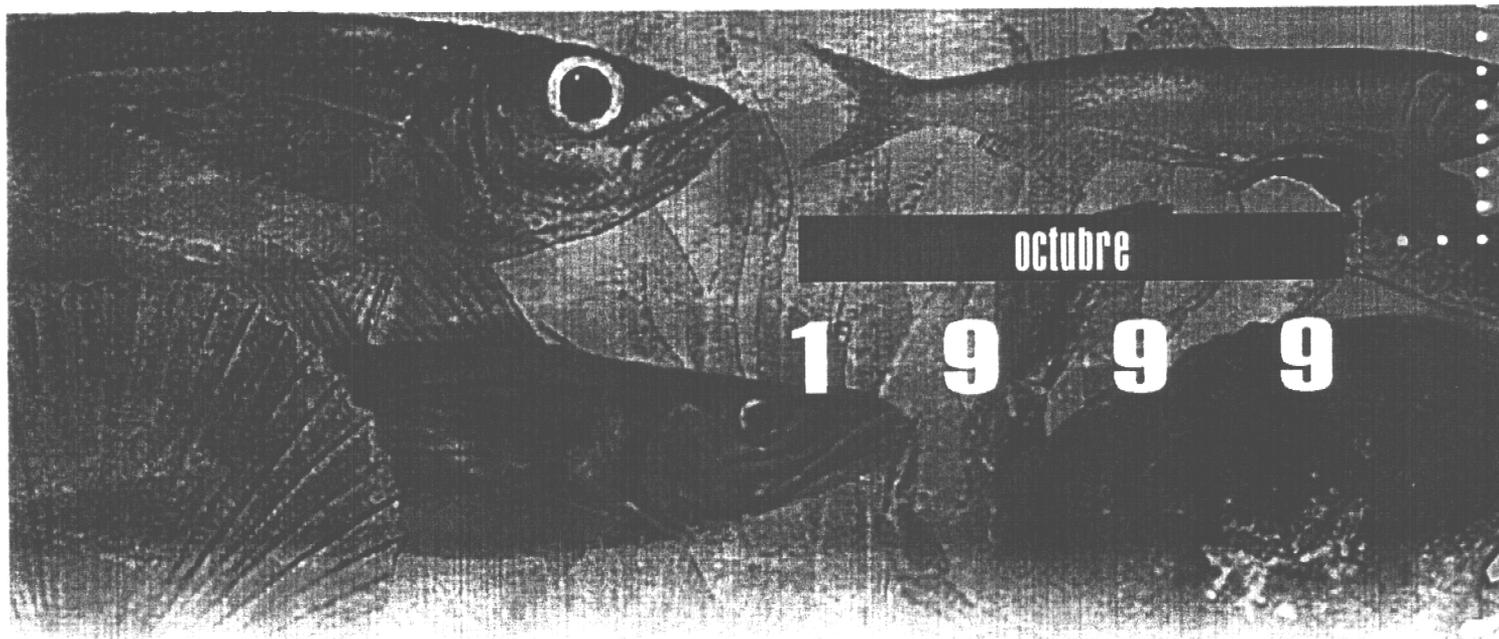




INFORME FINAL

FIP Nº 97 - 10

**Evaluación indirecta y análisis de  
la variabilidad del crecimiento  
de sardina común y anchoveta  
en la zona centro - sur**



octubre

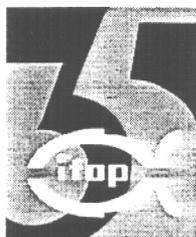
1 9 9 9

## **REQUIRENTE**

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

## **EJECUTOR**

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



## **JEFE DE PROYECTO**

**PATRICIO BARRIA M.**

## **AUTORES**

**PATRICIO BARRIA M.  
M. GABRIELA BÖHM S.  
ANTONIO ARANIS R.  
RAUL GILI V.  
MIGUEL DONOSO P.  
SERGIO ROSALES G.**

## **COLABORADORES**

**ALEJANDRA GOMEZ A.  
GASTON ROSSON V.  
RAMON ARAVENA G.**

## **CONSULTORES**

**BEATRIZ MORALES-NIN  
ANA PARMA P.**



## RESUMEN EJECUTIVO

La modalidad de presentación de este informe considera la exposición de todos los resultados del proyecto mediante un recorrido a través de los objetivos señalados en la propuesta técnica.

En este informe final se entregan los resultados de la actividad extractiva industrial y artesanal ejercida en la zona Centro-Sur sobre los recursos anchoveta y sardina común. Al respecto, se realiza un análisis de los indicadores operacionales (captura, esfuerzo y rendimiento de pesca) de la flota industrial correspondiente al período 1990 - 1997 y de la flota artesanal. Asimismo, para las embarcaciones industriales se caracteriza la dinámica de distribución espacial de las capturas, esfuerzo y rendimiento de pesca para ambos recursos.

La información analizada proviene de los registros operacionales de las embarcaciones cerqueras industriales (mayor o igual a 80 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega) que operaron en la zona de estudio en el período 1990-97. Se analizaron los archivos bases anuales disponibles en el Instituto de Fomento Pesquero.

El análisis integrado de operación de la flota con base en los puertos situados en la zona Centro-Sur indica que, tanto las capturas como el esfuerzo de pesca (nominal) de anchoveta y sardina común presentaron fuertes variaciones interanuales entre 1990-97. En esta gran área de estudio, la captura de anchoveta aumentó de 96 mil a 244 mil toneladas (155%) entre 1995-96 y luego decreció a 146 mil toneladas (-40%) en 1997, al igual que el esfuerzo medido en VCP (+64y -42%, respectivamente). Por su parte, en estos mismos períodos, las capturas de anchoveta se incrementaron de 29 mil a 99 mil toneladas (245%) y posteriormente a 220 mil toneladas (123%) y el esfuerzo aumentó en 58 y 113%, respectivamente.



El análisis de la distribución espacio-temporal de las capturas, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento de la anchoveta y sardina común ejercida entre la V y X Región, señala que estas pesquerías se desarrollan principalmente en las primeras 20 - 30 millas de la costa, concentrándose en la pesquería de anchoveta los mayores niveles entre los 36° y 37° LS. En general en la pesquería de sardina común la situación es similar, pero aparece un núcleo importante y bien compacto en el área norte de la zona de estudio, entre los 33° y 34° LS. Asimismo, para ambos recursos se aprecia a partir de 1994 un fuerte desplazamiento de las embarcaciones al sur de la Isla Mocha.

La distribución geográfica de las capturas de la flota pelágica en el período 1990-1997 indica una fuerte expansión del área de pesca de pequeños pelágicos hacia la región sur de la isla Mocha a partir de 1994. Existe al menos un área de concentración de pesca para la anchoveta situada entre los 36° y 37° LS. Actualmente la sardina común presenta 2 áreas de pesca importantes, una ubicada en los 33°-34° LS y la otra al sur de los 39° LS.

Por otra parte, en este estudio se estimó la curva de crecimiento estacional para sardina común y anchoveta de la zona Centro-Sur, determinándose que en ambos recursos el crecimiento mínimo se produce en los meses invernales.

También se pudo establecer que la sardina común en cuanto al análisis de la evolución del borde del otolito indica que predomina el hialino en invierno, lo que evidencia que esta especie forma un anillo por año. Para anchoveta se estableció mediante un análisis de microincrementos diarios que los anillos hialinos tienen una periodicidad de formación inferior a la anual, lo cual significa que en la asignación de edades se pueden contabilizar dos anillos por año.



Para anchoveta y sardina común no existe diferencia significativa en el crecimiento entre machos y hembras. Sin embargo, existen diferencias al comparar la curva de crecimiento entre edad y grupos de edad.

En ambas especies existen una relación alométrica entre la longitud del pez y el peso del otolito. Además, se constató una relación proporcional entre el peso de ejemplo del ejemplar y peso del otolito, lo cual sugiere que pueden estimarse curvas de calibración entre el peso - otolito y la edad.

Respecto al análisis de la información oceanográfica, se pudo establecer que la señal anual de la TSM de los puertos de Valparaíso y Talcahuano presentan un ciclo estacional con valores promedios más bajos en Talcahuano ( $-1^{\circ}\text{C}$ ). La anomalía acumuladas de TSM de Valparaíso y Talcahuano muestra un comportamiento diferente en el tiempo. Para el período 1990-1998, se encontró que Valparaíso esta en una fase de calentamiento y Talcahuano en una fase de enfriamiento.

Al efectuar las relaciones entre las condiciones ambientales e indicadores biológicos se constató en sardina común una estrecha asociación entre el índice gonadosomático y la formación del anillo hialino, período que coincide con la temperatura más baja del año, lo cual indica una adecuación de ambas especies a su hábitat. También existe una estrecha relación de la TSM y el factor de condición

Los resultados de la evaluación de stock de sardina común muestran que el nivel actual de explotación supera las estrategias de explotación  $F_{2/3}$ ,  $F_{F=M}$ ,  $F_{0,1}$  y  $F_{1/3}$ . Aunque los resultados de la evaluación de stock muestra tasas de explotación elevadas, se observa una notable disminución del stock parental por sobrepesca, por lo tanto se recomienda tomar medidas de administración tendientes a proteger un stock desovante mínimo.



Entre las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento,  $F_{2/3}$  es la más conservadora y corresponde a un nivel inferior de explotación al que actualmente tiene el stock. Esta magnitud genera en el corto plazo una disminución poblacional, pero en el largo plazo mantiene un nivel de captura con menor variabilidad. Esta estrategia de explotación en un lapso de 20 años tiende a estabilizar el stock de sardina común y puede mantener capturas de 136 mil toneladas anuales.

Las otras estrategias de explotación  $F_{F=M}$ ,  $F_{0.1}$  y  $F_{1/3}$  constituyen niveles excesivos de mortalidad por pesca.

Los resultados de la evaluación de stock de anchoveta muestran que el nivel actual de explotación es bajo. Aunque los resultados de la evaluación de stock muestran tasas de explotación bajas, también se detectó una notable disminución del reclutamiento en 1997, por lo tanto, se debe recomendar medidas precautorias de administración tendientes a proteger un stock desovante mínimo.

En relación a las estrategias de explotación que consideran la variación sistemática de los pesos promedio por grupo de edad, que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento, el punto biológico de referencia  $F_{2/3}$ , es el más conservador y corresponde aproximadamente al nivel de explotación que actualmente soporta el stock de anchoveta.

La otra estrategia de explotación que evita la sobrepesca por crecimiento es  $F_{1/3}$  y corresponde a un nivel superior inclusive a  $F_{0.1}$ , no siendo recomendable. La estrategia de explotación  $F_{F=M}$  es una magnitud que ha soportado el stock de anchoveta y no constituye un nivel excesivo de mortalidad por pesca, lo cual permite mantener una captura anual promedio de largo plazo de 300 mil toneladas.



## INDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>i</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivo general .....	5
2.2 Objetivos específicos .....	5
2.3 Objetivo adicional .....	5
<b>3. METODO .....</b>	<b>7</b>
3.1 Zona de estudio .....	7
3.2 Objetivo 1. Caracterizar la pesquería de la anchoveta y sardina común desarrollada en la zona Centro-Sur de país .....	7
3.3 Objetivo 2. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de los stock de anchoveta y sardina común entre la V y VIII regiones y sus respectivas varianzas asociadas .....	12
3.4 Objetivo 3. Determinar parámetros y función de crecimiento de ambas especies, y asignar edades por longitud .....	18
3.5 Objetivo 4. Cuantificar los efectos de la variación del peso en la estimación de estrategias de explotación de sardina común y anchoveta .....	28



<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>35</b>
4.1 Objetivo 1. Caracterizar la pesquería de la anchoveta y sardina común desarrollada en la zona Centro-Sur de país .....	35
4.2 Objetivo 2. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de los stock de anchoveta y sardina común entre la V y VIII regione, y sus respectivas varianzas asociadas .....	63
4.3 Objetivo 3. Determinar parámetros y función de crecimiento de ambas especies, y asignar edades por longitud .....	71
4.4 Objetivo 4. Cuantificar los efectos de las variaciones del peso en la estimación de las estrategias de explotación en los stock de sardina común y anchoveta Modelo de proyección del stock de sardina común bajo régimen de tasa de explotación constante .....	94
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>101</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURAS</b>	
<b>TABLAS</b>	
<b>ANEXOS:</b>	
<b>ANEXO 1</b>	
<b>ANEXO 2</b>	



## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Zona de estudio de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta en la zona Centro - Sur de Chile.
- Figura 2. Capturas anuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial por zonas de pesca, período 1990 - 1997.
- Figura 3. Evolución y tendencias de los principales indicadores operacionales de la pesquería industrial de anchoveta en la Zona Centro-Sur.
- Figura 4. Distribución espacio-temporal de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 5. Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 6. Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 7. Distribución espacio-temporal de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.
- Figura 8. Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.
- Figura 9. Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.
- Figura 10. Distribución de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 - 1997.
- Figura 11. Distribución de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 - 1997.



- Figura 12. Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 13. Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 14. Distribución espacio - temporal de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 15. Distribución espacio - temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 16. Distribución espacio - temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 17. Evolución y tendencias de los principales indicadores operacionales de la pesquería industrial de sardina común en la Zona Centro-Sur.
- Figura 18. Distribución espacio - temporal de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 19. Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 20. Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997.
- Figura 21. Distribución espacio-temporal de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.
- Figura 22. Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.
- Figura 23. Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.



- Figura 24. Distribución de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 25. Distribución de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según la variación longitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 26. Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según la variación latitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 27. Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según variación longitudinal, período 1990 – 1997.
- Figura 28. Distribución espacio - temporal de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 29. Distribución espacio - temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 30. Distribución espacio - temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la Zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.
- Figura 31. Patrón de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur, promedios 1990-1996 y correspondiente a 1997.
- Figura 32. Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 33. Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 34. Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1º de enero de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 35. Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.



- Figura 36. Patrón de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur, promedio 1990-1996 y correspondiente a 1997.
- Figura 37. Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 38. Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 39. Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1º de enero de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 40. Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 41. Otolitos *sagitta* de sardina común X40. a) formando el primer *annulus* (12 cm LT); b) dos *annulus* (14 cm LT); c) dos *annulus* y un anillo opaco en el borde (15 cm LT); d) tercer *annulus* en el borde (15 cm LT).
- Figura 42. Relación longitud pez-longitud otolito en sardina común. Talcahuano, período 1996-1998.
- Figura 43. Crecimiento de otolito de sardina común. Valores promedios de la desviación estándar. Talcahuano. Años 1996, 1997 y 1998.
- Figura 44. Distribución de tamaños de los anillos 1 a 3 en sardina común en el período enero de 1996 y julio de 1998. Talcahuano.
- Figura 45. Evolución del borde en otolitos de sardina común. Año 1996, 1997 y 1998. Talcahuano. (O= opaco; T= translúcido).
- Figura 46. Evolución del borde en otolitos de sardina común en todas las edades. T= translúcidos; O-= opacos finos; O+= opacos gruesos.
- Figura 47. Evolución del borde en otolitos de sardina común en las cohortes 1994, 1995 y 1998. Zona Talcahuano.



- Figura 48. Incremento marginal en otolitos de sardina común. Talcahuano, año 1997.
- Figura 49A. Evolución del material opaco y hialino en el borde de los otolitos de sardina común e incremento marginal en ejemplares de edad 1. Talcahuano, año 1997.
- Figura 49B. Incremento marginal en otolitos de sardina común en todas las edades. Talcahuano, año 1997.
- Figura 50. Tasas de incremento relativo mensual entre las edades 2 y 3 de sardina común. Período enero de 1996 - julio de 1998. Zona de Talcahuano.
- Figura 51. Curva de crecimiento de sardina común. Zona de Talcahuano, período 1996-1998.
- Figura 52. Crecimiento estacional de sardina común para el período 1996-1998. Talcahuano.
- Figura 53. Otolitos *sagitta* de anchoveta. a) mostrando dos anillos de crecimiento edad 1 (X40, 11,5 cm LT); b) Otolito pulido con varios anillos (X60, 14 cm LT); c) Incrementos de crecimiento en el *antirrostrum* (X500, 14 cm LT); d) Incrementos finos depositados en el margen rostral del otolito y que a nivel macroscópicos aparecen como traslúcidos (X400, 14 cm LT); e) Core del otolito (flecha) (X1000, 14 cm LT); f) Discontinuidades e incrementos finos en un margen translúcido (X800, 12,5 cm LT).
- Figura 54. Distribución de tamaños de los anillos 1 a 6 en anchoveta en el período enero de 1996 – julio de 1998. Talcahuano.
- Figura 55. Crecimiento del otolito de anchoveta. Valores promedios y desviación estándar. Talcahuano.



- Figura 56. Tasas de incremento relativo mensual entre las edades de anchoveta. Zona de Talcahuano, período enero de 1996 y julio de 1998.
- Figura 57. Evolución del borde en otolitos de anchoveta. Zona de Talcahuano. Enero de 1996 a agosto de 1998.
- Figura 58. Evolución del borde en otolitos de anchoveta. Todas las edades en conjunto. (; O-= opacos finos; O+= opacos gruesos T= translúcidos).
- Figura 59a. Relación longitud pez - longitud otolito en anchoveta. Talcahuano, período 1996-1998.
- Figura 59b. Curva de crecimiento de machos y hembras de sardina común. Talcahuano, 1996.
- Figura 59c. Curva de crecimiento de machos y hembras de anchoveta. Talcahuano, 1996-1997.
- Figura 60. Curva de crecimiento de anchoveta. Zona de Talcahuano, período 1996-1998.
- Figura 61. Crecimiento estacional de anchoveta para el período 1996-1998.
- Figura 62a. Relación entre la formación de anillos opacos y translúcidos y las variaciones de la temperatura superficial del mar y las etapas de madurez gonadosomáticas en sardina común y anchoveta.
- Figura 62b. Relación entre la longitud de los peces y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.
- Figura 62c. Relación entre la longitud de los peces y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.
- Figura 62d. Relación entre el peso de los ejemplares y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.



- Figura 62e. Relación entre el peso de los ejemplares y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.
- Figura 62f. Relación entre la edad y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.
- Figura 62g. Relación entre la edad y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.
- Figura 63. Señal anual de la temperatura superficial del mar de los puertos de Valparaíso y Talcahuano.
- Figura 64. a) promedios mensuales y promedio móvil de 12 meses (línea roja) de la temperatura superficial de mar (TSM), b) anomalía de la TSM y c) anomalía acumulada de la TSM de Valparaíso.
- Figura 65. a) promedios mensuales y promedio móvil de 12 meses (línea roja) de la temperatura superficial de mar (TSM), b) anomalía de la TSM y c) anomalía acumulada de la TSM de Talcahuano.
- Figura 66. Señales anuales de a) componentes E-W y N-S del viento y b) índices de surgencia y turbulencia de Valparaíso.
- Figura 67. Promedios mensuales de a) componentes E-W y N-S del viento y b) índice de surgencia y c) índice de turbulencia de Valparaíso.
- Figura 68. Indicadores biológicos de la sardina común de la zona Centro-Sur, 1979-1998.
- Figura 69. a) regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el índice gonadosomático de sardina común.  
b) regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el factor de condición.
- Figura 70. Indicadores biológicos de la anchoveta de la zona Centro-Sur, 1979-1998.



- Figura 71. a) regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el índice gonadosomático de anchoveta. b) regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el factor de condición.
- Figura 72. Resultados del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos promedios y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.
- Figura 73. Resultados del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos mínimos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.
- Figura 74. Resultados del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos máximos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.
- Figura 75. Resultados del modelo de proyección del stock de anchoveta, con pesos promedios y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.
- Figura 76. Resultados del modelo de proyección del stock de anchoveta, con pesos mínimos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.
- Figura 77. Resultados del modelo de proyección del stock de anchoveta, con pesos máximos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.



## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1A. Principales características de las embarcaciones industriales que operan en la pesquería pelágica en la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997.
- Tabla 1B. Principales características de las embarcaciones industriales que operan en la pesquería de anchoveta y sardina común en la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997.
- Tabla 2. Principales características de las embarcaciones artesanales que operan en la pesquería de anchoveta y sardina común en la Zona Centro-Sur, 1998.
- Tabla 3. Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona Centro-Sur, período 1990-1997 y primer semestre 1998.
- Tabla 4. Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona de San Antonio, período 1990- 1997 y primer semestre 1998.
- Tabla 5. Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona de Talcahuano, período 1990- 1997 y primer semestre 1998.
- Tabla 6. Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona de Valdivia, período 1990-1997 y primer semestre 1998.
- Tabla 7. Resumen operacional de la flota cerquera industrial que operó en la pesquería de anchoveta y sardina común, 1997.



- Tabla 8. Desembarque mensuales de anchoveta obtenidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, período 1995-1998.
- Tabla 9. Viajes con pesca mensuales de anchoveta ejercidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, período 1995-1998.
- Tabla 10A. Estadísticos de las cartografías anuales de las capturas de anchoveta obtenidas en la Zona Centro-Sur, período 1990-1997.
- Tabla 10B. Estadísticos de las cartografías anuales de los viajes con pesca de anchoveta obtenidas en la Zona Centro-Sur, período 1990-1997.
- Tabla 11. Desembarque mensuales de sardina común obtenidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, período 1995-1998.
- Tabla 12. Viajes con pesca mensuales de sardina común ejercidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, período 1995-1998.
- Tabla 13A. Estadísticos de las cartografías anuales de las capturas de sardina común obtenidas en la Zona Centro-Sur, período 1990-1997.
- Tabla 13B. Estadísticos de las cartografías anuales de los viajes con pesca de sardina común obtenidas en la Zona Centro-Sur, período 1990-1997.
- Tabla 14. Parámetros de ADAPT y suma de cuadrados del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 15. Abundancia (Número x 10<sup>3</sup>) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 16. Biomasa al 1º de enero (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 17. Biomasa media (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.



- Tabla 18. Biomasa desovante (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 19. Mortalidad por pesca (año<sup>-1</sup>) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 20. Tasa de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 21. Patrón de explotación, ojiva de madurez, peso promedio, máximo y mínimo del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 22. Parámetros de ADAPT y suma de cuadrados del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 23. Abundancia (Número x 10<sup>3</sup>) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 24. Biomasa al 1º de enero (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 25. Biomasa explotable (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 26. Biomasa desovante (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 27. Mortalidad por pesca (año<sup>-1</sup>) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 28. Tasa de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 29. Patrón de explotación, ojiva de madurez, peso promedio, máximo y mínimo del stock de anchoveta común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 30. Tamaño promedio (DMO) de los annuli de sardina común y desviación estándar por clase de talla para los años 1996 a 1998.



- Tabla 31. Parámetros del crecimiento de Von Bertalanffy para la sardina común determinados con la edad y los grupos de edad (GE).
- Tabla 32a. Tamaño promedio (DMO) de los annuli de anchoveta estándar por clase de talla para los años 1996 a 1998.
- Tabla 32b. Comparación de los parámetros de crecimiento de sardina común del año 1996, mediante el test de Hotelling ( $T^2$ ).
- Tabla 32c. Comparación de los parámetros de crecimiento de anchoveta del período 1996-1997, mediante el test de Hotelling ( $T^2$ ).
- Tabla 32d. Comparación de los parámetros de crecimiento de anchoveta del período 1996-1997, entre los ajustes con edad y con grupos de edad mediante el test de Hotelling ( $T^2$ ).
- Tabla 33. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de sardina común con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos promedios.
- Tabla 34. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de sardina común con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos mínimos.
- Tabla 35. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de sardina común con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos máximos.
- Tabla 36. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de anchoveta con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos promedios.
- Tabla 37. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de anchoveta con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos mínimos.



- Tabla 38. Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de anchoveta con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos máximos.
- Tabla 39. Cálculo del excedente de producción para la sardina común de la zona Centro-Sur.
- Tabla 40. Cálculo del excedente de producción para la anchoveta de la zona Centro-Sur.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---



## 1. INTRODUCCION

La sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) sostienen una importante actividad pesquera industrial y artesanal en el litoral de la zona Centro-Sur de Chile, particularmente en la V y VIII región.

Esta pesquería de pequeños pelágicos se encuentra actualmente en un régimen indirecto de control de acceso, dado que estos recursos son considerados fauna acompañante del jurel, especie que se encuentra en plena explotación. No obstante lo anterior, la Autoridad Normativa ha considerado conveniente la aplicación de una veda de reclutamiento para los meses de verano, situación que ha sido analizada en el seno del Comité Técnico.

Respecto a los índices de la actividad extractiva se puede mencionar que los desembarques se registran en un 90 y 95% en la V y VIII región. Los principales puertos de desembarque son San Antonio, Talcahuano y Coronel. Las capturas de la flota industrial de esta pesquería mixta ha disminuido desde 800 mil toneladas registradas en 1991, hasta 50 mil toneladas en 1995 y nuevamente se han incrementado en 1996 a las 800 mil toneladas. En el período 1990-92 predominaron las capturas de sardina común y en el último período ha sido la anchoveta.

Las principales capturas de anchoveta se encuentran localizadas entre los 36° y 37° LS, mientras que las capturas de sardina común se encuentran más al sur entre los 33° y 34° LS y al sur de los 39° LS, siendo su distribución latitudinal muy costera (Serra *et al.*, 1996).

Ambas especies se caracterizan por su pequeño tamaño (<20 cm de longitud total), por poseer un rápido crecimiento somático el cual está influenciado por variaciones



estacionales de disponibilidad de alimento. Respecto a su reclutamiento, ambas se reclutan en el área de la pesquería entre noviembre y marzo y sustentan la actividad extractiva, la cual es fuertemente estacional. Además, poseen un ciclo de vida corto de tres o cuatro años, en el stock la fracción de reclutas representa más del 50% de la biomasa (Barría, 1996).

Otra característica de estos peces es su distribución geográfica encontrándose preferentemente dentro de las 10 mn de la costa. Respecto a su reproducción son especies que desovan en forma fraccionada a lo largo del año, intensificándose su desove en los meses de primavera-verano.

Las características del ciclo vital de estas especies y la variabilidad que presentan sus capturas en la zona Centro-Sur de Chile, genera una problemática para la Autoridad Pesquera que debe abordar en el ejercicio de su administración. Esto plantea el requerimiento de contar anualmente con información de evaluación de estos stock de peces pelágicos, particularmente niveles de biomasa, varianzas y tasas de explotación.

Barría (1997), indica que los resultados de la evaluación del stock de la sardina común, señalan que la biomasa parental presenta una tendencia general descendente, con oscilaciones que provienen por variaciones del reclutamiento. Sin embargo, en los últimos años el reclutamiento muestra una tendencia decreciente debido al incremento de la mortalidad por pesca que afecta preferentemente a la biomasa parental (grupo de edad 1 y 2). La tasa de mortalidad por pesca en general ha sido superior al valor de  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0,1}$ .

Esta situación señala que la pesca que realiza la flota industrial y artesanal, ha sobreexplotado el stock parental a nivel inferior a 1/3 de la biomasa virginal, condición que ha provocado que el stock se comporte de manera errática. Esta última descripción señala



que se debe adoptar una estrategia de explotación basada en la protección de un stock desovante mínimo.

Los resultados de ADAPT muestran que el nivel actual de explotación del stock de sardina común supera las estrategias de explotación de  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0,1}$ . Aunque los resultados de la evaluación de stock muestran tasas de explotación elevadas y de ser efectiva la notable disminución del stock parental por una sobrepesca intensa, se debe recomendar medidas de administración tendientes a reducir la mortalidad por pesca y proteger un stock desovante mínimo.

En relación a la evaluación del stock de anchoveta, Barría (1996), señala que la biomasa total, la biomasa desovante y el reclutamiento presenta una tendencia general creciente y con escasas oscilaciones. La tasa de mortalidad por pesca no ha detenido el incremento del stock. La tasa de mortalidad por pesca en general es levemente superior a  $F_{2/3}$  y cercano al valor  $F=M$ . Esta situación implica que el efecto de la flota cerquera industrial y artesanal se encuentra en niveles que no han sobre-explotado el stock y no se advierten síntomas de sobre-explotación por crecimiento y/o reclutamiento.

Los resultados del ADAPT muestran que el nivel actual de explotación es equivalente al  $F_{2/3}$  y está debajo de  $F_{0,1}$ . Aunque los resultados de la evaluación de stock señala una baja tasa de explotación, de ser efectivo esta tendencia creciente del stock de anchoveta, se debe adoptar una medida tendiente a proteger el stock desovante mínimo, debido a que el stock se encuentra en la fase denso-independiente.

Estos niveles de explotación deben compararse con tasas biológicamente aceptables desde el punto de vista de la conservación del recurso. En este contexto, el análisis de los puntos biológicos de referencia son de vital importancia, debido a su vigencia en el Manejo Pesquero contemporáneo.



El análisis de aproximación precautoria, es la visión actual del Manejo Pesquero y depende esencialmente del tipo de información que se disponga de una pesquería y también de la gestión de cómo esta información es utilizada para el logro de los objetivos de manejo pesquero. La investigación científica que se requiere para este enfoque precautorio considera los objetivos de manejo, la base de información y observación, la evaluación de stock, el análisis y el proceso de toma de decisiones.

Este proyecto utiliza este enfoque en lo relativo a la base de información obtenida del monitoreo de la pesquería, el análisis de los puntos biológicos de referencia para evitar la sobrepesca de los recursos y el uso de fuentes de información complementaria que facilita el análisis científico del conocimiento tradicional de la pesquería.

Por otra parte, la evaluación considera las variaciones de las estimaciones de biomasa y explora hipótesis alternativas referente a procesos biológicos como el crecimiento y estima las respuestas teóricas del sistema a un rango de acciones de manejo (estrategias de explotación). Estas respuestas del sistema se deben a las acciones de manejo alternativo. La evaluación científica de las opciones de manejo requiere la especificación de objetivos operacionales, restricciones y reglas de decisión. (FAO, 1995).

En este documento se presenta el informe final del proyecto FIP N°97-10 que analiza la pesquería de anchoveta y sardina común desarrollada en la zona Centro-Sur, el crecimiento estacional, la evaluación de stock y estrategias de explotación para ambas especies.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar el estado de situación de los stocks de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Clupea bentincki*) en la zona Centro-Sur y la variabilidad del crecimiento de ambas especies en el período de máxima explotación.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la pesquería de la anchoveta y sardina común desarrollada en la zona Centro-Sur de país.
2. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de los stock de anchoveta y sardina común entre la V y VIII regiones, y sus respectivas varianzas asociadas.
3. Determinar parámetros y función de crecimiento de ambas especies, y asignar edades por longitud.

### 2.3 Objetivo adicional

**Como sobre oferta técnica, se desarrollará el objetivo adicional**

1. Cuantificar los efectos de las variaciones del peso en la estimación de las estrategias de explotación en los stock de sardina común y anchoveta.





### 3. METODO

#### 3.1 Zona de estudio

El área de estudio corresponde a la zona centro -sur de Chile, comprendida entre los 32°10' S (Punta Molles, V Región) y 41° S (Bahía San Pedro, X Región), entre la costa y las primeras 50 mn, que es donde se desarrolla principalmente la pesquería de clupleoídeos (Fig. 1). Esta área geográfica se subdivide en tres zonas de pesca que son:

San Antonio	32°10'S - 34°50'S
Talcahuano	34°51'S - 38°30'S
Valdivia	38°31'S - 41°00'S

El período analizado en el presente estudio abarca desde 1990 hasta 1997 para la flota industrial y de 1995 al primer semestre de 1998 para la flota artesanal. Los recursos incluidos en el estudio corresponden a la anchoveta (*Engraulis ringens*) y la sardina común (*Strangomera bentincki*).

#### 3.2 Objetivo 1. Caracterizar la pesquería de la anchoveta y sardina común desarrollada en la zona Centro-Sur del país.

##### Flota industrial

La información que se analiza proviene de los registros técnico - operacionales de las embarcaciones cerqueras industriales que operaron en la zona y período de estudio, incorporándose los siguientes puertos: San Antonio, Talcahuano, San Vicente y Coronel.



La flota cerquera industrial se define como aquella integrada por embarcaciones mayores o iguales a 80 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, que emplean equipos y redes de cerco. Estas se clasifican como naves mayores según la Ley de Navegación Chilena, ya que son de más de 50 TRG (Böhm *et al.*, 1995).

La información tecnológica corresponde a los registros históricos del IFOP, sobre las características geométricas y funcionales de las embarcaciones (tonelaje de registro grueso (TRG), tonelaje de registro neto (TRN), capacidad de bodega (CB) y potencia del motor principal (HP)).

La información operacional corresponde a los registros diarios de captura (t) por especie (anchoveta y sardina común) y esfuerzo de pesca (viajes con pesca (VCP) y viajes totales (VT)), realizados por las embarcaciones en las distintas cuadrículas de pesca (de 10\*10; 30\*30 y 30\*60 mn), georeferenciadas según la latitud y longitud del punto central (Fig. 1). No obstante, existe una fracción de la flota que sólo entrega datos de desembarque, éstos también se incorporan en algunos análisis a fin de incluir la mayor cantidad de información posible.

### **Flota artesanal**

En relación con la actividad extractiva ejercida por las embarcaciones artesanales (unidades menores a 80 m<sup>3</sup> de bodega), la información generada es recopilada por IFOP en las empresas pesqueras, donde estas unidades de pesca entregan su captura. Dicha información está desagregada por capturas (por especie y total) y viajes con pesca (VCP). Al respecto, la información analizada en el presente proyecto que corresponde a los años 1995 (en forma parcial y sólo abarca la VIII Región), 1996 y 1997 (más completa), fue recopilada a través del programa de Seguimiento del Estado de situación de las pesquerías pelágicas de la zona Centro-Sur financiado por la SUBPESCA. Durante 1998 se intensificó, a través de este



proyecto, la toma de información operacional de esta flota, incorporando la máxima información georeferenciada.

Asimismo, se entrega información de algunas características geométricas (tonelaje de registro grueso, eslora y capacidad de bodega) obtenidas de las unidades de pesca, siendo difícil acceder a información más detallada de las lanchas ya que son de propiedad de armadores particulares. De un censo que se efectuó en la V Región, se obtuvieron datos de las 11 embarcaciones que han registrado operación sobre clupeoídeos en el puerto de San Antonio.

### **Procesamiento de la información**

Se analizaron los archivos de la base de datos del IFOP del período 1990-97, los cuales contienen los registros diarios de la operación de cada embarcación industrial en el área de estudio. Dichos registros consideran los siguientes datos: año, mes, código de las cuadrículas, latitud y longitud de las cuadrículas, código y características geométricas y funcionales de las embarcaciones, captura (t) por especie y VCP por embarcación y especie.

En relación con la flota artesanal, se dispone de información recopilada en los puertos de desembarque, en particular registros que se obtienen de las plantas de reducción que compran pesca al sector artesanal. Es decir, se pueden obtener estimaciones de captura y esfuerzo nominal por puerto de desembarque, incluyendo a partir de 1998 registros con información georeferenciada.

### **Estimación espacio - temporal de la captura, esfuerzo y rendimiento de pesca**

La estimación de la captura total por cuadrícula y año ( $C_{an}$ ) se realiza adicionando las capturas de las embarcaciones industriales que operaron en la cuadrícula  $n$  y en



el año **a**. Igual procedimiento se utiliza para estimar el esfuerzo total por cuadrícula y año ( $VCP_{an}$ ). Con los esfuerzos de pesca se estima el rendimiento de pesca promedio anual por cuadrícula ( $R_{an}$ ), promediando los rendimientos de las embarcaciones que operaron en la cuadrícula **n** durante el año **a**:

$$R_{an} = \left( \frac{1}{NB} \right) \cdot \sum_{b=1}^{NB} R_{anb}$$

$R_{an}$  = rendimiento de pesca, en el año **a** y en la cuadrícula **n**.

$NB$  = número de embarcaciones industriales que operaron en el año **a** y en la cuadrícula **n**.

Igual procedimiento se realizó con la información de la flota artesanal que se logró completar con datos de zonas de pesca correspondiente al primer semestre de 1998.

### **Distribución espacio-temporal de la captura, esfuerzo y rendimiento de pesca**

Para analizar la variabilidad de los principales indicadores pesqueros de la flota industrial se configuraron con el SIG IDRISI imágenes anuales de captura, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento de las pesquerías de anchoveta y sardina común para el período 1990-1997, entregándose también las imágenes mensuales para el último año analizado. Además, las imágenes generadas por el SIG IDRISI fueron exportadas al SIG TNTmips, el cual es más poderoso en lo concerniente al despliegue y análisis de imágenes.

Con la información de la actividad extractiva artesanal recopilada en el transcurso de este proyecto, se realiza una primera aproximación de la distribución espacio-temporal de los indicadores de captura, viajes con pesca y rendimiento del período enero – junio de 1998.



No obstante, que la georeferencia de la información no es de alta precisión, ésta es adecuada para el análisis de las distribuciones espaciales de la captura a nivel de mesoescala.

### **Distribución espacial de las variables**

La generación de imágenes implicó realizar previamente la digitalización de la costa de la zona de estudio y de los identificadores de las cuadrículas (latitud y longitud del punto central) y la creación de archivos de valores bases en formato IDRISI, los que contemplan para cada año las cuadrículas con sus respectivos datos de captura, esfuerzo y rendimiento de pesca por cuadrícula y mes. Posteriormente, las cartografías fueron exportadas al SIG TNTmips, en él que los valores de las variables a cartografiar, se ingresaron y reclasificaron en niveles de acuerdo a los histogramas de frecuencia de las unidades de tiempo consideradas. Esta clasificación, representada en pseudocolor mediante el SIG, facilita la comparación de imágenes entre las unidades de tiempo consideradas.

### **Análisis de la distribución espacio-temporal**

Mediante técnicas de análisis espacial se caracterizaron los patrones espaciales de la distribución operacional de la flota industrial en términos de la captura y esfuerzo de pesca. Este procedimiento fue aplicado para cada pesquería (sardina común y anchoveta) y zona, por separado entre los años 1990 y 1997. De las imágenes anuales de la captura y del esfuerzo de pesca se calcularon, de los datos y del mapa, los siguientes estadísticos: mínima, máxima, índice de ocupación anual (IOC) y centro de gravedad.

