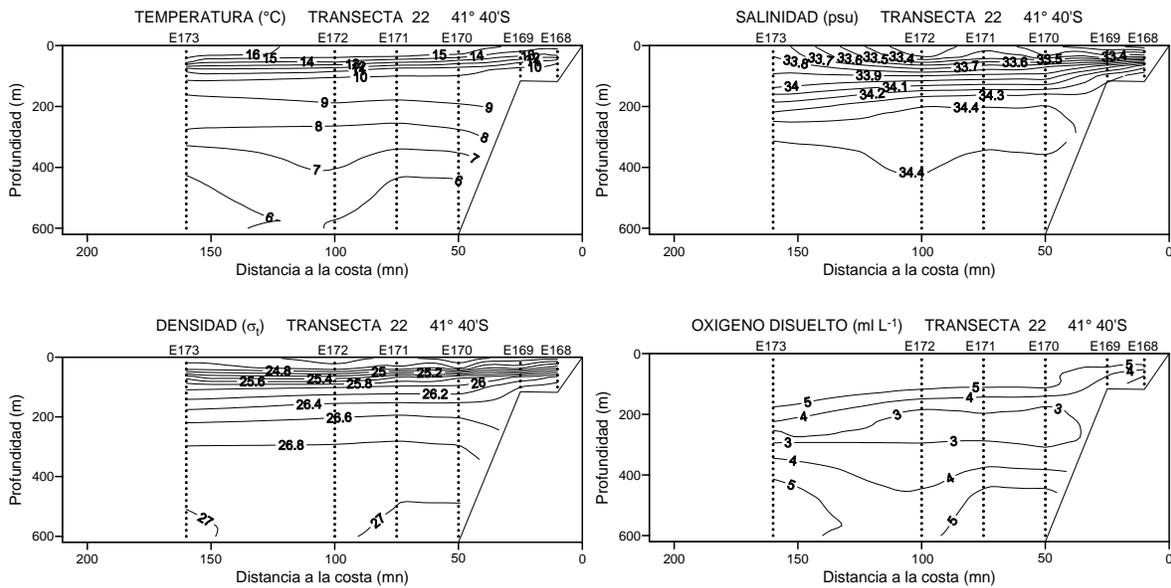


Figura 52. Transecta 22. Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto ($ml\ l^{-1}$).

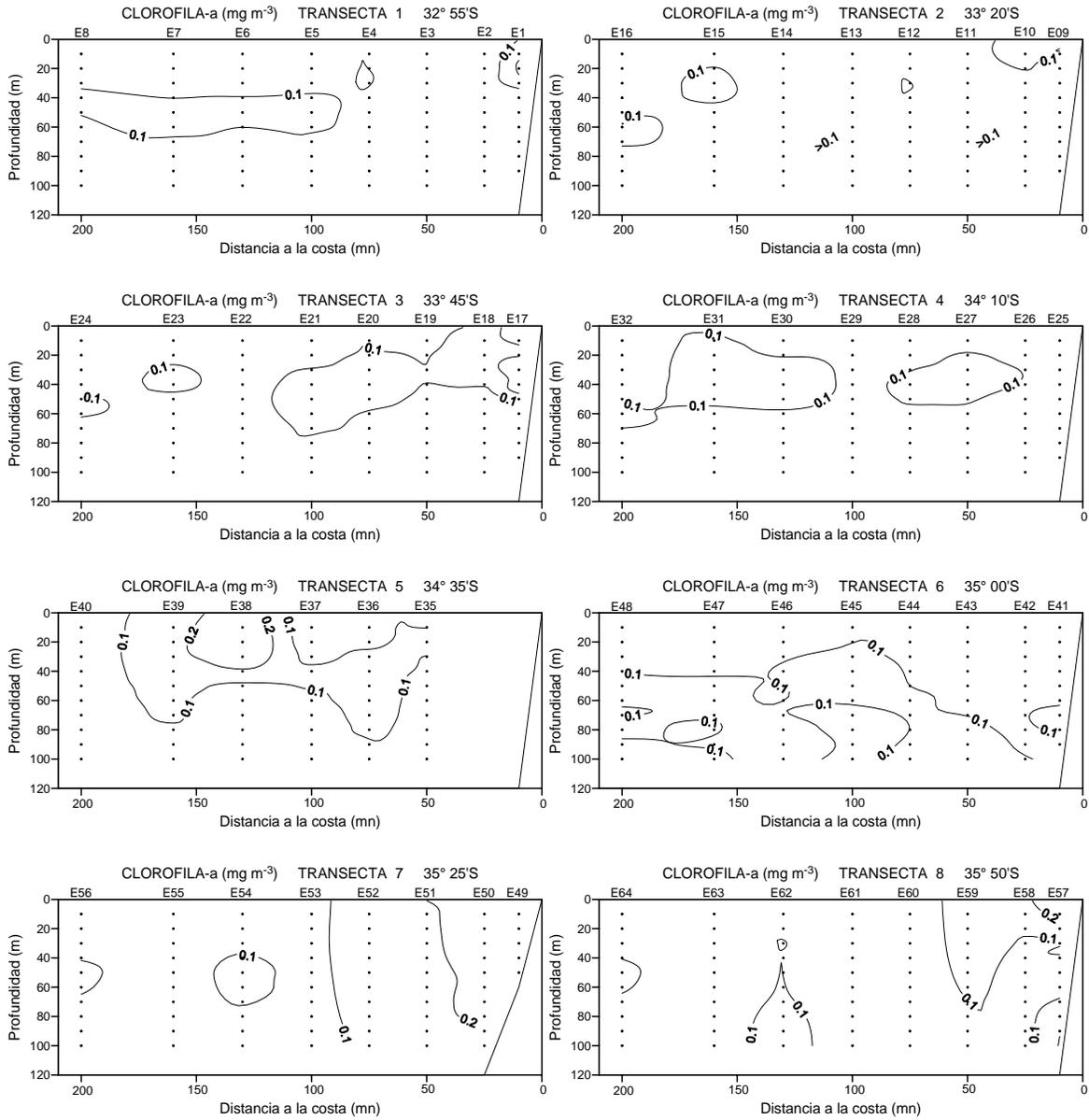


Figura 53. Secciones verticales de clorofila a (mg m³). Transectas 1 a la 8.

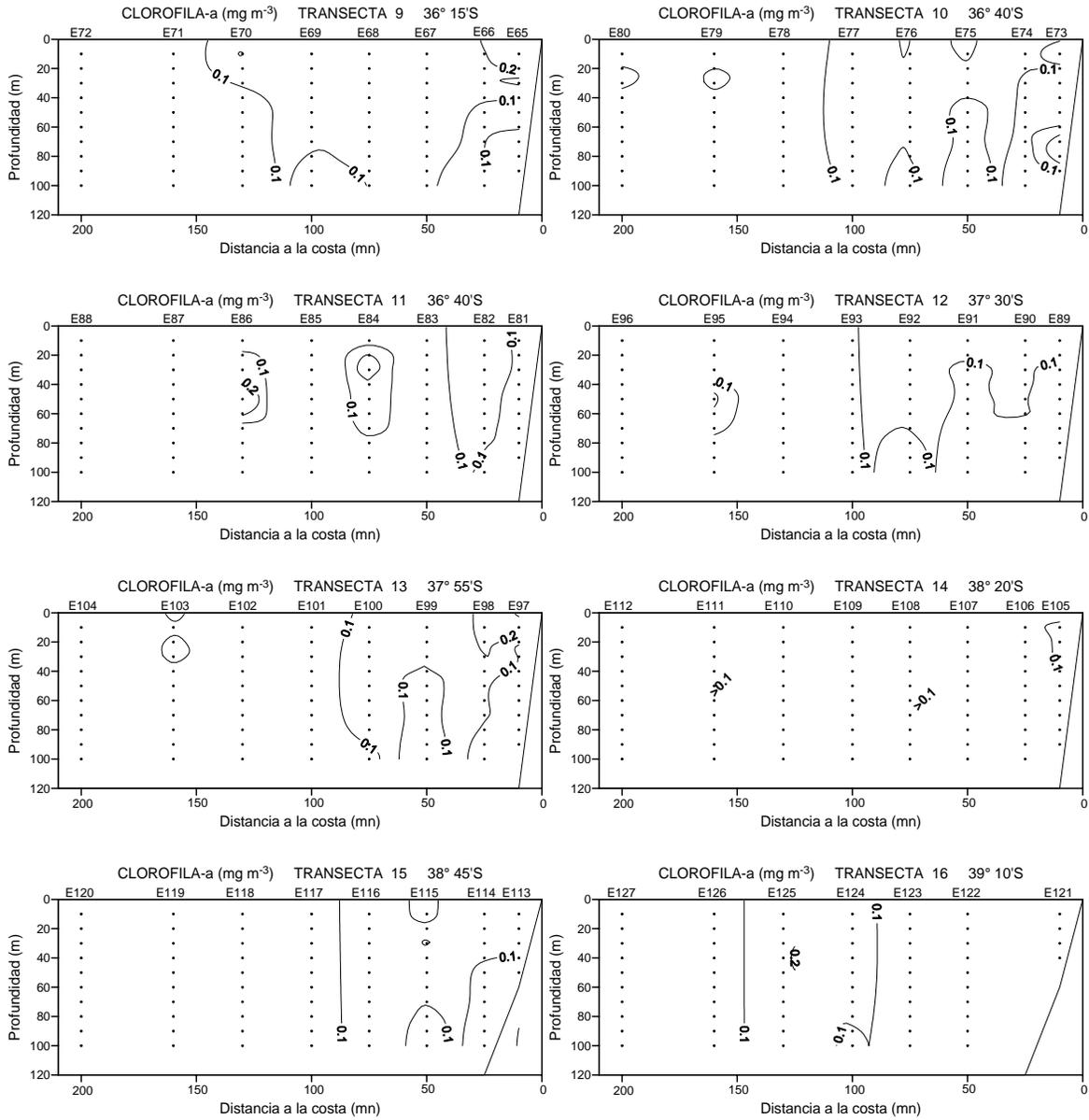


Figura 53. (cont.). Secciones verticales de clorofila a (mg m³). Transectas 9 a la 16.

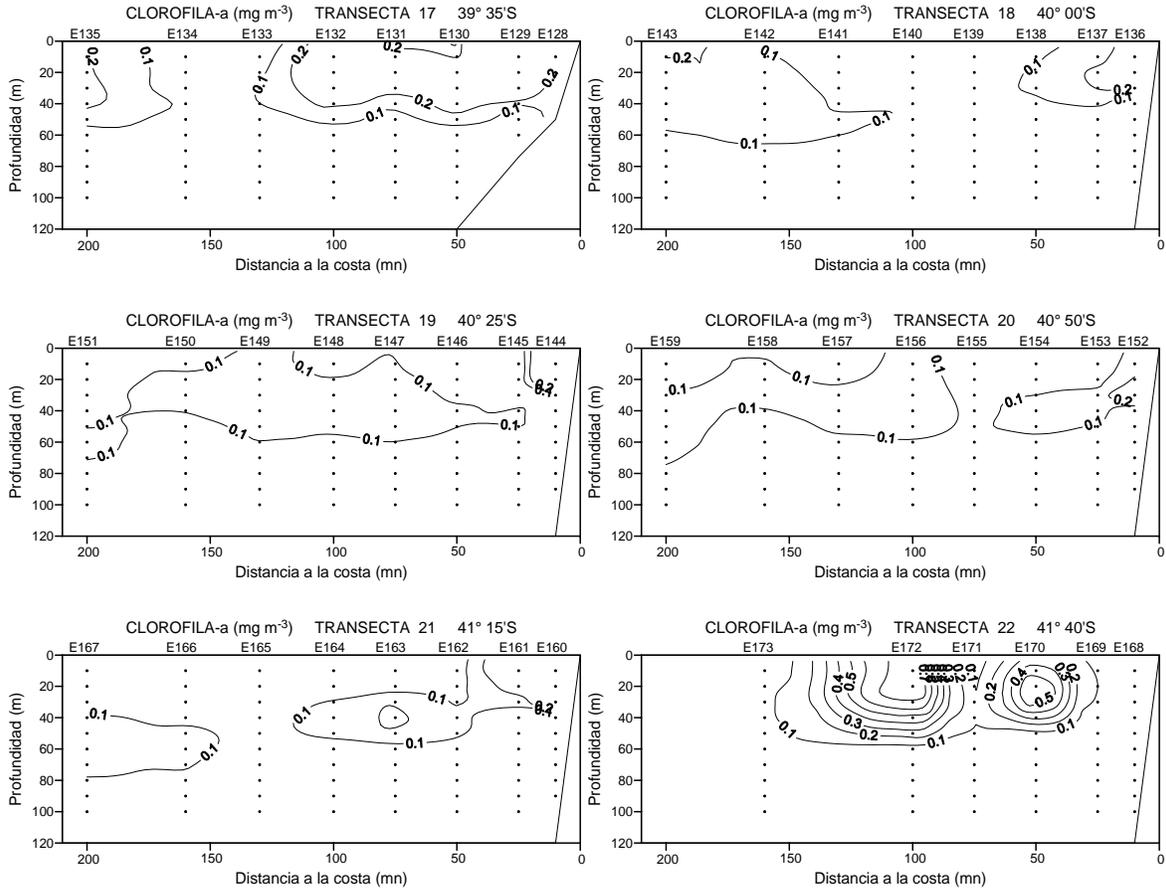


Figura 53. (cont.). Secciones verticales de clorofila a (mg m^{-3}). Transectas 17 a la 22.

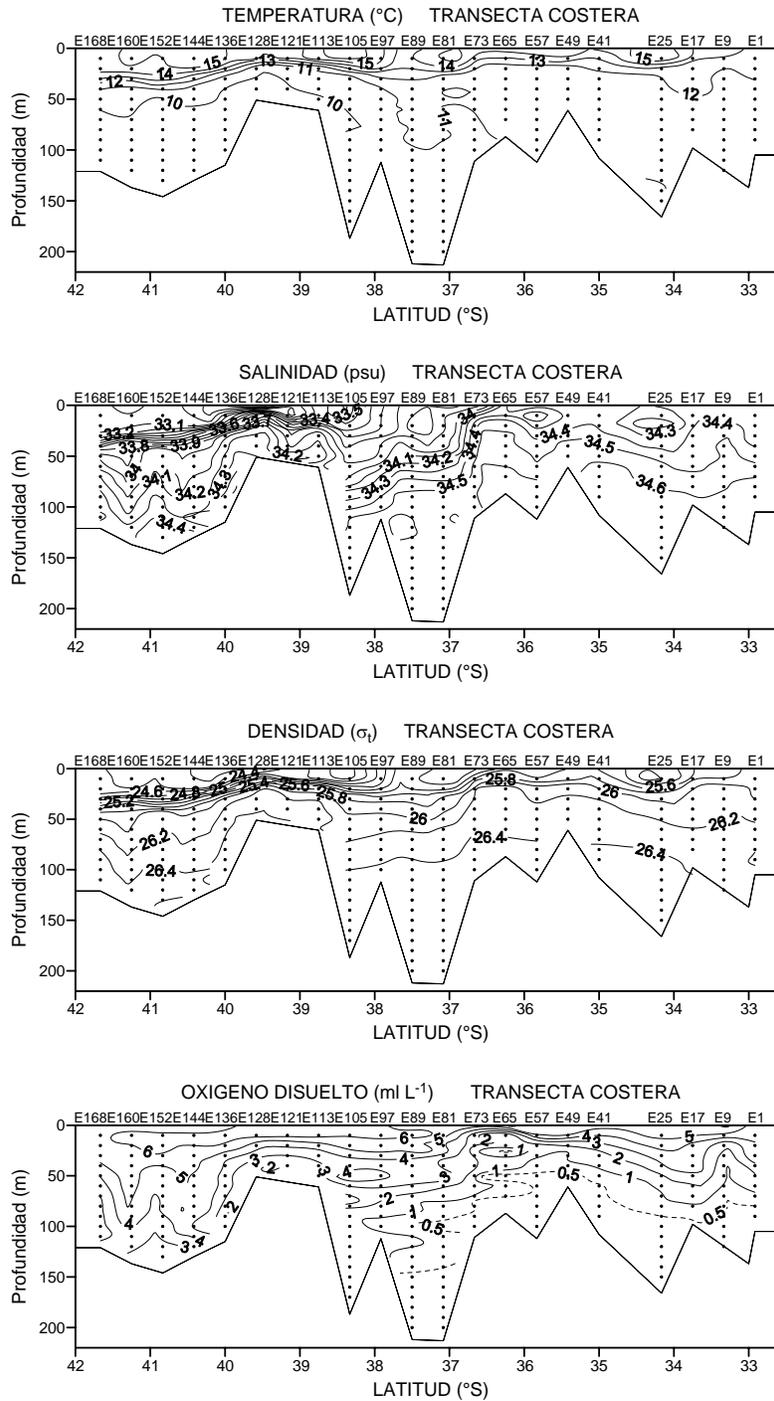


Figura 54. Transecta latitudinal costera (10 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l⁻¹).

