



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 99 - 03

INFORME : EVALUACION ACUSTICA DEL RECURSO JUREL  
FINAL EN LA ZEE DE CHILE

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



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA

FIP Nº 99 - 03

# Evaluación acústica del recurso jurel en la ZEE de Chile



Mayo

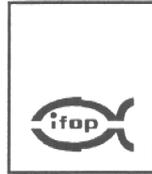
2 0 0 0

## **REQUIRENTE**

**CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA - CIP**  
**Presidente del Consejo: DANIEL ALBARRAN RUIZ-CLAVIJO**

## **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - IFOP**  
**Directora Ejecutiva (S): VILMA CORREA ROJAS**



## **JEFE DE PROYECTO**

**JOSÉ CÓRDOVA M.**

## **AUTORES**

### **INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

#### *Evaluación hidroacústica*

**JOSÉ CÓRDOVA  
MARÍA ANGELA BARBIERI  
HERNÁN MIRANDA  
MARCOS ESPEJO  
MANUEL ROJAS**

#### *Oceanografía Pesquera*

**JOSÉ CÓRDOVA  
MARÍA ANGELA BARBIERI  
SERGIO NÚÑEZ  
VÍCTOR CATASTI**

#### *Plancton*

**VIVIAN VALENZUELA  
MAURICIO BRAUN**

#### *Biología Pesquera*

**JOSÉ CÓRDOVA  
GUILLERMO GALINDO**

### **INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA OCTAVA REGION**

#### *Oceanografía física y química*

**SERGIO NÚÑEZ  
JOSÉ ORTÍZ**

#### *Trofodinámica*

**LEONARDO MIRANDA  
CHRISTIAN CUEVAS  
HERNÁN REBOLLEDO**



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio abarca los resultados de la cuantificación de la biomasa del jurel, su distribución, las condiciones ambientales y las relaciones entre éstas y la distribución del recurso, obtenidos durante un crucero de investigación, que abarcó el área entre el Algarrobo (33°20'S) y Bahía San Pedro (40°40'S), desde las 5 millas de la costa hasta las 200 millas, con especial interés en las 100 primeras millas de la costa. El crucero de investigación se realizó entre el 15 de mayo y el 30 de junio de 1999.

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

En la zona de estudio se efectuaron un total de 23 transectas, de las cuales 10 transectas (impares) tuvieron como límite occidental las 200 millas y 13 transectas (pares) alcanzaron las 100 millas en la zona de estudio. La separación entre transectas fue de 20 millas (desde la costa hasta las 100 mn) y de 40 millas (desde la costa hasta las 200 mn). El muestreo oceanográfico se realizó en estaciones situadas a 10, 25, 50, 75 y 100 millas de la costa en transectas impares y 10, 25, 50, 75, 100, 130, 160 y 200 mn en transectas pares. En ellas se tomaron registros de temperatura, salinidad, muestras de agua para la determinación de oxígeno, clorofila-a, y pesca de plancton con lances oblicuos con redes de arrastre a mediana con forro interior de 4 cm. Con los datos oceanográficos obtenidos se calculó la densidad del agua ( $\sigma_t$ ), la anomalía geopotencial y estabilidad de las masas de agua.



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

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

Se realizaron 36 lances de mediagua de pesca de identificación, se obtuvieron muestras para realizar el análisis biológico pesquero del jurel efectuando mediciones de la composición de tamaño, peso, sexo, y obteniendo muestras para el análisis del contenido estomacal.

La biomasa estimada del jurel fue de 4.100.000 toneladas con un coeficiente de variación de 8,00% y una densidad de 66,75 t/mn<sup>2</sup>.

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

Al comparar el resultado con evaluaciones de biomasa obtenida del año 1998 (3.200.000 t) hay un aumento del 22%.

En la zona de estudio, se determinó una abundancia numérica de 16.495.844.922 individuos, agrupando bajo la talla mínima legal de 26 cm el 54,78 % en número y 29,03 % en peso.



En la distribución del jurel se identificaron tres áreas de alta concentración. El primero desde el límite norte de la zona prospectada y Bucalemu (33°50'S) donde se presentó el 29,69% de la biomasa estimada. El segundo sector ubicado entre Constitución y Pta. Nugume, donde predominan agregaciones de tipo cardumen y estratos aportó con el 18,20% de la biomasa. Por último el tercer sector se localiza desde Lebu hasta Ba. San Pedro, en esta área existen un alto número de focos de alta densidad y contribuye con el 36,16% de la biomasa. La distribución geográfica de la abundancia posee variaciones interanuales importantes; Así, el patrón de distribución de la especie en este crucero no coincide con los años 1991, 1992, 1994 y 1998, donde se observó que sobre el 70% de la biomasa detectada se registra al sur de Talcahuano.

En general, la distribución batimétrica del jurel fue entre los 10 y 150 m de profundidad, distribuyéndose en la columna de agua el 40,38% y 46,0 % entre 10 a 40 y 60 a 110 m, respectivamente. En la zona norte el recurso se registró mayoritariamente entre los 30-50 mn de la costa, con las principales agregaciones entre la superficie y los 110 m de profundidad. En el sector central, el jurel se presentó desde la zona costera hasta las 100-130 mn y desde los 5 m hasta los 130 m de profundidad, destacándose que las agregaciones más profundas corresponden a niveles más bajos de densidad. Respecto al sector sur, la distribución batimétrica fue mayor en la costa (alcanzando una profundidad máxima de 150 m), en tanto en el área oceánica, la distribución en profundidades decrece a un máximo de 100 m. Se destaca que se observa, de norte a sur, una tendencia del recurso a profundizarse en el sector costero, situación que se ha mantenido en las prospecciones realizadas durante 1997 y 1998.

La captura total fue de 6.032,58 kg, en 32 lances de pesca, lo cual da una captura promedio de 167,57 kg por lance. El 86,4% de la captura correspondió, por otra parte, en 30 lances hubo fauna acompañante que representó el 13,6% de la captura.



Las especies presentes fueron: *Lepidupos australis* (5,21%), *Benthoosema sp* (4,05%), *Vinciquerre lucetia* (3,47%), *Scomber japonicus* (0,36%), *Symbolophorus sp* (0,15%), *Cubiceps caruleus* (0,12%) y con una baja representatividad de las especies restantes.

El rango de tallas del jurel es de 19 a 58 cm de longitud horquilla. La estructura de tamaños de jurel presenta una distribución geográfica diferenciada por tamaño, los especímenes de mayor talla se encuentran en la zona sur en el área costera. En el presente crucero el 84,7% de los ejemplares está bajo la talla mínima legal de 26 cm; incrementándose respecto al año pasado (70,8 %), y manteniéndose el alto número de juveniles en relación a lo observado durante 1992 (36,6%), 1993 (30,5%) y 1994 (52,0%).

El rango de tallas del jurel es de 17 a 56 cm de longitud horquilla, identificando dos grupos de estratos. El primero está conformado por individuos entre 19 a 33 cm que representa el 94,7% y son jurel de 2 a 4 años. El segundo estrato agrupa jureles adultos de 38 a 49 cm en edades de 9 años, que aportan el 3,3%.

Al igual que 1997 y 1998, la estructura de talla presenta una moda fuerte y una moda secundaria moderada, no registrando los dos últimos años ejemplares bajos los 17 cm. El aporte de ejemplares entre 21 a 30 cm todos los años ha superado el 85%, presentando este intervalo una distribución bastante cercana a Gauss durante 1999. Se destaca que el número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm es de 63,67%. Finalmente, se señala que la distribución de tamaño de jurel por zona muestra que para los sectores centro y sur la distribución por tallas de jurel es similar, ubicándose los ejemplares mayores en el sector sur y costero del área de estudio, al igual que en 1997 y 1998.



Dentro de los estómagos de jurel se encontraron ocho taxas de presas, de los cuales los eufáusidos y peces linternas dominaron la dieta de jurel, al igual que el año pasado, tanto en número, peso y frecuencia de aparición. Asimismo, cabe señalar el gran aporte en peso de los peces linterna a la dieta de jurel, desplazando a un segundo plano a los eufáusidos, situación que posee precedentes durante el crucero realizado en la misma temporada durante 1998.

En cuanto a la composición y abundancia del zooplancton, existe la presencia de 17 grupos zooplanctónicos y una abundancia global para la zona de estudio de 14.362.382 individuos/1000m<sup>3</sup>. En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por cinco grupos de mayor presencia espacial, estos son copépodos, larvas de decápodos y quetognatos con un 100% (constancia), eufáusidos y ostrácodos con un 94,87%.

En la región de estudio, y hasta una profundidad máxima equivalente a 600 dbar, se encuentran presentes tres masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) y Agua Intermedia Antártica (AIA). Los valores característicos que presentan estas tres masas de agua son similares a los descritos para los cruceros que sirvieron de contrastación en este análisis histórico. No obstante, esta situación difiere notablemente que la de 1997 donde se presentan diferencias en los índices termohalinos del área de estudio en consideración a la manifestación del evento "El Niño" de 1997-98, el cual estableció aguas más cálidas y salinas, especialmente en los sectores del norte y centro del área de estudio.

En el sector norte, las ASAA presentaron una variación de temperatura entre 11,22 y 15,05°C y un rango de salinidad de 33,95 a 34,27 psu. Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,40 y 34,70 psu y una variación de temperatura entre 9,70 y 11,85°C. Las AIA temperaturas entre 5,05 y 7,12°C y salinidades entre 34,45 y 34,6 psu.



En el sector central, las ASAA se caracterizaron por temperaturas entre 10,35° y 14,95°C y un rango de salinidad entre 33,82 y 34,30 psu. Las AESS mostraron una variación de salinidad entre 34,21 y 34,61 psu, mientras que la temperatura presenta sus límites entre 9,7 y 11,48°C, por su parte. Las AIA se presentaron con temperaturas entre 5,20 y 6,64°C y una variación de salinidad entre 34,23 y 34,36 psu.

En el sector sur, las temperaturas superficiales alcanzaron entre 10,30 y 15,0°C, mientras que la salinidad varió entre 33,05 y 34,05 psu. Esta mayor variabilidad de los índices salinos se debió al aporte de aguas continentales que llegan a este sector. Las AESS mostraron una variación de temperatura entre 8,2 y 11,35°C y un rango de salinidad de 34,22 y 34,62 psu. Las AIA tuvieron un rango de temperatura entre 5,02 y 6,47°C y una variación de salinidad entre 34,20 y 34,32 psu.

En la carta de distribución del jurel, elaborada con SIG, se observa que el recurso presenta una extensa repartición en el área prospectada. En la parte norte (33°-35° LS) el jurel tiene una distribución costera (costa hasta 74°W). En la parte central (35°-37° 30' LS) se encuentra distribuido desde 60 mn de la costa hasta longitud 76° 15'W. En la parte sur (37° 30' LS al sur) la especie tiene una amplia distribución desde la costa hasta la longitud 78°W. En la columna de agua el jurel se presenta desde la superficie hasta los 170 m de profundidad, con una clara preferencia por los primeros 100 m de la columna de agua donde se registra el 71,5% de las celdas.

El análisis espacial presenta índices de asociación Cr (índice V de Cramer) bajos y muy análogos a los encontrados en la misma zona el año pasado. Con respecto a la temperatura y a la salinidad, los indicadores de Cr alcanzan a un Cr=0,23; en cuanto al oxígeno, el Cr registra índices aún más bajos con un Cr=0,19 y 0,22, en las capas superficial y a 50m, respectivamente; los indicadores de asociación de Cr entre la densidad y la distribución del jurel alcanzaron los 0,23 y 0,19 en la superficie y a 50 m.



Los índices de asociación de Cr entre la clorofila integrada y el jurel son los mayores alcanzando un  $Cr=0,24$  en el plano de 50 m.

Respecto a los rangos de preferencia de la especie, el jurel se encuentra mayoritariamente en aguas de  $13^{\circ}\text{C}$ , y muestra una clara preferencia por salinidades de 33,9 psu; asimismo, el jurel se encuentra distribuido con una mayor frecuencia en el rango de oxígeno 2,0 ml/l a 4,5 ml/l; en cuanto a la densidad, los ejemplares se concentran en el rango entre los 25,2 y los 26,0 sigma-t; finalmente, con respecto a la clorofila-a existe una marcada preferencia por aguas de 20 a  $30\text{ mg/m}^3$ .

El análisis de componentes principales muestra una baja correlación entre las variables. El primer componente explica sólo el 18,23% de la varianza y el segundo componente el 15,58%. En la componente 1 las variables que presentan comunalidades significativas son aquellas presentes en el plano de 5 m, como gradientes de salinidad, de oxígeno y densidad, los análisis muestran que estas variables se relacionan con la densidad de jurel entre la superficie y los 50 m.

La asociación entre la densidad del jurel y las variables ambientales permitió establecer un modelo funcional entre éstas. El modelo considera como variable dependiente la densidad de jurel en dicha columna y como variables oceanográficas superficiales: la salinidad y el oxígeno (expresado como gradiente). Los parámetros del modelo son los siguientes:

- Intercepto : -34355,24
- Salinidad : 1017,71
- Gradiente de oxígeno : 512,81

El modelo explica sólo el 38,72% de la varianza y se ajusta con un  $F = 3,16$ , donde  $p=0,0159$ .



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## INDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>i</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>ix</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	<b>1</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>4. METODOLOGIA DE TRABAJO</b> .....	<b>5</b>
4.1 Aspectos generales del crucero .....	5
4.2 Hidroacústica .....	6
4.2.1 Diseño de muestreo .....	6
4.2.2 Calibración electroacústica .....	7
4.2.3 Información acústica .....	9
4.2.4 Análisis de la información acústica .....	10
4.2.5 Constante de eointegración ( $C_b$ ) .....	12
4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza .....	13
4.2.7 Medida de precisión del estimado .....	25
4.3 Pesca de identificación .....	26
4.4 Trofodinámica .....	29
4.4.1 Obtención de las muestras .....	29
4.4.2 Análisis de la información .....	29
4.5 Oceanografía física y química .....	36



4.5.1	Diseño general de muestreo -----	36
4.5.2	Análisis de las muestras y de la información -----	39
4.5.3	Información meteorológica -----	40
4.6	Plancton -----	40
4.6.1	Colecta de información -----	40
4.6.2	Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas -----	42
4.6.3	Biomasa zooplanctónica total -----	45
4.7	Exploración de asociaciones -----	46
4.7.1	Análisis cartográfico entre la distribución del jurel y las variables oceanográficas -----	46
4.7.2	Análisis de las relaciones entre la biomasa del jurel y las variables oceanográficas -----	49
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS -----</b>	<b>53</b>
5.1	Evaluación hidroacústica -----	53
5.1.1	Calibración electroacústica -----	53
5.1.2	Constante de eointegración ( $t^* mn^2 Sa^{-1}$ ) -----	54
5.1.3	Descripción de estructuras espaciales en la información acústica -----	55
5.1.4	Abundancia del recurso -----	58
5.1.5	Características de las zonas de concentración -----	64
5.1.6	Distribución geográfica del recurso -----	66
5.1.7	Distribución batimétrica del recurso -----	68
5.1.8	Análisis de los resultados de hidroacústica -----	69
5.2	Pesca -----	73
5.2.1	Resultados de lances de pesca -----	73
5.2.2	Composición por tamaño -----	76
5.2.3	Relación longitud-peso -----	77
5.3	Trofodinámica -----	78



5.3.1	Importancia de las pescas -----	80
5.3.2	Similitud trófica -----	83
5.3.3	Ración diaria de alimento (RD) y relación consumo/ biomasa (Q/B) -----	84
5.3.4	Selectividad de presas por tamaño (Ursin, 1973) -----	86
5.3.5	Selectividad de jurel de acuerdo a la oferta ambiental (Chesson, 1978) -----	87
5.4	Oceanografía física y química -----	88
5.4.1	Batimetría de la zona de estudio -----	88
5.4.2	Condiciones meteorológicas -----	89
5.4.3	Muestreo regular -----	92
5.5	Pancton -----	130
5.5.1	Composición y abundancia del zooplancton -----	130
5.5.2	Distribución del zooplancton -----	136
5.5.3	Análisis estacional del zooplancton -----	140
5.5.4	Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos -----	141
5.5.5	Biomasa zooplanctónica -----	142
5.6	Asociación espacial entre las condiciones oceanográficas y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio -----	144
5.6.1	Condiciones oceanográficas y la distribución del jure -----	144
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN -----</b>	<b>159</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES -----</b>	<b>175</b>
7.1	Acústica -----	175
7.2	Pesca -----	177
7.3	Sección trofodinámica -----	178
7.4	Sección oceanografía -----	179
7.5	Plancton -----	181
7.6	Asociaciones -----	183
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS -----</b>	<b>185</b>

## FIGURAS



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Agregaciones de jurel por categorías.
- Tabla 2. Información de los lances de pesca realizados en el crucero de evaluación de jurel (mayo – julio 1999).
- Tabla 3. Clasificación de jurel por grupos de tamaño de jurel definidos cada 5 cm de longitud de horquilla (LH).
- Tabla 4. División operacional del área de estudio. Los números entre paréntesis indican el número total de transectas realizadas en cada sector.
- Tabla 5. Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular (mayo – junio 1999).
- Tabla 6. Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipos de datos.
- Tabla 7. Ganancia del transductor medido para TS (fuerza de blanco) y Sv (Coeficiente de dispersión volumétrica) 38 Khz.
- Tabla 8. Valores de t Students observados y críticos para frecuencia de 38Khz.
- Tabla 9. Indices de presencia (IC) y densidad (ID) en zonas de concentración de jurel.
- Tabla 10. Frecuencia de presencia de cardúmenes por milla recorrida.
- Tabla 11. Estimados de biomasa y densidad de jurel.
- Tabla 12. Abundancia numérica y en peso a la talla de jurel.
- Tabla 13. Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel.
- Tabla 14. Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel.



- Tabla 15. Biomasa y densidad por foco de concentración.
- Tabla 16. Frecuencia de aparición de cardúmenes por IBM.
- Tabla 17. Información de fauna acompañante en los lances de pesca realizados en el crucero.
- Tabla 18. Análisis de Chi Cuadrado para las distribuciones de talla de jurel (mayo – junio 1999).
- Tabla 19. Parámetros y estadística básica de la relación  $W=a*L^b$ .
- Tabla 20. Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca.
- Tabla 21. Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo – junio 1999).
- Tabla 22. Número (N%), Frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo – junio 1999).
- Tabla 23. Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo - junio 1999).
- Tabla 24. Índice de importancia relativa (IIR) por posición y estómagos totales y con contenido (mayo - junio 1999).
- Tabla 25. Tiempo de digestión (en días), Peso promedio de la presa (en %), ración diaria (en % del peso corporal), razón consumo biomasa (Q/B) y razón consumo biomasa porcentual respecto del total de las presas, en el período y área de estudio.
- Tabla 26. Índice de selectividad de presas por tamaño de Ursin (U), desviación estándar y tamaño de la presa en porcentaje (t%).
- Tabla 27. Promedio (Prom) y desviación estándar (d.s.) del índice de selectividad de Ursin, U (1973) en *T. s. murphyi*, número de observaciones (n), y tamaño promedio del taxón de presa (% en peso respecto del predador, t), para



1993 (Serra *et al.*, 1994b), 1994 (Serra *et al.*, 1995) y 1997 (Miranda *et al.*, 1998a).

- Tabla 28. Índice de selectividad de Chesson (alfa) por cuadrante artificial en jurel (junio - julio 1998), para anfípodos, copépodos, eufáusidos, ostrácodos y pterópodos (Thecosomata).
- Tabla 29. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio.
- Tabla 30. Frecuencia de ocurrencia y dominancia numérica de los grupos zooplanctónicos en los años 1897, 1998 y 1999.
- Tabla 31. Abundancia zooplanctónica de los grupos analizados en 1997, 1998 y 1999.
- Tabla 32. Biomasa zooplanctónica para el período 1997-1999.
- Tabla 33. Número de celdas ocupadas por el jurel en el área de estudio, considerando su nivel de densidad.
- Tabla 34. Estadísticos de las cartografías de distribución de jurel y de las variables ambientales en las capas 5, 50, y 100 m en los cruceros de prospección hidroacústica del año 1999.
- Tabla 35. Rango de las variables bio-oceanográficas en áreas con presencia de jurel, en los cruceros de prospección hidroacústica de los años 1993 ((Serra *et al.*, 1994b), de 1994 (Quiñónez, *et al.*, 1995); de 1997 (Cordova *et al.*, 1998) y de 1998 (Cordova *et al.*, 1999).
- Tabla 36. Coeficientes Cramer's de la cartografía de distribución de jurel, respecto variables ambientales en las capas de 5 y 50 m.
- Tabla 37. Matriz de correlación entre las variables.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## INDICES DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución de transectas. Crucero 9906.
- Figura 2. Estaciones de muestreo oceanográfico dispuestas en el área de estudio.
- Figura 3. Distribución espacial de la abundancia de jurel. Crucero 9906.
- Figura 4. Correlograma por sectores. a) norte; b) centro y c) sur..
- Figura 5. Variograma para la zona de estudio. a) costa b) océano.
- Figura 6. Distribución batimétrica de jurel por categorías y sectores. a) norte; b) centro y c) sur.
- Figura 7. Distribución geográfica de lances de pesca. Crucero 9906.
- Figura 8. Distribución de la frecuencia de tallas de jurel. a) 1997, b) 1998 y c) 1999.
- Figura 9. Distribución de tallas por sectores a) norte; b) centro y c) sur.
- Figura 10. Distribución de tallas de la fauna acompañante.
- Figura 11. Relación longitud-peso a) ambos sexos; b) machos y c) hembras.
- Figura 12. Dendogramas de similitud trófica en jurel por grupos de tamaño (a) y por posición (b) para muestras tomadas entre mayo y junio de 1999.
- Figura 13. Batimetría global de la zona de estudio.
- Figura 14. Variabilidad de las condiciones meteorológicas en el período de estudio.
- Figura 15. Distribución horizontal de temperatura. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.



- Figura 15c. Distribución horizontal de temperatura. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 16. Distribución horizontal de salinidad. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 16c. Distribución horizontal de salinidad. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 17. Distribución horizontal de densidad. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 17c. Distribución horizontal de densidad. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 18. Distribución horizontal de oxígeno disuelto. Estratos de 5, 25, 50 y 100 m.
- Figura 18c. Distribución horizontal de oxígeno disuelto. Estratos de 200 y 400 m.
- Figura 19. Distribución horizontal de a) Clorofila-a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) b) Clorofila-a integrada entre 0-100 m ( $\text{mg/m}^2$ ).
- Figura 20. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 1.
- Figura 21. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 2.
- Figura 22. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 3.
- Figura 23. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 4.
- Figura 24. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 5.
- Figura 25. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 6.
- Figura 26. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 7.



- Figura 27. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 8.
- Figura 28. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 9.
- Figura 29. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 10.
- Figura 30. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 11.
- Figura 31. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 12.
- Figura 32. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 13.
- Figura 33. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 14.
- Figura 34. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 15.
- Figura 35. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 16.
- Figura 36. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 17.
- Figura 37. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 18.
- Figura 38. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 19.
- Figura 39. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 20.



- Figura 40. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 21.
- Figura 41. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 22.
- Figura 42. Distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Sección oceanográfica, Transecta 23.
- Figura 43. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Transecta costera.
- Figura 44. Secciones longitudinales de la distribución vertical de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y clorofila-a. Transecta oceánica.
- Figura 45. Perfiles verticales promedio de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para todas las transectas de muestreo.
- Figura 46. Perfiles verticales promedio de salinidad (psu) para todas las transectas de muestreo.
- Figura 47. Perfiles verticales promedio de densidad ( $\sigma_t$ ) para todas las transectas de muestreo.
- Figura 48. Perfiles verticales promedio de oxígeno disuelto (ml/l) para todas las transectas de muestreo.
- Figura 49. Perfiles verticales promedio de clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ) para todas las transectas de muestreo.
- Figura 50. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector norte. Transecta 3.
- Figura 51. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector centro. Transecta 13.
- Figura 52. Distribución vertical de la estabilidad en la columna de agua. Sector sur. Transecta 23.



- Figura 53. Distribución horizontal de a) Profundidad de la capa de mezcla (m) y b) Profundidad base de la termoclina (m).
- Figura 54. Relación entre el componente de la velocidad del viento y las profundidades de mezcla y base de la termoclina: a) este-oeste y b) norte-sur.
- Figura 55. Diagramas T-S para los sectores: a) Noroeste, b) Noreste, c) Centrooeste, d) Centroeste, e) Suroeste y f) Sureste.
- Figura 56. Distribución y abundancia: a) Copépodos, b) Quetognatos, c) Larvas de Decápodos y d) Eufáusidos. Crucero 9906.
- Figura 57. Distribución y abundancia de Eufáusidos en otoño de 1997, 1998 y 1999.
- Figura 58. Distribución latitudinal de Eufáusidos en otoño de 1997, 1998 y 1999.
- Figura 59. Distribución y abundancia: a) Ostrácodos y b) Apendicularias. Crucero 9906.
- Figura 60. Dendograma de similitud de Winer de los grupos zooplanctónicos analizados en otoño 1998.
- Figura 61. Distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica. Crucero 9906.
- Figura 62. Distribución espacial de la biomasa de jurel.
- Figura 63. Número de celdas de jurel respecto a variables ambientales (capa superficial).
- Figura 64. Número de celdas de jurel respecto a variables ambientales (capa 50 m).
- Figura 65. Distribución espacial de la temperatura (°C). Estratos de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.
- Figura 66. Distribución espacial de la salinidad (psu). Estratos de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.



- Figura 67. Distribución espacial del oxígeno disuelto (mg/l). Estratos de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.
- Figura 68. Distribución espacial de la densidad (sigma-t). Estratos de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.
- Figura 69. Distribución espacial de a) clorofila-a integrada ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ); b) capa de dispersión profunda; c) eufáusidos ( $\text{ind}/1000\text{m}^3$ ).
- Figura 70. Número de cardúmenes en: a) sector costero, b) sector oceánico y c) total.
- Figura 71. Presencia de agregaciones en: a) sector costero, b) sector oceánico y c) total.



## 1. OBJETIVO GENERAL

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

## 2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Determinar la distribución espacial y batimétrica del recurso jurel en el área de estudio.
- 2.2 Determinar la biomasa total (en peso) del recurso jurel en el área de estudio.
- 2.3 Determinar la distribución del zooplancton en el área de estudio, con especial énfasis en los eufáusidos.
- 2.4 Determinar la composición de los principales ítemes alimentarios del jurel en el área de estudio.
- 2.5 Determinar la fauna acompañante y sus proporciones en las pescas de identificación.
- 2.6 Determinar las condiciones oceanográficas y su relación con la distribución del zooplancton y la distribución y abundancia del jurel en el área de estudio.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



### 3. ANTECEDENTES

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

El jurel es un recurso típicamente pelágico, que habita regiones oceánicas y costeras. Actualmente sostiene la más importante pesquería de cerco del país, habiendo sido además, especie objetivo de la pesca internacional de altura entre los años 1978 y 1991, por embarcaciones de la ex Unión Soviética que operaron frente a las costas de Chile y Perú. En 1998, los desembarques de jurel por la flota cerquera industrial en los puertos de la Octava Región alcanzaron las 1.459.727 toneladas, lo que representó el 94,9% del total nacional para jurel en SUBPESCA 1999), mientras que hasta noviembre de 1999 fue de 66,5% (IFOP), producto del alto número de vedas en la zona centro-sur.

Considerando la importancia del recurso para la economía del país y el nivel de explotación a que está sometido, así como el alto porcentaje de individuos bajo la talla mínima legal (26 cm) detectado durante 1997 y 1998 (proyecto FIP 97-05B y FIP 98-07), es necesario profundizar el conocimiento existente acerca de su distribución espacial, abundancia del recurso y su asociación con el ambiente, con el objeto de mejorar la asesoría para el manejo pesquero. Estos aspectos son especialmente relevantes para la comprensión de los cambios, tanto en abundancia como en disponibilidad del recurso, existiendo preguntas importantes que requieren ser contestadas, tales como las



relativas a identificar los factores que determinarían la distribución de las mayores concentraciones de jurel en ciertas zonas y no en otras.

En este sentido en el Consejo de Investigación Pesquera ha solicitado la ejecución del presente estudio para determinar la biomasa de jurel, su distribución y factores ambientales asociados. Luego, el presente informe entrega los resultados correspondientes a la cuantificación de la biomasa de jurel en el área de estudio y su varianza, además de información sobre las condiciones ambientales y la posible relación de ésta con la distribución del recurso.



## 4. METODOLOGIA DE TRABAJO

### 4.1 Aspectos generales del crucero

La prospección hidroacústica se efectuó a bordo del B/l "Abate Molina", operado por el Instituto de Fomento Pesquero, entre el 15 de mayo al 30 de junio de 1999, y abarcó la zona comprendida entre Algarrobo ( $33^{\circ} 20'LS$ ) y Ba. San Pedro ( $40^{\circ} 40'LS$ ).

En la zona de estudio se efectuaron un total de 23 transectas, de las cuales 11 transectas tuvieron como límite occidental las 200 millas y 13 transectas alcanzaron las 100 millas (Fig 1). La separación entre transectas fue de 20 millas desde la costa a las 100 millas, mientras que hacia las 200 millas éstas se situaron cada 40 millas.

Durante el desarrollo del crucero de cuantificación acústica, se realizaron un total de 36 lances de pesca a fin de identificar ecotrazos y obtener muestras para estudios biológicos y de alimentación. Para tal efecto, se utilizó una red de arrastre a mediagua con un forro interior de 4 cm, con el objeto de asegurar la retención de ejemplares de tallas menores.

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

Las condiciones de mal tiempo imperante durante el transcurso del crucero de prospección, no permitieron la ejecución de algunas estaciones de plancton, y es así que sólo se efectuó el 82,0% de las estaciones programadas.



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

## 4.2 Hidroacústica

### 4.2.1 Diseño de muestreo

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

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

Este tipo de muestreo, que supone aleatoriedad en la distribución del recurso con respecto a la posición de las transectas, permite por una parte, disminuir la varianza del estimador cuando los datos presentan una gradiente de densidad en el sentido de las transectas, y por otra obtener información adecuada sobre la distribución de los recursos (MacLennan y Simmonds, 1992).



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

La distancia entre transectas fue de 20 mn y 40 mn dentro y fuera de las 100 mn de la costa, esta densidad de muestreo consideró obtener un coeficiente de variación esperado del 29,7 en la evaluación acústica, para lo cual se requirió efectuar 21 transectas en la zona de estudio. En estas transectas, se recolectó información acústica desde la superficie y los 500 m de profundidad.

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

#### 4.2.2 Calibración electroacústica

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

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



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  $TS$  intensidad de blanco teórico (dB).

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

$$G_1 = G_0 + \frac{10 * \log \frac{S_{a_m}}{S_{a_t}}}{2}$$

siendo:

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

donde;

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

$r$  = profundidad de la esfera (m),

$r_0$  = profundidad de la esfera (m),

$\psi$  = ángulo equivalente del haz acústico,

$S_{a_t}$  =  $S_a$  teórico del blanco estándar ,

$S_{a_m}$  =  $S_a$  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, cuando coinciden en el espacio y tiempo con el desarrollo del crucero.

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

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

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

**Tabla 1** Agregación de jurel por categorías de densidad

<b>Categorías</b>	<b>Intervalos (t/mn<sup>2</sup>)</b>	<b>Calificación de densidad</b>
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<sup>2</sup>/Sa)

### b) Descripción de estructuras espaciales

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

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

donde,

- k = orden de autocorrelación
- Y<sub>ij</sub> = densidad j-ésima de la transecta i-ésima
- Y<sub>i</sub> = densidad media de la transecta i-ésima
- n<sub>i</sub> = número de IBM en la transecta i-ésima
- n = número total de observaciones



### c) Estructura espacial de la distribución

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

El variograma esta dado por:

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

donde,

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

#### 4.2.5 Constante de ecointegración ( $C_b$ )

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

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



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. Modelo que considera la proporcionalidad entre el cuadrado de la longitud y la fuerza de blanco (Foote, 1986)

#### 4.2.6 Cálculo de la abundancia y su varianza

##### a) Abundancia en peso total

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

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

donde:

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

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

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



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

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

donde:

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

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

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

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

## b) Estimadores de la Varianza total

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

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



al expandir,

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

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

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

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

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

- $n_k$  = 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

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



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

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

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

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

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

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

donde,

$\bar{L}$  = longitud promedio o mediana

$L_i$  = longitud observada

$\hat{TS}_i$  = fuerza de blanco estimada por regresión TS - Longitud

$TS_i$  = fuerza de blanco observada

$n$  = número de datos observados

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



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

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

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

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

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

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

— Estratos agrupados (Volter, 1985)

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

donde:

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

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

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

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



— Método bootstrap (Robotham y Castillo, 1990)

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

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

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

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

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

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

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



### — 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:

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

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

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

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

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

siendo V el área de distribución del recurso en el área de estudio,  $\alpha$  y  $\beta$  los índices de los intervalos básicos de muestreo y n el número de muestras en V.

La varianza  $\sigma_e^2$  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  $\gamma(S, S)$  y de la posición de la red de muestreo en el campo para  $\gamma(S, V)$  (Petitgas y Prampart, 1993).



### c) Biomasa a la talla

#### — Estimación de estructura de talla.

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

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

donde:

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

y = lance de pesca

$C_{hi}$  = 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

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

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

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

donde,

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

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



— Estimación de la relación longitud-peso.

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

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

o bien el estimador:

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

— **Estimación del peso medio por ejemplar**

Este parámetro será estimado haciendo uso del siguiente estimador:

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

donde,

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

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

La abundancia en la zona de pesca “h” será estimada mediante expresión:

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



donde,

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

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

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

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

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

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

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



## Varianza biomasa a la talla

### – Varianza del estimador de $P_{hk}$

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

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

donde,

$M_h$  = número máximo de lances que se pueden ser realizados

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

y,

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

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

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

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

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

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



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

La varianza del estimador del peso medio por ejemplar será obtenida por medio de:

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

donde,

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

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

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

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

donde,

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

— **Varianza del estimador de  $X_{hk}$**

La varianza será determinada mediante el estimador:

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



### — Varianza del estimador de $B_{hk}$

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

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

#### 4.2.7 Medida de precisión del estimado

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

##### a) Coeficiente de variación (Cv)

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

donde:

Vx = varianza de la media

X = media muestral

##### b) Porcentaje de error (E%)

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

donde,

V(B) = varianza de la abundancia

B = biomasa

t = t de student

$\alpha$  = nivel de confianza a un 95 %



### **4.3 Pesca de identificación**

La unidad de muestreo fue el lance de pesca con una red de arrastre a mediagua, efectuando un total de 29 lances de pesca en la zona de estudio, siendo el recurso jurel la principal especie capturada. En la tabla 2, se indica fecha, posición, duración del lance, captura de jurel y fauna acompañante registrada por lance de pesca.

En cada lance de pesca se estimó la captura obtenida para el total y por especie. Para ello, se utilizó una relación volumen/peso conocida o el pesaje individual cuando fue posible.