De manera alternativa al método de centro de gravedad propuesto en las bases técnicas del proyecto, se estimaron (de las variables capturas y esfuerzo de pesca



para el período 1990-97), índices según la variación latitudinal y longitudinal (distancia de la costa). Al respecto, de acuerdo a la información georeferenciada recopilada en terreno, se pueden obtener estimadores de la variación latitudinal (norte-sur) y longitudinal (este-oeste), cuyos resultados proporcionan una descripción más detallada de los focos de concentración que los entregados a través de los centros de gravedad.

Para el cálculo de la variación latitudinal de la zona de estudio se definieron 18 rangos latitudinales de 30 minutos cada uno, que abarca desde los 32°00' hasta los 41°00'S. Luego se procedió a sumar todos los valores de captura y esfuerzo de pesca al interior de cada franja.

Respecto a la variación longitudinal de la V a la X Región y al sistema de cuadrículas utilizado por IFOP, se definieron 5 franjas longitudinales de 10 millas de ancho cada una. Posteriormente, se estimaron los indicadores de captura y esfuerzo por cada franja de longitud.

### **3.3 Objetivo 2. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de los stock de anchoveta y sardina común entre la V y VIII regiones, y sus respectivas varianzas asociadas.**

- **Evaluación de stock**

Es este documento previo al análisis de las estrategias de explotación que rigen la dinámica de la sardina común y anchoveta, se incluye la metodología de la evaluación de stock. Sin este análisis retrospectivo no se pueden ponderar adecuadamente los resultados del modelo de proyección y es necesario tener un conocimiento acabado de los principales indicadores de la evaluación de stock.



Por otra parte es necesario tener la diagnosis del recurso, sin lo cual no se pueden ponderar adecuadamente las estrategias de explotación .

La evaluación de stock de sardina común y anchoveta se efectuó mediante el método de Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) que utiliza la siguiente información de entrada.

- Matriz de captura a las edades específicas.
- Matriz de pesos promedio a las edades específicas.
- Mortalidad natural.
- Mortalidad por pesca para el grupo de edad más viejo presente en la pesquería.
- Vector de mortalidad por pesca, para los grupos de edad del último año de la serie considerada.

Cabe mencionar que este método ha sido aplicado en la pesquería de anchoveta de la zona norte de Chile (Barría, 1996). En éste proyecto, se utilizó el método de calibración ADAPT, para el ASP el cual requiere de series de CPUE, información que es utilizada en la función de minimización. Estos antecedentes son necesarios para efectuar una evaluación de stock más robusta de estos recursos.

Es decir, con esta evaluación de stock se obtuvo información sobre los procesos poblacionales (reclutamiento, crecimiento somático, mortalidad natural y efectos de la pesca) que generan las variaciones en los niveles de abundancia en sardina común y anchoveta.



Los datos de la sardina común y de anchoveta provienen del programa de "Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales" y del "Seguimiento de las pesquerías pelágicas" que mantiene IFOP y fueron obtenidos del muestreo del desembarque de la flota cerquera pelágica con base en los puertos de San Antonio y Talcahuano. Las matrices de capturas y pesos cubre el rango de edades entre 0 y 3 años en sardina común y 0 a 4 años en anchoveta para el período 1990-1997. Para cada recurso se utilizó un índice de captura por unidad de esfuerzo de la flota cerquera industrial, con estimaciones de su precisión.

El índice de CPUE comprendió la misma serie de años que la matriz de capturas y está expresado en toneladas de captura por viajes totales estándar, tanto para sardina común como anchoveta. Por ejemplo la unidad de esfuerzo pesquero es el número de viajes con captura de sardina común más los viajes sin pesca, los cuales se suponen dirigidos a todas las especies (sardina común, anchoveta y jurel), de allí el calificativo de "totales". Para eliminar el efecto de los cambios interanuales del peso, la CPUE fue dividida por el peso promedio de la captura anual y expresada en número de individuos por viaje total estándar. Luego, para disponer de CPUE por edades, se estimó multiplicando la CPUE anual por la proporción de la edad en la captura.

## **ADAPT**

ADAPT no es un modelo; es una integración del ASP con un procedimiento de búsqueda por mínimos cuadrados no lineales para estimar los parámetros del modelo en el cual se basa el ASP. Es un esquema versátil que puede "adaptarse" a cualquier formulación de modelo. En su formulación general, ADAPT, evalúa las discrepancias entre conjuntos de observaciones sobre ciertas variables (por ejemplo, cpue de la flota comercial, índices de abundancia de cruceros de prospección acústica, de huevos y larvas, etc.) y las predicciones de esas variables en base a los



resultados del ASP y ciertos parámetros que intervienen en la calibración de las predicciones. Estas discrepancias, llamadas también residuales, son usadas para construir una función objetivo mediante la cual es posible encontrar la mejor estimación de la matriz de abundancia y parámetros del ASP, según el criterio de minimizar la suma de cuadrados residuales totales. Es decir,

$$\text{Min}_{\Pi, \Omega} \left\{ \sum_i W_i (\ln O_i - \ln f(\Pi, \Omega))^2 \right\}$$

donde:

- $\Pi$  : la matriz de abundancia de la población,
- $O_i$  : la variable observada del índice  $i$ ,
- $W_i$  : un ponderador de la variable observada normalmente representado por una medida de su precisión (por ejemplo el inverso de su error estándar), y
- $\Omega$  : otros parámetros requeridos para calibrar el ASP (denominados comúnmente coeficientes de calibración).

Al aplicar el esquema general a los datos de sardina común y anchoveta, aún restringiéndose sólo a índices de cpue, existen varias opciones de formular el análisis. En este proyecto se aplicó el escenario B descrito por Gavaris (1980).



## Escenario B

Supone que las capturas están medidas sin error. Dado que sólo las cpue están sujetas a error, la ecuación contiene únicamente los residuales de la cpue ponderado por su error estándar.

$$\sum_{i=0}^4 \sum_{t=90}^{96} \frac{1}{U S_{it}^2} (\ln U_{it} - \ln \hat{U}_{it})^2$$

Consistentemente con el supuesto de capturas medidas sin error o con un error despreciable, la matriz de abundancias se puede obtener usando la ecuación de Pope (1972).

$$N_{it} = N_{i+1,t+1} e^M + C_{it} e^{-M}$$

La matriz de parámetros  $\Pi$  estimables directamente se reduce a  $[F_{i,97}]$  ( $i=0, \dots, 4$ ) o  $[N_{i,98}]$  ( $i=0, \dots, 4$ ). Cuando se parte con las  $F$  terminales del año más reciente, el retrocálculo a partir de ese año no puede comenzar inmediatamente aplicando la ecuación 3. Primero, se debe calcular la abundancia por edades a comienzo del año mediante la ecuación de captura, tal como se hace normalmente en el Análisis de cohortes cuando la pesca se considera completa a la edad.

$$N_{i,97} = \frac{C_{i,97}(F_{i,97} + M)}{F_{i,97}(1 - e^{-F_{i,97} - M})} \quad i = 0, \dots, 4$$

En cambio, cuando el proceso se inicia con las abundancias a fines del año más reciente, el retrocálculo de las cohortes presentes ese año puede comenzar inmediatamente con la ecuación de Pope.



En ambas situaciones, para las cohortes de los años anteriores, el retrocálculo sólo puede comenzar una vez que se calcula la abundancia de la edad más vieja o terminal,

$$N_{4,t} = \frac{C_{4,t}(F_{4,t} + M)}{F_{4,t}(1 - e^{-F_{4,t} - M})} \quad t = 90, \dots, 97$$

donde las  $F$  terminales se obtienen endógenamente mediante

$$F_{4,t} = \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^2 N_{4,i}}{\sum_{i=2}^3 N_{4,i+1}} \right) - M \quad t = 90, \dots, 97$$

Esta manera de hacerlo evidentemente no es la única. También las  $F$  o  $N$  terminales de las edades más viejas se pueden calcular por otros métodos, por ejemplo mediante ASP separable, y asumir los parámetros conocidos.

Los coeficientes de calibración  $q_i$  son parámetros auxiliares que estorban y no tienen importancia directa para la evaluación de stock<sup>1</sup>. Por esa razón, es preferible estimarlos analíticamente por mínimos cuadrados y luego sustituirlos en la suma de cuadrados de la ecuación inicial. Al hacer esto la ecuación se transforma en:

$$\sum_{i=0}^4 \sum_{t=90}^{97} \frac{1}{U_t S_{4,t}^2} \left( \ln U_{4,t} - \overline{\ln U}_i + \overline{\ln N}_i - \ln \overline{N}_{4,t} \right)^2$$

donde  $\overline{\ln U}_i$  y  $\overline{\ln N}_i$  son los promedios del logaritmo natural de la cpue y la abundancia media a la edad, respectivamente.

<sup>1</sup> En la terminología técnica se les denomina en inglés "nuisance parameters".



## **Estimación de varianzas**

La técnica usada para estimar varianza se obtuvo mediante las rutinas de estimación del paquete AD Model Builder (Otter Research Ltda., 1994). Este programa está diseñado para la estimación de parámetros de modelos no lineales, para lo cual se tuvo que implementar el método ADAPT en este sistema. La función objetivo fue minimizada por medio de un algoritmo cuasi-Newton, que usa diferenciación automática para definir las derivadas analíticas de la función objetivo respecto a los parámetros a estimar. El programa entrega como salida, la matriz de covarianza de todos los parámetros del modelo de evaluación, en la cual se puede obtener las varianzas de la biomasa.

La matriz de covarianza de los parámetros estimados fue aproximada en base a la inversa de la matriz de segundas derivadas o Hessiano. Esta es una aproximación estándar basada en el supuesto de normalidad de la distribución a posteriori. La varianza de parámetros derivados, tal como la abundancia a la edad y la biomasa total, fue calculada en función a la matriz de covarianza de los parámetros usando el método Delta. Estos cálculos son hechos en forma automática por el programa AD Model Builder usando en la implementación del modelo de estimación.

### **3.4 Objetivo 3. Determinar parámetros y función de crecimiento de ambas especies, y asignar edades por longitud.**

#### **Procedencia del material estudiado**

Para el análisis de la edad de sardina común y anchoveta, se contó con lecturas de otolitos recopilados durante 1998 en las zonas de Talcahuano y San Antonio en el



marco de este estudio. Como complemento a lo anterior, se utilizó la base de datos de la serie histórica disponible en el IFOP, que corresponde a lecturas de otolitos de 1996 y 1997.

Debido a que los muestreos en San Antonio han sido muy irregulares a causa de las bajas capturas, se optó por realizar el análisis considerando sólo los datos procedentes de la zona pesquera de Talcahuano. Por lo tanto, en la sección crecimiento no se realizarán las comparaciones entre las zonas de pesca de San Antonio y Talcahuano. Por lo tanto la sección crecimiento no se realizaron las comparaciones entre las zonas de pesca de San Antonio y Talcahuano.

Respecto al análisis de seguimiento de tallas modales y la aplicación del programa ELEFAN se descartó este método debido a que la aplicación de seguimiento de tallas modales se realiza cuando no existen antecedentes sobre lectura de otolito, u otra estructura que permita discriminar grupos al interior de una distribución de longitudes en la captura, por lo tanto su formulación no era necesaria dentro del presente proyecto. Para reforzar el procedimiento basado en lecturas de otolitos, este proyecto incorpora el análisis de anillo diarios de crecimiento con el propósito de validar la formación de los anillos anuales en anchoveta.

### **Interpretación de los anillos de crecimiento**

La terminología aplicada se basa en la recomendada en el 2º Otolith Symposium celebrado en Bergen (junio, 1998). Los anillos **hialinos** se denominan **translúcidos** por su densidad óptica, la zona central del otolito formada durante las primeras semanas de vida se denomina **core** y **nucleus** es la parte central del otolito formada antes del primer anillo anual hialino (**annulus**).



La observación de los otolitos *sagitta* se realizó mediante microscopios binoculares con luz reflejada y con el otolito inmerso en aceite dentro de una placa negra. El tamaño de los anillos de crecimiento y del otolito según el eje de longitud máxima (*rostrum-postrostrum*) se determinó mediante un ocular micrométrico a 20 aumentos. Las medidas son en unidades de micrómetro (DMO) que multiplicadas por 0,05 equivalen a milímetros.

Para determinar que los anillos considerados como anuales se forman en toda la población de forma similar, se calculó la distribución de las medidas de los anillos para el conjunto de peces estudiados. Además, se calculó el crecimiento acumulado del grosor de los incrementos anuales para comprobar que se ajustaban al crecimiento decreciente propio de los otolitos.

En julio, el Biólogo Sr. Raúl Gili efectuó una pasantía en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), Palma de Mallorca, España bajo la dirección de la Consultora Sra. Beatriz Morales-Nin para efectuar un estudio del crecimiento estacional de ambas especies y además analizar las estructuras de crecimiento diario en los otolitos de anchoveta. Para ello, se pulieron por la cara interna 9 *sagittas* correspondientes a un intervalo de talla entre 12,5 y 16,5 cm. Una vez alcanzada la proximidad del plano central del otolito, las *sagittas* se montaron con esa cara hacia abajo en una portamuestras utilizando Eukitt. Una vez secas, se pulieron con una serie de papeles de pulimento con grosor decreciente en una pulidora Buehler de velocidad regulable. El proceso se controló bajo el microscopio para obtener una sección a nivel del núcleo y que comprendiera la secuencia completa de incrementos. La lectura de la edad se realizó con un microscopio y luz polarizada.



### **Determinación del peso de los otolitos**

Para determinar el peso de los otolitos de sardina común y anchoveta, se siguieron los siguientes pasos:

1. Selección de una submuestra que cubre la totalidad del rango presente. Se separaron así 100 ejemplares de cada especie.
2. Deshidratación de los otolitos. Para ello las muestras de otolitos se colocaron en una estufa a una temperatura constante de 60°C durante 24 horas. Cada otolito se colocó en un recipiente individual de papael-estaño, con un número de identificación. Este paso tiene por objetivo extraer, de cada estructura, la humedad contenida en su interior.
3. Mantención en cámara de estabilización. Los otolitos se extrajeron de la estufa y se mantuvieron en una cámara de vacío de silica gel. Con este paso se sigue estabilizar la temperatura de los otolitos e impedir que se hidraten por efecto de la humedad ambiental.
4. Determinación del peso de los otolitos. Se utiliza marca Sartorius con una precisión de 0,001 g.

### **Crecimiento estacional del otolito**

El crecimiento del otolito en función del tiempo, se determinó midiendo el tamaño del otolito en cada anillo anual. Para establecer la estacionalidad del desarrollo del otolito se aplicaron los siguientes métodos:



Se siguió la evolución a lo largo del año de los anillos marginales opacos y translúcidos. Además, se determinó la evolución del crecimiento considerando: anillos opacos finos (< 0,5 DMO), opacos gruesos (> 0,5 DMO) y anillos translúcidos.

El crecimiento mensual del otolito ( $I$ ) se determinó midiendo el último anillo anual, compuesto por un anillo opaco y otro translúcido, formado en el borde ( $l_{o_n}$ ) en relación con el anillo inmediatamente anterior ( $l_{o_{n-1}}$ ) y el tamaño del otolito ( $L_o$ ):

$$I = (L_o - l_{o_n}) (l_{o_n} - l_{o_{n-1}})^{-1}$$

Se determinó la evolución mensual del tamaño del otolito en las clases de edad 1 a 3 aplicando el incremento mensual:

$$(G) = (\ln l_{o_{n2}} - \ln l_{o_{n1}}) (t_{n2} - t_{n1})^{-1} \cdot 100$$

donde el intervalo de tiempo  $t$  corresponde a un mes.

### Cálculo de los parámetros de crecimiento estacional

La ecuación de von Bertalanffy para el cálculo del crecimiento puede escribirse de la forma siguiente:

$$(dL_t) (dt)^{-1} = K(L_\infty - L_t)$$

donde  $L_t$  es la talla media de la cohorte de **edad relativa t**. La integración de esta ecuación nos da:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

$k$  variará con el tiempo y estará determinado por la ecuación:



$$K_t = K[1 + C \cos(2\pi(t - t_s))]$$

El parámetro  $t_s$  es el punto estival. El término  $\cos(2\pi(t - t_s))$  producirá las oscilaciones de la tasa de crecimiento en la ecuación estacional, donde la tasa de crecimiento oscilará entre:  $K(1-C)$  y  $K(1+C)$ , y  $C$  entre 0 y 1.

Si  $C=1$ , la tasa de crecimiento es cero representando un punto particular de la curva de crecimiento llamado  $W_p$  (Pauly & Gaschütz, 1979), punto invernal, definido como:

$$W_p = t_s + 0.5$$

Sustituyendo se obtiene la ecuación de crecimiento estacional (Pauly & Gaschütz, 1979):

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0) + CK/2\pi(\sin 2\pi(t-t_s))}]$$

Se obtuvieron los parámetros del crecimiento considerando: a) crecimiento uniforme a lo largo del año para ambas especies utilizando el programa STATISTICA y el algoritmo de quasi-Newton; b) crecimiento estacional utilizando el programa FISAT y el algoritmo de Marquart.

Como  $L_\infty$  y  $k$  están inversamente correlacionados, se calculó la tasa de crecimiento  $\phi$  (Pauly & Munro, 1984):

$$\phi = 2 \log L_\infty + \log K$$



## Comparación de las curvas de crecimiento

Para comparar las curvas de crecimiento entre machos y hembras, se empleó el test  $T^2$  de Hotelling como lo propuso Bernard (1981), pero con una formulación similar a la propuesta por Cerrato (1990), la cual es la siguiente:

$$T^2 = (P_1 - P_2)' S_{P_1 - P_2}^{-1} (P_1 - P_2)$$

donde  $(P_1 - P_2)'$  es el vector transpuesto (vector fila) de  $(P_1 - P_2)$ , siendo este último el vector diferencia de los parámetros de crecimiento (vector columna). Además,  $S_{(P_1 - P_2)}$  representa la matriz de varianza - covarianza del vector diferencia de estimaciones.

La regla de decisión del estadístico  $T^2$  considera como hipótesis la igualdad de los vectores de parámetros de crecimiento. Esta se rechaza si el  $T^2$  calculado iguala o supera el valor crítico  $T_0^2$  y acepta en el caso contrario. El valor crítico se calcula de acuerdo a la siguiente formulación:

$$T_0^2 = 3 \frac{N_1 + N_2 - 6}{N_1 + N_2 - 8} F_{\alpha} (3, N_1 + N_2 - 6)$$

donde  $F$  corresponde al percentil de la distribución de Fisher con 3 y  $N_1 + N_2 - 6$  grados de libertad y donde  $N_1$  y  $N_2$  corresponde al tamaño muestral utilizado para estimar los parámetros de crecimiento.

## Factor de condición

Dado que el peso es una función de la longitud y que la relación entre ambas medidas sigue aproximadamente la ley del cubo, es posible representarla por la



ecuación  $K = P/L^3$ , en la que  $P$  es el peso y  $L$  es la longitud. Sin embargo, las proporciones del cuerpo varían constantemente, de tal forma que la simple ley del cubo no puede aplicarse durante todo el ciclo vital, por ello se emplea la expresión general siguiente de la relación longitud-peso:

$$P = c * L^n$$

que expresada logarítmicamente es:

$$\log P = \log c + n \log L$$

donde:

- P : peso del pez
- L : longitud del pez
- c y n : constantes

Un uso de la ley cúbica, es el Factor de Condición ( $K$ ) el cual se interpreta como un indicador del bienestar de los peces. Este factor se ha empleado en algunos casos para conocer la conveniencia o inconveniencia del ambiente que rodea a los organismos o para la comparación entre ejemplares de una misma especie que habitan zonas determinadas. Se ha establecido que los peces muestran valores más altos de  $K$  en la medida que incrementan la edad.

Por otra parte, los estadios de madurez gonadal hacen cambiar el valor de  $K$  durante el año por lo cual es preferible utilizar el peso eviscerado.

La expresión del Factor de Condición es:



$$K = \frac{100.000 * P}{L^3}$$

donde:

- P : peso eviscerado en gramos  
L : longitud del pez en mm

Con esta última expresión se complementaron los análisis comparativos de las tasas de crecimiento estimadas para estas especies en la zona de estudio.

### **Relación entre las tasas de crecimiento, factor de condición e índices reproductivos con variables oceanográficas.**

El proyecto consideró relacionar las tasas de crecimiento, el factor de condición y la evolución del esfuerzo reproductivo como el peso de gónadas e índice gonadosomático con variables climático-oceanográficas; de manera de entender las variaciones del peso como un balance de energía que el pez orienta hacia el crecimiento somático o la reproducción. Estas variables son el régimen de viento (índice de turbulencia y transporte Ekman) y la temperatura superficial del mar.

### **Viento**

Los datos de viento provienen de las estaciones meteorológicas del Faro Punta Angeles en Valparaíso y de la Península Tumbes en Talcahuano, a cargo del Servicio Meteorológico de la Armada y corresponden a observaciones diarias, cada 6 horas. Considerando que debido a la interacción entre el océano y el continente, el viento presenta notorias disminuciones en su intensidad entre las 0 y las 9 horas GMT, para el cálculo del promedio mensual solo se consideraron los datos registrados a las 15 y a las 21 horas GMT. La señal anual fue calculada con los datos entre 1970 y 1999. A los datos de los promedios mensuales se les calcularon los índices de turbulencia y de



surgencia (Bakun y Parrish, 1982, Smith, 1968). El primero corresponde al cubo de la velocidad del viento ( $W^3$ ) y el segundo se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IS = \frac{M_x}{\rho_w} \cdot 1000 \quad [m^3/s/1000 \text{ m}]$$

donde  $\rho_w$  es la densidad del agua de mar ( $1025 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ ) y  $M_x$  es el transporte de Ekman o transporte fuera de la costa:

$$M_x = \frac{\tau_y}{f}$$

$\tau_y$  es la coacción del viento sobre la superficie en la dirección norte-sur y  $f$  es el parámetro de Coriolis, entonces el  $M_x$  es igual a

$$M_x = \frac{C_d \rho_a |\vec{W}| \vec{W}}{2\Omega \sin(\theta)}$$

En esta expresión  $C_d$  es el coeficiente de arrastre,  $\rho_a$  es la densidad del aire ( $1,225 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$ ),  $\vec{W}$  es el vector de velocidad del viento (dirección y magnitud),  $\Omega$  es la velocidad angular de la Tierra ( $7,29 \times 10^{-5} \text{ [s}^{-1}\text{]}$ ) y  $\theta$  es la latitud del punto de observación del viento.

El coeficiente de arrastre ( $C_d$ ) se calcula en función de la magnitud del viento ( $|\vec{W}|$ ) según la expresión:

$$1000 \cdot C_d = \begin{cases} 0 & , \text{ si } |\vec{W}| = 0 \\ 0,62 + 1,56/|\vec{W}| & , \text{ si } 0 < |\vec{W}| \leq 3 \\ 1,14 & , \text{ si } 3 < |\vec{W}| \leq 10 \\ 0,49 + 0,065 \cdot |\vec{W}| & , \text{ si } |\vec{W}| > 10 \end{cases}$$

## Temperatura Superficial del Mar

Con las mediciones diarias de Temperatura Superficial del Mar (TSM) realizadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile en las estaciones



mareográficas de Valparaíso y Talcahuano se calcularon los promedios mensuales, las señales anuales, las anomalías y anomalías acumuladas.

También se aplicó el análisis de series de tiempo de Fourier, para la determinación de las frecuencias más importantes en cada señal.

### **3.5 Objetivo 4. Cuantificar los efectos de la variación del peso en la estimación de estrategias de explotación de sardina común y anchoveta.**

#### **Presentación de los modelos de evaluación de stock**

La evaluación de stock de anchoveta y sardina común, se efectuó mediante modelos estructurados por edades, por lo tanto se obtuvieron estimaciones del número y biomasa, tasas de mortalidad por pesca y estimaciones de las tasas de explotación anual, Hilborn y Walters (1992). Estos modelos permitieron realizar el diagnóstico del recurso, es decir, se tuvo conocimiento de las tasas de extracción de biomasa respecto a la potencialidad anual del stock.

Este análisis es sensible a las restricciones de ciertos parámetros que modifican la biomasa del stock particularmente para especies de vida corta (i.e. anchoveta), por lo que se analizaron las variaciones del crecimiento en peso. En estas especies las variaciones en peso tienen incidencia en la estimación de los puntos biológicos de referencia.

Este procedimiento se realiza anualmente para la pesquería de anchoveta del sur de Perú y Norte de Chile, donde se aplica el Análisis Secuencial de Poblaciones (ASP) y se efectúan cálculos de capturas totales permisibles tanto en anchoveta y sardina española. (Barría, 1989, 1991, 1992, 1995, 1996; GTE 1992, 1993, 1994).



Para conocer los escenarios futuros del stock y el desempeño de la actividad extractiva, se utilizó un modelo de proyección con el propósito de conocer la conducta del sistema bajo diferentes estrategias de explotación y de esta manera conocer las variables que inciden en la dinámica poblacional de anchoveta y sardina común.

### **Modelo de proyección**

El modelo de proyección requiere como información de entrada las estrategias de explotación que se pretenden aplicar (Hilborn, 1980). Sin embargo en este proyecto, se pone énfasis en las variaciones del peso a la edad específica y su impacto en los puntos biológicos de referencia como estrategias de conservación y analiza como información de salida la biomasa total, biomasa desovante, reclutamiento y capturas. Esto permitirá la comparación de las tasas de explotación y conocer la magnitud anual de las capturas de sardina común y anchoveta, así como también las restricciones de los escenarios de proyección.

Las estrategias básicas de explotación señaladas por Hilborn *op. cit.* son: tasas de explotación constantes, capturas constantes y escape constante. Cada una de estas estrategias se puede aplicar a estos stock siendo algunas de éstas, un mero ejercicio teórico.

En relación a la estrategia de tasa de explotación constante que se pretende analizar, éstas son:  $F_{F=M}$ ,  $F_{0,1}$ ,  $F_{2/3}$ ,  $F_{1/3}$ . Las estrategias de explotación constante desde el punto de vista de la Administración tienen diversa consideración en el stock y actualmente son reconocidas muchas de ellas como puntos biológicos de referencia (FAO, 1993; Francis, 1992).  $F_{0,1}$  tiende a maximizar el aprovechamiento del crecimiento somático y  $F_{2/3}$ ,  $F_{1/3}$  tienden a cosechar un porcentaje de la biomasa desovante con el propósito de reducir el riesgo de sobreexplotación por reclutamiento.



El cálculo de los puntos biológicos de referencia utilizan el modelo de Thompson y Bell (1934). De acuerdo a este modelo:

$$Y/R = \sum_{i=t_r}^{t_{max}} \frac{F \cdot r_i (1 - e^{-(F \cdot r_i - M)})}{(F \cdot r_i + M)} \cdot e^{-\sum_{i=t_r}^{t_{max}} (F \cdot r_i - M)} \cdot w_i$$

donde:

- F = Tasa de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas
- $r_i$  = Patrón de explotación a la edad i
- M = Tasa de mortalidad natural
- $t_r$  = Edad de reclutamiento
- $t_{max}$  = Edad máxima
- $w_i$  = Peso promedio a la edad i, dada la ecuación de Von Bertalffy o pesos promedios observados a la edad.

El cálculo de  $Y/R$  se obtiene reemplazando los parámetros y valores específicos de  $w_i$ ,  $t_{max}$ ,  $t_r$ , M y  $r_i$ . En este proyecto se realizó el efecto del peso  $w_i$  en la estimación de  $F_{0.1}$ .

El cálculo de porcentaje de stock desovante/recluta ( $SSB/R$ ), se obtiene de la expresión:

$$SSB/R = \sum_{i=t_r}^{t_{max}} \frac{1 - e^{-(F \cdot r_i - M)}}{(F \cdot r_i + M)} \cdot e^{-\sum_{i=t_r}^{t_{max}} (F \cdot r_i - M)} \cdot w_i \cdot m_i$$

Donde  $m_i$ , corresponde a valores de la ojiva de madurez edad específica. De acuerdo a los antecedentes:



$$F_{\max} = \max_F \left( \frac{Y}{R(F)} \right)$$

Se puede encontrar la solución de esta ecuación mediante técnicas numéricas, usando un algoritmo de maximización o por ejemplo  $F_{0,1}$  se obtiene resolviendo analíticamente la diferencia:

$$\left. \frac{\partial Y/R(F_{0,1})}{\partial F} - 0,1 \frac{\partial Y/R(F)}{\partial F} \right|_{F=0} = 0$$

También se puede realizar su cálculo usando planillas electrónicas EXCEL (Sanders, 1995). El porcentaje de Biomasa desovante se estima resolviendo:

$$S/R(\%F) - [\%S/R] = 0$$

utilizando un procedimiento numérico similar a  $F_{0,1}$ ; es este caso, es importante considerar las variaciones del peso, puesto que producen alteraciones la biomasa desovante.

### Estructura del modelo

El modelo de simulación consiste en proyectar temporalmente la estructura del stock, cuyas variaciones en el tiempo están determinadas por el reclutamiento, las variaciones de las tasas de mortalidad natural y por pesca y el crecimiento somático.

Este modelo es útil para conocer el desempeño de un nivel de explotación definido y conocer los resultados de la biomasa total, biomasa desovante y captura futura. De esta manera se construyó una tabla de decisión con los indicadores y sus correspondientes mortalidades por pesca, manteniendo las restricciones de la simulación a diferentes variaciones del peso promedio, mínimo y máximo.



El proceso de proyección se inicia con la estructura por edad de 1996 y un conjunto de parámetros que caracterizan la dinámica del stock. La estructura básica del modelo consiste en:

### Parámetros del modelo

$t_r$	=	Edad de reclutamiento a la pesquería
$t_{max}$	=	Edad máxima en la pesquería
$M$	=	Tasa instantánea de mortalidad natural
$r_t$	=	Patrón de explotación
$w_t$	=	Pesos promedios observados
$m_t$	=	Ojiva de madurez
$R_0$	=	Reclutamiento inicial
$\varepsilon$	=	Distribución normal $N(0, \sigma^2)$

### Estado inicial (t=0)

La simulación parte de un tamaño poblacional en que la estructura por edades de la población inicial es  $N_{a,0}$ , donde  $a = 0, 1, \dots, t_{max}$ , representa las edades.

Para el reclutamiento en la población de sardina común y anchoveta se utilizó un reclutamiento aleatorio obtenido de la expresión:

$$R_t = R_0 * e^{\varepsilon}$$

El horizonte de tiempo de la simulación será **T = 20 años**, es decir, un lapso de tiempo suficientemente mayor a  $t_{max}$  de ambas especies, lo cual constituye un proceso de simulación de largo plazo.



Las ecuaciones que permitieron estimar el tamaño poblacional en los próximos estados son:

$$N_{a,t} \begin{cases} R & t = 1 \\ N_{a-1,t-1} e^{-M} & 1 < a < tc \\ N_{a-1,t-1} e^{-Z_{a-1,t-1}} & tc < a \leq tmax \end{cases}$$

donde:

$$Z_{a,t} = F_{a,t} + M$$

La proyección se efectuó utilizando ecuaciones de transición, la mortalidad por pesca de la edad  $F_{a,t}$ , estará dada por la tasa de mortalidad por pesca seleccionada (Estrategia de explotación) y el patrón de explotación.

$$F_{a,t} = F_t \cdot r_a$$

donde  $r_a$  = patrón de explotación

La mortalidad natural es un parámetro de entrada al modelo. La capturas que se obtienen por grupo de edad en el año  $t+1$ .

$$C_{t+1} = \sum_{a=1}^{tmax} C_{a,t+1}$$

donde:

$$C_{a,t+1} = \frac{F_{a,t+1} \cdot N_{a,t+1}}{(F_{a,t+1} + M)} \cdot (1 - e^{-(F_{a,t+1} + M)}) \cdot w_{a,t+1}$$

Las observaciones del modelo de proyección son : biomasa total, biomasa desovante y capturas.



Estos valores permitieron analizar el desempeño de la estrategia de explotación seleccionada, en relación con las variantes de los pesos promedios, máximos y mínimos.

En relación con el cálculo de los excedentes de producción, se estimó como el incremento en peso del stock, obtenido de la producción neta más el reclutamiento anual.



## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Caracterizar la pesquería de anchoveta y sardina común desarrollada en la zona centro-sur.**

En este Informe se analiza la evolución y tendencias de los principales indicadores que caracterizan la actividad extractiva industrial ejercida sobre la anchoveta y sardina común entre San Antonio y Valdivia, en el período 1990 - 1997. En términos generales, el informe considera un análisis de las características de la flota, sus resultados operacionales y la distribución espacio - temporal de la captura, esfuerzo y rendimientos de pesca.

En relación con la actividad operacional desarrollada por las embarcaciones artesanales, se realiza un análisis de la tendencia y estacionalidad de las capturas, viajes con pesca y rendimientos para el período 1995-1997 entregando para el primer semestre de 1998 las cartografías mensuales de los indicadores pesqueros más relevantes.

### **Principales características de la flota cerquera**

#### **Flota industrial**

Durante 1997 la flota cerquera industrial estuvo compuesta por un total de 189 embarcaciones de cerco industriales, las que acumulan una capacidad de bodega total de 131 mil m<sup>3</sup>, con un tamaño promedio de 693 m<sup>3</sup> (Tabla 1A). Al comparar estas cifras con las de 1996, se observa un 6% de incremento en el número de unidades en operación, aumentando en un 13% la capacidad de bodega acumulada y en 8% (de 649 a 693 m<sup>3</sup>) la capacidad de bodega promedio. La información por



puerto base, muestra que la flota con puerto base en Coronel y San Vicente destacan por el mayor tamaño promedio con 825 y 805 m<sup>3</sup>, respectivamente, superando de manera importante a las flotas de San Antonio (546 m<sup>3</sup>) y Talcahuano (590 m<sup>3</sup>).

En este año se incorporaron diez nuevas unidades de pesca a la VIII Región, de las cuales tres ya han registrado operación de pesca y las restantes están en etapa de prueba y acondicionamiento. Todas las embarcaciones son superiores a 1.000 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, acumulando en total 5.225 m<sup>3</sup>. Una de las principales características de estos barcos es que cuentan con bodegas refrigeradas (sistema RSW), lo que les permite entregar materia prima de mejor calidad para la elaboración de harinas especiales y productos enlatados de alta calidad.

Del total de unidades de pesca que registraron operación en la zona centro-sur, el 78% tiene puerto base en la VIII Región (148 unidades, 109 mil m<sup>3</sup> y 729 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega promedio) y el resto en el puerto de San Antonio (41 unidades, 22 mil m<sup>3</sup> y 546 m<sup>3</sup> de bodega promedio).

Con respecto a la antigüedad de la flota que operó en 1997, se aprecia que las embarcaciones con puerto base en la VIII Región estuvieron conformadas por barcos de hasta 38 años, con un alto porcentaje de embarcaciones entre 1 - 4 y 5 - 10 años (21 y 22%, respectivamente). Estos resultados señalan que la flota cerquera industrial se ha ido renovando, incorporando y/o reemplazando las unidades de mayor permanencia en la pesquería. En el puerto de San Antonio la antigüedad de las embarcaciones fluctúa entre 1 y 35 años, destacando las unidades menores a 5 años con una participación del 29%.

Al comparar el total de unidades que operaron en la zona centro-sur en 1997 en relación con las embarcaciones que extrajeron anchoveta y sardina común se



aprecia una gran diferencia (Tablas 1A y 1B). Al respecto, al revisar ambas tablas se observa que sólo el 40% de la flota (76 embarcaciones) ejerce en algún período del año una presión de pesca sobre los recursos clupeoideos y que se asocia principalmente con las unidades de menor tamaño. De este total, la mayor parte de las embarcaciones pertenecen a los puertos de operación de Talcahuano y San Vicente con el 34% y 28%, respectivamente.

Al analizar las características geométricas y funcionales más relevantes de las embarcaciones que dedicaron alguna parte de su esfuerzo a la captura de clupeoideos destaca la menor capacidad de bodega, cuyo promedio fue de 479 m<sup>3</sup> (fluctuó entre 100 y 1.000 m<sup>3</sup>) a diferencia de los 693 m<sup>3</sup> de toda la flota y que se distribuyó entre los 100 y 1.900 m<sup>3</sup>. El tonelaje grueso osciló entre 60 y 886 TR, con un promedio de 386, mientras que toda la flota presentó una amplitud desde 60 hasta 1.450 TR y el promedio en 511. En términos de la eslora total, las embarcaciones que extrajeron clupeoideos presentó un rango entre 19,8 y 59,2 m, con un promedio de 38,5 (43,9 m toda la flota). La potencia continua fluctuó entre 300 y 2.400 HP, con un valor medio de 1.251 HP.

Del total de unidades de pesca que registraron operación sobre los recursos clupeoideos, el 79% tiene puerto base en la VIII Región (60 unidades, 28 mil m<sup>3</sup> y 467 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega promedio) y el resto en el puerto de San Antonio (16 unidades, 8 mil m<sup>3</sup> y 524 m<sup>3</sup> de bodega promedio).

La sistemática incorporación de equipos de pesca de gran potencia, tiro y velocidad de virado permite maniobrar redes de cerco de mayores dimensiones, obligando a utilizar materiales más resistentes y livianos y ajustar los diseños de construcción del arte conforme a las mayores exigencias de operación. Al respecto, se aprecia una alta variabilidad en tamaño y diseños de las mismas, la cual obedece al estilo de construcción propio de la empresa y al requerimiento del patrón de pesca. En



general, se puede señalar que el tamaño de las redes anchoveteras fluctúan entre 300 y 450 brazas de longitud de relinga y de 45 a 65 brazas de altura.

Las bases de operación para las embarcaciones cerqueras industriales son cuatro puertos pesqueros, a saber: San Antonio, Talcahuano, San Vicente y Coronel. En el segundo y tercer puerto se concentra la fracción más importante de la actividad extractiva dedicada a recursos pelágicos. Coronel ha presentado un crecimiento bastante notable en los últimos años, concentrando la mayor parte de las embarcaciones artesanales.

Las salidas de pesca se basan en viajes regulares a las distintas zonas de pesca que pueden demorar entre 1 y 2 días, dependiendo del éxito en la faena de pesca. Por lo general, las embarcaciones industriales de mayor tamaño presentan los viajes más largos, pues poseen bodegas refrigeradas que les permite recalar con materia prima adecuada para abastecer las plantas de reducción.