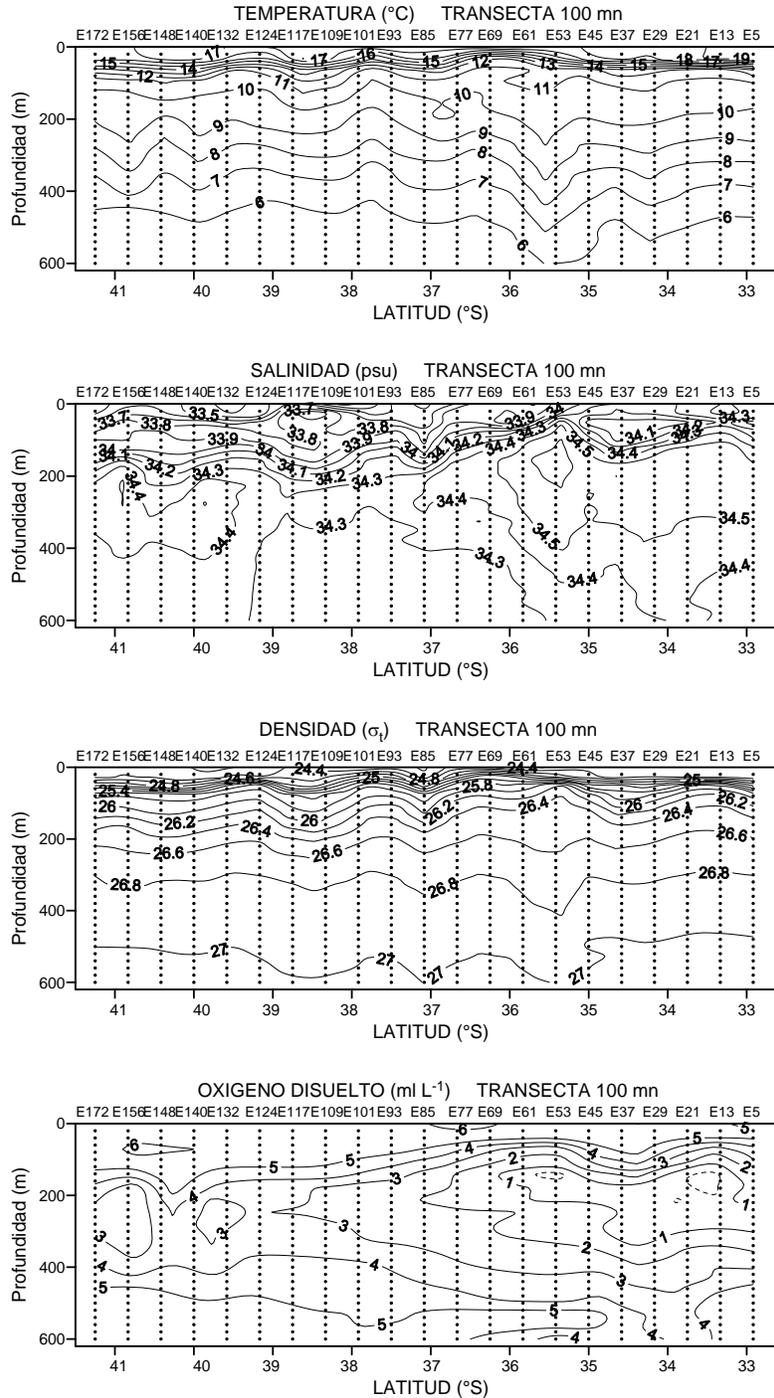


Figura 55. Transecta latitudinal intermedia (100 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l⁻¹).

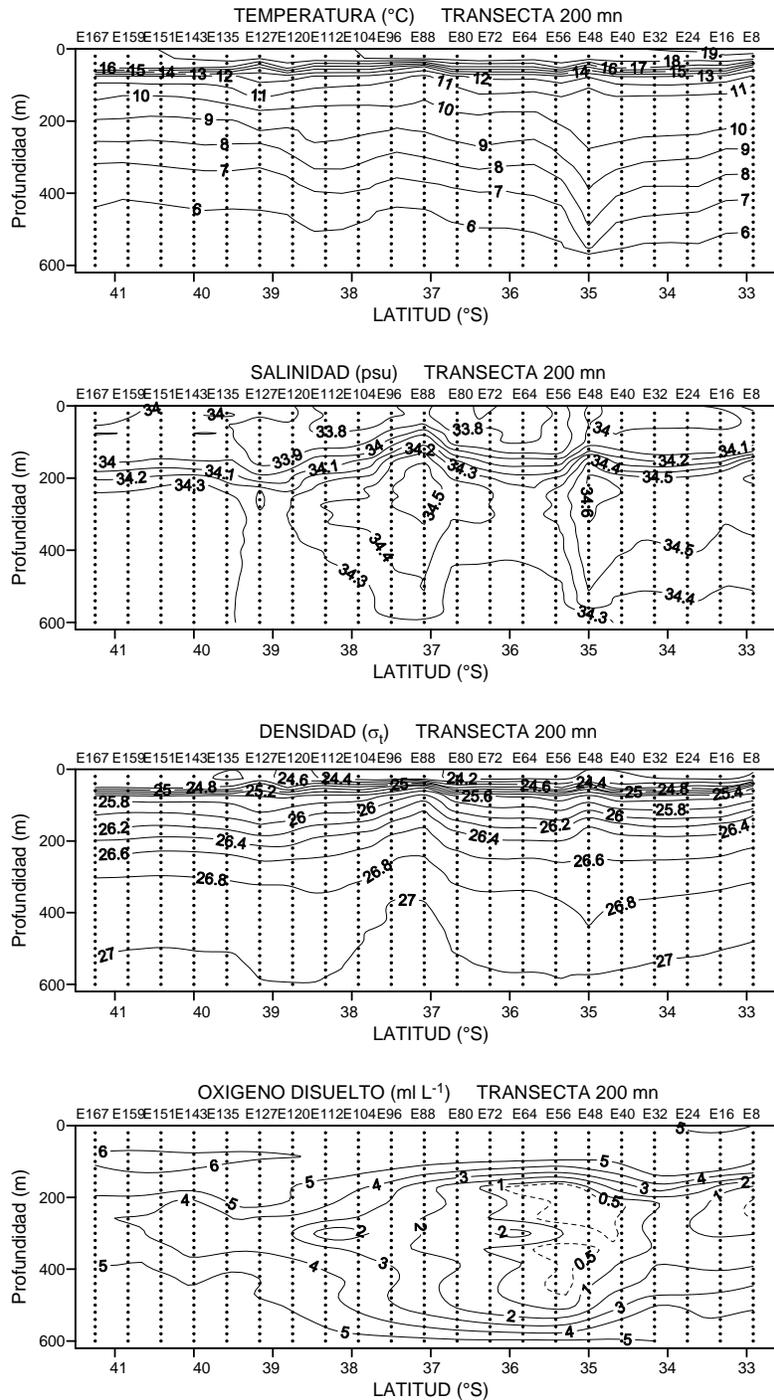


Figura 56. Transecta latitudinal oceánica (200 mn desde la costa). Secciones verticales de temperatura (°C), salinidad (psu), densidad (σ_t) y oxígeno disuelto (ml l⁻¹).

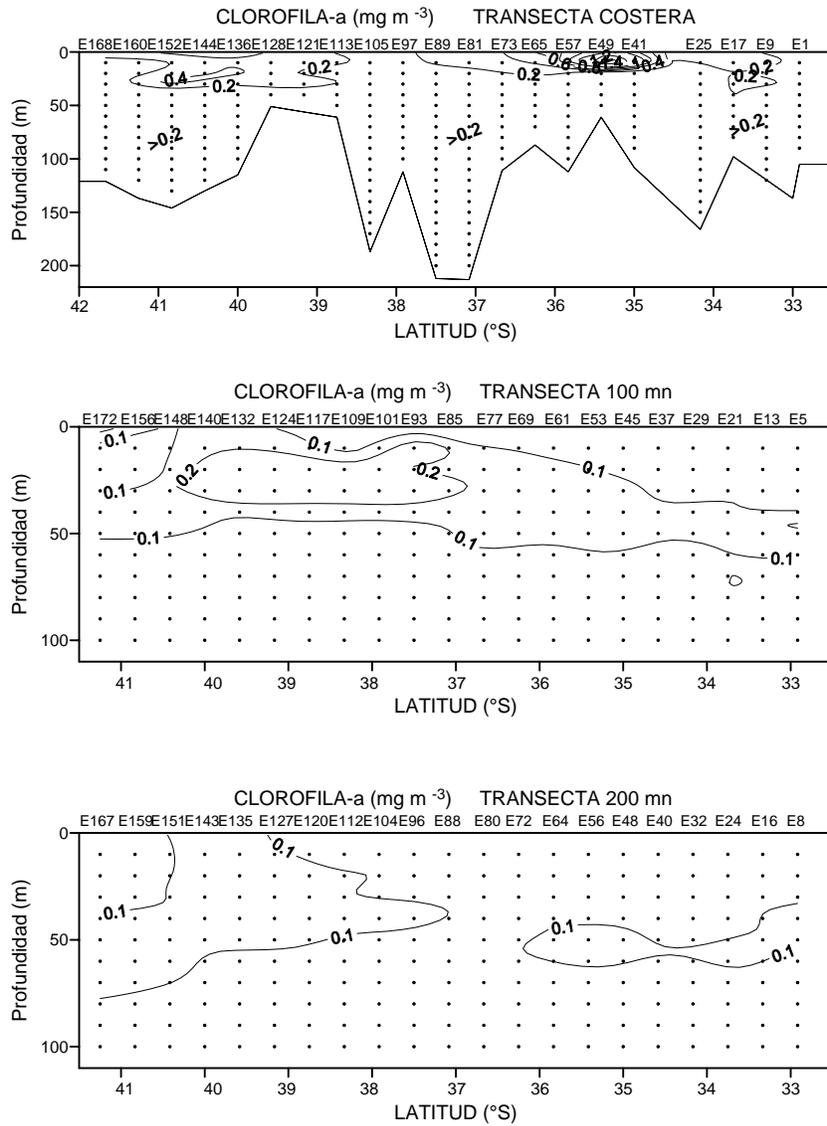


Figura 57. Transectas latitudinal de clorofila a (mg m³). Secciones costeras, de las 100 y las 200 mn.

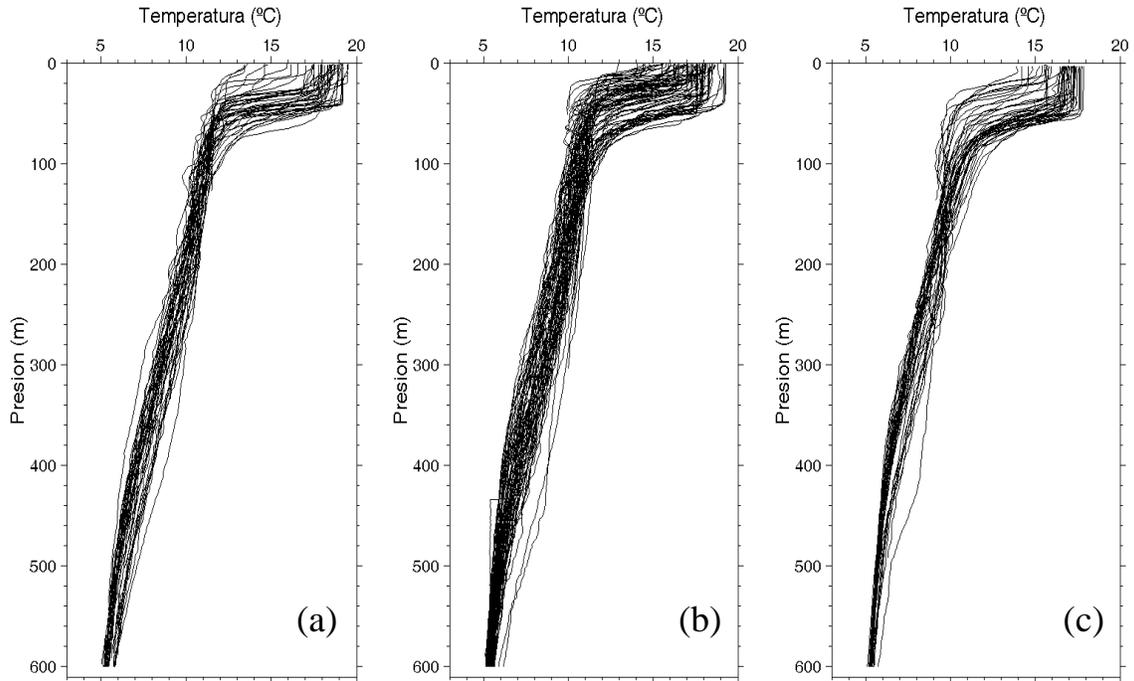


Figura 58. Perfiles individuales de temperatura (°C) para los sectores a) norte (32°55' – 35°00'S), b) centro (35°25' – 39°10'S) y c) sur (39°35' - 41°15'S).

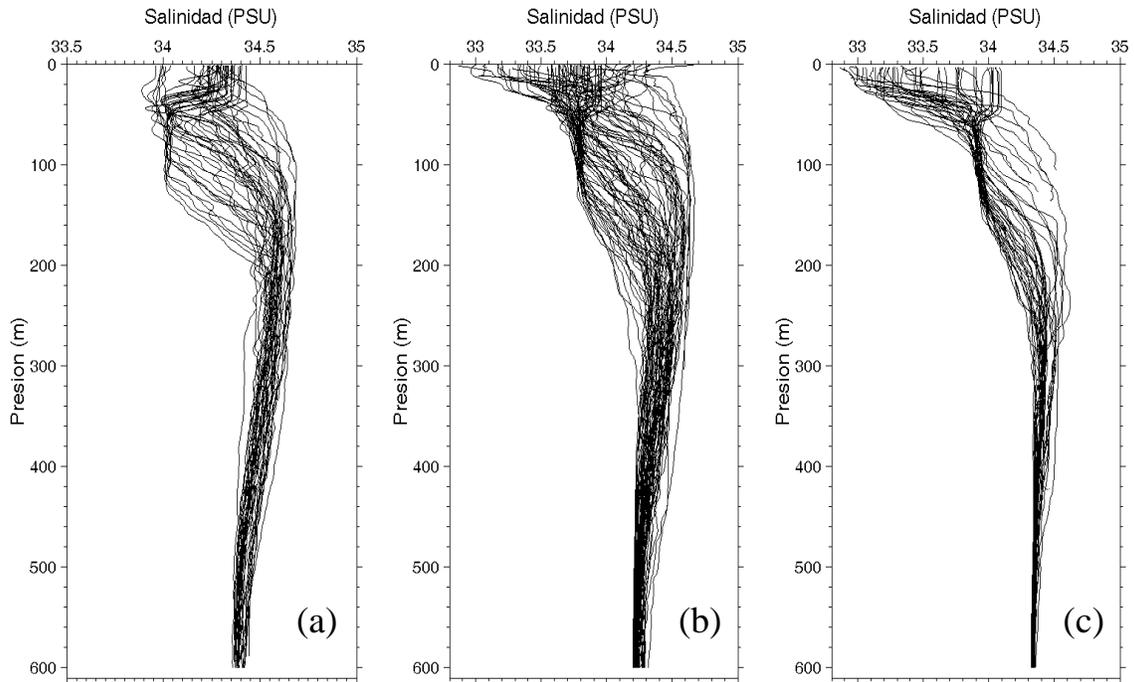


Figura 59. Perfiles individuales de salinidad (psu) para los sectores a) norte ($32^{\circ}55' - 35^{\circ}00'S$), b) centro ($35^{\circ}25' - 39^{\circ}10'S$) y c) sur ($39^{\circ}35' - 41^{\circ}15'S$).