#### **— Muestreo de jurel y fauna acompañante**

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

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

**Tabla 2.** Información de los lances de pesca realizados en el crucero de evaluación de jurel (mayo-junio 1999).

Lance	Fecha	Hora		Posición calado		Posición de virado		Tipo	Hora	Veloc.	Profund.	Altura
		Calado	Virado	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud					
1	17-05-99	16:56	18:00	4027,78	7411,93	4023,69	7413,13	Disperso	16:56	4,9	132,6	29
2	18-05-99	02:28	03:25	4137,30	7412,90	4133,60	7413,80	Card. Estrato	02:28	3,0	20	30
3	22-05-99	21:44	22:33	4002,35	7553,52	3959,04	7554,37	Disperso	21:45	4,2	17	30
4	23-05-99	11:30	12:20	4024,73	7529,04	4020,90	7528,28	Cardumen	11:32	4,3	40	29
5	24-05-99	19:25	20:07	4039,87	7546,48	4040,52	7542,99	Cardumen	19:27	3,8	45	30
6	25-05-99	01:10	02:15	4026,10	7550,90	4022,40	7550,60		01:25	4,0	30	30
7	26-05-99	08:50	09:20	3920,63	7701,69	3920,76	7704,03	Estrato	08:55	4,3	173,7	30
8	26-05-99	15:30	16:34	3920,90	7627,80	3920,10	7633,15	Disperso	15:30	4,0	40	30
9	28-05-99	21:00	21:53	3919,91	7508,54	3919,77	7504,94	Disperso	21:01	3,6	25	30
10	29-05-99	02:00	03:22	3859,60	7526,90	3902,50	7522,90		02:20	3,2	80	30
11	29-05-99	23:00	23:45	3900,75	7349,03	3900,21	7352,08	Card. Estrato	23:03	3,9	30	30
12	30-05-99	11:01	12:00	3840,57	7429,90	3839,69	7425,42	Card. Aislado	11:05	3,6	100	30
13	31-05-99	02:10	03:25	3841,60	7550,50	3836,40	7552,60	Estrato	02:22	3,5	25	30
14	01-06-99	10:25	11:10	3800,16	7709,23	3759,68	7712,38	Card. Aislado	10:26	4,0	100	30
15	01-06-99	19:42	20:42	3759,63	7615,96	3758,34	7619,92	Card. Aislado	19:45	4,0	20	30
16	06-06-99	17:02	18:41	3753,87	7549,48	3747,62	7548,38		17:05	3,8	100	37
17	06-06-99	13:09	14:20	3719,88	7444,78	3719,50	7439,30	Card. Aislado	13:25	3,4	75,8	30
18	06-06-99	22:43	23:34	3719,85	7541,39	3718,86	7537,43	Disperso	22:46	4,1	16	30
19	08-06-99	20:24	21:09	3641,37	7542,78	3637,93	7544,29	Card. Aislado	20:26	4,0	21	30
20	09-06-99	11:50	12:20	3700,08	7501,68	3659,83	7503,72	Estrato	11:52	4,0	200	30
21	12-06-99	12:00	12:47	3638,61	7412,13	3641,10	7413,10	Card. Aislado	12:03	4,0	100	30
22	14-06-99	21:31	22:15	3553,41	7450,78	3556,27	7449,94	Dispersol	21:33	4,0	22	30
23	15-06-99	09:28	10:15	3600,06	7514,10	3559,13	7510,53	Card. Aislado	09:30	3,7	74	30
24	15-06-99	20:13	21:00	3559,74	7625,42	3559,53	7621,91	Disperso	20:13	4,0	20	30
25	16-06-99	09:49	10:20	3520,19	7602,15	3520,32	7605,08	Estrato prof.	09:51	3,5	160	30
26	17-06-99	23:11	00:10	3540,43	7409,85	3537,29	7410,81	Card. Aislado	23:12	3,7	15	30
27	19-06-99	21:47	22:31	3519,56	7419,16	3520,11	7415,37	Card. Aislado	21:49	4,1	26	30
28	22-06-99	12:30	13:30	3439,26	7302,12	3438,68	7257,97	Card. Aislado	12:32		100	30
29	25-06-99	12:34	13:20	3420,09	7249,88	3422,37	7248,09	Card. Aislado	12:35	3,6	130	30
30	25-06-99	21:59	22:45	3419,36	7228,87	3422,18	7227,99	Card. Aislado	22:01	3,3	15	30
31	26-06-99	08:36	09:15	3359,98	7223,06	3359,98	7220,28	Card. Aislado	08:37	3,9	100	30
32	26-06-99	14:25	15:30	3359,15	7232,50	3403,10	7232,97	Card. Estrato	14:35	3,0	80	30
33	26-06-99	21:26	22:11	3359,12	7234,79	3400,17	7231,93	Card. Aislado	21:27	4,0	10	30
34	26-06-99	23:49	00:49	3357,67	7222,86	3401,10	7223,35	Card. Aislado	23:15	3,8	15	35
35	28-06-99	09:29	10:10	3339,19	7251,14	3341,65	7250,46	Card. Aislado	09:30	3,4	87	33
36	28-06-99	21:12	22:12	3341,10	7215,40	3338,91	7218,94	Card. Aislado	21:14	3,8	25	33



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

$$W = k * L_b$$

donde,

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

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

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

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

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

La identificación se efectuó a través de uso de antecedentes bibliográficos (Hulley, P. A. 1984, y Krefst, G. 1984). Cuando la identificación no fue posible a bordo, se



tomaron fotografías y el espécimen se conservó en formalina al 10 % con la información correspondiente para su posterior identificación en tierra.

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

#### 4.4 Trofodinámica

##### 4.4.1 Obtención de las muestras

Los estómagos de jurel se obtuvieron a partir de los muestreos biológicos realizados con individuos recolectados en lances de pesca a diferentes horas del día. Los lances se realizaron con red de media agua con una abertura de boca que osciló entre los 29 y 37 m y un tiempo de arrastre promedio de 53,4 minutos.

##### 4.4.2 Análisis de la información

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

El análisis del contenido estomacal de *T. s. murphyi* se efectuó en los laboratorios del Instituto de Investigación Pesquera, VIII Región, y consideró la identificación de los ítems presa al nivel taxonómico más bajo posible, según su estado de digestión. El



análisis del bolo alimenticio fue realizado utilizando los métodos gravimétrico, numérico y de frecuencia de ocurrencia (Hynes, 1950).

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

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

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

#### 4.4.2.1 Importancia relativa de las presas

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

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

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



#### 4.4.2.2 Similitud trófica

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

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

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

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



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

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

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

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

El tiempo de digestión (TD en días) se estimó según la expresión de Worobec (1984)

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

quedando TD expresado como:

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

donde:  $S_t$  es el peso del taxón de presa al final del período de digestión, considerado arbitrariamente igual 2% del peso inicial de la presa (Macpherson, 1985);  $S_0$  es el peso inicial de la presa; R es la tasa instantánea de evacuación gástrica, en horas.

El coeficiente instantáneo de evacuación gástrica para crustáceos ( $R_{cr}$ ) y peces pequeños ( $R_{pe}$ ) como eufáusidos y peces linterna, se determinó mediante las siguientes expresiones:



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

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

Peces pequeños,  $R_{pc}$  (Macpherson 1985)

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

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

#### 4.4.2.4 Relación consumo/biomasa, Q/B

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

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

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



#### 4.4.2.5 Índice de Selectividad de Presas por Tamaño

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

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

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

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

#### 4.4.2.6 Índice de selectividad de Chesson (1978)

La selectividad de las presas de acuerdo a la oferta ambiental se determinó mediante el índice de selectividad ( $\alpha$ ) de Chesson (1978). Este índice está basado en las abundancias relativas en el ambiente y en los estómagos, y se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:

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

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



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

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

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

La longitud utilizada para el cálculo de la velocidad de jurel se tomó del rango de tallas más representativo. La determinación de las abundancias relativas de cada sector circular se realizó utilizando solamente las estaciones zooplanctónicas que quedaron incluidas dentro de estas áreas circulares sectores. Para tener la certeza que las presas encontradas en el estómago del pez fueron ingeridas dentro de las doce horas anteriores a su captura. Del mismo modo sólo se consideraron los estómagos que presentaban el contenido en bajo proceso de digestión.

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



## 4.5 Oceanografía física y química

### 4.5.1 Diseño general de muestreo

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

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

Además, se colectó muestras de agua de mar en las profundidades discretas que corresponden a superficie, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 y 600 db, para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto. Debido a problemas con el fluorómetro vertical adosado a la roseta, se colectó muestras de agua a estas mismas profundidades para el análisis de la concentración de clorofila-a por el método extractivo, según lo reseñado en Parsons *et al.* (1984).

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



contínuos de temperatura y salinidad. En estas estaciones no se obtuvo información de concentración de oxígeno disuelto y clorofila-a.

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

Tabla 4. División operacional del área de estudio. Los números entre paréntesis indican el número total de transectas realizadas en cada sector.

<b>Sector</b>	<b>Transectas</b>	<b>Límite Oeste (mn)</b>	<b>Estaciones de muestreo</b>	<b>Latitud</b>
<b>Norte</b>	16 a la 23 (7)	200	44	32°20' - 35°20'
<b>Centro</b>	9 a la 15 (8)	200	53	35°40' – 38°00'
<b>Sur</b>	1 a la 8 (8)	200	49	38°00' – 40°40'
<b>Area Total</b>	23	200	146	32°20' – 40°40'

Por otra parte, el 100% de las estaciones oceanográficas programadas fueron efectivamente realizadas durante el crucero, aunque cabe mencionar que en algunas de ellas no pudieron ser evaluadas todas las variables hidrográficas.

Por último, la Tabla 5 resume la posición de cada una de las 23 transectas realizadas durante el estudio y el número de estaciones de muestreo.

**Tabla 5.** Posición de transectas y número de estaciones oceanográficas en el muestreo regular. (mayo-junio 1999).

Transectas	Latitud	Longitud	Número de Estaciones	Fecha
Zona sur				
1	40°40	74°23 - 76°04	5	24/05/99
2	40°20	73°57 - 75°57	5	23-24/05/99
3	40°00	73°55 - 78°03	8	22-25/05/99
4	39°40	73°35 - 75°32	5	27-28/05/99
5	39°20	73°26 - 77°31	8	26-28/05/99
6	39°00	73°32 - 75°27	5	29-30/05/99
7	38°40	73°43 - 77°45	8	30-31/05/99
8	38°20	74°12 - 76°08	5	02/06/99
Zona centro				
9	38°00	73°41 - 77°43	8	1-3/06/99
10	37°40	73°52 - 76°24	5	4-5/06/99
11	37°20	73°53 - 77°51	8	6-8/06/99
12	37°00	73°45 - 75°40	5	8-9/06/99
13	36°40	73°20 - 77°18	8	8-12/06/99
14	36°20	73°03 - 74°56	5	13/06/99
15	36°00	72°59 - 76°54	8	14-16/06/99
Zona norte				
16	35°40	72°48 - 74°41	5	17-18/06/99
17	35°20	72°38 - 76°31	8	16-19/06/99
18	35°00	72°23 - 74°14	5	20/06/99
19	34°40	72°14 - 75°54	8	21-23/06/99
20	34°20	72°11 - 74°00	5	24-25/06/99
21	34°00	72°05 - 75°55	8	23-26/06/99
22	33°40	71°52 - 73°40	5	27-28/06/99
23	33°20	71°53 - 73°43	5	29/06/99



#### 4.5.2 Análisis de las muestras y de la información

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

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

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

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

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

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

Con los datos oceanográficos validados se confeccionaron cartas de distribución de temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto y densidad, a nivel de superficie, y a las profundidades de 25, 50, 100 y 200 m. Además, se confeccionaron cartas superficiales de clorofila-a y de la anomalía geopotencial de superficie referida a 600 db.



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

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

#### **4.5.3 Información meteorológica**

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

### **4.6 Plancton**

#### **4.6.1 Colecta de información**

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

Se realizaron pescas planctónicas a través de lances oblicuos con redes tipo Bongo de 65 cm de diámetro de boca y mallas de 300  $\mu$ m de abertura, provistas de



medidores de flujo TSK calibrados, a objeto de poder determinar el volumen de agua filtrada en cada uno de los lances.

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

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

Las pescas planctónicas se realizaron calando la red a una velocidad aproximada de 0,8 m/s e izándola a 0,3 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 entre 45° y 50°, con el viento a babor.

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



#### 4.6.2 Procesamiento y análisis de las muestras zooplanctónicas

Las muestras obtenidas en cada estación bioceanográfica 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 Zeis con aumentos de 8 a 50 veces. Para cada grupo zooplanctónico presente se cuantificó su abundancia. El conteo de los organismos poco abundantes se realizó sobre la muestra total, principalmente cuando se trató de la presencia del grupo de los eufáusidos, por ser un ítem importante en la alimentación de jurel en la zona de estudio. En la cuantificación de aquellos zooplanctones cuyas densidades fueron muy grandes, se utilizó para su subdivisión el submuestreador Folsom (Smith y Richardson, 1979; Boltovskoy, 1981 y Griffiths *et al.*, 1984).

La fracción de la muestra subdividida sobre la cual se realizó el recuento y clasificación de los organismos, fue extrapolada posteriormente al total de la muestra analizada. La abundancia o densidad del zooplancton cuantificado fue estandarizada y expresada en número de individuos presentes en 1.000 m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada.

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

Los grupos zooplanctónicos se clasificaron en base al ordenamiento sistemático formulado por Bougis (1974) y Barnes (1986), utilizando como ayuda descriptiva para



la determinación de los grupos los trabajos de Newell *et al.*, (1966), Vidal (1968), Arcos (1975), Boltovskoy (1981) y Palma y Kaiser (1993).

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

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

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

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

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

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

y,  $H'_{m\acute{a}x}$  es la máxima diversidad que podría alcanzar el sistema si las S especies tienen la misma proporción de elementos.

$$H'_{m\acute{a}x} = \log_2 (S)$$



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

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

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

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



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

#### 4.6.3 Biomasa zooplanctónica total

La medición de los biovolúmenes como medida estimativa de la biomasa zooplanctónica total, se realizó con posterioridad a la determinación cuantitativa y taxonómica del zooplancton, empleándose el método de desplazamiento de volúmenes húmedos descrito por Yashnov (1959) y modificado por Robertson (1979). El volumen zooplanctónico 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 m<sup>3</sup>

X = ml de zooplancton

W = volumen de agua filtrada por la red ( m<sup>3</sup>)



## **4.7 Exploración de asociaciones**

Para detectar la posible asociación entre la distribución de la biomasa del jurel y las variables oceanográficas medidas, se emplearon dos enfoques: 1) se efectuó un análisis espacial de la información realizando la cartografía de las variables y explorando las asociaciones a través de un SIG, y 2) se realizó un análisis de Componentes Principales. Finalmente, se determinó una relación funcional entre la biomasa del jurel y las variables oceanográficas a través de un análisis de regresión múltiple.

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

#### **4.7.1.1 Procesamiento de la información**

Se generaron los archivos base correspondiente al crucero acústico y bio-oceanográfico realizado por IFOP en el otoño de 1999 en la zona de estudio. La información consideró los siguientes datos: latitud y longitud de las estaciones bio-oceanográficas y datos de las variables ambientales (temperatura en °C, salinidad en psu, oxígeno en ml/l, densidad en sigma-t, clorofila mg/m<sup>2</sup>, eufáusidos en individuos/1000m<sup>3</sup>). Asimismo, se analizaron los archivos que contenían los muestreos acústicos que corresponden a: latitud y longitud de las lecturas acústicas y su correspondiente valor de densidad de jurel en tonelada por mn<sup>2</sup>.

Con las bases de datos mencionadas anteriormente se generaron, para cada variable, archivos vectoriales compatibles con los Sistemas de Información Geográfico IDRISI for Windows (Eastman, 1995) y TNTmips (Microimages, 1997). Estos archivos



contemplan la georreferenciación de la data de las diferentes variables contempladas en este estudio en diferentes capas (Tabla 6).

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

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

Con el objeto de superponer y relacionar distintas capas de información, fue necesario que las imágenes se encontraran en una idéntica escala espacial, en este sentido, las imágenes debían poseer una misma resolución y cobertura espacial. Lo anterior implicó generar imágenes en rasters que tuvieran similar cantidad de filas y columnas y que tuvieran igual posición y cobertura geográfica, ésto se realizó a través del módulo RESAMPLE del SIG. De esta manera se crearon imágenes en rasters de 315 columnas (en el sentido E-W) y 480 filas (en el sentido N-S).

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

**Tabla 6.** Variables empleadas en el análisis cartográfico y tipo de datos

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



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

Una vez realizada la cartografía se procedió a determinar dos sectores donde se presentaba las más altas presencia de jurel, el primero denominado “sector norte” ubicados entre las latitudes 36° 30’S y 38° 10’S y el segundo nominado “sector sur” situado entre las latitudes 38° 10’S y 40° 20’S.

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

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

En primer término, se realizaron asociaciones entre los planos de información de la densidad del jurel y las variables ambientales a través de la estimación del índice V de Cramer (este coeficiente va desde 0, independencia completa, hasta 1, dependencia completa).

Para determinar la probable existencia de asociación entre la distribución de la biomasa de jurel y una combinación de variables físicas y biológicas ambientales, en el plano multivariado se efectuó un análisis de Componentes Principales, éste se empleó como una técnica de reducción y descriptiva.



La hipótesis a contrastar es que la distribución de la biomasa de jurel estaría asociada a la distribución de variables bio-oceanográficas. Las variables utilizadas fueron: temperatura, salinidad, oxígeno y  $\sigma_t$  en las capas de 5, 50 y 100 m y clorofila integrada y eufáusidos.

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

Considerando los resultados anteriores se analizó el efecto de las variables bio-oceanográficas extraídas en los factores del análisis de componentes principales. La zona de estudio se dividió en 49 núcleos de densidad del jurel (alta, media y baja), 23 núcleos ubicados en el área denominada norte y 26 en la dominada sur.. Para la identificación de dichos núcleos se realizó un análisis visual de las cartografías de distribución de la especie.

Luego, de cada uno de estos núcleos identificados se estimaron los siguientes estadísticos: la densidad total, promedio y por pixel de jurel, la temperatura, salinidad, oxígeno y  $\sigma_t$  promedio para cada núcleo y la clorofila total. Asimismo, se estimaron los gradientes térmico, salino y de oxígeno, el gradiente se calculó con los comandos de los SIG.

Finalmente, se analizó el efecto de las variables bio-oceanográficas en la distribución del jurel en los focos de abundancia. La prueba de la hipótesis se realizó mediante una regresión múltiple “paso a paso” (stepwise) para estimar la densidad del jurel a partir de



las variables independientes (temperatura, salinidad, oxígeno y densidad promedio de cada núcleo, además de clorofila y eufáusidos) extraídas del análisis de componentes principales, e incorporando los gradientes antes citados. Para este análisis se utilizó el programa estadístico STATISTICA.





## 5. RESULTADOS

### 5.1 Evaluación hidroacústica

#### 5.1.1 Calibración electroacústica

Los resultados de las calibraciones electroacústicas efectuadas a bordo del B/I "Abate Molina", se resumen en la tabla 7.

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

LUGAR	FECHA	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
		LONGITUD DE PULSO (MSEG)					
		0,3	1,0	3,0	0,3	1,0	3,0
I. STA MARIA	10.06.91	27,1	28,2	28,5	27,5	28,2	28,8
I. STA MARIA	27.11.91	26,9	28,0	28,1	27,1	27,8	28,4
QUINTERO	21.10.92	26,9	27,9	28,1	27,0	27,5	27,9
VALPARAÍSO	20.06.93	26,8	27,9	27,9	26,9	27,5	27,6
VALPARAÍSO	09.11.93	26,5	27,2	27,4	26,9	27,2	27,6
MEJILLONES	27.02.94	26,0	27,0	27,0	26,1	26,7	27,0
VALPARAÍSO	13.07.94	25,7	26,5	26,5	25,8	26,3	26,7
VALPARAÍSO	22.04.97	26,8	27,5	27,6	27,3	27,7	27,8
VALPARAÍSO	29.12.97	26,8	27,7	27,7	27,2	27,5	27,9
VALPARAÍSO	21.11.98	26,9	27,4	27,2	27,1	27,2	27,3
TALCAHUANO	15.05.99	27,0	27,8	27,6	27,2	27,7	27,7
<b>VALOR PROMEDIO</b>		26,6	27,5	27,6	26,9	27,4	27,7
<b>DESVIACIÓN</b>		0,43	0,50	0,56	0,51	0,52	0,58

La ganancia del transductor en la frecuencia de trabajo (38 Khz), tanto para TS y Sv, indican la estabilidad de los valores a lo largo del tiempo, lo cual corresponde por una parte, a 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 y mar, así como también por corrientes.



El análisis estadístico realizado mediante la aplicación del test “t” students para datos pareados, a los valores de ganancias del transductor a distintas longitudes de pulso, indica que las diferencia observadas no son significativas, al determinar valores de “t” students observado inferiores a los valores críticos de aceptación a un nivel de confianza de 95 % (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de t Students observados y críticos para frecuencia de 38Khz

	GANANCIA TRANS TS			GANANCIA TRANS SV		
	LONGITUD DE PULSO (MSEG)					
	CORTO	MEDIO	LARGO	CORTO	MEDIO	LARGO
T (OBSERVADO)	0,63	0,74	0,70	0,60	0,68	0,66
T (CRÍTICO; 95%)	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22

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

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

La constante de eointegración fue determinada a partir de la aplicación de la relación  $TS = 20,11 * \text{Log} (L) - 68,67$  (Córdova *et al.*, 1997)

La evaluación a la talla al 50 %(mediana), de la regresión TS-longitud y la relación longitud peso establecida en el crucero, permitió determinar un TS de  $-40,87$  dB y un peso a la talla de  $143,03$  g. A partir de estos resultados se calculó una constante de eointegración de  $0,1391$  ( $t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$ ), la cual es superior en sólo un 3,7% y 8,6% a la establecida para las prospecciones de 1997 y 1998 ( $0,134$  y  $0,128$   $t^*mn^{-2}*Sa^{-1}$ ).



### 5.1.3 Descripción de estructuras espaciales en la información acústica

La distribución geográfica de la abundancia muestra la presencia del recurso en toda la zona de estudio, exceptuando el sector comprendido desde Constitución al norte por sobre las 75 mn de la costa, donde no se obtuvo registro de agregaciones de peces. La mayor abundancia de jurel se observó en los sectores; desde Bucalemu ( $33^{\circ} 50' \text{ LS}$ ) al norte entre las 30 a 50 mn de la costa, norte de Constitución ( $35^{\circ} \text{LS}$ ) a Pta Nugurne ( $36^{\circ} \text{LS}$ ) entre los 100 a 130 mn, y sur de Pto Lebu ( $38^{\circ} 00' \text{LS}$ ) a Ba. San Pedro ( $40^{\circ} 40' \text{LS}$ ) entre las 60 a 120 mn (Fig 3). Este tipo de distribución espacial se ha registrado en anteriores cruceros realizados en la zona para los períodos de invierno de 1991, 1992 y 1997, manteniéndose un importante volumen de biomasa al sur de Talcahuano en las distintas prospecciones (1991 a 1998), lo que constituye un patrón característico en las evaluaciones acústicas de jurel en la zona centro-sur del país.

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

El índice presencia (IC) y densidad (ID) en la zona de estudio fue de 25,17 % y 188,08 t/mn<sup>2</sup>, respectivamente. Valores que están en el rango de lo registrado en las prospecciones de jurel efectuadas desde 1991-1998 (15,90 a 37,66 % y 78,30 a 270,08 t/mn<sup>2</sup>). Respecto a los dos últimos años, donde se obtuvo índices de cobertura de 35,0 y 19,48 % y de densidad 119,42 y 187,37 t/mn<sup>2</sup>, la reciente evaluación muestra cambios en el comportamiento del recurso, al disminuir su presencia asociado con un incremento en la densidad durante 1997-98, para posteriormente, presentar un proceso inverso en término de cobertura durante 1998 -99.

En la tabla 9, se entregan los índices de presencia y de densidad para las zonas de concentración del recurso.



**Tabla 9.** Índices de presencia (IC) y densidad (ID) en zonas de concentración de jurel (mayo-junio 1999).

ZONAS	INDICE PRESENCIA (IC)	INDICES DE DENSIDAD (ID)
BUCALEMU AL NORTE	36,1	368,94
CONSTITUCIÓN - Pta NUGURNE	30,8	176,99
Pta LEBU – Ba SAN PEDRO	25,7	174,71

En general se aprecia una leve tendencia a incrementarse la densidad de sur a norte. En el sector norte, el recurso presenta la mayor densidad e índice de presencia.

Entre Constitución a Ba. San Pedro, los índices de densidad en las zonas de concentración no presentan grandes diferencias, mientras que en los índices de presencia la diferencia es menor. Al comparar estos resultados con los registrados en 1997 (36,89 y 46,32 %; 111,96 y 156,97 t/mn<sup>2</sup>) y 1998 (34 y 36 % ; 131,2 y 267,5 t/mn<sup>2</sup>), los valores alcanzados se encuentran en el rango de las anteriores evaluaciones, mostrando estos índices cambios similares a lo observado para el área total de estudio entre 1997-98, mientras que para 1998-99 no es tan evidente.

### 5.1.3.2 Número de cardúmenes por milla recorrida

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



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

ANOS	NÚMERO DE CARDÚMENES POR 1 MN (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1991	74,0	20,0	5,0					
1992	58,0	30,0	7,0	2,0	1,0			
1993	74,0	17,0	5,0	0,8	0,8	0,8		
1994	78,0	14,0	4,0	1,6	1,66			
1997	54,0	24,0	11,0	5,0	2,02	2,0	0,3	0,1
1998	62,9	21,5	10,3	2,2	2,2	0,7		
1999	69,5	20,9	6,4	2,5	0,6			

Desde 1991 a 1997, el número de cardúmenes presentes por IBM se incrementa hasta alcanzar un valor máximo de 8 en 1997, año en el cual se presenta un evento “El Niño” de carácter intenso. Posteriormente, se observa una reducción sistemática que muestra una tendencia a volver a los valores registrados antes de 1997. Luego los resultados obtenidos en este crucero, refuerzan la hipótesis de existencia de cambios en el comportamiento gregario (cardúmenes) asociados a variaciones en el medio ambiente planteado en 1998.

En este sentido, es posible esperar un aumento de registros con un número bajo de cardúmenes presentes por IBM, si se considera que entre 1991 a 1994, la mayor frecuencia de registros estuvo entre 1 y 2 cardúmenes por IBM.

### 5.1.3.3 Correlogramas

El análisis de los correlogramas por transectas muestra rangos similares en los tamaños de las macroestructuras en la zona norte y centro (1 a 6), aumentando a 9 el límite superior en la zona sur (Fig 4). Este aumento de las macroestructuras se



observa de manera recurrente en las zonas donde se ubican amplias zonas de distribución del recurso, como lo observado en este sector durante 1998 (2-9), y zona central en 1997 (2-12).

#### **5.1.3.4 Variogramas**

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

Se ajustó al variograma un modelo esférico donde el 26,3% de la varianza, es explicado por un efecto “pepita”, estabilizándose la varianza a una distancia de 4 millas náuticas (Fig 5). Este comportamiento del variograma indica la presencia de macroestructuras en la zona de estudio, en tanto, la presencia del efecto “pepita”, se explicaría por la aparición de microestructuras o errores de medición menores al intervalo básico de muestreo.

#### **5.1.4 Abundancia del recurso**

##### **5.1.4.1 Biomasa total de jurel**

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



**Tabla 11** Biomasa y densidad de jurel estimada por dos distintos métodos (mayo-junio 1999)

MÉTODO	AREA (MN <sup>2</sup> )	BIOMASA (T)	DENSIDAD (T/MN <sup>2</sup> )
AGRUPADO (1985)	87.814	4.160.000	47,37
PETITGAS (1991)	61.317	4.100.000	66,75

La biomasa estimada por ambos métodos no presentan diferencias importante entre ellas (2,4 %).

En la zona de estudio, no se observaron agregaciones importantes de otros recursos, representando fauna acompañante el 13,6 % de la captura. Las especies más importantes fueron: *Lepidupos australis* (5,21%), *Benthoosema sp* (4,05%), *Vinciquerre lucetia* (3,47%),

#### 5.1.4.2 Biomasa de jurel a la talla

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

**Tabla 12.** Abundancia en número y en peso a la talla de jurel.

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Frecuencia porcentual	Abundancia numérica	Abundancia en toneladas
17	2	0,03	8.512.234,07	442,25
18	48	0,73	65.242.743,32	3848,52
19	147	2,23	195.846.892,20	13.609,51
20	203	3,09	313.332.633,10	25.435,77
21	377	5,74	700.941.929,50	65.969,00
22	546	8,31	994.574.289,20	107.777,00
23	729	11,10	1.560.342.514,00	193.471,33
24	1114	16,96	2.700.887.168,00	380.996,52
25	1014	15,44	2.497.525.261,00	398.708,22
26	791	12,04	1.933.339.813,00	347.597,45
27	485	7,38	1.177.831.334,00	237.424,79
28	241	3,67	584.458.566,80	131.542,02
29	183	2,78	509.517.996,60	127.543,47
30	147	2,23	433.933.922,50	120.377,18
31	100	1,52	409.501.779,10	125.468,58
32	85	1,29	375.341.846,80	126.617,71
33	60	0,91	233.061.938,60	86.306,032
34	21	0,31	91.098.740,83	36.929,65
35	9	0,13	40.010.405,11	17.708,82
36	9	0,13	46.317.045,87	22.327,32
37	5	0,07	19.335.601,74	10.127,83
38	5	0,07	33.762.950,96	19.173,46
39	15	0,22	91.024.737,24	55.925,40
40	16	0,24	89.155.723,45	59.145,63
41	13	0,19	81.383.586,40	58.185,03
42	22	0,33	148.845.888,60	114.479,82
43	20	0,33	147.657.916,50	121.960,77
44	21	0,31	152.533.251,60	135.078,80
45	30	0,45	187.461.100,30	177.710,48
46	30	0,45	192.560.504,40	195.118,38
47	28	0,42	175.626.339,20	189.944,85
48	15	0,22	100.533.841,60	115.894,03
49	11	0,16	76.723.600,98	94.149,34
50	9	0,13	45.568.102,26	59.448,44
51	4	0,06	28.954.431,62	40.110,60
52	5	0,07	17.345.471,54	25.485,24
53	4	0,06	27.510.332,47	42.822,31
56	1	0,01	8.241.487,73	15.158,30
Total	6565	1,0	16.495.844.922	4.100.000,00



Los resultados alcanzados muestran una reducción de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm, con un 54,78% respecto a 1997 y 1998, donde los individuos de menor talla representaron el 70,25% y 85,42% de los ejemplares capturados en la zona de estudio. En peso, este bajo volumen de individuos pequeños alcanzó a un 29,03%, lo que representa una merma de 14,22% y 45,84% en relación a los valores observados en 1997 (43,25%) y 1998 (74,87%).

Existe un fuerte incremento de ejemplares sobre 37 cm respecto a 1998, al aumentar la abundancia en número y peso, desde 1,76% a 9,86% y 7,22% a 37,06%, respectivamente.

#### **5.1.4.3 Varianza de la biomasa total**

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

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

La varianza de la constante de ecointegración fue de  $2,362 \times 10^{-6}$ , en tanto las varianzas del peso y TS promedio alcanzaron a  $4,652 \times 10^{-7}$  y  $2,553 \times 10^{-5}$ , respectivamente.

Los estimados de varianza, coeficientes de variación y error del estimado obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos propuestos se entrega en la tabla 13. Los valores de varianza incluyen el aporte de la variabilidad de la



constante de eointegración, la que es bastante menor a la obtenida en los distintos métodos aplicados.

**Tabla 13.** Varianza, coeficiente de variación y error de los estimados de biomasa de jurel

.MÉTODO	VARIANZA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	PORCENTAJE DE ERROR (%)
CONGLOMERADO	$9,849 \cdot 10^{11}$	24,20	39,81
ESTRATO AGRUPADO	$4,039 \cdot 10^{11}$	15,50	25,50
BOOTSTRAP	$4,168 \cdot 10^{11}$	15,74	25,89
GEOESTADÍSTICO	$1,116 \cdot 10^{11}$	8,00	13,16

El método geoestadístico presenta el coeficiente de variación más bajo (8,0%), indicando con ello una mayor precisión para el estimado de abundancia en la zona de estudio.

#### 5.1.4.4 Varianza de la biomasa a la talla

En la tabla 14, se resume las varianzas y coeficiente de variación de la abundancia en número y peso por talla de jurel.

Los resultados de la tabla 14, muestran coeficientes de variación entre 0,13 a 0,92, ubicándose la mayor precisión en el rango donde se registran las mayores frecuencias de tallas de jurel (21 a 26 cm). Este comportamiento del coeficiente de variación por talla, corresponde a lo esperado desde un punto de vista teórico, razón por lo cual, se valida la estimación de la variabilidad para la abundancia en número y peso de los ejemplares por talla de jurel.

**Tabla 14.** Varianza de la abundancia numérica y en peso a la talla de jurel.

Talla (cm)	Frecuencia Numérica	Varianza Abundancia numérica	Coefficiente de Variación	Varianza Abundancia en peso	Coefficiente de Variación
17	2	6,2285E+13	0,92	153.265,33	0,92
18	48	4,5756E+14	0,32	1592204,41	0,32
19	147	3,8087E+15	0,31	18392727,03	0,31
20	203	7,2845E+15	0,27	48005799,71	0,27
21	377	2,4250E+16	0,22	214804709,30	0,22
22	546	4,9146E+16	0,22	577196703,700	0,22
23	729	8,7685E+16	0,18	1348141527,00	0,18
24	1114	2,0274E+17	0,16	4034457294,00	0,16
25	1014	1,6944E+17	0,16	4318674696,00	0,16
26	791	1,0509E+17	0,16	3397364492,00	0,16
27	485	4,1412E+16	0,17	1682890393,00	0,17
28	241	1,1440E+16	0,18	579634412,00	0,18
29	183	7,3734E+15	0,16	462160348,60	0,16
30	147	5,2904E+15	0,16	407326155,80	0,16
31	100	3,4419E+15	0,14	324139993,70	0,14
32	85	2,7071E+15	0,13	308791789,20	0,13
33	60	1,6550E+15	0,17	227106999,70	0,17
34	21	5,6853E+14	0,26	93513605,36	0,26
35	9	2,9225E+14	0,43	57367389,32	0,43
36	9	3,1776E+14	0,38	73840616,75	0,38
37	5	1,3872E+14	0,61	38233657,63	0,61
38	5	2,6439E+14	0,48	85429964,48	0,48
39	15	6,9155E+14	0,29	261359333,10	0,29
40	16	6,3994E+14	0,28	281970528,70	0,28
41	13	6,0804E+14	0,30	312536166,60	0,30
42	22	1,1114E+15	0,22	658971026,50	0,22
43	20	1,1083E+15	0,22	757907504,00	0,22
44	21	1,1325E+15	0,22	891606153,80	0,22
45	30	1,3785E+15	0,19	1241985790,00	0,19
46	30	1,4161E+15	0,19	1461227236,00	0,19
47	28	1,2968E+15	0,20	1520862031,00	0,20
48	15	7,3212E+14	0,26	975635913,40	0,26
49	11	5,7580E+14	0,31	875853105,00	0,31
50	9	2,9868E+14	0,37	510178852,80	0,37
51	4	2,0952E+14	0,49	402088939,80	0,49
52	5	9,2232E+13	0,55	200060926,70	0,55
53	4	2,0624E+14	0,52	503581538,30	0,52
56	1	6,6398E+13	0,99	224618348,20	0,99
Total	6565				



### 5.1.5 Características de las zonas de concentración

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

#### a) Abundancia en focos de abundancia

En la tabla 15 se presentan los resultados obtenidos en cuatro focos de abundancia de jurel.

**Tabla 15** Biomasa y densidad por focos de concentración del jurel en la zona de estudio

ZONAS	AREA (MN <sup>2</sup> )	BIOMASA (T)	DENSIDAD (T/MN <sup>2</sup> )
35°58'LS – 72°30'W	15,4	8.073	524,22
37°20'LS - 74°40'W	8	1.868	233,50
37°52'LS - 75°50'W	39	10.645	272,95
40°21'LS - 75°28'W	33,6	28.102	836,37
<b>TOTAL</b>	<b>96,0</b>	<b>48.688</b>	<b>507,17</b>

El tamaño de las áreas de concentración varió de 8 a 39 mn<sup>2</sup>, representando un volumen de biomasa de 48.688 t (Tabla 15). Esta baja biomasa y número de focos detectados con en la zona de estudio, explicaría el escaso número de lances de pesca de la flota cerquera, que operó en la zona centro-sur bajo el marco del proyecto FIP 99-02.

En este sentido, durante 1997 y 1998 se observa un número mayor de focos de abundancia (6 y 7), asociado a densidades promedios por focos para estos años de 527,73 y 659,19 t/mn<sup>2</sup>, indicando una fuerte reducción de las áreas (33% y 43%) y baja en sus densidades durante el presente crucero (3,8% y 23,1%).



## b) Número de cardúmenes por IBM

En la Tabla 16, para las zonas de abundancia se entrega el número de cardúmenes presentes en un intervalo básico de muestreo, expresado en porcentaje.

**Tabla 16.** Frecuencia de aparición de cardúmenes (%) por IBM.

ZONAS	NUMERO DE CARDUMENES POR IBM (%)					
	1	2	3	4	5	6
35°58'LS – 72°30'W	46,2	28,2	12,8	7,6	2,5	2,5
37°20'LS - 74°40'W	16,0	40,0	24,0	16,0	4,0	
37°52'LS - 75°50'W	58,3	33,3	8,3			
40°21'LS - 75°28'W	55,6	27,7	16,7			
<b>TOTAL</b>	43,8	31,3	16,1	6,2	1,7	08

El número de cardúmenes por IBM fluctuó entre 1 y 6 como valor máximo, registrando al igual que en 1997 y 1998, las mayores frecuencias en el rango de 1 a 3. La tendencia a disminuir el número de cardúmenes presente en el IBM observado para el área de estudio (pto 5.1.3.2), también se muestra a nivel de focos de abundancia, al desaparecer los valores extremos de 14 y límites superiores de 8 observados en 1997 y 1998.