### **Flota artesanal**

Las características geométricas de la flota artesanal recopilada por el IFOP se entregan en la tabla 2. Durante 1997 se cuenta con características de 315 embarcaciones cuyas esloras fluctúan entre 10,8 y 18 m de eslora, las que operan principalmente sobre sardina común y anchoveta. La mayor cantidad se concentra en las caletas Lo Rojas, San Vicente y Talcahuano con 92 (29%) y 52 (2%) unidades de pesca, respectivamente. Asimismo, la eslora promedio y el tonelaje de registro grueso es similar entre estos puertos. Por el contrario, el puerto que posee actualmente el menor número de embarcaciones es Valdivia con tan sólo 6. La capacidad de bodega de ésta flota oscila entre 25 y 100 m<sup>3</sup>, con un promedio de 69,8 m<sup>3</sup>.



El hecho de que las unidades de pesca pertenezcan a armadores particulares, los que no son fácilmente localizables, incide en que completar y actualizar la información sobre las características geométricas de estas unidades de pesca sea un proceso lento y difícil.

En relación a las redes anchoveteras utilizadas por estas embarcaciones las dimensiones son variables entre ellas, oscilando entre 180 - 200 brazas de longitud de relinga superior por 12 a 18 brazas de altura.

Las operaciones de pesca artesanales son evidentemente más cortas no sobrepasando el día de duración y las zonas de pesca están más próximas a los puertos de desembarque.

### **Principales indicadores de la actividad extractiva ejercida sobre la pesquería de anchoveta y sardina común.**

Las capturas mensuales obtenidas por la flota industrial para el período 1990 – 97 y primer semestre 1998, por zona se entregan en las tablas 3 a la 6. Además se presenta para ambas especies un resumen con los principales indicadores de operación (capturas, viajes con pesca y rendimientos) para 1997 (Tabla 7). Para la flota artesanal se entregan indicadores de desembarques y viajes con pesca ejercidos por recurso y puerto (Tablas 8, 9, 11 y 12).

La actividad extractiva ejercida por la flota cerquera industrial en la zona centro-sur sobre la anchoveta y sardina común muestra, para el período 1990-97, una tendencia fluctuante, observándose hasta 1991 un incremento en las capturas, alcanzando ese año la cifra más alta con 391 mil toneladas (Tabla 3). En los dos años siguientes se aprecia un comportamiento descendente, aumentando notoriamente en 1994 para lograr 312 mil toneladas. Al año siguiente disminuye y de 1995 en adelante se observa



un claro patrón ascendente alcanzando en 1997 las 366 mil toneladas (Tabla 3). Al respecto, este volumen fue superior en 23 mil (7%) y 242 mil toneladas (195%) a la obtenida en 1996 y 1995, respectivamente.

La información preliminar del primer semestre de 1998 señala que se extrajeron 172 mil toneladas de clupeoídeos en la zona de estudio, cifra que es un 47% inferior (150 mil t menos) al registrado en igual período de 1997. El análisis mensual muestra que en todos los meses analizados los desembarques están por debajo del observado en 1997 (excepto en junio de 1998) (Tabla 3).

Durante 1997 la composición específica de las capturas en el área de estudio estuvo compuesta por 220 mil t de sardina común (60%) y 146 mil t de anchoveta (40%), aportes porcentuales que son bastante similares a los de 1998 pero de menor magnitud (99 mil t: 58% de sardina común y 73 mil t: 42% de anchoveta). Al respecto, en la figura 2 se aprecian los cambios interanuales que han experimentado las capturas de estos recursos. Es así, que entre 1990-92 la sardina común presenta la mayor contribución, en cambio entre 1993-96 la anchoveta pasa a predominar las capturas en esta pesquería.

El análisis por zonas de pesca señala que en la zona de Talcahuano se han extraído históricamente los mayores volúmenes de estos recursos, seguido en los últimos tres años por el mayor aporte de las capturas provenientes de Valdivia respecto a San Antonio. Al respecto, en el período 1990-94 entre el 90 y 65% de las capturas de estos recursos se extraía en la zona de Talcahuano, porcentaje que ha disminuido notablemente en los tres últimos años, alcanzando en 1997 sólo el 44%. Una situación inversa ha ocurrido con la zona de Valdivia, área que presenta una tendencia ascendente de 1994 a 1997, aportando en este último año con el 38%, situación que también se observó en el primer semestre de 1998. La zona de San Antonio también ha experimentado una importante baja, que se tradujo en un aporte



de sólo un 18% en 1997. Destaca además la baja participación de esta última zona en las capturas del área de estudio, tendencia que viene registrándose desde 1996.

En términos de estacionalidad de las capturas, esta pesquería presenta una fuerte componente estacional, debido a que la actividad extractiva se encuentra asociada al ingreso de reclutas a la pesquería. Este proceso para ambos recursos se inicia en diciembre y finaliza aproximadamente en marzo y es el período en que se concentraron los mayores registros. Al respecto, en el período analizado las capturas más altas se extrajeron entre febrero y marzo con cifras que alcanzaron como máximo las 100 mil toneladas mensuales (Tabla 3). En este período la flota extrae sobre el 70% de las capturas del año. A partir de abril las capturas comienzan a disminuir y desde mayo hasta septiembre la pesquería obtuvo niveles menores a 10 mil toneladas (excepto en los dos últimos años analizados). De octubre en adelante se aprecia un aumento de la actividad extractiva, tendencia que mejora sustancialmente hacia fines de año asociada al pulso de reclutamiento.

Durante 1997 la flota cerquera industrial con base en los puertos de la V y VIII Región, ejerció sobre la anchoveta y sardina común un total de 2.187 viajes con pesca nominales, cifra que es similar al desarrollado en 1996 (2.047 viajes) y bastante más alto que el registrado en 1995 (1.263 unidades). Del número total de viajes con pesca efectuados en 1997, el 24% (524 viajes) se realizó en la zona de San Antonio, el 48% (1.052 viajes) en la zona de Talcahuano y 611 viajes en la zona de Valdivia. Al respecto, esta última zona presentó un mayor esfuerzo respecto a los dos años anteriores, aumentando los viajes con pesca en un 17% y 209% respecto al período 1997-96 y 1996-95, respectivamente. Esta tendencia también se detectó en Talcahuano entre 1996-95, incrementándose los viajes con pesca en un 80% y disminuyó levemente en el último año (5%); mientras que en San Antonio éstos decrecieron en el primer período en un 13% y aumentaron en el último período (27%).



En relación con los rendimientos de pesca (t/VCP) obtenidos en la zona centro-sur, se aprecia una tendencia ascendente de este índice en los tres últimos años, pasando de 92 t/VCP en 1995 a 167 t/VCP en 1997. Asimismo, tanto para la zona de Talcahuano como Valdivia este índice aumentó, variando de 183 t/VCP(1995) a 226 t/VCP (1997) en la primera zona y de 77 t/VCP a 153 t/VCP en la segunda, respectivamente. En cambio, en San Antonio creció notablemente entre 1995 - 1996 (de 78 t/VCP a 142 t/VCP) y decreció al año siguiente a 128 t/VCP.

La flota artesanal que operó en 1997 desembarcó un total de 217 mil toneladas, cifra bastante inferior a la extraída en 1996, que alcanzó las 296 mil toneladas y que se traduce en una disminución del 27% (79 mil toneladas menos). Esta disminución podría ser explicada en parte por la falta de información del puerto de San Antonio. En general, las embarcaciones artesanales centran su actividad extractiva principalmente en la captura de sardina común y anchoveta, aportando ambos recursos sobre el 95% al total extraído en el área de estudio (1997: 225 mil toneladas). Tanto en 1996 como en 1997 destaca el mayor aporte de la sardina común sobre la anchoveta, contribuyendo en 1997 con 181 mil y 35 mil toneladas, respectivamente (Tablas 8 y 11). Este comportamiento difiere del observado en el primer semestre de 1998, aportando en este último año, la anchoveta con 70 mil t y la sardina común con 47 mil t.

Del análisis por puerto de desembarque se concluye que en el puerto de Coronel se concentra (62%) la mayor actividad extractiva artesanal efectuada sobre los recursos pelágicos menores, tendencia que también se detectó en 1996. Le sigue en importancia Lota (20%) y Talcahuano (18%).

Los resultados operacionales de 1997 indican, con la información disponible, que la flota artesanal realizó 7.844 viajes con pesca, los que se concentraron, al igual que los desembarques, en el puerto de Coronel (62%) (Tablas 9 y 12). Al comparar esta



información con 1996 se aprecia que los viajes disminuyeron en un 12%. En términos de estacionalidad tanto las capturas como los viajes con pesca se concentraron en el primer trimestre de 1997, situación que también se apreció en 1996 y que está relacionado con la estacionalidad que presentan estos recursos.

## **Pesquería de anchoveta**

### **Captura, esfuerzo nominal y rendimientos de pesca**

La actividad extractiva ejercida por la flota industrial en la zona centro-sur sobre la anchoveta, presenta una tendencia creciente entre 1990-94, posteriormente se observan fuertes alteraciones interanuales en el período 1995-97 (Fig. 2). La captura más alta de anchoveta se logró en 1994 con 256 mil toneladas, descendiendo fuertemente al año siguiente para obtener sólo 96 mil toneladas (Tabla 3). Durante 1997 se extrajeron 146 mil t de anchoveta entre San Antonio y Valdivia, cifra que disminuyó significativamente en comparación a 1996, que fue de 244 mil t. Al respecto, la mayor disminución se presentó en la zona de Talcahuano, decreciendo en un 56%, San Antonio en un 37% y Valdivia en un 12%. En relación con 1995, la captura total registrada en la zona centro-sur aumentó en 51 mil t (53%).

Durante el primer semestre de 1998 la flota industrial extrajo un total de 73 mil t de anchoveta, registro bastante más bajo (46%) al obtenido en igual período de 1997 (135 mil t).

El análisis por zonas de pesca presenta diferencias: es así que en Talcahuano se obtienen las mayores capturas (excepto en 1990-91) y sigue una tendencia similar a la descrita para la zona centro-sur. Entre 1990 y 1994 se aprecia un claro patrón ascendente logrando en el último año las 139 mil toneladas, disminuyendo al año



siguiente para repuntar nuevamente en 1996 y alcanzar un máximo secundario con 128 mil toneladas (Fig. 2 y Tabla 5).

En San Antonio destaca, para el período analizado, la mayor participación de este recurso sobre la sardina común, situación que en Talcahuano ha sido alternada entre ambos recursos. También en esta área se aprecian variaciones interanuales, presentándose entre 1991 y 1993 capturas que oscilan alrededor de 50 mil toneladas mensuales, alcanzando una cifra máxima en 1994 con 109 mil toneladas, para disminuir fuertemente en los tres últimos años y obtener sólo 30 mil toneladas en 1997 (Tabla 4).

La zona de Valdivia muestra un claro incremento en las capturas en los tres últimos años analizados, reflejado principalmente en las capturas de 1996 que alcanzaron la cifra más alta con 64 mil toneladas, disminuyendo levemente en 1997 a 56 mil toneladas (Tabla 6). Al respecto, es importante señalar que en estos dos años superó a la captura extraída en la zona de San Antonio.

En términos generales, las capturas mensuales de anchoveta en la zona centro-sur muestran que, sólo en abril y mayo de 1997, los niveles obtenidos en el área superan a los de 1996. Asimismo de acuerdo a la estacionalidad de este recurso se aprecia que los mayores volúmenes se concentran en los primeros meses del año (Tabla 3). En la figura 3 se entrega la estacionalidad de las capturas de este recurso durante 1997 y se comparan con la serie histórica. Al respecto, en la zona de San Antonio sólo se registra operación entre febrero y mayo de 1997, siendo su comportamiento fluctuante y menores al promedio histórico, excepto en marzo que superó el nivel de la serie analizada.

En la zona de Talcahuano, la temporada de pesca se inicia con capturas por debajo del promedio histórico, mostrando a partir de abril un repunte que sobrepasa dicho nivel y se mantiene al mes siguiente, presentando una tendencia similar al patrón



1991-96, pero desfasado en un mes (Fig. 3). El resto del año muestra capturas esporádicas y bastante menores a la serie analizada. En la zona de Valdivia se aprecia un fuerte cambio en el patrón estacional, con capturas inusualmente altas en los primeros meses, destacando febrero, marzo y abril, si se comparan al promedio histórico. De julio en adelante las capturas presentan una tendencia similar al promedio histórico pero con niveles inferiores (Fig. 3).

El análisis del comportamiento que presentan los VCP aplicado a la anchoveta durante 1997 muestra para la zona de San Antonio una tendencia descendente, diferente al promedio histórico y asimismo el nivel alcanzado en 1997 está por debajo del promedio 1991-96. En Talcahuano el comportamiento es similar a las capturas y a la serie analizada, sobrepasando en abril y mayo al promedio histórico, tendencia que también se aprecia en las capturas (Fig. 3). En la zona de Valdivia, se realizó un gran esfuerzo hacia este recurso durante los cuatro primeros meses, comparado con el promedio histórico, incremento que también, se reflejó en mayores capturas. De junio en adelante los VCP efectuados en esta zona presentan niveles inferiores al promedio de la serie, siguiendo el comportamiento de las capturas.

Con respecto a los rendimientos de pesca en la zona de San Antonio, se aprecia que éstos fueron altos respecto al promedio histórico, pero sin un comportamiento definido ni similar a la serie. En Talcahuano, se inicia con valores altos en enero, presentando una tendencia descendente hasta mayo, pero con índices muy superiores a la serie 1991-96. En el resto de los meses que se registró información, el rendimiento fue bastante menor, el que también se refleja en las escasas capturas obtenidas. En la zona de Valdivia el mayor rendimiento se concentró en el primer trimestre, ubicándose por sobre el promedio histórico. Posteriormente muestra una tendencia descendente hasta julio, aumentando nuevamente en agosto y mantiene dicho nivel el resto del período.



En relación con los desembarques de anchoveta realizados por la flota artesanal se aprecia que éstos presentaron un fuerte decremento respecto a 1996, disminuyendo aproximadamente de 101 mil t a 35 mil t, lo que equivale al 65% menos (Tabla 8). Por el contrario, en el primer semestre de 1998 se aprecia un fuerte incremento en los desembarques de este recurso alcanzando las 70 mil t, cifra que se duplicó respecto a igual período de 1997.

La flota artesanal muestra un fuerte comportamiento estacional en su accionar y que se asocia a la estacionalidad que presentan los recursos anchoveta y sardina común y a condiciones meteorológicas adversas, que son frecuentes en esta zona. Estos aspectos afectan principalmente a las embarcaciones de menor tamaño, que son las que usualmente extraen estos recursos, ya que no pueden acceder a zonas de pesca más distantes. En las tablas 8 y 9 se entregan los desembarques y viajes con pesca mensuales de esta flota por puerto en donde se puede analizar la estacionalidad de estos indicadores. Al respecto, sólo en marzo de 1997 se aprecia que las capturas superan el nivel de 1996 y en noviembre lo igualaron en términos de capturas y viajes. Para el resto del año los volúmenes de 1997 están muy por debajo respecto a 1996, algo similar ocurre con los VCP.

El análisis por puerto de desembarque indica que en Coronel se concentró el 74% del total de anchoveta extraído en 1997, seguido por Lota con el 24% (Tabla 8). Este comportamiento también se registró en 1996 pero disminuyendo la contribución en el primer puerto (47%) y siendo mayor en el segundo (37%).

El total de VCP efectuados en 1997 alcanzó los 1.178, cifra que es bastante menor a la obtenida en 1996 que fue de 2.963, lo que señala un decremento del 60%. Del total de viajes exitosos realizados durante 1997, sólo el 15% se ejerció en la extracción de anchoveta, porcentaje que es similar a la captura (16%). Siguiendo el mismo patrón que las capturas, el mayor esfuerzo se ejerció en marzo de 1997, concentrando el 52% del



total de viajes realizados durante el año. En abril, éstos disminuyen a menos de la mitad para descender fuertemente en mayo y mantener dicho nivel de julio a septiembre (Tabla 9). Posteriormente, éstos decaen bruscamente, situación que se asocia con el patrón estacional que presenta la disponibilidad de estos recursos.

### **Distribución geográfica de la captura, esfuerzo pesquero y rendimientos de la anchoveta.**

#### **Flota industrial**

En las figuras 4, 5 y 6 se presentan, para el período 1990-97, las distribuciones espaciales y anuales de las capturas, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento para el recurso anchoveta extraído por la flota cerquera industrial en la zona centro-Sur. Asimismo, en las tablas 10A y 10B se entregan los datos estadísticos de las cartografías de capturas y viajes con pesca, los que incluyen los valores anuales de los mínimos, máximos, índices de ocupación y los centros de gravedad del período de estudio. Además se entregan las cartografías mensuales correspondientes a 1997 (Figs. 7 a 9).

Como una manera de utilizar mejor la información operacional georeferenciada y dado que el centro de gravedad no resulta ser un índice apropiado para los propósitos del estudio, se estimó oportuno calcular indicadores pesqueros según la variación latitudinal y longitudinal. Al respecto, en las figuras 10 a la 13 se presentan las distribuciones anuales de la captura y viajes con pesca bajo este enfoque. Además, es importante señalar que la asignación de las zonas de pesca para estos recursos puede tener ciertos errores y corresponde a la información entregada por la misma empresa al personal de IFOP, por lo que el análisis se realiza a nivel macro sin mayores detalles.



En el período 1990-1991, la pesquería se desarrolla en áreas de pesca bastante definidas, las que se localizan cerca de los principales puertos de desembarque. Al respecto, en ambos años se aprecia una fuerte concentración de la actividad extractiva entre los 33° y 34°S, con las mayores capturas por cuadrícula de pesca. También se aprecian algunos focos de menor importancia en torno a los 36°30'S y en 1991 se observa por primera vez un mayor accionar alrededor de la Isla Mocha. En estos años el índice de ocupación (IOC) alcanza los valores más bajos del período analizado, con el 10 y 12% (Tabla 10A). Durante 1992 comienza a observarse una mayor participación en el área de acción de la flota, es así que se incrementa el foco localizado entre los 36° y 37°S y se mantiene el área de pesca al norte de la zona de estudio, detectándose una mayor dispersión en las capturas (Fig. 4). El IOC aumenta a 16% y también ocurre con la captura máxima por cuadrícula con 6.633 toneladas.

A partir de 1993, se consolida el área de pesca localizada en la zona de Talcahuano, ampliándose tanto latitudinal como longitudinalmente y se mantiene el foco de la zona de San Antonio pero más compacto. Asimismo, se observa un desplazamiento del accionar de la flota hacia el área sur, sobrepasando la Isla Mocha. También se aprecia un incremento del IOC con el 22% y de la captura máxima por cuadrícula con 7.685 toneladas. En 1994 la actividad extractiva aumenta sustancialmente, situación que se manifiesta en el importante aumento de las capturas industriales, extrayéndose en este año la mayor captura por cuadrícula (sobre 30 mil toneladas) y también se obtiene el mayor IOC del período analizado (31%). La flota opera prácticamente en toda la franja costera, destacando principalmente los focos localizados en torno a los 34°S y el otro alrededor de los 36°S. Ambas áreas se mantienen de una u otra forma con las observadas en años anteriores, excepto en términos de magnitudes y de capturas por cuadrículas. En los alrededores de la Isla Mocha las embarcaciones operan con mayor frecuencia, detectándose un foco de importancia.



En 1995 se reduce el accionar de la flota en el área norte de la zona de estudio y también disminuye fuertemente el foco del área centro (alrededor de los 36°S), manteniéndose un accionar importante en el área sur, alcanzando incluso a Corral en los 40°S. En este año disminuyen bastante las capturas por cuadrículas de pesca, lográndose sólo 5 mil toneladas como máximo. Durante 1996 resaltan el número de cuadrículas con capturas altas, principalmente en la franja pegada a la costa y disminuye el IOC (Tabla 10A). Es así que se detecta una sola mancha oscura entre los 35°30' y 39°40'S. También se aprecia el foco en el área norte pero bastante disminuido y concentrado. Finalmente, en 1997 si bien se mantiene el accionar de la flota en el área, ésta es más dispersa y presenta menores capturas por áreas, destacando el importante núcleo en torno a la Isla Mocha y entre Puerto Saavedra y Corral.

En las figuras 5 y 6 se entrega la distribución espacio-temporal de los viajes con pesca nominales y los rendimientos, respectivamente. Se aprecia que las embarcaciones realizaron sobre la anchoveta un relativo bajo número de viajes con pesca por cuadrícula, los que oscilaron entre 1 y 10 viajes, excepto en algunos años en que se concentraron en pequeños núcleos un mayor número de viajes que no coinciden con las mayores capturas. Respecto a los rendimientos de pesca (t/VCP), se lograron en general los mayores índices al sur de los 38°S, principalmente en las cercanías de la Isla Mocha (Fig. 6).

Durante 1997, el análisis de las cartografías mensuales de las capturas de anchoveta muestra que éstas estuvieron distribuidas principalmente al sur de los 36°S, en las primeras millas de la costa y de manera bastante dispersa (Fig. 7), presentando mensualmente menos registros de cuadrículas con capturas respecto al año anterior. Se observa un importante foco al sur de la Isla Mocha, área que también se detectó durante 1996, y donde se obtienen las mayores capturas por cuadrícula. En febrero, marzo y abril se detectaron sólo algunas cuadrículas de pesca con capturas superiores



a 2.500 toneladas presentando las restantes, capturas bastante bajas, las que no superan las 500 t. En abril la flota presentó la mayor cobertura espacial (50 cuadrículas con captura). La actividad extractiva desarrollada en la zona de San Antonio estuvo bastante deprimida, excepto en febrero, marzo y abril en que se detecta un pequeño foco alrededor de los 34°S, zona donde la flota obtuvo capturas importantes en un área reducida. Este comportamiento también se observó en 1996. De junio en adelante la actividad es bastante reducida concentrándose, como es habitual en las primeras millas. El área cercana a la Isla Mocha presenta en todos los meses una actividad extractiva sobre la anchoveta, siendo en algunos meses más relevante.

Por otra parte, en las figuras 8 y 9 se entrega la distribución espacio-temporal de los viajes con pesca nominales y los rendimientos, respectivamente. Se aprecia que las embarcaciones realizaron sobre la anchoveta un bajo número de viajes con pesca por cuadrícula, los que oscilaron entre 1 y 6 viajes, excepto en febrero, marzo y abril donde sólo pocas cuadrículas superaron los 20 viajes. Se observa que la distribución de los viajes con pesca sigue la misma distribución que las capturas. Sin embargo, en los rendimientos de pesca (t/VCP), se lograron altos índices al sur de los 38°S, principalmente en febrero y marzo, meses que se alcanzaron las mayores capturas (Fig. 9).

Al respecto, el análisis latitudinal realizado a la pesquería de anchoveta señala que en el período 1990 – 1997 la distribución del recurso se concentró principalmente en el área norte de la zona de estudio, apreciándose que las mayores capturas (también los viajes) se registraron entre los 32°30' y 36°30'S, siendo bastante más bajos hacia el área sur (Figs 10 y 12, recuadro derecho inferior). Sin embargo, es importante observar, principalmente en los tres últimos años analizados el desplazamiento que se detecta al sur de los 38°00'S (rangos 13 al 15), incorporándose como otro núcleo interesante en esta pesquería.



En términos del desplazamiento longitudinal se aprecia que la pesquería es netamente costera, con un radio de acción localizado preferentemente dentro de las 20 primeras millas de la costa (Figs. 11 y 13).

Durante 1990 y 1991 más del 60% de las capturas se obtuvo entre los 33°00' y 34°00'S que corresponden a los rangos 3 y 4, disminuyendo de manera importante hacia el área sur de la zona de estudio. En los dos años siguientes se aprecian dos focos importantes, el primero entre los 33°00' y 34°30'S y el otro, desde los 35°30' hasta los 37°00'S, agrupando entre ambos más del 90% de las capturas y los viajes con pesca. En 1994, si bien se mantienen los focos detectados en 1992-93 (contribuyen con más del 80%), se aprecian las primeras incursiones interesantes al sur de los 38°00'S (rangos 13 al 15, Figs. 10 y 12). Durante 1995, se aprecia un fortalecimiento de la operación de la flota a partir del rango 13, en términos de la contribución en capturas y viajes, aportando como promedio con el 30% (Rangos 13 y 15). Al año siguiente, se aprecia una operación prácticamente en todos los rangos analizados, siendo el rango 8 (35°30' – 36°00'S) y 15 (39°00' – 39°30'S) los más importantes, contribuyendo con el 22% (25% de los viajes) y 19% (15% del esfuerzo) de las capturas, respectivamente. Durante este año la información operacional de la flota con base en el puerto de San Antonio está incompleta. En 1997, destacan los rangos 13 al 15 (entre los 38°00' y 39°30'S) por concentrar el 51% de las capturas aplicando tan sólo el 36% de los viajes. En cambio, en el estrato 4 (33°30' – 34°00'S) se extrajo el 17% de las capturas ejerciendo un mayor esfuerzo (24%).

Longitudinalmente el análisis de las cartografías anuales muestra, que en la mayoría de los años analizados (excepto en 1991 y 1995) sobre el 80% de las capturas y los viajes se concentran en las 20 primeras millas de la costa, que corresponde a los rangos 1 y 2. Es más, en los años 1990, 1992, 1993, 1996 y 1997 más del 50% de estos índices se obtuvieron en la franja costera, es decir, entre la costa y las 10 primeras millas (Figs. 11 y 13).



## Flota artesanal

En las figuras 14, 15 y 16 se presentan, para el primer semestre de 1998, las cartografías mensuales de las capturas, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento para el recurso anchoveta desarrollado por la flota artesanal en la zona centro-sur.

El análisis de las distribuciones mensuales de las capturas artesanales de anchoveta presentan para enero y febrero de 1998 una distribución espacial bastante similar, ejerciéndose la actividad extractiva entre los 36° y 37°20'S y en las 10 primeras millas de la costa (Fig. 14). Al norte de esta área sólo se detectan algunas incursiones de las embarcaciones artesanales frente al puerto de San Antonio. En estos meses las mayores capturas por cuadrículas de pesca se localizan en torno a los 37°S. En marzo si bien se mantiene el patrón de los meses anteriores, éste es algo más disperso, detectándose las mejores áreas en torno al Golfo de Arauco. Al mes siguiente disminuye bastante la actividad en los alrededores del Golfo de Arauco pero se mantiene en el sector norte, similar a lo observado en los dos primeros meses. A partir de mayo se aprecia una reducción importante en el accionar de la flota artesanal, concentrándose en las áreas próximas a los 37°S con capturas importantes por cuadrícula de pesca, principalmente en junio que alcanzó las 8 mil t.

Al igual que con la distribución de las capturas, la flota artesanal ejerció en pocas cuadrículas un esfuerzo de pesca nominal bastante alto (Fig. 15). Se observan algunas cuadrículas con un número mayor de 100 viajes con pesca en el período analizado, mientras que en el resto del año destacan las cuadrículas con viajes que oscilan entre 1 y 6 unidades. Con respecto a la distribución de los rendimientos de pesca, éstos son bastante altos, localizándose, en general, la mayor frecuencia de índices altos en las cercanías del Golfo de Arauco y hacia el norte (Fig. 16).



## **Pesquería de sardina común**

### **Captura, esfuerzo nominal y rendimientos de pesca de la sardina común.**

La actividad operacional industrial desarrollada sobre la sardina común en la Zona centro-sur presenta, al igual que la anchoveta, fuertes variaciones interanuales en el período 1990 - 1997 (Fig. 2). Se inicia en 1990 con una captura de 134 mil toneladas, volumen que se incrementa en 1991 alcanzando la captura récord (320 mil toneladas) de la serie analizada. En los años siguientes presentó un descenso importante registrándose en 1995 la cifra más baja con 29 mil toneladas. Luego, las capturas nuevamente se incrementan para obtener en 1997 las 220 mil toneladas en el área de estudio. Esta cifra significó un importante aumento (123%; 121 mil t) y (668%; 191 mil t) respecto a 1996 y 1995, respectivamente (Tabla 3). En este año destaca la mayor contribución de las capturas de sardina común por sobre la anchoveta, patrón diferente a lo observado en los últimos años en la flota industrial.

Durante el primer semestre de 1998 se mantiene la mayor participación de la sardina común sobre la anchoveta pero con volúmenes bastante más bajos en el área de estudio (99 mil t), cifra que significa un 47% menos que la registrada en igual período de 1997 (187 mil t).

El análisis por zonas de pesca muestra algunas grandes diferencias: es así que en Talcahuano se registran las capturas más altas de este recurso en todo el período analizado y sigue el patrón de la zona centro-sur (Fig. 2). Si bien en 1990, se inicia con bajas capturas, éstas repuntan fuertemente en 1991 alcanzando la máxima captura (299 mil toneladas) de la serie analizada. En los dos años siguientes presentan una tendencia descendente para mantener, entre 1993 y 1996, niveles entre 40 mil y 50 mil toneladas (excepto en 1995) y alcanzar un mejor nivel en el último año (Tabla 5).



En San Antonio destaca, para el período analizado, la baja participación de este recurso sobre la sardina común, siendo el valor máximo registrado de 34 mil toneladas en 1997 (Tabla 4). El resto del período analizado los volúmenes no superan las 20 mil toneladas anuales. La zona de Valdivia muestra, al igual que con la anchoveta, un fuerte crecimiento en las capturas, principalmente en los dos últimos años, destacando las capturas de 1997 que alcanzaron las 82 mil toneladas (Tabla 6).

Con respecto a la estacionalidad de las capturas de sardina común se aprecia que el nivel que presentaron éstas en la zona de estudio fue más alto entre enero-mayo de 1997 que el observado en 1996. Estacionalmente se aprecia que las capturas obtenidas en febrero y marzo de 1997 en San Antonio sustentaron la actividad extractiva de este recurso en la zona, ubicándose por sobre el promedio histórico (Fig. 17). En abril éstas disminuyen fuertemente para desaparecer el resto del año, sin embargo, las altas capturas de los primeros meses contribuyeron a registrar una captura acumulada mayor respecto al promedio histórico.

En la zona de Talcahuano las capturas obtenidas durante 1997 siguen la misma tendencia estacional del período 1991-96, excepto en febrero, octubre y noviembre comparado con el período 1991-96, mientras que los meses siguientes superan ese nivel. El análisis estacional de la zona de Valdivia señala capturas inusualmente altas en los primeros cinco meses de 1997, muy superiores al promedio 1991-96. Posteriormente éstas se localizan bajo el patrón histórico (excepto septiembre).

El esfuerzo nominal (VCP) aplicado por la flota industrial a la sardina común en San Antonio fue bastante alto en febrero y marzo en relación con el patrón histórico. Al mes siguiente disminuye fuertemente para ser nulo el resto del año. En Talcahuano, el esfuerzo aplicado a este recurso fue menor al promedio histórico, exceptuando el mes de mayo y agosto (Fig. 17). En cambio, la situación de la zona de Valdivia es



distinta, puesto que el nivel de esfuerzo aplicado a la sardina común es superior al patrón estacional de 1991-96 (salvo en julio), lo que se correlaciona con las altas capturas obtenidas en este período.

Con respecto a los rendimientos de pesca, en la zona de San Antonio se aprecia, a diferencia de lo ocurrido en las capturas y VCP, niveles inferiores al promedio 1991-96. En cambio, en Talcahuano ocurre lo contrario, los niveles de los rendimientos de 1997 son superiores a la serie analizada, excepto en enero y febrero. En la zona de Valdivia se obtuvieron mayores rendimientos en el primer semestre en comparación al patrón histórico, situación que se invierte en el segundo semestre (Fig. 17).

Con respecto a la flota artesanal destaca durante 1997 el mayor desembarque de sardina común con 181 mil t sobre la anchoveta (35 mil t), lo que equivale al 84% del total de clupeoideos extraídos por estas embarcaciones en la zona centro-sur. En relación con 1996, éste decreció en 14 mil t (7%), diferencia que podría ser nula al incluir los desembarques del puerto de San Antonio.

Sin embargo, en el primer semestre de 1998 nuevamente esta flota desembarcó menores volúmenes de sardina común (47 mil t) respecto a anchoveta (70 mil t) en la zona de estudio. Esta cifra equivale a un 72% inferior en relación a igual período de 1997 (Tabla 1).

El análisis por puertos de desembarque muestra que durante 1997, al igual que en la anchoveta, en Coronel se descargan los mayores registros (60%), seguido por Talcahuano (21%) y Lota (19%), puerto que ha presentado desde 1996 desembarques importantes de este recurso (Tabla 11).

En la tabla 11 se entregan los desembarques artesanales realizados entre 1995 y 1997 en la zona centro-sur. Al respecto, resaltan los desembarques de enero, marzo y mayo



que superan los del año anterior. Asimismo durante 1997 se aplicó un mayor esfuerzo de pesca hacia la sardina común (6.470 VCP), comparado con 1996 (5.751 VCP), situación que se tradujo finalmente en menores niveles de rendimiento respecto a 1996, dado las menores capturas de 1997. Del total de viajes con pesca realizados durante 1997, el 85% se concentró en la extracción de sardina común, porcentaje que es similar a las capturas (84%) (Tabla 12).

### **Distribución geográfica de la captura, esfuerzo y rendimiento de pesca de la sardina común.**

#### **Flota industrial**

En las figuras 18, 19 y 20 se entregan, para el período 1990-97, las cartografías anuales de las capturas, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento para el recurso sardina común extraído por la flota cerquera industrial entre la V y X Región. En las tablas 13A y 13B se presentan los datos estadísticos de las cartografías de capturas y viajes con pesca, los que incluyen los valores anuales de los mínimos, máximos, índices de ocupación y los centros de gravedad del período de estudio. Además, para 1997, se entregan las cartografías mensuales correspondientes a los principales indicadores operacionales (Figs. 21 a 23).

Al igual que en anchoveta, en sardina común también se estimaron los indicadores pesqueros según la variación latitudinal y longitudinal (Figs. 24 a 27). Además, es importante señalar que la asignación de las zonas de pesca para estos recursos puede tener cierto sesgo, por lo que el análisis se realiza a nivel de la mesoescala sin entregar mayores detalles.

Durante 1990 sólo se cuenta con información de la actividad extractiva desarrollada por la flota de la VIII Región. Al respecto, la operación de esta flota muestra una



cobertura espacial que abarca entre los 35° y 38°30'S, presentando un foco importante alrededor de Dichato en los 36°30'S, con capturas por cuadrículas sobre 3 mil toneladas. El IOC es relativamente bajo (11%). En 1991 la pesquería de sardina común presentó un importante crecimiento en términos de volúmenes desembarcados y de un mayor número de cuadrículas con capturas que superaron las 10 mil toneladas, alcanzando la máxima de 43 mil toneladas. Asimismo, se aprecia que la pesquería se desarrolla en áreas de pesca bastante definidas, las que se localizan cerca de los principales puertos de desembarque (Fig. 18). Al respecto, se mantiene la fuerte concentración de la actividad extractiva entre los 36° y 37°S, detectándose también un foco de menor magnitud en torno al puerto de San Antonio. Nuevamente se aprecia el accionar de la flota en los alrededores de la Isla Mocha, patrón que también se observó en anchoveta. En este año aumenta bastante el IOC (19%), que está relacionado también con la operación de la flota con puerto base en la V Región (Tabla 13A).

La cartografía de 1992 muestra una operación similar de las embarcaciones en relación con 1991, manteniendo el área prioritaria en las cercanías del puerto de Talcahuano, pero disminuyendo notoriamente la captura total y el número de cuadrículas con capturas superiores a las 3 mil toneladas. El IOC mantiene valores similares a los de 1991, lo que indica que la flota no presentó una expansión sino más bien obtuvo mejores rendimientos.

A partir de 1993, se aprecia una importante baja en la actividad operacional de las embarcaciones, disminuyendo bastante el área cubierta y alcanzando el IOC la cifra más baja de la serie analizada (10%). Se mantiene, pero de menor magnitud el foco entre los 36° y 37°S, disminuyendo el accionar en torno al puerto de San Antonio y siendo prácticamente nulo en los alrededores de la Isla Mocha. En síntesis, se reduce significativamente el área de operación de las embarcaciones, alcanzando sólo 5.600 toneladas la máxima captura por cuadrícula. En 1994 continua esta baja actividad



extractiva sobre este recurso, sin embargo se produce un pequeño desplazamiento de la operación hacia el área sur, abarcando entre los 35°30' y los 38°50'S, manteniendo, al igual que en 1993, las mayores capturas en torno a los 36°20'S (Fig. 18).

En 1995 aumenta levemente la cobertura espacial de la flota principalmente hacia el área sur de la zona de estudio, observándose una fuerte presencia de las embarcaciones al sur de la Isla Mocha, área que ya había sido incursionada el año anterior. Asimismo, se aprecia que disminuyeron fuertemente las capturas por cuadrículas de pesca, lográndose sólo una cuadrícula sobre las 3 mil toneladas y aumentando el IOC (14%), respecto a los dos años anteriores. Durante 1996 resalta nuevamente el mayor número de cuadrículas con capturas altas, principalmente en la franja pegada a la costa. Destaca el foco localizado al sur de la Isla Mocha y también se observa un incremento en las capturas altas en torno a los 36°30'S. Se aprecia un pequeño núcleo en el área norte pero bastante disminuido y concentrado.

En 1997 incrementa fuertemente el accionar de las embarcaciones en el área de estudio, destacando la mayor operación al sur de los 35°30'S. Se aprecia un importante aumento en las capturas por cuadrículas de pesca, sobre todo en la franja costera que es donde estos recursos se distribuyen, asimismo el valor del IOC aumentó a 27%, siendo el valor más alto obtenido en esta pesquería para el período 1990 -1997. Al igual que en 1996 se mantiene el importante núcleo al sur de la Isla Mocha y de Puerto Saavedra a Corral.

En términos generales, el IOC de la sardina común es bastante inferior al de la anchoveta, excepto en 1997 en que este índice supera ampliamente al obtenido en la anchoveta.