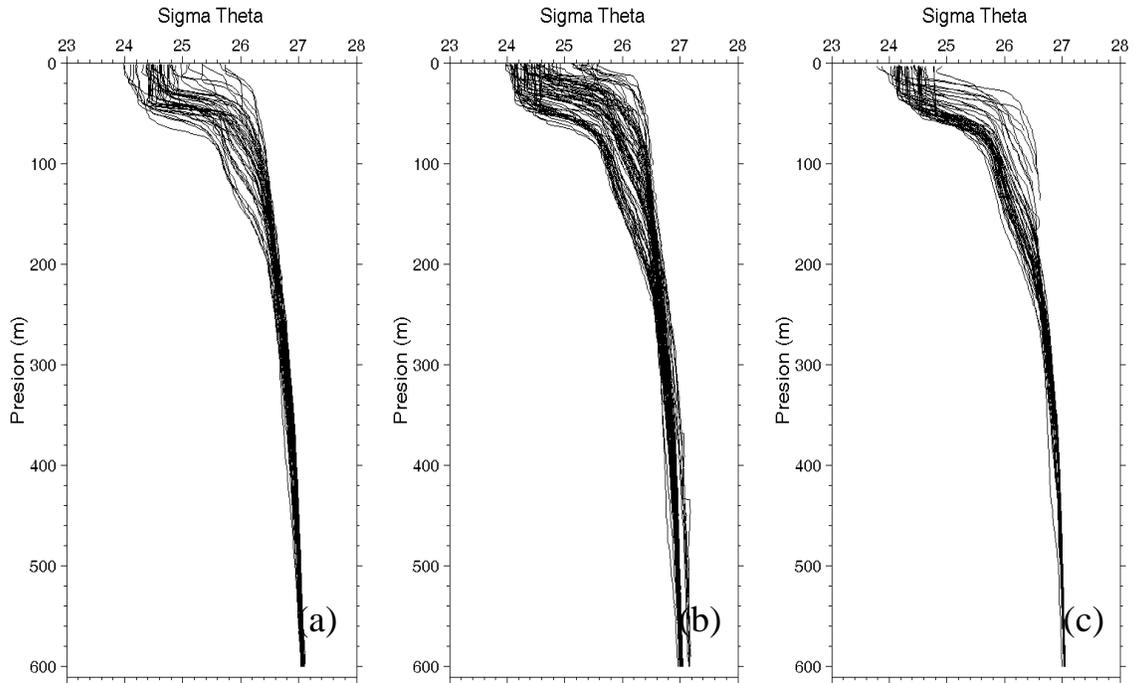


Figura 60. Perfiles individuales de densidad (σ_t) para los sectores a) norte ($32^{\circ}55' - 35^{\circ}00'S$), b) centro ($35^{\circ}25' - 39^{\circ}10'S$) y c) sur ($39^{\circ}35' - 41^{\circ}15'S$).

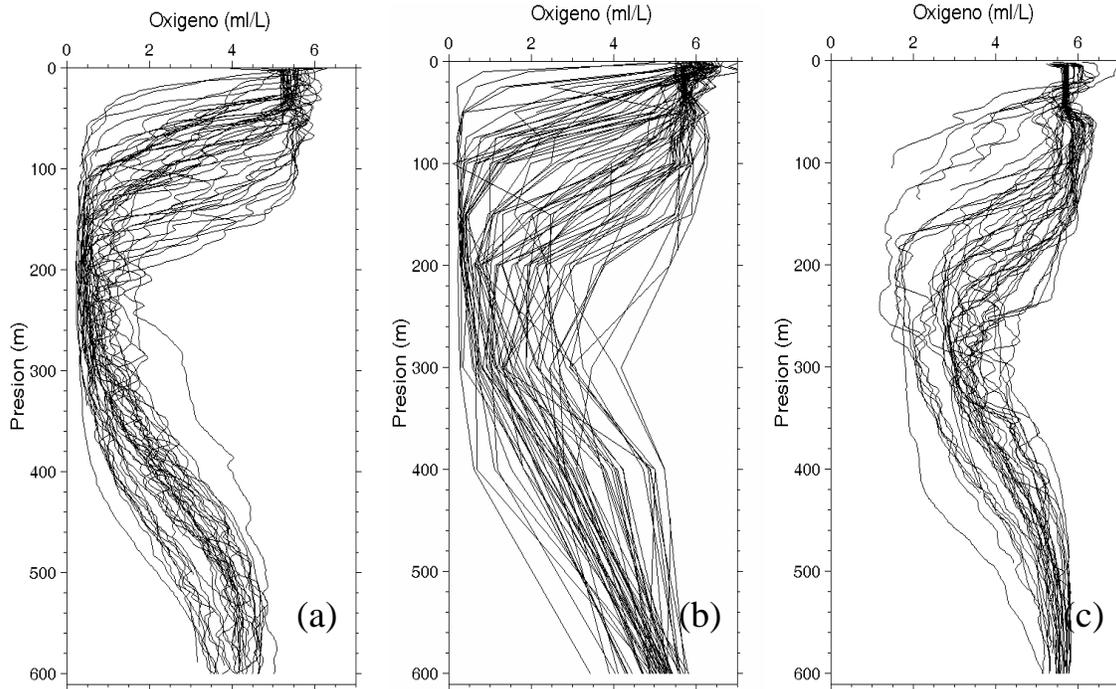


Figura 61. Perfiles individuales de la concentraci3n de ox3geno disuelto (ml L^{-1}) para los sectores a) norte ($32^{\circ}55' - 35^{\circ}00'S$), b) centro ($35^{\circ}25' - 39^{\circ}10'S$) y c) sur ($39^{\circ}35' - 41^{\circ}15'S$).

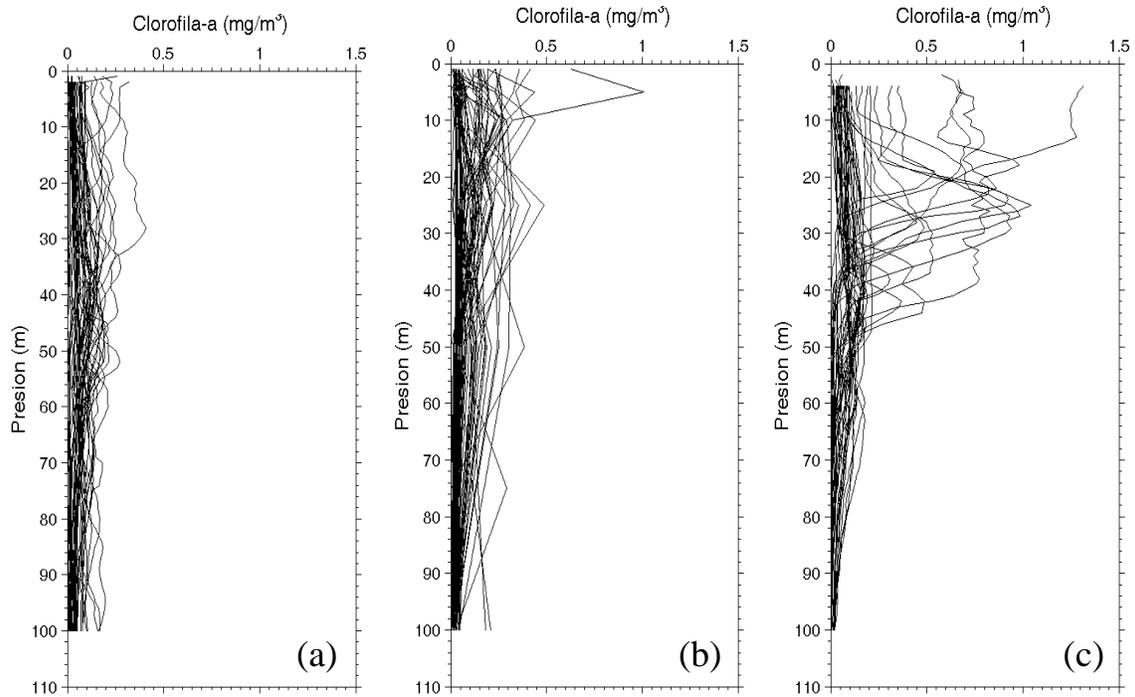


Figura 62. Perfiles individuales de la concentraci3n de clorofila a (mg m^{-3}) para los sectores a) norte ($32^{\circ}55' - 35^{\circ}00'S$), b) centro ($35^{\circ}25' - 39^{\circ}10'S$) y c) sur ($39^{\circ}35' - 41^{\circ}15'S$).

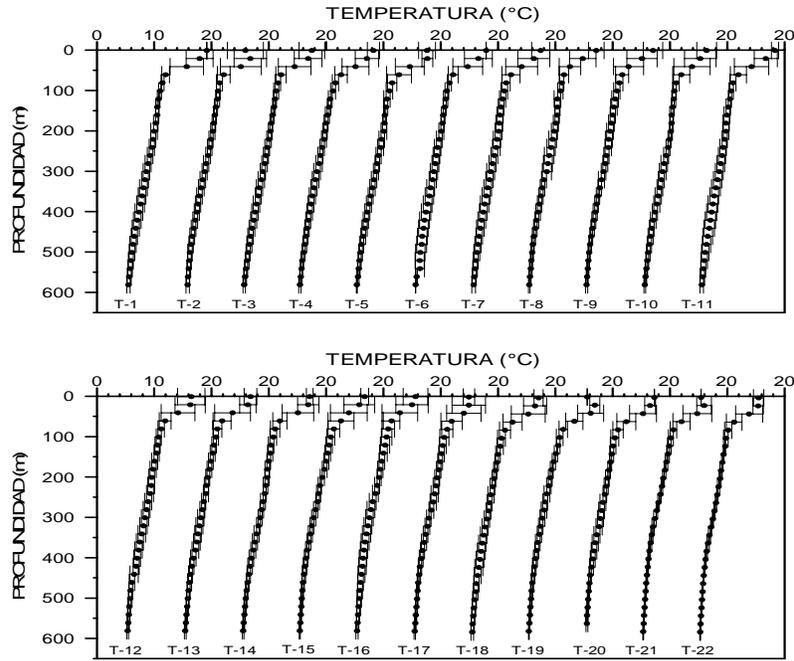


Figura 63. Perfiles promedio (zonal) de temperatura (°C) para cada transecta perpendicular a la costa.

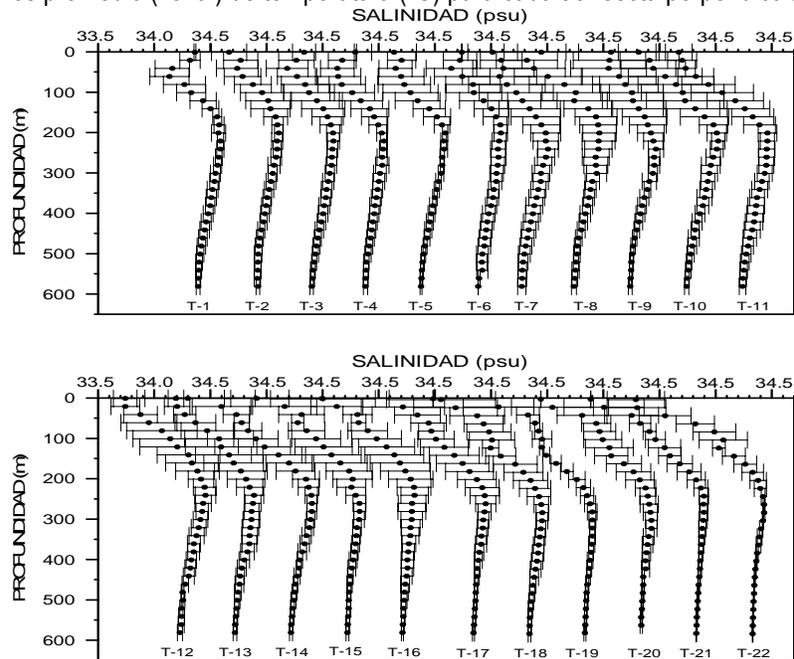


Figura 64. Perfiles promedio (zonal) de salinidad (psu) para cada transecta perpendicular a la costa.

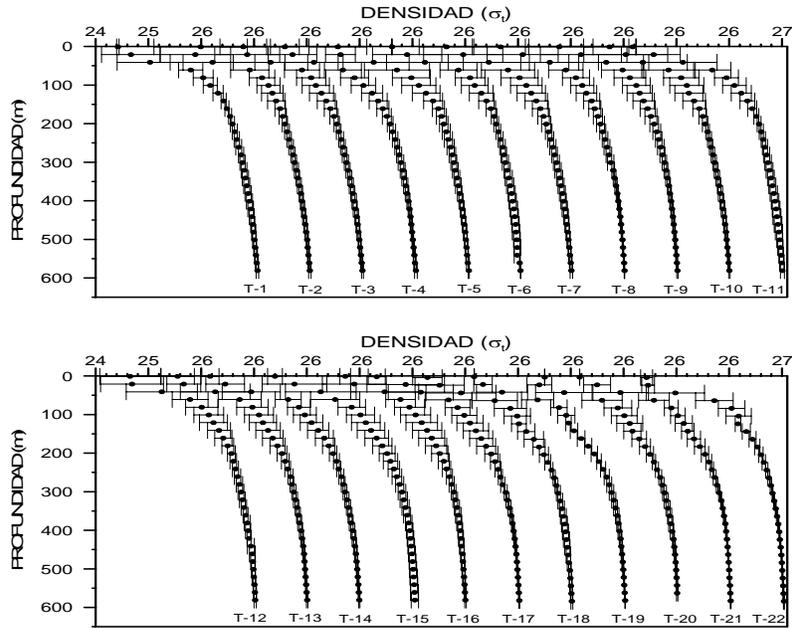


Figura 65. Perfiles promedio (zonal) de densidad (σ_t) para cada transecta perpendicular a la costa.

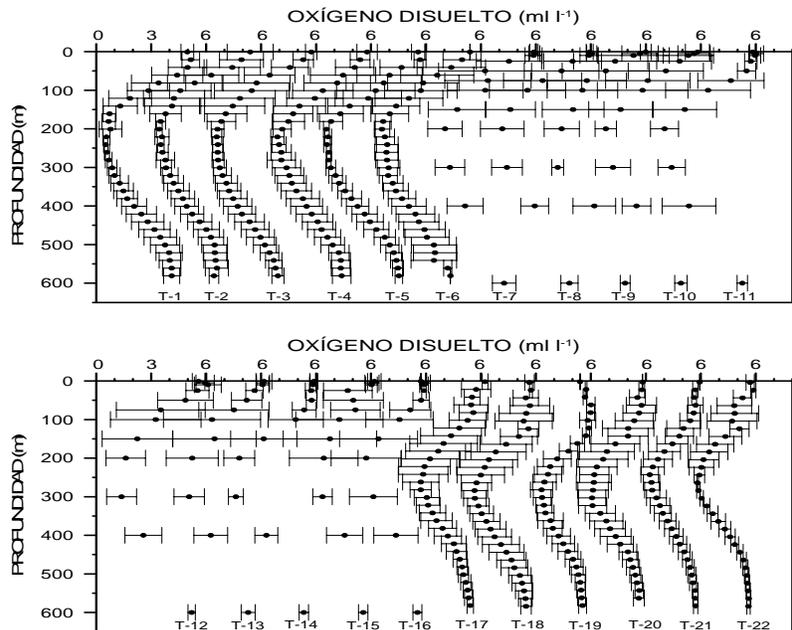


Figura 66. Perfiles promedio (zonal) de la concentraci3n de oxigeno disuelto (ml l^{-1}) para cada transecta perpendicular a la costa.

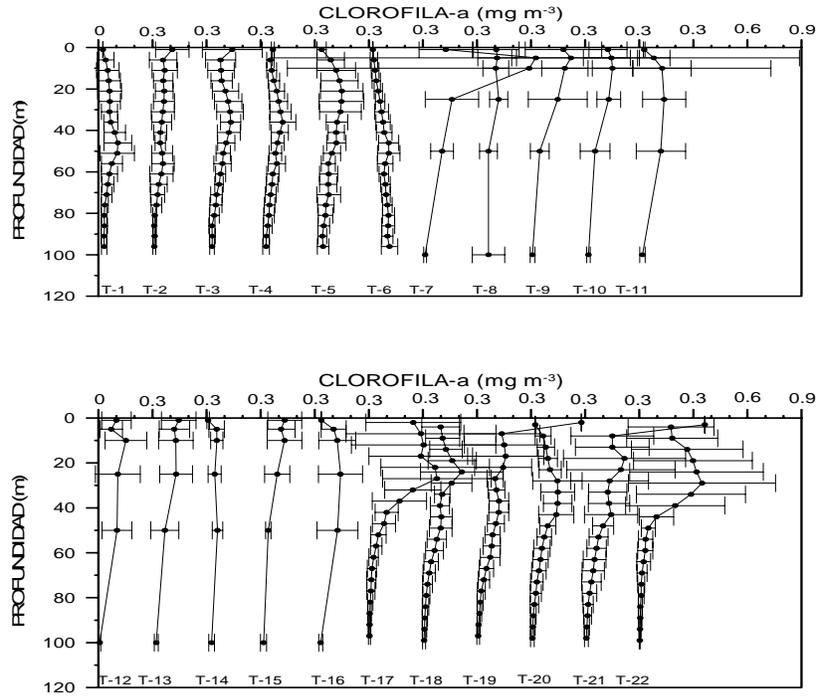


Figura 67. Perfiles promedio (zonal) de la concentraci3n de clorofila-a (mg m⁻³) para cada transecta perpendicular a la costa.