## c) Distancia entre cardúmenes

La distancia entre cardumen estuvo entre los 41 y 5.305 m, con un valor central de 463,33 m. Esta separación fue superior a lo registrado en 1997 y 1998, donde la separación promedio entre cardumen fue de 291,0 m y 385,7 m, con límites de 11 a 987 m. y 73 a 1.099 m. Estos resultados muestran alteraciones importantes en el



comportamiento gregario del recurso, al aumentar de manera progresiva e importante la distancia entre cardúmenes desde 1997 a 1999, a partir de la ocurrencia del evento “ El Niño” en 1997.

#### **d) Densidad de cardúmenes**

En la zona de mayor concentración de jurel, las densidades por cardumen observada fluctuaron entre 13,91 a 2.095,26 t/mn<sup>2</sup>, con valor promedio para los cuatro focos prospectados de 304,0 t/mn<sup>2</sup>. Densidad promedio que es superior a lo registrado en 1997 y 1998 (111,8 y 238,3 t/mn<sup>2</sup>), indicando con ello cardúmenes más densos que no explicarían las bajas biomásas por foco, sin embargo, un factor importante para ello es la mayor separación de cardúmenes observado este año.

#### **5.1.6 Distribución geográfica del recurso**

En general el recurso estuvo presente en toda la zona de estudio, con excepción del sector ubicado desde Constitución al norte por sobre las 75 mn de la costa, detectando en la zona el mismo patrón de distribución observado en anteriores evaluaciones, caracterizado por la presencia de agregaciones alargadas y distribuidas en sentido latitudinal y paralela a la costa.

En la zona es posible identificar tres sectores de alta densidad (Fig 3). El primero comprendido desde Bucalemu (33° 50'LS) al norte del área prospectada, con una distribución del recurso bastante contagiosa y volúmenes de biomasa alto (Fig 3), registrando el valor máximo densidad (368,94 t/mn<sup>2</sup>) y concentrando en este sector el 29,69% de la biomasa detectada en el estudio.



El segundo sector, ubicado entre Constitución a Pta. Nugurne (36° LS) y donde la distribución espacial se incrementa con áreas de mayor tamaño a lo registrado en el primer sector, predominando agregaciones del tipo cardumen y estratos (Fig 3). El aporte a la biomasa en este sector alcanza a un 18,2%.

En el sector sur, localizado desde Pto. Lebu (38° LS) a Bahía San Pedro (40° 40'LS), se observa un alto número de núcleos de alta densidad y una amplitud mayor en la distribución del recurso, registrando el valor máximo de densidad (14.744 t<sub>mn</sub><sup>2</sup>) observado en la zona de estudio (Fig 3). En este sector se agrupó el 36,16% de la biomasa registrada en el crucero.

En el sentido longitudinal, para el primer sector las agregaciones de jurel se ubicaron entre las 30 a 50 millas, mientras que en el segundo sector éstas se distribuyen desde las 100 a 130 millas de la costa. Hacia el sur, las agregaciones se localizaron principalmente desde las 60 a 120 m (Fig 3).

La ausencia total de recurso al noroeste y oeste de la zona de estudio, así como la escasa presencia de jurel detectada en la exploración previa al crucero entre los 40° a 42° LS, permite asegurar que gran parte de la abundancia de jurel estuvo dentro del área de estudio.

El patrón de distribución espacial del jurel caracterizado por una alta concentración de la biomasa al sur de Talcahuano, no es tan marcado como lo observado durante los años 1991, 1993 y 1994, donde de manera recurrente se observa por sobre el 70% de la biomasa detectada.



### 5.1.7 Distribución batimétrica del recurso

La información batimétrica se agrupó de acuerdo a las zonas usadas en el análisis oceanográfico, a fin de facilitar el análisis integrado posterior. En general el jurel se ubicó entre los 10 a 150 m de profundidad, con un 40,38% y 46,0% de las agregaciones entre 10 a 40 m y 60 a 110 m, respectivamente (Fig. 6).

En el sector norte, el recurso estuvo principalmente concentrado entre las 30 a 50 mn desde Bucalemu y a Valparaíso, con agregaciones de jurel entre la superficie y los 110 m de profundidad (Fig. 6). En el sector oceánico las altas densidades (sobre 300 t/mn<sup>2</sup>) alcanza menor profundidad (60 m) respecto a el sector costero (90 m.)

Respecto al sector central, el jurel se distribuyó en el área costera entre los primeros 5 y 130 m de profundidad, correspondiendo las agregaciones más profundas a niveles bajos de densidad (75 t/mn<sup>2</sup>), manteniendo su rango de distribución batimétrica sobre las 100 mn de la costa.

En el sector sur, la distribución batimétrica fue mayor en la costa al alcanzar una profundidad máxima de 150 m, manteniendo la fuerte presencia de bajos niveles de densidad hacia profundidad. En tanto en el área oceánica, la distribución en profundidades disminuye a un máximo de 100 m.

En general, de norte a sur se observa una tendencia a profundizarse el recurso en el sector costero, situación que se ha mantenido en las prospecciones realizadas durante 1997 y 1998. Sin embargo, se aprecia límites inferiores de profundidad menores a los registrado en 1997 (180 m) y 1998 (170 m), indicando con ello una distribución más superficial del jurel en este año.



Este tipo de distribución, indica que durante el día el 69,81% de las agregaciones de jurel, estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad. Situación que es similar a lo registrado en 1997 (67,4%), pero muy distinto a 1998 con un 42,3%.

### **5.1.8 Análisis de los resultados de hidroacústica**

La constante de eointegración para cuantificar el recurso ( $0,1391 \text{ t} \cdot \text{mn}^{-2} \cdot \text{Sa}^{-1}$ ), es ligeramente superior a  $0,128$  y  $0,133 \text{ t} \cdot \text{mn}^{-2} \cdot \text{Sa}^{-1}$  determinadas en las evaluaciones acústicas de 1997 y 1998, respectivamente. Este incremento se basa en un mayor peso observado durante 1999, donde los valores para la talla al 50% (24,11cm) son de 140,5 g (1997); 132,46 g (1998) y 141,06 g (1999).

La biomasa de jurel estimada en invierno de 1999 (4.100.000 t), se encuentra entre los volúmenes más altos cuantificado por método hidroacústico en la zona de estudio.

Al comparar con 1992, 1993 y 1994, donde se registran volúmenes de biomasa de 1.600.000 t, 2.500.000 t y 1.060.000 t, la biomasa del crucero indica un incremento de un 156%, 64,0% y 286%, respectivamente, en tanto que para 1991 (5.090.000 t), la biomasa representa el 80,55%. Respecto a los dos últimos años, las biomasa no presentan variaciones tan marcadas como las observadas entre 1991-94. Sin embargo, el análisis de un índice independiente del área (densidad) muestra cambios interanuales en la disponibilidad del recurso en la zona de estudio.

La precisión del estimado fue de un 8,0% para el método geoestadístico, el cual entrega una mejor representatividad del área efectiva sobre la cual se distribuye el recurso en la zona de estudio. Este método que se sustenta sobre el supuesto de estacionariedad de la variable analizada, ha sido criticado por algunos autores, al



plantear que su aplicación en el estudio de organismos vivos vulnera el supuesto básico, dada la capacidad de movimiento de los recursos.

Al respecto, el conocimiento adquirido durante las evaluaciones de jurel realizadas entre 1991 a 1999, ha permitido verificar que el jurel no presenta grandes desplazamientos en la zona de estudio, y en general después de finalizar su período de alimentación (03–06 AM) cuando registra mayor actividad de natación, el recurso se agrega en cardúmenes a profundidad en una actitud de reposo (FIP-95-07). Esta situación, sólo cambia bajo un régimen de operación de la flota, cuando el recurso es sometido a un alto estímulo que genera reacciones de escape de gran movilidad que son sostenible solo por un período de tiempo limitado.

Luego, al considerar que la evaluación se efectuó en el período de otoño- invierno, cuando el recurso se concentra fuertemente en el sector costero (30 a 150 mn) con fines de alimentación y recuperación del proceso de desove (Serra *et al.*, 1991), no observando la fuerte migración que se genera en noviembre al comenzar su ciclo de desove oceánico. Además, de los resultados alcanzados por Quiñonez *et al.*, 1995; que demuestran la existencia de una oferta alimenticia suficiente para el jurel, razón por lo cual el recurso no efectúa grandes desplazamientos durante otoño-invierno en la zona centro-sur de Chile, permiten afirmar que los movimientos existentes en la zona de estudio son menores.

Por otra parte, si se tiene presente que la red de transectas acústicas cada 20 y 40 mn se efectuó bajo restricciones de pesca (vedas), observando en general para la zona pequeños desplazamiento del recurso de 2 a 4 mn después de 3 a 4 días de su detección, no es posible pensar en cambios importantes que impidan la aplicación de este método, siendo más bien razonable suponer una situación cuasi-estática o que su distribución no varía significativamente.



En este sentido, estudios realizados por Simmonds 1998 sobre la implicancia de la distribución y movilidad del arenque en la evaluación en el mar del norte, en cuanto a la influencia a corto y largo tiempo (migraciones), establece de manera categórica que los movimientos de corta duración, como los observados para jurel en la zona centro-sur, tienen escasa influencia en el estimado de abundancia, variograma y varianza, no así las migraciones.

Al respecto, es necesario señalar que en el campo de la evaluación acústica de recursos el uso de la técnica geoestadística es cada vez mayor, siendo ampliamente utilizada por el grupo de trabajo del ORSTOM (Francia), Noruega, y recomendado su implementación en las evaluaciones hidroacústicas por el grupo de ICES. Además, de ser recomendado por expertos internacionales (Francois Gerlotto y Marc Soria) en el marco del proyecto "Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la zona centro-sur (Fase metodológica)" FIP 95-07.

La biomasa acústica a la talla, indica que bajo la talla mínima legal de 26 cm se agrupa el 54,78% de la abundancia numérica y 29,03% en peso. Valores que respecto a 1997 y 1998, representan una baja de un 15,47% y 30,64% en la abundancia en número y de 14,22% y 45,84% en peso, respectivamente. Esta fuerte reducción del número de ejemplares pequeños esta asociado a un incremento en el porcentaje de individuos sobre los 37 cm, desde 1,76% en 1998 a 37,06% en 1999.

En la zona de estudio, se detectaron tres zona de abundancia ubicadas desde Bucalemu (33° 50'LS) al norte; desde Constitución a Pta. Nugurne (36° LS); y desde Pto. Lebu (38° LS) a Ba.. San Pedro (40° 40'LS), donde se concentró el 29,69%, 18,2,4% y 36,16% de la biomasa estimada.

En general el recurso estuvo presente en toda la zona de estudio, exceptuando el sector sobre las 75 mn de Constitución al norte y donde no se detectó peces. Se



mantiene en menor medida el patrón de distribución que establece volúmenes de biomاسas superiores al 70% al sur de Talcahuano.

La distribución espacial de jurel muestra cambios en el nivel de concentración de jurel, con índices de presencia que bajan de 35% a 19,48% y densidades que suben de 119,42 a 187,37 t/mn<sup>2</sup> entre 1997 y 1998, para luego aumentar la presencia en la zona a 25,17% durante 1999, con una densidad muy similar a la registrada en 1998. Esto último sustentaría el alto valor de biomasa alcanzado durante el crucero.

La estrategia de muestreo “adaptativo” en el espacio y tiempo fue adecuada, al ubicarse la zona de estudio en el área donde estuvo presente la abundancia de jurel disponible en el sector de la pesquería. Esto se basa en la absoluta ausencia del recurso en el sector noroeste y fuera de las 150 mn de la costa, conjuntamente con la baja presencia de jurel en la exploración efectuada entre la latitud 42° a 40° LS, previa al inicio de crucero.

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

En la zona de estudio, se han registrado variaciones en el grado de agrupamiento de las agregación de jurel tipo cardumen, registrando de 1991 a 1997, un incremento paulatino en el número de cardúmenes detectados al recorrer una milla, alcanzando un valor máximo de 8 cardúmenes por milla náutica durante 1997, año en el cual se desarrolla en la zona un evento “El Niño”, para posteriormente disminuir a 5 durante 1999, sugiriendo cambios en el comportamiento gregario del jurel frente a variaciones del medio ambiente



Esta disminución de los cardúmenes por milla a partir de 1997, también se registra en los focos de abundancia detectados en las prospecciones acústicas. En este sentido, el número de focos de alta concentración o áreas de pesca en la zona de estudio ha disminuido en 7-6-4 entre 1997 a 1999, con un aumento sistemático de la distancia entre cardúmenes de 291,0 m, 385,7 m y 463,3 m, así como de la densidad de los cardúmenes desde 111,8 238,3 y 304,0 t/mn<sup>2</sup>, respectivamente. Estos resultados para 1999, explicarían el bajo número de lances de pesca exhibido por la flota cerquera industrial en el marco del proyecto FIP 99-02, realizado con posterioridad al crucero de evaluación acústica.

En el sentido batimétrico, el recurso registro agregaciones hasta los 150 metros de profundidad, presentando una distribución más superficial respecto a 1997 y 1998, donde los límites máximos de profundidad fueron de 180 m y 170 m, respectivamente. El 40,38 y 46,0% de las agregaciones de jurel se ubicaron entre los 10 a 40 m y 60 a 110 m, detectando una profundización del recurso hacia el sector sur, al igual como se observa de manera recurrente durante 1997 y 1998. El 69,81% de las agregaciones se ubicaron desde la superficie y los 80 m y por ende estuvieron accesibles durante el día al arte de pesca, indicando al igual que 1997 una alta probabilidad de ser vulnerada por la flota cerquera industrial.

## **5.2 Pesca**

### **5.2.1 Resultados de lances de pesca**

La posición de los lances de pesca efectuados en la zona de estudio se entregan en la Fig. 7. En la zona se efectuaron 36 lances de pesca con una red de arrastre a mediagua, con copo exterior e interior de 60 y 40 mm, registrando alturas en el centro de la boca de 29 a 35 m. Los lances en profundidad cubrieron desde 10 a 174 m, con un tiempo de arrastre que osciló desde 28 a 99 minutos, a velocidades de arrastre entre 3,2 a 4,9 nudos.



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

La captura total fue de 6.032,58 kg, en 36 lances de pesca, lo que entrega una captura promedio de 167,57 kg de pesca por lance. El 86,4% de la captura correspondió a jurel que fue capturado en 32 lances con pesca, mientras que en 30 lances hubo fauna acompañante que representó el 13,6% de la captura. Las especies presentes fueron: *Lepidupos australis* (5,21%), *Benthoosema sp* (4,05%), *Vinciquerre lucetia* (3,47%), *Scomber japonicus* (0,36%), *Symbolophorus sp* (0,15%), *Cubiceps caruleus* (0,12%), *Thyrsites atun* (0,05%), *Hyjophum sp* (0,04%), *Loligo gahi* (0,4%), *Macruronus magallenicus* (0,03%), *Lamapanytus sp.* (0,03%), *Patagomotothem sp* (0,01%),

El aporte de jurel fue mayor respecto a 1998, al alcanzar el 76,5 % de la captura total, aproximándose el resultado de este año a los valores históricos registrados en la zona de estudio.

El esfuerzo aplicado fue de 32 horas y 5 minutos de arrastre, con un rendimiento promedio de 188,04 kg de pesca total y de 162,53 kg horas de pesca de jurel.



**Tabla 17.** Información de fauna acompañante en los lances de pesca realizados en el cruce de evaluación de jurel (mayo-junio 1999).

Lance	Fecha	CAPTURAS (kg)											Contribución fauna				
		Jurel	Reineta	Caballa	Mictófido 1	Mictófido 2	Mictófido 3	Mictófido 4	Mictófido 5	Mictófido 6	Sierra	Calamar		C. Cubo	M. Cola		
1	17-05-99	78	97		25												61,00
2	18-05-99	339,58		0,42													0,1
3	22-05-99	368		1,07		0,05											0,3
4	23-05-99	38,64															
5	24-05-99	219		0,7	0,2	3,08	1,02										2,23
6	25-05-99	381,49		2,51													0,6
7	26-05-99		1,59		30												100,00
8	26-05-99	283,5		9												1,85	
9	28-05-99	62															0,3
10	29-05-99	60		0,38		11,4	0,6	0,3	0,15	0,1				0,45			17,30
11	29-05-99	498	1,15			6,8		1,4	0,5	0,27				0,03			13,5
12	30-05-99	489	15							0,32							0,2
13	31-05-99	7,26	20,94												1,35	6	4,37
14	01-06-99	54						5,8							0,14		94,96
15	01-06-99	6				15,36											0,2
16	06-06-99	394	0,76	1				0,32									72,72
17	06-06-99	24,83													0,7		0,6
18	06-06-99	251,7													0,17		0,6
19	08-06-99	100	3,68	0,29		3		1,3									1,6
20	08-06-99		7,62			36											28,56
21	12-06-99	49,67			5												100,00
22	14-06-99	42,6	7,8	0,33													0,6
23	15-06-99	32			0,5	17			0,6								38,26
24	15-06-99	141,1		1,22		2											0
25	16-06-99				0,9												0
26	17-06-99	172,26			13										0,58		3,2
27	19-06-99	249,9	27,21		7,19	40			0,55								100,00
28	22-06-99	0,81				49,1			1,06								21,7
29	25-06-99	11													2,31		24,17
30	25-06-99	98	80		30	12											0
31	26-06-99																0
32	26-06-99	2,26															55,45
33	26-06-99	440	12,16	5													0
34	26-06-99	58	37		3	3											3,75
35	28-06-99	97,41	1,59														42,57
36	28-06-99	163,9	1,1		2	28											1,6
TOTAL		5 213,91	314,6	21,92	209,59	244,19	1,6	9,12	2,86	0,69	2,81	2,41	7,01	1,85			15,94

Reineta: *Lepidus australis* ; Caballa: *Scomber japonicus* ; Mictófidos 1: *Vinciguerria Lucetia* ; Mictófidos 2: *Benthoesema sp.* ; Mictófidos 3: *Lampanyctus sp.* ; Mictófidos 4: *Symbolophorus sp.* ; Mictófidos 5: *Hjophum sp.* ; Mictófidos 6 : *Patagomothem sp* ; Sierra : *Thyrsites atun*; Calamar : *Loligo gahi*; Cabeza de cubo: *Cibiceps cacruleus*; Merluza de cola : *Macruronus magallenicus*



### 5.2.2 Composición por tamaño

La distribución de talla registrada en el crucero se presenta en la figura 8. Se muestreó ejemplares entre 17 a 56 cm de longitud horquilla, identificando dos grupos de estratos. El primero está conformado por individuos entre 19 a 33 cm que representa el 94,7% y son jurel de 2 a 4 años. El segundo estrato agrupa jureles adultos de 38 a 49 cm en edades de 9 años, que aportan el 3,3% al total muestreado (Fig. 8 c).

Al igual que 1997 y 1998, la estructura de talla presenta una moda principal fuerte y una moda secundaria moderada, no registrando los dos últimos años ejemplares bajos los 17 cm. (Fig. 8 a y b). El aporte de ejemplares entre 21 a 30 cm todos los años ha superado el 85%, presentando este intervalo una distribución bastante cercana a Gauss durante 1999.

El número de ejemplares bajo la talla mínima legal de 26 cm (63,67%) y de individuos bajo los 32 cm (92,70%), se redujo respecto a 1997 y 1998, años donde se registran valores de 70,85% y 84,70% para la talla mínima y de 92,80% y 96,80% para talla de primera madurez, respectivamente (Fig. 8 a,b y c). Sin embargo, el nivel de disminución observado en los individuos pequeños no alcanza los valores históricos registrado entre 1992 a 1994, donde se obtuvo porcentajes de 36,6 % a 30,5 y 5,3 % a 51,8%, respectivamente.

La distribución de tamaño de jurel para la zona norte, centro y sur, muestra para sector centro y sur, una distribución por tallas de jurel similares, ubicándose al igual que en 1997 y 1998, los ejemplares mayores en el sector sur y costero del área de estudio (Fig. 9). En el centro, la distribución no es tan marcada como al sur y norte, sugiriendo una tendencia a una estructura bimodal.

El análisis estadístico de Chi Cuadrado aplicado a las distribuciones de talla por sectores, muestra que no es posible aceptar la hipótesis nula de igualdad a un 95 % de confianza entre los sectores, al determinar valor de  $\chi$  calculado superiores a  $\chi$  de tabla, a un 95 % de confianza (Tabla 18).

**Tabla 18.** Análisis de Chi Cuadrado para las distribuciones de talla de jurel (mayo-junio 1999)

	ZONAS		
	NORTE/SUR	NORTE/CENTRO	CENTR/SUR
$\chi_{\text{calculado}}$	521,7	949,8	646,1
$\chi_{\text{crítico}}$	46,1	53,2	54,4

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

La estructura de talla de la fauna acompañante se entrega en la Fig. 10. En ella se muestran distribuciones de tipo modal y bimodal. Los límites superior e inferior de la estructura de tallas para las especies muestreadas fueron de: ***Lepidus australis*** (24 a 50cm), , ***Benthoosema sp.*** (4 a 15 cm), ***Scomber japonicus*** (27 a 34 cm); ***Vinciguierre lucetia*** (3,4 a 6,6 cm); ***Cubiceps craculeus*** (22 a 25 cm) y ***Symbolophorus sp*** (9 a 18 cm).

### 5.2.3 Relación longitud-peso

En la tabla 19 se presentan los parámetros y estadística de las regresiones lineales longitud-peso y los parámetros resultantes para funciones de crecimiento asimétrico . La Figura 11 gráfica los datos utilizados con sus modelos correspondientes. En ella se observa que el modelo describe adecuadamente la relación longitud-peso.

**Tabla 19.** Parámetros y estadística básica de la relación  $W=a*L^b$  (mayo–junio 1999)

	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL
<b>N DE OBSERVACIONES</b>	676	799	1476
<b>LOG (K)</b>	-2,01185	-2,0504	-2,03360
<b>A</b>	0,00973	0,00890	0,00925
<b>B</b>	3,01539	3,04251	3,03070
<b>ERROR EST. (LOGK)</b>	0,04177	0,02189	0,02215
<b>ERROR EST. B</b>	0,02927	0,01531	0,01551
<b>R<sup>2</sup></b>	0,94	0,98	0,96

La aplicación de la técnica para comparar en forma simultánea intercepto y pendiente (Gujarati, 1981), indica que no existe evidencia suficiente para suponer que ambos parámetros de las regresiones difieren entre sí, al determinar un intercepto diferencial de 0,03 y un coeficiente de pendiente diferencial de  $-0.09$ . Valores que son inferiores a los  $t$  de students de 0,86 y  $-0,86$  a un 95 % de confianza.

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

### 5.3 Trofodinámica

En el crucero de investigación se efectuaron 36 lances de pesca con red de media agua a diferentes horas del día, registrando captura de jurel en 33 lances que representan el 92% del total (Tabla 20).

**Tabla 20** Número total de estómagos muestreados y con contenido estomacal por lance de pesca (mayo - junio 1999).

LANCE	HORA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	NUMERO DE ESTÓMAGOS	
			TOTAL	CON CONTENIDO
1	1740	26,3	50	23
2	315	31,3	50	28
3	2219	24,2	51	14
4	1154	45,4	40	1
5	1946	27,4	50	68
6	150	25,6	50	
8	1601	34,1	41	
9	2128	28,2	50	28
10	251	28,2	50	20
11	2322	44,8	50	28
12	1210	27,6	50	
13	253	28,8	29	25
14	1050	22,9	51	
15	2012	22,8	50	19
16	1735	27,2	50	4
17	1354	26,4	50	2
18	2307	24,4	50	12
19	2046	25,0	50	20
21	1223	25,8	50	
22	2153	29,2	50	34
23	950	27,6	50	5
24	2036	22,8	49	6
26	1140	23,3	50	31
27	2209	26,2	50	27
28	1300	26,5	4	
29	1257	26,4	50	4
30	2222	24,6	50	49
32	1457	26,1	12	
33	2148	24,3	48	6
34	1219	23,3	51	39
35	949	25,4	50	2
36	2142	24,2	50	14
Total			1476	447

S/P:lances sin pesca.



El análisis del contenido estomacal indicó que un 30,3% (447) presentó algún tipo de contenido, encontrándose un total de 8 taxas de presas (Tabla 21), dentro de los cuales los eufáusidos y peces linternas dominaron la dieta de jurel.

### 5.3.1 Importancia de las presas

Los resultados revelaron que los eufáusidos y peces linterna dominan la dieta de jurel en número, peso y frecuencia de aparición durante todo el período de estudio (Tabla 21). Se destaca el gran aporte en peso de los peces linterna a la dieta de jurel, desplazando a un segundo plano a los eufáusidos, ítem que normalmente se presenta en notoria superioridad (80 a 99% del peso y número en 1997). Esta situación, registra precedentes durante el crucero realizado en la misma temporada durante 1998, donde los peces linterna dominaron ampliamente la dieta de este recurso (Tabla 22).

**Tabla 21.** Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo-junio 1999).

Presa	N%	P%	F%	IIR
<b>Cefalópodos</b>	0,06	0,13	0,22	0,02
<b>Crustáceos</b>	0,40	2,14	8,50	1,35
<b>Eufáusidos</b>	51,17	13,06	60,63	3,59
<b>Isópodos</b>	0,06	0,00	0,22	0,01
<b>Peces linterna</b>	32,59	59,84	31,32	3,46
<b>Salpas</b>	0,28	0,04	1,12	0,14
<b>Estomatópodos</b>	0,06	0,00	0,22	0,01
<b>Teleósteos</b>	0,91	1,10	4,47	1,00
<b>Vinciquerria sp</b>	14,47	23,68	14,09	2,73

Teleósteos = resto de peces (ppal. Peces linternas)



**Tabla 22.** Número (N%), peso (P%), frecuencia de aparición (F%) e índice de importancia relativa (IIR) para jurel (mayo–junio 1999).

Presa	N%	P%	F%	IIR
Anfípodos	0,66	0,06	1,59	0,33
Crustáceos	1,91	0,20	8,73	1,29
Eufáusidos	21,09	1,66	46,83	3,03
Peces linterna	59,81	92,85	50,79	3,89
Copépodos	2,28	0,01	1,59	0,67
Ostracodos	5,29	0,11	2,38	1,14
Thecosomata	3,60	0,04	0,79	0,59
<i>V. lucetia</i>	5,36	5,08	8,73	1,96

El género *Vinciguerria* se menciona a partir de 1998, dado que normalmente presenta un avanzado estado de digestión al momento del análisis, razón por lo cual en anteriores cruceros fueron incluidas dentro de los ítemes peces linternas o mictófidios. La presencia de *Vinciguerria. lucetia* en la dieta de jurel se confirma mediante las observaciones realizadas por Konchina (1980; 1983), quien encuentra regularmente esta especie en los estómagos de jurel peruano.

En cuanto a la importancia relativa por grupos de tamaño, ésta presenta mayor regularidad en las especies eufáusidos, peces linterna y *Vinciguerria* sp.(0,8-3,7; 0,9-3,8; y 0,5-3,4; respectivamente). En todas las especies los mayores valores de IIR se agruparon en ejemplares de menor tamaño (grupos I,II y III), disminuyendo de manera fuerte al aumentar el tamaño, llegando en el caso de las salpas a desaparecer completamente los grupos mayores a IV (Tabla 23).



**Tabla 23.** Índice de importancia relativa (IIR) por grupos de tamaño de jurel (mayo-junio 1999).

Presa	GRUPOS						Total
	I	II	III	IV	V	VI	
<b>Cefalópodos</b>	0,00	4,30					0,02
<b>Crustáceos</b>	2,83	3,67	3,05	0,47	1,25	1,61	1,35
<b>Eufáusidos</b>	3,72	3,16	2,05	0,85	1,64	1,67	3,59
<b>Isópodos</b>	4,30						0,01
<b>P. linterna</b>	3,79	3,36	0,93	1,17	0,91	1,45	3,46
<b>Salpas</b>	2,98	3,89	2,69				0,14
<b>Estomatópodos</b>		4,30					0,01
<b>Teleósteos</b>	3,49	3,19			2,95	2,38	1,00
<b>V.lucetia</b>	2,91	3,43	2,39	1,47	1,75	2,81	2,73
<b>Estómago c/contenido</b>	209	160	33	10	17	18	447
<b>TOTAL Estómagos</b>	742	511	82	24	47	70	1476

La presencia de peces linterna en todo el rango de tallas (Tabla 23), también se manifiesta en los cruceros anteriores (Córdova *et al.*, 1998, 1999), Sin embargo, las cantidades ingeridas fueron inferiores respecto a la anormal incidencia de peces linternas registrada en 1998, con IIR superiores a 3 en todos los grupos de tamaño.

Espacialmente, (Tabla 24) el IIR se mantiene sin variaciones considerables, manteniéndose como presas importantes (más estable) los eufáusidos, peces linterna y *Vinciguerria* sp. Concentrando este último sus mayores valores de IIR en el sector costa-sur, en tanto, la presencia de peces linterna se pierde hacia el extremo sur (cuadrantes 41-74 y 42-74).



**Tabla 24.** Índice de importancia relativa (IIR) por posición en jurel y estómagos totales y con contenido (mayo- junio 1999).

	LATITUD-LONGITUD								Total
	42-74	41-74	40-73	41-75	39-75	38-76	36-75	34-72	
Cefalópodos						4,3			0,018
Crustáceos	3,02		2,25	1,19	,95	3,58	,51	1,87	1,35
Eufáusidos	1,99		1,87	0,65	0,58	2,49	3,26	3,45	3,59
Isópodos							4,3		0,006
P linterna			0,75	1,61	0,13	2,58	2,99	3,79	3,46
Salpas					3,46	3,62			0,13
Estómatopodos						4,30			0,006
Teleósteos			2,87	1,92		3,39	1,87	2,94	1,00
<i>Vinciguerría sp</i>	0,92	3,65	2,48	0,28		2,93		2,41	2,73
C/contenido	28	23	28	21	28	80	117	114	439
Total	50	50	50	141	50	229	250	311	1131

### 5.3.2 Similitud trófica

El análisis de similitud trófica por grupos de tamaño muestra que los individuos de los grupos III y VI se segregan del resto de las agrupaciones, debido probablemente a que la dieta de estas agrupaciones está compuesta principalmente por *Vinciguerría sp* (más de 50% en peso en ambos casos). Los grupos I, II y IV presentan un consumo mayor a 55% en peso de peces linterna, mientras que el grupo V presenta un consumo de eufáusidos de 36% y un consumo de peces linterna del orden del 30% (Fig. 12a).

Espacialmente se observa que las zonas costeras más australes se separan del resto dado el alto consumo de *Vinciguerría* (mayor a 30%), y en particular en el cuadrante 41-74-se registró el 100% de los estómagos llenos con esta presa (Fig. 12 b). Para las



zonas ubicadas más al norte se observa una similitud mayor al 60% debido al alto consumo de peces linterna (>55%), específicamente los cuadrantes 36-75 y 39-75, donde la composición alimentaria muestra un consumo en peso de peces linterna y eufáusidos superiores al 66% y 23%, respectivamente. Los sectores 34-72 y 41-75 presentan un consumo de peces linterna superior al 75% en peso, mientras que el sector 38-76 muestra una dieta compuesta por un 55% de peces linterna y 32% de eufáusidos (Fig. 12 b).

Resumiendo se puede decir que hay dos grupos tróficos en cuanto a posición se refiere, uno relacionado al sector costero sobre los 39° LS caracterizado por un alto consumo de *Vinciguerria* sp. (cuadrante 40-73; 41-74; y 42-74), otro con el norte y en océano abierto que consume mayoritariamente peces linternas y eufáusidos (cuadrantes 38-76; 36-75; y 37-72)

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

Durante el período y área de estudio la mayor ración diaria (Tabla 25) fue de peces linterna (0,0803 % del peso corporal), siendo alta en comparación con las determinadas para las otras presas, sobre todo si se compara con *Vinciguerria* sp (0,017%) y eufáusidos (0,016%), este último, especie que fue principalmente la presa mayoritaria en la dieta de jurel.



**Tabla 25.** Tiempo de digestión (en días), Peso promedio de la presa (en %), ración diaria (en % del peso corporal), razón consumo biomasa (Q/B) y razón consumo biomasa porcentual respecto del total de las presas, en el período y área de estudio (mayo–junio 1999)

PRESA	TD(días)	Pprom	RD	Q/B	Q/B%
Cefalópodos	1,055	0,298	0,0002	0,0000	0,0004
Crustáceos	1,217	0,093	0,0019	0,0017	0,0772
Eufáusidos	1,217	0,108	0,0163	0,0896	3,9252
Isópodos	1,217	0,007	0,0000	0,0000	0,0000
Peces linterna	1,055	0,893	0,0803	2,0185	88,3698
Salpas	1,217	0,018	0,0000	0,0000	0,0000
Estómatopodos	1,217	0,083	0,0000	0,0000	0,0000
Teleósteos	1,217	0,061	0,0006	0,0003	0,0137
<i>V. Lucetia</i>	1,055	0,432	0,0175	0,1739	7,6134

Al igual que la RD, la determinación del consumo indica que los peces linternas alcanzan el mayor rango de Q/B, representando el 88,36% del consumo total durante el período de estudio, seguido por *Vinciguerria* sp. (7,61%) y eufáusidos (3,92%).

Este predominio de peces linternas también se registró en 1998, donde superaron el 90% del consumo total, en tanto los eufáusidos se mantuvieron en un 4%. Esta situación difiere de lo observado anteriormente, cuando los eufáusidos eran la presa dominante, superando el 70 % de RD alcanzando valores por sobre el 95% de RD en 1994:

El Q/B total por ítem presa fue mayor para los peces linterna, con un 89,7% al consumo total en este período, además jurel presentó un constante pero bajo consumo de eufáusidos (4,16% del Q/B total), lo que es bastante anómalo por ser siempre los eufáusidos la presa dominante, presentando en general consumos mayores al 70%, como ocurrió en 1997, incluso llegando a veces a superar el 95% (invierno, primavera y verano de 1994).



### 5.3.4 Selectividad de presas por tamaño (Ursin, 1973)

Los valores del índice de selectividad (U) se entregan en la tabla 26. La selectividad es inversamente proporcional a la desviación estándar (d.s.) de U (Ursin, 1973), siendo los eufáusidos los que presentan mayor selectividad (d.s.=1,05). En tanto los peces linterna representan la presa de mayor tamaño (t%=0,65).

Estos resultados, se sustentan en una alta selectividad de los eufáusidos en los grupos de tamaño I, II y III (d.s.= 0,89 –0,95), en tanto, en la totalidad de los grupos de tamaño los peces linterna fueron la presa de mayor tamaño.

Durante este crucero, se mantiene el patrón observado a partir de 1997, ésto es una mayor selectividad en eufáusidos y mayor tamaño de presa en los peces linterna. Sin embargo, durante 1993 y 1994 los peces linterna presentaron la mayor selectividad, manteniendo los peces linterna la calidad de presa de mayor tamaño. (Tabla 27).

**Tabla 26.** Índice de selectividad de presas por tamaño de Ursin (U), desviación estándar y tamaño de la presa en porcentaje (t%) (mayo–junio 1999).

<b>PRESAS</b>	<b>U(prom)</b>	<b>d.s</b>	<b>T%</b>
<b>Cefalópodos</b>	5,817		0,298
<b>Crustáceos</b>	7,825	1,314	0,040
<b>Eufáusidos</b>	7,324	1,050	0,066
<b>Isópodos</b>	9,925		0,007
<b>Peces linterna</b>	5,037	1,235	0,649
<b>Salpas</b>	9,155	1,360	0,011
<b>Estomatódopos</b>	9,401		0,008
<b>Teleósteos</b>	7,378	1,244	0,062
<b>V. Lucetia</b>	5,953	1,518	0,260



**Tabla 27.** Promedio (Prom) y desviación estándar (d.s.) del índice de selectividad de Ursin, U (1973) en *T. s. murphyi*, número de observaciones (n), y tamaño promedio del taxón de presa (% en peso respecto del predador, t), para 1993 (Serra *et al.*, 1994b), 1994 (Serra *et al.*, 1995) y 1997 (Miranda *et al.*, 1998a).