En las figuras 19 y 20 se entrega la distribución espacial anual de los viajes con pesca nominales y los rendimientos correspondientes al período 1990 - 1997,



respectivamente. En general, se aprecia que las embarcaciones ejercieron sobre la anchoveta un bajo número de viajes con pesca por cuadrícula, los que oscilaron principalmente entre 1 y 15 viajes, exceptuando en algunos años donde en sólo algunas cuadrículas superaron los 40 viajes. Asimismo, se observa que estas cuadrículas se concentraron en los alrededores de los puertos de la VIII Región, presentando el resto de la zona un menor esfuerzo por cuadrícula. En cuanto a los rendimientos de pesca (t/VCP), se lograron altos índices en cuadrículas más alejadas de la costa en todo el período de estudio, además se aprecia los mayores rendimientos de 1996 y 1997 respecto al período anterior (Fig. 20).

El análisis de las cartografías mensuales de las capturas industriales de sardina común de 1997 presentan focos bastante bien localizados en enero de 1997, distribuyéndose preferentemente en las primeras 10 millas de la costa, entre los 36°10'S y los 39°40'S (Fig. 21). En febrero y marzo la flota expandió longitudinalmente su accionar, apreciándose un pequeño foco alrededor de los 34°S, manteniendo la operación a lo largo de la costa y en áreas que no superan las primeras 30-40 mn de la costa. Destaca, al igual que en anchoveta, el foco situado en los alrededores de Isla Mocha, área que muestra altos rendimientos de pesca para este recurso. De junio en adelante decaen fuertemente las capturas, detectándose además en una menor cobertura espacial, hecho que se relaciona con la estacionalidad y disponibilidad que presentan los clupeoideos. Durante 1997 se aprecia una mayor cobertura espacial en todos los meses analizados respecto a la distribución espacial de 1996.

Al igual que con la anchoveta, la flota pesquera desarrolló también un esfuerzo de pesca nominal menor por cuadrícula sobre la sardina común (Fig. 22). Se observan sólo algunas cuadrículas con un número mayor de 20 viajes con pesca en los tres primeros meses de 1997, mientras que en el resto del año destacan las cuadrículas con viajes que oscilan entre 1 y 3 unidades. Con respecto a la distribución de los



rendimientos de pesca, éstos son bastante altos, localizándose, en general, la mayor frecuencia de índices altos en las cercanías de la Isla Mocha y hacia el sur (Fig. 23).

Al analizar latitudinalmente la captura y el esfuerzo en la pesquería de sardina común, se aprecia que entre 1990 y 1997, la distribución del recurso se concentró principalmente en el área centro de la zona de estudio, observándose que las mayores capturas (también los viajes) del período se registraron entre los 35°30' y 37°00'S, siendo bastante escasos en el área norte (Figs 24 y 26 ,recuadro derecho inferior). Este comportamiento difiere del observado en la anchoveta donde los mayores registros se concentraron hacia el área norte de la zona de estudio. Sin embargo, al igual que en la anchoveta, se detecta en los tres últimos años analizados el desplazamiento de la flota al sur de los 38°00'S (rangos 13 al 16), incorporándose como otro núcleo importante.

En términos del desplazamiento longitudinal se aprecia que la pesquería de sardina común es netamente costera, con un radio de acción localizado preferentemente dentro de las 10 primeras millas de la costa (rango 1), siendo baja la actividad extractiva al oeste de esta franja (Figs. 25 y 27, recuadro inferior derecho).

Entre 1990 y 1994 sobre el 80% de las capturas y del esfuerzo de pesca se realizó entre los 35°30' y 37°00'S que corresponden a los rangos 8, 9 y 10, disminuyendo fuertemente hacia ambos extremos del área de estudio. Destaca en este período los mayores aportes, en términos de capturas por rango de latitud, el año 1991 que alcanzó la cifra histórica más alta de esta pesquería y específicamente los rangos 9 y 10, contribuyendo cada uno, con el 37% de las capturas anuales (Fig. 24). Una tendencia similar se aprecia al analizar el comportamiento de los viajes (Fig. 26). Durante 1995, se observa una fuerte caída de las capturas en el área centro (rangos 8 a 10), cifra que disminuye a la mitad su contribución (alrededor del 40%), si bien la flota mantuvo un esfuerzo relativamente alto en esta área (69% del total anual en



esa área). Paralelamente, se detecta un incremento del accionar de la flota a partir del rango 14 (entre 38°30' y 40°00'S), aportando como promedio con el 45% (rangos 14 al 16) de las capturas del año. Sin embargo, el esfuerzo ejercido por las embarcaciones en esta área es proporcionalmente más bajo (18% del total). En 1996 aumenta la cobertura espacial y se aprecia en términos de la mayor presencia de rangos latitudinales (8 al 16) en que se obtuvieron capturas y esfuerzo, siendo el rango 9 (36°00' – 36°30'S) y 15 (39°00' – 39°30'S) los más importantes, aportando con el 13% y 31% de las capturas, respectivamente. Durante este año la información operacional de la flota con base en el puerto de San Antonio está incompleta. En 1997 la actividad extractiva sobre este recurso se fortalece aún más en casi todos los rangos latitudinales, destacando los rangos 13 al 16 (entre los 38°00' y 40°00'S) por concentrar el 49% de las capturas anuales y ejerciendo el 37% de los viajes. En cambio, en los rangos 8 al 11 (35°30' – 37°30'S) se registró el 31% de las capturas y se aplicó un esfuerzo mayor (40%).

Longitudinalmente el análisis de las cartografías anuales muestra, para el período de estudio, que sobre el 70% de las capturas (excepto en 1990 y 1995) y los viajes se realizaron en las 10 primeras millas de la costa, que corresponde al rango 1. Al incluir el rango de distancia 2, se aprecia que en los años 1990, 1991 y 1994 el 95% de la captura y el esfuerzo de pesca se efectuó en esos rangos (Figs. 25 y 27).

### **Flota artesanal**

En las figuras 28, 29 y 30 se entregan, para el período enero-junio de 1998, las distribuciones mensuales de las capturas, esfuerzo de pesca nominal y rendimiento para el recurso sardina común correspondiente a la flota artesanal que operó en el área de estudio.



El análisis de las cartografías mensuales de las capturas artesanales de sardina común presentan para el primer trimestre de 1998, una distribución bastante similar entre los meses, ejerciéndose principalmente la actividad extractiva entre los 36° y 37°20'S y centrada en las 10 primeras millas de la costa (Fig. 28). Al norte de esta área, sólo se detectan algunas incursiones de las embarcaciones artesanales con base en el puerto de San Antonio. También se observan algunos desplazamientos en el área sur. Asimismo, en este período se concentraron las mayores capturas por cuadrículas de pesca, correspondiendo a áreas que se sitúan en torno al puerto de Talcahuano y Tomé. A partir de abril, se aprecia una menor actividad extractiva de la flota, en términos del número de cuadrículas con capturas, detectándose una disminución importante en las capturas promedio por cuadrícula, situación que se hace más notoria en los dos últimos meses analizados. Asimismo, en mayo y junio se aprecia claramente una actividad reducida y compacta en los alrededores del Golfo de Arauco.

Al igual que con la distribución de las capturas, la flota artesanal ejerció en pocas cuadrículas un esfuerzo de pesca nominal bastante alto. Se observan algunas cuadrículas con un número mayor de 150 viajes con pesca en el período analizado, destacando las cuadrículas con viajes que oscilan entre 1 y 30 unidades (Fig. 29), cifra bastante más alta que la obtenida para anchoveta. Con respecto a la distribución de los rendimientos de pesca, éstos son comparativamente menores a los obtenidos en anchoveta, destacando los rendimientos entre 16 y 20 t/VCP. Asimismo, en enero se concentró la mayor frecuencia de índices altos entre los 36° y 37°S, mientras que en mayo y junio se alcanzaron los menores rendimientos (Fig. 30).



**4.2. Objetivo 2. Estimar la abundancia (en número) y la biomasa (en peso) de los stock de anchoveta y sardina común entre la V y VIII regiones, y sus respectivas varianzas asociadas.**

Los resultados de ADAPT se entregan en la Tabla 14, donde es posible observar las estimaciones de la F para 1997; estos valores son equivalentes a la última columna de la Tabla 19. La tasa de mortalidad natural utilizada en esta evaluación es  $M=1,2$  (método de Höening), la suma de cuadrados totales de los residuos de la función objetivo, fue equivalente a 55,8 y el cuadrado medio 1,99.

Los resultados de la evaluación de stock de sardina común son estimaciones de abundancia en número, biomasa al 1º de enero de cada año, biomasa media, biomasa desovante, mortalidad por pesca, tasa de explotación, patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio las cuales se entregan en las Tablas 15 a la 21.

Las estimaciones de abundancia en número al 1º de enero en sardina común presenta en general una tendencia descendente en el período 1990-1997; sin embargo, existen incrementos importantes durante 1995. En relación al reclutamiento en el período 1990-1994 existe una racha de buenos reclutamientos y en 1995 se registra el mejor reclutamiento de la serie analizada. Posteriormente el stock ha mostrado una severa disminución en el período 1994-1997, atribuida al descenso de la biomasa parental.

El mismo patrón exhibe el reclutamiento en peso con magnitudes de un millón de toneladas en promedio para el período 1990-1994. Sin embargo, en los tres últimos años se ha incrementado la variación del reclutamiento (Tabla 16). El stock desovante también presenta variaciones desde 131 mil toneladas en 1990 hasta 23 mil toneladas en 1992; sin embargo, se ha estabilizado en promedio para el período 1994-1996 en 190 mil toneladas (Tabla 18).



La biomasa total del stock de sardina común al 1º de enero presenta una tendencia general descendente en el período 1995-1997. La máxima biomasa se obtuvo en 1995 con 3,3 millones de toneladas y en 1997 presentó niveles inferior a un millón de toneladas. Es importante indicar que el reclutamiento aporta más del 50% de la biomasa total; lo cual caracteriza esta pesquería que es altamente estacional en el período noviembre-marzo (Tabla 16).

Respecto a la varianza del stock de sardina común, en la tabla 16, se entrega la desviación estándar (DS), se utiliza este estadígrafo para expresar la desviación con respecto al valor de la biomasa anual, en términos de toneladas. Al respecto, se puede constatar que la DS se incrementa en forma en notable y creciente hacia los últimos años de la serie. Por ejemplo, en 1990 existen una desviación de 101 toneladas mientras que en 1997 fue de 182.470.

La biomasa media de sardina común presenta una estabilidad interanual del orden de un millón de toneladas, cifra equivalente en el período de inicio de año. Las discrepancias que pueden surgir en relación a la captura se deben a que esta biomasa disminuye fuertemente por efecto de la mortalidad natural  $M=1,2$  y no se distribuyen en forma exponencial en el transcurso del año como la ecuación de Baranov, debido a un fuerte comportamiento estacional (Fig. 33, Tabla 17).

La biomasa desovante del stock de sardina común tuvo un drástico descenso en el período 1996-1997; registrando su valor más bajo a fines de ese período con 93 mil toneladas. Es importante mencionar, que la sardina común presenta un stock desovante en la cual no aporta el grupo de edad 0, y el grupo de edad 1 lo hace una escasa proporción 0,12%. El resto de las edades 2 y 3 tiene una contribución importante a pesar de estar poco representada en el stock (Tabla 18). Durante 1997, la totalidad de las capturas estuvieron sustentadas por el stock desovante.



Este aspecto es importante de considerar debido a que el ciclo vital de ésta especie es diferente a la anchoveta.

La tasa de mortalidad de pesca del stock de sardina común, indica que los grupos de edad 1 y 2 presenta altas tasas de mortalidad; esto se refleja en la estructura de la captura. Por otra parte al asociar el desembarque con la mortalidad por pesca del stock se advierte una gran correlación ( $r= 0,75$ ), lo cual indica que el efecto de la pesca es importante en la estructura del stock (Fig. 32, Tabla 19). Otra característica de la matriz F de mortalidad por pesca, es que en los grupos de edades mayores disminuye considerablemente, situación que se atribuye a que existe segregación especial de los adultos fuera del área de la pesquería y que estos se conforman en cardúmenes menos abundantes que no son importante para la flota cerquera (efecto del tamaño de cardumen).

La matriz de la tasa de explotación señala que el grupo de edad con mayor explotación es el grupo de edad 1 y 2. En términos generales, el stock de sardina común es explotado entre un 3 y 61% anualmente. Los años con mayor explotación fueron 1991, 1992, 1993 y 1997 (Fig. 32, Tabla 20).

El patrón de explotación del stock de sardina común obtenido como promedio histórico, tiene como edad de referencia el grupo de edad 1 y aumenta en los grupos de edad 2 y 3, por los motivos señalados (Fig. 31, Tabla 19).

### **Diagnosic de sardina común**

En el stock de sardina común de la zona centro-sur de Chile, existe una estrecha asociación entre la captura y la tasa de mortalidad por pesca ( $r=0,75$ ). Este efecto se produce en forma instantánea y no existen rezagos temporales del efecto de pesca; es decir, el stock de sardina común manifiesta su variación de abundancia en forma



objetiva, debido a que forma agregaciones cuya distribución geográfica es eminentemente costera, con mayor presencia entre la costa y la 10 mn y no supera los 30m de profundidad.

Durante el período de reclutamiento noviembre-marzo, se producen las mayores capturas (72%) tanto de la flota artesanal como industrial; esta flota tiene un esfuerzo potencial que ha generado una disminución del stock, debido al incremento del esfuerzo de ambas flotas.

En esta pesquería mixta de clupeoideos, el esfuerzo se orienta a las especies de mayor disponibilidad en el área de pesca. La CPUE estandarizada en éste recurso presentó en el período 1990-1992 de 71,2 a 97,2 t/VT st. Sin embargo, presenta una tendencia descendente registrando en 199, 65,0 t/VT st., la cual se revirtió en 1997 con un mayor esfuerzo de pesca hacia el stock desovante.

La biomasa parental de sardina común presenta una tendencia general descendente producto de las variaciones del reclutamiento y altas tasas de explotación (Figs. 32 y 35). En general, en el stock de sardina común el reclutamiento en peso, representa más del 50% del stock total. Sin embargo, en los dos últimos años el reclutamiento muestra una tendencia decreciente, debido al incremento simultáneo que ha tenido la mortalidad por pesca que afecta preferentemente la biomasa parental (grupos de edad 1 y 2).

Durante 1997 el stock desovante disminuyó considerablemente por efecto de la pesca y generó un reclutamiento bajo en 1998. Los resultados de la evaluación de stock indican que en general la tasa de mortalidad de pesca ha sido ampliamente superior a los puntos biológicos de referencia  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0.1}$ . Esta situación indica que la tasa de explotación del stock parental en la mayoría de los años (excepción 1995) supera el 37%. Por lo tanto, la acción que ejercen ambas flotas ha sobre-



explotado el stock parental a niveles inferiores a 1/3 de la biomasa virginal, condición que lo conduce a comportarse de manera errática.

### **Evaluación de stock de anchoveta**

Los resultados de ADAPT se entregan en la Tabla 22 donde es posible observar las estimaciones de las F para 1997. Estos valores son equivalentes a la última columna de la Tabla 27. La tasa de mortalidad natural utilizada en esta evaluación es  $M=0,7$ , obtenida a través del método de Hoening; la suma de cuadrados total de los residuos de la función objetivo fue de 144,2 y el cuadrado medio = 4,1.

Los resultados de la evaluación de stock de anchoveta son estimaciones de abundancia en número, biomasa explotable al 1º de enero, biomasa desovante, mortalidad por pesca, tasa de explotación, ojiva de madurez y peso promedio, las cuales se entregan en las Tablas 23 a la 29.

Las estimaciones de abundancia en número al 1º de enero en anchoveta, presentan en general una tendencia creciente en el período 1990-1996. Sin embargo, existe un descenso durante 1997 que alteró la tendencia creciente del stock de anchoveta (Tabla 23).

En relación al reclutamiento, también presenta una tendencia general creciente con una racha de clases anuales fuertes que han permitido incrementar la biomasa desovante del stock. Durante 1991, el reclutamiento expresado en número, tuvo su nivel más bajo con 76 billones de anchoveta, pero no alteró el crecimiento del stock. Una característica de esta racha de reclutamiento es su tendencia ascendente con escasas variaciones (Tabla 23). En términos de peso, el reclutamiento de la anchoveta en el período 1990-1996 presenta niveles de 240 mil toneladas en 1990 hasta 1,7 millones de toneladas en 1996 (Tabla 24).



Entre el tamaño del stock desovante y los niveles de los reclutamiento, existe una sincronía, lo cual implica que el stock se encuentra en la fase creciente a excepción de 1997 (Fig. 40). El stock desovante presenta una tendencia ascendente con niveles de 564 mil toneladas en 1990 hasta 1,8 millones de toneladas en 1997 (Tabla 26).

La biomasa total del stock de anchoveta al 1º de enero presenta una tendencia general creciente en el período 1990-1996. En 1990, la biomasa fue de 1,2 millones de toneladas y alcanzó su máximo de 4,2 millones de toneladas en 1996; durante el último año de la serie analizada se registran un descenso a 3,5 millones de toneladas (Tabla 24).

Respecto a la varianza del stock de anchoveta, en la tabla 24, se entrega la desviación estándar (DS), se utiliza este estadígrafo para expresar la desviación con respecto al valor de la biomasa anual, en términos de toneladas. Al respecto, se puede constatar que la DS se incrementa en forma notable y creciente hacia los últimos años de la serie. Por ejemplo, en 1990 existen una desviación de 39 toneladas mientras que en 1997 fue de 518.667.

En el stock de anchoveta el reclutamiento aporta más del 50% de la biomasa total; lo cual caracteriza esta pesquería que es altamente estacional y se obtienen el 72% de las capturas en el período noviembre-mayo.

La biomasa desovante del stock de anchoveta tiene una tendencia creciente, en el cual contribuye el grupo de edad 0 con un 13%; el resto de los grupo de edad aportan en un 100% (Tabla 29). Esta característica, implica que la anchoveta además de ser un desovador parcial, madura a temprana edad (10-12 meses) y los ejemplares contribuyen al stock desovante.



Los resultados de la evaluación de stock señalan que la tasa de mortalidad por pesca que el grupo de edad 0 es capturado en pequeña proporción; sin embargo, los grupos de edad parentales que más aportan en la captura, como el grupo de edad 2 tiene una mayor mortalidad por pesca. Por otra parte, al asociar el desembarque con la tasa de mortalidad por pesca del stock (Fig. 37), se advierte una escasa asociación ( $r=0,04$ ).

Otra característica que presenta la mortalidad por pesca del stock de anchoveta (Tabla 27), es que las magnitudes de  $F$  disminuyen en forma importante en los grupos de edad 3 y 4, situación que se atribuye a que los cardúmenes constituidos por ejemplares de mayor tamaño son menos abundantes y no son detectados fácilmente por los barcos cerqueros y la flota artesanal.

La tasa de explotación en el stock de anchoveta, indica que el grupo de edad 2 es el que tiene una mayor explotación y fluctúa entre 14 a un 38%. También es posible apreciar que en 1990 se capturó el 12% de los reclutas. Para la fracción del stock 1+, el valor más alto (28%) se alcanza en 1994, año en que se registró el mayor desembarque de anchoveta con 474 mil toneladas y estuvo constituida mayoritariamente por el stock desovante. En términos generales, el stock de anchoveta es explotado entre 5 y 12% anual. Los años con mayor nivel de explotación fueron 1990, 1991 y 1994 (Tabla 28).

El patrón de explotación del stock de anchoveta tiene como edad de referencia el grupo de edad 2 y disminuye sus valores en los grupos de edad 3 y 4, por los motivos señalados (Fig. 36, Tabla 29).

### **Diagnóstico de anchoveta**

En el stock de anchoveta de la zona centro-Sur de Chile, se manifiesta una débil asociación ( $r=0,04$ ) entre la captura y la mortalidad por pesca; sin embargo, se advierte que este efecto es instantáneo y no existen rezagos temporales del efecto de pesca.



Una explicación es que los cardúmenes de anchoveta tienen una distribución geográfica costera y batimétrica que no supera los 30 metros.

Durante la época de reclutamiento noviembre-abril se producen los mayores desembarques (73%) tanto por la flota cerquera industrial como por la artesanal. La flota industrial ha tenido un incremento importante de su participación en la captura total.

Una característica de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta es que el esfuerzo se orienta hacia a las especies de mayor disponibilidad en el área de pesca. La CPUE estandarizada de anchoveta en el período 1990-1996 ha presentado una tendencia general creciente desde 75,2 t/VT st. hasta 134 t/VT st. en 1996. Durante 1997, la anchoveta tuvo altos rendimientos superior a 150 t/VT st.

En el período 1990-1996, la biomasa total del stock de anchoveta presenta una tendencia general creciente, debido al aporte simultáneo del stock parental y del reclutamiento. Sin embargo, en 1997 se detecta un reclutamiento débil que modificó esta tendencia. Cabe mencionar que el reclutamiento tiene un aporte superior al 50% en peso y su tasa anual de crecimiento era superior a la biomasa desovante. Otra característica es la escasa variación que presenta esta tendencia.

La tasa de mortalidad por pesca del stock se ha mantenido fluctuante entre 0,18 a 0,07 anual; estos niveles no han alterado las magnitudes del reclutamiento y del stock parental.

Los resultados de la evaluación del stock indican que la tasa de mortalidad por pesca en general es inferior al valor  $F_{0.1}=1,33$  y actualmente es levemente inferior al valor  $F_{23}=0,42$ . Esta situación indica que la tasa de explotación sobre el stock parental es



cercano a  $F_{2/3}$ , lo cual permite sustentar la actividad extractiva y no ha alterado la biomasa desovante que mantiene al stock con una tendencia creciente.

### **4.3. Objetivo 3. Determinar parámetros y función de crecimiento de ambas especies, y asignar edades por longitud.**

#### **Sardina común**

##### **Interpretación de los anillos de crecimiento**

Los otolitos *sagitta* de sardina común son de pequeño tamaño y con anillos claros y bien definidos. La zona central del otolito es translúcida rodeada de una zona opaca con finos anillos falsos previa a la formación del primer anillo translúcido considerado como anual (Fig.41). Los siguientes anillos translúcidos son finos y nítidos, mientras que los anillos opacos corresponden a zonas de crecimiento con anillos translúcidos que se diferencian de los anuales por su menor nitidez (Fig.41). La continuidad alrededor de todo el otolito y el espaciamiento relativo de los anillos translúcidos son los criterios para definirlos como anuales.

Las edades determinadas en 4.805 otolitos *sagitta* estuvieron comprendidas entre 0 y 4 años correspondiendo a un intervalo de tallas entre 55 mm y 185 mm. Al calcular los grupos de edad anual se obtienen ejemplares de hasta clase V. El grueso de la población está entre 0 y 2 años, con pocos ejemplares de 4 años. La clase de edad 0 se recluta en noviembre-diciembre, con la mayor frecuencia en las capturas en el primer semestre del año.



## Relación tamaño del otolito-talla del pez

La regresión entre la longitud máxima del otolito ( $L_o$ ) y la talla del pez ( $N=4768$ ) mostró una buena correlación  $r=0,92$  e isometría ( $b=1,031$ ) entre ambas variables (Fig.42). El análisis de los residuales no mostró ninguna tendencia definida en la variabilidad entre ambos parámetros.

## Crecimiento del otolito

Para los tres años estudiados, se obtuvo un crecimiento del otolito decreciente con la edad con una dispersión estable en la distribución de tamaños (Fig.43). Este intervalo decreciente entre *annuli* es la base de la determinación de la edad y sigue el crecimiento asintótico propio de los peces óseos. La regularidad de la formación en los tres años indica que el crecimiento del otolito es estable y responde a un mecanismo fisiológico subyacente en la población.

Al considerar la distribución de tamaños de los anillos de crecimiento se observa un patrón común en toda la población, con la formación del 1º *annuli* a un tamaño del otolito de 34,8 DMO (1,74 mm), el segundo anillo se forma a un tamaño medio de 44,8 DMO (2,24 mm) y el 3º a un tamaño medio de 50,2 DMO (2,51 mm)(Tabla 30). Existe cierto solapamiento entre los tamaños de los anillos que aumenta con la edad, pero cada uno presenta un tamaño medio diferenciado (Fig.44).

## Evolución estacional de la formación de los anillos de crecimiento

A lo largo de los tres años estudiados, se determinó el porcentaje mensual de otolitos con un anillo de crecimiento opaco y translúcido en el borde (Fig.45). La sardina común presenta bordes opacos en sus otolitos la mayor parte del año, con la



formación del anillo translúcido en invierno aunque existe cierta variabilidad interanual. Para determinar con mayor precisión la evolución de los anillos se consideró dos tipos de anillos opacos: fino y grueso, en función de su medida (Fig.46). Para 1996 y 1998 se observa que el máximo porcentaje de otolitos con márgenes translúcidos se produce en invierno. Mientras que los anillos opacos finos se forman en invierno-primavera. Los anillos opacos gruesos son más frecuentes en otoño aunque a finales de 1996 presentan un máximo secundario. En 1997 los anillos opacos gruesos son más frecuentes en otoño como en los otros años, sin embargo, existe cierta irregularidad en la formación de los anillos translúcidos y opacos finos. En la sardina común, los anillos translúcidos de los peces de más de 1 año de edad son muy finos y pueden apreciarse cuando se inicia la formación del anillo opaco en el borde. Por tanto, posiblemente se produce subestimación de su abundancia y retardo en la detección de su formación dependiendo de la edad del pez. Para detectar las variaciones debidas a este último error, se calculó el porcentaje mensual de anillos opacos y translúcidos por cohorte anual.

En la figura 47 se muestra la evolución para 1996, 1997 y a julio de 1998 de los porcentajes de anillos marginales para las cohortes de 1994, 1995 y 1996. La cohorte de 1995 es la mejor representada en los tres años, mostrando una tendencia común en 1996 y 1998 para la formación del anillo translúcido en invierno con un máximo en junio. Esta tendencia se confirmó para 1998 con la cohorte de 1996. En 1997 predominaron los anillos opacos a lo largo de todo el año (Fig.47) aunque la formación de los anillos translúcidos fue más irregular con varios máximos. En este año se manifiestan las diferencias entre cohortes, que en parte podría deberse al error en la detección del anillo mencionado anteriormente, aunque parece más probable que se deba a cierta variabilidad intrínseca asociada a la fase del desarrollo. También es posible que esta irregularidad en la formación de los anillos, se relacione con las anómalas condiciones oceanográficas, ya que 1997 fue un año con un fuerte Fenómeno del Niño.



La evolución de los anillos marginales indica formación de un anillo anual, correspondiendo los anillos translúcidos al invierno con un máximo en junio y los opacos a primavera-otoño. La irregularidad detectada en la formación de los anillos de sardina en 1997 no se observó en los otolitos como un doble anillo u otro patrón anormal en la disposición de los *annuli* como se confirma en el tamaño relativo de éstos (Fig.43). Por tanto, a nivel individual se mantuvo la formación de los anillos, aunque a nivel poblacional hubo mayor variabilidad en la época de formación.

El incremento marginal (I) calculado para 1996 ya que era el año sin anomalías, muestra un crecimiento bastante uniforme, de acuerdo con la presencia de otolitos con márgenes opacos a lo largo del año (Fig.48). Sin embargo, el crecimiento más reducido se registró en abril correspondiendo con el mínimo en la frecuencia de los anillos opacos (Fig.46). En el primer semestre de 1998 este mínimo se observa en la misma época (Fig.49B), confirmando la formación de los anillos translúcidos en invierno.

En cuanto a la evaluación del borde del otolito de sardina común en la zona de Talcahuano, existe un período característico de máxima formación de anillos hialinos correspondiente a julio-agosto. Esto comprueba que sardina común produce un anillo hialino por año. El material opaco, por lo tanto, prevalece durante los meses complementarios (Fig. 49A).

Comparando la evolución del borde y el incremento marginal en los otolitos de sardina común, se puede apreciar que el máximo crecimiento relativo de un 80 % en agosto, coincide con la formación del anillo hialino (Fig. 49A).

Cuando se considera la tasa de crecimiento relativo del otolito con relación a la edad y a la estación anual (Fig. 50), se observa cómo el incremento mensual presenta oscilaciones estacionales disminuyendo en otoño y primavera, relacionadas con el



cambio estacional oceanográfico y con el desove que se produce en invierno. Es notable la disminución del crecimiento del otolito con la edad, obteniéndose valores muy superiores en el crecimiento relativo en el 2º año con respecto al 3º año de vida.

### Cálculo de los parámetros de crecimiento estacional

Los parámetros del crecimiento de von Bertalanffy se calcularon para las clases de edad y para las clases (grupos) anuales de edad de la sardina común sin incluir la edad 0, ya que no se encuentra totalmente representada en la captura. El ajuste de los parámetros fue en general mejor para las clases anuales de edad (Tabla 31). Los parámetros del crecimiento oscilaron en función del año y del método de atribución de la edad. Los valores de  $k$  mostraron menor variación cuando se consideraban las clases anuales de edad, probablemente a causa de la reducción en la variabilidad de la distribución de tallas medias por edad. Esta reducción se observa en la gráfica correspondiente a la curva de crecimiento para todos los años y por grupos de edad (Fig.51).

Al comparar los valores de la tasa de crecimiento  $\phi$  se observa una mayor uniformidad interanual. Dado que los parámetros del crecimiento sólo describen el crecimiento en el intervalo de tallas para los que se han calculado, algunas de las diferencias detectadas pueden deberse al distinto rango de tallas capturado en ciertos años.

Se determinaron los parámetros del crecimiento estacional para los grupos de edad y para los tres años en conjunto (coeficientes de variación en paréntesis):

$L_{\infty}$ cm	$K$ año <sup>-1</sup>	$t_0$	$C$	WP	$\phi$
18,69 (1,63)	0,381 (0,17)	-0,972 (0,422)	1 (1,05)	0,563 (0,32)	2,123



Si bien el valor de C indica máxima variación estacional del crecimiento, la gran variabilidad de los parámetros (CV) indica que otras soluciones de los mismos serían posibles.

Al considerar el gráfico de la distribución de las relaciones edad-talla y la curva estacional del crecimiento, se observa que en el grupo de edad 1 hay una serie de datos que inducen a que la curva se inicie desde un punto de crecimiento activo (Fig.52). Probablemente estos datos corresponden a edad 0 y al atribuírsele la clase (grupo) de edad anual, han resultado como clase I.

## **Anchoveta**

### **Interpretación de los anillos de crecimiento y crecimiento del otolito**

Los otolitos *sagitta* de anchoveta son de pequeño tamaño y refringentes con una serie de anillos translúcidos, entre los que destaca el primero por su grosor (Fig.53a). En los otolitos pulidos se observa claramente la presencia de varios anillos con un máximo de 6, espaciados regularmente (Fig.53b). En total se leyeron 2.671 otolitos correspondientes a un intervalo de tallas comprendido entre 80 y 195 mm.

Los anillos se forman en el otolito a tamaños similares (Tabla 32) para toda la población (Fig.54), aunque en el primero se aprecia bimodalidad. Esta formación regular se supone que corresponde a un fenómeno cíclico común a toda la población. El grosor decreciente de los anillos corresponde al patrón de formación de anillos regulares (Fig.55).

La tasa de crecimiento del otolito para el período enero de 1996 a junio de 1998, muestra un mayor desarrollo en primavera-verano con incremento bastante estable



el resto del año (Fig.56). Se encuentran diferencias en la tasa de crecimiento del otolito dependiendo del anillo considerado, con decrecimiento con la edad.

Al considerar el porcentaje de otolitos con márgenes opacos o translúcidos, parece existir dos períodos de formación del anillo opaco correspondientes a primavera y otoño, aunque son frecuentes todo el año (Fig.57). Si se determina la época de máxima abundancia de los anillos dependiendo de su grado de formación (opacos finos y gruesos) se sugiere la formación de dos anillos por año. Sin embargo, la fragmentación de la serie temporal y el alto porcentaje de bordes opacos a lo largo de los tres años estudiados, no permite afirmarlo completamente.

Desde el estudio de Aguayo (1980) en el que definió que la anchoveta de la zona centro sur formaba dos anillos por año, se ha utilizado este criterio en la determinación de la edad de esta especie.

### **Validación preliminar del criterio de interpretación**

Los otolitos presentan estructuras de crecimiento similares a las que se forman con periodicidad diaria en otras especies de Engraulidos. Aunque la periodicidad de estos incrementos no se ha determinado, se consideraron como una herramienta útil para aportar información sobre la edad real de las anchovetas, ya que por su periodicidad son precisas (Morales-Nin, 1992).

Los incrementos que constituyen los anillos translúcidos son más finos y menos densos que los que forman los anillos opacos, aunque la transición entre ambos tipos de anillos es paulatina (Fig.53 c, d, f). Los incrementos se forman en torno de un core circular (Fig.53 e) con bastante regularidad.



Debido a la opacidad y pequeño tamaño de las **sagittas** de anchoveta, obtener secciones finas resultó difícil y sólo pudieron interpretarse el 77,8% de los otolitos preparados. Se realizaron varias lecturas de cada otolito (n=3 en cada zona) utilizando tres zonas: antirrostro, postrostro y prisma dorsal del otolito.

Los incrementos son finos y en algunas zonas del otolito es difícil su detección, la menor variabilidad en las lecturas se obtuvo en la zona del postrostro (cauda) donde las lecturas coincidieron en más de un 95%. Las edades se consideraron en días, aunque no se puede determinar el error en que se incurre por no conocer: a) la edad de inicio de la formación de los incrementos en los otolitos, b) la periodicidad real de los incrementos, c) la posible presencia de incrementos finos por debajo del nivel de detección del microscopio óptico ( $\cong 1\mu\text{m}$ ).

Las edades oscilaron entre 263 incrementos para una talla de 12,5 cm y 523 incrementos para una talla de 16,5 cm. Aunque la edad determinada por los incrementos es más baja que la edad determinada por el número anillos dividido por 2, existe correlación entre ambos valores ( $r^2=0,57$ ). La pequeña muestra analizada permite aportar cierta evidencia de que, de los anillos observados, no todos los anillos translúcidos identificados son **annuli**, por lo que el criterio de una formación con periodicidad menor a la anual parece confirmarse.

### **Relación tamaño del otolito - talla del pez**

La regresión entre la longitud máxima del otolito ( $L_o$ ) y la talla del pez (N=2671) mostró una buena correlación  $r=0,853$  e isometría ( $b=0,986$ ) entre ambas variables (Fig.59a). El análisis de los residuales no mostró ninguna tendencia definida en la variabilidad entre ambos parámetros.



### **Comparación de las curvas de crecimiento entre sexo**

Los parámetros de crecimiento de sardina común y anchoveta, hasta la fecha, se han procesado sin diferenciar por sexo, ya que de acuerdo a lo señalado por Aguayo y Soto (1978) y Aguayo (1980) no existen diferencias significativas entre el crecimiento de machos y hembras, lo que fue establecido analizando la proporcionalidad existente entre los incrementos en longitud del pez y el incremento en longitud del otolito.

En el presente estudio se aplicó un test multivariado como es el test  $T^2$  de Hotelling para establecer si efectivamente no existen diferencias entre los parámetros de crecimiento. La hipótesis de igualdad existente entre el crecimiento de machos y hembras fue aceptada tanto para sardina común como para anchoveta ya que, para la primera especie, el valor  $T^2$  calculado de 3,37 fue menor al valor crítico de 7,84, mientras que en anchoveta el valor  $T^2$  calculado de 6,53, también fue menor al valor crítico de 7,84. De manera que se corroboró lo informado con anterioridad por Aguayo y Soto (1978) y por Aguayo (1980), pudiéndose procesar, ambas especies, sin diferenciar por sexo (Tablas 32b y 32c).

### **Comparación de curvas de crecimiento ajustadas con la edad y con el grupo de edad.**

Con el objeto de verificar si al estimar los parámetros de crecimiento, utilizando los pares de datos de edad-longitud pez y de grupo de edad-longitud pez, es decir, considerando en el primer caso, el número de anillos presentes en los otolitos, y en el segundo, la clase anual a la que pertenecen los ejemplares. Para ello se compararon las estimaciones de parámetros estimadas para anchoveta de los años 1996 y 1997 empleando la edad y el grupo de edad, estableciendo mediante el test  $T^2$  de Hotelling, que la hipótesis de nulidad se rechaza ya que el valor observado de 82,69 resultó superior al valor crítico de 7,83. Esto señala que se logran diferencias estadísticamente



significativas al emplear en los ajustes de crecimiento, la edad o el grupo de edad. Ambos procedimientos son válidos, pero al comparar sus resultados se debe establecer claramente, la forma como fueron estimados (Tabla 32d).

### Cálculo de los parámetros de crecimiento estacional

La curva del crecimiento determinada para los grupos de edad y para los tres años en conjunto, muestra un buen ajuste de los valores teóricos a los observados (Fig.60). Los parámetros que describen el crecimiento son los siguientes:

$L_{\infty}$ (cm)	K año <sup>-1</sup>	$t_0$	$\phi$	r	Nº
19,56	0,459	-1,432	2,241	0,725	2,456

Los parámetros del crecimiento estacional determinados para la anchoveta muestran una tendencia similar a la de la sardina, con una relativa bondad del ajuste de la curva a los puntos (Fig.61), probablemente como en el caso de la sardina, influido por las clases de edad 1 que son ejemplares mayoritariamente de 6 meses de vida.

Los parámetros calculados y sus coeficientes de variación (en paréntesis) son:

$L_{\infty}$ cm	K año <sup>-1</sup>	$t_0$	$\phi$	C	WP
19,75	0,388	-1,315	2,179	1	0,557
(0,11)	(0,61)	(-3,16)		(0,97)	(0,26)

### Estacionalidad del crecimiento e interpretación de los otolitos

La formación de anillos de crecimiento estacional (*annuli*) en los otolitos ha sido ampliamente utilizada para la determinación de la edad (Bagenal & Tesch, 1978; 80



Beamish & McFarlane, 1987). Sin embargo, las causas de la formación de los anillos no son bien conocidas, ya que el crecimiento del otolito es un fenómeno complejo que integra aspectos endógenos y exógenos, aunque estos últimos son regulados fisiológicamente. Diversos factores han sido considerados como causantes de la formación de los anillos translúcidos y opacos: la variación estacional de la temperatura, ciclos en la abundancia y calidad del alimento y los ciclos reproductivos. En una reciente revisión a nivel mundial de la época de formación de los anillos en 94 especies, se obtuvo que generalmente los anillos opacos se forman en primavera y verano, aunque en latitudes altas la formación se produce más tarde y durante más tiempo. Además, no se pudo relacionar claramente la época de puesta con la formación de anillos (Beckman & Wilson, 1995).