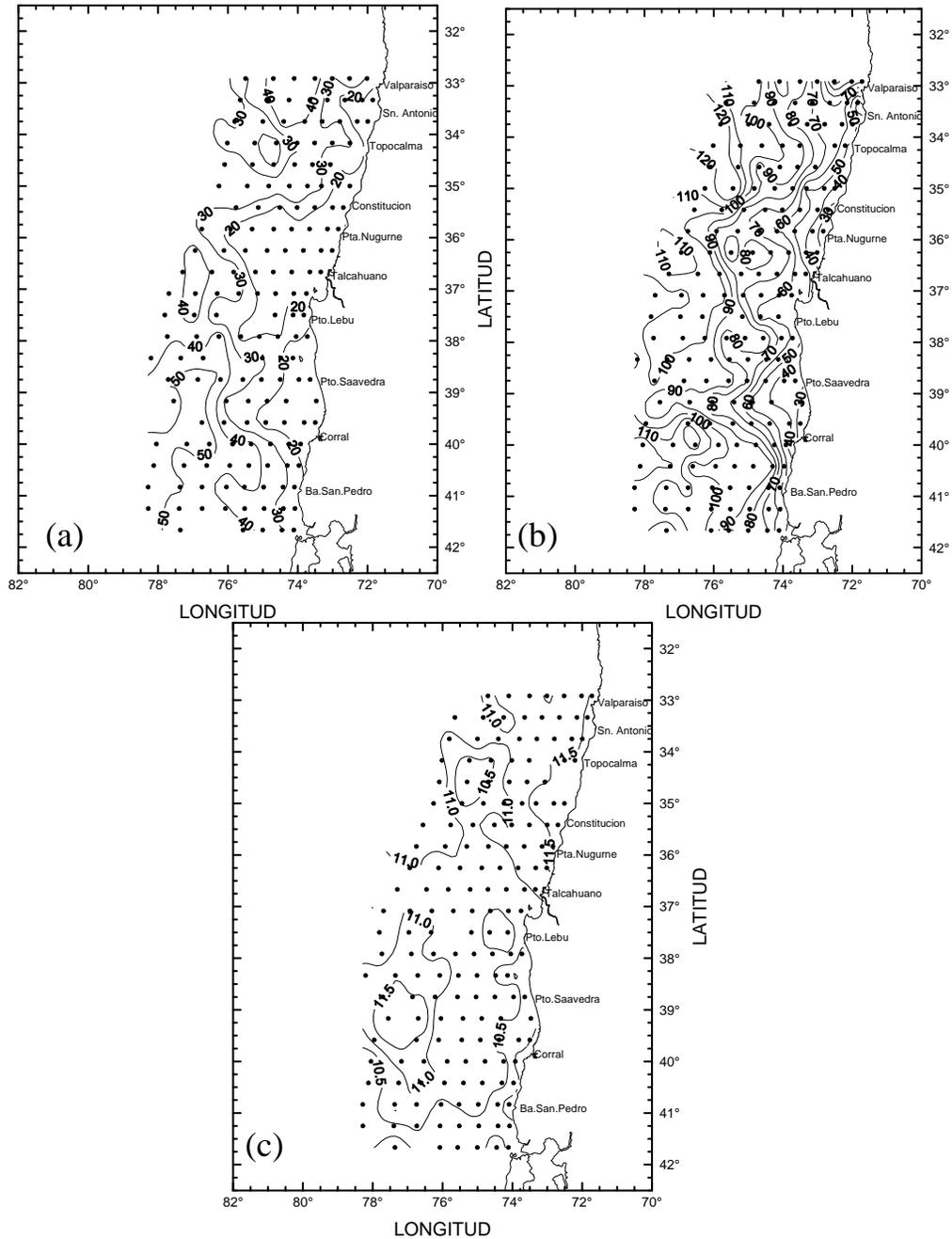


Figura 68. Distribuci3n espacial de: (a) profundidad capa de mezcla (m), (b) profundidad base de la termoclina (m) y (c) temperatura base de la termoclina ($^{\circ}\text{C}$) en la regi3n de estudio.

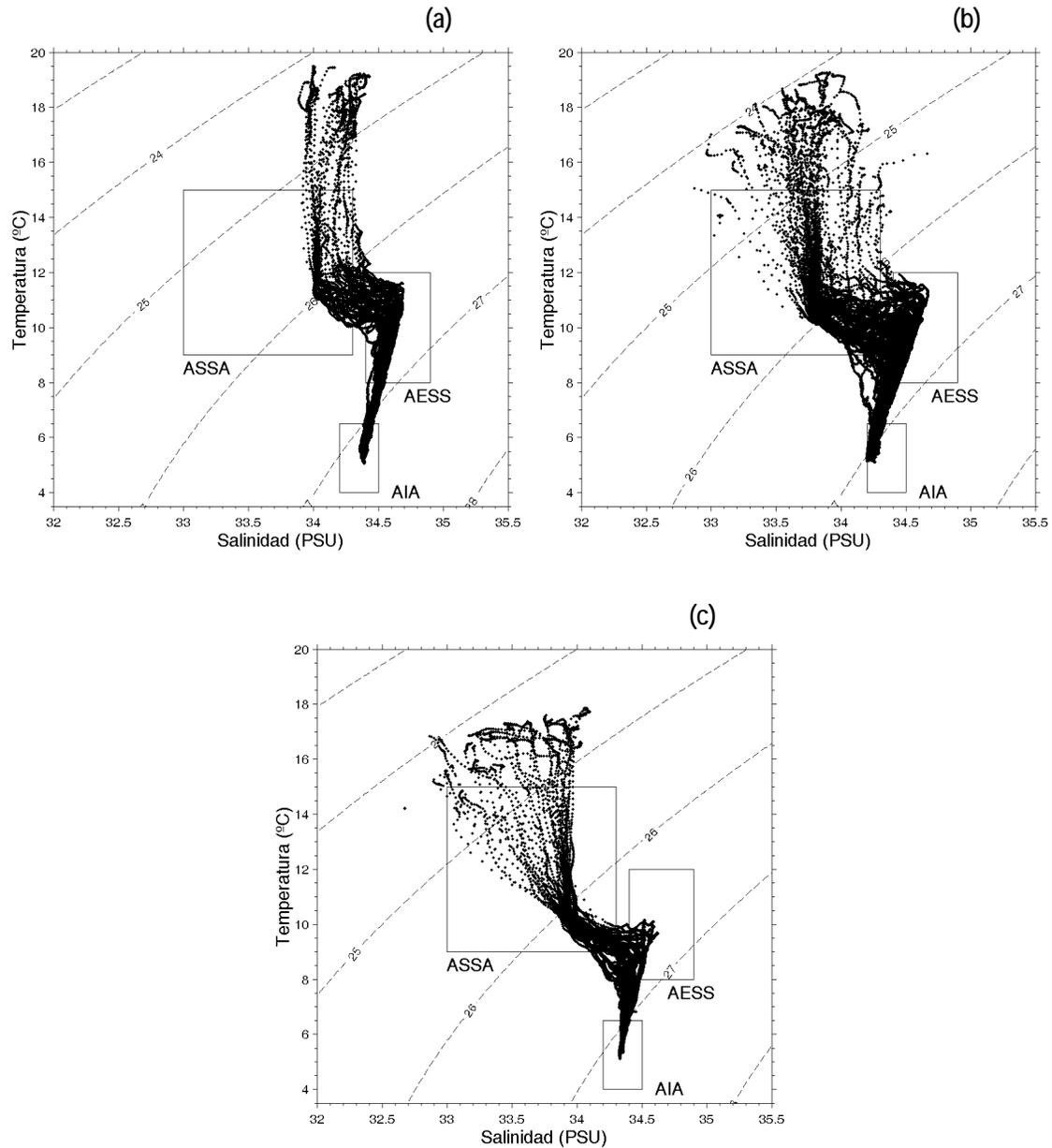


Figura 69. Diagramas T-S para los sectores: (a) norte, (b) centro y (c) sur del 1rea de estudio.

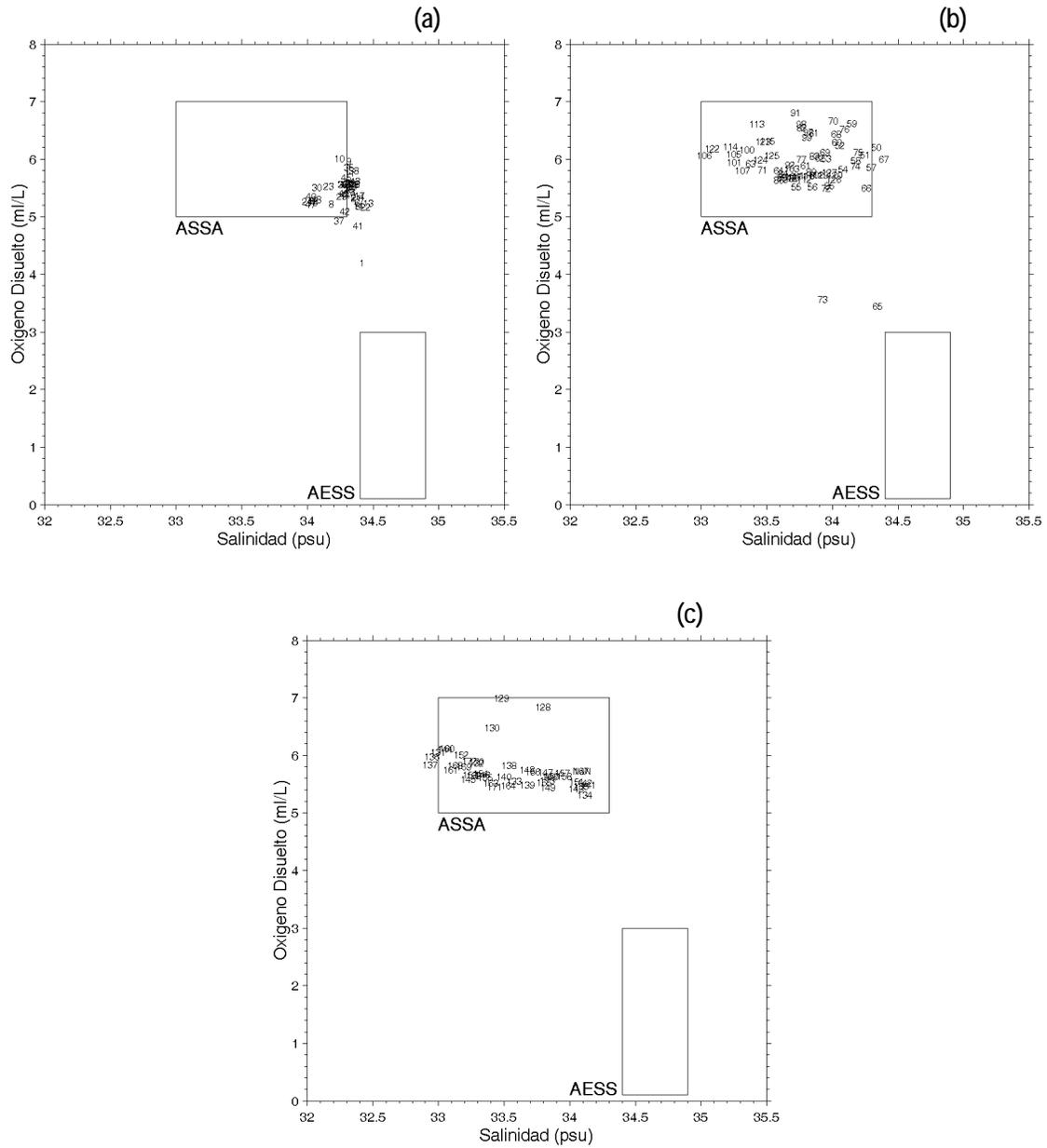


Figura 70. Diagramas O-S para los sectores: (a) norte, (b) centro y (c) sur del área de estudio. Estrato superficial (5 metros).

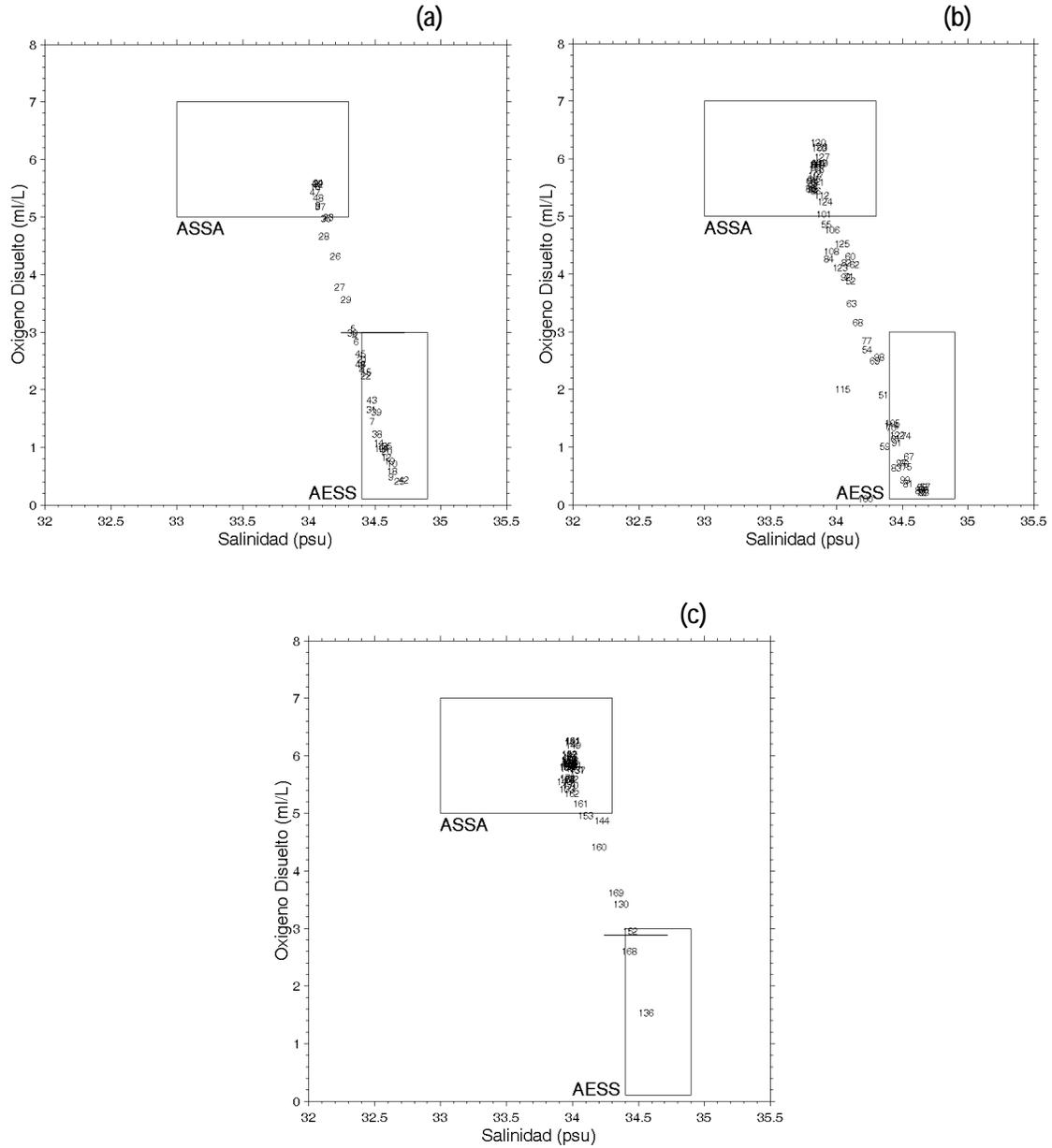


Figura 71. Diagramas O-S para los sectores: (a) norte, (b) centro y (c) sur del 1rea de estudio. Estrato de 100 metros.