	1998				1997				1994				1993			
	U(prom)	d.s.	N	t%	U(prom)	d.s.	N	t%	U(prom)	d.s.	N	t%	U(prom)	d.s.	N	t%
Eufáusidos	8,232	1,129	60	0,027	7,330	0,925	144	0,070	6,950	1,696	188	0,100	7,440	1,630	256	0,060
Salpas					6,990	1,435	21	0,090	6,560	1,389	114	0,140				
P.linterna	4,867	1,635	65	0,090	7,050	1,242	15	0,090	6,800	0,852	31	0,110	6,930	0,890	59	0,100

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

La selectividad de Chesson (1978), se determinó con las especies que se muestran en la tabla 28, debido a que la abundancia de peces linterna o *V. lucetia* no puede ser determinada con muestreos orientados al plancton.

La determinación del alfa de Chesson (Tabla 28) se realizó por cuadrantes (latitud-longitud), y en su cálculo fue excluido el sector 42-74 dado que no existe información del componente zooplanctónico adyacente al sector.

El análisis indica selectividad cero en el sector 41-74 dado que la dieta de jurel fueron peces. Los eufáusidos presentaron una alta selectividad en la costa o cercana a ella, la cual disminuye hacia el océano (cuadrante 38-76 y 36-75), siendo reemplazados por otros zooplancteres tales como isópodos, pterópodos y salpas, los cuales presentan baja selectividad por estar distribuidas en parches de alta



densidad, razón por lo cual cuando se presenta en los estómagos aparece en gran número.

**Tabla 28.** Índice de selectividad de Chesson (alfa) por cuadrante artificial en jurel (mayo-junio 1999), para eufáusidos, isópodos, salpas y pterópodos.

	LATITUD-LONGITUD							
	41-74	40-73	41-75	39-75	38-76	36-75	34-72	TOTAL
<b>Eufáusidos</b>		1,000	1,000	1,000	0,592	0,675	1,000	0,773
<b>Isópodos</b>						0,325		0,087
<b>Salpas</b>					0,114			0,096
<b>Pterópodos</b>					0,263			0,045

## 5.4 Oceanografía física y química

### 5.4.1 Batimetría de la zona de estudio

A partir de los datos de profundidad de ecosonda registrados en el B/I "Abate Molina" durante el crucero, se graficó la batimetría de la zona de estudio (Fig. 13). La Figura presenta una batimetría global regular en el área de estudio, con la presencia de un suave talud en la región norte. Entre los 35°40' y los 36°40'LS, se describe una extensa plataforma continental (Terraza del Itata), restringida latitudinalmente por los cañones submarinos del río Itata y del río Bío Bío. Al oeste de Punta Lavapié se observa un talud con mayor pendiente, no obstante, en el extremo sur del área de prospección (a partir de los 39° LS), el talud pierde estas características,



presentando nuevamente una plataforma más extensa, similar a la descrita para la región norte.

#### 5.4.2 Condiciones meteorológicas

Las mediciones de las variables meteorológicas medidas en este estudio, *i.e.*, dirección e intensidad del viento, temperatura del aire, presión atmosférica, nubosidad y estado del mar, fueron registradas a bordo del BI “Abate Molina”, y son resumidas en la Tabla 29.

Durante la primera etapa del estudio (entre el 24 de mayo y 09 de Junio de 1999), la temperatura superficial del aire fluctuó entre los 9,25° y los 12,25°C ( $10,74 \pm 0,82^\circ\text{C}$ ,  $n=81$ ). Similarmente, en la región norte del área de estudio (segunda fase del crucero), la temperatura del aire fluctuó entre los 10,34 y los 13,83°C ( $12,56 \pm 1,13^\circ\text{C}$ ,  $n=66$ ). La Figura 14a muestra las variaciones temporales de la temperatura superficial del aire en ambas etapas del estudio.

La Figura 14b presenta las variaciones temporales en la altura de las olas para todo el crucero. La altura de las olas durante la primera fase del estudio fluctuó entre los 2,20 y 6,67 m ( $4,64 \pm 1,27$  m,  $n=81$ ) en tanto que durante la segunda fase del crucero (sector norte) la altura de olas osciló en el rango de 2 a 8 m de altura y un promedio de  $4,35 \pm 1,52$  m ( $n=66$ ).

Las figuras 14c y d muestran la evolución temporal de la velocidad y dirección del viento durante la primera y segunda fase del crucero.



La Figura 14e presenta el diagrama de rosa de vientos de 8 puntas graficadas para la primera (sector sur) y segunda (sector norte) etapa del crucero. Durante la primera etapa, la mayor frecuencia de ocurrencia estuvo centrada en los sectores Sur (65,43%), Sureste (12,35%) y Suroeste (12,35%), con un rango que fluctuó entre los 6,4 y los 29,7 nudos de velocidad ( $17,31 \pm 5,71$  nudos,  $n= 81$ ).

En la segunda etapa del crucero, se presentó un fuerte componente Norte (46,03%) y del Sur (12,70%), en tanto que, los componentes de vientos norte presentaron una frecuencia de ocurrencia menor que en la primera etapa, siendo en este caso de 13,64 y 11,36%, para el Noroeste y Norte, respectivamente, con un rango que fluctuó entre los 3,5 y los 26 nudos de velocidad ( $13,07 \pm 6,52$  nudos,  $n= 66$ ).

**Tabla 29.** Condiciones atmosféricas en la zona de estudio.

FECHA	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (nudos)	Temperatura media (°C)	Altura de olas (m)
<b>ZONA SUR: 22 de mayo al 02 de junio de 1999</b>				
22	178,00	15,80	11,18	4,60
23	170,00	19,50	11,35	5,50
24	201,67	18,17	9,88	3,50
25	206,67	19,00	11,33	6,00
26	133,33	17,33	10,90	6,00
27	201,67	17,83	9,93	5,50
28	218,00	9,00	10,40	3,60
29	72,50	9,00	11,08	2,25
30	160,00	10,33	10,76	3,67
31	136,67	25,67	10,50	6,67
01	170,00	19,33	11,73	6,33
02	163,33	21,50	9,25	4,50
<b>ZONA CENTRO: 03 al 16 de junio de 1999</b>				
03	175,00	29,75	9,63	5,50
04	170,00	20,00	11,00	5,00
05	165,00	16,25	10,65	4,50
06	168,00	6,40	9,48	2,20
07	197,50	19,75	12,25	4,00
08	176,67	19,33	11,83	5,00
09	188,33	15,00	10,92	3,83
12	175,00	16,25	10,70	4,25
13	326,00	19,20	13,16	6,60
14	154,00	10,40	11,80	5,60
15	150,00	3,50	11,85	4,00
16	65,00	20,00	10,80	3,00
<b>ZONA NORTE: 17 al 29 de junio de 1999</b>				
17	200,00	17,00	11,50	4,50
18	210,00	8,20	10,34	2,20
19	326,67	14,00	13,83	4,67
20	284,00	18,80	13,54	5,75
21	0,00	26,00	13,00	5,00
22	333,33	6,00	12,73	6,00
23	321,67	23,00	13,60	6,67
24	233,00	11,20	13,64	5,60
25	9,50	12,75	13,05	3,50
26	161,33	6,67	12,30	3,00
27	66,67	8,00	13,27	4,00
28	174,00	7,33	13,67	2,00
29	150,00	7,00	13,30	2,00



### 5.4.3 Muestreo regular

#### 5.4.3.1 Análisis horizontal de las variables oceanográficas

Se entrega la distribución horizontal de las variables oceanográficas medidas, *i.e.*, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (psu), densidad (expresada como sigma-t), oxígeno disuelto (ml/l) y clorofila-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Los estratos de profundidad considerados en este análisis fueron: 5, 25, 50, 100, 200, 400 y 600 m de profundidad.

##### a) Estrato de 5 m de profundidad

**Temperatura:** La Figura 15a muestra la distribución espacial de la temperatura del mar en el estrato de 5 m de profundidad. La región norte del área de estudio ( $35^{\circ}\text{S}$ ) evidenció temperaturas más altas ( $>14,5^{\circ}\text{C}$ ) hacia el sector noroccidental del área de estudio. La temperatura disminuyó latitudinalmente con valores mínimos ( $< 12,0^{\circ}\text{C}$ ) asociados al sector costero frente a Corral. Destaca el ingreso de dos núcleos de aguas cálidas desde el sector oceánico, uno frente a Punta Lavapié y otro al sur de los  $39^{\circ}\text{LS}$ , ambos con temperaturas mayores a  $14,0^{\circ}\text{C}$ .

También se entrega la distribución térmica horizontal a los 25 m de profundidad, valores representativos del estrato situado sobre la termoclina (Fig. 15b) la que muestra una situación similar a lo reseñado para el estrato superficial.

**Salinidad:** La Figura 16a muestra la distribución espacial de la salinidad en el estrato de 5 m de profundidad. En este estrato, se detectó la presencia de aguas más salinas ( $> 34,2$ ) en el sector norte del área de estudio. Desde los  $36^{\circ}$  de latitud hacia el sur, se evidencia el efecto de aguas de origen continental en la distribución de esta variable, verificándose núcleos de aguas menos salinas ( $<33,5$ ) asociados principalmente al estuario del río Valdivia.



La distribución horizontal de salinidad a los 25 m de profundidad (sobre la termoclina; Fig 16b), evidenció una situación similar a lo descrito para el estrato superficial; sin embargo, y a diferencia de éste no se aprecia la influencia de aguas continentales en la zona costera a la forma de núcleos de aguas menos salinas.

**Densidad:** La Figura 17a muestra la distribución espacial de la densidad del agua de mar en el estrato de 5 m de profundidad. En este estrato, se detectó aguas más densas ( $>25,9 \sigma_t$ ) asociadas a la región costera frente a Talcahuano, en general, aguas con densidades mayores a  $25,4 \sigma_t$  en toda la región norte del área de estudio. Similarmente a la distribución de temperatura, se detectó la intrusión desde el sector oceánico de aguas con valores de densidad menores a  $25,3 \sigma_t$ , a los  $37^\circ$  LS y a los  $40^\circ$ LS, mientras que hacia el sector costero las densidades superficiales fueron mayores a  $25,6 \sigma_t$ .

De la misma forma a lo observado para las variables temperatura y salinidad, el estrato de 25 m (Fig 17b), evidenció una situación similar a lo descrito para el estrato superficial. Se advierte, sin embargo, que los valores máximos de densidad ( $25,9 \sigma_t$ ) estuvieron asociados al sector inmediatamente al sur de Punta Lavapié.

**Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto en agua de mar (Fig. 18a) presentó, en general, valores cercanos a 4 ml/l, destacando una zona con valores bajos de oxígeno (3 ml/l) entre los  $35^\circ 20'$  LS y los  $37^\circ$  LS. No se distinguió gradientes longitudinales ni latitudinales en la distribución de oxígeno. Los valores mayores a 5 ml/l fueron escasos y se ubicaron al sur de los  $37^\circ$  LS, estando ausentes en la región norte de estudio.

La distribución horizontal a 25 m de profundidad (Fig. 18b), representativo del estrato situado sobre la termoclina, presentó una distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto similar a la presentada en el estrato superficial.



## b) Estrato de 50 m de profundidad

**Temperatura:** La distribución horizontal de temperatura en este estrato describe un comportamiento similar al detectado a nivel superficial, ésto es, temperaturas más altas ( $>14,5^{\circ}\text{C}$ ) hacia el sector noroccidental del área de estudio y una disminución latitudinal hacia el sur con valores mínimos ( $< 10,5^{\circ}\text{C}$ ) asociados al sector costero frente a Corral (Fig 15c). De igual manera, en este estrato también se advierte el ingreso de dos núcleos de aguas cálidas desde el sector oceánico, uno frente a Punta Lavapié y otro al sur de los  $39^{\circ}$  LS, ambos con temperaturas mayores a  $14,0^{\circ}\text{C}$  y que alcanzan hasta las 75 mn.

**Salinidad:** La región al norte de los  $35^{\circ}$  LS se caracterizó por presentar aguas más salinas ( $>34,2$ ) tanto el área costera como en la oceánica. La región sur (al sur de los  $37^{\circ}$  LS) mostró aguas con valores de salinidad menores a  $34,0$  psu y sólo en la región suroccidental del área de estudio alcanzó valores menores a  $33,9$  psu (Fig 16c).

**Densidad:** En este estrato (Fig 17c), se observa un fuerte gradiente longitudinal de densidad en la región norte (al norte de los  $35^{\circ}$  LS) del área de estudio, con aguas más densas ( $>25,8 \sigma_t$ ) en el sector más costero y una penetración de aguas menos densas ( $< 25,4 \sigma_t$ ) por el sector noroccidental. Similar situación se advierte en la región situada al sur de los  $39^{\circ}$  LS donde las aguas con densidades menores ( $25,4 \sigma_t$ ) penetran desde el suroeste, mientras que las aguas más densas están asociadas al sector costero.

**Oxígeno disuelto:** La distribución de isoconcentraciones de oxígeno disuelto en el estrato de 50 m de profundidad (Fig 18c), estuvo caracterizada por el dominio de las isoconcentraciones de  $3\text{ml/l}$  en la región norte ( $< 37^{\circ}\text{S}$ ) y a lo largo de la región costera del área de estudio ( $< 25$  mn). Se observó una penetración de aguas con valores de  $4\text{ ml/l}$  desde la región sur occidental y que se acerca hasta 50 mn desde la costa frente al Golfo de Arauco.



### c) Estrato de 100 m de profundidad

**Temperatura:** En este estrato de profundidad, la distribución horizontal de la temperatura muestra que el área costera (hasta 75 mn) está dominada en todo el área de estudio por temperaturas  $<11,0^{\circ}\text{C}$ . El gradiente longitudinal es menor, producto del debilitamiento de las penetraciones de aguas cálidas desde el sector oceánico, las cuales en este estrato sólo fueron levemente superiores a  $12,0^{\circ}\text{C}$  (Fig. 15d).

**Salinidad:** En este estrato (Fig 16d) no se observó un gradiente latitudinal importante; sin embargo, existió una marcada variación longitudinal en toda el área de estudio, detectándose las mayores salinidades ( $> 34,4$  psu) en el sector costero. Se advierte, además, la penetración de aguas menos densas ( $<33,9$  psu) por el extremo suroeste del área de estudio.

**Densidad:** En este estrato, la distribución de densidad presentó una estructura similar a lo reseñado para la isóbata de 50 m, pero evidenciando valores más altos (Fig 17d). Así se observó gradientes longitudinales importantes en toda el área de estudio, pero en especial en los sectores donde se advirtió penetración de aguas menos densas ( $<25,8 \sigma_t$ ) desde el sector oceánico, ésto es entre los  $36^{\circ}40'$  LS y los  $37^{\circ}40'$  LS, y en la región situada al sur de los  $39^{\circ}$  LS.

**Oxígeno disuelto:** La Figura 18d muestra la distribución horizontal de la concentración de oxígeno disuelto para el estrato de 100 m de profundidad, donde se evidenció la presencia de un gradiente longitudinal donde las aguas pobres en oxígeno ( $< 2$  ml/l ) estuvieron asociadas al sector costero. Destacan de 1ml/l asociados al área costera de Constitución, Talcahuano y Corral. Por otra parte, en el sector oceánico entre  $36^{\circ}40'$ LS y  $38^{\circ}$  LS se presentó un núcleo de aguas con valores de oxígeno de 4 ml/l.



#### d) Estrato de 200 m de profundidad

**Temperatura:** La distribución de la temperatura en el estrato de 200 m (Fig. 15e) es relativamente homogénea, caracterizada por las isotermas de 9,5 y 10 °C, aunque en el extremo nororiental del área de estudio (< 35°S) se aprecian valores de temperatura mayores alcanzando los 11,0 °C.

**Salinidad:** En este estrato (Fig. 16e), todo el sector norte del área de estudio presentó valores de salinidad mayores a 34,6 psu, a excepción de la región oceánica entre los 35° LS y 36° LS, que presentó salinidades entre 34,4 y 34,6 psu. Hacia el sur de los 37° LS, la distribución de salinidad presentó, en general, valores centrados en la isohalina de 34,4 psu; no obstante, la región suroccidental presentó aguas con salinidades menores (< 34,2 psu).

**Densidad:** En este estrato las aguas de mayores densidades fueron detectadas en la región costera del área de estudio, presentando valores mayores a 26,6  $\sigma_t$  (Fig 17e). Las intrusiones de aguas menos densas, mencionadas para los estratos de 50 y 100 m, se advierten debilitadas, con valores de 26,4.

**Oxígeno disuelto:** La distribución horizontal de oxígeno disuelto (Fig 18e) presentó un importante gradiente de concentraciones en sentido SW-NE, delimitando el área de estudio en dos ambientes diferenciables, por un lado un sector norte-noreste que presentó concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto (< 1 ml/l), típicas de AESS, en tanto que, en el sector sur y suroeste (a partir de los 37°S), fueron detectadas aguas con concentraciones mayores a 2,0 ml/l; no obstante, en el sector costero de la región sur también se detectaron aguas con concentraciones mínimas de oxígeno.



#### e) Estrato de 400 m de profundidad

**Temperatura:** La distribución de la temperatura en el estrato de 400 m (Fig 15f) presenta una distribución relativamente homogénea, sin gradientes latitudinales importantes. En este estrato, se observó un leve gradiente longitudinal con temperaturas más altas asociadas al sector costero ( $8,0^{\circ}\text{C}$ ), mientras que en general el área de estudio presentó valores centrados en los  $7,0^{\circ}\text{C}$ .

**Salinidad:** La distribución horizontal de la salinidad en este estrato (Fig 16f) presentó una distribución relativamente homogénea, observándose en casi toda el área de estudio valores centrados en los 34.4 psu.

**Densidad:** De forma similar a lo observado para la distribución de salinidad, en este estrato la densidad del agua de mar presentó una distribución espacial homogénea, sin la presencia de gradientes longitudinales ni latitudinales, asociados a la isopícnica de  $26,9 \sigma_t$  (Fig 17f).

**Oxígeno disuelto:** En este estrato, la distribución horizontal de oxígeno disuelto presentó concentraciones mayores que las descritas para los 200 m de profundidad (Fig 18f), asociadas principalmente a las AIA. Así, el sector norte del área de estudio presentó concentraciones fluctuando entre los 1 y 2 ml/l, en tanto que, en el sector sur, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron levemente mayores a 3 ml/l, destacando un núcleo con valores mayores a 4 ml/l en los  $39^{\circ}30' \text{LS}$ .

#### f) Distribución horizontal de la clorofila-a superficial e integrada

La distribución horizontal en el estrato superficial de la biomasa fitoplanctónica (estimada como clorofila-a), evidenció (Fig. 19a ) valores que fluctuaron entre los 0,1 y  $1,1 \text{ mg/m}^3$ . Si bien un gran porcentaje del área prospectada presentó valores menores



a los  $0,3 \text{ mg/m}^3$ , fueron detectados 3 núcleos de concentraciones altas ( $0,1 \text{ mg/m}^3$ ), dos de ellos asociados a la zona costera cercana a la desembocaduras de los ríos Maule y a la Bahía de Corral (río Valdivia). Un núcleo importante de mayor biomasa fitoplanctónica fue detectado hacia las 200 mn desde la costa, entre los  $34^{\circ}30'$  LS y  $35^{\circ}40'$  LS. En general, la distribución de la clorofila-a superficial mostró una región norte con valores mayores que la región sur, donde a excepción de los valores asociados al río Valdivia, la concentración de clorofila-a no excedió los  $0,3 \text{ mg/m}^3$ .

Las estimaciones de clorofila-a integrada en la columna de agua (Fig 19b) muestran la presencia de dos zonas de concentraciones más altas ( $> 50 \text{ mg/m}^2$ ), una de las cuales se ubicó entre los  $34^{\circ}30'$  LS y  $35^{\circ}$  LS y la otra de los  $35^{\circ}30'$  LS a los  $37^{\circ}$  LS, entre las 75 y 130 mn desde la costa. La disposición de estos núcleos de concentración permite observar un gradiente longitudinal en la distribución horizontal de la clorofila-a integrada en la columna de agua. En los sectores costero ( $< 75$  mn) de la región norte, así como en toda la región situada al sur de los  $37^{\circ}30'$  LS, la clorofila-a integrada presentó una distribución espacial relativamente homogénea, con valores centrados en isoconcentraciones de  $30 \text{ mg/m}^2$ .

#### **5.4.3.2 Análisis distribución vertical de las variables oceanográficas: secciones oceanográficas**

**Transecta 1** (Figura 20). La transecta 1, situada en el extremo sur del área de prospección (ver Figura 1), presentó una estructura térmica superficial (0-100 m) caracterizada por un gradiente longitudinal, positivo al océano, donde se detectaron aguas  $2^{\circ}\text{C}$  más cálidas que en la región costera de la transecta. Lo anterior, permitió una mayor estratificación en la región oceánica (100 mn), con una termoclina situada entre los 100 y los 130 m de profundidad, en tanto que en la región costera la estratificación vertical fue significativamente menor, principalmente por el ascenso de las isotermas de  $14$  y  $13^{\circ}\text{C}$  hacia la superficie en la parte



intermedia del transecto (Figura 20a). Entre los 150 y los 200 m de profundidad la temperatura estuvo caracterizada por la isoterma de 10 °C, descendiendo monótonicamente a valores menores a 6 °C hacia el estrato entre los 500 y 600 m de profundidad.

La estructura vertical de la salinidad mostró la influencia superficial (< 33,7) de aguas de origen continental, sólo en las estaciones más costeras (estaciones 11 y 12); no obstante, en todo el sector superficial del transecto se detectaron salinidades menores a 34,0, indicando aguas de mezcla entre las ASAA y de origen continental (Figura 20b). Lo anterior generó un importante gradiente vertical de densidad en la región costera, situado entre los 50 y los 150 m de profundidad, haloclina que se profundiza hacia el sector oceánico para situarse entre los 200 y 280 m (Figura 20b). En la parte intermedia del transecto (50 mn) y entre los 180 y 260 m de profundidad, se detectó un pequeño núcleo de salinidades mayores a 34,4. Bajo los 350 m de profundidad, la salinidad estuvo centrada en la isohalina de 34,3.

El patrón vertical de la densidad siguió de forma aproximada el comportamiento de la temperatura, presentando un estrato superficial (hasta los 100 m), caracterizado por un gradiente longitudinal, positivo a la costa, con el ascenso hacia la región costera, de las isopicnas de 25,6 a 26,0, lo que verificó una disminución y profundización de la picnoclina hacia las estaciones oceánicas, las que mostraron un estrato superficial con aguas menos densas (< 25,4) y densidades mayores hacia el sector costero (Figura 20c). El estrato de 300 m no presentó diferencias longitudinales, quedando bien caracterizado por la isopicna de 26,6, bajo la cual se observó un aumento uniforme de la densidad, alcanzando los 27,0 a partir de los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó una capa superficial (0-100 m) bien oxigenada en la región costera del transecto, con valores mayores a 4 ml/l, en



tanto que en el resto del estrato, las concentraciones fueron menores a 3,5 ml/l (Figura 20d), lo anterior, evidencia una oxiclina importante en las estaciones 11 y 12, situada entre los 50 y 100 m de profundidad, y prácticamente la ausencia de ésta en el resto del transecto. En profundidad, no se observó la presencia de concentraciones mínimas de oxígeno ( $< 1$  ml/l), descendiendo sólo a valores cercanos a 1,5 ml/l hacia los 300 m de profundidad, estrato bajo el cual la concentración de oxígeno disuelto comienza a incrementar (hasta valores mayores a 3,5 ml/l, cercano a los 600 m), por la presencia de las AIA.

Por último, los valores de clorofila-a (Figura 20e) mostraron una distribución homogénea, con valores bajos, menores a  $0,05$  mg/m<sup>3</sup>, en todo el transecto a excepción de la región superficial oceánica que mostró concentraciones levemente mayores.

**Transecta 2** (Figura 21). Al igual que en la Transecta 1, La temperatura en el estrato superficial (hasta 100 m) presentó un ascenso de las isotermas de 13 y 12,5°C en la región costera ( $< 30$  mn), tendiendo a ser isotermal hacia el sector oceánico.. Entre los 40 m y los 120 m se evidenció la termoclina, bajo la cual y hasta los 200 m de profundidad domina la isoterma de 11,5°C. A partir de esta profundidad la temperatura descendió uniformemente hasta alcanzar temperaturas menores a 6°C bajo los 550 m de profundidad.

La distribución vertical de la salinidad muestra a las AESS ocupando similar espesor que para la transecta 1, esto es, entre 150 y 350 m, encontrándose salinidades de 34,7 en toda la extensión de la transecta, y sólo en las estaciones más costeras se verificó un núcleo de salinidades mayores. Bajo esta zona, la salinidad descendió de manera uniforme a 0,1 psu cada 100 m, alcanzando valores menores a 34,5 (AIA) a partir de los 550 m de profundidad. Por su parte, la distribución de la densidad del agua de mar reveló una picnoclina extensa (entre los 60 y los 140 m de profundidad)



a lo largo de toda la transecta, notándose más débil hacia las estaciones oceánicas del transecto (100 mn), debido al ascenso de las isopícnas de 25,6 y 25,8 hacia la costa (Figura 21c).

La concentración superficial de oxígeno disuelto presentó valores centrados en la isolínea de 5,0 ml/l, a excepción de la región costera (10-25 mn) donde se verifica un ascenso de las isolíneas de concentración de 4,0 y 3,0 ml/l. En el estrato comprendido entre los 150 y 330 m se detectaron aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto, caracterizando a las AESS, estrato que se hace más estrecho hacia el sector oceánico con un espesor 90 m (entre 210 y 300 m de profundidad). Bajo este nivel, la concentración de oxígeno se incrementa con valores superiores a 3,0 ml/l a partir de los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de la clorofila-a en esta transecta evidenció un núcleo subsuperficial de mayores concentraciones ( $> 1,4 \text{ mg/m}^3$ ) situado entre los 10 y 20 m de profundidad entre las 50 y 75 mn desde la costa, en tanto que hacia la región costera se detectaron bajas concentraciones de clorofila-a ( $< 0,6 \text{ mg/m}^3$ ). Aproximadamente bajo los 50 m de profundidad, se detectó en toda la transecta concentraciones menores a  $0,4 \text{ mg/m}^3$  (Figura 21e).

**Transecta 3** (Figura 22). Entre las 75 y 200 mn desde la costa, la distribución vertical de temperatura evidenció una capa de mezcla de aproximadamente 80 m de profundidad y, una termoclina situada entre los 80 y 110 m de profundidad, gradiente que se desintensificó hacia las estaciones costeras, debido al ascenso de las isoterms de 14, 13 y 12 °C, de tal forma que, en el extremo costero de la transecta no hubo una termoclina identificable. Bajo del 250 m de profundidad el transecto mostró una distribución térmica sin gradientes longitudinales importantes, alcanzando temperaturas menores a 6 °C bajo los 500 m de profundidad (Figura 22 a).



La Figura 22b muestra la distribución vertical de la salinidad, destacando las bajas salinidades superficiales ( $< 33,3$ ) en las primeras 25 mn desde la costa, asociadas a la mezcla con aguas de origen continental. El estrato superficial del resto de la transecta presentó aguas con salinidades homogéneas centradas en las 33,9, sin variaciones longitudinales ni verticales hasta aproximadamente los 170 m de profundidad, donde se observó la presencia de una débil haloclina. Aproximadamente a las 100 mn desde la costa, se detectó un núcleo subsuperficial (250-350 m) de mayor salinidad ( $>34,4$ ) y, bajo los 450 m, las aguas tuvieron salinidades homogéneas centradas en los 34,3, de forma similar a lo descrito para las transectas anteriores. El campo vertical de densidad exhibió similar tendencia que la distribución de temperatura, esto es, para el sector comprendido entre las 75 y 200 mn desde la costa, se observó una capa superficial (0-100 m) bien mezclada verticalmente y una pycnoclina bien desarrollada situada entre los 100 y los 150 m de profundidad, en tanto que hacia el sector costero, el ascenso de las isopícnas de 25,4, 25,6 y 25,8 debilitan levemente la estratificación (Figura 22c).

Al igual que lo reseñado para la transecta anterior, la distribución vertical de la clorofila-a evidenció valores bajos, presentando un pequeño núcleo subsuperficial (5-20 m) con concentraciones mayores a  $0,4 \text{ mg/m}^3$ , hacia el sector costero de la transecta. El resto de la sección presentó valores menores a  $0,2 \text{ mg/m}^3$  (Figura 22d).

**Transecta 4** (Figura 23). La distribución vertical de la temperatura presentó, al igual que en las transectas anteriores, un gradiente longitudinal superficial (0-100 m), no obstante, en esta ocasión las aguas presentaron temperaturas más bajas, no superando los  $14 \text{ }^\circ\text{C}$  en el sector oceánico de la transecta y, siendo menores a los  $11^\circ\text{C}$  en la región costera, debido al ascenso hasta alcanzar la superficie, de las isotermas de  $12$  y  $11 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 23a). Al igual que en las transectas anteriores, el estrato situado entre los 200 y los 300 m de profundidad estuvo dominado por aguas comparativamente más frías, con temperaturas centradas en las isotermas de 9 y



10°C. Bajo este estrato la temperatura desciende a una tasa relativamente constante desde 10°C (a 300 m) a 6°C (550 m).

La distribución vertical de salinidad mostró un sector costero superficial de mezcla entre las ASAA y aguas de origen continental, presentando salinidades menores a 33,5, alcanzando las 25 mn desde la costa y, generando un fuerte gradiente vertical situado aproximadamente a los 40 m de profundidad. Por el contrario, en el sector oceánico de la transecta (100 mn), la columna de agua se presentó homogénea superficialmente, hasta una profundidad de 200 m, donde se verificó una muy débil y extensa haloclina, entre los 200 y 320 m. Bajo los 300 m las aguas presentaron una distribución homogénea de salinidad, centrada en la isohalina de 34,3 (Figura 23b).

A diferencia de la transecta anterior, el sector costero (hasta las 50 mn), presentó una pycnoclina bien desarrollada, situada verticalmente entre los 50 y 80 m de profundidad, en tanto que el sector más oceánico de la transecta (estación 23, 100 mn) presentó una estratificación mucho menor la que se profundiza, situándose en el estrato de 100-200 m (Figura 23c).

La concentración de oxígeno disuelto muestra concentraciones mayores asociados al sector intermedio de la transecta ( $> 4,5$  ml/l, 50 mn), en tanto que las estaciones situadas en el sector costero mostraron concentraciones levemente menores, debido al ascenso de las isoconcentraciones de oxígeno de 3 ml/l. En profundidad, las menores concentraciones de oxígeno disuelto alcanzaron los 1,5 ml/l, y estuvieron asociados al quiebre de la plataforma continental. Bajo los 300 m de profundidad las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores a 3,0 ml/l (Figura 23d).

La distribución vertical de la clorofila-a en esta transecta comprende sólo valores costeros los cuales son, en general, menores a  $0,6$  mg/m<sup>3</sup>. Las concentraciones más



altas fueron detectadas superficialmente en el extremo costero de la transecta (Figura 23e).

**Transecta 5** (Figura 24). La distribución vertical de la temperatura en esta transecta indicó también diferencias longitudinales, con aguas superficiales más frías ( $< 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en el extremo costero de la transecta y, aguas comparativamente más cálidas ( $> 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hacia el sector oceánico (200 mn). En el sector intermedio de la transecta se detectó un lente superficial de aguas más cálidas ( $> 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), que alcanzó los 50 m de profundidad, generando un sector de mayor estratificación y profundizando levemente la termoclina hasta los 80-100 m de profundidad (Figura 24a). Al igual que lo reseñado en las transectas anteriores, el estrato entre los 200 y 300 m estuvo bien caracterizado por las isotermas de 9 y 10  $^{\circ}\text{C}$ , temperatura que disminuyó a una tasa relativamente constante hasta valores menores a 6  $^{\circ}\text{C}$  bajo los 500 m de profundidad.

La salinidad mostró un sector costero y oceánico con cierto grado de estratificación, situándose la termoclina entre los 70 y 120 m de profundidad, en tanto que, el sector intermedio de la transecta presenta un núcleo de aguas menos salinas (33,9) que alcanza desde la superficie hasta los 200 m. Entre las 150 y 200 mn, y en el estrato comprendido entre los 250 y 300 m, fue detectado un núcleo de alta salinidad ( $> 34,5$ ), indicando la presencia incipiente de AESS (Figura 24b). La estructura densidad presentó una picnoclina identificable en la mayoría del transecto, con una capa de mezcla levemente mayor en el sector intermedio (ca., 100 m). se observa un leve ascenso de las isopicnas de 25,5 y 25,7 las que alcanzan la superficie entre las 75 y 50 mn desde la costa (Figura 24c).

Al igual que en las transectas anteriores, no se observan concentraciones mínimas de oxígeno ( $< 1,0\text{ ml/l}$ ), no obstante, se verificó un núcleo de concentraciones menores a 1,5 ml/l, asociado espacialmente al núcleo de mayores salinidades



indicando la presencia incipiente de AESS (Figura 24d). En general, en gran parte de la transecta, entre las 50 y 200 mn, se observó una oxiclina bien desarrollada situada entre los 80 y 150 m de profundidad, con un ascenso de las isolíneas de concentración de 5 y 4 ml/l que alcanzan la superficie a las 25 mn desde la costa. Bajo los 400 m se verifican aguas con mayores concentraciones de oxígeno disuelto ( $> 3,0$  ml/l) caracterizando las AIA a esas profundidades.

Al igual que lo reseñado para las transectas 2 y 3, la distribución de la clorofila-a mostró la presencia de un núcleo subsuperficial de mayor concentración ( $>0,7$  mg/m<sup>3</sup>) en la región costera de la transecta, en tanto que el resto de la sección presentó valores menores a 0,3 mg/m<sup>3</sup> (Figura 24e).

**Transecta 6** (Figura 25). La distribución de temperatura en la transecta 6 siguió un patrón similar a la descrita para el transecto 4, esto es, un gradiente longitudinal superficial (0-100 m), con aguas más frías en el sector costero de la transecta ( $<11^{\circ}\text{C}$ ) y comparativamente más cálidas hacia el sector oceánico (100 mn,  $> 13^{\circ}\text{C}$ ), debido al ascenso hasta alcanzar la superficie, de las isotermas de 12 y 11 $^{\circ}\text{C}$  (Figura 25a). El estrato situado entre los 200 y los 300 m de profundidad estuvo dominado por aguas comparativamente más frías, con temperaturas entre 10 y 11 $^{\circ}\text{C}$ . Bajo este estrato la temperatura desciende a una tasa relativamente constante desde 10 $^{\circ}\text{C}$  (a 300 m) a 6 $^{\circ}\text{C}$  (500 m).

El campo salino presentó una capa de mezcla de ca., 50 m de profundidad, en casi todo el transecto y una haloclina situada entre los 80 y 130 m, la que se profundiza levemente hacia la costa. A diferencia de las transectas anteriores, y en consistencia con el análisis salino de la transecta 5, se observó un núcleo de aguas con salinidades superiores a 34,6, correspondiente al flujo hacia el sur de las AESS, situándose entre los 180 y los 270 m de profundidad, abarcando hasta las 75 mn desde la costa, espesor que disminuye hacia el extremo oceánico de la transecta



(Figura 25b). La densidad superficial presentó valores menores 25,6 y una picnoclina entre los 30 y los 100 m de profundidad, situación que se verificó en toda la transecta (Figura 25c).

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un comportamiento similar a la salinidad, corroborándose la localización vertical de las AEES (isoconcentraciones menores a 1 ml/l) entre los 150 y los 300 m de profundidad, espesor que disminuye hacia las estaciones oceánicas, alcanzando sólo las 75 mn desde la costa (Figura 25d). Fue posible detectar una oxiclina bien desarrollada situada entre los 80 y 120 m de profundidad, en casi todo el transecto, a excepción de los extremos costero y oceánico, donde no fue identificable.

A diferencia de las transectas anteriores, la distribución de clorofila-a no presentó gradientes verticales ni horizontales de importancia, presentando valores menores a los 0,2 mg/m<sup>3</sup> en todo el transecto (Figura 25e).

**Transecta 7** (Figura 26). La distribución superficial (0-100 m) de la temperatura reveló un gradiente longitudinal, presentando aguas más cálidas hacia el océano (>14 °C) y más frías en la costa (< 12 °C), lo que aumenta y profundiza la termoclina hacia la estación más oceánica (Figura 26a). Bajo los 300 m la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante hasta valores menores a 6 °C bajo los 500 m de profundidad.

En gran parte del transecto, se detectó la presencia superficial de aguas con salinidades menores a 33,9, una capa de mezcla que aumenta su espesor hacia el sector oceánico de la transecta, el ascenso de las isohalinas de 34,0, 34,1 y 32,2 y, una haloclina más superficial (50 m) e intensa hacia las estaciones costeras y, más débil y extensa (100-200 m) hacia el sector oceánico (Figura 26). A diferencia de las transectas anteriores, las AEES, situadas entre los 180 y 300 m de profundidad,



parece generar dos núcleos, uno costero (entre las 50 y 100 mn) y otro oceánico (entre las 150 y 200 m de profundidad). Al igual que en las transectas anteriores, bajo los 500 m se verifican salinidades menores a 34,3, caracterizando las AIA en este estrato de profundidad.