En la sardina la formación de los anillos opacos se produce de primavera a otoño (septiembre a mayo). Mientras que en la anchoveta aparentemente se producirían dos anillos, uno en invierno (julio) y otro en primavera (septiembre-noviembre).

En el estudio de Aguayo (1976) del stock del norte de Chile, se relacionó la formación de los anillos con los dos picos de puesta, el pico principal en junio-julio y el secundario en noviembre-diciembre. En un estudio de la anchoveta de Talcahuano con material de 1970, Aguayo (1980) confirmó la presencia de dos anillos por año en el stock sur. Sin embargo, en la actualidad la actividad reproductiva comienza en mayo con su máximo en septiembre y un período de desove entre septiembre y enero del año siguiente (Barría *et al.* 1998).

Las causas de la formación de los anillos pueden ser diversas. Así en la sardina la formación de los anillos opacos corresponde al período de incremento de la temperatura del agua en la zona de Talcahuano (Fig. 62a). En esta especie el desarrollo gonadal se produce de mayo a julio y la puesta entre agosto-octubre (Barría



*et al.*, 1998). La formación del anillo hialino está asociada al período de desarrollo gonadal, que a su vez corresponde a la disminución del factor de condición, mientras que la puesta se asocia con una disminución en la frecuencia de los anillos opacos (Barría *et al.*, 1998).

En la anchoveta el desarrollo gonadosomático se inicia en mayo para alcanzar un máximo en septiembre, seguido de una puesta prolongada de septiembre a enero. El factor de condición sigue una tendencia similar, pero con un desfase de tres meses, alcanzando el mínimo en julio, e incrementándose de agosto a diciembre (Barría *et al.*, 1998). La formación de los anillos en anchoveta es mucho menos clara que en sardina, la evolución de la frecuencia del anillo opaco es inversa al aumento de la temperatura y parece decrecer durante el desove (Fig. 62a). El anillo translúcido, si bien presenta un máximo en julio correspondiendo a la temperatura mínima, tiene otros dos máximos correspondiendo con el inicio del desarrollo y el desove, respectivamente.

En el balance bioenergético del organismo, el esfuerzo reproductivo implica disminución en las tasas de crecimiento (Gunderson, 1997). En sardina común la sincronía temporal del gasto energético reproductor con el descenso de la temperatura del agua, puede considerarse como causante de la formación del anillo translúcido. En la anchoveta, las posibles causas de la formación de los anillos son mucho menos aparentes, parece que responden a distintas señales con frecuencia temporal diferente, originando la formación de más de un anillo por año.

### **Validación de las edades y del crecimiento**

En los estudios de edad es necesario conocer la exactitud y precisión de los métodos aplicados. La precisión en las determinaciones indica que son reproducibles, es decir que se interpretan siempre los mismos anillos y que los criterios de interpretación son



coherentes. La precisión es relativamente fácil de obtener ya que puede determinarse por medio de lecturas repetidas de los mismos otolitos, por comparación entre lectores y aplicando análisis de reproductibilidad. En el caso de los pequeños pelágicos, en los que las poblaciones están compuestas de pocas clases de edad, la precisión debe ser alta. Un valor de acuerdo entre lecturas (o lectores) del 95% no sería adecuado cuando la población está compuesta de un máximo de 5 clases anuales (Beamish & Fournier, 1981).

La exactitud de la edad atribuida implica determinar el significado temporal de las estructuras de crecimiento. Este aspecto es fundamental para validar los resultados de las interpretaciones. Idealmente la validación requiere el estudio de una población con individuos de edad conocida que estén marcados e identificados individualmente (Geffen, 1992). Este requerimiento es prácticamente imposible en poblaciones marinas que están compuestas de varias clases de edad. Los experimentos de marcado y recaptura y la cría en cautividad pueden aportar validación parcial de las edades. Otros métodos a aplicar, si bien no tan informativos, son el seguimiento de la formación de los anillos de crecimiento y la utilización de los incrementos de crecimiento diario (que a su vez deben ser validados).

Los métodos indirectos de validación, especialmente el análisis de frecuencia de tallas, pueden aportar solidez a las edades obtenidas y a los parámetros del crecimiento calculados.

Por tanto, consideramos que sería necesario dedicar recursos para la validación de las edades, especialmente en el caso de la anchoveta. En esta especie los incrementos de crecimiento diario han sido validados para la fase inicial del desarrollo (Rojas de Mendiola & Gómez, 1981). Además, la especie puede ser marcada con éxito con tetraciclina, lo que permite la aplicación del marcado (Villavicencio de Muck, 1989).



## Cálculo de los parámetros de crecimiento

Los parámetros del crecimiento determinados por año muestran variación dependiente del rango de tallas considerado y del año. Esta variación es menor cuando se utilizan las clases (grupos de edad) anuales. Ambas especies presentan crecimiento estacional con valores altos de la oscilación del crecimiento.

La disponibilidad de alimento y la temperatura son los principales modificadores del crecimiento (Brett, 1979). El mínimo crecimiento (WP) en junio para ambas especies parece indicar que la variación estacional de la temperatura influye en el crecimiento. Sin embargo, los cambios estacionales suelen afectar no sólo a la temperatura, por lo que las variaciones estacionales en la productividad se reflejarán en estas especies que forman parte de los primeros eslabones de la cadena trófica.

La tasa de crecimiento  $\phi$  de ambas especies es similar,  $\phi=2,214$  para sardina y  $\phi=2,241$  para anchoveta. Estos valores están en el rango de los reportados para otros clupeidos en los que  $\phi$  oscila entre 2,950 para *Sardinops caerulea* y 2,153 para *Engraulis capensis* (Morales-Nin & Pertierra, 1990).

## Determinación del peso de los otolitos

La hipótesis de que el crecimiento en peso de los otolitos entrega estimados reales de la edad de los ejemplares se ha establecido en varias especies, estableciéndose que en peces viejos, el peso de los otolitos se incrementaba a pesar del mínimo crecimiento de la longitud del pez. Esto llevó a la idea de que había una asociación más fuerte entre la edad y el peso de los otolitos, que con la longitud de los ejemplares (Mosegaard *et al.* 1988 y Reznick *et al.* 1989 in Fletcher, 1995) Por otra parte, el método de determinación de edad a través del peso de los otolitos de ha



concebido como una forma más económica de trabajo, para evitar las engorrosas preparaciones de algunos otolitos, o para disminuir las etapas de comparación de lecturas entre lectores cuyo beneficio en tiempo y dinero se canalizaría a incrementar el tamaño de la muestra a medir.

Fletcher (1991), demostró que a pesar de existir una gran sobreposición en las longitudes de edades adyacentes, ésta era menor en el caso del peso de los otolitos en algunas clases de edad de *Sardinops sagax neopilchardus* y que las modas de frecuencias de peso de otolitos eran consistentes con los pesos promedio de edades previamente establecidas.

Sin embargo, este método requiere de un conocimiento previo de la relación entre la edad de los peces y el peso de los otolitos. Con esta relación conocida, se puede establecer una curva de calibración que se puede aplicar a muestras de mayor tamaño, a fin de estimar la edad. Las mejores estimaciones de edad se logran cuando existe una fuerte relación entre ambas variables, en sentido contrario, si la relación es débil o inapropiada, las estimaciones no serán buenas. No obstante, para evitar los sesgos, es posible recalibrar la relación y aplicarla nuevamente y evaluar sus resultados (Worthington *et al.* 1995).

Para la aplicación del método es deseable que las especies presenten desoves sincrónicos y que tengan un ciclo de vida corto. Esto permite disminuir, en alguna medida, la sobreposición de los pesos a las edades mayores.

### **Relación longitud pez - peso otolito.**

Tanto en sardina común como en anchoveta, se observó que la relación entre ambas variables es del tipo potencial, vale decir que en la medida que incrementa la



longitud de los ejemplares se incrementa el peso de los otolitos en una proporción que se aproxima al cubo.

Las ecuaciones que representan esta relación fueron:

$$\text{Sardina común: } PO = 0,009459 * LP^{2,520446}; r^2 : 0,78$$

$$\text{Anchoveta : } PO = 0,018771 * LP^{2,581824}; r^2 : 0,94$$

donde:

PO : Peso de los otolitos ( $g * 10^{-4}$ )

LP : Longitud pez (mm)

En las figuras 62b y 62c se presentan las curvas de ambas relaciones.

Relación peso de los ejemplares - peso otolito

En ambas especies, se comprobó la existencia de una relación de proporcionalidad lineal entre ambas variables, es decir que al incrementar el peso de los ejemplares, se incrementa proporcionalmente el peso de los otolitos.

Las ecuaciones que representan esta relación fueron:

$$\text{Sardina común: } PO = 0,788942 + 0,275715 * PE; r^2 : 0,82$$

$$\text{Anchoveta : } PO = 3,610295 + 0,64790 * PE; r^2 : 0,88$$

donde:

PO : Peso de los otolitos ( $g * 10^{-4}$ )

**PE : Peso de los ejemplares (g)**



En las figuras 62d y 62e se presentan las curvas de ambas relaciones.

Ambas relaciones indican que la determinación del peso de los otolitos podría contribuir a estimar la edad de los ejemplares, por cuanto la proporcionalidad es clara. En el caso de sardina común, que presenta otolitos más pequeños, sería necesario utilizar una balanza con una precisión mayor (0,00001 g), en tanto que en anchoveta, la precisión empleada es suficiente a pesar del mínimo peso de sus otolitos (Fig. 62f y 62g).

## **Análisis de variables climáticas y oceanográficas en la zona centro-sur**

### **Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

De acuerdo con los promedios históricos del período 1945 a 1995, tanto Valparaíso como Talcahuano presentan un claro ciclo anual con máximas temperaturas en febrero y mínimas en julio, siendo menores los promedios de Talcahuano respecto a los de Valparaíso entre 0,6 y 1,8 °C (Fig. 63).

El análisis de series de Fourier indica que la señal de promedios mensuales de la TSM de Valparaíso tiene aportes importantes de energía en los siguientes períodos: 6 y 12 meses; 4 años con 10 meses; 5 años con 11 meses; 17 años con 8 meses y 26 años con 7 meses. Períodos que incluyen variaciones como el ciclo anual, fenómenos de escala intermedia como El Niño y otros de mayor escala. Esto se aprecia tanto en la serie de tiempo de los promedios mensuales, en el promedio de 12 meses aplicados, en la anomalía y en la anomalía acumulada (Fig. 64)

En la serie de promedios mensuales se aprecia claramente la señal anual y una señal de 10 a 14 años aproximadamente, en tanto que en los promedios móviles de



12 meses se ve la señal con un ciclo de 4 a 7 años y en la serie de la anomalía acumulada el ciclo entre 17 y 26 años (Fig. 64). En la anomalía acumulada de la serie se aprecian dos épocas de enfriamiento y calentamiento, la primera comienza en 1947 y termina a mediados de 1964, el enfriamiento comienza en el año 47 y el calentamiento en el 57. La segunda época comienza en 1968, después de cuatro años de transición en que la anomalía se mantuvo con pocas fluctuaciones, y estaría terminando actualmente, de acuerdo a los datos que se tienen. El enfriamiento empezó en el 68 y terminó en el 77, año en que empieza el sistema a calentarse lentamente.

En Talcahuano se obtuvo los principales aportes de energía en los siguientes períodos: 12 meses; 3 años con 9 meses; 5 años con 4 y 10 meses; 8 años con 10 meses y 26 años con 7 meses. En la señal de promedios mensuales el ciclo anual se aprecia claramente, no así los períodos de 3, 5 y 8 años, y en la anomalía acumulada el ciclo que se observa es de más de 30 años (Fig. 65).

La anomalía acumulada en Talcahuano muestra un solo ciclo de enfriamiento y calentamiento, el cual se inicia en 1947 y termina en 1989. El enfriamiento empezó en 1947 y terminó en 1960, manteniéndose un leve calentamiento desde ese año hasta 1977, en que el calentamiento se hace más pronunciado. El sistema en Talcahuano inició una fase de enfriamiento en 1989, manteniéndose esa situación hasta la fecha.

### **Viento e Índices de Surgencia y Turbulencia**

Para el estudio de la variabilidad temporal de los procesos ambientales y su incidencia en los recursos es necesario utilizar series de tiempo lo más largas posibles. En el caso del viento ésta es una difícil tarea, ya que la ubicación de las estaciones meteorológicas no está orientada hacia el estudio de procesos sino que



hacia el dato sinóptico. Además no existe una continuidad y control de calidad adecuada en la información, realizándose cambios en los anemómetros sin que esté registrado o corregido, de modo que aparecen saltos en la serie que sólo son explicables por problemas instrumentales. El análisis de la información de viento es referencial y si bien permite definir el ciclo anual, es muy difícil establecer con absoluta certeza las variaciones interanuales. Es necesario desarrollar, en un futuro proyecto, una metodología complementaria que permita determinar el viento en la zona costera que represente los cambios ambientales reales. Esta puede ser mediante gradientes de presión, datos de satélites, etc.

El viento registrado en las estaciones meteorológicas de Punta Angeles (Valparaíso) y en Tumbes (Talcahuano), muestran una clara diferencia en cuanto a la dirección predominante y la intensidad (Fig. 66 a y b). En Valparaíso los vientos de mayor intensidad provienen del tercer cuadrante (suroeste) y del primer cuadrante (noreste) y en Talcahuano del cuarto cuadrante (noroeste) y del segundo cuadrante (sur este). Esta diferencia en la dirección, además de señalar una diferencia en el comportamiento de los vientos, está fuertemente influenciada por la ubicación de la estación y la orientación y morfología de la costa.

El histograma de frecuencia relativa (Fig. 66b) de la dirección del viento en Valparaíso es bimodal, con una moda de aproximadamente el 50% de los datos proveniente del suroeste y una más pequeña con menos de un 10% de los vientos provenientes del norte. En Talcahuano la distribución también es bimodal con una moda principal centrada en los 180° (sur) con un 30% de los datos y una segunda moda con un 10% de la información de la dirección noroeste. Para la intensidad del viento presenta una distribución unimodal, donde la mayor frecuencia en Valparaíso es de 9 a 10 m/s y en Talcahuano de 5 a 6 m/s.



La señal anual de los promedios mensuales del índice de surgencia (Fig. 67a) en Valparaíso y Talcahuano presenta sus máximos valores en el período octubre a febrero (primavera - verano), en tanto que los mínimos en el período mayo - agosto (otoño - invierno). La desviación estándar es mayor en primavera verano en Valparaíso y en invierno en Talcahuano.

En Valparaíso la señal promedio es positiva durante todo el año, con algunos eventos negativos (hundimiento) durante el período de invierno. Para Talcahuano la situación es un tanto diferente ya que los valores promedio son negativos entre los meses de abril y septiembre.

La señal anual del índice de turbulencia (Fig. 67a) de Valparaíso presenta una curva muy similar que la del índice de surgencia, donde el máximo se observa en primavera y verano y el mínimo en otoño - invierno. En Talcahuano el comportamiento es completamente opuesto, éste es, mínimo en otoño - invierno y máximo en primavera verano. Esta diferencia plantea que entre Valparaíso y Talcahuano existe una dinámica costera distinta, la que estaría gobernada por la posición del anticiclón del Pacífico, lo que debiera incidir fuertemente en el comportamiento de los recursos.

La variabilidad interanual del índice de surgencia (Fig. 67b) en base a los promedios mensuales, muestra para el período 1970 - mayo 1999 diferentes comportamientos entre Valparaíso y Talcahuano. En Valparaíso la señal anual es menor que en Talcahuano y la tendencia general (promedio móvil de 13 meses) es positiva, con máximos en los años 74, 80-86 y 92-94 y mínimos en los años 73, 77, 89-90 y 94. En Talcahuano la tendencia general (promedio móvil de 13 meses) es más pequeña y varía entre positiva y negativa.



La variabilidad interanual del índice de turbulencia es mayor en Valparaíso que en Talcahuano, con máximos en los años 74 y 95-97. La tendencia general en Talcahuano presenta una leve disminución de la turbulencia desde los años 70 a 95 y del 96 a 97 un pequeño aumento.

El análisis de serie de Fourier aplicado para los índices de surgencia y turbulencia en Valparaíso, determinó que tienen una fuerte componente en el período de 12 meses (ciclo anual), seguidos por aportes de otros períodos. El índice de surgencia muestra picos de energía a los 6, 11.56 y 13 meses y a los 2.89 y 13 años, mientras que el índice de turbulencia a los 1.2, 2, 2.17, 2.89, 5.2, 6.5, 8.7 y 13 años. Esto confirmaría que en la zona de estudio la componente estacional es la más importante seguida por algunas variaciones de mayor período asociadas a el ciclo ENOS (El Niño Oscilación del Sur).

### **Análisis del factor de condición, tasa de crecimiento, índice reproductivo y variables ambientales relevantes**

La información histórica 1978-1998 del peso de las gónodas, índice gonadosomático de la sardina común de la zona centro-sur de Chile, indica que el proceso reproductivo en ésta especie comienza a manifestarse desde mayo para alcanzar su máximo desarrollo en julio. Posteriormente, se manifiesta un sólo desove anual en los meses de agosto-octubre (Fig. 68A y B).

En relación al factor de condición, la sardina común presenta una relación inversa con el índice gonadosomático, debido a que el crecimiento somático disminuye en los meses de abril a julio, período en que se incrementa el peso de la gónoda y lo contrario sucede desde julio a febrero del año siguiente, comprobándose un balance energético (Fig. 68A, B y C).



Al efectuar la relación del factor de condición con la temperatura superficial del mar, se puede constatar una estrecha asociación temporal, lo que indicaría una adecuación de esta especie a su hábitat. En relación al peso de la gónada e índice gonadosomático exhiben una relación inversa con la temperatura superficial del mar (Fig. 68D). El análisis estadístico de la temperatura superficial del mar con el índice gonadosomático, señala la existencia de una relación inversa con una fuerte pendiente negativa ( $IG = -2,3123TSM + 33,28$ ) y un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,73$ . La explicación se relaciona a que la mayor actividad reproductiva ocurre en los meses de invierno, donde la temperatura es más baja (Fig. 69A).

Respecto a la relación entre la temperatura superficial del mar y el factor de condición se observa una relación directa con una débil pendiente positiva ( $FC = 0,1059 TSM - 0,6166$ ) y un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,64$ . Esto se explica por la asociación directa de factores de condición y la temperatura, en lo cual influye la oferta que disminuye en invierno y la distribución de energía en el interior del pez (Fig. 69B).

Por otro lado, el índice gonadosomático y el incremento marginal de sardina común, tiene una estrecha asociación temporal, lo cual indicaría que en el período de máxima actividad reproductiva queda impresa la formación del anillo hialino y coincide con las bajas temperaturas del año (Fig. 68D y E).

La información histórica de 1979-1998, del peso de la gónada e índice gonadosomático de la anchoveta de la zona centro-sur de Chile, indica que la actividad reproductiva en ésta especie comienza a manifestarse desde mayo para alcanzar su máximo desarrollo de septiembre a noviembre. Posteriormente, se manifiesta un período de desarrollo prolongado desde septiembre a enero del año siguiente (Fig. 70A y B).



En relación al factor de condición de la anchoveta, presenta un patrón estacional similar al índice gonadosomático. Sin embargo, existe un desfase temporal de tres meses, obteniendo su valor más bajo  $FC=0,5$  en julio, incrementándose en forma sostenida de agosto a diciembre (Fig. 70C).

Al efectuar la relación del factor de condición con la temperatura superficial del mar, se puede constatar una estrecha asociación temporal a su hábitat de manera similar a la sardina común (Fig. 70D).

El análisis estadístico de la temperatura superficial del mar con el índice gonadosomático señala la existencia de una débil relación inversa con una pendiente negativa ( $IG=-0,5662TSM+11,53$ ) y un coeficiente de determinación de  $R^2=0,06$ . Esto se explica por que la mayor actividad reproductiva se produce hacia fines de invierno-primavera, período en el cual las temperaturas son bajas a semi-cálidas (Fig. 71A).

Respecto a la relación de la temperatura superficial del mar y el factor de condición, se observa una relación directa con una pendiente positiva ( $FC=0,0447 TSM+0,032$ ) y un coeficiente de determinación de  $R^2=0,82$ . Los factores explicativos al igual que en sardina, se relacionan a la disminución de oferta trófica en invierno y la canalización de energía a procesos reproductivos en ese período invernal (Fig. 71B).



**4.4. Objetivo 4. Cuantificar los efectos de las variaciones del peso en la estimación de las estrategias de explotación en los stock de sardina común y anchoveta Modelo de proyección del stock de sardina común bajo régimen de tasa de explotación constante.**

El modelo de proyección del stock de sardina común, se analiza considerando cuatro estrategias de explotación constantes, que son:  $F_{2/3}$ ,  $F_F = M$ ,  $F_{0.1}$ , y  $F_{1/3}$ . Además, el modelo de proyección con tiene un modelo de reclutamiento constante con variación estocástica, la otra consideración es la inclusión de tres variantes relacionadas con el peso promedio, mínimo y máximo. Los resultados de los índices de desempeño se entregan a continuación.

**Análisis con la variante peso promedio**

Este análisis muestra que en todas las estrategias evaluadas, el stock de sardina común se encuentra muy condicionado por la fortaleza del reclutamiento y en el largo plazo tiende a una estabilización de los índices de desempeño como captura, biomasa y biomasa desovante. Este resultado se produce debido a que el stock se encuentra sometido a un régimen demográfico, de tasas de mortalidad constantes y reclutamientos que tienden a estabilizarse a través de los años, pasada una generación de sardina común.

El análisis también muestra que la aplicación de cualquier estrategia, tiende a la estabilización del stock y las que poseen mayores magnitudes de  $F$ , producen un aumento de las capturas, esto es especialmente notable bajo  $F_{1/3}$ ,  $F_F=M$  y  $F_{0.1}$ . Sin embargo, estas estrategias son también las que reducen más los niveles de stock total y el stock desovante (Fig. 72, Tabla 33).



La estrategia  $F_{2/3}$ , se sitúa en una situación opuesta respecto a las anteriores, implican capturas menores, pero lo hace salvaguardando una mayor cantidad de stock desovante (Fig. 72, Tabla 33).

Referente a los índices de desempeño, se observa que el incremento de las tasa de explotación genera mayores capturas, pero éstas presentan un mayor coeficiente de variación (Tabla 33). Sin embargo, las mayores tasas de explotación, también producen una disminución de la biomasa total y el tamaño del stock desovante.

Entre las estrategias analizadas,  $F_{2/3}$  es la más conservadora de todas. Como se observa en la figura 72, su adopción significa optar por un riesgo menor. Después de una disminución de corto plazo de la biomasa desovante, la tendencia del stock es a situarse en un nivel muy próximo al actual (Fig. 72B).

### **Análisis de las variantes con pesos mínimos y máximos**

El modelo de proyección se analizó considerando las variaciones sistemáticas de los pesos por grupo de edad a valores mínimos y máximos.

Esta condición extrema en la condición de los pesos medios, se puede atribuir a una selección direccional del ambiente sobre la población natural, condición apropiada para los pesos máximos. El efecto de la pesca sobre la estructura poblacional que tiende a extraer en forma sistemática peces que crecen más rápido es una condición apropiada de los pesos mínimos.

El resultado de los índices de desempeño del modelo de proyección con la aplicación de pesos mínimos por grupo de edad en comparación con el valor promedio de la serie analizada, genera en el corto y largo plazo biomasa, stock desovante, reclutamiento y



captura de menor magnitud, las cuales presentan un mayor coeficiente de variación (Tablas 33 y 34; Figs. 72 y 73).

Los índices de desempeño del modelo de proyección con la aplicación de pesos máximos por grupo de edad, presenta mayores biomásas totales, stock desovante, reclutamiento y captura que bajo la aplicación de los pesos promedio. Sin embargo todos estos índices tienen una menor variabilidad interanual (Tablas 33 y 35; Figs 72 y 74).

Por lo tanto, se puede señalar que en el caso de la sardina común, la estrategia de explotación constante equivale a cosechar anualmente una fracción fija de biomasa. Los resultados de este análisis indica que la presencia de fuertes cambios de reclutamiento genera capturas variables al contrario de una situación estable. Considerando como supuesto que esta simulación, contiene un modelo de reclutamiento estocástico en el cual están incorporadas las variaciones del ambiente. Es factible que la relación stock-reclutamiento pueda establecerse a futuro en el sentido de analizar los procesos biológicos y oceanográficos de los primeros estadios de desarrollo de la sardina común. Para caminar en este sentido, debe incorporarse el modelamiento de los patrones de circulación de las masas de aguas para poder cuantificar adecuadamente la fuente de mortalidad por fenómenos de transporte fuera de las áreas de retención larval. Otro método que debe desarrollarse es tener indicadores de la producción biológica del ecosistema en las áreas de alimentación, mediante cuantificaciones **in situ** y proyección a mesoescala a través de mediciones satelitales. Estas son investigaciones de punta y actualmente estas tecnologías están en su etapa de desarrollo en Canada y USA. En Chile deben ser incorporadas en el futuro, para mejorar nuestra comprensión de las relaciones existentes entre el stock desovante y reclutamiento y también obtener mayor robustez de estas simulaciones.



El enfoque de este proyecto fue analizar la estrategia de explotación constante que consiste en aplicar una tasa de mortalidad que equivale a obtener anualmente una fracción fija de la biomasa del stock, (Anónimo, 1998), independientemente si la biomasa aumenta o disminuye por efectos ambientales, en este enfoque además se analizó la variación sistemática de los pesos medios. En muchos stock de peces, es necesario conocer su capacidad de recuperación para definir apropiadamente una estrategia de  $F\%$  de la biomasa (Sissenwine and Shepherd, 1987). Sin embargo,  $F_{2/3}$  es un porcentaje del stock desovante conservativo, que puede ser seleccionado para este stock.

### **Modelo de proyección del stock de anchoveta bajo régimen de tasa de explotación constante**

El modelo de proyección del stock de anchoveta, se analiza considerando también cuatro estrategias de explotación constantes, que son:  $F_{2/3}$ ,  $F_{F=M}$ ,  $F_{0.1}$ , y  $F_{1/3}$ . Además, el modelo de proyección tiene un modelo de reclutamiento estocástico y considera el cambio sistemático de pesos promedios, mínimos y máximos por grupo de edad. Los resultados de los índices de desempeño se entregan a continuación.

### **Análisis de la variante de pesos promedios**

Este análisis muestra que en todas las estrategias evaluadas, el stock de anchoveta alcanza en el largo plazo una estabilización de los índices de desempeño como captura, biomasa y biomasa desovante. Este resultado se produce debido a que el stock se encuentra sometido a un régimen demográfico, de tasas de mortalidad constantes y reclutamientos, por lo tanto, el stock tiende a estabilizarse a través de los años, pasada una generación de anchovetas (Fig. 75). Cabe mencionar que en esta proyección el reclutamiento es una condición de la proyección y los rangos de la variabilidad se reproducen acorde con la variación detectada durante la evaluación de stock.



El análisis también muestra que la aplicación de cualquier estrategia, tiende a la estabilización del stock y que las mayores magnitudes de  $F$ , producen un aumento de las capturas, esto es especialmente notable con  $F_{0.1}$  y  $F_{1/3}$ . Sin embargo, estas estrategias son las que más reducen los niveles de stock total y la biomasa desovante (Figs. 75 B y D).

Las estrategias  $F_{2/3}$ ,  $F_{F=M}$  se sitúan en una situación opuesta respecto a las anteriores, implican capturas menores, pero lo hacen salvaguardando una mayor cantidad de stock desovante (Figs. 75 B y D).

Referente a los índices de desempeño, se observa que el incremento de las tasa de explotación genera mayores capturas, pero éstas presentan un mayor coeficiente de variación (Tabla 36). Sin embargo, las mayores tasas de explotación, también producen una disminución de la biomasa total y el tamaño del stock desovante.

En general en la proyección los índices de desempeño, tienen mayores coeficientes de variación a magnitudes altas de mortalidad por pesca.

Entre las estrategias analizadas,  $F_{2/3}$  aparece como la más conservadora de todas. Como se observa en la figura 75, su adopción significa optar por un riesgo menor. El stock de anchoveta después de una disminución de corto plazo de la biomasa desovante, su tendencia es situarse en un nivel más bajo que el actual. Esto se produce porque el año de inicio de la proyección es 1996 y es el nivel más alto de abundancia del stock, por lo tanto, cualquier estrategia de explotación por conservadora que sea no es capaz de contrarrestar la racha de bajos reclutamientos.

### **Análisis de las variantes con pesos mínimos y máximos**

El modelo de proyección se analizó considerando la variación sistemática de los pesos promedios por grupo de edad a valores mínimos y máximos. El valor del peso mínimo se



obtuvo al restar una desviación estándar al peso promedio, el peso máximo por grupo de edad se calculó sumando al peso promedio la variación de una desviación estándar.

Esta situación de la variación sistemática de los pesos medios, se puede provocar en una pesquería por un efecto de muestreo o por efecto de la variabilidad biológica que esté afectada por una presión selectiva direccional sobre la población de anchoveta. Ejemplo de esto es que la población tiende a tener ejemplares de menor peso por grupo de edad, condición que puede ocurrir por cambio de regímenes del ecosistema o por efectos de la pesca.

El resultado de los índices de desempeño del modelo de proyección con pesos mínimos por grupo de edad en comparación con el valor de pesos promedio, indican que se generan en el corto y largo plazo biomasa, stock desovante, reclutamiento y capturas de menor magnitud, las cuales presentan un mayor coeficiente de variación (Tablas 36 y 37, Figs. 75 y 76). La situación contraria sucede con los índices de desempeño del modelo de proyección con la aplicación de pesos máximos. En este caso particular se obtuvieron mayores biomاسas, stock desovante, reclutamientos y capturas las cuales presentan una menor variabilidad con respecto a la situación promedio (Tablas 36 y 38 y Figs. 75 y 77).

Cabe mencionar que el análisis del modelo de proyección con cambios de pesos por grupo de edad debe entenderse como el resultado de una simulación de un modelo poblacional bajo la restricción de “que sucedería si”, se dieran las condiciones descritas. Por lo tanto, se puede señalar que en el caso de la anchoveta, la estrategia de explotación constante equivale a cosechar anualmente una fracción fija de biomasa. Los resultados de este análisis indican que la presencia de fuertes alteraciones del reclutamiento estocástico genera los cambios a nivel poblacional produciendo alteraciones que difícilmente se pueden contrarrestar con el control de la mortalidad por pesca. Considerando como supuesto que esta simulación, contiene un modelo de reclutamiento estocástico que describe apropiadamente esta relación en el cual están



incorporadas las variables ambientales relevantes. Cabe mencionar que en este stock se carece de una serie larga de datos para poder establecer una relación stock-reclutamiento y analizar en conjunto con la variabilidad ambiental. Sin embargo, para obtener esta relación se deben realizar esfuerzos de reconstruir la historia de la pesquería de pequeños pelágicos de la zona centro-sur. Es factible que la relación stock-reclutamiento pueda ser obtenida, en el sentido de analizar los procesos biológicos y oceanográficos de los primeros estadios de desarrollo de la anchoveta.

Finalmente, es necesario indicar que este análisis se efectuó para conocer el efecto sistemático de los pesos promedios como se señaló en la propuesta técnica. Sin embargo, la consultora Dra. Ana Parma señaló que estas especies de vida corta por su velocidad de crecimiento presentan escasas variaciones en los pesos promedios y por su carácter estacional existen otros factores que inciden en la estrategia de explotación. Al respecto, sus comentarios sobre el presente proyecto se encuentran en el Anexo 1.

Respecto a los excedentes de producción del stock de sardina común, se pudo observar (Tabla 39) que para el período 1990-1997 se constabiliza un total acumulado de 2.383.243 t y los desembarques en igual período fueron de 2.445.798 t, por lo tanto, la explotación del recurso se excedió en 60.554 t. Este resultado es consistente con el diagnóstico con el recurso.

En relación a los cálculos de los excedentes de producción del stock de anchoveta, se puede constatar (Tabla 40) que para el período 1990-1997 se constabiliza un total acumulado de 3.698.148 t y los desembarques acumulados para el mismo período fueron de 1.979.342 t, por lo tanto, la explotación del recurso ha sido inferior al excedente productivo, estimándose un excedente de 1.716.806 t. Este resultado también es consistente con el diagnóstico entregado en el presente informe.



## 5. CONCLUSIONES

- La distribución geográfica de las capturas de la flota pelágica en el período 1990-1997 indica una fuerte expansión del área de pesca de pequeños pelágicos hacia la región sur de la isla Mocha a partir de 1994.
- Existe al menos un área de concentración de pesca para la anchoveta situada entre los 36° y 37° LS. Actualmente la sardina común presenta 2 áreas de pesca importantes una ubicada en los 33°-34° LS y la otra al sur de los 39° LS.
- Se estableció la existencia del crecimiento estacional para sardina común y anchoveta de la zona centro-sur, determinándose que en ambos recursos el crecimiento mínimo se produce en los meses invernales.
- La sardina común en cuanto al análisis de la evolución del material hialino y opaco en el borde del otolito indica que predomina el hialino en invierno, lo que evidencia que esta especie forma un anillo por año.
- Para anchoveta se estableció mediante un análisis de microincrementos diarios que los anillos hialinos tienen una periodicidad de formación inferior a la anual.
- Para anchoveta y sardina común no existe diferencia significativa en el crecimiento entre machos y hembras. Sin embargo, existen diferencias al comparar la curva de crecimiento entre edad y grupos de edad.
- En ambas especies existen una relación alométrica entre la longitud del pez y el peso del otolito. Además, se constató una relación proporcional entre el peso de



ejemplo del ejemplar y peso del otolito, lo cual sugiere que pueden estimarse curvas de calibración entre el peso - otolito y la edad.

- La señal anual de la TSM de los puertos de Valparaíso y Talcahuano presentan un ciclo estacional con valores promedios más bajos en Talcahuano ( $-1^{\circ}\text{C}$ ).
- Las anomalías acumuladas de TSM de Valparaíso y Talcahuano muestran un comportamiento diferente en el tiempo. Para el período 1990-1998, se encontró que Valparaíso está en una fase de calentamiento, en cambio, Talcahuano está en una fase de enfriamiento.
- En sardina común se constata una estrecha asociación entre el índice gonadosomático y la formación del anillo hialino, período que coincide con la más baja temperatura del año. Hay una estrecha relación de la TSM y el Factor de Condición de sardina común y anchoveta, lo cual indica una adecuación a su hábitat.
- Los resultados de ADAPT muestran que el nivel actual de explotación en el stock de sardina común supera las estrategias de explotación  $F_{2/3}$ ,  $F_{F=M}$ ,  $F_{0,1}$  y  $F_{1/3}$ . Aunque los resultados de la evaluación de stock muestran tasas de explotación elevadas, de ser efectiva la notable disminución del stock parental por sobrepesca, se debe recomendar medidas de administración tendientes a proteger un stock desovante mínimo.
- En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento,  $F_{2/3}$  es el más conservador y corresponde aproximadamente a un nivel inferior de explotación al que actualmente soporta el stock. Esta magnitud genera en el corto plazo una disminución poblacional, pero en el largo plazo mantiene un nivel de captura con menor variabilidad. Esta estrategia de



explotación en un lapso de 20 años tiende a estabilizar el stock y puede mantener capturas de 136 mil toneladas anuales.

- La otra estrategia de explotación que evita la sobrepesca por crecimiento es  $F_{1/3}$  y corresponde a un nivel superior inclusive a  $F_{0,1}$  no siendo recomendable. La estrategia de explotación  $F_{F=M}$  es una magnitud que ha soportado el stock de sardina común y constituye un nivel excesivo de mortalidad por pesca.
- Los resultados de ADAPT muestran que el nivel actual de explotación del stock de anchoveta es bajo. Aunque los resultados de la evaluación de stock muestran tasas de explotación bajas, de ser efectiva la notable disminución del reclutamiento en el último año, se debe recomendar medidas de administración tendientes a proteger un stock desovante mínimo.
- En relación a las estrategias de explotación que consideran la variación sistemática de los pesos promedio por grupo de edad, que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento, el punto biológico de referencia  $F_{2/3}$ , es el más conservador y corresponde aproximadamente al nivel de explotación al que actualmente soporta el stock.
- La otra estrategia de explotación que evita la sobrepesca por crecimiento es  $F_{1/3}$  y corresponde a un nivel superior inclusive a  $F_{0,1}$  no siendo recomendable. La estrategia de explotación  $F_{F=M}$  es una magnitud que ha soportado el stock de anchoveta y no constituye un nivel excesivo de mortalidad por pesca, lo cual permite mantener una captura anual promedio de largo plazo de 300 mil toneladas.





## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, H.,M.1976. Edad y crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns) del norte de Chile (Arica-Iquique).Inv. Pesq. (23):1-27.
- Aguayo, M. y S. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) en Coquimbo y Talcahuano. Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile, 27 : 55.
- Aguayo, M. 1980. Determinación de edad de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) de Talcahuano. En: Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales. Dinámica Poblacional de sardina y anchoveta, zona de Talcahuano. Corporación de Fomento de la Producción. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. 20-36 p. (AP 80-3).
- Bagenal, T.B. & F.W.Tesch, 1978. Age and Growth. *In* Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, T.B.Bagenal (ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, England: 101-136.
- Bakun y Panish
- Barría P. 1989. INVES. Evaluación Captura total permisible anchoveta año 1989. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 13pp. 7 Anexos.



- Barría P. 1991. Evaluación del stock de anchoveta 1990,. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca-Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 19 pp. 16 Anexos.
- Barría P. 1992. Investigación evaluación del stock de anchoveta 1992. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca - Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 16 pp. 15 Anexos.
- Barría P. 1995. Investigación evaluación del stock de anchoveta 1994. Informe Técnico. Subsecretaría de Pesca-Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 27 pp. 17 Anexos.
- Barría P. 1996. Investigación evaluación del stock de anchoveta 1995, I y II Región. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 31 pp. 22 Anexos.
- Barría, P., G.Böhm, A. Aranís, R. Gili, M. Donoso y S. Rosales, 1998. Evaluación indirecta y análisis de la variabilidad de crecimiento de sardina común y anchoveta en la zona centro-Sur. Primer informe de avance. FIP 97-10. Instituto de Fomento Pesquero.
- Bakun, A and R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru Current systems. *CaCOFI Rep.* 23: 99-112.
- Barrueto S.,C. 1993. Edad y crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) de Iquique y Talcahuano mediante análisis de otolitos. Seminario de Título. Dpto. Oceanografía. Univ. de Concepción, 81 p.
- Beamish. R.J. & D.A. Fournier, 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*38: 982-983.