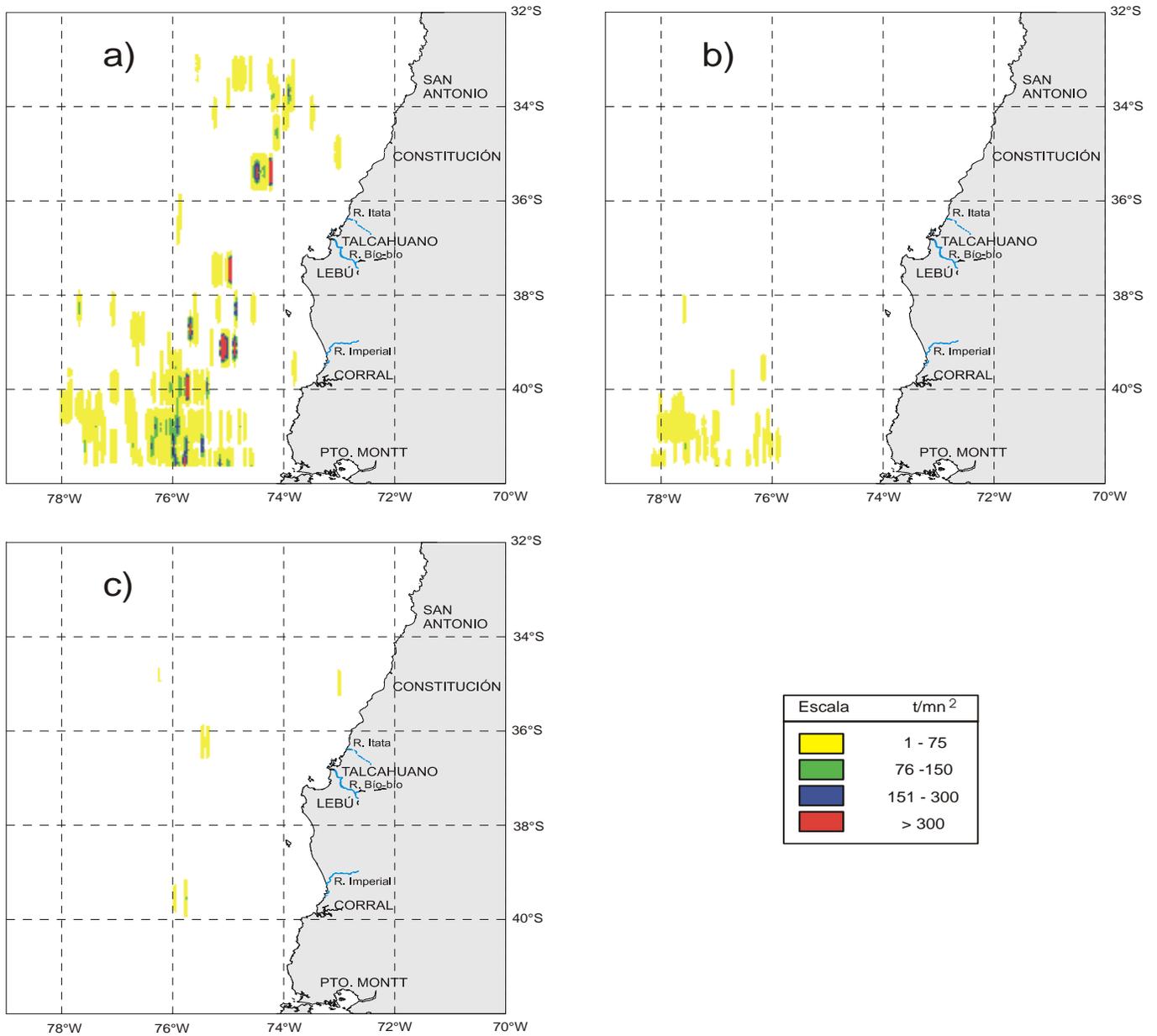


Figura 72, Distribuci3n espacial de la biomasa de jurel (t/mn²), por estrato de profundidad: a) capa 0-50 m, b) capa 51-100 m y c) capa 101-150 m.

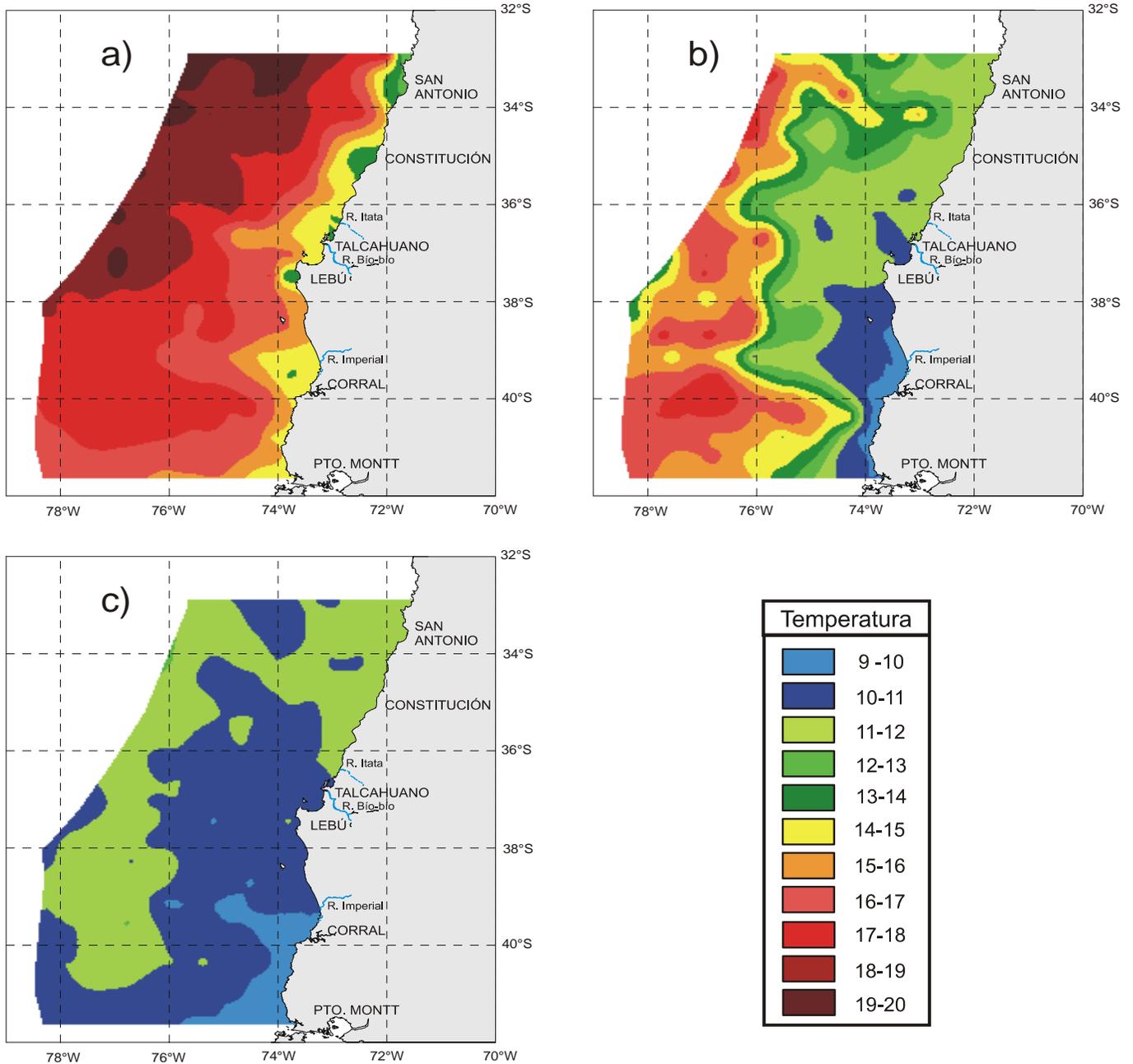


Figura 73. Distribución espacial de la temperatura (°C), por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m y c) capa 100 m.

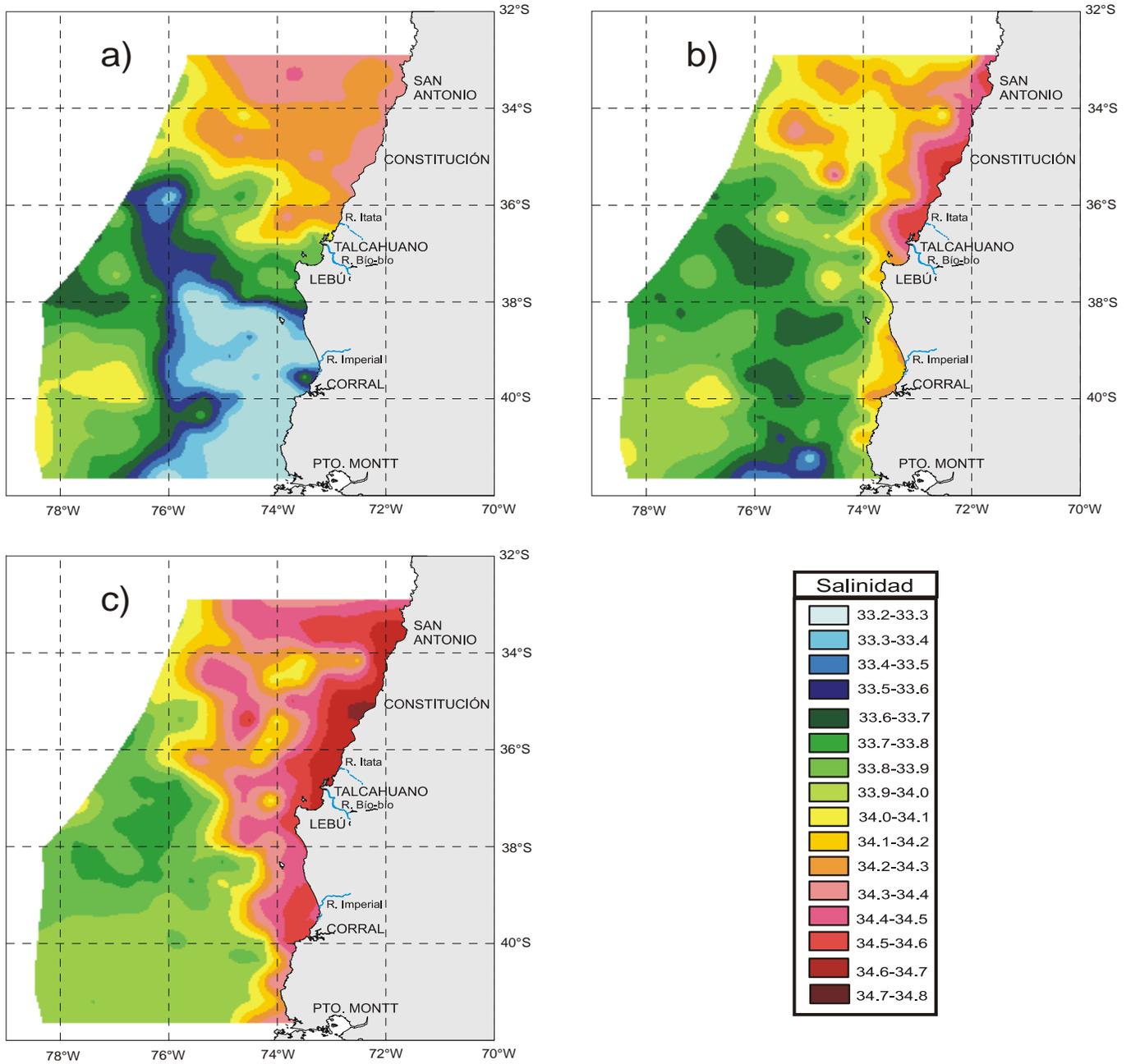


Figura 74. Distribuci3n espacial de la salinidad (psu), por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m y c) capa 100 m.

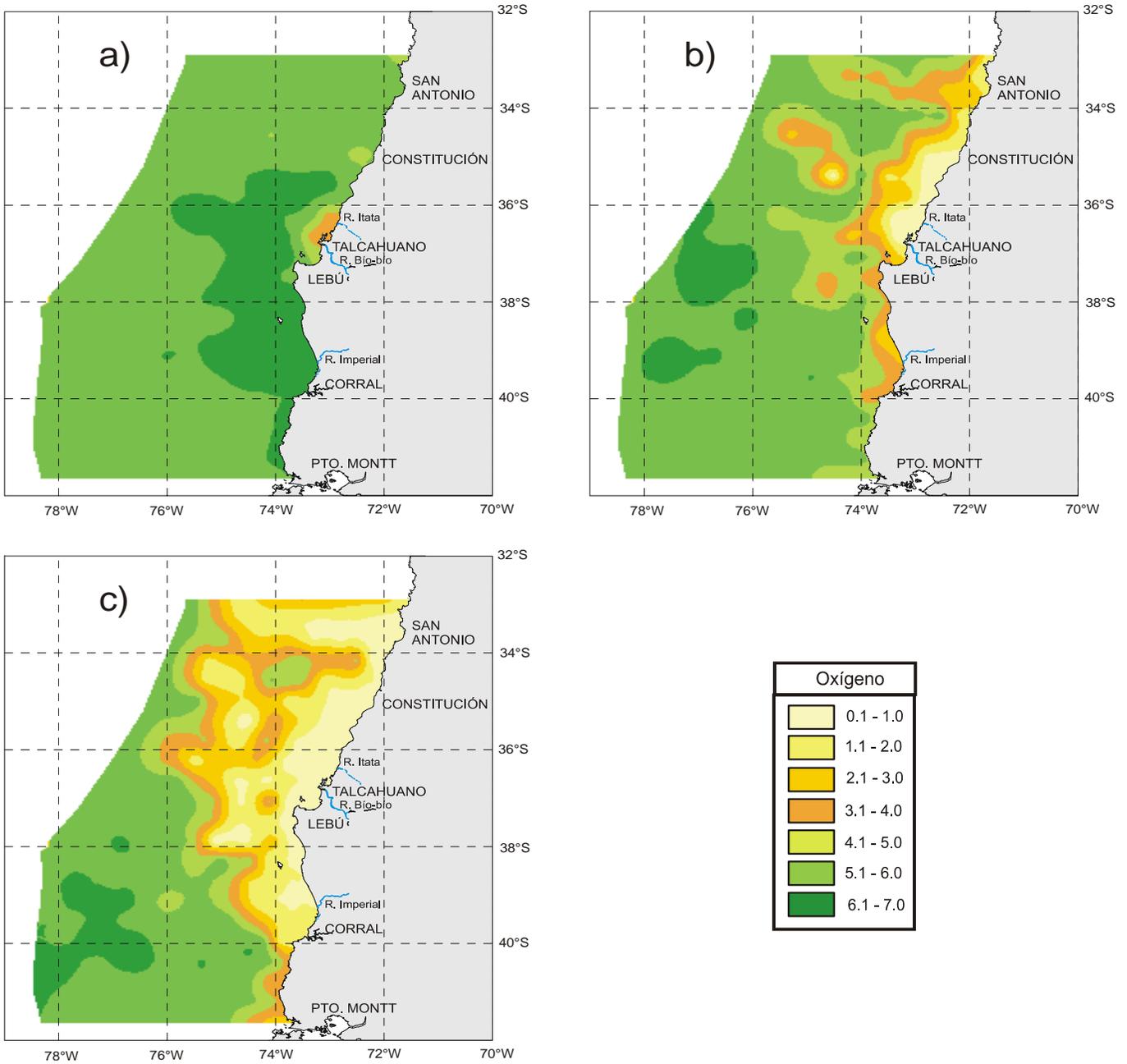


Figura 75. Distribuci3n espacial del oxígeno disuelto (ml/L), por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m y c) capa 100 m.

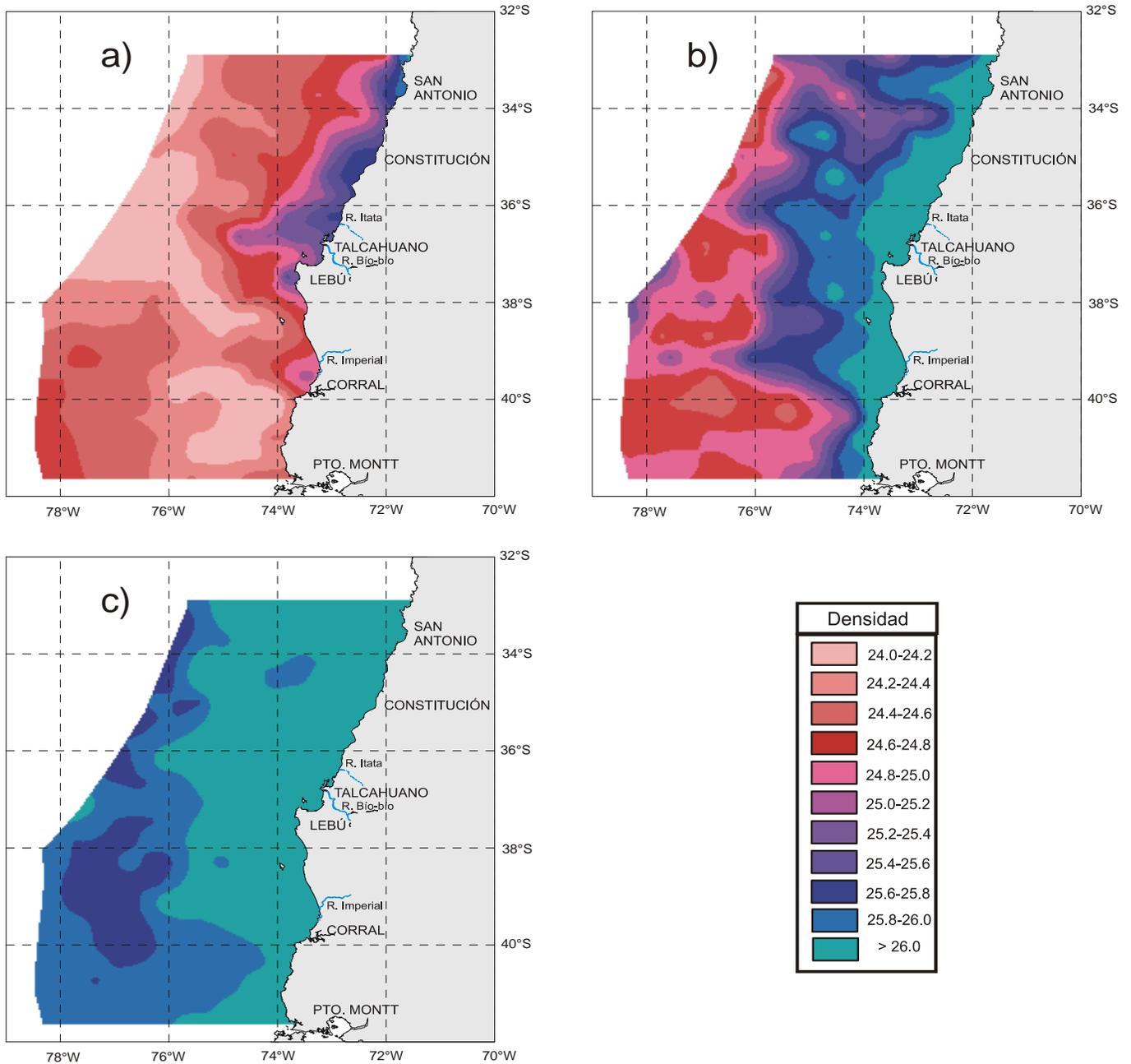


Figura 76. Distribuci3n espacial de la densidad del agua (σ_t), por estrato de profundidad: a) capa superficial, b) capa 50 m y c) capa 100 m.