La densidad siguió el patrón de distribución vertical de la temperatura, evidenciando una región oceánica superficial con densidades menores a 25,4, incrementándose levemente hacia el sector costero, alcanzando valores superficiales de 25,8. Se observó una pycnoclina bien desarrollada a través de toda la transecta, levemente más profunda hacia el extremo oceánico (Figura 26c).

La distribución vertical oxígeno disuelto presentó una oxiclina bien desarrollada sólo en el sector oceánico de la transecta, situada entre los 50 y 150 m de profundidad. Entre los 170 y 340 m, se observa un núcleo de concentraciones menores a 0,5 ml/l, caracterizando las AEES, el que se extiende hasta las 100 mn desde la costa (Figura 26d). El incremento de la concentración de oxígeno disuelto bajo los 400 m, hasta alcanzar los 3,5 ml/l hacia los 600 m, revela la presencia de AIA en este estrato. Por otra parte, la distribución vertical de la clorofila-a reveló valores bajos a lo largo de toda la sección, presentando sólo un núcleo de concentraciones más altas ( $>0,5$  ml/l) asociado al sector superficial intermedio de la transecta (Figura 26e).

**Transecta 8** (Figura 27). A diferencia de las transectas analizadas con anterioridad, aquí no se observan gradientes longitudinales ni verticales importantes de temperatura (Figura 27a), en tanto que la distribución vertical de la salinidad (Figura 16b), presentó una haloclina identificable en todo el transecto, asociada al estrato entre 30 y 100 m de profundidad. Al igual que las dos transectas anteriores, se destaca un núcleo costero (hasta las 50 mn) de alta salinidad ( $> 34,5$ ) correspondientes al flujo subsuperficial (130-320 m) hacia el sur de las AEES.



La distribución de la densidad no mostró gradientes longitudinales importantes, destacando verticalmente una picnoclina identificable entre los 50 y 130 m de profundidad (Figura 27c). Por otra parte, la distribución de oxígeno disuelto evidencia una oxiclina bien desarrollada prácticamente en todo el transecto (a excepción del extremo oceánico), situada entre los 40 y 100 m de profundidad (Figura 27d), con un núcleo subsuperficial costero de concentraciones menores a 1 ml/l, consistente con el núcleo de alta salinidad que caracteriza el flujo de las AESS hacia el sur.

La distribución de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a presentó valores bajos, con un núcleo subsuperficial (25 m) de concentraciones máximas ( $>0,4 \text{ mg/m}^3$ ), situado en el sector intermedio de la transecta (50 mn) (Figura 27e).

**Transecta 9** (Figura 28). Al igual que lo informado para las transectas 5 y 7, la distribución vertical de la temperatura presentó un estrato superficial (0-100 m) caracterizado por la presencia de un gradiente longitudinal, positivo al océano, estableciendo aguas más cálidas ( $>14 \text{ }^\circ\text{C}$ ) hacia el extremo oceánico y, aguas comparativamente más frías ( $11 \text{ }^\circ\text{C}$ ) hacia la costa, lo que generó una estratificación vertical sólo en la región oceánica (entre las 125 y 200 mn). Bajo los 200 m, la temperatura disminuye a una tasa relativamente constante hasta alcanzar valores menores a los  $6 \text{ }^\circ\text{C}$  bajo los 500 m de profundidad (Figura 28a). Por otra parte, la distribución transversal de la salinidad en esta transecta, situada en las cercanías de Lebu, muestra una capa de mezcla de aproximadamente 50 m de espesor, a lo largo de todo el transecto, y una haloclina sólo identificable en la región costera (entre la costa y las 100 mn), situada entre los 50 y 150 m de profundidad. Entre los 180 y 300 m de profundidad se detectaron dos núcleos de mayores salinidades ( $>34,5$ ), asociados a la región oceánica y costera del transecto (Figura 28b).



La distribución vertical de la densidad del agua de mar en esta transecta presentó una picnoclina identificable a lo largo de todo el transecto, situada entre los 50 y 160 m de profundidad, gradiente que se profundiza hacia el sector costero por el ascenso de las isopícnas de 25,5, 25,7 y 25,9, que alcanzan la superficie a las 100, 50 y 25 mn desde la costa, respectivamente (Figura 28c).

**Transecta 10** (Figura 29). A diferencia de la transecta 8, en esta sección se verifica un gradiente longitudinal de temperatura en el sector superficial (0-100 m) de la transecta, identificando aguas más frías ( $< 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hacia la costa, y más cálidas ( $>14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hacia el sector oceánico (100 mn). Lo anterior, resulta en una mayor estratificación vertical en la región oceánica, termoclina situada entre los 100 y 150 m de profundidad (Figura 29a). Al igual que en transectas anteriores, el estrato comprendido entre los 200 y 400 m estuvo bien caracterizado por las isotermas de 8 y  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura que disminuyó monótonicamente con la profundidad hasta alcanzar valores menores a los  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo los 500 m. Asimismo, la distribución superficial de la salinidad y densidad, mostró aguas menos salinas ( $< 34,0$ ) y menos densas ( $< 25,5$ ) en la región oceánica de la transecta, verificándose una haloclina y picnoclina más desarrollada en las estaciones costeras de la transecta. Las AESS se distribuyen en el estrato de 100-300 m, espesor que disminuye hacia la estación situada a las 50 mn desde la costa.

La distribución vertical de oxígeno disuelto presentó un estrato superficial bien oxigenado, una oxiclina identificable sólo en las estaciones más costeras del transecto y un núcleo subsuperficial (200-300 m) de concentraciones menores a 1 ml/l, el cual se extiende desde la costa a las 100 mn. Bajo los 450 m se incrementan los valores de oxígeno disuelto hasta los 3,5 ml/l, corroborando la presencia de AIA en este estrato de profundidad (Figura 29d). Al igual que en las transectas precedentes, los valores de clorofila en este sector fueron bajos, con un núcleo superficial de



concentraciones máximas ( $>0,4 \text{ mg/m}^3$ ), situados en la costa y en la estación asociada a las 75 mn (Figura 29e).

**Transecta 11** (Figura 30). La transecta mostró al estrato superficial de la región oceánica, caracterizado por una mayor capa de mezcla ( $> 100 \text{ m}$ ), aguas más cálidas ( $> 14 \text{ °C}$ ) y una termoclina asociada al estrato entre los 100-150 m; en tanto, el sector costero presentó menor estratificación debido al ascenso de las isotermas de  $13$  y  $14\text{°C}$  que alcanzan la superficie a 100 mn desde la costa, una capa de mezcla más somera ( $< 50 \text{ m}$ ) y aguas comparativamente más frías ( $12 \text{ °C}$ ). (Figura 30a). Asimismo, el estrato superficial presentó aguas menos salinas y menos densas asociadas al sector oceánico de la transecta (Figuras 30b y c), un núcleo subsuperficial de aguas más salinas ( $> 34,5$ ) en el sector intermedio de la transecta, coincidente espacialmente con la posición del núcleo de concentraciones de oxígeno disuelto menores a  $1 \text{ ml/l}$  (Figura 30d), asociadas al flujo hacia el sur de las AESS. Por otra parte, un gran porcentaje de la transecta presentó concentraciones de clorofila-a menores a  $0,2 \text{ mg/m}^3$ , sin la detección de núcleos superficiales o subsuperficiales de importancia (Figura 30e).

**Transecta 12.** (Figura 31). En las estaciones costeras de esta transecta (Est. 79 y 80), las isotermas de  $12$  y  $13\text{° C}$  ascienden hasta alcanzar la superficie condicionando una mayor estratificación horizontal. Bajo los 100 m no existieron gradientes marcados entre las estaciones costeras y las oceánicas; sin embargo, la estación de 10 mn presentó temperaturas levemente más altas que las del resto de la transecta (Figura 31 a).

La distribución vertical de la salinidad en esta transecta fue altamente homogénea en el estrato superficial ( $< 60 \text{ m}$ ), con valores menores a  $34,0$ , el cual es influenciado probablemente por aguas provenientes del complejo Itata-Bío Bío o de aportes locales de menor importancia. Entre los 80 y los 170 m se observó una haloclina



desarrollada (Figura 31b). Los valores de salinidad más altos ( $>34,5$  psu) estuvieron asociados a las estaciones entre los 50 y 100 mn desde la costa y entre los 180 y 300 m de profundidad, asociados a las AESS, lo cual fue confirmado por la presencia de concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ( $< 1$  ml/l).

La distribución transversal de la clorofila-a fue homogénea en toda la columna de agua, con valores centrados en los  $0,2$  mg/m<sup>3</sup> (Figura 31e).

**Transecta 13** (Figura 32). La distribución de temperatura sobre los 100 m de profundidad evidenció un gradiente positivo hacia las estaciones más oceánicas, donde se detectaron temperaturas  $>14,0$ . De igual manera, la termoclina se observó más definida hacia el sector oceánico, donde se ubicó entre los 70 y 100 m. El estrato entre los 100 y 200 m estuvo dominado en toda la transecta por valores entre  $10$  y  $11^{\circ}\text{C}$ , mientras que bajo los 200 m la temperatura desciende uniformemente hasta la máxima profundidad de muestreo, donde se registraron valores de  $6^{\circ}\text{C}$  (Figura 32a).

La salinidad presentó un núcleo de mayor salinidad ( $34,6$ ) entre los 180 y 300 m, a 75 mn desde la costa, correspondiendo a las AESS. En superficie, las estaciones más oceánicas ( $> 100$  mn de la costa) presentaron una distribución homogénea, con valores mayores a  $34,0$ . Desde este punto y hacia la costa se observó un gradiente salino, positivo hacia la costa (Figura 32).

La distribución vertical de oxígeno disuelto, por su parte, mostró un núcleo de concentraciones menores a  $1$  ml/l asociado a la región costera entre los 220 y 300 m de profundidad.



La distribución vertical de la clorofila-a en esta transecta evidenció una distribución altamente homogénea en las estaciones oceánicas ( $> 75$  mn), mientras que las estaciones más costeras no superan en superficie los  $0,2 \text{ mg/m}^3$  (Figura 32e).

**Transecta 14** (Figura 33). La transecta presentó temperaturas superficiales mayores a los  $12^\circ\text{C}$ , destacándose en la estación de 50 mn desde la costa valores mayores a  $13^\circ\text{C}$ . No se observó una termoclina definida en las estaciones costeras, probablemente como consecuencia de la batimetría del sector. Bajo los 200 m, la temperatura presentó un descenso uniforme hasta la máxima profundidad.

Salinidades mayores a 34,6 se encontraron restringidas a un estrato muy delgado situado entre los 220 y 250 m de profundidad, a 50 mn desde la costa. La distribución superficial evidenció marcados gradientes entre la superficie y los 180 m. Bajo los 300 m de profundidad, la distribución fue más bien homogénea con valores menores a 34,4.

La densidad presentó un estrato superficial ( $< 100$  m) con un marcado gradiente vertical, mientras que bajo los 200 m la densidad aumentó en forma uniforme hasta la máxima profundidad de muestreo, alcanzando valores mayores a 26,9.

**Transecta 15** (Figura 34). El campo térmico superficial presentó valores mayores a  $13^\circ\text{C}$ . Con la excepción de las estaciones de 10 y 25 mn, toda la transecta evidenció gradientes verticales de temperatura, situados entre los 60 y 120 m (Figura 34 a).

La salinidad mostró dos núcleos de valores altos ( $> 34,6$ ), uno ubicado a 75 mn desde la costa, entre los 120 y 300 m, y otro en la estación más oceánica, entre los 200 y 300 m, correspondiendo a la presencia subsuperficial de las AESS. Similares núcleos se detectaron en la distribución de oxígeno disuelto con valores menores a  $0,5 \text{ ml/l}$ , revelando el flujo hacia el sur de esa masa de agua.



Al diferencia de la transectas anteriores, esta sección transversal evidenció valores más altos de clorofila-a, identificándose un núcleo de  $> 0,7 \text{ mg/m}^3$  en la estación de 75 mn desde la costa y entre los 20 y 40 m de profundidad.

**Transecta 16** (Figura 35). El estrato superficial de esta transecta estuvo dominado por aguas con temperaturas entre 13 y 14 °C, con una termoclina situada en el estrato entre los 50 y 100 m de profundidad. No se observaron gradientes importantes entre los sectores costero y oceánico en esta transecta. La densidad del agua de mar presentó un patrón de distribución vertical muy similar al de la temperatura (Figura 35c), con una capa de mezcla (50 m) similar a lo largo de la transecta, una picnoclina situada entre los 50 y 100 m de profundidad y, la ausencia de gradientes longitudinales de importancia.

Por otra parte, a diferencia de transectas anteriores, acá no se advirtieron valores bajos de salinidad ( $< 34,1$ ), sino que toda la transecta presentó valores superficiales mayores a 34,3. Se detectó un núcleo subsuperficial (200-300 m) de altos valores de salinidad ( $> 34,5$ ), asociado sólo a la región más costera, aunque no se detectó valores mayores a 34,6 como en transectas anteriores. La ubicación de este núcleo coincide espacialmente con aguas que presentaron concentraciones de oxígeno disuelto menores a 1 ml/l, características de las AESS.

Al igual que en transectas anteriores, se observó bajas concentraciones de clorofila-a, destacando sólo un núcleo subsuperficial ( $> 0,6 \text{ mg/m}^3$ ) a 25 mn.

**Transecta 17.** (Figura 36). A lo largo de toda la transecta y, en su estrato superficial (0-50 m) no se observó gradientes longitudinales, quedando este estrato caracterizado por temperaturas entre 13 y 14 °C. Se observó una termoclina definida a lo largo de toda la transecta, situada entre los 50 y 120 m de profundidad, con un



leve ascenso de las isotermas de 13 y 12 °C hacia las estaciones más costeras (Figura 36a).

A diferencia de la transecta anterior, se observaron salinidades superficiales menores a 34,2 en el estrato superficial de toda la transecta, destacando un gradiente costero (estación de 10 mn). El máximo salino subsuperficial (asociado a las AESS) abarcó el estrato entre los 150 y 300 m, y estuvo asociado a las estaciones situadas en la región costera (< 75 mn) de la transecta. Similar distribución evidenció la concentración de oxígeno disuelto, donde el núcleo de aguas pobres en oxígeno se ubicó en el mismo estrato de los valores más altos de salinidad.

La distribución vertical de la densidad reveló un estrato superficial con valores entre 25,6 y 25,8, a excepción del extremo oceánico de la transecta donde se detectaron aguas menos densas. El patrón vertical de distribución de esta variable siguió el mismo comportamiento de la temperatura, con una piconclina identificable a lo largo de todo el transecto, situada en el estrato de 50 y 120 m, incrementando monótonicamente con la profundidad hasta alcanzar valores centrados en los 27,0 bajo los 500 m de profundidad.

La distribución vertical de clorofila-a estuvo definida por un núcleo con valores > 0,9 mg/m<sup>3</sup> en la estación de 130 mn desde la costa. De la misma forma, un núcleo costero y superficial no presentó valores >0,6 mg/m<sup>3</sup>.

**Transecta 18** (Figura 37). En esta sección, se presentaron aguas más frías en el estrato superficial, con temperaturas centradas en la isoterma de 13 °C, a excepción de la estación más oceánica que presentó valores levemente superiores. No se evidenció una termoclina bien definida en esta transecta. Por otra parte, la distribución vertical de la salinidad en el estrato superficial se presentó relativamente



homogénea, con valores centrados en la isohalina de 34,2. En esta sección, se verificó un núcleo de aguas con salinidades mayores a 34,6 y pobres en oxígeno ( $>1$  ml/l), caracterizando el flujo hacia el sur de las AESS, abarcando entre las 25 y 75 mn desde la costa y el estrato entre 150 y 300 m de profundidad, siendo este estrato levemente más extenso que lo descrito para las transectas anteriores.

A diferencia de lo descrito en la gran mayoría de las transectas anteriores, se observó un núcleo superficial (5-10 m) de concentraciones mayores ( $> 1,0$  mg/m<sup>3</sup>). Concentraciones menores a 0,2 mg/m<sup>3</sup>, fueron detectadas sólo bajo los 50 m de profundidad.

**Transecta 19** (Figura 38). En esta transecta se detectó valores superficiales mayores a 14°C a partir desde los 75 mn y hacia el sector oceánico. La termoclina aparece más definida hacia el sector oceánico, debido al ascenso de las isotermas de 15 y 14 °C, que alcanzan la superficie a las 200 y 75 mn desde la costa, respectivamente (Figura 38a).

Los valores superficiales (0-100 m) de salinidad no presentaron gradientes longitudinales de importancia, quedando caracterizados a lo largo de la franja superficial por las isohalinas de 34,1 y 34,2. Se destaca una haloclina levemente más intensa y profunda (100-200 m) hacia el sector oceánico de la transecta. La isohalina de 34,6 aparece restringida hacia el sector costero, entre los 150 y 300 m, la cual estuvo asociada a aguas pobres en oxígeno ( $< 0,5$  ml/l).

La densidad, al igual que transectas anteriores, presentó una distribución similar a la distribución de temperatura, observándose un gradiente superficial entre el sector oceánico (25,4) y el sector costero ( $>25,6$ ).



La concentración de oxígeno mostró un gradiente longitudinal en el estrato superficial, con aguas levemente más oxigenadas hacia el sector oceánico de la transecta. Aguas con concentraciones mínimas de oxígeno disuelto ( $<1$  ml/l) se situaron más superficialmente (entre 150 y 300 m), en tanto que bajo los 400 se evidenció aguas más oxigenadas ( $> 2,5$  ml/l) sólo asociadas al sector oceánico ( $>130$  mn), generándose un gradiente negativo hacia la costa a esa profundidad (Figura 38d).

La clorofila-a presentó, al igual que en la mayoría de las transectas analizadas, valores bajos, aunque es evidente un núcleo subsuperficial (20-30 m) situado en las 75 mn desde la costa, con concentraciones mayores a  $0,6$  mg/m<sup>3</sup> (Figura 38e).

**Transecta 20** (Figura 39). La estructura vertical de la temperatura presentó una termoclina bien definida a lo largo de toda la transecta, situada entre los 40 y 80 m de profundidad, con un leve ascenso de la isoterma de 12 y 13 °C hacia la costa, las que no alcanzan la superficie. Destaca un hundimiento de las isotermas a partir de las 50 mn hacia la costa (Figura 39a).

El estrato superficial (primeros 60 m) estuvo dominado por salinidades menores a 34,2. Las AESS ( $> 34,6$ ) se situaron entre los 180 y 250 m de profundidad, quedando restringidas al sector costero (costa-25 mn). Similarmente a las transectas anteriores, la distribución de oxígeno disuelto presentó aguas pobres en oxígeno coincidiendo con la distribución vertical de aguas con salinidades mayores a 34,5.

Las concentraciones de clorofila-a fueron bajas en toda la transecta, no superando los  $0,3$  mg/m<sup>3</sup>.



**Transecta 21** (Figura 40). La distribución vertical de la temperatura mostró un estrato superficial caracterizado por la presencia de un gradiente longitudinal, enmarcando aguas más cálidas ( $> 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hacia el extremo oceánico de la transecta y, aguas más frías ( $< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hacia la costa, debido al ascenso de las isoterms de  $14$  y  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , las cuales alcanzan la superficie a las  $150$  y  $25$  mn desde la costa, respectivamente (Figura 40a). Por lo anterior, se destaca una termoclina más intensa y profunda ( $80\text{-}150$  m) hacia el sector oceánico ( $150\text{-}200$  mn).

A diferencia de transectas anteriores, no se detectaron aguas con salinidades  $> 34,6$  psu, mientras que la isohalina de  $34,5$  psu sólo se presentó en las transectas más costeras. De la misma forma, no se detectaron aguas de concentraciones de oxígeno menores a  $0,5$  ml/l, mientras que la región superficial y costera presentó aguas bien oxigenadas ( $> 5$  ml/l).

El campo vertical de clorofila-a presentó valores no superiores a  $3,0\text{ mg/m}^3$  en toda la transecta, a excepción de la estación de  $100$  mn, la cual presentó concentraciones mayores a  $0,5\text{ mg/m}^3$  en el estrato superficial.

**Transecta 22** (Figura 41). En esta transecta, el patrón de distribución de la temperatura fue muy similar al reseñado para la transecta 20, con aguas centradas en los  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  en superficie, una termoclina más intensa y levemente más profunda hacia el sector oceánico de la transecta ( $100$  mn) y un descenso subsuperficial de la isoterma de  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$  hacia el sector costero (Figura 41a).

Por su parte, la distribución de salinidad a nivel superficial presentó valores mayores a  $34,2$ . Se destaca también la reaparición de la isohalina de  $34,6$  en las estaciones costeras ( $<25$  mn), entre los  $120$  y  $320$  m de profundidad, caracterizando el flujo costero hacia el sur de las AESS. El campo vertical de la densidad presentó un



gradiente en el estrato superficial con aguas menos densas hacia la región más oceánica. La pycnoclina evidenció un leve levantamiento hacia la costa.

Destaca en esta transecta la aparición de valores superficiales de oxígeno mayores a 4,5 ml/l, no detectados anteriormente, mientras que, al igual que en transectas anteriores, las concentraciones mínimas de oxígeno estuvieron asociadas a los valores más altos de salinidad.

La distribución vertical de clorofila-a presentó valores bajos, detectándose un gradiente positivo hacia las estaciones más cercanas a la costa, donde se observaron concentraciones mayores a 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

**Transecta 23** (Figura 42). Toda la transecta evidenció una clara termoclina y pycnoclina entre los 60 y 100 m de profundidad, las cuales presentaron un ascenso hacia las estaciones costeras. Los valores superficiales de salinidad fueron mayores de 34,2 psu en toda la transecta (Figura 42b).

El máximo salino subsuperficial (34,6) se ubicó entre los 150 y 280 m y estuvieron presentes desde las 75 mn hacia la costa. Nuevamente, esta distribución estuvo estrechamente asociada con los valores mínimos de oxígeno.

Los valores de clorofila-a presentó muy bajos valores de concentración, no superando los 0,3 mg/m<sup>3</sup>.

**Transecta longitudinal costera** (Figura 43). La temperatura del mar en este estrato presentó aguas más cálidas (> 14 °C) en la región norte del área de superficial (0-100 m), mostró una variación latitudinal de aproximadamente 3 °C, (al norte de los 34 °LS) y aguas comparativamente más frías en el extremo sur, con temperaturas menores a los 12 °C. El estrato superficial del sector centro-norte del



área de estudio (al norte de los 36 °LS) estuvo bien caracterizado por la isoterma de 13 °C, en tanto que la zona centro-sur (entre los 36-39° LS) presentó aguas con temperaturas centradas en los 12 °C.

La figura muestra una zona de estratificación vertical sólo identificable en la región norte del área de estudio, donde la termoclina se situó entre los 50 y 100 m. No existió influencia de la batimetría en el comportamiento de las isotermas.

La salinidad, por su parte, evidenció un claro gradiente superficial en sentido norte-sur, con salinidades menores a 33,7 psu asociadas a las estaciones del extremo sur del área de estudio, un sector centro-sur (38-39° LS) caracterizado por la isohalina de 33,9 psu y un estrato superficial situado en la región centro-norte (33-36° LS), caracterizado por una capa de mezcla de aproximadamente 80 m de profundidad con salinidades entre 34,2 y 34,3. A lo largo de prácticamente toda la transecta, salvo cuando los registros son interrumpidos por la batimetría (latitudes mayores a 35° LS), bajo los 200 m dominan aguas con salinidades mayores a 34,5, estrato que presenta un espesor de aproximadamente 200 m en el extremo norte del área de prospección y, que se hace más estrecho al sur de los 37 °LS.

La densidad evidenció también un leve gradiente superficial, con densidades menores en las estaciones del sector sur ( $<25,5 \sigma_t$ ). Bajo los 50 m se observa una picnoclina definida especialmente en las estaciones del sector sur, hasta los 39 °LS, para presentar el resto de la transecta una gradiente vertical leve de densidad, situado entre los 50 y 100 m de profundidad. Bajo los 150 m de profundidad no se detectaron variaciones clinales en esta variable, incrementando a una tasa aproximadamente constante con la profundidad, alcanzando valores mayores a 26,8 bajo los 400 m.



La distribución longitudinal costera de la concentración e oxígeno disuelto (Fig 43d) muestra un leve gradiente latitudinal en el estrato superficial (0-50 m), con concentraciones de oxígeno levemente mayores ( $>5$  ml/l) en la región norte del área de estudio y concentraciones menores (3,5 ml/l) en el sector sur; no obstante, en general, se observó un estrato superficial bien oxigenado ( $> 4$  ml/l) entre los 33 y los 38 °LS.

En gran parte del transecto longitudinal costero, fueron detectadas concentraciones mínimas de oxígeno, situadas entre los 150 y 350 m de profundidad. Bajo los 400 m la concentración de oxígeno disuelto se incrementaron hasta alcanzar valores mayores a 2,5 ml/l, característicos de las AIA a esas profundidades.

La distribución longitudinal de la clorofila-a mostró, en general, valores bajos, con núcleos subsuperficiales (5-15 m) de concentraciones mayores ( $0,4$  mg/m<sup>3</sup>). A lo largo de toda la transecta, bajo los 25 m de profundidad las concentraciones de clorofila-a fueron menores a  $0,2$  mg/m<sup>3</sup> (Fig 43e).

**Transecta longitudinal oceánica** (Figura 44). A diferencia de lo acontecido para la transecta costera, en la región oceánica no se observaron gradientes térmicos latitudinales en el estrato superficial (0-100 m), dominando a lo largo de toda la transecta, aguas con temperaturas mayores a los 14 °C, a excepción de la zona entre los 37 y 39 °C, caracterizada por la isoterma de 13 °C. Bajo los 200 m de profundidad, la temperatura disminuyó a una tasa relativamente constante desde los 9 °C hasta valores menores a 6 °C bajo los 500 m. La termoclina se ubicó entre los 40 y 110m de profundidad a lo largo de toda la transecta, a excepción del sector comprendido entre los 37 y los 39 °LS donde no fue identificable.

La distribución de salinidad presentó un leve gradiente norte-sur en el estrato superficial (0-100 m), con aguas más salinas ( $> 34,1$ ) asociadas a la región norte (al



norte de los 35 °LS) y aguas de salinidades menores a 34,0 en el extremo sur del área de estudio (Fig. 44b). Se destaca una leve haloclina situada entre los 100 y 150 m de profundidad, la que se profundiza en un rango de 50 m en el extremo sur del área de prospección. Se detectó un núcleo de aguas con salinidades superiores a 34,5 (AESS) que alcanza sólo a los 39°LS.

La densidad presenta un patrón de distribución similar al descrito para la temperatura, con una leve picnoclina situada entre los 80 y 150 m de profundidad, a excepción del extremo sur, donde es levemente más profunda (Fig. 44c).

La distribución de la concentración de oxígeno disuelto sobre los 100 m mostró, en general, valores > 4,0 ml/l. Los valores mínimos (<1,0 ml/l) están asociados sólo con el extremo norte del área de estudio. Al igual que lo reseñado para la transecta costera, la distribución latitudinal oceánica de la clorofila-a presentó también valores bajos, con núcleos subsuperficiales de mayor concentración (> 0,4 mg/m<sup>3</sup>), levemente más profundos (25-50 m) que lo informado para la transecta costera, situados entre los 34 y 36 °LS (Fig 44e).

#### 5.4.3.3 Perfiles verticales promedio

Las Figuras 45, 46, 47, 48 y 49 presentan los perfiles verticales promedio para todas las variables oceanográficas medidas en este estudio. Los perfiles verticales promedio (más su desviación estándar) fueron graficados para cada una de las transectas realizadas.

La distribución vertical promedio de la temperatura (Fig. 45) evidenció la presencia de una termoclina bien definida en todas las transectas realizadas, aunque se observó gradientes verticales térmicos menos intensos hacia la región norte del estudio. En el sector sur (transectas 1 a la 12), la termoclina se ubicó entre los 40 y 120 m, mientras



que en el sector norte (transectas 13 a la 23) se presentó entre los 20 y 80 m de profundidad. Asimismo, se observa una capa de mezcla levemente mayor (en casi 20 m) hacia la región sur. Bajo los 200 m de profundidad, la distribución vertical promedio de la temperatura presentó un descenso uniforme hasta la máxima profundidad.

La salinidad evidenció un extenso gradiente vertical en todas las transectas realizadas (Fig. 46). Al igual que en la distribución vertical de temperatura, existió diferencias entre las zonas norte y sur del área de estudio. En la zona sur (transectas 1 –12) la haloclinas estuvo situada entre los 60 y 240 m de profundidad, mientras que en el sector norte destacó una mayor capa de mezcla, la cual alcanzó aproximadamente los 70 m de profundidad, y la haloclina, más profunda que en el sector sur, se presentó entre los 80 y 200 m.

Asimismo, destaca la fuerte variabilidad en el estrato superficial de las transectas 2 y 3, debido al aporte de aguas continentales en la región más costera.

La distribución vertical promedio de la densidad (Fig. 47) evidenció pincoclinas más acentuadas en la región sur del área de estudio (transectas 1 a la 10), con una capa de mezcla más profunda en este sector (40 m). A partir de la transecta 11 hacia el norte, la distribución vertical de la densidad reveló pincoclinas más débiles. Bajo los 200 m de profundidad la distribución promedio reveló un incremento uniforme con la profundidad hasta la máxima profundidad de muestreo.

La distribución promedio de oxígeno disuelto, por su parte, evidenció un extenso gradiente vertical en cada una de las transectas realizadas (Fig. 48). Al mismo tiempo, se observó diferencias latitudinales importantes asociadas a la presencia de aguas pobres en oxígeno ( $< 1$  ml/l), y la presencia y extensión de la oxiclina, lo cual está asociada con la distribución latitudinal de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Así, entre las transectas 12 y 23 presentaron estas características, en tanto a partir de



la transecta 11 hacia el sur, no se aprecia la presencia masiva de aguas con concentraciones mínimas de oxígeno.

La distribución vertical promedio de la biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila-a (Fig. 49) presentó, en general, máximos subsuperficiales de concentración, asociados principalmente a los 25 m de profundidad. Las transectas 2, 3, 4 y 18 valores máximos superficiales evidenciados como núcleos en sectores localizados al interior de la transecta, lo cual produce un alto grado de variación en el rango entre los valores detectados en la sección costa-océano. Esto no se observó en las transectas donde la distribución de la clorofila-a fue homogéneamente baja en toda la sección transversal.

#### **5.4.3.4 Estabilidad de la columna de agua**

El análisis de la estabilidad en la columna de agua consideró los perfiles verticales de las estaciones dispuestas en las transectas 3 (sector sur), 13 (sector centro) y 21 (sector norte).

El análisis general de estos perfiles, reveló un ascenso de la profundidad en la cual se detectaron los valores máximos de estabilidad hacia el sector costero.

En las estaciones oceanográficas del sector norte del área de estudio (ejemplificadas por la transecta 3, Fig 50), se evidenciaron valores de estabilidad con máximos entre  $3 - 4 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . En este sector no se detectó un gradiente longitudinal (costa-océano), pero sí una profundización de los valores máximos de estabilidad hacia la región oceánica; así, en las estaciones costeras estuvieron asociados al estrato comprendido entre los 40 y 60 m de profundidad, mientras que en las estaciones más oceánicas los valores máximos se presentaron entre los 80 y 90 m.



En la región central del área de estudio (ejemplificada por la transecta 13, Fig. 51), los máximos valores de estabilidad fueron mayores, fluctuando entre los  $2$  y  $4 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ , excepción hecha sólo por la estación 73, la cual presentó un máximo de  $11 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . Al igual que en el transecto anterior, se observó una profundización del valor máximo de estabilidad hacia el sector oceánico.

Por último, en el sector sur (ejemplificadas por la transecta 3, Figura 52), se verificó los mayores valores de estabilidad menores a los observados en las transectas anteriores, con máximos que no superaron los  $2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ . En este sector tampoco fue detectado un gradiente longitudinal (costa-océano), sino que los valores máximos de estabilidad estuvieron asociados al estrato comprendido entre los 40 y 60 m de profundidad en el sector costero ( $<100$  mn de la costa), mientras que en las estaciones más oceánicas presentó una notoria profundización del valor máximo situándose entre los 70 y 90 m.

Los gradientes verticales relativamente importantes de densidad (estabilidades mayores  $0,2 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ ), tienden a desaparecer bajo los 300 m, profundidad a la cual la columna de agua tiende a ser más homogénea, excepción hecha sólo por las estaciones 73 y 75 de la transecta 13, las cuales presentaron una alta variabilidad en toda la columna de agua.

El rango de valores máximos de estabilidad fueron levemente menores a los reportados para cruceros anteriores que han analizado la hidrografía invernal del área de estudio, particularmente cruceros de similar naturaleza (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994, Núñez & Ortiz, 1999) y, a diferencia de estas investigaciones, no se observó un gradiente latitudinal de los valores máximos de estabilidad hacia el sector sur.



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

Las Figuras 53 (a y b) presentan la distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (m) y de la profundidad base de la termoclina (m) en el área prospectada.

La distribución horizontal de la profundidad de la capa de mezcla (Fig 53a) se caracterizó por la presencia de un marcado gradiente longitudinal, en el cual la capa de mezcla se hace más profunda hacia el sector oceánico. Al norte de los 36°40' LS, el sector costero (< 75 mn) presentó una capa de mezcla cuyo espesor varió entre los 20-30 m de profundidad, para luego aumentar hacia el sector oceánico hasta alcanzar valores mayores a 80 m (> 130 mn).

En el sector sur (al sur de los 38° LS), la capa de mezcla de menor espesor (<30 m de profundidad) está restringida a la región más costera (25 mn) quedando prácticamente toda la región dominada por las isóneas de profundidades superiores de 40 m.

Asimismo, la distribución horizontal de la profundidad base de la termoclina también evidenció gradientes longitudinales, en el cual la termoclina se profundiza hacia el océano. Se advierten dos centros en los cuales la profundidad base de la termoclina superó los 200 m de profundidad, uno ubicado entre los 35°20' y los 36°40' LS y otro entre los 37° y 38°20' LS. En la zona costera al sur de los 39° LS se observó un amplio sector (a 50 mn de la costa) en el que la profundidad base de la termoclina fue inferior a 75 m, lo cual no fue observado en las transectas más al norte, donde dicha isóbata no superó las 10 mn desde la costa. Esto evidencia que existió un comportamiento diferencial de este parámetro entre la región norte (al norte de los 38 °LS) y la región más austral.



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

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

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

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

Así, la Figura 54, muestra que la componente este-oeste presentó velocidades máximas cercanas a los 25 nudos, sin evidenciar una tendencia definida entre un sentido u otro (*e.g.* este u oeste). Similar situación se observó en la componente paralela a la costa (norte-sur, Fig 54), la cual presentó velocidades mayores a las descritas para el componente  $V_x$ , que en este caso alcanzaron los 30 nudos.

La evidente falta de correlación entre la componente del viento, la profundidad de la capa de mezcla y la profundidad base de la termoclina, mencionada previamente ya ha sido reportado para la región por otros autores en estudios anteriores de similares características (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1994; Núñez *et al.*, 1998, Núñez & Ortiz, 1999). Esta falta de relación significativa entre las variables, parece atendible en función del análisis punto a punto realizado con los datos de vientos. Al



realizar el análisis de estas asociaciones a través de valores instantáneos en la velocidad del viento (un sólo dato por estación) y, considerando que la escala de variación temporal del viento es mucho menor que la que puede variar la profundidad base de la termoclina y la profundidad de la capa de mezcla, no deben esperarse correlaciones significativas entre mediciones instantáneas de ambas variables (Figuroa, 1994).

#### **5.4.3.7 Diagramas TS**

Los diagramas T-S fueron realizados agrupando todas las estaciones de muestreo en seis sectores, ésto es, costero norte, costero centro, costero sur, oceánico norte, oceánico centro y oceánico sur (Figura 55).

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

- **Aguas Subantárticas (ASAA):** Masa de aguas cuyo origen corresponde a la zona de Convergencia Antártica, desde la cual se proyecta dirigiéndose al norte bordeando la costa chilena asociada a la Corriente de Perú. Su núcleo es superficial, caracterizado por salinidades entre 34,2 y 34,8 psu y temperaturas entre 11 y 19° C, de acuerdo a la estación del año y la variación de la latitud.
- **Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS):** Es una corriente subsuperficial que fluye bajo la Corriente de Perú con dirección al sur. Se ubica entre los 100 y 380 metros de profundidad frente a la costa central de Chile. Su origen está en el norte, cerca de los 15°S y se asocia con un bajo contenido de oxígeno, altas salinidades (34,8 psu) y una temperatura que varía entre 15 y 8°C.