- Beamish, R.J. & G.A.McFarlane, 1987. Current trends in age determination methodology. *In* Age and Growth of Fish. R.C.Summerfelt & G.E.Hall (eds). Iowa State University Press, Iowa, USA: 15-42.
- Beckman, D.W. & C.A. Wilson, 1995. Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths. *In* Recent Developments in Fish Otolith research. D.H.Secor, J.M.Dean & S.E:Campana (eds). University South Carolina Press, Columbia, USA. 27-44.
- Bernard, D.R. 1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 233-236.
- Böhm S., G., L. Caballero G., H. Muñoz O., V. Bocic W., H. Hidalgo V. y R. Serra B. 1993. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Pelágicas. Zona centro-Sur 1992. Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. Convenio CORFO-IFOP. Corp. Fom. Prod. Gerencia de Desarrollo Tecnológico (SCI-IFOP 93/5) Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile 57 p.
- Brandhorst, W. y O. Rojas. 1965. Sobre la biología de la sardina (*Clupea bentincki*, Norman) en aguas chilenas entre Coquimbo y Talcahuano. Boletín Científico. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago, Chile, 1: 72-92.
- Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth.*In* Fish Physiology. Vol.8. Bioenergetics and Growth. W.S.Hoar, D.J.Randall and J.R.Brett (eds). Academic Press, N.Y.USA: 599-675.
- Butterworth, D.S., G. Huges and F. Strumpfer. 1990. VPA with ad hoc tuning: implementation for desaggregated fleet data, variance estimation, and



application to the namibian stock of the cape horse mackerel *Trachurus trachurus capensis*. S. Afr. J. mar. Sci 9:327-357.

Castillo, G. y A. Arrizaga. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols,1920) en aguas de Chile Central. Biol.Pesq. Pont. Univ. Cat. de Chile (Talcahuano) 16:19-33.

Cerrato, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. Can J. Fish Aquat. Sci., 47 : 1416-1426.

Clark, W. and Hosking, P. 1986. Statistical Methods for Geographers. De. John Wiley & Sons.

Cubillos S.,L. y H. Arancibia F. 1993. Análisis de la pesquería de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) del área de Talcahuano, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 21: 3-21.

Cubillos S.,L., R.Alarcón M., H.Arancibia F., L.Vilugrón A., D.Bucarey S., M. Canales A., L.Galaz O., A. Hernández R., L. Miranda A., C. Barrueto L., G. Vásquez V. y R. Gili V. 1996. Evaluación de la pesquería y del stock de sardina común en la zona centro-Sur. Informe final FIP 94-11. Instituto de Investigación Pesquera Octava Región S.A.- Instituto de Fomento Pesquero, 254 p.

Dannevig, E.H. 1933. On the age and growth of the cod (*Gadus callarias* L.) from the norwegian Skagerrack Coast. Rep. Norw. Fish and Mar.Inv. 4 (1):145, 4 láminas.



- Degens, E.T., W.G.Denser and R.L.Haedrich. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology (Berlin)* 2 : 105-113
- Deriso R.B., T. J. Quinn II, & P.R. Neal. 1985. Catch-at-age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 815-824.
- Doubleday W. G. 1976. A least squares approach to analysing catch -at-age data. *International Commision For the Northwest Atlantic Fisheries Reseach Bulletin* 12:69-81.
- Eastman, J. 1992. IDRISI Version 4.1, User's Guide and Technical References. Clark University Graduate School of Geography, USA.
- Efron, B.1979. Bootstrap methods: another look at the jackknife. *The Annals of Statistics*. Vol. 7, 1:1-26.
- Efron, B. 1982. The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia. 92 p.
- FAO. 1982. La recolección de estadísticas de captura y esfuerzo. FAO, Circ. Pesca (730): 65 p.
- FAO, 1993. Reference point for fishery management: their potential applications to sttraddling and highly migratory resources. FAO Fisheries Circular N° 864. 52p. Rome.
- FAO, 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1. Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries an species introductions. Elaborated by Technical Consultation on the Precautionary Approach to



capture Fisheries (Including Species Introductions). Lysekil, Sweden, 6-13 June 1995 (A scientific meeting organized by the Government of Sweden in cooperation with FAO). FAO Fisheries Technical Paper. N° 350.Part1...,47 pp. Rome.

Fletcher, W.J., 1991. A test of the relationship between otolith weight and age for the pilchard *Sardinops neopilchardus*. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 48: 35-38.

Fletcher, W.J. 1995. Application of the otolith weight-age relations for the pilchard, *Sardinops sagax neopilchardus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 : 657-664.

Fournier D.A. & C. Archibald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:1195-1207.

Francis, R. Y. C. C. 1992. Use of risk analysis to asses fishery management strategies: a case study using Orange Roughy (*Haplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zeland. Can. J. Fish. Aquat. Sci 49:922-930.

Gayanilo, F.C.;Jr.; P. Sparre y D. Pauly. 1994. The FAO-ICLARM Sotck Assesment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 6. Rome, FAO, 186 p.

Gavaris S. 1988. An adaptative framework for the estimation of population size. Res. Doc. Can. Atl. Fish. Scient. Adv. Comm. 88/29:12 pp. (mimeo).

Geffen, A., 1992. Validation of otolith increment deposition rate. *In* Otolith microstructure examination and analysis. D.K.Stevenson &



- S.E.Campana (eds.). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117: 101-113.
- Gili V., R. 1996. Determinación de la estructura de edad del recurso sardina común. En: Evaluación de la pesquería y del stock de sardina común en la zona centro-Sur. Informe Final FIP 94-11 Instituto de Investigación Pesquera Octava Región e Instituto de Fomento Pesquero. 19 p. más Anexo Tablas y Figuras.
- Gili V., R. y P. Barría. 1990. Crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*, Jennyns) del norte de Chile. X Jornadas de Ciencias del Mar. Com. Cs, del Mar. Osorno.
- GTE, 1992. Informe Técnico evaluación conjunta de los stocks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Primer Taller, Lima 2-16 Marzo 1992.
- GTE, 1993. Informe Técnico evaluación conjunta de los stoks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Segundo Taller, valparaíso, 18-25 Octubre 1993.
- GTE, 1994. Informe Técnico evaluación conjunta de los stoks de sardina y anchoveta del sur de Perú y norte de Chile. Grupo de trabajo IFOP-IMARPE, sobre pesquerías de pequeños pelágicos. Tercer Taller, Callao, 9-20 de Mayo 1994.
- Gujarati, D. 1981. Econometría Básica. McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.(ed.), Bogotá, Colombia. 463 p.



- Gunderson, D.R., 1997. Trade-off between reproductive effort and adult survival in oviparous and viviparous fishes. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*54: 990-998.
- Herrera G.,E. Aguilera, G, Castillo y P. Bernal. 1985. Growth of anchovy larvae *Engraulis ringens* in central Chile, determined by daily increment counts in otoliths. *Biología Pesquera* 14 : 11-15.
- Hilborn, R. 1990. Estimating the parameters of full age-structured models from catch and abundance data. *Bull. Inter.North pacific Fish. Com.* 50:207-213.
- Hilborn, R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman y Hall, London, 570 p.
- Holden, M.J. and D.F.S. Raitt (Eds.)1975. Doc.Téc.FAO Pesca (115) Rev. 1:211 p. Manual de ciencia pesquera. Parte 2 - Métodos para investigar los recursos y su aplicación.
- Kimura, D.K., 1989. Variability, tuning, and simulation for the Doubleday-Deriso catch-at-age model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46:941-949.
- Kimura, D. K. 1990. Approches to age-structured separable sequential population analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:2364-2374.
- Megrey, B. 1989. Review and comparison of age structured stock assessment models from theoretical and applied points of view. *American Fisheries Society Simposium* 6:8-48.
- Moreno, C. A., A. Zuleta. P. Rubilar y E. Soto. Análisis separable de frecuencia de tallas (ASFT) y su aplicación al "Huaiquil" (***Micropogonia manni***) (***Sciaenidae; Osteichthyes***) del Lago Budi. (manuscrito).



- Morales-Nin, B., 1989. Age and growth of the southern stock of peruvian anchoveta based on otolith microstructures and length frequency analysis. *In the Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. D.Pauly, P.Muck, J.Mendo & I.Tsukayama (eds) Manila, Philippines: 179-188.
- Morales-Nin, B. & J.P.Pertierra, 1990. Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the Northwestern Mediterranean Sea. *Mar.Biol.*107: 349-356.
- Morales.Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 322. Roma, FAO. 58 p.
- Moreno, C. A., A. Zuleta. P. Rubilar y E. Soto. Análisis separable de frecuencia de tallas (ASFT) y su aplicación al "Huaiquil" (*Micropogonia manni*) (*Sciaenidae; Osteichthyes*) del Lago Budi. (manuscrito).
- Orrego, A. H. 1993. Edad y crecimiento de la sardina común *Strangomera bentincki* (Norman,1936) (Pisces: Clupeidae) a través de los microincrementos en los otolitos sagittae. Tesis de Magister en Ciencias, mención Oceanografía, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 84 p.
- Pauly, D. & G.Gaschütz, 1979. Simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculator. *Cons.intern.explor.Mer*, CM1979/G:24 (mimeo).
- Pauly, D. & J.L.Munro, 1984. Once more on comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1).



- Pope J.G. & J.G. Shepherd. 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch -at-age data. *Journal du Conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer.* 40:176-184.
- Pope, J. G. 1977. Estimation of fishing mortality, its precision and implications for the management of fisheries. Pages 63-76 in J. H. Steele, editor. *Fisheries Mathematics.* Academic press, New York.
- Prosch, R. M. 1986. Early growth in length of the anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off South Africa. *S Afr. J.mar. Sci.* 4: 181-191.
- Punt, A. E. and D. S. Butterworth, 1993. Variance estimates for fisheries assessment: their importance and how best to evaluate them. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat Sci.* 120.
- Ricker, W.E. 1975. Computations and interpretation of biologist statistic of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191: 382 p.
- Ricker , W. E. 1954. Stock and recruitment. *J. Fish Res. Board Can* 11: 559-623.
- Robotham V., H. 1994. Revisión de los procedimientos estadísticos de muestreo para otolitos conducentes a la elaboración de claves talla-edad y matrices de captura. Informe Técnico. Segundo Taller IFOP-IMARPE. Estandarización de Métodos para la Determinación de la Edad y Crecimiento de anchoveta, Sardina, Jurel y Merluza. Iquique, 6 al 17 de junio de 1994.
- Rojas de Mendiola, B. & O.Gómez, 1981. Daily otolith rings in otoliths of larval anchovy (*Engraulis ringens*). *Rapp.P.V.Réun.CIEM(178):* 565-566.



- Samamé L., M. 1977. Determinación de la edad y crecimiento de la sardina *Sardinops sagax sagax* (J). Boletín Instituto del Mar del Perú. V.3 : 3. 95-112.
- Sanders, M. J. 1995. Introduction to Thompson and Bell yield analysis using Excel spreadsheets. FAO Fisheries Circular N° 895, Roma FAO 21 p.
- Serra, J.R. 1978. La pesquería de sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de Talcahuano; análisis de su desarrollo y situación actual. Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile 29 : 21
- Serra, J.R., O. Rojas, M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979. Sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 36p (AP 79-18)
- Serra, R., Böhm, G., Nilo M. y M. Donoso 1996. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Proyecto Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona centro-sur, 1995. Informe Final, Convenio IFOP-Subsecretaría de Pesca. 68P.86 Anexos.
- Samamé L., M. 1977. Determinación de la edad y crecimiento de la sardina *Sardinops sagax sagax* (J). Boletín Instituto del Mar del Perú. V.3 : 3. 95-112.
- Sanders, M. J. 1995. Introduction to Thompson and Bell yield analysis using Excel spreadsheets. FAO Fisheries Circular N° 895, Roma FAO 21 p.



- Serra, J.R. 1978. La pesquería de sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de Talcahuano; análisis de su desarrollo y situación actual. Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile 29 : 21
- Serra, J.R., O. Rojas, M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979. Sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 36p (AP 79-18).
- Serra, R., Böhm, G., Nilo M. y M. Donoso 1996. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Proyecto Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona centro-Sur, 1995. Informe Final, Convenio IFOP-Subsecretaría de Pesca. 68P.86 Anexos.
- Sims, E. 1985. Selected computed programs in FORTRAN for fish stock assessment. FAO Fish. Tech. Pap., (259), 183 p.
- Sissenwine M. P. and J. G. Shepherd 1987. An alternative perspective on the recruitment overfishing and biological reference points. Can . J. Fish. Aquat. Sci. 44:913-918.
- Smith , R. 1968. Upwelling. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 6:11-46.
- Sokal, R. y F.J. Rölhf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en investigación biológica. Rosario, Argentina: 702 p.



- Thompson W. F. and F. H. Bell. 1934. Biological statistics of the pacific halibut fishery . Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep. Internat. Fish. Comm. N<sup>o</sup> 8: 23-328.
- Villavicencio de Muck, Z., 1989: Tetracycline labelling for age and growth studies in fish, with emphasis on the Peruvian anchoveta. *In* the Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. D.Pauly, P.Muck, J.Mendo & I.Tsukayama (eds) Manila, Philippines: 174-178.
- Worthington, D.G., P.J. Doherty and A.J.Fowler. 1995 Variation in the relationship between otolith weight and age : implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 : 233-242.
- Yáñez, E.; C. Canales; M. A. Barbieri; A. Gonzalez y V. Catasti. 1993. Estandarización del esfuerzo de pesca y distribución espacial e interanual de la cpue de anchoveta y sardina en la Zona Norte de Chile entre 1987 y 1992. En: Invest. Mar., Valparaíso, 21: 111-132.
- Young, U., Z.; 1994. Plan Metodológico para Estimar el Desembarque Artesanal de Recursos Pesqueros. Tesis para optar al Grado de Magister en Bíoestadística. Facultad de Medicina, Universidad de Chile. 50 pps + anexos.
- Zuleta A. y Z. Young. 1995. Investigación CTP bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS, 1996. Informe final IFOP-SUBPESCA. 50 pp.
- Zuleta A. y Z. Young. 1996. Investigación CTP bacalao de profundidad al sur del paralelo 47° LS, 1997. Informe final IFOP-SUBPESCA. 55 pp.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# FIGURAS

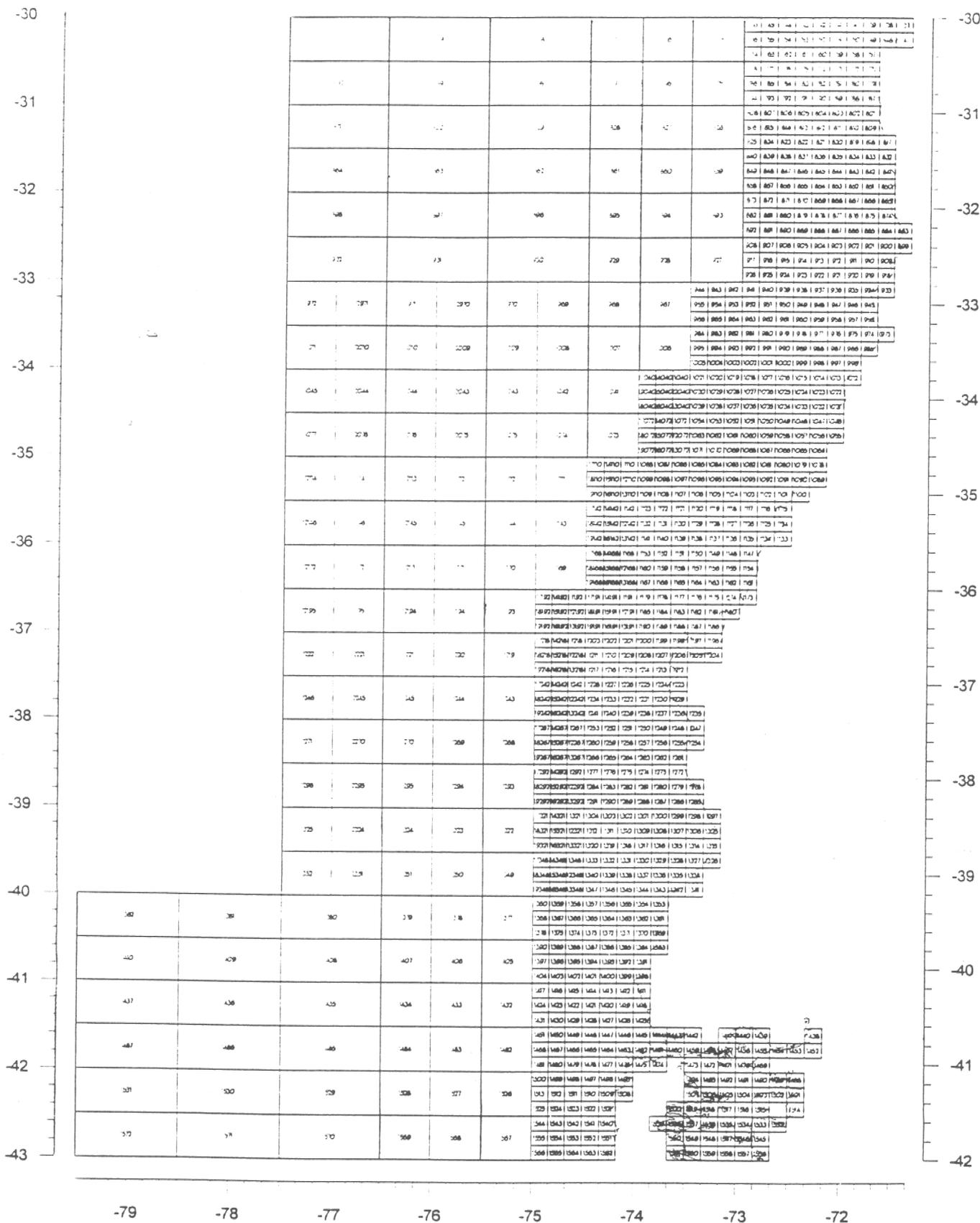


Fig 1. Zona de estudio de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile.

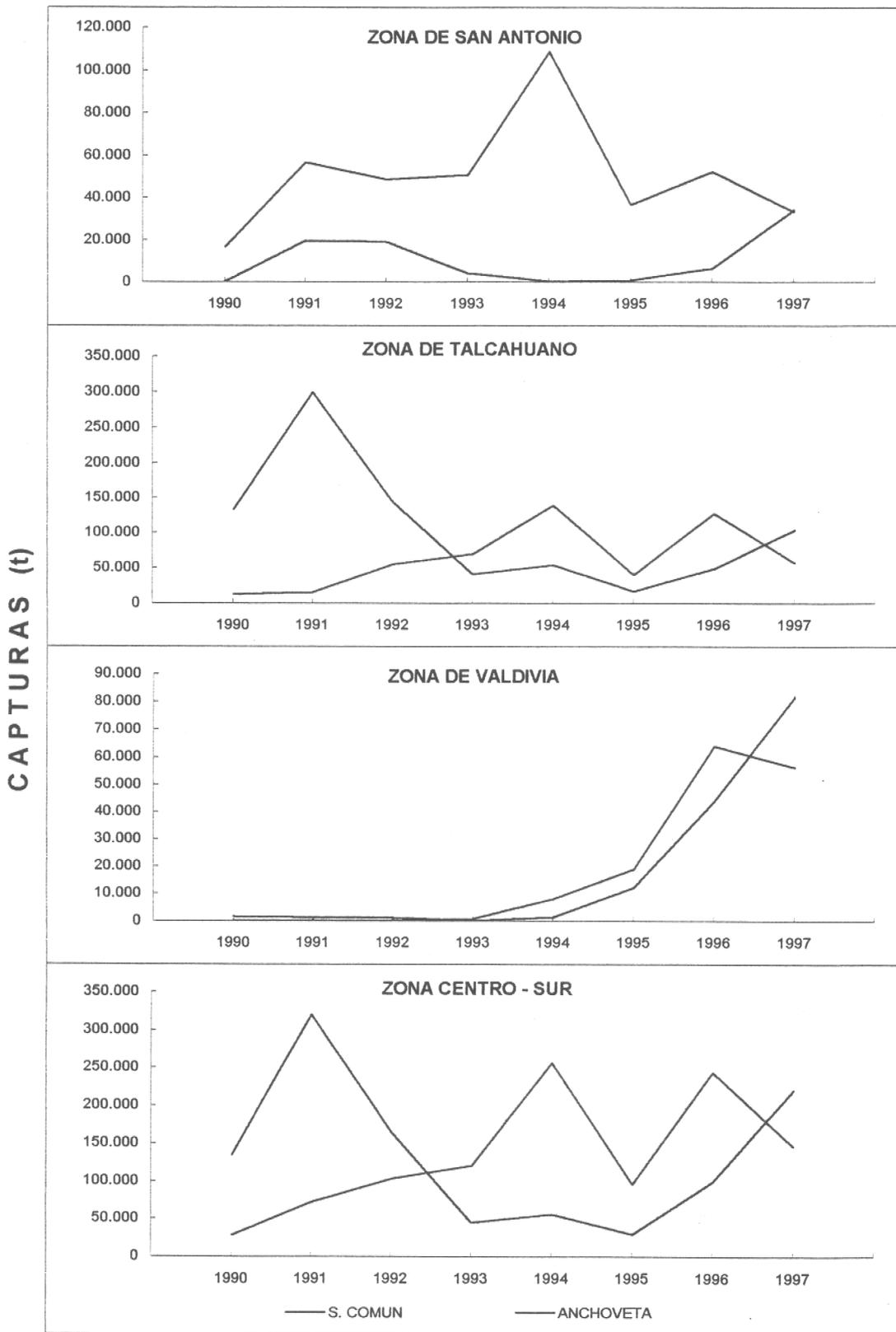


Figura 2 Capturas anuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial por zonas de pesca, período 1990 - 1997.

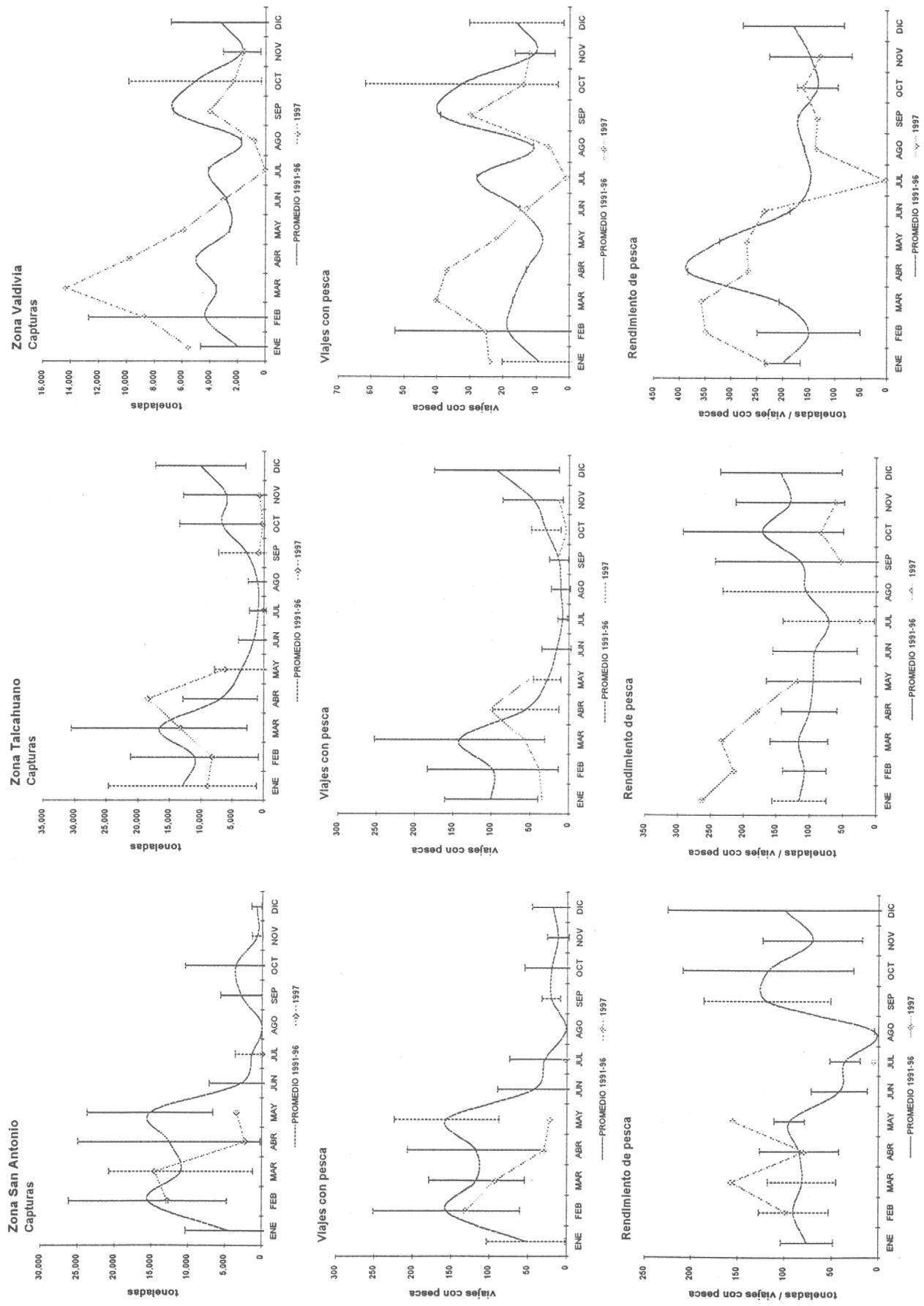


Figura 3 Evolución y tendencias de los principales indicadores operacionales de la pesquería industrial de anchoveta en la Zona Centro-Sur.

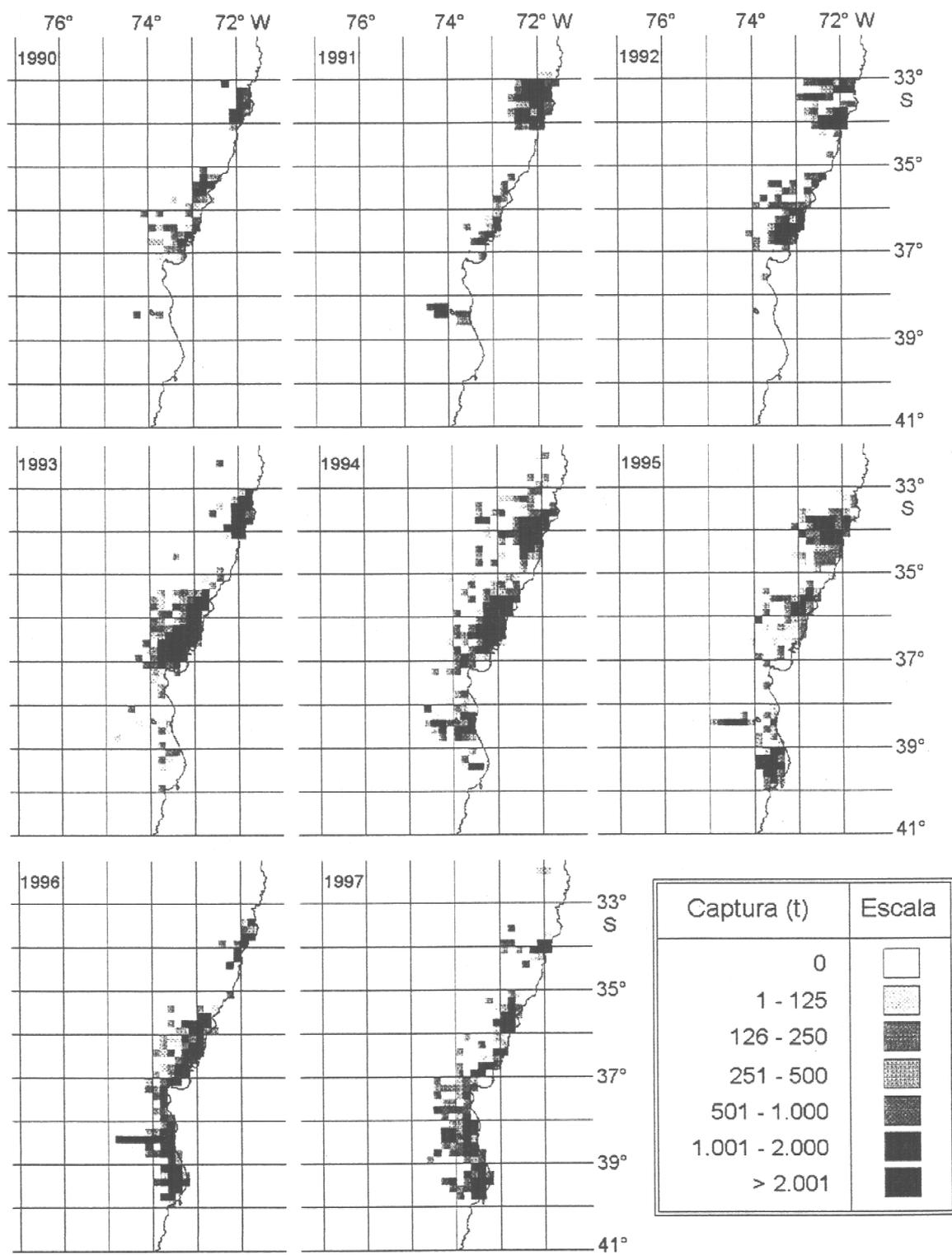


Figura 4 Distribución espacio-temporal de la captura (t) de anchoveta en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.

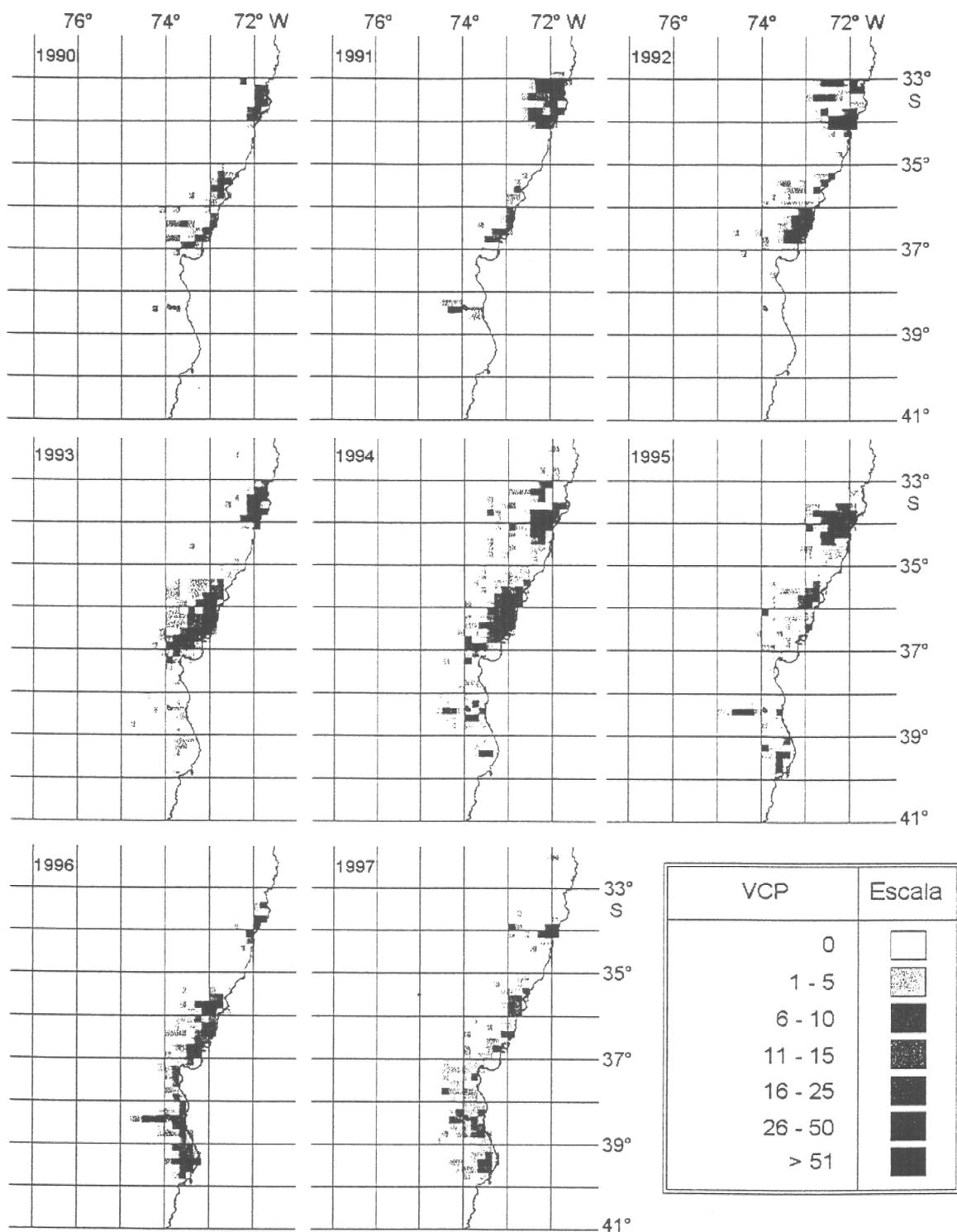


Figura 5 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.