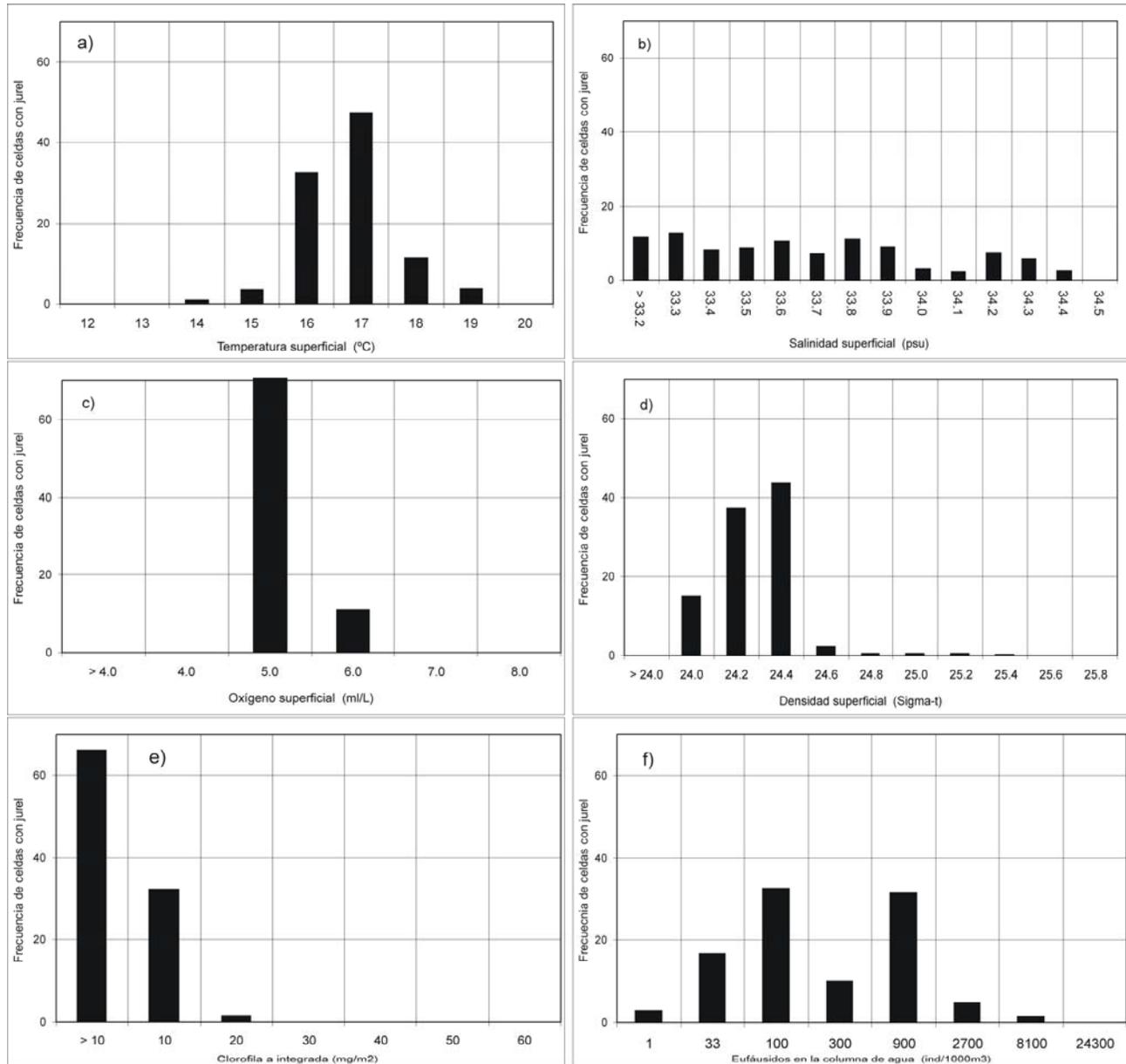


Figura 77. Histograma de los rangos de preferencia del jurel en relación a las variables ambientales. Estrato superficial.

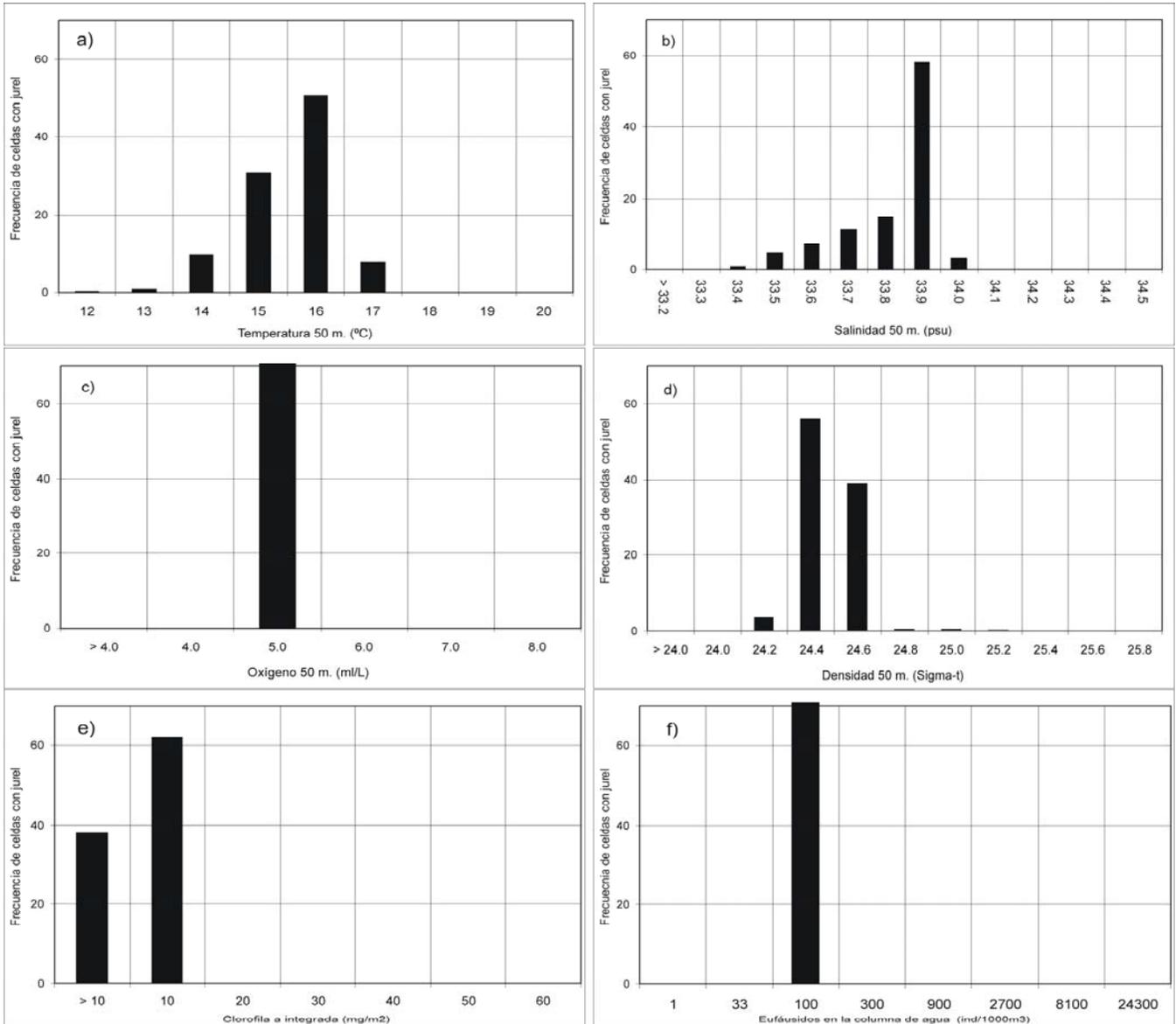


Figura 78. Histograma de los rangos de preferencia del jurel en relación a las variables ambientales. Estrato de 50 m. de profundidad.

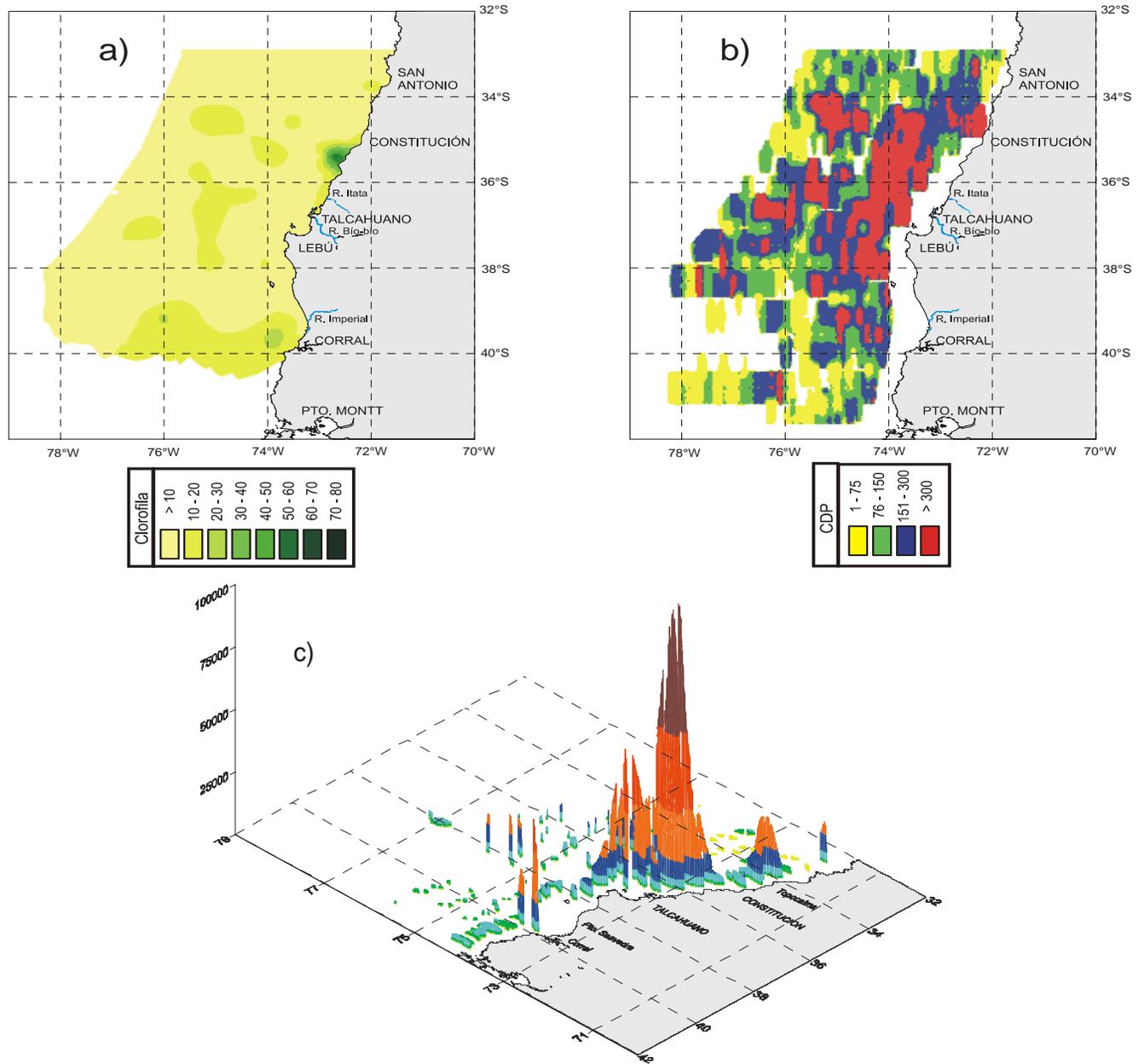


Figura 79. Distribución espacial de: a) clorofila integrada, b) capa de dispersión profunda y c) eufáusidos.

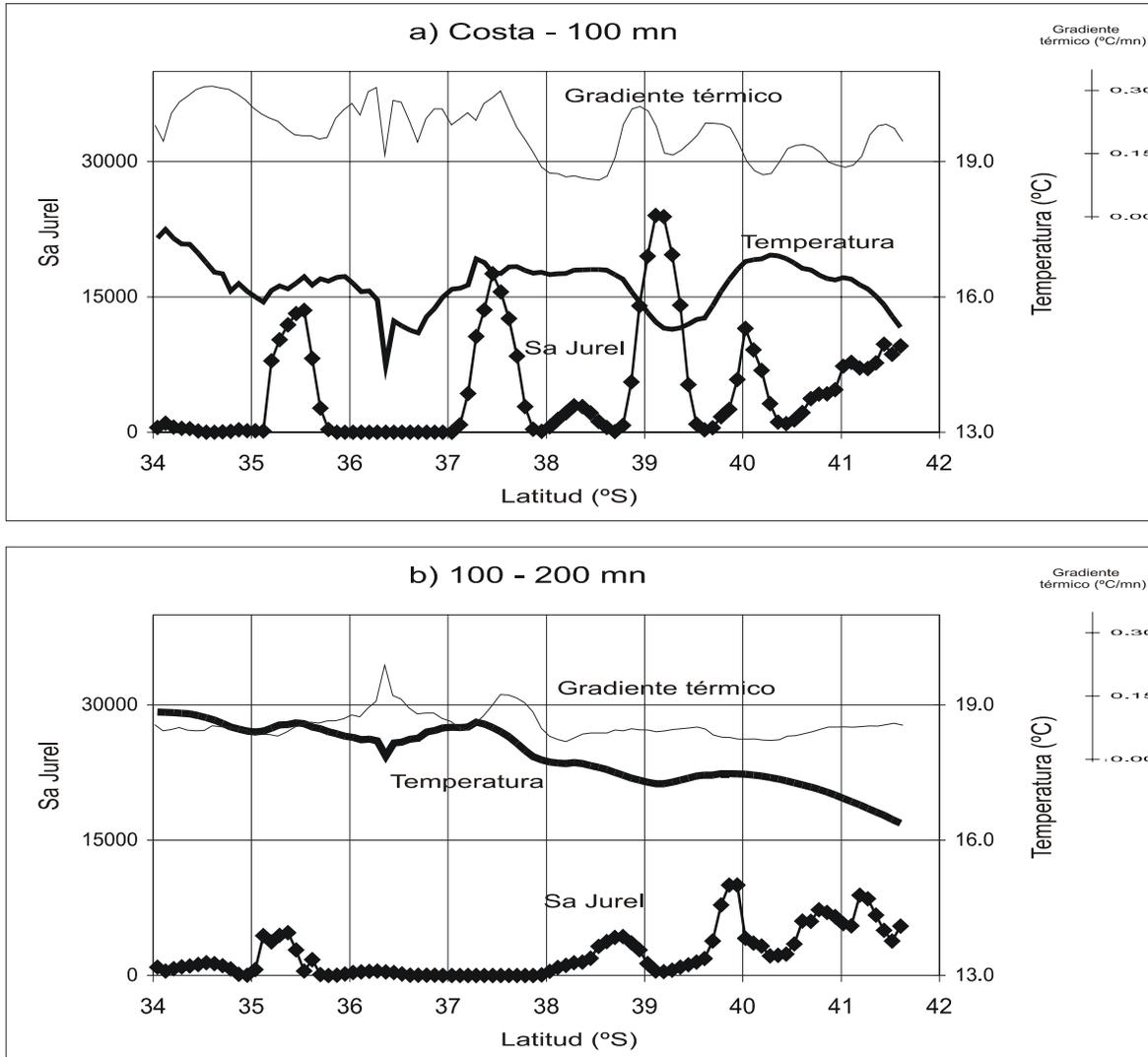


Figura 80. Señal latitudinal del jurel y su relación con la temperatura y el gradiente térmico en la capa superficial: a) Costa-100 mn y b) 101-200 mn.