- Aguas Intermedias Antárticas (AIA): Presentan una trayectoria hacia el norte y se les ubica entre los 500 y los 1000 m de profundidad. Su origen corresponde también a la Convergencia Antártica y están caracterizadas por presentar salinidades entre los 34,2 y 34,4 psu y temperaturas entre 8 y 5°C.
- Aguas Profundas del Pacífico (APP): Se encuentran a una profundidad superior a los 1000 metros y se caracterizan por presentar salinidades mayores a 34,5 y temperatura menores a 4°C.

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

**a) Sector oceánico norte:**

Las ASAA presentaron una variación de temperatura entre 12,1 y 15,05°C y un rango de salinidad de 33,95 a 34,25 psu. Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,40 y 34,54 psu y una variación de temperatura entre 11,1 y 9,5°C. Las AIA temperaturas entre 5,05 y 7,12°C y salinidades entre 34,45 y 34,6 psu.

**b) Sector costero norte:**

Las temperaturas superficiales observadas varían entre 11,22 y 14,75°C, mientras la salinidad estuvo en un rango entre 33,96 y 34,27 psu. Las AESS presentaron un rango de salinidad de 34,42 y 34,70 psu y una variación de temperatura entre 9,70 y 11,85°C. Por otro lado, las AIA presentaron variaciones entre 5,13 y 6,72°C para temperatura y 34,47 y 34,61 psu para la salinidad.



**c) Sector oceánico centro:**

Las ASAA se caracterizaron por temperaturas entre 10,75° y 14,95°C y un rango de salinidad entre 33,82 y 34,25 psu. Las AESS mostraron una variación de salinidad entre 34,47 y 34,61 psu, mientras que la temperatura presenta sus límites entre 9,7 y 11,48°C. Las AIA se presentaron con temperaturas entre 5,20 y 6,64°C y una variación de salinidad entre 34,25 y 34,36 psu.

**d) Sector costero centro:**

Las ASAA presentaron una variación de temperatura entre 10,35 y 13,75°C y salinidades de 33,80 a 34,30 psu. Las AESS presentaron una variación de salinidad de 34,21 y 34,64 psu y un rango de temperatura entre 9,8 y 11,5°C. Por su parte, las AIA presentaron variaciones entre 5,23 y 6,50°C para temperatura y 34,23 y 34,34 psu para salinidad.

**e) Sector oceánico sur:**

Las temperaturas superficiales alcanzaron entre 10,30 y 15,0°C, mientras que la salinidad varió entre 33,78 y 34,05 psu. Esta mayor variabilidad de los índices salinos se debió al aporte de aguas continentales que llegan a este sector. Las AESS mostraron una variación de temperatura entre 8,2 y 11,35°C y un rango de salinidad de 34,22 y 34,62 psu. Las AIA tuvieron un rango de temperatura entre 5,02 y 6,47°C y salinidades entre 34,23 y 34,32.



## f) Sector costero sur:

Las ASAA alcanzan un rango de 10,70 y 14,20°C, mientras que la salinidad varió de 33,05 a 34,0 psu. Las AESS, por su parte, presentaron un rango de salinidad de 34,35 y 34,61 psu y una variación de temperatura entre 8,35 y 11,10°C. Las AIA se presentaron con temperaturas entre 5,21 y 6,20°C y una variación de salinidad entre 34,20 y 34,30 psu.

Los índices termohalinos reportados en este informe presentaron temperaturas y salinidades menores a la hidrografía descrita para 1998 (Núñez & Ortiz, 1999) y al crucero de 1994, Figueroa *et al.*, (1994). Por otro lado, al comparar los resultados de este crucero con la hidrografía descrita para el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998), se presentan diferencias en los índices termohalinos del área de estudio en consideración a que el año anterior estuvo influenciado por un fuerte evento El Niño, por lo cual evidenció aguas más cálidas y salinas, especialmente en los sectores del norte y centro del área de estudio.

## 5.5 Plancton

### 5.5.1 Composición y abundancia del zooplancton

El análisis de composición y abundancia del zooplancton muestra la presencia de 17 grupos zooplanctónicos y una abundancia global para la zona de estudio de 14.362.382 individuos/1000m<sup>3</sup>. (Tabla 30),

En la zona de estudio, el plancton estuvo dominado principalmente por cinco grupos de mayor presencia espacial, estos son copépodos, larvas de decápodos y quetognatos con un 100% (constancia), y eufáusidos y ostrácodos con un 94,87%. Los restantes



grupos exhibieron constancias de 17,95% a 88,89%, correspondiendo el menor valor a ctenóforos (Tabla 30).

Estos cinco grupos aportan las mayores densidades, representando en conjunto un 92,3% del total de zooplancteres cuantificados, coincidiendo con lo reportado durante otoño de 1998 en la zona de estudio, donde estos grupos concentraron el 92,5 % de la densidad total.

### **Copépodos**

Este grupo sigue siendo el más abundante, al reunir una abundancia de 10.549.287 individuos/1.000 m<sup>3</sup>, que representa el 76,45% de la densidad total del área prospectada. Estuvo presente en todas las estaciones con valores de densidad mínima de 6.275 y máxima de 485.742, y un promedio general de 90.165 (Tabla 31).

Los copépodos han experimentado a través del tiempo una drástica caída en sus niveles de abundancia, con un cambio negativo respecto al otoño de 1998 y 1997 de 25,5% y 55,7% respectivamente. Para estos años las máximas densidades fueron 518.866 y 839.414 copépodos/1.000 m<sup>3</sup>.

### **Quetognatos**

Fue el tercer grupo de importancia cuantitativa, su densidad alcanzó a 969.171 quetognatos/1.000 m<sup>3</sup>, lo que equivale a una dominancia de 6,75% respecto del total (Tabla 30), con un 100% de ocurrencia en las estaciones y con valores mínimos y máximos de 181 y 37.046 (Tabla 31).



Tabla 30. Frecuencias de ocurrencia y dominancia de los grupos zooplanctónicos colectados durante el otoño de los años 1997, 1998 y 1999.

Grupos	1997				1998				1999			
	N° Est Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)	N° Est Positivas	N° Total Individuos	Constancia (%)	Dominancia (%)
Taxonómicos												
Copépodos	138	24.241.568	99,28	73,82	149	14.155.576	100,00	76,06	117	105.49287	100,00	73,45
Eufáusidos	125	830.073	89,93	2,53	143	405.886	95,97	2,18	111	1085627	94,87	7,56
Ostrácodos	135	612.972	97,12	1,87	148	532.353	99,33	2,86	111	273814	94,87	1,91
Lar.Decápodos	128	580.110	92,09	1,77	142	338.822	95,30	1,82	117	381410	100,00	2,66
Anfípodos	18	25.598	12,95	0,08	17	3.400	11,41	0,02	73	26003	62,39	0,18
Estomatópodos	9	15.362	6,47	0,05	9	4.036	6,04	0,02	46	14467	39,32	0,10
Medusas	115	365.809	82,73	1,11	95	38.713	63,76	0,21	92	41481	78,63	0,29
Sifonóforos	66	240.348	47,48	0,73	121	174.691	81,21	0,94	102	248262	87,18	1,73
Ctenóforos	13	48.504	9,35	0,15	7	1.048	4,70	0,01	21	4017	17,95	0,03
Quelognatos	138	2.536.209	99,28	7,72	149	1.421.293	100,00	7,64	117	969171	100,00	6,75
Poliquetos	106	139.857	76,26	0,43	128	70.935	85,91	0,38	102	47271	87,18	0,33
Pterópodos	128	402.909	92,09	1,23	139	330.829	93,29	1,78	100	75525	85,47	0,53
Salpas	99	474.078	71,22	1,44	58	35.546	38,93	0,19	60	41569	51,28	0,29
Doliólidos	119	1.159.101	85,61	3,53	111	691.743	74,50	3,72	97	125477	82,91	0,87
Apendicularias	117	610.690	84,17	1,86	112	202.776	75,17	1,09	104	330066	88,89	2,30
Radiolarios	95	377.380	68,35	1,15	119	116.852	79,87	0,63	102	125199	87,18	0,87
Larvas cifonauta	97	166.911	69,78	0,51	121	85.082	81,21	0,46	66	23736	56,41	0,17
Total Est.	139	32.840.237			149	18.610.052			117	14.362.382		
Total ind.												





A comparar con los años 1997 y 1998, los quetognatos muestran una tendencia a disminuir sus niveles de abundancia a tasas de cambio negativas 31,8% y 61,4%, respectivamente.

### **Larvas de decápodos**

Las larvas de crustáceos decápodos fue el cuarto grupo con un 100% de ocurrencia en las estaciones, con una abundancia total de 381,410 individuos que alcanzaron una dominancia de 2,66% (Tabla 30), exhibiendo valores extremos de 31 a 38.642 y un promedio por estación de 3.260 individuos/1.000 m<sup>3</sup> (Tabla 31).

En este año, se observa un aumento de un 12,6 % en la abundancia de las larvas de decápodos respecto a 1998, donde la densidad máxima alcanzó a 27.399 individuos, exhibiendo una disminución de un 33,6% con respecto a 1997.(Tabla 31).

### **Eufáusidos**

Este fue el segundo grupo de mayor importancia cuantitativa, reunió un total de 1.085.627 eufáusidos/1.000 m<sup>3</sup>, correspondiendo a una dominancia de 7,56 % (Tabla 30). Las concentraciones fluctuaron entre 34 y 135.474, con un promedio por estación de 9.780 individuos/1.000 m<sup>3</sup> (Tabla 31).

Esta abundancia en número, representa un incremento importante respecto a 1997 y en especial a 1998, con tasa de cambio positivas de un 30,8% y 163%, respectivamente, lo cual indica una importante recuperación en sus niveles de abundancia durante este año, respecto a la disminución observada entre 1991 y 1998 (Tabla 30).



## Ostrácodos

Los ostrácodos muestran igual frecuencia de ocurrencia que eufáusidos (94,87%). Su densidad total es de 273.814 ostrácodos/1.000 m<sup>3</sup> y representa el 1,91% del total para el área de estudio (Tabla 30), con valores mínimos y máximos de 19 y 19.808 individuos/1.000 m<sup>3</sup> (Tabla 31).

## Apendicularias

El aporte de este grupo a la densidad total fue de 330.066 apendicularias/1.000 m<sup>3</sup>, cifra que alcanza al 2,30% de la dominancia numérica (Tabla 30), exhibiendo valores extremos que fluctúan entre 37 y 55.529, con un promedio por estación de 3.174 individuos/1.000 m<sup>3</sup> (Tabla 31). De los cordados identificados, las apendicularias fueron las más frecuentes en las estaciones de muestreo, extendiendo su distribución espacial al 88,89 % del área geográfica prospectada.

La mayor dominancia en las estaciones de muestreo se observó en otoño de 1999 y la menor frecuencia de ocurrencia se registro durante el período 1998. Las apendicularias se incrementa en un 62,77% respecto a 1998, pero al comparar con 1997 se observa una reducción de un 45,9 % (Tabla 30).



## 5.5.2 Distribución del zooplancton

### Copépodos

Espacialmente los copépodos exhiben las concentraciones más altas en sentido latitudinal. Densidades superiores a los 135.001 copépodos/1.000 m<sup>3</sup> fueron observadas en 15 de las 23 transectas realizadas. Longitudinalmente las concentraciones se extienden desde 10 hasta 160 mn. Las mayores agregaciones se detectaron entre San Antonio y norte de Constitución, donde se concentró el 40,82% de la abundancia de copépodos, identificando 5 focos con densidades máximas entre 329.037 – 485.742 copépodos/1.000 m<sup>3</sup>. Dos focos se situaron en las inmediaciones de San Antonio, dos focos en la zona centro al oeste de Constitución y en la latitud 36°LS y el quinto en la zona sur, a 25 mn de Corral (Fig. 56), éste último asociado a la mayor densidad de copépodos (485.742 individuos/1.000 m<sup>3</sup>).

Respecto a 1997 y 1998, los focos de mayor concentración se observaron más dispersos longitudinalmente alcanzando hasta las 130 mn, mientras que durante 1998 y 1997 estos se limitaron hasta las 50 y 40 mn, exceptuando un foco aislado a 200 mn en 1997.

### Quetognatos

Espacialmente la zona estuvo dominada por un rango de densidades entre 4.244 a 11.373, que se expandieron de norte a sur y en sentido longitudinalmente hasta las 200 mn en la zona centro. Las mayores agregaciones se observaron en el sector norte, reuniendo ahí el 50,8% de los organismos, en tanto para la zona sur la abundancia se reduce con un 19,15%.



En el área destacan 5 focos con concentraciones superiores a los 28.065 individuos; dos frente a San Antonio, uno al oeste de Rada Llico, uno en las inmediaciones de Constitución y frente a la latitud 36° LS, propagándose éstos hasta las 100 mn (Fig. 57).

Los niveles de concentración más dominantes (11374 –27.733 individuos/1.000m<sup>3</sup>) se agruparon en el sector norte, a diferencia de lo registrado en 1998, donde focos con este rango de densidad estuvieron más aislados entre sí y de manera más homogénea y frecuente en el área de estudio durante 1997.

### **Larvas de decápodos**

Las larvas de decápodos muestran una disminución en densidad de norte a sur, el 38,07% de los organismos se concentro en el sector norte y un 33,51% al centro. En ambos sectores se detectaron aglomeraciones larvales entre 11,374–27,733 individuos/1.000m<sup>3</sup>, que se extendieron desde las 10 a las 130 mn. Las densidades dominantes estuvieron entre 1,387 y 4,243 individuos/1.000m<sup>3</sup>., destacando dos focos; uno situado a 50 mn al sur de Constitución (34,973 individuos/1.000m<sup>3</sup>) y otro a 10 mn al sur de Puerto Saavedra (38,642 individuos/1.000m<sup>3</sup>) (Fig. 58). Este último ha permanecido de manera recurrente durante las prospecciones de 1997 y 1998.

Por otra parte, en los últimos dos períodos las mayores agregaciones se registraron en el sector norte hasta las cercanías de Constitución, mientras que para otoño de 1997 las densidades de larvas de decápodos disminuyen en la zona norte, con concentraciones mayores en la zona centro (Constitución y latitud 38° LS).

### **Eufáusidos**

Los eufáusidos estuvieron presente en toda la zona de estudio, predominando las densidades entre los 368 y 1.386 eufausidos/1.000 m<sup>3</sup>.(Fig. 59) En el sector norte se



concentró un mayor número de focos con densidades superiores (11.374 a 127.733 individuos/1.000 m<sup>3</sup>), reuniendo el 32,77% del total de eufáusidos.

En el sector centro se concentró el 38,15%, identificando dos focos principales a 25 mn frente a Punta Nugurne y Talcahuano, con densidades que alcanzaron a los 115,990 y 135,474 eufáusidos, respectivamente.

Hacia el sur la disminución de eufáusidos es notoria, sin embargo, entre Punta Rocura y el sur de Corral se registra un área con concentraciones mayores a los 27,734 eufáusidos/1.000 m<sup>3</sup>. (Fig. 59).

En términos longitudinales, la distribución de eufáusidos tiende a aumentar los niveles de abundancia desde el área oceánica hacia la costa, ubicándose las mayores agrupaciones a las 25 mn. Situación que también es observada en anteriores cruceros (Fig 60)

El análisis latitudinal de la distribución de eufáusidos para los años 1997 a 1999, muestra mayor abundancia en el último año, con abundancias superiores a las registradas en 1997 y 1998 para el 60,9 y 82,6% de las transectas. En los años precedentes, se registra una tendencia a incrementarse la abundancia de eufáusidos de norte a sur, situación que se invierte durante el reciente crucero (Fig 61).

Para los años 1997, 1998 y 1999, se registra de manera recurrente un pico de alta concentración de eufáusidos entre los 39° LS y Corral, con abundancias promedio de 13.368 a 18.175 eufáusidos/10.000 m<sup>3</sup>. Un segundo pico se observa entre las latitudes 36° LS (Punta Nugurne) y los 36°40' LS (Talcahuano), reuniendo valores entre 9.582 a 23.585 eufáusidos/10.000 m<sup>3</sup>. (Fig 61).



Un tercer pico se muestra en el sector norte, localizado en los 33°20' LS (inmediaciones de Punta Talca) en los dos últimos períodos y en los 34°00' LS (Bucalemu) en 1997, agrupándose en estas transectas entre 4.346 y 25.956 eufáusidos/10.000m<sup>3</sup> (Fig. 61).

### **Ostrácodos**

En general, de norte a sur se observa una tendencia a disminuir su abundancia, con el 38,97% del total de individuos entre San Antonio y los 35° LS .

Dos focos reúnen las máximas densidades, éstos se ubican a 50 mn frente a San Antonio y a 130 mn del oeste de Punta Nugurne, con densidades de 12.687 y 19.808 ostrácodos /1.000 m<sup>3</sup>. Hacia el sector más oceánico los focos detectados son de baja densidad (Fig. 62).

Respecto de años anteriores, la densidad aumenta en un 33,6 % para 1997 y un 12,6% para 1998. Las mayores concentraciones registradas en los dos últimos años, fueron entre 11.374 a 27.733 ostrácodos /1.000 m<sup>3</sup>,

### **Apendicularias**

Las agregaciones mayores se ubicaron al norte y sur del área de estudio, aportando cada zona a la abundancia el 25,72% y 59,38%, respectivamente. Los focos de mayor densidad se estuvieron dentro de las 75 mn de la costa (Fig 63).

En la zona sur (Puerto Saavedra y Corral), las agregaciones fueron más frecuentes en la zona nerítica, registrando este sector las máximas densidades ( 55.529 y 28.109 apendicularias/1.000 m<sup>3</sup> ) a 1, 2 y 25 mn de Corral. La alta concentración de



apendicularias también es observada durante los años 1997 y 1998, años en que se agrupó el 44,15% y 46% de la abundancia total, respectivamente.

### **5.5.3 Análisis estacional del zooplancton**

La comparación de los tres últimos períodos otoñales revela una disminución paulatina en el tiempo de los niveles de abundancia en los organismos zooplanctónicos, registrando en 1999 tasas de cambio negativas respecto de 1998 y 1997 de 22,8% y 55,6% (Tabla 31).

La diversidad específica observada en los tres períodos ha sido prácticamente la misma, el número de grupos zooplanctónicos se ha visto ligeramente disminuido, de 19 ítems registrados en 1997, 18 se observaron en 1998 y 17 en el último. Durante el período no se detectó la presencia de cladóceros y pelecypodos.

Los grupos que han mantenido siempre las mayores abundancias numéricas han sido siempre los copépodos, y los quetognatos en el último año fueron desplazados al tercer lugar por los eufáusidos.

Los grupos que durante 1999 mostraron tasas de cambio negativas con respecto a los dos períodos precedentes fueron los copépodos, ostrácodos, quetognatos, poliquetos, pterópodos, doliólidos y larvas de cifonautas, en tanto que los eufáusidos, anfípodos y sifonóforos denotaron un incremento de su densidad en 1999 (Tabla 30).

Los grupos que en el tiempo mantienen un dominio en la colonización de las estaciones son los copépodos, quetognatos y los ostrácodos, siendo estos últimos desplazados al tercer lugar por los eufáusidos durante el presente período (Tabla 31).



#### **5.5.4 Estructura comunitaria de los grupos zooplanctónicos**

Con la información cualitativa y cuantitativa del zooplancton se aplicaron algunos índices comunitarios para establecer la estructura comunitaria presentada por los distintos grupos analizados en la zona comprendida entre la latitud 33°20'LS (sur de Valparaíso) y Punta Galera (40°00'LS).

Los valores de uniformidad "J" durante el período otoñal de 1999 fluctuaron entre 0,190 y 0,674, estimándose en la estación 32 y 40 a 100 y 75 mn de Puerto Saavedra la menor uniformidad y en la estación 64 a 25 mn de Lavapié, la mayor.

Durante esta prospección se observó una baja uniformidad, con 90 estaciones de las 117 con valores inferiores a 0,5, lo cual a su vez demuestra una alta dominancia con valores fluctuantes entre 0,326 y 0,810. Los copépodos y eufáusidos (en menor grado) fueron los grupos responsables de la baja uniformidad, al mantener densidades más altas en las estaciones de muestreo.

No existe diferencia en la uniformidad respecto a 1998, ya que el 92% de las estaciones presentaron valores inferiores a 0,5, con altos valores de dominancia que variaron entre 0,38 y 0,818 y que son explicados por los copépodos.

Los distintos grupos zooplanctónicos se agruparon a través del índice de sobreposición de Horn, a fin de establecer entre pares de muestras la diversidad específica, determinando valores de sobreposición entre 0,463 y 0,997 que indican sólo un grupo con mayor diversidad y un 46,3 % de similitud en el orden jerárquico. La diversidad específica fue similar en la mayoría de las muestras, manteniéndose casi los mismos elementos en común, con similares proporciones entre ellos.



En 1998, índice muestra un menor grado de diversidad entre pares de muestras, identificando un sólo grupo con un 87,9% de similitud.

El análisis de similitud realizado con el índice de Winer, muestra que hubo tres grupos de especies que coexistieron a partir del nivel del 66,4% (Fig. 64), el primero es aquel formado entre los copépodos y ostrácodos, quienes demuestran una coexistencia de un 83,2%, el segundo grupo está formado por quetognatos y poliquetos con un porcentaje de 77,5%, y en tercer lugar el grupo de las larvas de decápodos y sifonóforos, con una coexistencia de un 66,4%.

En 1998, tres grupos de especies coexistentes se formaron a partir del nivel de 69%, el primero formado por los copépodos y quetognatos, coexistiendo en un 86,8%, el segundo las medusas y salpas (71,8%) y el tercer lugar los eufáusidos y larvas de decápodos con un 69% de coexistencia.

### **5.5.5 Biomasa zooplanctónica**

La biomasa zooplanctónica expresada en mililitros de zooplancton presentes en 1.000m<sup>3</sup> de agua de mar filtrada, presentó valores extremos de 26-1.855 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>, mostrando un promedio por estación de 161. La biomasa fue bastante homogénea en la zona, principalmente en la zona más oceánica, observando latitudinalmente un aumento en la abundancia del zooplancton de sur a norte, particularmente en la transecta 13 frente a Talcahuano donde se agrupó la mayor biomasa zooplanctónica del área (Fig. 65).

En la zona hubo un mayor predominio de las categorías de densidad de 34–100 y 101–300, que concentran el 46,96% y 40,87% de las estaciones, respectivamente. La primera categoría es bastante homogénea hacia el sector oceánico, interrumpiéndose por valores entre 101–300 entre San Antonio a Puerto Lebu en la zona nerítica, y, de



manera aislada en pequeñas agregaciones frente a Puerto Saavedra, Corral y Caleta Mansa (Fig. 65). De San Antonio a Puerto Coronel, se presentan agrupaciones de individuos con densidades entre 301–900 ml/1.000 m<sup>3</sup>, en la zona costera, ubicándose a 25 mn frente a Talcahuano la máxima concentración de organismos (1,855 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>.)

Los niveles de biomasa zooplanctónica alcanzados respecto a 1998, indican un fuerte decremento en la abundancia con una tasa de cambio negativa de 94,58% para la biomasa promedio por estación, con un leve aumento de un 5,92% para 1997 (Tabla 32). Años donde el máximo valor de biomasa promedio alcanzó a 1.085 (1997) y 17.876 (1998).

**Tabla 32** Biomasa zooplanctónica para el período 1997-1999.

	1997	1998	1999
Máximo	1.085	17.0876	1.855
Mínimo	16	294	26
Promedio	152	3.016	161
N	138	135	115
<b>RANGOS</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>		
0-33	6,62		2,61
34-100	45,65		46,96
101-300	39,86	0,6	40,87
301-900	10,14	8	8,7
901-10.000	0,72	88,66	0,87
10.001-20.000		2,67	

Asimismo, durante 1999 y 1997 los rangos de biomasa exhibidos en el área de estudio mostraron valores porcentuales similares, dominando principalmente en ambos períodos los rangos entre 34–100 y 101–300.



Durante 1998 el valor mínimo fue no inferior a 294, observando un predominio de la categoría de densidades 901-10.000, reflejando una distribución de biomasa bastante homogénea. La alta diferencia en los niveles de biomasa exhibidos en 1998 respecto de 1999 y 1997, se fundamenta en la presencia de una alta densidad de salpas grandes, densidades que no fueron observadas durante los otros dos períodos otoñales.

Para 1997, el rango de densidades 301-900 muestra una distribución típicamente nerítica que se extendió desde Constitución hasta el norte de Punta Rocura, en tanto que en 1998, si bien es cierto con una distribución latitudinal este rango se reduce con una distribución más oceánica, pero con una distribución latitudinal similar al año anterior, aunque en el último período esta extensión se detectó hasta el extremo sur de la zona de estudio. Durante 1999 en cambio este rango se destacó principalmente en la zona costera y entre San Antonio y Puerto Coronel.

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

### **5.6.1 Condiciones oceanográficas y la distribución del jurel**

#### **5.6.1.1 Densidad jurel**

En la carta de distribución del jurel elaborada con SIG, se puede observar que el recurso jurel presenta una amplia repartición en el área prospectada. En la parte norte (desde el 33° al 35° LS) el jurel tiene una distribución costera (desde la costa hasta la longitud 74°W). En la parte central (desde el 35° al 37° 30' LS) el jurel se encuentra distribuido desde 60 mn de la costa hasta longitud 76° 15'W. En la parte sur (desde el 37° 30' LS al sur) en jurel presenta una amplia distribución desde la costa hasta la longitud 78°W (Fig. 66).



- En la 1° capa (de la superficie a 50 m) el recurso se presentó en 33.627 celdas de un total de 151.200 celdas totales. En esta capa se aprecia que un 78% de celdas poseía baja densidad, un 17% regular densidad y el 5% eran de alta densidad. En esta capa se presenta la participación porcentual más elevada de alta densidad (Fig. 66 y Tabla 33).
- En la 2° capa (51 a 100 m) el jurel se presentó en 38.590 celdas, que comparada con las otras presenta una mayor área ocupada por el jurel. El 82% de las celdas eran de baja densidad, el 15% de densidad media y sólo el 3,0% de densidad baja (Fig. 66b).
- En la 3° capa (101 a 150 m) el jurel tuvo presencia en 27.268 celdas, en el 98% de las ellas el jurel presentó baja densidad (Fig. 66c).

**Tabla 33.** Número de celdas ocupadas por el jurel en el área de estudio, considerando su nivel de densidad.

CAPAS	Densidad Baja ( < 75 t/mn <sup>2</sup> )	Densidad Media ( 75-300 t/mn <sup>2</sup> )	Densidad Alta ( > 300 t/mn <sup>2</sup> )	Total celdas
Superficie a 50 m	26.340 (78%)	5.848 (17%)	1.439 (5%)	33.627
51 a 100 m	31.908 (82%)	5.343 (15%)	1.339 (3%)	38.590
101 a 150 m	26.656 (98%)	400 (1%)	212 (1%)	27.268
151 a 200 m	1.472 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1.472

- En la 4° capa (151 a 200 m) el jurel se presentó sólo en 1.472 celdas, todas se distribuyeron al sur de la latitud 38° LS y presentaron baja densidad de jurel (Fig. 66d).



Los resultados muestran que el jurel se presenta en la columna de agua desde la superficie hasta los 170 m de profundidad, con una clara preferencia por los primeros 100 m de la columna de agua donde se presenta el 71,5% de las celdas. El área ocupada por el recurso jurel en otoño de 1999 es más amplia que la de 1998, sin embargo ha disminuido la participación porcentual de las cuadrículas con alta densidad de jurel de 7,8% en 1998 a 3,0% en 1999 (Córdova *et al.*, 1999).

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

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

Al efectuar el análisis se debe considerar que la prospección tiene una duración de 45 días, la información tanto ambiental como bio-oceanográfica se toma como un plano o una capa, por variable y estrato de profundidad: Luego, se dispone de un solo plano temporal o imagen, que se relacionan entre sí a través de un SIG. Dentro de cada plano la escala espacial está dada por el tamaño de los pixeles de las imágenes, los cuales poseen una resolución de 0,75 millas náuticas en el sentido E-W y 1 mn en el eje N-S.



## A. En relación con la temperatura

Con respecto a la temperatura, el jurel muestra una clara preferencia por aguas con temperaturas superficiales de 13°C, y a 50 m de profundidad (Figs. 67 y 68). La distribución de esta variable se presenta en la figura 69, en ella se muestra la distribución espacial de la temperatura en las capas de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad y en la Tabla 34 se resumen los estadísticos de dichas cartografías.

En el plano superficial se observa un predominio de aguas con temperatura de 13°C, en la parte central del área al oeste de 76° W la temperatura es de 14°C, las cuales recorren la zona de estudio de norte a sur. En la capa de 50 m también existe un predominio de aguas de 11 y 12°C (Fig. 69). Durante el crucero la temperatura del mar se presenta más baja (Tabla 34) que en los años 1997 y 1998 (Tabla 35).



**Tabla 34** Estadísticos de las cartografías de distribución de jurel y de las variables ambientales en las zonas norte y sur, en las capas de 5, 50 y 100 m. Crucero 1999.

VARIABLES		Norte	Sur	
CAPA 5 m.	Biomasa	Promedio	104.90	124.28
		Total	2982002	6368624
		Mínimo	0.00	0.00
		Máximo	7193.09	4450.21
		Desv. estándar	386.33	366.23
	Salinidad	Promedio	34.16	33.20
		Gradiente	0.73	0.79
		Mínimo	33.80	33.35
		Máximo	34.53	34.14
		Desv. estándar	2.45	4.83
	Temperatura	Promedio	12.51	13.25
		Gradiente	3.19	4.20
		Mínimo	10.87	10.75
		Máximo	14.06	14.94
		Desv. estándar	0.86	0.87
	Oxígeno	Promedio	3.47	3.64
		Gradiente	3.84	3.19
		Mínimo	1.83	2.03
		Máximo	5.67	5.22
		Desv. estándar	0.60	0.88
Densidad	Promedio	25.84	25.31	
	Gradiente	0.84	0.92	
	Mínimo	25.47	25.04	
	Máximo	26.31	25.95	
	Desv. estándar	0.25	1.93	
CAPA 50 m.	Biomasa	Promedio	112.65	141.81
		Total	3202098.00	7266518.00
		Mínimo	0.00	0.00
		Máximo	8647.63	10472.59
		Desv. estándar	486.20	506.50
	Salinidad	Promedio	34.27	33.98
		Gradiente	0.66	0.88
		Mínimo	33.97	33.75
		Máximo	34.64	34.23
		Desv. estándar	2.01	3.03
	Temperatura	Promedio	11.82	12.77
		Gradiente	4.85	5.18
		Mínimo	9.78	9.85
		Máximo	14.63	15.03
		Desv. estándar	0.90	1.12
	Oxígeno	Promedio	2.67	3.25
		Gradiente	3.48	3.56
		Mínimo	1.19	1.62
		Máximo	4.67	5.18
		Desv. estándar	0.60	0.89
Densidad	Promedio	26.04	25.65	
	Gradiente	1.13	1.06	
	Mínimo	25.41	25.23	
	Máximo	26.54	26.29	
	Desv. estándar	0.27	1.03	
CAPA 100 m.	Biomasa	Promedio	112.65	141.81
		Total	3202098.00	7266518.00
		Mínimo	0.00	0.00
		Máximo	8647.63	10472.59
		Desv. estándar	486.20	506.50
	Salinidad	Promedio	34.27	33.98
		Gradiente	0.66	0.88
		Mínimo	33.97	33.75
		Máximo	34.64	34.23
		Desv. estándar	2.01	3.03
	Temperatura	Promedio	11.82	12.77
		Gradiente	4.85	5.18
		Mínimo	9.78	9.85
		Máximo	14.63	15.03
		Desv. estándar	0.90	1.12
	Oxígeno	Promedio	2.67	3.25
		Gradiente	3.48	3.56
		Mínimo	1.19	1.62
		Máximo	4.67	5.18
		Desv. estándar	0.60	0.89
Densidad	Promedio	26.04	25.65	
	Gradiente	1.13	1.06	
	Mínimo	25.41	25.23	
	Máximo	26.54	26.29	
	Desv. estándar	0.27	1.03	
Integrada	Clorofila-a	Promedio	30.54	28.81
		Gradiente	84.51	76.57
		Mínimo	16.30	0.00
		Máximo	100.81	76.57
		Desv. estándar	9.11	8.55
	Eufáusidos	Promedio	11080	5796
		Gradiente	sin información	sin información
		Mínimo	0.00	0.00
		Máximo	118496	96892
		Desv. estándar	14928	7710



En la capa 1° (de la superficie a los 50 m) y en la capa 2° (51 a 100 m), el jurel se encuentra distribuido entre los 10 y 14°C (Figs. 67 y 68), similar a lo encontrado en 1994, donde el jurel se encontraba en un rango de temperatura de 9,4 a 13,5°C (Quiñónes *et al.*, 1995), mientras que en 1998, el jurel se distribuyó entre los 12 y 15°C con una marcada preferencia por los 14 (Córdova *et al.*, 1999).

En julio-agosto de 1994, el jurel se presentó preferentemente en aguas superficiales de 12,5°C, mientras que entre mayo-junio de 1997 y 1998, ésta fue de 15,5°C y 14,8°C, respectivamente. Cabe señalar que en 1997 la zona de estudio estaba afectada por el fenómeno de El Niño (Tabla 35).

Los índices de asociación de Cr entre la temperatura y la distribución del jurel son bajos, 0,23 para la capa superficial y 0,16 a 50 m (Tabla 36), estos resultados son análogos a los encontrados en la zona sur de la prospección de otoño de 1998 (Córdova *et al.*, 1999)

## **B. En relación con la salinidad**

En la figura 70 se muestra la distribución espacial de la salinidad en las capas de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.



**Tabla 35** Rangos de las variables bio-oceanográfica en áreas con presencia de jurel, en los cruceros hidroacústicos de los años 1993 (Serra *et al.*, 1994b), de 1994 (Quiñonez *et al.* 1995,), de 1997 (Córdova *et al.*, 1998) y de 1998 (Córdova *et al.*, 1999).

ANO	PROFUNDIDAD	VARIABLE	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	DESV.EST.
1993	Superficial	Temperatura (°C)		10.5	14	
		Salinidad (psu)	33-34	33.9	34.6	
		Oxígeno (ml/L)	6.0	5.1	7.7	
		Sigma-t	24.8-25.7			
		Eufáusidos	3200			
	Clo-a integrada.	10-150			180	
Profundidad	Temperatura (°C)					
	Salinidad (psu)				34.25	
	Oxígeno (ml/L)			0.25	3	
1994	Superficial	Temperatura (°C)	12.49	11.03	14.66	
		Salinidad (psu)	33.84	31.56	34.69	
		Oxígeno (ml/L)	5.51	4.75	6.47	
		Sigma-t	25.59	23.96	26.13	
	Ponderada	Temperatura (°C)	11.04	8.96	13.62	
		Salinidad (psu)	34.30	33.31	34.76	
1997	Superficial	Temperatura (°C)	15.50	13.23	16.80	
		Salinidad (psu)	34.01	32.06	34.30	
		Sigma-t	25.09	24.08	25.37	
		Cloa-a integrada	19.37	8.75	49.31	
		Eufáusidos	783	23	7060	
	50 m.	Temperatura (°C)	13.90	10.62	16.66	
		Salinidad (psu)	34.05	34.30	35.53	
		Sigma-t	25.47	24.87	26.13	
		Cloa-a integrada	20.20	10.09	49.32	
		Eufáusidos	543	0	5665	
1998	5 m.	Temperatura (°C)	14.75	12.29	16.16	0.86
		Salinidad (psu)	34.06	33.20	34.47	0.64
		Oxígeno (ml/L)	5.07	2.29	6.57	0.74
		Sigma-t	25.30	24.71	25.98	0.41
		Sa (t/mn <sup>2</sup> )	896	0	19299	2259
	50 m.	Temperatura (°C)	14.35	11.61	15.93	1.31
		Salinidad (psu)	34.16	33.62	34.68	0.59
		Oxígeno (ml/L)	4.70	1.91	6.59	1.04
		Sigma-t	25.46	25.01	26.37	0.47
		Sa (t/mn <sup>2</sup> )	644	0	191126	1954
	100 m.	Temperatura (°C)	11.87	10.34	13.97	1.03
		Salinidad (psu)	34.24	33.92	34.83	0.40
		Oxígeno (ml/L)	3.62	0.81	6.27	1.45
		Sigma-t	26.04	25.59	26.44	0.68
		Sa (t/mn <sup>2</sup> )	108	0	6795	361
	150 m.	Temperatura (°C)	11.03	9.61	12.29	0.72
		Salinidad (psu)	34.50	33.15	34.79	0.40
		Oxígeno (ml/L)	2.67	0.36	1.13	1.52
		Sigma-t	26.34	26.06	26.58	0.33
		Sa (t/mn <sup>2</sup> )	86	0	903	361
Integrada	Cloa-a integrada	35.91	13.34	99.07	12.19	
	Eufáusidos	5213	0	46895	8873	



En la capa 1° (de la superficie a los 50 m) el jurel se presenta entre 33,3 y 34,4 psu, con preferencia por los 33,9 psu. En la capa 2° (51 a 100 m) el jurel se encuentra distribuido entre los 33,8 psu y los 34,6 psu, ubicándose principalmente entre 33,9 psu y 34,0 psu (Figs. 67 y 68). Este rango de distribución es similar a los encontrados en 1994 y 1998, donde se registró un rango de salinidad de 33,2 a 34,5 psu, (Tabla 35). Estos resultados confirman lo indicado por Quiñones *et al.* (1995) que señalan la presencia del recurso en aguas ASAA y AESS, en tanto que para 1997 el jurel se localizó en aguas con salinidades entre 32,06 y 34,61 psu (Córdova *et al.*, 1998). Valores mínimos de salinidad que se registraron a nivel superficial en un período en que la zona de estudio se encontraba bajo la influencia del fenómeno de El Niño. Los resultados confirman lo señalado por Córdova *et al.*, 1998, en cuanto a que el jurel evita aguas de salinidades menores a 33,9 psu, difiriendo a lo planteado por Quiñones *et al.* (1995).