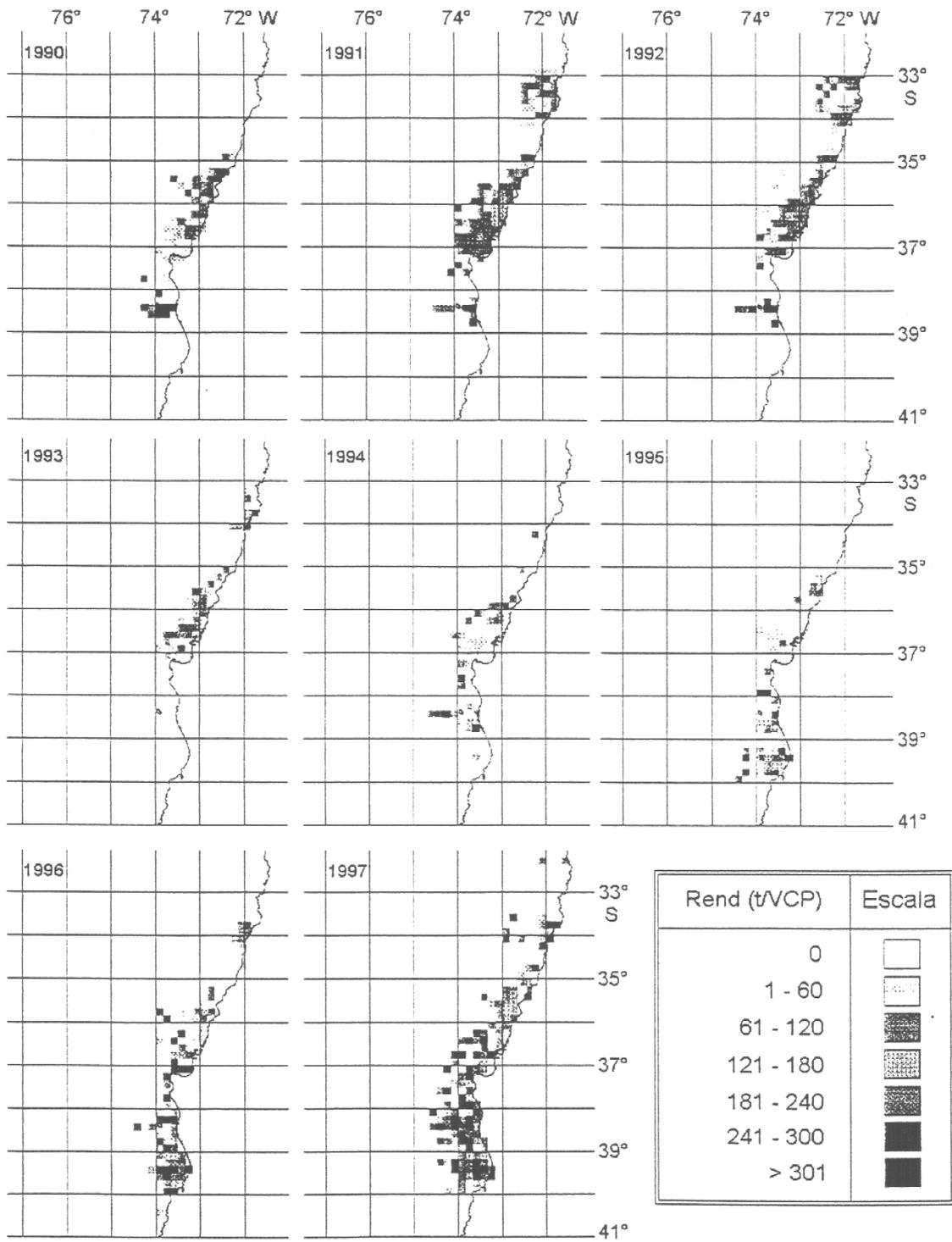
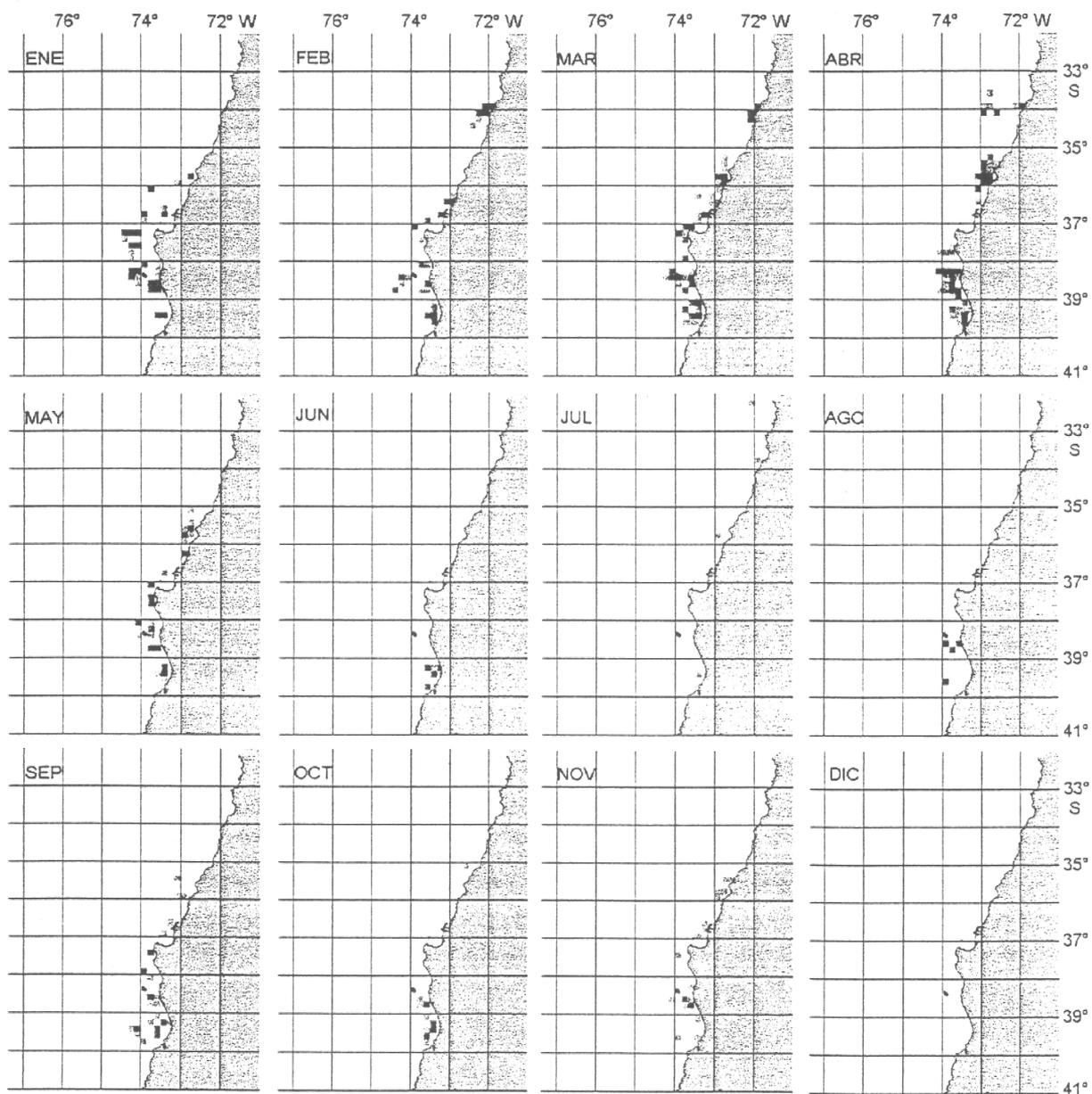
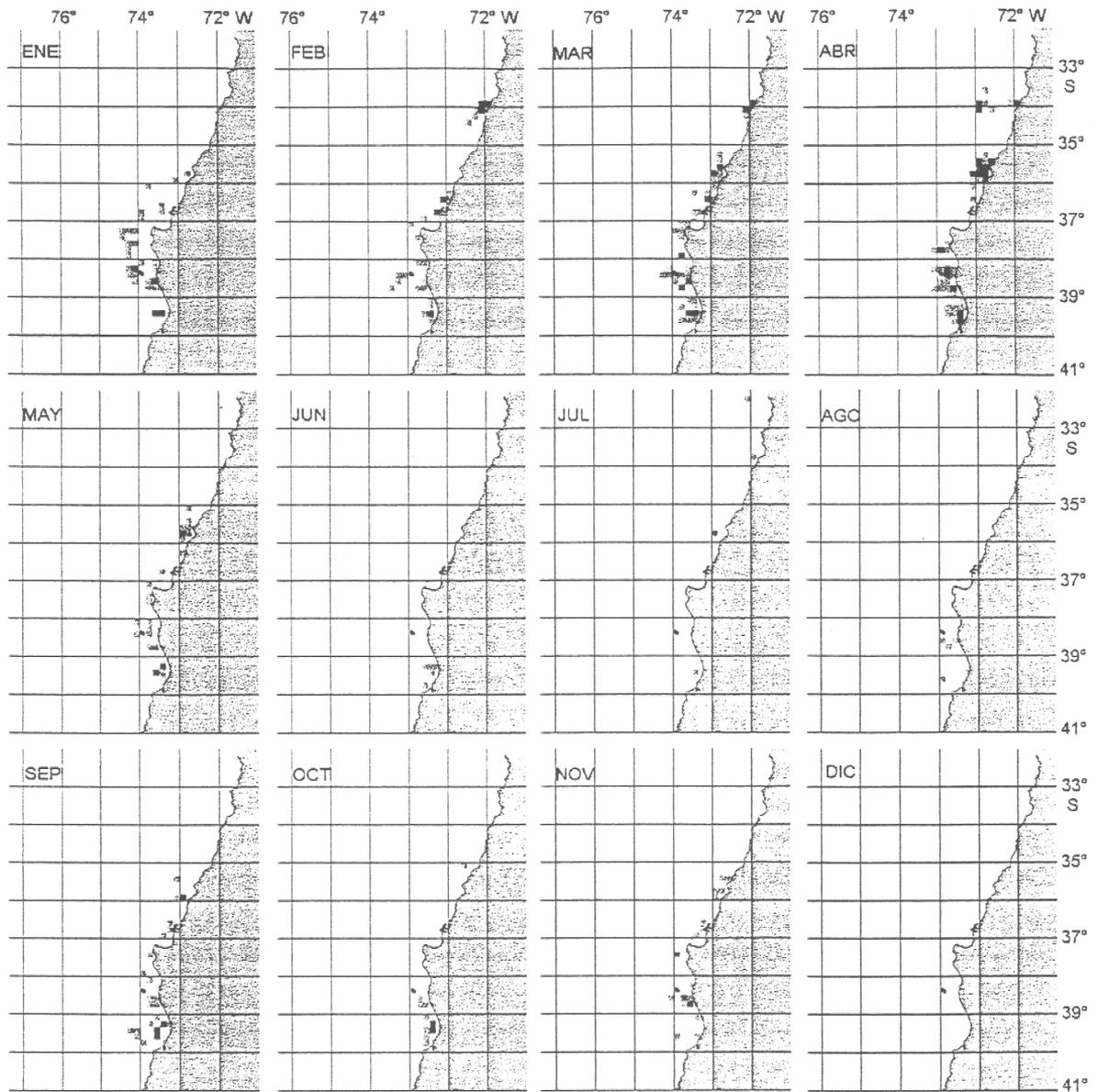


Figura 6 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.



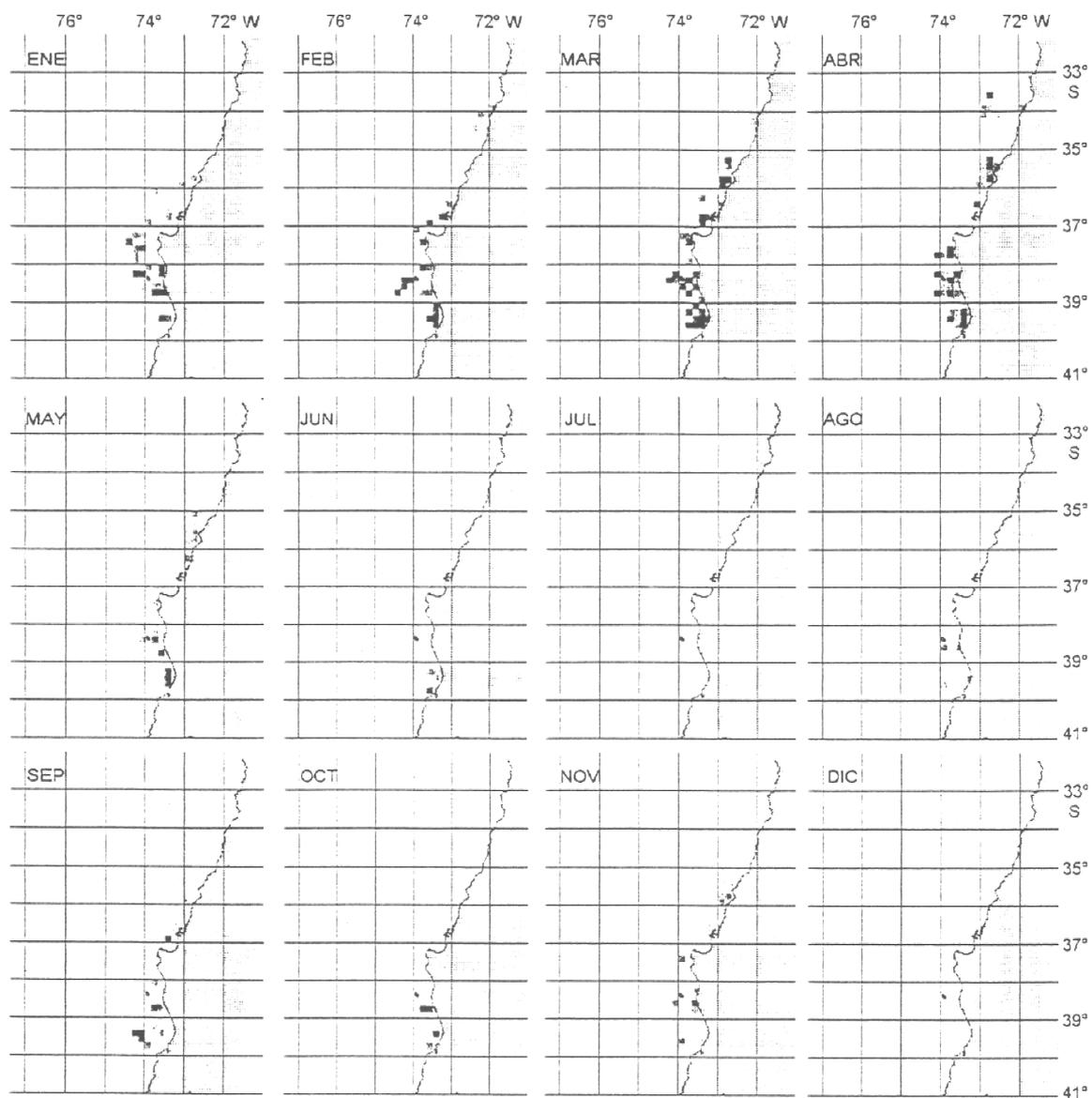
Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala
0		101 - 250		501 - 1.000		> 2.500	
1 - 100		251 - 500		1.001 - 2.500			

Figura 7 Distribución espacio-temporal de la captura (t) de anchoveta en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.



Esfuerzo (VCP)	Escala						
0		4 - 6		11 - 15		> 20	
1 - 3		7 - 10		16 - 20			

Figura 8 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.



Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala
0		61 - 120		181 - 240		> 301	
1 - 60		121 - 180		241 - 300			

Figura 9 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.

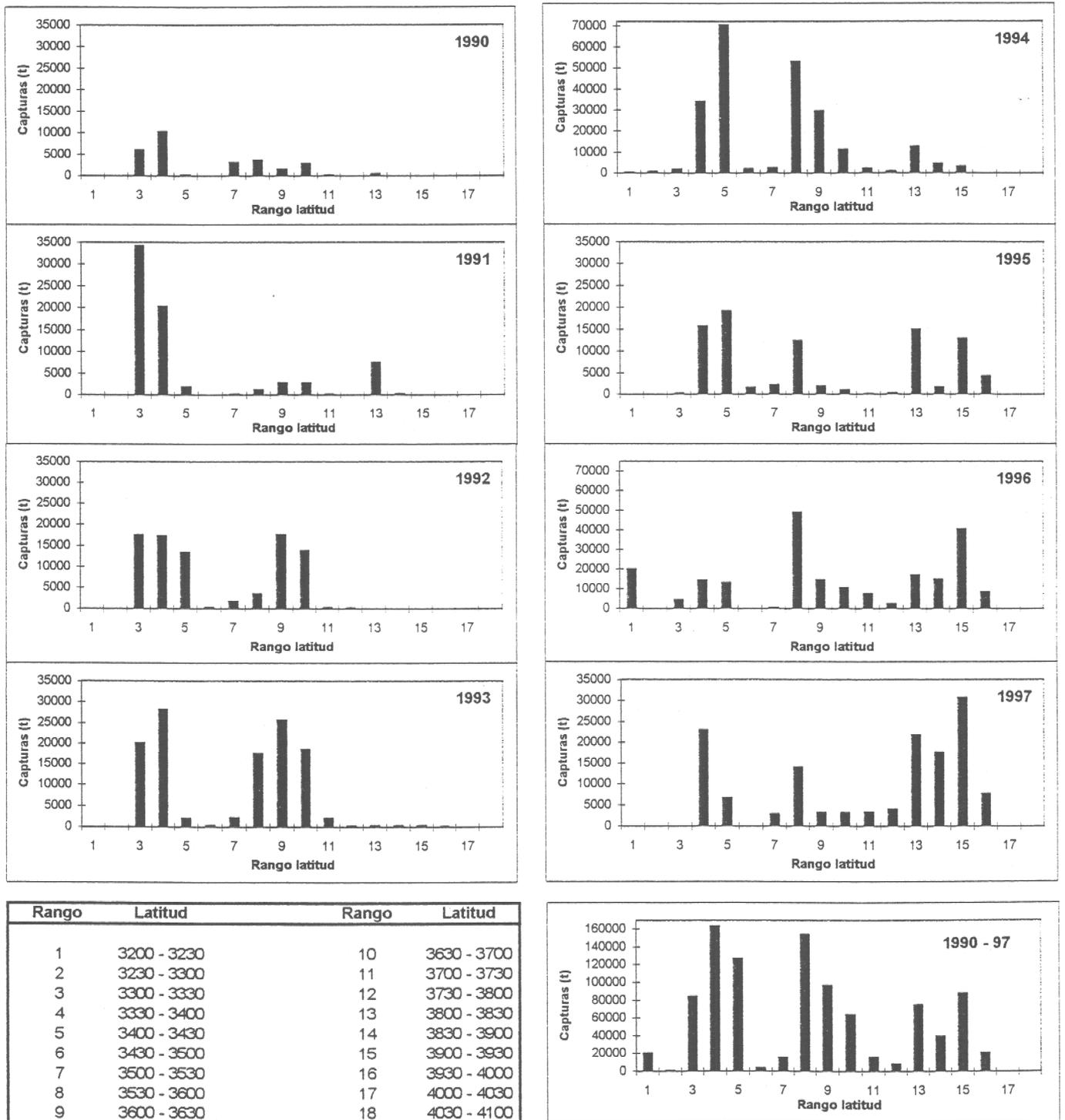


Figura 10 Distribución de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según variación latitudinal, período 1990 - 97.

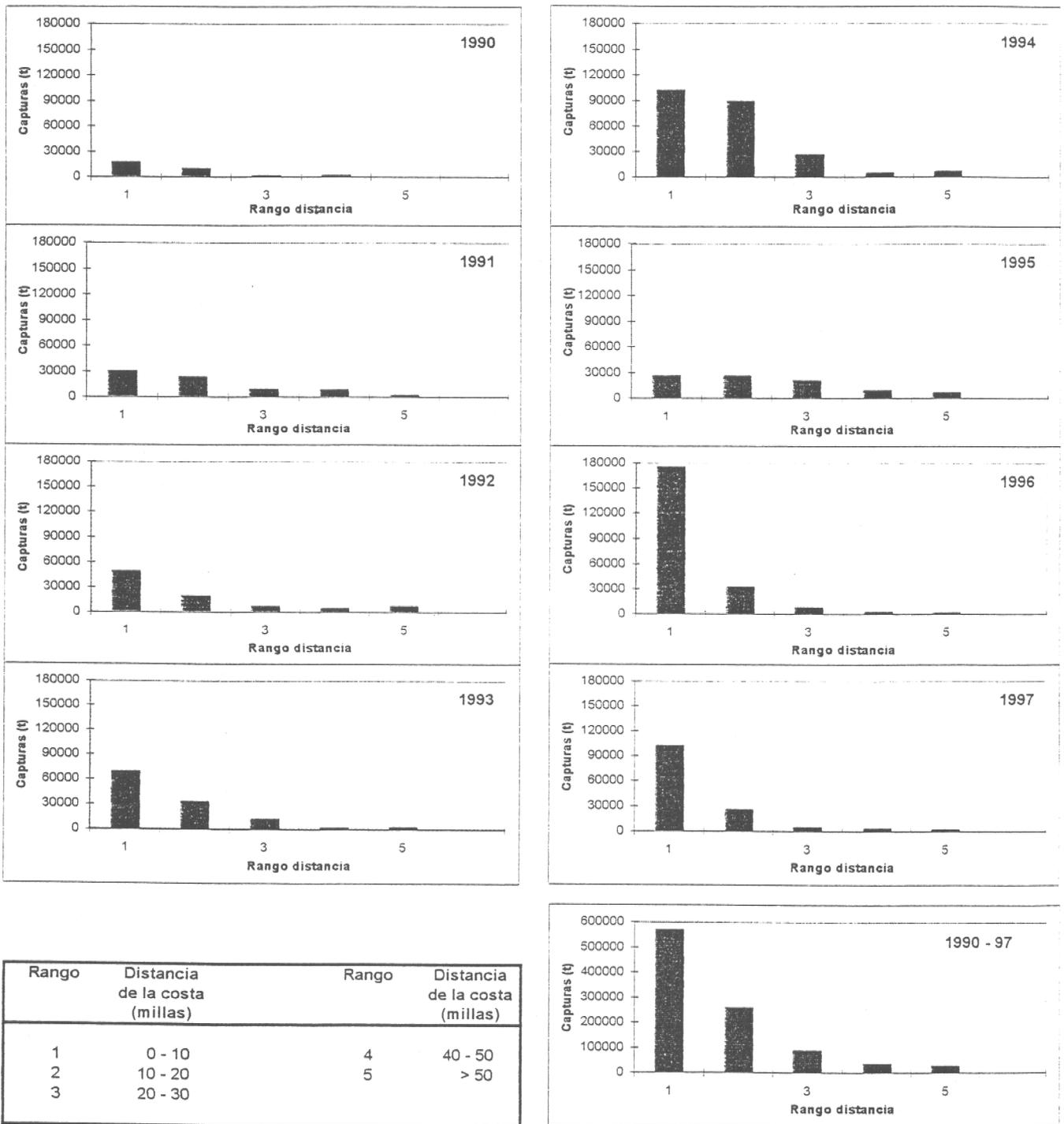


Figura 11 Distribución de la captura (t) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según variación longitudinal, período 1990 - 97.

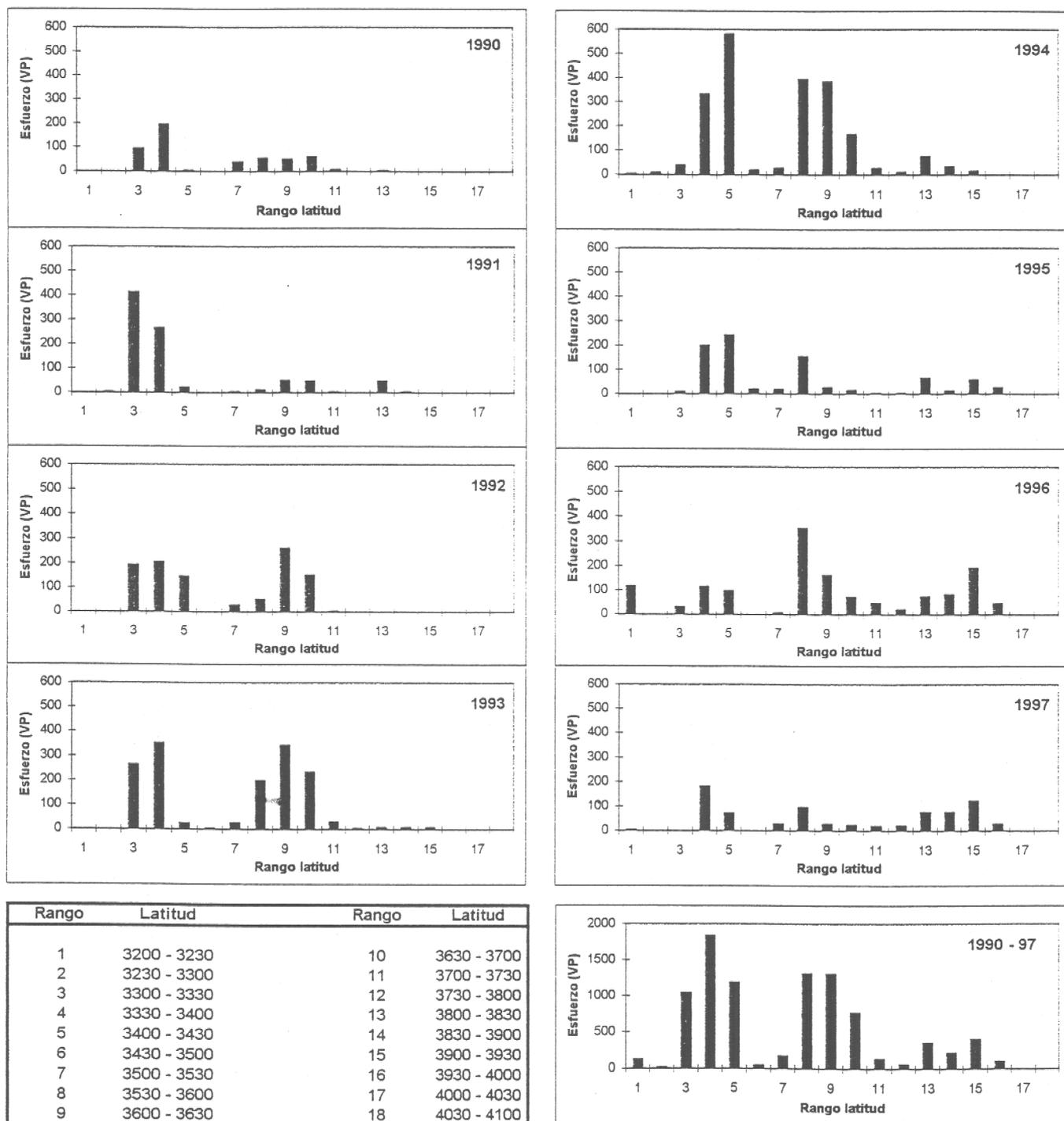


Figura 12 Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de anchoveta en la zona Centro-Sur, según variación latitudinal, período 1990 - 97.

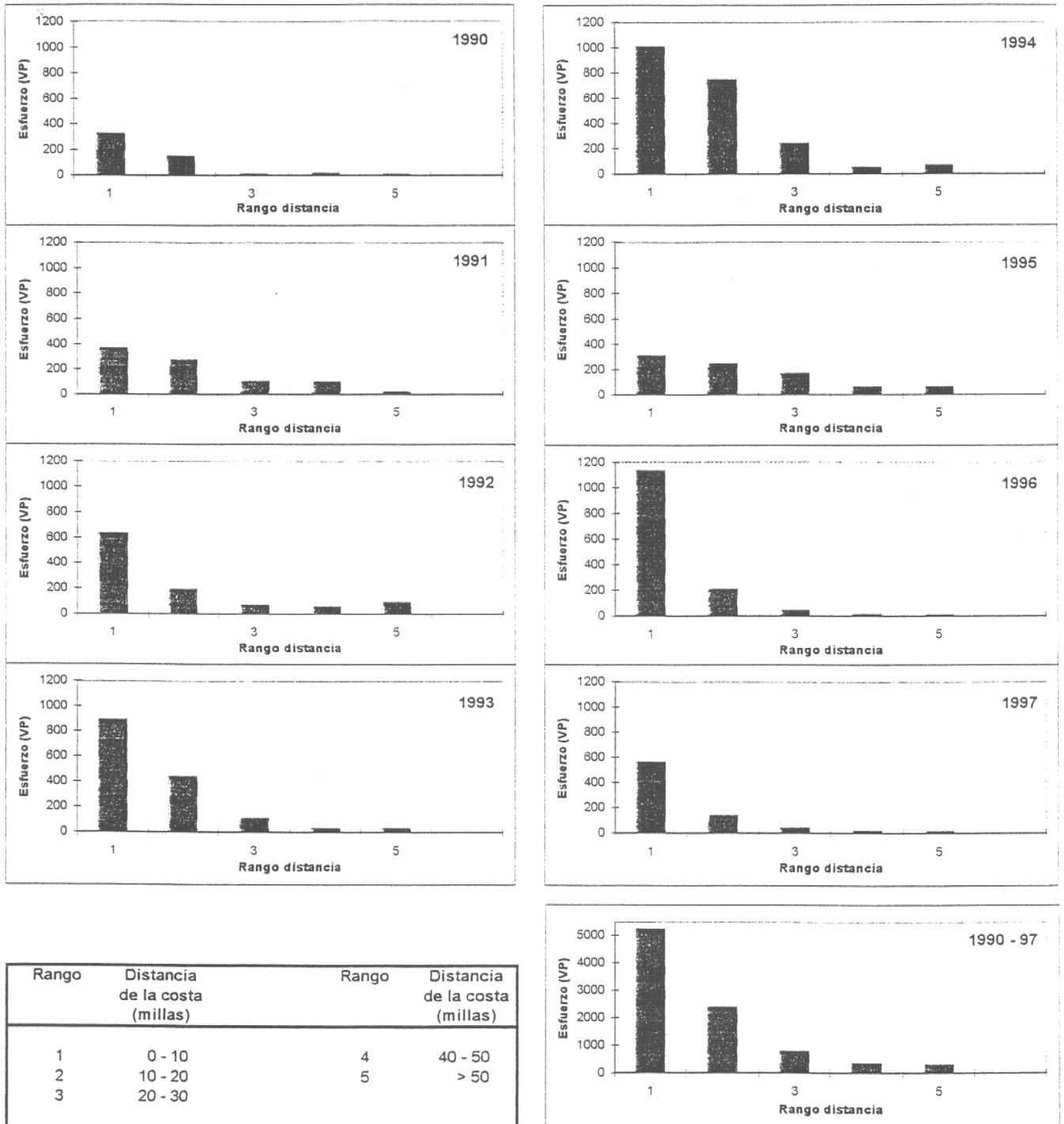
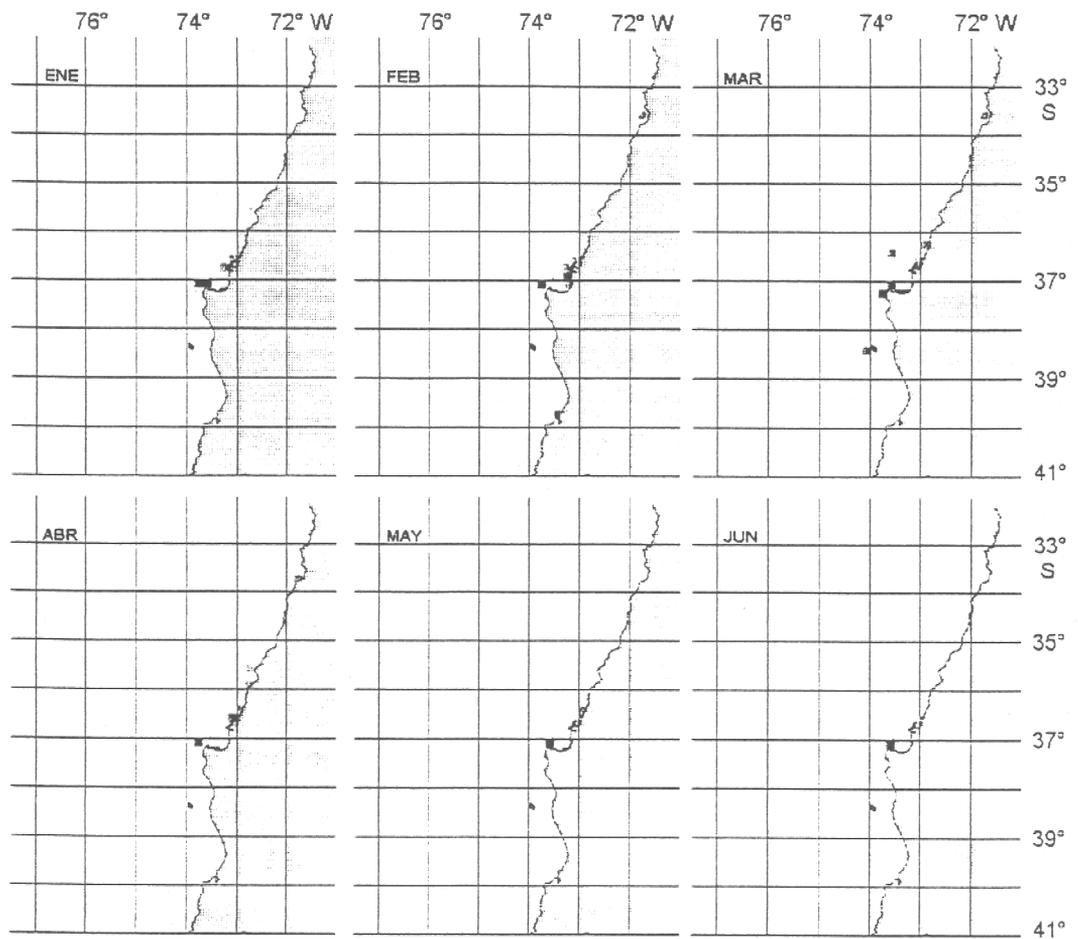
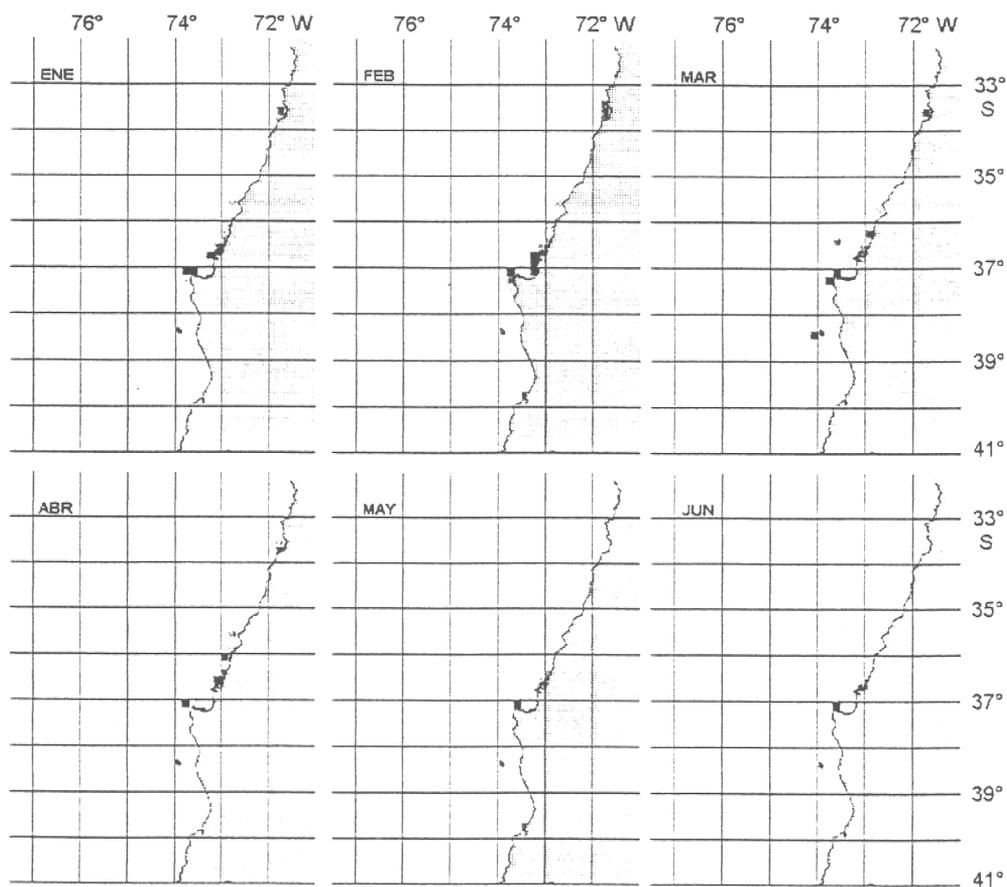


Figura 13 Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de anchoveta en la Zona Centro-Sur, según variación longitudinal, período 1990 - 97.



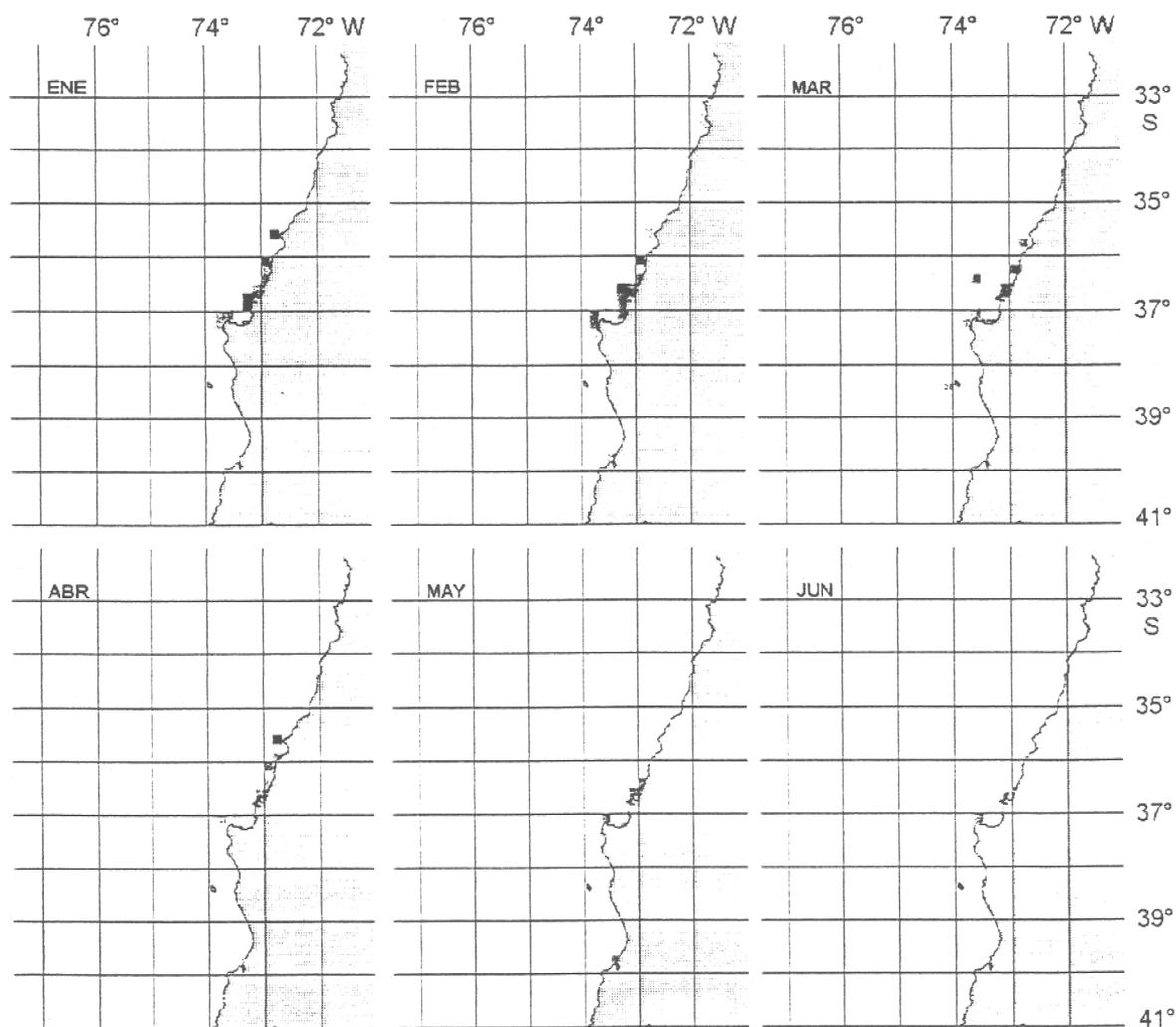
Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala
0		101 - 250		501 - 1.000		> 2.500	
1 - 100		251 - 500		1.001 - 2.500			

Figura 14 Distribución espacio-temporal de la captura (t) de anchoveta en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.



Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala
0		4 - 6		21 - 50		> 100	
1 - 3		7 - 20		51 - 100			

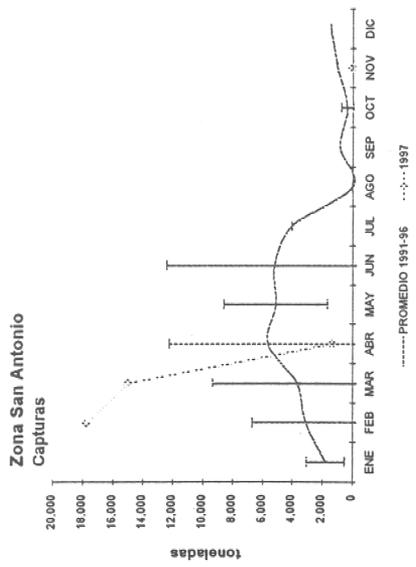
Figura 15 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1997.



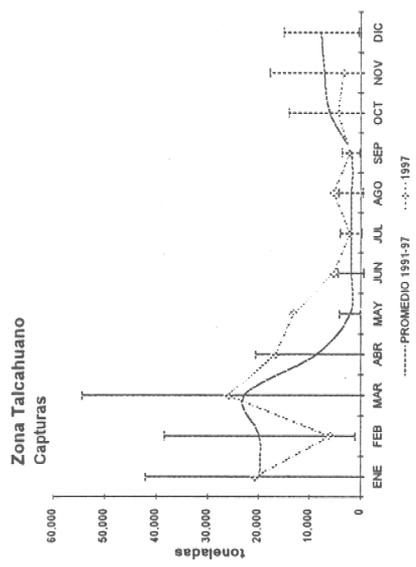
Rendimiento (t/VCP)	Escala	Rendimiento (t/VCP)	Escala	Rendimiento (t/VCP)	Escala
0		11 - 20		31 - 40	
1 - 10		21 - 30		> 40	

Figura 16 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de anchoveta en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.