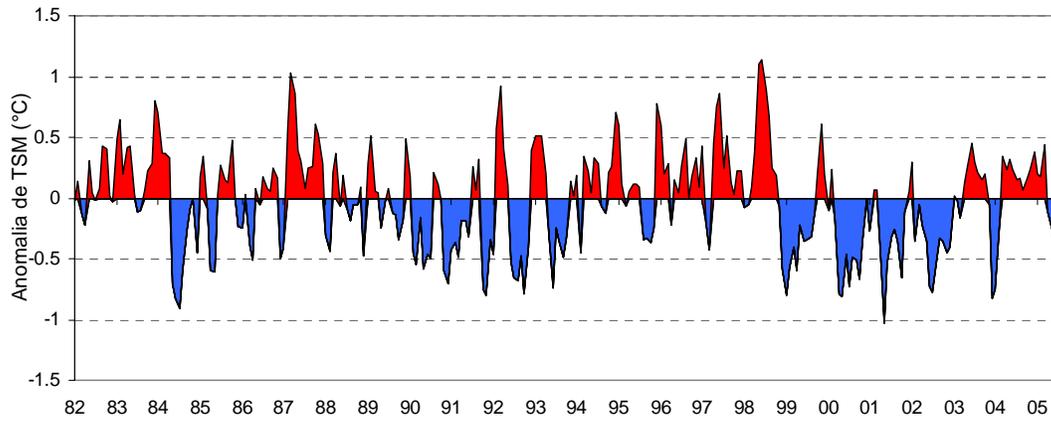


Figura 81. Serie de tiempo (enero, 1982 – junio, 2005) de la anomalía promedio de TSM para el área de estudio (32°-42°S, 73°30'-82°W) (Fuente: IGOS).

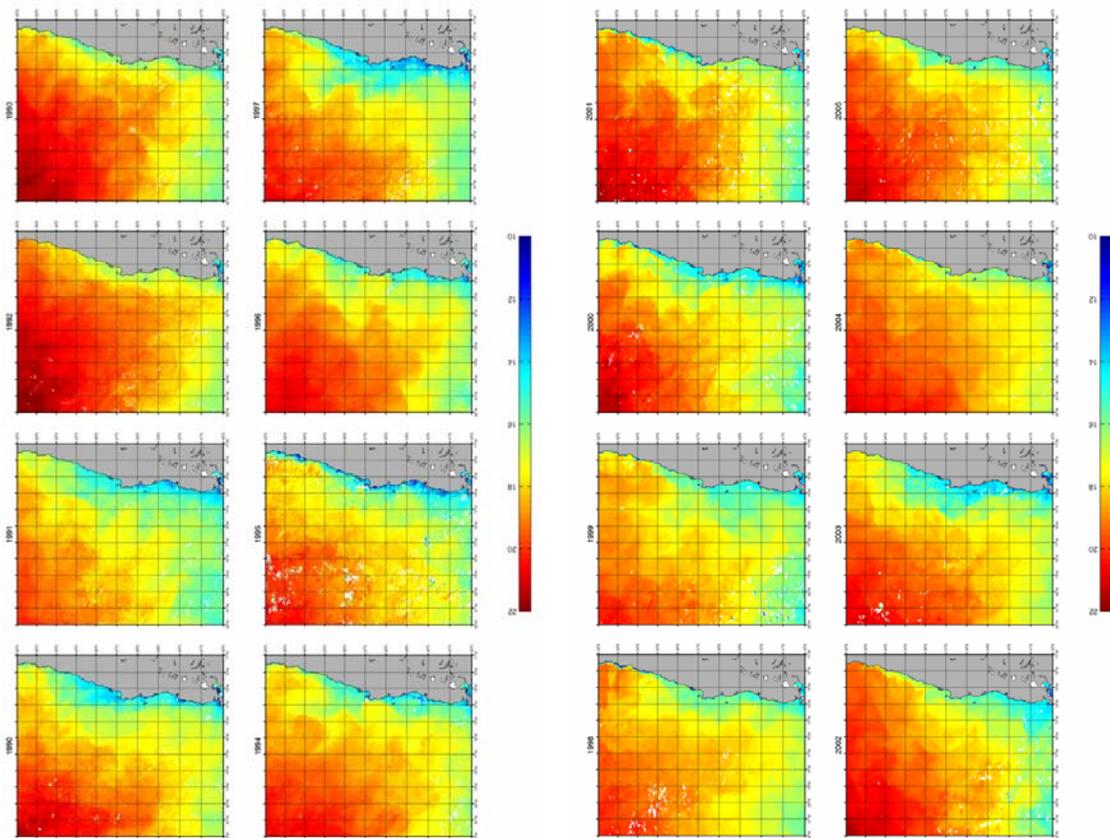


Figura 82. Imágenes satelitales NOAA-AVHRR de TSM para el mes de marzo de los años 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997

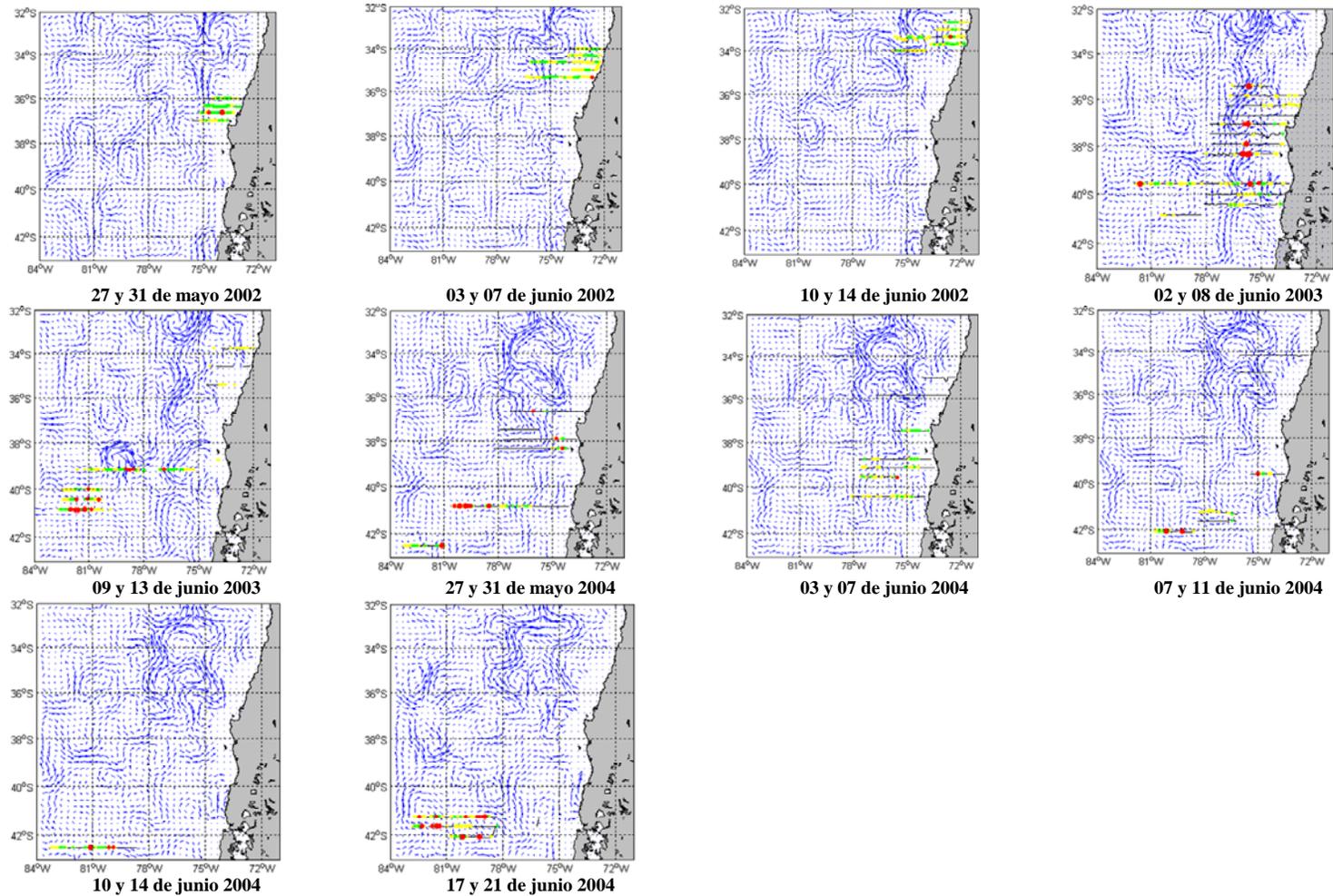


Figura 84. Distribuci3n de corrientes geostroficas y densidad acustica de jurel. a) 2002, b)2003, d) 2004 y d)2005.

A N E X O S

A N E X O I

POSICIÓN Y FECHA DE
TRANSECTAS ACÚSTICAS
Y ESTACIONES
BIOCEANOGRÁFICAS



POSICIÓN Y FECHA DE LAS TRANSECTAS POR BARCO

Crucero de Evaluación

Transecta	Embarcación	Latitud (S)	Fecha	
			5-100 mn	100-200 mn
1	Ventisquero	32°55'	17.03.06	16.03.06
2	Ventisquero	33°20'	14.03.06	15.03.06
3	Ventisquero	33°45'	13.03.06	12.03.06
4	Ventisquero	34°10'	10.03.06	11.03.06
5	Ventisquero	34°35'	09.03.06	08.03.06
6	Ventisquero	35°00'	06.03.06	07.03.06
7	Abate Molina	35°25'	12.03.06	13.03.06
8	Abate Molina	35°50'	10.03.06-	13-14.03.06
9	Abate Molina	36°15'	09.03.06	14-15.03.06
10	Abate Molina	36°40'	60.03.06	15.03.06
11	Abate Molina	37°05'	07.03.06	16.03.06
12	Abate Molina	37°30'	18.03.06	17.03.06
13	Abate Molina	37°55'	19.03.06	20.03.06
14	Abate Molina	38°20'	22.03.06	21.03.06
15	Abate Molina	38°45'	23.03.06	24.03.06
16	Abate Molina	39°10'	26.-27.03.06	25.03.06
17	Líder	39°45'	06.03.06	07.03.06
18	Líder	40°00'	09.03.06	08.03.06
19	Líder	40°25'	10.03.06	11.03.06
20	Líder	40°50'	13.03.06	12.03.06
21	Líder	41°15'	14.03.06	15.03.06
22	Líder	41°40'	17.03.06	16.03.06



Crucero de Ecoprospecci3n

Transecta	Embarcaci3n	Latitud (S)	Fecha	
			100-200 mn	200-400 mn
1	Tolten I	32°30'	11.03.06	12.03.06
2	Tolten I	32°55'	13.03.06	12.03.06
3	Tolten I	33°20'	13.03.06	14.03.06
4	Tolten I	33°45'	15.03.06	15.03.06
5	Tolten I	34°10'	15.03.06	16.03.06
6	Tolten I	34°35'	17.03.06	16.03.06
7	Antartic	35°00'	12.03.06	12.03.06
8	Antartic	35°25'	13.03.06	13.03.06
9	Antartic	35°50'	14.03.06	14.03.06
10	Antartic	36°15'	15.03.06	15.03.06
11	Antartic	36°40'	16.03.06	16.03.06
12	Antartic	37°05'	17.03.06	17.03.06
13	Quilpolemu	37°30'	11.03.06	12.03.06
14	Quilpolemu	37°55'	13.03.06	12.03.06
15	Quilpolemu	38°20'	13.03.06	14.03.06
16	Quilpolemu	38°45'	15.03.06	14.03.06
17	Quilpolemu	39°10'	15.03.06	16.03.06
18	Quilpolemu	39°45'	17.03.06	16.03.06
19	Malleco	40°00'	12.03.06	12.03.06
20	Malleco	40°25'	13.03.06	13.03.06
21	Malleco	40°50'	14.03.06	14.03.06
22	Malleco	41°15'	15.03.06	15.03.06
23	Malleco	41°40'	15.03.06	16.03.06
24	Malleco	42°05'	17.03.06	16.03.06



POSICI3N Y FECHA DE ESTACIONES BIOCEANOGRÁFICAS

ESTACI3N	FECHA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
1	06.03.06	35°00'	72°31'
2	06.03.06	35°00'	72°49'
3	06.03.06	35°00'	73°19'
4	06.03.06	35°00'	73°43'
5	06.03.06	35°00'	74°14'
6	07.03.06	35°00'	74°50'
7	07.03.06	35°00'	75°27'
8	07.03.06	35°00'	76°15'
9	07.03.06	34°35'	76°06'
10	08.03.06	34°35'	75°18'
11	08.03.06	34°35'	74°41'
12	08.03.06	34°35'	74°05'
13	09.03.06	34°35'	73°35'
14	09.03.06	34°35'	73°04'
15	09.03.06	34°35'	72°40'
16	09.03.06	34°35'	72°15'
17	10.03.06	34°10'	72°12'
18	10.03.06	34°10'	72°30'
19	10.03.06	34°10'	73°01'
20	10.03.06	34°10'	73°31'
21	10.03.06	34°10'	74°01'
22	11.03.06	34°10'	74°37'
23	11.03.06	34°20'	75°37'
24	11.03.06	34°10'	76°01'
25	12.03.06	33°45'	75°48'
26	12.03.06	33°45'	75°00'
27	12.03.06	33°45'	74°24'
28	12.03.06	33°45'	73°48'
29	13.03.06	33°45'	73°18'
30	13.03.06	33°45'	72°48'
31	13.03.06	33°45'	72°18'
32	13.03.06	33°45'	71°60'
33	13.03.06	33°20'	71°51'
34	14.03.06	33°20'	72°09'
35	14.03.06	33°20'	72°39'
36	14.03.06	33°20'	73°09'
37	14.03.06	33°20'	73°39'
38	15.03.06	33°20'	74°15'
39	15.03.06	33°20'	74°50'
40	15.03.06	33°20'	73°39'



ESTACI3N	FECHA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
41	15.03.06	32°55'	75°30'
42	16.03.06	32°55'	74°42'
43	16.03.06	32°55'	74°06'
44	16.03.06	32°55'	73°31'
45	16.03.06	32°55'	73°01'
46	17.03.06	32°55'	72°31'
47	17.03.06	32°55'	72°01'
48	17.03.06	32°55'	71°43'
49	06.03.06	36°40'	73°39'
50	06.03.06	36°40'	73°21'
51	06.03.06	36°40'	74°10'
52	06.03.06	36°40'	74°42'
53	06.03.06	36°40'	75°13'
54	07.03.06	37°05'	75°41'
55	07.03.06	37°05'	75°09'
56	07.03.06	37°05'	74°38'
57	07.03.06	37°05'	74°07'
58	07.03.06	37°05'	73°49'
59	08.03.06	36°15'	73°01'
60	08.03.06	36°15'	73°20'
61	08.03.06	36°15'	73°50'
62	09.03.06	35°50'	73°40'
63	09.03.06	35°50'	73°09'
64	09.03.06	35°50'	72°50'
65	09.03.06	36°15'	74°21'
66	10.03.06	36°15'	74°53'
67	10.03.06	35°50'	74°41'
68	10.03.06	35°50'	74°11'
69	11.03.06	35°25'	72°42'
70	11.03.06	35°25'	73°00'
71	12.03.06	35°25'	73°31'
72	12.03.06	35°25'	74°01'
73	12.03.06	35°25'	74°35'
74	13.03.06	35°25'	75°08'
75	13.03.06	35°25'	75°46'
76	13.03.06	35°25'	76°34'
77	13.03.06	35°50'	76°45'
78	14.03.06	35°50'	75°55'
79	14.03.06	35°50'	75°18'
80	14.03.06	36°15'	75°30'



ESTACIÓN	FECHA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
81	14.03.06	36°15'	76°07'
82	15.03.06	36°15'	76°54'
83	15.03.06	36°40'	77°18'
84	15.03.06	36°40'	76°28'
85	15.03.06	36°40'	75°50'
86	16.03.06	37°05'	76°18'
87	16.03.06	37°05'	76°56'
88	17.03.06	37°05'	77°42'
89	17.03.06	37°30'	77°49'
90	17.03.06	37°30'	76°58'
91	17.03.06	37°30'	76°20'
92	17.03.06	37°30'	75°43'
93	18.03.06	37°30'	75°10'
94	18.03.06	37°30'	74°39'
95	18.03.06	37°30'	74°08'
96	18.03.06	37°30'	73°50'
97	19.03.06	37°55'	74°03'
98	19.03.06	37°55'	73°44'
99	19.03.06	37°55'	74°34'
100	19.03.06	37°55'	75°06'
101	20.03.06	37°55'	75°38'
102	20.03.06	37°55'	76°16'
103	20.03.06	37°55'	76°54'
104	20.03.06	37°55'	77°44'
105	21.03.06	38°20'	78°12'
106	21.03.06	38°20'	77°21'
107	21.03.06	38°20'	76°43'
108	21.03.06	38°20'	76°05'
109	22.03.06	38°20'	75°33'
110	22.03.06	38°20'	75°01'
111	22.03.06	38°20'	74°29'
112	23.03.06	38°20'	74°08'
113	23.03.06	38°45'	73°58'
114	23.03.06	38°45'	73°39'
115	23.03.06	38°45'	74°30'
116	23.03.06	38°45'	75°02'
117	24.03.06	38°45'	75°34'
118	24.03.06	38°45'	76°13'
119	24.03.06	38°45'	76°52'
120	25.03.06	38°45'	77°43'