Los índices de asociación de Cr entre la salinidad y la distribución del jurel son bajos, pero en el sector sur la asociación es significativa con un  $ICr = 0,23$  para las capas de superficie y de 50 m (Tabla 36). En 1998, para el área sur se encontró  $ICr = 0,28$  y  $ICr = 0,27$ . En tanto para 1994, se encontró coeficiente de correlación bajo pero significativo tanto en el plano superficial como en profundidad (Quiñones *et al.*, 1995.)

**Tabla 36** Coeficientes Cramer's de las cartografías de distribución de jurel, respecto de las variables ambientales en las capas de 5 y 50 m.

VARIABLE	Supereficie.	Capa 50 m.
Temperatura (°C)	0.23	0.16
Salinidad (psu)	0.23	0.23
Oxígeno (ml/L)	0.17	0.22
Densidad (Sigma-t)	0.23	0.19
Clo-a integrada.	0.19	0.24
Eufáusidos.	0.19	0.21



### C. En relación con el oxígeno

En la figura 71 se muestra la distribución espacial del oxígeno en las capas de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad y en la Tabla 34 se presentan los estadísticos de dichos mapas.

En la capa 1° (de la superficie a los 50 m) el jurel se presenta entre 0,1 y 5,0 ml/l con preferencia por el rango entre 2,5 y los 4,5 ml/l. En la capa 2° (51 a 100 m) el jurel se ubica distribuido desde 0,1 a 5,0 ml/l, con una mayor frecuencia en el rango de 2,0 ml/l a 4,5 ml/l (Figs. 67 y 68). Para otoño de 1994 y 1998, el rango de distribución de oxígeno de la especie fue superior de lo obtenido durante la presente prospección. En 1994 el rango de oxígeno superficial fue de 4,75 y 6,47 ml/l, encontrando presencia de jurel en aguas de tan sólo 0,37 ml/l (Quiñónes *et al.*, 1995). Durante 1998, a superficie el jurel se presentó entre 3,2 y 6,0 ml/l concentrando el mayor número en el rango entre 4,8 y 5,6 ml/l.

En la presente prospección de otoño de 1999, el jurel se encontró en aguas menos oxigenadas que en los cruceros antes citados, razón por lo cual los resultados obtenidos en el presente trabajo son solo parcialmente concordantes con lo propuesto por Serra *et al.* (1994a), Quiñónes *et al.*, 1995) y ratificado por Córdova *et al.*, 1999., donde se demuestra que el jurel prefiere por lo general aguas bien oxigenadas desde la superficie hasta 100 m y en profundidades superiores a 150 m el jurel prefiere aguas con bajo nivel de oxígeno.

Los índices de asociación de Cr entre el oxígeno y la distribución del jurel son bajos, principalmente en la superficie (Tabla 36). Valores similares han sido reportados en otoño de 1993 (Serra *et al.*, 1994b), en el otoño de 1994 (Quiñónes *et al.*, 1995) y en otoño de 1998 (Córdova *et al.*, 1999). Exceptuando lo reportado por Serra *et al.*



(1994a) en el otoño de 1992, donde se detectó una correlación significativa ( $r = -0,55$ ) entre la distribución del jurel y la concentración de oxígeno superficial .

Los valores de oxígeno en que se ubicó el recurso en otoño 1993, invierno de 1994, otoño de 1998 y de 1999, permiten confirmar lo propuesto por Quiñones *et al.*, (1995) y sugerido por Serra *et al.* (1994a y 1994b), en cuanto a que el jurel puede permanecer en aguas de la corriente de Günther, al menos por cortos períodos.

#### **D. En relación con la densidad en sigma-t**

En la figura 72 se muestra la distribución espacial de la densidad en sigma-t en las capas de 5, 50, 100, 150 y 200 m de profundidad.

En la capa 1° (de la superficie a los 50 m) el jurel se presenta entre 25,2 y 26,2 sigma-t con preferencia por el rango entre 25,2 y los 25,6 sigma-t. En la capa 2° (51 a 100 m) el jurel se encuentra distribuido entre los 25,2 y los 26,4 sigma-t, con una clara preferencia por las aguas de 25,8 sigma-t (Figs. 67 y 68). Estos rangos (Tabla 35) son ligeramente más amplios a los presentados en otoño de 1998 (Córdova *et al.* 1998), pero son restringidos en relación a los encontrados en invierno de 1994 y otoño de 1997, donde presentaron un rango más amplio (Quiñones, *et al.*, 1994 y Córdova *et al.* 1998).

Los índices de asociación de Cr entre la densidad en sigma-t y la distribución del jurel son bajos, alcanzaron los 0,23 y 0,19 en la superficie y los 50 m, respectivamente (Tabla 36).



## E. En relación con la clorofila-a integrada

En la figura 73 se muestra la distribución espacial de la clorofila-a integrada. El jurel se presenta en agua de muy baja clorofila-a integrada cercana a 0 y con valores que superan los  $60 \text{ mg/m}^3$ , con una clara preferencia por aguas de 20 a  $30 \text{ mg/m}^3$ : Las distribuciones son análogas en la capa 1° (de la superficie a los 50 m) y en la capa 2° (51 a 100 m). En otoño de 1998 el jurel se presentó en un rango de clorofila-a ligeramente superior, entre 15 y  $70 \text{ mg/m}^3$ , agrupando la mayor cantidad de agregaciones entre 25 y los  $35 \text{ mg/m}^3$  en la capa superficial (Córdova *et al.* 1999). Por otra parte, en invierno de 1994 y otoño de 1997, las áreas de mayor concentración del recurso presentaban altas concentraciones de clorofila a (Quiñónes, *et al.*, 1994 y Córdova *et al.* 1998).

Los índices de asociación de Cr entre la clorofila integrada y la distribución del jurel son bajos, (Tabla 36). Estos resultados son análogos a los encontrados en la prospección de otoño de 1997 (Córdova *et al.*, 1998 y 1999).

## F. En relación con los eufáusidos

Los eufáusidos son el principal ítem alimentario del jurel, pero cabe señalar que las redes de plancton utilizadas no son adecuadas para el muestreo cuantitativo de otros ítems alimentarios de importancia, como son los peces linterna y salpas por lo que no son incorporados en el presente análisis, este enfoque fue propuesto por Quiñónes, *et al.*, 1994.

En la figura 73c se muestra la distribución espacial de los eufáusidos en la columna de agua.



En el área de prospección los eufáusidos se presentan entre los 0 y 118496 ind./1000m<sup>3</sup>, con una media de 7.575 ind./1000m<sup>3</sup> (Tabla 34). Esta cifra es superior a la obtenida en 1998 con 46.895 ind./1000m<sup>3</sup> y en 1997 con sólo 5.665 ind./1000m<sup>3</sup> (Tabla 35).

Los índices de asociación de Cr entre los eufáusidos y la distribución del jurel son reducidos tanto en la capa superficial como en la de 50 m (Tabla 36). Estos índices son más bajos a los obtenidos en la prospección de 1998 (Córdova *et al.*, 1999) y similares a la de 1997 (Córdova *et al.*, 1998)

La baja correlación entre el jurel y su principal presa se vio corroborada al estudiar las imágenes de la distribución espacial del jurel, de los eufáusidos y de la presencia de contenido estomacal en los ejemplares. Se destaca que la mayor zona de abundancia del jurel presentaba una baja abundancia de eufáusidos. Estos resultados confirman lo sugerido por Quiñones *et al.* (1995), quien indica que la correlación puede llegar a ser negativa si se muestrea en el momento en que el predador (el jurel) ha agotado a la presa de un área determinada.

#### **5.6.1.3 Presencia de jurel y las variables bio-oceanográficas desde un análisis multivariado**

En la aplicación del análisis de componentes principales, se estimó la matriz de correlación (Tabla 37) la que muestra la no existencia de variables altamente correlacionadas.



**Tabla 37.** Matriz de correlación entre las variables: Tem (temperatura del mar), Sal (salinidad), Den (densidad de jurel), Oxi (oxígeno) en los planos de 5 m, 50 m y 100 m de profundidad, CLOA INT (clorofila integrada) y Eufáusidos.

	Tem 5 m	Sal 5m	Den 5m	Oxi 5m	Tem 50 m	Sal 50m	Den 50m	Oxi 50m
Tem 5m	1							
Sal 5m	-0,217	1						
Den 5m	0,805	0,715	1					
Oxi 5m	0,207	0,02	0,163	1				
Tem 50 m	-0,148	0-0,80	0,155	-0,113	1			
Sal 50m	0,082	0,069	0,014	0,018	-0,584	1		
Den 50m	0,056	-0,065	-0,087	0,074	-0,931	0,838	1	
Oxi 50m	-0086	0,111	0,134	-0,076	0,472	-0,263	-0,433	1
Tem 100m	-0,005	-0,100	-0,055	0,426	0,334	0,021	0,168	0,35
Sal 100m	0,154	0,486	0,404	-0,242	-0,227	-0,152	-0,281	0,016
Den 100m	0,05	0,302	0,221	-0,374	0,295	-0,059	-0,22	0,029
Oxi 100 m	-0,220	-0,02	0,145	0,185	-0,021	0,051	0,036	-0,129
Cloa int.	0,317	0,162	-,130	-0,256	0,012	0,071	0,078	0,016
Eufáusidos	0,224	0,108	0,104	0,091	-0,193	0,174	0,198	0,151

	Tem 100 m	Sal 100m	Den 100m	Oxi 100m	CLOA INT.	EUFAUSIDOS
Tem 100m	1					
Sal 100m	0,182	1				
Den 100m	-0,758	0,781	1			
Oxi 100 m	0,409	-0,474	-0,758	1		
Cloa int,	-0,386	0,078	0,254	-0,179	1	
Eufáusidos	-0,054	0,079	0,093	-0,154	0,104	1

El primer componente explica sólo el 18,23% de la varianza y el segundo componente explica el 15,58% de la varianza, los valores propios son 3,646 y 3,116, respectivamente (Tabla 38). En la componente 1 las variables que presentan comunales significativas son aquellas presentes en el plano de 5 m, como



gradientes de salinidad, de oxígeno y densidad, asimismo el oxígeno, los eufáusidos y la clorofila integrada (Tabla 38). Los análisis muestran que estas variables se relacionan con la densidad de jurel entre la superficie y los 50 m.

En la componente 2 las variables que presentan comunalidades significativas se sitúan a 50 m y son las temperatura, oxígeno y salinidad (Tabla 38).

**Tabla 38** Análisis de componentes principales: a) valor propio y b) comunalidades.

a)

COMPONENTES	VALOR PROPIO	% TOTAL DE LA VARIANZA	% VARIANZA ACUMULADA
1	3,646	18,23	18,23
2	3,116	15,58	33,81
3	1,740	8,70	42,51

b)

	FACTOR 1	FACTOR 2
Sal gr 5m0	0,6444	-0,1177
Oxi 5m	0,4837	0,0360
Oxi gr 5m	0,6464	0,1827
Den gr 5m	0,4173	-0,0321
Sal gr 50m	-0,1828	0,4323
Sal 50m	-0,1050	0,8383
Tem 50 m	0,1468	0,8954*
Oxi 50m	0,1016	0,45915
Cloa int.	0,5793	0,0715
Eufausidos	0,6785	-0,2196





## 6. DISCUSION

La biomasa de jurel en la zona de estudio fue estimada en 4.100.000 toneladas, ésta es un 22,0 % mayor a la de 1998 (3.200.000 t), un 13,9 % mayor a 1997 (3.530.000 t), un 74,1% y 39% superior a 1994 (1.060.000 t) y a 93 (2.500.000) t, mientras que es inferior en el 24,1% en 1991 (5.090.000 t). Estas fluctuaciones en los niveles de abundancia reafirman la existencia de cambios interanuales en la disponibilidad del jurel en la zona de estudio. Sin embargo, existe una mayor estabilidad en términos de biomasa entre 1997 y 1998.

El área de prospección en los cruceros de 1997 a 1999 es aproximadamente 86.000 mn<sup>2</sup>, el área de distribución del jurel se incrementó en 1999 alcanzando 61.317 mn<sup>2</sup>, mientras en 1998 y 1997, el jurel se encontraba en una superficie menor de 22,5 % y 5,4%, alcanzando sólo las 47.540 y 58.000 mn<sup>2</sup> respectivamente.

La precisión del estimado de biomasa fue similar a la obtenida en los años 1997 y 1998, al alcanzar un 8,00 en 1999. La evaluación de los métodos propuestos para estimar la varianza de la biomasa (conglomerado, estrato agrupados, bootstrap y geoestadístico), determinó una mayor precisión en el método geoestadístico.

La abundancia total en número para la zona de estudio fue de 16.495.844.922 individuos, para una biomasa de 4.100.000 t. El 54,78 % de la abundancia numérica y 29,03 % en peso están bajo la talla mínima legal de 26 cm, mientras que sobre la talla de primera madurez de 32 cm sólo un 6,75 y 44,239 %, respectivamente. Asimismo existe un incremento de ejemplares sobre 37 cm respecto a 1998 desde 1,76 a 9,86% en número y de 7,22 a 37,06% en peso.



En 1999 existe un decremento de porcentual de ejemplares bajo los 26 cm en relación al año 1997, donde los ejemplares bajo la talla de 26 cm alcanzaron el 70,8%. El análisis del coeficiente de variación por talla, muestra un comportamiento similar al teórico, al disminuir respecto al incremento en el número de muestras, lo cual permite aceptar los resultados de varianza.

Con respecto a 1998 los resultados antes señalados indican aumento de la biomasa de 3,2 millones de toneladas a 4,1 millones de toneladas (1999), pero una disminución en el número de individuos (23.683.909.816 en 1998) de un 44,79%, se observa una mayor participación de ejemplares de mayor tamaño, con un aumento de los individuos sobre 37 cm. La importante diferencia entre el porcentaje del número de individuos bajo los 26 cm que alcanzó un 54,78% y de su participación en peso que alcanzó un 29,03 %, se debe a que los individuos presentan un incremento en peso de carácter exponencial.

En general, existe una ligera variación en el grado de contagio en la distribución espacial del jurel respecto a 1997 y 1998, el índice de cobertura de 1999 es similar al de 1997 (25,81 y 25,17% respectivamente) y mayor al de 1998 que sólo alcanzó el 19,8 %. Mientras que el índice de densidad en 1999 alcanzó el valor más alto para el período 1997-1999 obteniendo 188,08 t/mn<sup>2</sup>, con respecto a de 119,42 a 187,37 t/mn<sup>2</sup> para 1997 y 1998, respectivamente.

En 1999 la distribución espacial de la biomasa es similar a la obtenida en 1997, con la diferencia que en el sector oceánico desde el norte del área de estudio a la rada de Llico en el área oceánica no se detectó jurel (Fig. 1N). A través de los años se puede observar que la distribución espacial de la biomasa al sur de punta Nugurne es una macro área recurrente en cuanto a la localización de concentración del recurso. Sin



embargo, se observa una variación respecto a la localización de los focos, su tamaño y los índices de abundancia por área. Al respecto en el período 1997–1999 se ha presentado una variación respecto a la zona donde se encuentran los mayores índices de densidad. En 1999 está al norte de Bucalemu con un índice de densidad de 368,94 t/mn<sup>2</sup>, mientras que en 1998 esta se encontraba al sur del área de estudio con 267,50 t/mn<sup>2</sup> y en el año 1997 en un área más central entre punta Nugurne y Monte Cauten con 156,97 t/mn<sup>2</sup>.

En 1999 disminuyó el número de focos de abundancia del recurso jurel sólo se presentaron 4 focos, mientras que en 1998 se encontraron 7 focos. Además se produjo un decremento en la superficie de éstos, no obstante se incrementan las densidades por foco.

En relación al número de cardúmenes por ibm, los resultados muestran que existe una heterogeneidad en su distribución. En efecto al norte de la zona de estudio este fue mayor alcanzando 6 cardúmenes por ibm, mientras que al sur de la latitud 37° se presentaban sólo 3 cardúmenes por ibm. Estos resultados difieren a los presentados en 1998 donde el mayor número de cardúmenes por IBM se presentó al sur del área de estudio.

La distancia promedio entre cardúmenes se ha incrementado de 291 m en 1997, a 385,7 m en 1998 y a 463,33 m en 1999. Asimismo, ha aumentado la densidad promedio de los cardúmenes de 111,8 t/mn<sup>2</sup> en 1997, a 238,3 t/mn<sup>2</sup> en 1998 y a 304 t/mn<sup>2</sup> en 1999.

Un análisis histórico del número de cardúmenes por milla náutica permite observar una variabilidad por área, en efecto en el sector costero este es mayor que en el



sector oceánico, asimismo se presenta una fluctuación interanual en el período 1997-1999 este número fue mayor al del período 1991-1994 (Fig. 74). Del primer período en el año 1997 y del segundo en el año 1992 se presentan el número de cardúmenes mas altos, en ambos años la zona de estudio estuvo afectada por el fenómeno de El Niño. Sin embargo debe considerarse que la estructura de talla difiere de manera importante en ambos períodos. En los años 1991-1994 la participación porcentual de los ejemplares juveniles en la biomasa no superó el 37%, mientras que en el período 1997-99 excedió el 63%.

Los ecotrazos de jurel se clasificaron en 4 categorías como: cardúmenes, estratos, dispersos e individual. El análisis histórico de la morfología de las agregaciones en el período otoño-invierno permite observar si existe un cambio porcentual en la participación de cada tipo de ecotrazos, entre el sector costero y oceánico, con una menor presencia de cardúmenes en el sector oceánico, una excepción a esta norma la presenta el año 1994, cuando la incidencia de ejemplares juveniles fue incipiente. Asimismo se observa que para un mismo sector se presentan fluctuaciones entre años. En los últimos años del estudio (1997-99) se incrementa la presencia de ecotrazos tipos individual y disperso, en el año 1997 este fue el mas alto (Fig. 75).

Desde el punto de vista etológico el recurso jurel presenta fluctuaciones importantes en micro, meso y meta escalas, asimismo presenta variaciones interanuales. Con la información disponible el análisis efectuado no permite plantear un patrón de comportamiento espacial, asimismo con los análisis realizados no es posible entrever las causas de las variabilidades, sin embargo permiten plantear hipótesis relacionadas con las condiciones bio-oceanográficas y con la estructura de talla de los ejemplares de jurel.



En 1999 de la captura obtenida en los 36 lances de pesca el 86,4% correspondió a jurel y en 1998 esta cifra alcanzó el 76,5%. La contribución de la fauna acompañante a la captura total en el año 1999 está sustentada principalmente por *Lepidupos australis* (5,21%) y *Benthoosema* sp (4,05%), el aporte de las especies comerciales fue incipiente. Mientras que en el año 1998 la participación porcentual de ese tipo de especies fue más importante alcanzando la reineta el 6,77 % y la caballa el 4,15 %. Durante el período 1997-1999 se observa que en los lances de pesca de mediagua orientados al jurel la representatividad de especies comercialmente conocidas es baja.

En 1999 la distribución de las tallas registradas en el crucero es amplia con ejemplares de 17 a 56 cm de longitud, en el intervalo entre 19 a 33 cm se concentra el 94,7% de los ejemplares con una moda en los 25 cm, ésto representa un pequeño incremento respecto a 1998 donde la moda fue de 24 cm. Asimismo en estos años, no se capturaron ejemplares de talla inferior a los 17 cm como había acaecido 1997. Por otro lado, el 1999 se observa un 3,3% de individuos que presentan una talla entre 38 a 49 cm, ésto representa un incremento respecto a los años anteriores. Estos individuos de mayor talla al igual que en el año 1998 se presentan al sur de la zona de estudio.

En relación a la profundidad, en 1999 como en los años que le precedieron (1997 y 1998) el jurel se situó en un rango menor al observado en las evaluaciones de 1991, 1993 y 1994, mostrando su distribución batimétrica un aumento de las agregaciones en profundidad en el sector sur del área de estudio. En el sector denominado costero en el área norte el jurel se presentaba hasta 110 m de profundidad, mientras que en la zona sur esta alcanza los 150 m, entretanto en el sector denominado oceánico el jurel se encuentra sólo hasta los 100 m. Esta distribución batimétrica es similar a la encontrada en los años 1997 y 1998.



El análisis de la información hidrográfica considera inicialmente el patrón de distribución horizontal, después la masa de agua y finalmente las estructuras oceanográficas.

La distribución horizontal de la temperatura superficial del mar (5 m), descrita para este crucero, evidenció aguas comparativamente más frías que las informadas en el año 1998 (junio-julio), donde las isotermas de 14 y 15 °C dominaron gran parte del área de prospección, evidenciándose incluso, temperaturas mayores a 14 °C en el sector más austral del área de estudio (Núñez & Ortiz, 1999). Estas diferencias térmicas se agudizan al contrastar la información colectada en este crucero con lo informado para el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998), donde, por efecto de un fuerte evento ENOS (ENOS 1997-98), las isotermas de 15 y 16 °C dominaron gran parte del sector prospectado en dicha oportunidad; no obstante, el estudio costero desarrollado para la evaluación de merluza común (agosto-septiembre, 1997; Núñez & Ortiz, 1998), no reveló temperaturas tan altas al interior de las 30 mn desde la costa. El hecho de detectar aguas comparativamente más frías en esta campaña, es consistente con lo informado por la agencia NOAA (Climate Diagnostic Bull., 99/6, 99/7 y 99/8, junio, julio y agosto de 1999), en relación a la regresión de un evento frío (La Niña 1998-98) en la región, lo que podría estar asociado a estas bajas temperaturas invernales, las que también son descritas en términos de imágenes satelitales y, que sólo son comparables con la distribución térmica del año 1993 (Serra *et al.*, 1994), donde se observa un sector noroccidental con temperaturas que no superan los 15 °C y gran parte del área de estudio dominada por las isotermas de 12 y 13 °C.

Al igual que lo ocurrido en los años 1998 y 1997, en este crucero se detectó la presencia de aguas más cálidas provenientes desde el oeste, no obstante su influencia sólo fue detectada hasta el nivel de 50 m de profundidad, a diferencia del



año 1997 donde fue descrita en el corte de 100 m. Esta situación es observada muy débilmente durante el crucero de 1992, pero no en los años 1993 y 1994, donde las aguas cálidas aparecen asociadas sólo al extremo noroccidental del área de prospección. Bajo los 200 m de profundidad, la distribución térmica descrita para este crucero fue similar a los cruceros contrastados (Serra *et al.*, 1994 a; 1994b; Figueroa *et al.*, 1994; Núñez *et al.*, 1998, Núñez & Ortiz, 1999).

En relación a la salinidad, la distribución superficial descrita en para este crucero presentó, en general, valores levemente menores, al menos en la región norte del área de estudio, en comparación con lo informado para el año 1998 (Núñez & Ortiz, 1999), donde aguas con salinidades mayores a 34,2 psu dominaron el sector desde Constitución al norte, situación que es muy similar a lo acontecido en el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998). Por el contrario, en este crucero, la restricción de la isohalina de 34,2 psu hacia el sector nororiental del área de estudio, es muy similar a la informada para los años 1993 y 1994 (Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1995). Se mantiene un patrón regular en relación a los gradientes costeros producto del aporte de aguas continentales principalmente de los ríos Maule, Itata-Bío Bío y Valdivia.

Al igual que lo informado para cruceros anteriores, el análisis de la distribución horizontal de la salinidad en el estrato de 100 m de profundidad, se destaca un claro gradiente longitudinal, con aguas más salinas (34,4-34,5) asociadas a una estrecha banda costera (< 75 mn). Esta situación también se observa al analizar históricamente el estrato de 200 m de profundidad, donde la distribución horizontal de la isohalina de 34.6 se asocia al sector costero indicando el flujo de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales hacia el sur en un flujo muy angosto, situación reportada para los años 1992-93 (Serra *et al.*, 1994), 1994 (Figueroa *et al.*, 1995), 1997 (Núñez *et al.*, 1998) y 1998 (Núñez & Ortiz, 1999). A diferencia de todos estos estudios, que indican



el límite de la isoterma de 34,6 hasta los 38 °S, en este crucero esta isohalina sólo abarcó la región norte, hasta los 36 °S.

El análisis comparativo de la concentración de oxígeno disuelto a nivel superficial, reveló para este crucero valores inferiores (centrado en los 4 ml/l) a los descritos para el año 1998, donde casi la totalidad de la región de estudio presentó concentraciones superiores a 5 ml/l, situación que es más notoria al contrastar los años 1997 y 1993, donde se observó un estrato superficial muy oxigenado (> 6 ml/l).

El análisis horizontal realizado sobre el estrato de 200 m de profundidad, reveló resultados similares a cruceros anteriores (Serra *et al.*, 1994, Figueroa *et al.*, 1995, Núñez *et al.*, 1998; Núñez & Ortiz, 1999 a, 1999b), debido a la penetración costera hacia el sur de las AESS, lo que es consistente con la distribución de aguas pobres en oxígeno caracterizadas por isoconcentraciones menores a 1 ml/l (o incluso menores a 0,5 ml/l). Prácticamente en todos los cruceros, se observa un importante gradiente longitudinal de oxígeno disuelto al sur de Punta Lavapié, situación que es consistente con lo descrito en este informe, no obstante el gradiente detectado acá fue mucho menor. Este gradiente longitudinal en la concentración de oxígeno, observado en el estrato de 200 m, tiene una base de explicación en el posible hundimiento de las AESS en este sector (Figueroa *et al.*, 1995), y que es corroborado por la distribución de la concentración de oxígeno disuelto en este estrato de profundidad que, al igual que en los años 1998, 1997 y 1994, presentó un gradiente longitudinal de concentración con valores mayores a 3 ml/l al oeste de Punta Lavapié en contraste con aguas pobres en oxígeno que caracterizaron el sector nororiental. Esta situación parece ser recurrente, y aunque no fue descrita para los cruceros de 1992 y 1993, diversos autores la han reportado (Figueroa *et al.*, 1994; Núñez *et al.*, 1998; Núñez & Ortiz, 1999). Lo anterior encuentra explicación en el patrón de circulación general sugerido por la hidrografía,



descrito inicialmente por Figueroa *et al.* (1994) para el invierno de 1994, que es similar al descrito en esta oportunidad. Así, este frente salino y de concentración de oxígeno disuelto probablemente sea debido a que, al alcanzar las AESS el cañón del río Bío Bío se hundan siguiendo la isóbata del cañón hacia el océano abierto, lo que es coherente con el teorema de conservación de la vorticidad potencial, evidenciando una rotación hacia el oeste de flujos que se dirigen hacia el sur, lo que fue tempranamente sugerido por Arcos (1987) en un estudio de pequeña escala en la Terraza del Itata.

Al igual que en estudios anteriores (que abarcan hasta los 600 m de profundidad), se detectó la presencia de tres masas de agua, ASAA, AESS y AIA, en tanto que la distribución de la capa de mezcla y la profundidad base de la termoclina, los resultados presentados aquí coinciden con los reseñados por Serra *et al.* (1994), Figueroa *et al.* (1995) y Núñez *et al.* (1998) y Núñez & Ortiz (1999), para enumerar cruceros de similares objetivos al descrito en este informe.

La biomasa fitoplanctónica fue estimada como clorofila-a. Al respecto las mediciones de escala intermedia (cientos de km, semanas) de clorofila-a y el análisis de su distribución espacial en la región centro-sur de Chile no son muy abundantes y menos periódicas, estando en su mayoría asociadas al período de surgencia costera (Arcos & Salamanca, 1984; Arcos, 1987) y a la región costera (<50 mn). Lo anterior se agudiza aún más al analizar trabajos formalmente publicados de la distribución de esta variable para la región (32-39°S) durante la estación invernal, información que se ha concentrado principalmente en cruceros de similar naturaleza (objetivos, extensión espacial y período) a la que involucra este informe (Bahamonde *et al.*, 1979; Osses & Blanco, 1991; Serra *et al.*, 1994; Figueroa *et al.*, 1995; Núñez *et al.*, 1998; Núñez & Ortiz, 1998; Núñez & Ortiz, 1999).



Los bajos valores de clorofila-a detectados en este trabajo (0,1-1,1 mg/m<sup>3</sup>) son muy consistentes con lo descrito para el año anterior (Núñez & Ortiz, 1999), donde fluctuaron entre 0,1 y 1,5 mg/m<sup>3</sup>, y para el otoño de 1997 (año ENOS, 0,4-1,0 mg/m<sup>3</sup>), siendo estos años (ENOS y posteriores a ENOS) más bajos que los detectados para el período julio-agosto de 1994 (1-9 mg/m<sup>3</sup>). No obstante lo anterior, los valores bajos detectados en este crucero, parece ser consistente con la fluctuación invernal de esta variable, informado por otros autores para esta región, los que se centran en un rango de 0,5 a 6,0 mg/m<sup>3</sup>, especialmente con el período otoño-invierno de los años 1991 y 1992 (Osses & Blanco, 1991; Serra *et al.*, 1994). La situación descrita contrasta con lo reportado para la región durante el período estival, donde se han detectado altos valores de clorofila-a (20 mg/m<sup>3</sup>) entre Cabo Carranza y San Vicente, asociado al proceso de surgencia que se verifica en esta región, con características marcadamente estacionales (Arcos & Salamanca, 1984), y con lo reseñado por Troncoso & Núñez (1996) quienes detectan concentraciones de clorofila-a superficial fluctuando entre los 10 y 18 mg/m<sup>3</sup>, entre Cabo Carranza y Punta Lavapié. En una escala espacial menor, asociada a la región costera entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié, han sido reportados altos valores estivales de clorofila-a superficial (10-25 mg/m<sup>2</sup>, Núñez *et al.*, 1997), en contraste con un rango de 0.5-5.0 mg/m<sup>2</sup>, para la estación invernal en igual área de estudio.

En relación a la distribución horizontal de la clorofila-a superficial, las concentraciones más altas estuvieron situadas en regiones con fuertes gradientes (horizontales y verticales) de densidad, asociados con el aporte de aguas continentales al océano principalmente en la desembocadura del río Valdivia, situación que se repite en los años 1998, 1997 y 1994, situación que es diferente de lo descrito para los años 1991 y 1993 por Osses & Blanco (1991) y Serra *et al.* (1993), quienes no encuentran una asociación espacial entre los máximos de clorofila-a superficial y el borde externo del gradiente de salinidad producido por la entrada de aguas continentales a la zona costera.



No obstante los bajos valores de clorofila-a detectados en este crucero, también se presentó un núcleo de mayores concentraciones asociado a la región oceánica (50-125 mn) entre los 34° y 36°S, situación que parece tener cierta recurrencia, por haber sido informada también para los años 1994 y 1998 (Osses *et al.*, 1994; Núñez & Ortiz, 1999).

En relación a las masas de agua en la región de estudio, y hasta una profundidad máxima equivalente a 600 dbar, se encuentran presentes tres masas de agua: Agua Subantártica (ASAA), Agua Ecuatorial Subsuperficial (AEES) y Agua Intermedia Antártica (AIA). Los valores característicos que presentan estas tres masas de agua son similares a los descritos para los cruceros que sirvieron de contrastación en este análisis histórico (ver Osses & Blanco, 1991; Serra *et al.*, 1994, Figueroa *et al.*, 1995; Núñez & Ortiz, 1999), a excepción de la hidrografía descrita para el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998), donde se presentan diferencias en los índices termohalinos del área de estudio en consideración a la manifestación del evento ENOS 1997-1998, lo que evidenció aguas más cálidas y salinas, especialmente en los sectores del norte y centro del área de estudio. En general, los resultados descritos en estos cruceros invernales, son coincidentes con estudios previos que han analizado las características hidrográficas y dinámicas de la región central de Chile (Brandhorst, 1971; Silva & Konow, 1975; Silva, 1981; Silva & Blanco, 1981; Silva & Ramírez, 1982).

Respecto a las estructuras oceanográficas y los gradientes verticales la información hidrográfica recolectada en este crucero, permite concluir en la presencia de una termoclina débil en gran parte del área de estudio (aunque en algunos sectores ésta no fue identificable), con gradientes máximos que fluctuaron entre los 0,3 y 0,6 °C/10m que se situaron entre los 60 y los 160 m de profundidad, la que se intensificó y profundizó, generalmente hacia el sector oceánico. Este patrón de distribución vertical



de la temperatura, fue muy similar al descrito para los años 1993 (Serra *et al.*, 1994) y 1994 (Figueroa *et al.*, 1995), donde se reportan termoclinas débiles (y en un porcentaje importante, ausencia de ellas), situadas entre los 50 y 100 m de profundidad, con gradientes que no sobrepasaron los 0,6 °C/10 m. Por el contrario, estos resultados, que incluyen el invierno de 1999, son diferentes de los informados para los periodos de 1997 (Núñez *et al.*, 1998) y 1998 (Núñez & Ortiz, 1999), quienes indican termoclinas más intensas (gradientes entre 0,8 y 1,6 °C/10 m), situadas en el estrato comprendido entre los 50 y 120 m de profundidad, definidas en toda el área de estudio, probablemente debido a la incursión oceánica de aguas superficiales más cálidas (> 16 °C).

La profundidad de la capa de mezcla descrita en este crucero, presentó un conspicuo gradiente longitudinal, positivo al océano, con una capa bien mezclada de aproximadamente 40 m, al interior de las 100 mn desde la costa, sin presentar variaciones latitudinales de importancia en esta franja costera; en tanto que, en la región oceánica, la capa de mezcla fluctuó entre los 70 y 90 m de profundidad.

Esta situación fue similar a lo informado para los períodos invernales de 1992 y 1993, donde se reporta una capa de mezcla costera con un máximo de 40 m (Serra *et al.*, 1994), la que se incrementa hacia el sector oceánico y hacia el sur de los 37°S. Esta situación es levemente diferente de lo reportado para el invierno de 1994 (Figueroa *et al.*, 1995), donde existieron diferencias tanto longitudinales en la magnitud de la capa de mezcla, como latitudinales, con una capa muy somera (20-30 m) asociado al sector norte del área de estudio, una franja costera con una capa de mezcla de aproximadamente 40-50 m y, una región oceánica en la cual se detectó una capa de mezcla más profunda, la cual abarcó entre 70-80 m.



Al contrastar estos resultados con lo descrito para el año 1997 (Núñez *et al.*, 1998), se evidencian las mayores diferencias, en relación a la existencia de una reducción de la profundidad de la capa de mezcla, la cual no sobrepasó los 50 m en los sectores más profundos (sector oceánico), mientras que en el área costera se vio reducida a una capa muy somera (20-30 m).

La profundidad base de la termoclina descrita para este crucero, fue levemente superior a la descrita para los años precedentes, con un claro gradiente costa-océano (positivo al océano), con un sector costero que presentó una base de la termoclina situada en el estrato entre los 75 y 100 m de profundidad y, en el sector oceánico entre los 150 y 200 m. Si bien en el invierno de 1998 también se detectó un gradiente longitudinal en este parámetro, los valores fueron significativamente menores, con una franja costera con valores menores a 50 m y, un sector oceánico que no sobrepasó los 120 m de profundidad (Núñez & Ortiz, 1999). Esta última situación es muy similar a lo descrito para el crucero de 1997, donde la base de la termoclina en el sector costero estuvo entre los 50 y 80 m, aumentando longitudinalmente hacia el sector oceánico (90-100 m) (Núñez *et al.*, 1998).

El jurel registró un número de 8 taxas en la dieta de jurel. Al igual que el año anterior los eufásidos y peces linternas son la presa más importantes en la alimentación de jurel, tanto en número como en peso; otra similitud con el crucero pasado es que los peces linternas relegan al segundo plano en importancia a los eufásidos en la dieta alimenticia.

La densidad total de los grupos zooplanctónicos fue de 14.362.382 ind/m<sup>3</sup> y representa una baja de del 25 % respecto a lo evaluado durante similar período de 1998, en cuanto a la composición del zooplancton, éste mostró la presencia de 17 grupos



zooplanctónicos, de los cuales destacan la presencia de cinco grupos (copépodos, eufáusidos, ostrácodos, quetognatos y larvas de decápodos), coincidiendo los cuatro primeros con las mayores abundancias indicadas por Córdova *et al.*, 1999.

La cartografía de mapas para los cuatro estratos de profundidad (1-50 ; 51-100 m; 101-150 m; y 151-200 m), muestra la presencia permanente del recurso desde la superficie hasta los 150 m de profundidad, concentrándose las altas densidades hasta 100.

El análisis desde un enfoque espacial, en general muestra índices de asociación regulares y cercanos los registrados durante similar período en 1998. Los índices de Cramer's estimados alcanzan un valor máximo de 0,24, determinando asociaciones bajas o regulares para la distribución del recurso y la temperatura (0,23 y 0,16), salinidad (0,23 y 0,23), oxígeno (0,17 y 0,22), densidad (0,23 y 0,19) y eufáusidos (0,19 y 0,21) y regulares para la clorofila integrada (0,19 y 0,24). De acuerdo a los resultados no existen grandes variaciones respecto del crucero efectuado el año pasado (Córdova *et al.*, 1999), pero si con Quiñones *et al.*, 1995, en cuanto a una distribución del jurel en rangos más amplios de temperatura y densidad.

Respecto a los eufáusidos como ítem importante en la dieta de jurel, los índices de Cramer's fueron bajos con valores de 0,19 (en la capa superficial) y 0,21 (en la capa de 50 m), respectivamente. Para analizar lo anterior se debe considerar que Quiñones *et al.*, 1995, expresan que la correlación puede llegar a ser negativa, si el muestreo es efectuado cuando el predador (jurel) ha agotado su presa en un área determinada.



El enfoque multivariado de las variables, señala que la salinidad, el oxígeno y la densidad (en el plano superficial), se relacionan con la densidad de jurel al presentar comunalidades significativas.

Asimismo, se ajustó un modelo de regresión múltiple cuyos parámetros fueron ; intercepto = -34355,4; salinidad = 1017,7 y gradiente de oxígeno = 512,8. Este modelo se ajustó con un valor de  $R^2 = 0,38$ , probándose la existencia de regresión a un 95%, al obtener  $p = 0,0159$ .

A diferencia de lo reportado en 1993 (Serra *et al.*, 1994b) y 1994 (Quiñones *et al.*, 1995), en este Crucero se encontró una relación funcional entre la densidad de jurel y las variables oceanográficas de salinidad y gradiente de oxígeno. Sin embargo, dicha relación no obtuvo un  $R^2$  tan alto como el reportado por Córdova *et al.*, el año anterior que fue del 60%.





## 7. CONCLUSIONES

### 7.1 Acústica

- 7.1.1** La estrategia de muestreo de tipo “adaptativo” en el espacio y tiempo fue apropiada, al evaluar la disponibilidad de jurel presente en el área de estudio y no registrar la distribución una tendencia que sugiera que alguna fracción importante de la población estuvo fuera del área prospectada.
- 7.1.2** La biomasa de jurel para la zona comprendida entre Algarrobo (33° 20'LS) a Ba. San Pedro (40° 40'LS) y desde 5 y 200 millas de la costa fue de 4.100.000 t, con un coeficiente de variación (CV) de 8,0.
- 7.1.3** El método geoestadístico (Petitgas, 1991) fue el más eficiente en cuanto a la precisión y su biomasa presentó una variación de 2,4% en relación al estimado en el método de Estratos Agrupados (Volter, 1985).
- 7.1.4** La abundancia numérica total alcanzó a 16.495.844.922 individuos, agrupando bajo la talla mínima legal (26 cm) el 54,78% en número y un 29,03% en peso.
- 7.1.5** Existe un incremento de ejemplares sobre 37 cm respecto a de 1998, desde 1,76 a 9,86% en número y de 7,22 a 37,06% en peso.
- 7.1.6** El 29,69 y 36,16% de la biomasa se situó entre Algarrobo a Bucalemu (33° 50'LS) y Pto. Lebu (38° 00'LS) a Ba. San Pedro (40° 40'LS).



- 7.1.7** Los focos de abundancia fueron de áreas pequeñas (8 –39 mn<sup>2</sup>) y en ellos se concentró un total de 48.688 t, con densidades mínimas y máximas de 233,50 y 836,37 t/mn<sup>2</sup>; valores que están en el rango de lo registrado en 1998.
- 7.1.8** La distancia promedio entre cardúmenes en los focos de abundancia fue de 463,3 m, con una densidad media por cardumen de 304,0 t/mn<sup>2</sup> :estos indicadores son más altos que lo detectado durante el año 1997 y 1998.
- 7.1.9** El número de cardúmenes por milla recorrida fue de 5, apreciando una disminución desde 8 en 1997 y 6 en 1998, con una tendencia a aproximarse a los valores registrados entre 1991 y 1994 (3 a 6 cardúmenes por milla).
- 7.1.10** El índice de cobertura y densidad fueron de 25,17% y 188,08 t/mn<sup>2</sup> para la zona de estudio, indicando un mayor grado de cobertura de jurel en la zona comparado con 1998, donde los índices fueron de 19,8% y 187,37 t/mn<sup>2</sup> , respectivamente.
- 7.1.11** La distribución espacial de jurel no presenta grandes diferencias con las de los años 1991-94 y 98, al coincidir en general los sectores donde se concentró el jurel.
- 7.1.12** El jurel se localizó entre los 10 a 110 en la zona norte, desde 10 a 120 m en el sector centro y entre 10 a 150 m en el sector sur. Existiendo la tendencia a profundizarse el recurso en el extremo sur. En general el recurso presentó una distribución batimétrica menor que la observada en 1997 y 1998, lo cual determinó que durante el día el 69,81% de las agregaciones estuvieron accesibles al arte de pesca de cerco, al ubicarse entre la superficie y los 80 m de profundidad.



## 7.2 Pesca

- 7.2.1 El 86,4% de la captura correspondió a jurel, en tanto el 13,6 % lo constituyó la fauna acompañante. El aporte de jurel a la captura total se incrementa (76,5%) respecto a 1998, aproximándose a los valores históricos en la zona de estudio.
- 7.2.2 El mayor aporte en la fauna acompañante correspondió a las especies: *Lepidupos australis* (5,21%), *Benthoosema sp* (4,05%), *Vinciquerre lucetia* (3,47%), *Scomber japonicus* (0,36%), *Symbolophorus sp* (0,15%), *Cubiceps caruleus* (0,12%), *Thyrsites atun* (0,05%), *Hyjophum sp* (0,04%), *Loligo gahi* (0,4%), *Macruronus magallenicus* (0,03%), *Lamapanytus sp* (0,03%), *Patagomotothem sp* (0,01%),
- 7.2.3 El 63,67% de los ejemplares de jurel capturados estuvieron bajo la talla mínima legal (26 cm), incrementándose el número de individuos pequeños respecto a lo observado en 1997 (84,7%).
- 7.2.4 El intervalo de talla 19 a 33 cm concentró el 94,7% de los ejemplares, una segunda agrupación se centró en 38 y 49 cm con un 3,3% del total. Ejemplares bajo 17 cm no se capturaron y sobre los 37 cm se observa un aumento.
- 7.2.5 Existen diferencia significativas entre las distribuciones de talla al norte, centro y sur, determinando diferencias de tamaño en la distribución geográfica y una agrupación de los ejemplares mayores entre Pto. Lebu y Ba. San Pedro.



**7.2.6** Al igual que en 1997-1998, las relaciones longitud-peso entre machos y hembras no fueron significativamente distintas, lo que permite el uso de una relación general (machos y hembras) para determinar la constante de ecointegración.

**7.2.7** La proporción de machos (54,13%) y hembras (45,87%) fue similar a lo registrado durante 1997 y 1998, lo cual es consistente con lo observado en las capturas de las embarcaciones cerqueras de la VIII Región.

### **7.3 Sección trofodinámica**

**7.3.1** Las tasas de presa que dominan la dieta del jurel durante el periodo estudiado fueron eufáusidos y peces linterna, siendo peces linterna el ítem de mayor importancia en peso.

**7.3.2** El análisis de similitud trófica por grupos de tamaño reveló que los individuos de tamaño entre 31 y 40 cm de longitud horquilla consumen mayor cantidad de *Vinciguerria* sp. que el resto. Paralelamente, los ejemplares capturados en los sectores costeros al sur de 39°S mostraron un alto consumo de *Vinciguerria* sp., mientras que los ejemplares capturados más al norte y en el océano abierto consumen mayoritariamente peces linterna y eufáusidos.

**7.3.3** Los valores de Q/B revelaron que los peces linterna representan cerca del 90% del consumo total y los eufáusidos alrededor del 4%.



**7.3.4** El análisis de selectividad de las presas por tamaño demostró que los eufáusidos presentan mayor selectividad en los grupos de tamaño I, II y III. Para los grupos de tamaño mayores, la mayor selectividad está representada por los taxa *Vinciguerria* sp. y peces linterna.

**7.3.5** La aplicación del índice alfa de Cheeson reveló que los eufáusidos presentan alta selectividad en la costa, siendo reemplazados por otros zooplancteres en el océano abierto.

#### **7.4 Sección Oceanografía**

**7.4.1** La distribución horizontal superficial de la temperatura reveló aguas comparativamente más frías que las descritas para el año anterior, revelando gradientes longitudinales importantes, restringiendo aguas de temperaturas menores a 12,5 °C a una estrecha banda costera y un predominio de las isotermas de 14 °C en toda la región oceánica del área prospectada. Sólo en el extremo norte se detectó aguas con temperaturas mayores a 15 °C.

**7.4.2** La distribución superficial de salinidad presentó valores comparativamente menores (al menos en la región norte) a lo reportado para el año 1998, restringiéndose la isohalina de 34,2 hacia el sector nororiental del área de estudio. Se mantiene un patrón regular en relación a los gradientes costeros producto del aporte de aguas continentales, principalmente asociado a la Bahía de Corral.



- 7.4.3** El análisis de los perfiles verticales y de las secciones oceanográficas reveló termoclinas bien definidas en un gran porcentaje del área de estudio, situándose entre los 40 y 150 m de profundidad, detectándose gradientes levemente más fuertes hacia la región norte. La capa de mezcla presentó un conspicuo gradiente longitudinal, positivo al océano, alcanzando en promedio los 80 m de profundidad. A diferencia de la temperatura, la salinidad mostró gradientes verticales extensos en todas las transectas realizadas, con haloclinas débiles situadas entre los 50 y 200 m de profundidad.
- 7.4.4** El análisis comparativo con los años 1997 y 1998, reveló, aunque no tan claramente como en dichos períodos, una intrusión de aguas cálidas asociadas al occidental del área de estudio, involucrando una profundización del estrato base de la termoclina hacia el sector oceánico, alcanzando valores máximos de 180 m. En el sector más costero la base de la termoclina se ubicó a profundidades menores a los 70 m.
- 7.4.5** El análisis de los diagramas TS indicó que, en general, el área de estudio presentó tres masas de agua: ASAA, AESS y AIA.
- 7.4.6** Los rangos de concentración de clorofila-a en el área de estudio fueron bajos (< 1,5 ug/l), pero consistentes con la región y período (invernal) de estudio. En general, las concentraciones destacadas aquí, fueron similares a los resultados del año 1998 y 1997, pero menores a los descritos para el crucero realizado en el invierno de 1994. A pesar de los valores bajos, se apreció un núcleo de concentraciones mayores de clorofila-a, en el sector noroccidental (34 y 36 °S y entre las 50 y 100 mn), situación que presenta cierta recurrencia espacial con los años 1998 y 1994, desde la costa. Además, se detectó un



núcleo de concentraciones altas ( $> 1,1 \text{ mg/m}^3$ ) asociados a áreas con gran aporte fluvial (plataforma continental adyacente a la Bahía de Corral).

**7.4.7** En este estudio, no fueron detectadas inversiones de temperatura importantes ( $> 1^\circ\text{C}$ ); no obstante, existieron inversiones térmicas con la profundidad pero de muy pequeña magnitud y en muy escaso número.

## **7.5 Plancton**

**7.5.1** Se identificaron en total 17 grupos zooplanctónicos, reuniendo una densidad global de 14.362.382 organismos /1.000  $\text{m}^3$ .

**7.5.2** El grupo de amplio dominio numérico fueron los copépodos, contribuyendo con el 73,45 % a la abundancia total zooplanctónica.

**7.5.3** Los grupos que revelaron aportes importantes a la densidad numérica fueron en orden jerárquico los eufáusidos, quetognatos, larvas de decápodos y apendicularias.

**7.5.4** Los organismos dominantes en el área fueron los copépodos, larvas de decápodos y quetognatos con una frecuencia de 100% cada uno, seguido con un 94,87% por eufáusidos y ostrácodos.

**7.5.5** El mayor número de grupos zooplanctónicos, 10 de los 17 en total, concentró sus mayores abundancias en el sector norte del área de estudio, entre San Antonio y las inmediaciones de Licantén ( $35^\circ 00' \text{LS}$ ), estos fueron los



copépodos, quetognatos, ostrácodos, larvas de decápodos, poliquetos y sifonóforos, larvas de cifonautas, medusas, pterópodos y salpas.

- 7.5.6** El mayor aporte numérico en el sector centro lo revelaron los anfípodos y eufáusidos, en tanto que en la zona sur el mayor aporte estuvo dado por los estomatópodos, ctenóforos, apendicularias, radiolarios y doliólidos.
- 7.5.7** Los copépodos, doliólidos, radiolarios, larvas de cifonautas, poliquetos y ostrácodos fueron los grupos que mostraron una distribución longitudinal más amplia, detectándose focos de máximas abundancias por sobre las 130 mn. La mayoría de los restantes ítems exhibieron sus mayores densidades en la zona nerítica.
- 7.5.8** El 76,9% de las estaciones mostró valores de uniformidad inferiores a 0,5, lo que refleja una gran dominancia exhibida principalmente por los copépodos.
- 7.5.9** La diversidad específica de todas las estaciones analizadas fue similar a partir del nivel del 46,3%.
- 7.5.10** Los copépodos y quetognatos mostraron el mayor porcentaje de coexistencia en las estaciones, alcanzando a un 86,8%.
- 7.5.11** Los rangos de biomasa dominantes en el área fue el fluctuante entre 34 – 100 ml de zooplancton/1.000 m<sup>3</sup>. Los valores más altos de la biomasa zooplanctónica estuvieron focalizados en la zona costera, entre San Antonio y Puerto Coronel.



## 7.6 Asociaciones

**7.6.1** En el área de estudio el 33,16% de los pixeles con presencia de jurel se presentaban entre la superficie y los 50 m de profundidad; el 38,53% se encontraba entre los 51 y 100 m; el 26,85% entre los 101 y 150 m, y sólo el 1,45% en profundidades superiores a los 150 m.

**7.6.2** En el área de concentración del jurel:

- En el plano **superficial** el jurel se distribuye en aguas con una temperatura de 10,87 a 14,94°C y una media de 12,98°C, con una salinidad de 33,60 a 34,53 psu con una media de 33,96 psu, con niveles de oxígeno de 1,38 a 5,67 ml/l con una media de 3,59 ml/l y una densidad de 22,95 a 26,31 sigma-t con una media de 25,62 sigma-t.
- En el plano de **50 m** el jurel se distribuye en aguas con una temperatura de 9,78 a 15,03°C y una media de 12,42°C, con una salinidad de 33,46 a 34,65 psu con una media de 34,04 psu, con niveles de oxígeno de 0,39 a 5,18 ml/l con una media de 3,02 ml/l y una densidad de 25,23 a 26,54 sigma-t con una media de 25,79 sigma-t.
- En el plano de **100 m** el jurel se distribuye en aguas con una temperatura de 9,31 a 14,37°C y una media de 11,06°C, con una salinidad de 33,75 a 34,64 psu con una media de 34,10 psu, con niveles de oxígeno de 0,20 a 5,05 ml/l con una media de 2,31 ml/l y una densidad de 25,47 a 26,69 sigma-t con una media de 26,17 sigma-t.



- En el plano de **150 m** el jurel se distribuye en aguas con una temperatura de 8,86 a 13,05°C y una media de 10,34°C, con una salinidad de 33,89 a 34,67 psu con una media de 34,36 psu, con niveles de oxígeno de 0,10 a 4,78 ml/l con una media de 1,49 ml/l y una densidad de 25,83 a 26,77 sigma-t con una media de 25,39 sigma-t.
- El jurel se distribuye en aguas con clorofila integrada de 13,19 a 100,81 mg/m<sup>2</sup> y una media de 29,53 mg/m<sup>2</sup>.
- El jurel se distribuye en aguas con los eufáusidos de 0 a 11.8496 ind/1.000m<sup>3</sup> y una media de 7675 ind/1000m<sup>3</sup>.

**7.6.3** Las asociaciones entre la distribución del jurel y las variables bio-ambientales son bajas. Un modelo ajustado indica la dependencia entre la densidad de jurel en las áreas de concentración y la salinidad y el gradiente de oxígeno en el plano superficial.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andronov, V. N., 1983. Feeding of Cape horse mackerel (*trachurus trachurus capensis*) and cape hake (*merluccius capensis*) off Namibia in January 1982. ICSEAF Coll. Scient. Pap. Int. Comm. SE Atl. Fish: 10(1): 1-6
- Andronov, V. N., 1985. Feeding of Cape horse mackerel (*trachurus trachurus capensis*) Castelnau, in the Namibia area. ICSEAF Coll. Scient. Pap. Int. Comm. SE Atl. Fish: 12(1): 1-16
- Andrianov, D. P. 1987: Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. En Biología y pesca comercial del jurel en el pacífico sur. Instituto de Investigación Pesquera
- Arancibia, H. 1988. Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES. C.M.D:12 Statistical Cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 18 pp.
- Arancibia, H. L. Miranda, S. Núñez, G. Vasquez y E. Yañez. 1995. Determinaciones de las relaciones tróficas en el recurso jurel. En: Arancibia H. L. Vilugrón y D. Arcos (Eds.) Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro sur, V a IX Regiones, Informe Final, Proyecto FIP 018-93. Organismo ejecutor: Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.
- Aranis, A y J. C. Mendieta, 1986. Manual de muestreo biológico. Documento técnico interno. Inst. Fom. Pesq.. Santiago, Chile. 23 p., anexos.
- Arcos, D. F. 1975. Copépodos Calanoídeos de la Bahía de Concepción, Chile. Conocimiento sistemático y variación estacional. Gayana Zool. 32:1 - 31.



- Arcos, D. y M. Salamanca. 1984. Productividad primaria y condiciones oceanográficas superficiales en el Pacífico Sudoriental. Latitudes 32-38°S. *Biología Pesquera*, 13: 5-14.
- Arcos, D. F. 1987. Seasonal and short time-scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph. D. Thesis Dissertation. State University of New York, Stony Brook, 203 pp.
- Andrianov D. P., 1987. Sobre la biología reproductiva del jurel peruano. In: *Biología y pesca comercial del jurel en el pacifico del sur*. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigaciones Pesquera, Talcahuano, Chile: 25-35.
- Bahamonde, R., G. Henríquez, P. Pavez, B. Ramírez y N. Silva. 1979. Evaluación recursos camarón y langostino entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe CORFO. Ins. Fom. Pesq. Chile (AP 79 - 40).
- Barange, M., and I. Hampton, 1994. Influence of trawling on in situ estimates of cape horse mackerel (*Trachurus Trachurus capensis*) target strength. *ICES, J. Mar. Sci.*, 51: 121-126.
- Barange, M., I. Hampton and M. A. Soule, 1995. Empirical determination of in situ target strengths of three loosely-aggregated pelagic fish species. In press, Aberdeem, Gran Bretaña, 20 pp.
- Barbieri, M. A. 1981. Variabilité des données acoustiques utilisées dans l' evaluation des bomasses halieutiques par echo-Integration. Thesis doctorat 3eme cycle. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (Francia), 197 pp.



- Barbieri, M. A. y J. Córdova. 1986. Estudio de la variabilidad de los datos obtenidos en cruceros hidroacústicos. En: La pesca en Chile. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso. pp.: 249-259.
- Barbieri, M. A., J. Córdova, S. Lillo, J. Castillo, G. 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.
- Barbieri; M. A.; J. Cordova, V. Correa, S. Lillo, B. Leiva, M. Espejos M. Rojas. H: Peña, A. Grenchina, S. Nuñez, A. Sepúlveda, L: Miranda, H. Rebolledo y C. Cuevas. 1998. Análisis de la estructura del stock de jurel fuera de las aguas jurisdiccionales. Instituto de Fomento Pesquero y Instituto de Investigaciones Pesqueras. 121 p + anexo tablas y figs.
- Barrias, P., A. Aranis, S. Mora, G. Bóhm, V. Catasti; H. Peña, C. González, F. Vejaar, A. Hernández 1999. Monitoreo de la captura de jurel 1999. Informe de Avance Proyecto FIP 99-02. IFOP, 101 p.
- Barnes, R. 1986. Zoología de los invertebrados. México, D.F., Interamericana. 1.157 p.
- Bloom, S. A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:125-128.
- Boltovskoy, 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina
- Bougis 1974, P. 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. 200 p.



- Braun, M. 1992. Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII región. Informe Técnico, Inst. Fom. Pes. 88 pp. + Anexos.
- Braun, M. J. L. Blanco y J. Osses. 1993. Investigación Monitoreo de la marea roja en la XII región. Inf. Técnico, IFOP.
- Brylinski, J. M. 1986. Méthode de detection des gradients fuanistique les courbes FCT. Repartition du zooplancton au large du Cap Griz-Nez (france). Oceanol. Acta. 9 (4):457-467.
- Bodenheimer, F. 1955. Précis d'ecologie animale. Payot, Paris. 235p.
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements,. ICES C.M. 1990/B:11
- Cárdenas, E. G. 1986. Observaciones sobre la composición del zooplancton en ensenada baja entre 1984 y 1985 e Isla Carmen entre agosto y diciembre de 1985. Informational Brief 20. Introduc. into Aysén of Pac. Salmon, Jica, SERNAP, 17 pp.
- Castillo, J., S. Lillo y M. Espejo. 1992. Distribución y abundancia de los recursos pelágicos en junio de 1992. En: Monitoreo mensual de la distribución y abundancia de recursos pelágicos y de las condiciones bio-oceanográficas zona norte. Informe a Empresas Pesqueras y Subsecretaría de Pesca. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. pp: 65 - 83.
- Castillo, J., M. A. Barbieri, A. Paillamán y U. Parker. 1995. Evaluación hidroacústica de los recursos anchoveta, jurel y sardina española de las regiones I a IV. Informe Proyecto al FIP. IFOP, Chile, 152 p. tablas, fig + anexos.



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



Magister en: Ciencias (mención Oceanografía). Universidad de Concepción, 108 pp.

- Chesson, J. 1978. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59(2):211-215
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú (Callao)*, 44: 387 pp.
- Dahl, K. y E. Kirkegaard. 1987. The diet and consumption of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Eastern North Sea, august 1986. ICES C.M. 1987/H:43.
- Diana, J. S. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 57:2121-2127.
- Eastman, J.R. 1995. IDRISI for Windows. User's Guide Version 1.0. Clark University Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. 239p.
- Elizarov, A., A. Grechina, B. Kotenev y A. Kuzetsov. 1993. Peruvian Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *Jor. Ichthyol.* 33(3):86-104.
- Ermolovich C. I. and L. G. Gardina, 1987. Alimentación del jurel. In: *Biología y pesca comercial del jurel en el pacífico del sur*. D. Arcos & A. Grechina (De), Instituto de Investigaciones Pesquera, Talcahuano, Chile: 55-60.
- Evseenko, S. A. 1987. Reproducción de jurel del Perú *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en el Pacífico Sur. *Voprosy Ichthyologii*, 27(2):264-273.



- Figueroa, D., M. Sobarzo, L. Soto y P. Davila, 1994. Oceanografía física. En: Informe final proyecto "Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX regiones. FIP, 221p
- Foote, K. 1986. Maintaining precision calibrations with optimal cooper spheres. Journal of the Acoustical Society of America.
- Foote, K. and J. Rivoirard 1992. Geostastical analysis of acoustic survey data on = group herring in Fjord. IVES. C. M. 1992/ D: 10. 14 p.
- Foote, K., H. Knudsen and G. Vestnes. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. International Council for the Exploration of the sea. Copenhagen. Denmark. 70 p.
- Frontier, S. 1966. Zooplankton de la región de Nosy-Bé I) Programa des recortes et techniques d'etude. II) Plancton de surface aux stations 5 et 10. Cah Orstom (océanogr.), 4(3):3-37.
- Guajarati, D. 1981. Econometría. Ed. Mc Graw-Hill. 293-298 p
- Grechina, A. 1992. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (Eds). Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 1, Núm. 2:47 pp. + 21 figs.
- Griffiths, F.B., G.H. Brown, D.D. Ried y R.R. Parker. 1984. Estimation of sample zooplankton abundance from Folsom splitter sub-samples. J. Plank. Res., 6(5) : 721-731.



- Guzmán, O., J. Castillo, S. Lillo, P. Pineda, L. Rodríguez e I. Giakoni. 1983. Estudio de recursos pelágicos. Programa Monitoreo de los Recursos Pelágicos I. Prospección zona Arica-Coquimbo (18°30'- 30°00'S). Corporación de Fomento de la Producción (AP 83-82). Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile.
- Hirakawa, K. 1984. Seasonal distributions of zooplankton in the surface waters of Aysen Fiord, Southern Chile. Introduction into Aysen Chile of Pacific Salmon, Informational Brief, 9.
- Hansen, R., W. Madow y W. Huwitz. 1954. Sample survey methods and theory. Volume I and II. Methods and applications: John Wiley and Sons, INC.
- Hays, W.L. 1994. Statistics (Fifth Edition). New York: Harcourt Brace.
- Holden, M. y D. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Tec. FAO sobre pesca . 115: 221 p.
- Hulley, P. A. 1984. Mictophidae. In Fishes of the North-Eastern. Atlantic and the Mediterranean. Vol 1
- Hunter, J. R. 1971. Sustained speed of Jack Mackerel, *Trachurus symmetricus*. Fis Bull. 69(2): 267-271.
- Hynes, H. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*)
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. J. Fish.Biol., 17:411-429.



- IFOP. 1993. Estimación de la biomasa del recurso jurel en la zona centro-sur de Chile. Capítulos III y IV. Crucero primavera 1992. Informe IFOP, 380 pp.
- Jones, J. B. 1990. Jack mackerel (*Trachurus* spp.) in New Zealand waters. N. Z. Fish. Tech. Rep. 23: 28 pp.
- Kawahara, S. , J. Uozum Y h: Jamada. 1988. First record of a carangid fish. *Trachurus murphyi*, from New Zeland Waters. Jap. J. Ichthyol. 35 (2):21-214
- Konchina, Y. 1980. The Peruvian jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. J. Ichthyol. 20(5):46-59.
- Konchina, Y. 1983. The feeding niche of the hake *Merluccius gayi* (Merlucciidae), and the jack mackerel, *Trachurus symmetricus* (Carangidae) in the Trophic System of the Peruvian Coastal Upwelling. J. Ichthyol. 23(2):87-98.
- Krefst, G: 1984. Nodosudidae. Pag 421-425
- LaFond, E. 1951. Processing Oceanographic Data. U. S: Navy Hydrographic Office, H. O. Publication N° 614: 114 pp.
- Lillo, S y A. Paillamán. 1995. Evaluación directa de merluza común. En .Evaluación hidroacústica de la merluza común. Sección 1. En : Evaluación hidroacústica del stock de merluza común explotado en la zona centro sur. Informe final. FIP-IFOP.
- Livingston, P. A., D. A. Dwyer, D. L. Wencker, M. S. Yang y G. M. Lang. 1986. Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. Inst. North. Pacific Fish. Comm. Bull., 47:49-65.



- Love, R. H.. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *J. Acoust. Soc. Am.*, 62, 1397-1403.
- MacLennan, D. and J. Simmonds. 1992. *Fisheries acoustics*. Chapman Hall, London: 325 pp.
- Macpherson, E. 1985. Efecto de la predación de *Lophius upsicephalus* sobre la población de *Merluccius capensis*. ICSEAF Coll. sci. Pap. int. Comm. SE Atl. Fish.:155-162.
- Mehl, S. y T. Westgard. 1983. Gastric evacuation rates in mackerel (*Scomber japonicus*). ICES C.M./H:33, Pelagic Fish. Comm., 11 pp.
- Massé J. and N. Retière. 1995. Effect of number of transects and identification hauls on acoustic biomass estimates under mixed species conditions. *Aquat Living Resours.*, 8, 195-199.
- Microimages. 1997. TNTmips- The map & Image Processing system.
- Millero, F. y A. Poisson. 1981. International one atmosphere equation of state for seawater. *Deep Sea Res.* 28A: 625 - 629.
- Miranda, L., C. Cuevas y H. Rebolledo. 1998. Capítulo: Trofodinámica. *En: Proyecto FIP 96-13. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX.* 161 pp + anexos.
- Miranda, H. 1999. Derivación del estimador de la varianza para el factor de ecointegración. Informe Técnico – Unidad de estadística. IFOP.



- Navarro, R. 1984. Programa computacional para el análisis numérico de comunidades: Diversidad y sobre posición. *Medio ambiente*, 7(1): 82-87
- Newell, G.E. y R.C. Newell. 1966. *Marine plankton a practical guide*. Hutchinson Educational, University of London. 221 pp.
- NOAA. 1998. *Climate Diagnostics Bulletin*. Climate Prediction Center. N° 98/6. 80 pp.
- NODC. 1991. *National oceanographic data center, user guide*. En: *Key to oceanographic records documentation N°14 NOAA*.
- Núñez, S. L. Cubillos., D. Arcos., A. Urrutia., V. Troncoso., F. Véjar., M. Irujo., R. Quiñonez., A. Pacheco., H. Muñoz y M. Braun. 1997. Informe Final Proyecto FIP "Condiciones oceanográficas que inciden en el reclutamiento de los recursos anchoveta y sardina común en la VIII Región. 226 pp + anexos.
- Núñez, S. J. Ortiz y D. Arcos. 1998. Capítulo: Oceanografía física y química. *En: Proyecto FIP 96-13. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX*. 161 pp + anexos.
- Osses, J. y J. L. Blanco. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona centro sur de Chile, durante julio de 1991. Crucero INDUSUR 9102. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Programa investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona centro sur.
- Osses, J., V. Ortiz y C. Barrera. 1994. Capítulo: Oceanografía química. *En: Proyecto "Evaluación hidroacústica del recurso jurel en las regiones V a IX"*. 219 pp + anexos



- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de aguas chilenas. Ediciones universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 151 pp.
- Palma, S. Y S. Rosales. 1995. Composición, distribución y abundancia estacional del macroplankton de la bahía de Valparaíso. Invest. Mar. , Valparaíso, 23:49-66.
- Parsons, T. R., Y. Maita y C. M. Lalli. 1984. A Manual of chemical and biological methods for seawater analysis 172 pp. Pergamon Press.
- Petitgas, P. 1991. Contributions geostatistiques a la biologie des peche maritimes. These de doctorat., Centre de Geostatistique, Fontainebleau, 211 p
- Petitgas, P. 1993. Geostatistics for fish stock assessment: a review and on acoustic applications. ICES J. mar. Sci., 50: 285 - 298.
- Petitgas, P. and A. Prampart. 1993. EVA (Estimation variance) Logiciel de geostatistique pour IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d'estimation es quantites totales pour des donnees geographiquement correlees. ICES C.M. 1993/D:65.
- Pinkas, L., M. S. Oliphant y L. K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull. Calif. 152:105 pp.
- Pond, S. y G. L. Pickard. 1983. Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press, 241 p.
- Quiñones, R., H. Muñoz, R. Serra, S. Núñez, J. Córdova y D. Figueroa. (Eds.). 1995. Informe Final. Evaluación Hidroacústica de jurel en la zona centro-sur, V a IX



Regiones. Instituto de Fomento Pesquero Instituto de Investigación Pesquera.  
Sección trofodinámica. 221p +285 figuras.

Robertson, A. 1979. An improved apparatus for determining plankton volume. Fish. Bull. S. Africa (6): 23-36.

Robotham, H y J.Castillo. 1990. The bootstrap methods: An alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacoustic techniques. Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer. 189:421-424.

Saiz, F. 1980. Experiencia en el uso de criterios de similitud en el estudio de comunidades. Arch. Biol. Med. Exp., 13:387-402.

Serra, R. 1976. Escalas de madurez sexual para Sardina Española (*Sardinops sagax musica*, Girard) y Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*, Nichols). Invest. Pesq. Inst. Fom. Pesq. 24: 20 pp.

Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36: 67-83.

Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones y H. Robotham. 1994. Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Informe Final. Inst. Fom. Pesq. pág. 60 - 72.

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



- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, M.A. Barbieri, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones & H. Robotham. 1994b. Informe Final. Proyecto Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Instituto de Fomento Pesquero - Instituto de Investigación Pesquera. Fondo de Investigación Pesquera. 148 p. + 128 figuras.
- SIMRAD, 1991. SIMRAD EK-500 Scientific echosounder. Operation. P217E.0. 15p. manual
- Silva S. Y B. Ramírez. 1982. Condiciones oceanográficas frente a las costas chilenas en 1981: Zona Arica – Coquimbo. Los Vilos – Chiloé. Estu. Doc. Univ. Católica Valparaíso, 28- 1/82: 212 pp.
- Simmonds, E. J. 1998: The implications of the distribution and mobility of north sea herring, on the evaluation of the stock. ICES CM 1998/j:29
- Smith, P.E. y S.L.Richardson.1979.Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos.FAO.Doc.Téc.Pesca (175):107 p.
- Sneath, P. Y R. Sokal. 1973. Numerical taxonimy . The principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman, San francisco. 573 pp
- Torres, A., O. Guzmán y J. Castillo. 1984. La vejiga gaseosa como órgano resonante y su influencia en la intensidad sónica. Invest. Pesq. (Chile) 31: Instituto de Fomento Pesquero, Santiago: 81 - 88.
- UNESCO. 1981a. The practical salinity scale 1978 and the international Equation of State of Seawater 1980. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°36.



- UNESCO. 1981b. Background paper and supporting data on the practical salinity scale 1978. Unesco Tech. Papers in Mar Sci. N°37.
- Ursin, E. 1973. On the prey size preferences of cod and dab. Meddr. Danm. Fisk.-og. Havunders 7:85-98.
- Vidal, J. 1968. Copépodos Calanoídoes epipelágicos de la expedición Marchile II, Gayana Zool., 15:1 - 98.
- Volter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation xii, 428 pp.
- Vorobyov V. M., A. V. Ivanov 1981. Target strength measurements of the single fish during the acho survey. Meeting on Hydroacoustical methods for the estimations of marine fish populations, Cambridge, Mass. U.S.A., 25-29 June 1979, J. R. Suomala ed.
- Wyrski, K. 1967. Circulation and water masses in the equatorial Pacific Ocean. Int. J. Oceanol. And Limnol. Vol 1(2).
- Worobec, M. N. 1984. Field estimation of the daily ration of winter flounder, *Pseudopleuronectes platessa* (Walbaum) in a southern New England pond. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 77:183-196.
- Yáñez E., V. Catasti, M. A. Barbieri, G. Böhm. 1996. Relaciones entre la distribución de recursos pelágicos pequeños y la temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en la zona Central de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 107-122.



Yashnov, U. A. 1959. A new model of volume meter for rapide and precise plankton evaluation under field conditions. Zoologic. Chesku, Zhurnal (moscow) 38:1741-1744.

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