ESTACI3N	FECHA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
121	25.03.06	39°10'	77°33'
122	25.03.06	39°10'	76°42'
123	25.03.06	39°10'	76°03'
124	25.03.06	39°10'	75°25'
125	25.03.06	39°10'	74°53'
126	26.03.06	39°10'	74°20'
127	27.03.06	39°10'	73°28'
128	06.03.06	39°35'	73°49'
129	06.03.06	39°35'	73°30'
130	06.03.06	39°35'	74°23'
131	06.03.06	39°35'	74°55'
132	06.03.06	36°34'	75°27'
133	06.03.06	39°35'	76°07'
134	07.03.06	39°35'	76°45'
135	07.03.06	39°35'	77°36'
136	08.03.06	40°00'	78°03'
137	08.03.06	39°60'	77°11'
138	08.03.06	40°00'	76°32'
139	08.03.06	40°00'	75°52'
140	09.03.06	40°00'	75°20'
141	09.03.06	40°00'	74°47'
142	09.03.06	39°59'	74°15'
143	09.03.06	40°00'	73°55'
144	10.03.06	40°25'	74°18'
145	10.03.06	40°25'	73°58'
146	10.03.06	40°25'	74°52'
147	10.03.06	40°25'	75°24'
148	10.03.06	40°25'	75°57'
149	11.03.06	40°25'	76°36'
150	11.03.06	40°25'	77°16'
151	11.03.06	40°25'	78°08'
152	11.03.06	40°50'	78°17'
153	12.03.06	40°50'	77°22'
154	12.03.06	40°50'	76°45'
155	12.03.06	40°50'	76°03'
156	13.03.06	40°50'	75°32'
157	13.03.06	40°50'	74°59'
158	13.03.06	40°50'	74°25'
159	13.03.06	40°50'	74°06'
160	13.03.06	41°15'	74°05'



ESTACI3N	FECHA	LATITUD (S)	LONGITUD (W)
161	14.03.06	41°15'	74°25'
162	14.03.06	41°15'	74°58'
163	14.03.06	41°15'	75°31'
164	14.03.06	41°15'	76°04'
165	15.03.06	41°15'	76°44'
166	15.03.06	41°15'	77°24'
167	15.03.06	41°15'	78°18'
168	16.03.06	41°40'	77°22'
169	16.03.06	41°40'	76°05'
170	17.03.06	41°40'	75°33'
171	20.03.06	41°40'	75°00'
172	20.03.06	41°40'	74°27'
173	20.03.06	41°40'	74°07'

A N E X O I I

**PLAN DETALLADO DE
ASIGNACIÓN DE PERSONAL
PROFESIONAL Y TÉCNICO EN
HORAS/HOMBRE POR
ACTIVIDAD**

**PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD**

Participantes	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Total
José Córdova	77	135	219	228	124	783
M. A. Barbieri	16					16
Roberto Bahamondes		90	88	16	16	210
Hernán Miranda	32		24	40		96
Mauricio Braun				16	8	24
Vivian Valenzuela	48	127	383	160	32	750
Víctor Bocic	16		116			132
Álvaro Saavedra		135	192			327
Hernán Reyes			160	15		180
Bernardo Leiva		135				135
Víctor Catasti	16		96	96	40	248
Guillermo Galindo	16	90	481			587
Manuel Rojas	56	135	127	78	28	424
Cristian Canales	16			10		26
Rodolfo Serra	16			10		26
Juan Saavedra			107	60	17	184
Víctor Correa		135	103	80	16	334
Carola Hernández		135	237			372
Profesional 1	45	139				184
Técnico 1		90	189	56	32	367
Muestreador 1		90				90
Muestreador 2		90				90
Muestreador 3		135				135
Muestreador 4		135				135
Muestreador 5		135				135
Muestreador 6		135				135
Sergio Nuñez	30		85	130	50	295
Jose Ortiz	15	126	85	85	50	361
Eduardo Navarro		126	50	50	20	246
Patricio Torres		126	50	50	20	246
Pedro Carrasco		126				126
Maximiliano Reyes		126				126
Sebastián Vazquez		126				126
TOTAL HORAS	399	2.822	2.792	1.180	458	7.651



Objetivo específico N°1

Participante	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova	45	135	165	98	48	491
Roberto Bahamondes		90	88	16	16	210
Álvaro Saavedra		135	192			327
Bernardo Leiva		135				135
Vivian Valenzuela		127				127
Guillermo Galindo		90				90
Hernán Reyes			160			160
Manuel Rojas	40	135	95	62	28	360
Victor Correa		135				135
Carola Hernández		90	72	32	16	210
Profesional 1	45	139				184
Tecnico 1		135	47			182
Muestreador 1		90				90
Muestreador 2		90				90
Muestreador 3		135				135
Muestreador 4		135				135
Muestreador 5		135				135
Muestreador 6		135				135
Sub Total	130	2.066	819	208	108	3.331



Objetivo específico N°2

Participante	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova			32	52	12	96
Hernán Miranda			24	40		64
Víctor Bocic			116			116
Cristian Canales				10		10
Rodolfo Serra				10		10
Manuel Rojas			32	16		48
Carola Hernández			37			37
Sub Total			241	128	12	381

Objetivo específico N°3

Participante	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova				28	32	60
Mauricio Braun				16	8	24
Vivian Valenzuela	16		383	160	32	591
Guillermo Galindo	16		481			497
Juan Saavedra			40			40
Sub Total	32		904	204	72	1.212



Objetivo específico N°4

Participante	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova				18	16	34
Carola Hernández			80	24	16	120
Sub Total			80	42	32	154

Objetivo específico N°5

Participante	Preparación	Crucero	Proceso	Análisis	Informe	Sub Total
José Córdova			22	32	16	70
Juan Saavedra			67	60	17	144
Hernán Reyes				15	5	20
Víctor Catasti			96	96	40	232
Víctor Correa			103	80	16	199
Sergio Núñez	22		85	130	50	287
José Ortiz	15	126	85	85	50	361
Eduardo Navarro		126	50	50	20	246
Patricio Torre		126	50	50	20	246
Pedro Carrasco		126				126
Maximiliano Reyes		126				126
Sebastián Vasquez		126				126
Técnico 1			190			190
Sub Total	37	756	748	598	234	2.373



Talleres

Participante	Taller I	Taller II	Sub Total
Jos3 C3rdova	16	16	32
M. A. Barbieri	16		16
Vivian Valenzuela	16	16	32
Sergio Nu3ez		8	8
Hern3n Miranda	16	16	32
Cristian Canales	8	8	16
Rodolfo Serra	8	8	16
V3ctor Catasti	8	8	16
V3ctor Bocio	8	8	16
Manuel Rojas	8	8	16
Sub Total	104	96	20

A N E X O III

TALLERES DE DIFUSIÓN
Y DISCUSIÓN JUREL



TALLERES DE DIFUSIÓN Y DISCUSIÓN

PROYECTO FIP 2006-02

“Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, verano, año 2006”

De acuerdo a lo establecido en los Términos Básicos de Referencias del Proyecto “Investigación Evaluación Directa de jurel V y X Regiones, verano, año 2006”, FIP 2'006-02, durante el desarrollo del estudio se realizaron dos Talleres de Trabajo. El primero, consideró la presentación de la metodología y principales actividades a desarrollar durante la prospección acústica, mientras que el segundo, tuvo como objetivo la discusión metodológica y difusión de los resultados alcanzados en el estudio, con la participación ampliada, en ambos casos de personas del sector pesquero y profesionales involucrados en el manejo de la pesquería de jurel.

El primer evento tuvo lugar en la Sala Auditorium del Instituto (IFOP), una semana antes de inicio de crucero (**Taller I**), mientras que el segundo se llevo a cabo en la misma sala previo a la entrega del Informe Prefinal (**Taller II**).

En el primer Taller se analizó la metodología a aplicar durante la evaluación acústica del jurel en la zona centro-sur del país, considerando aspectos tales conocer la distribución espacial fuera de la ZEE (ecoprospección simultánea), mantener la separación de muestras de plancton diurna y nocturna sugeridas por evaluador durante el 2004, así como conocer si ha cambiado el período de máxima disponibilidad de jurel registrada en invierno en la ZEE. Esto último, en atención a que entre 1997 y 2001, la disponibilidad de jurel en invierno se incremento desde 3.2 a 5.95 millones de toneladas en la ZEE, para posteriormente disminuir sus volúmenes a alrededor de las 500.000 toneladas, observando a partir del 2003, cuando se abre una ventana de evaluación por sobre la ZEE, un importante incremento de la biomasa mas allá de las 200 mn de la costa. En este sentido, el incremento de biomasa de 1.75 a 3.6 millones de toneladas sobre las 200 mn y la disminución de 881.000 a 510.000 toneladas dentro la ZEE, registrado entre el 2003 y 2005, muestra un fuerte cambio en el uso del espacio que hace el jurel durante el invierno en la zona centro-sur, sugiriendo la posibilidad de que altos volúmenes de biomasa se registren en otro período (marzo). No hubo observaciones y alcances a la metodología presentada.

Los resultados presentados en el segundo taller, muestran que el jurel presento una biomasa que no supero los mayores volúmenes cuantificados en invierno en la ZEE, razón por lo cual no es evidente la existencia de un cambio de estacionalidad en la máxima disponibilidad de jurel registrada históricamente en invierno, cuando se concentra mayoritariamente en el sector costero con fines de alimentación, después de participar en el desove en el sector oceánico. Luego, bajo esta condición es posible sostener que a partir de 2002, el jurel entra con una intensidad menor al sector costero



(ZEE), y que las variaciones observadas en la abundancia dentro y fuera de las 200 mn, evidencian un cambio en la distribuci3n espacial del jurel en la zona de estudio. Por otra parte, en la zona de estudio esta especie presento rangos preferenciales en las variables analizadas (ambiente georreferenciado), siendo característico para marzo un ambiente con alta concentraci3n de oxígeno, bajos niveles de clorofila y eufáusidos. Característica ambiente georreferenciado que también ha sido observada en las variaciones interanuales de las condiciones ambientales durante el período de invierno en al zona de estudio.

Como observaci3n importante, se menciona la necesidad de realizar estudios específicos para establecer si el recurso jurel ha cambiado su distribuci3n espacial, producto de un desplazamiento de la distribuci3n del recurso hacia el Pacifico Sur Occidental y/o una disminuci3n general en su abundancia, por cuanto este estudio, permiti3 establecer que en marzo no se registr3 un alto valor de abundancia, raz3n por lo cual la máxima disponibilidad en invierno indica un cambio en la distribuci3n de jurel con desplazamiento hacia el océano en la zona de estudio. Por otra parte, se plante3 el uso de informaci3n satelital de estructuras de mesoescala como remolinos y la variable oxígeno para determinar al área de concentraci3n de jurel, sin embargo, estos no son indicadores decisivos. En relaci3n al modelamiento realizado este mes de marzo, es importante mantenerlo en el tiempo para obtener un patr3n u observar si el modelo recoge y explica las variables consideradas (temperatura, gradiente térmico, salinidad, oxígeno, clorofila-a y eufáusidos).

A continuaci3n se detallan los Programas del Taller I y Taller II, respectivamente.



TALLER I

Proyecto FIP 2006-02

“Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, verano, año 2006”

Auditorium Marcos Espejo Vidal, IFOP

10:30 - 10:40	Presentación del Proyecto, José Córdova., jefe de proyecto. IFOP.
10:40 - 10:50	Presentación general del Proyecto, José Córdova., jefe de proyecto. IFOP.
10:50 - 11:00	Presentación del plan de crucero Sr. José Córdova., jefe de proyecto. IFOP
11:00 - 11:15	Determinación de abundancia (en número), biomasa total (en peso), distribución espacial y batimétrica en el área de estudio, José Córdova., jefe de proyecto. IFOP
11:00 - 11:15	Determinación de la distribución del zooplancton, con énfasis en los eufáusidos en el área y periodo de estudio. Sra. Vivian Valenzuela C. – encargada Plancton –IFOP.
11:15 - 11:30	Determinación de las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio y periodo de estudio. José Córdova., jefe de proyecto. IFOP
11:45 - 12:00	Café
12:00 - 12:30	Discusión y Conclusión
12:30	Clausura



TALLER II

Proyecto FIP 2006-02

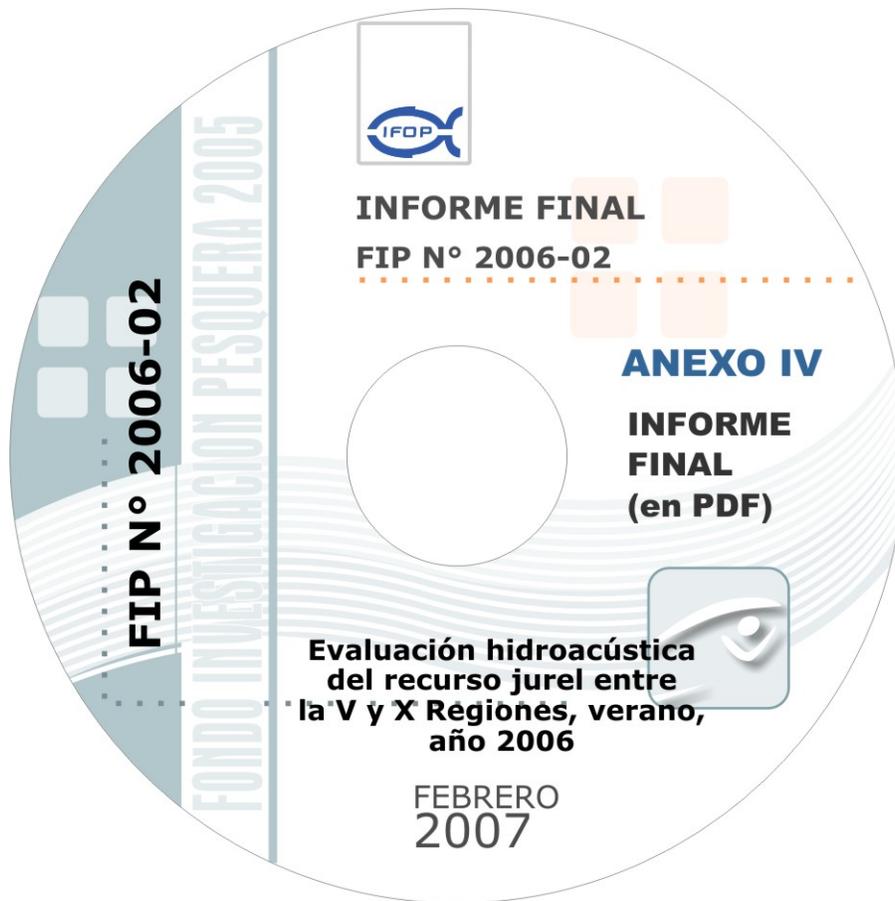
“Evaluaci3n hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, verano, ańo 2006”

Audit3rium Marcos Espejo Vidal, IFOP

09:30 - 09:40	Presentaci3n del Proyecto Jos3 C3rdova., jefe de proyecto. IFOP.
09:40 - 09:50	Presentaci3n general del Proyecto Jos3 C3rdova., jefe de proyecto. IFOP.
09:50 - 10:05	Determinaci3n de abundancia (en n3mero), biomasa total (en peso), distribuci3n espacial y batim3trica en el 3rea de estudio, Jos3 C3rdova., jefe de proyecto. IFOP
10:05 - 10:20	Caf3
10:20 - 10:35	Presentaci3n de los resultados de la condici3n hidrogr3fica y meteorolog3a de la zona centro – sur durante el verano 2006, Sergio N3ñez, INPESCA.
10:35 - 10:50	Interrelaciones entre las variables oceanogr3ficas del recurso jurel mediante sistema de informaci3n geogr3fica (SIG). V3ctor Catasti y Juan Carlos Saavedra, IFOP.
10:50 - 11:20	Discusi3n y Conclusi3n
10:30	Clausura

A N E X O I V

CD CON INFORME FINAL
EN PDF





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Blanco 839, Fono 56-32-2322000
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl