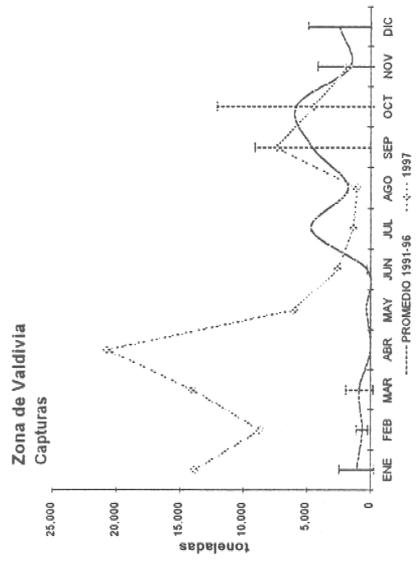
Zona San Antonio



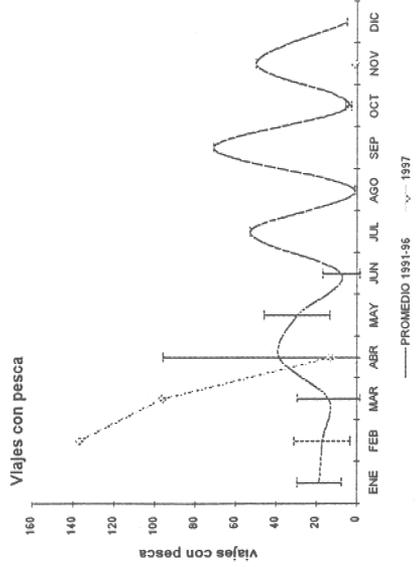
Zona Talcahuano



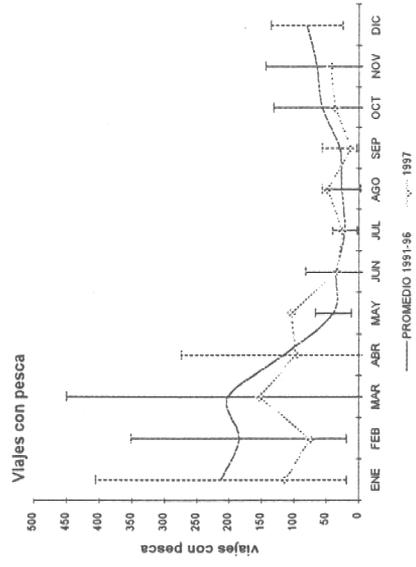
Zona de Valdivia



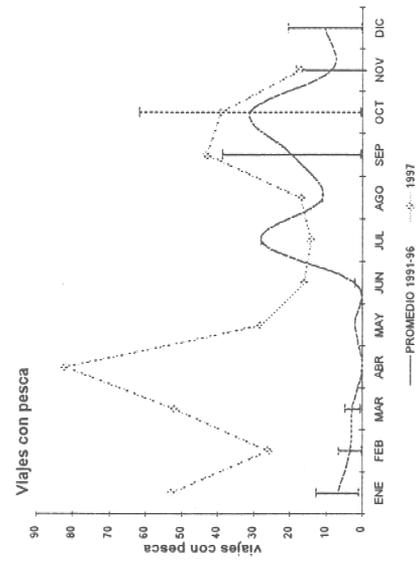
Viajes con pesca



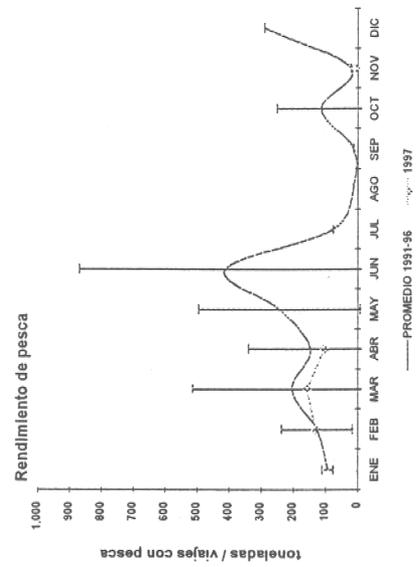
Viajes con pesca



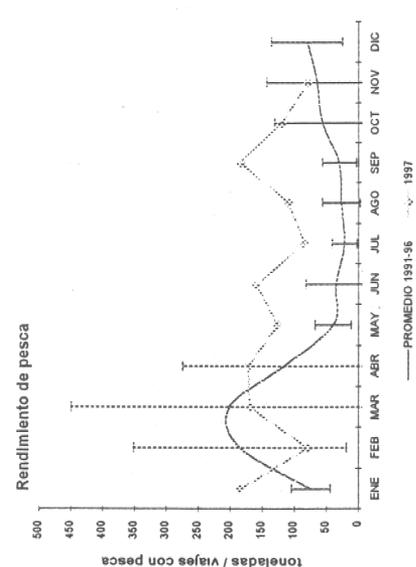
Viajes con pesca



Rendimiento de pesca



Rendimiento de pesca



Rendimiento de pesca

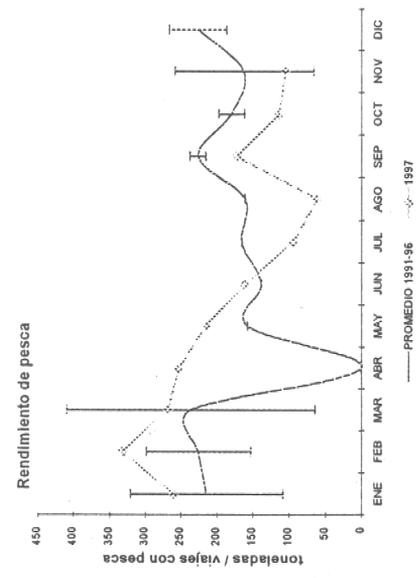


Figura 17 Evolución y tendencias de los principales indicadores operacionales de la pesquería industrial de sardina común en la Zona Centro-Sur.

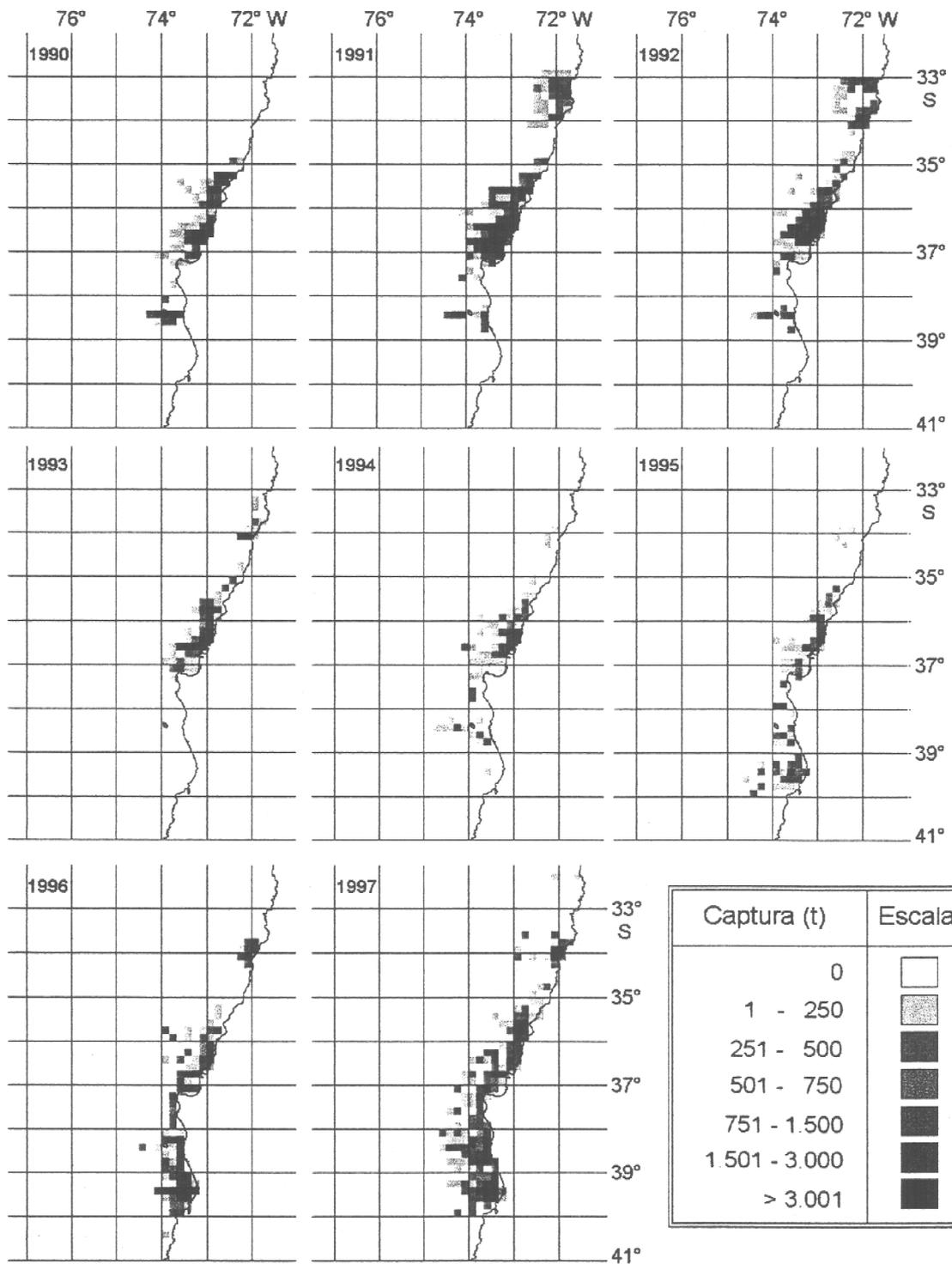


Figura 18 Distribución espacio-temporal de las capturas (t) de sardina común en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.

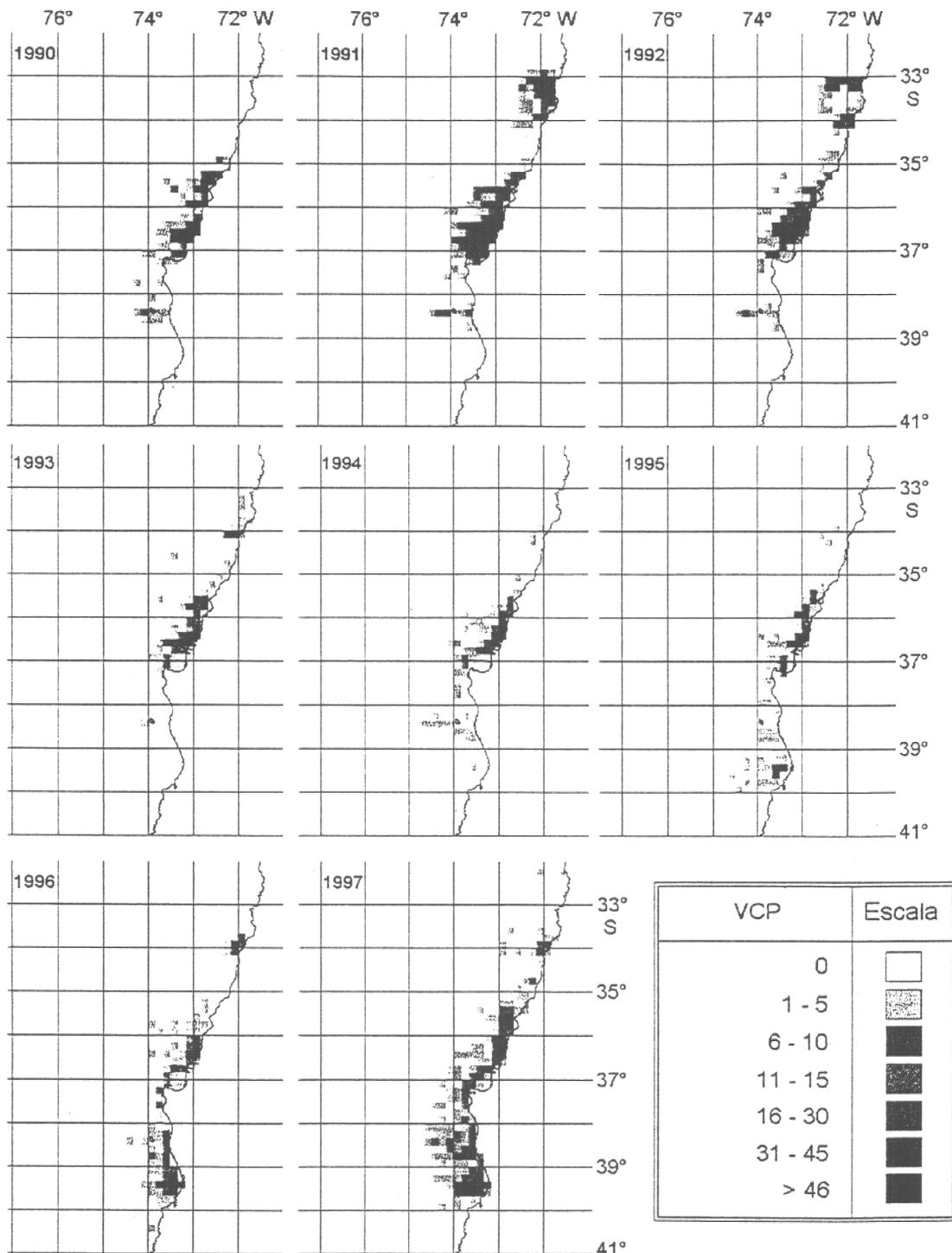


Figura 19 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.

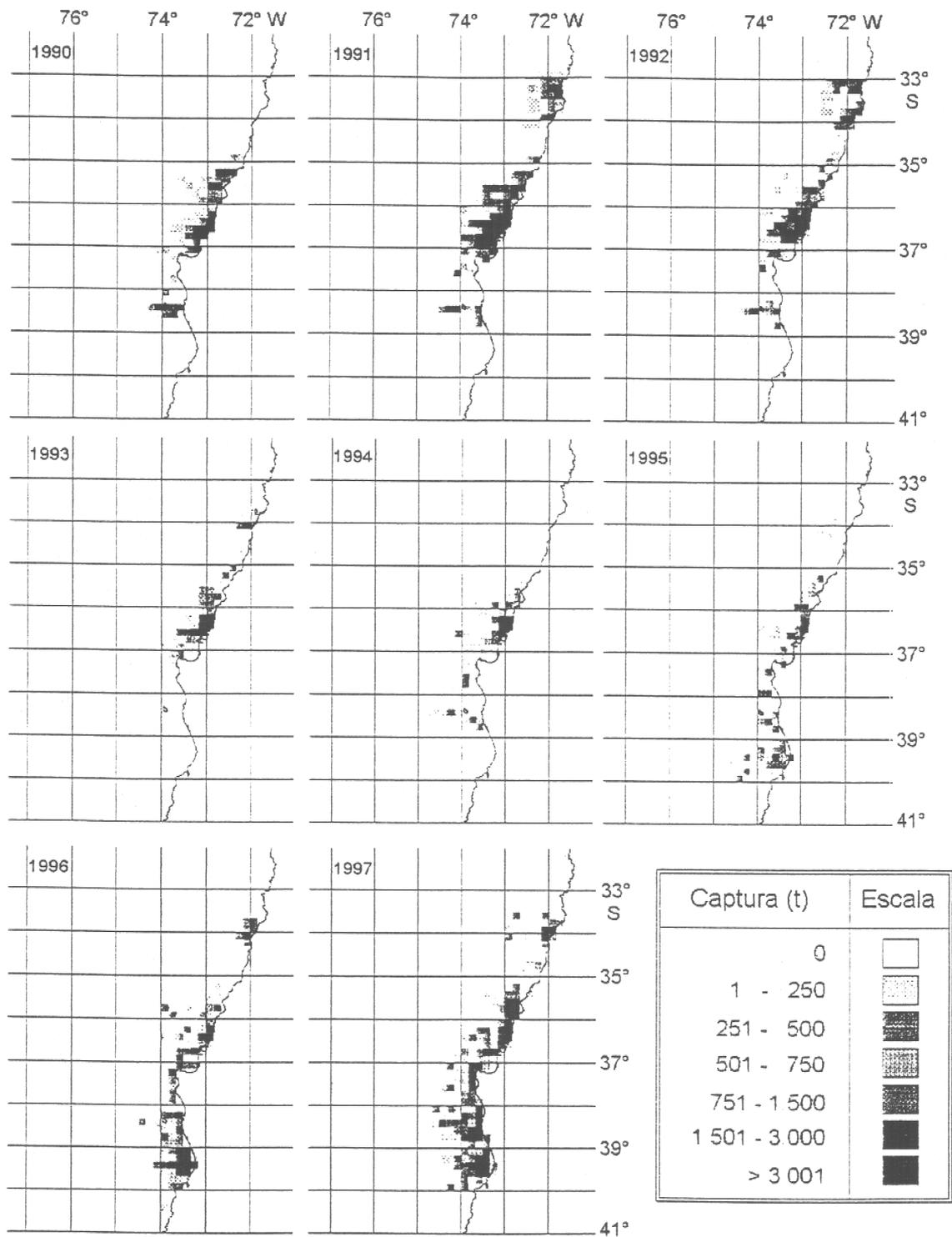
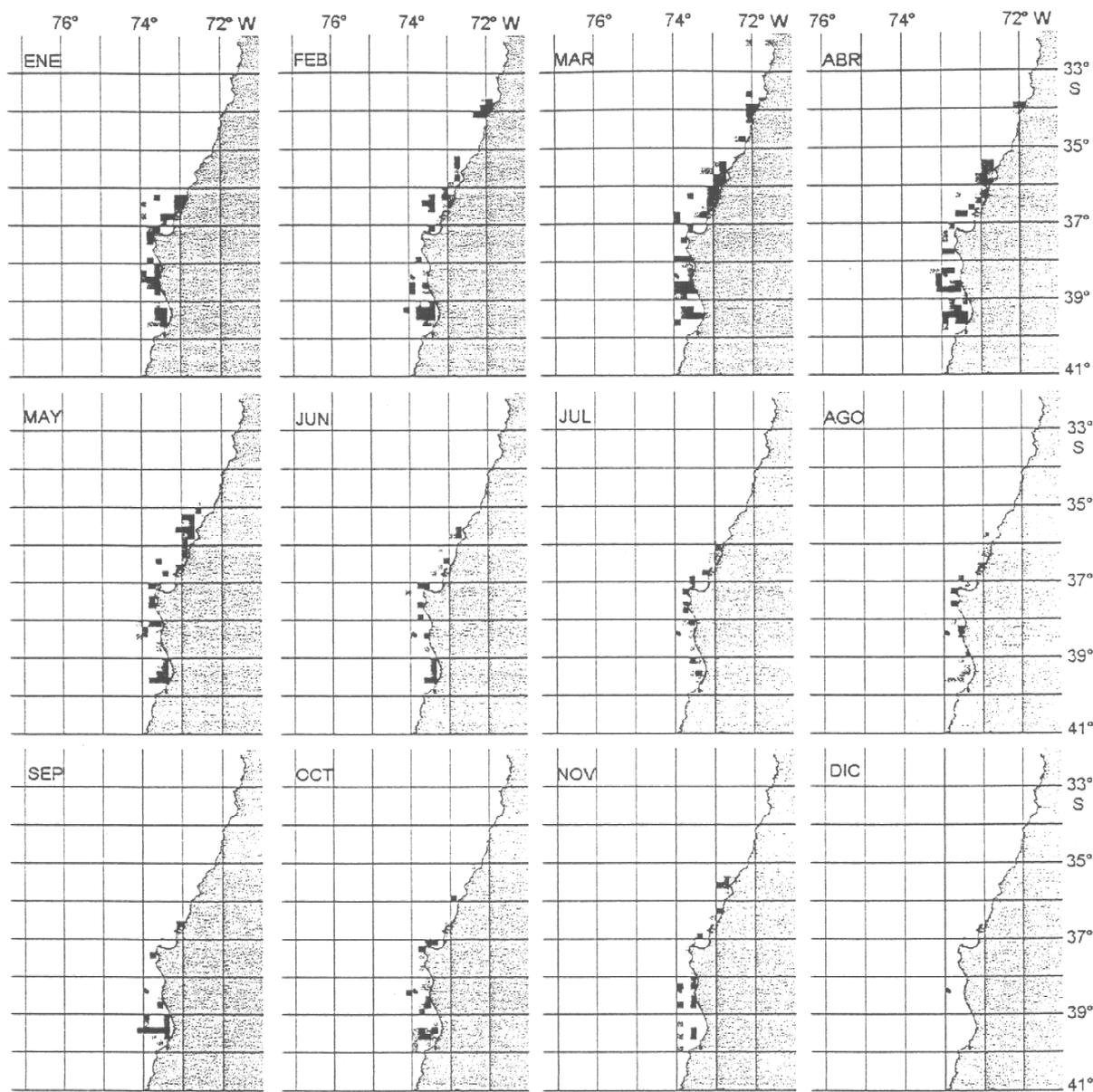
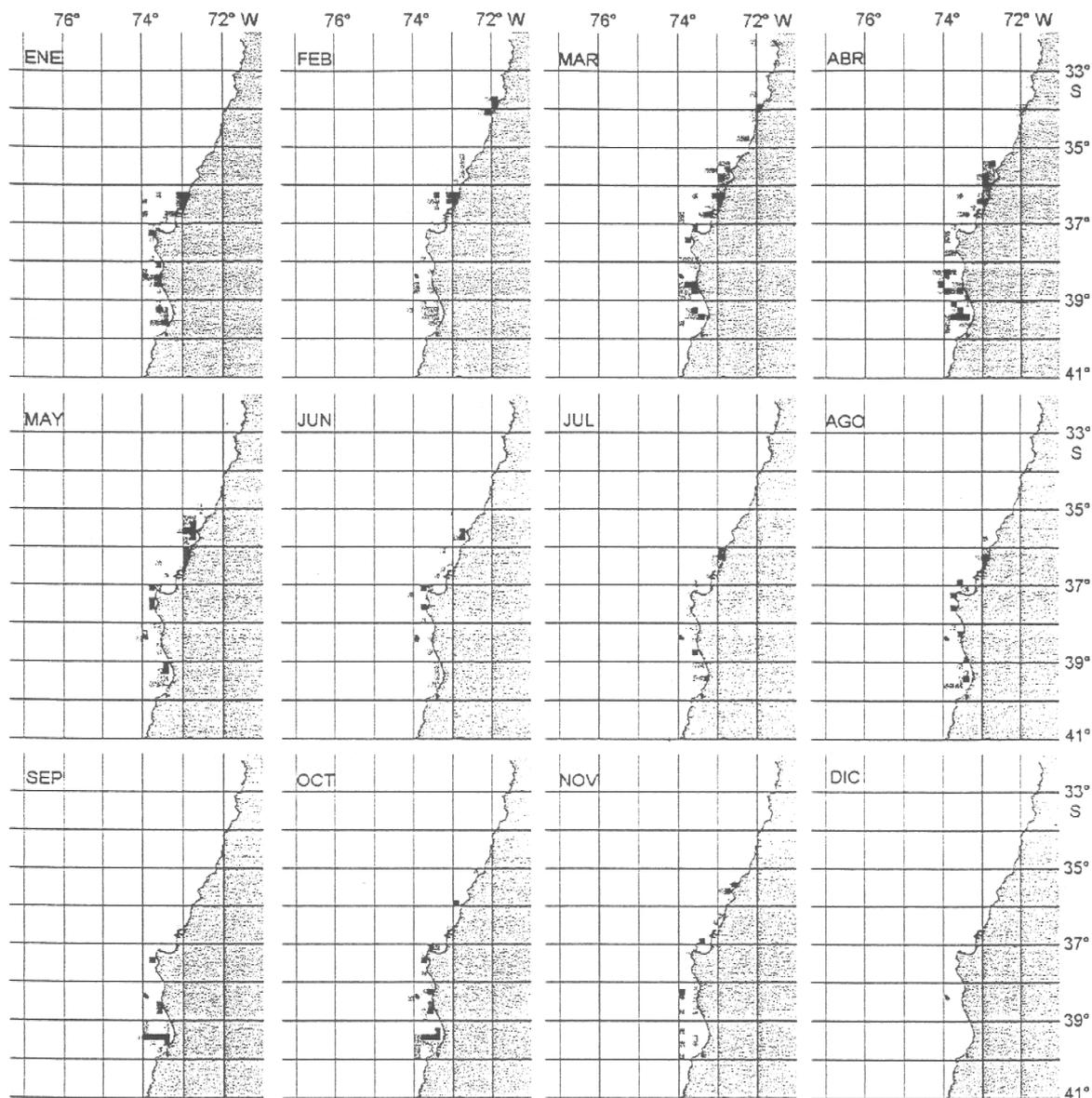


Figura 20 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur, período 1990-1997.



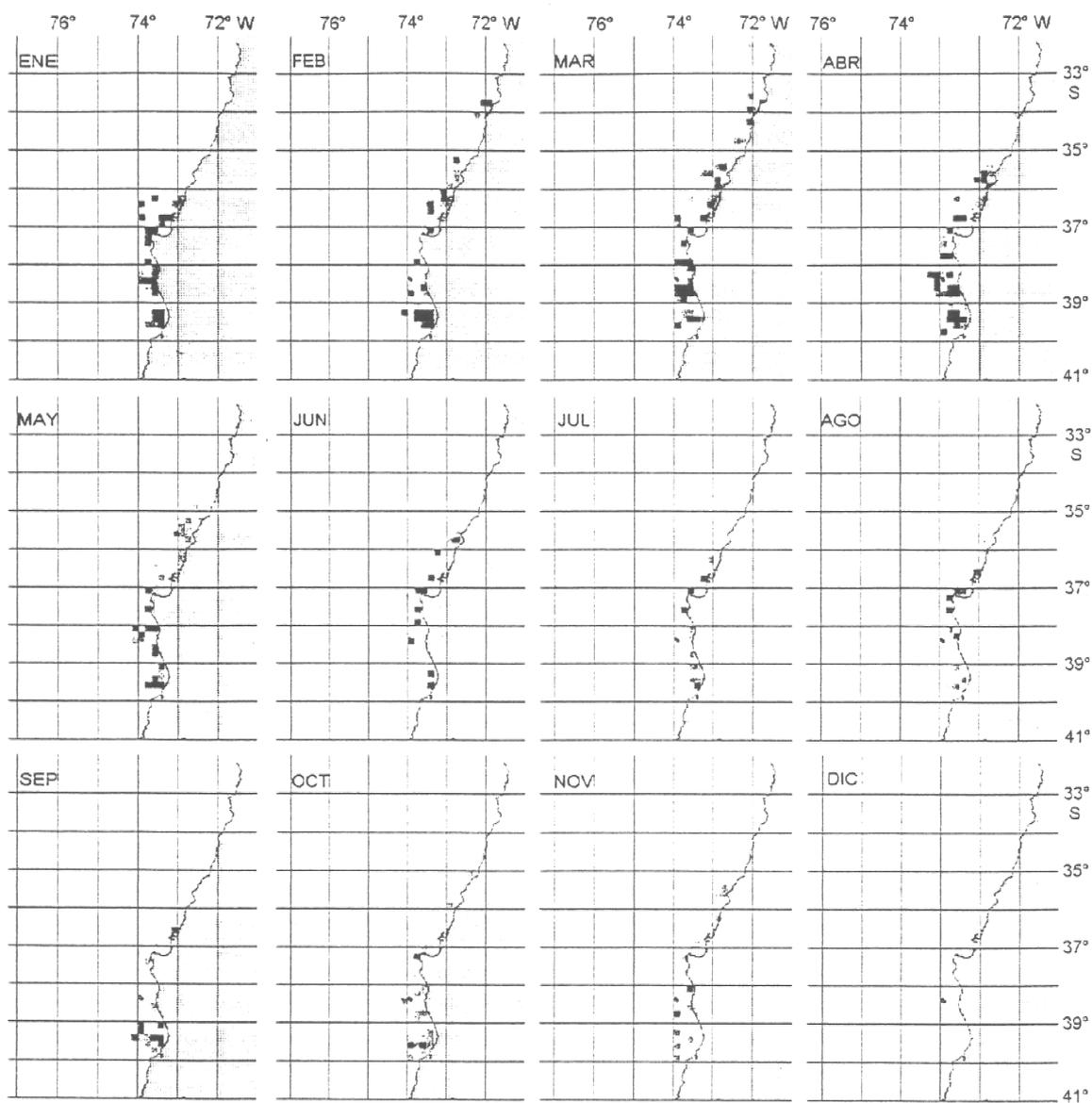
Captura (t)	Escala						
0		51 - 100		251 - 500		> 1.000	
1 - 50		101 - 250		501 - 1.000			

Figura 21 Distribución espacio-temporal de la captura (t) de sardina común en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.



Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala	Esfuerzo (VCP)	Escala
0		4 - 6		11 - 15		> 20	
1 - 3		7 - 10		16 - 20			

Figura 22 Distribución espacio-temporal del esfuerzo (VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.



Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala	Rendimiento	Escala
0		31 - 60		121 - 180		> 241	
1 - 30		61 - 120		181 - 240			

Figura 23 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur, enero - diciembre 1997.

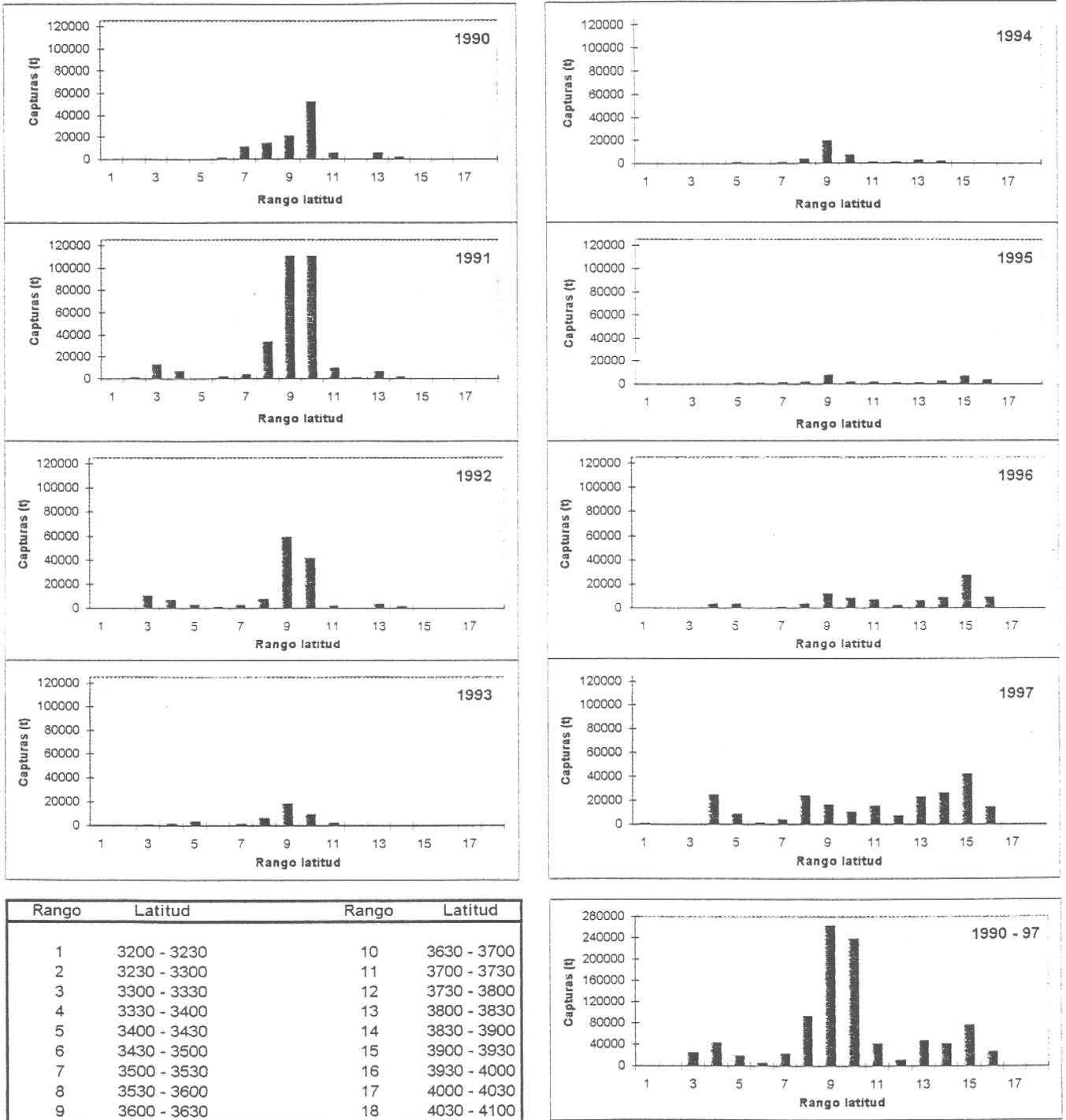
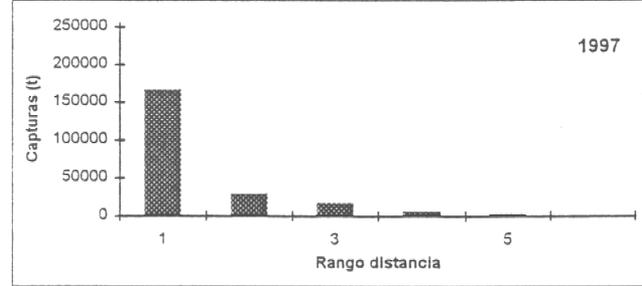
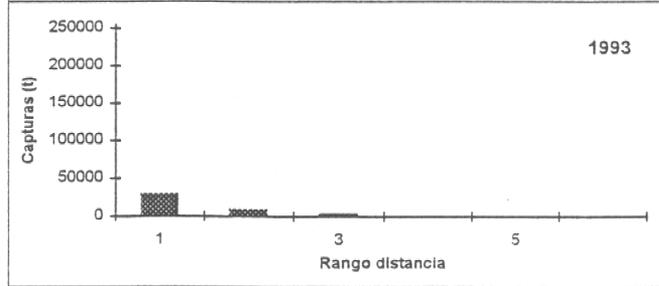
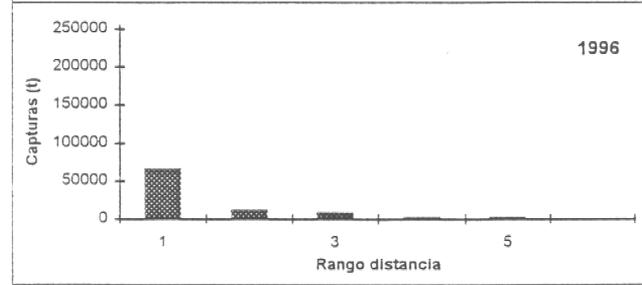
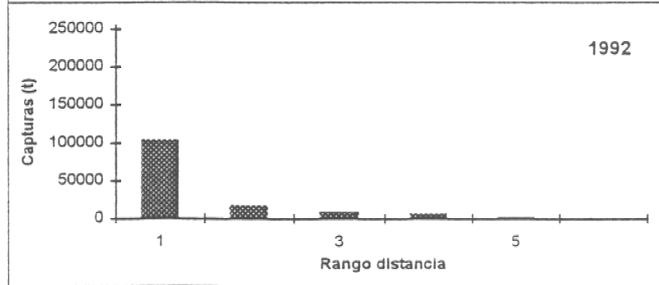
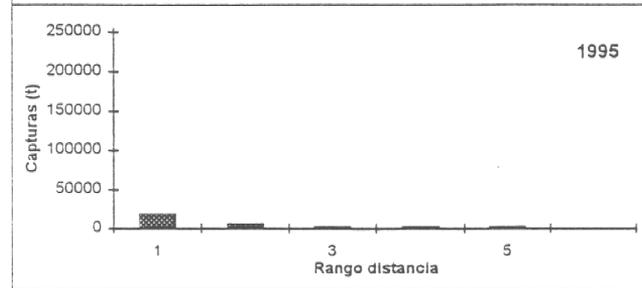
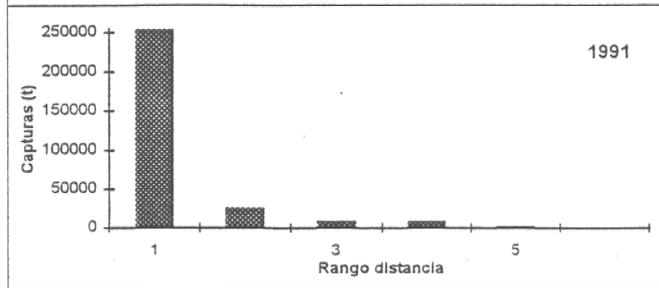
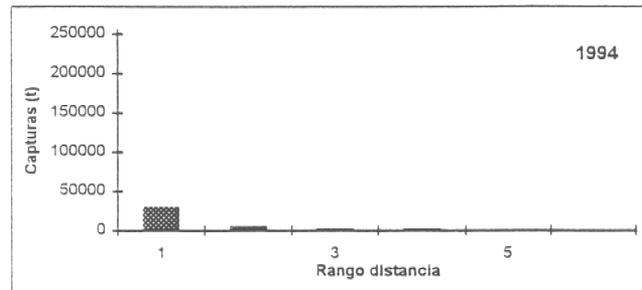
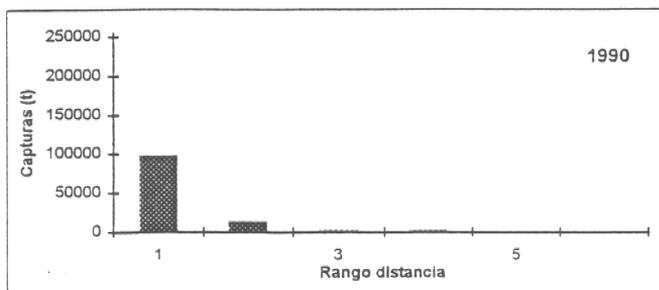


Figura 24 Distribución de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según variación latitudinal, período 1990 - 97.



Rango	Distancia de la costa (millas)	Rango	Distancia de la costa (millas)
1	0 - 10	4	40 - 50
2	10 - 20	5	> 50
3	20 - 30		

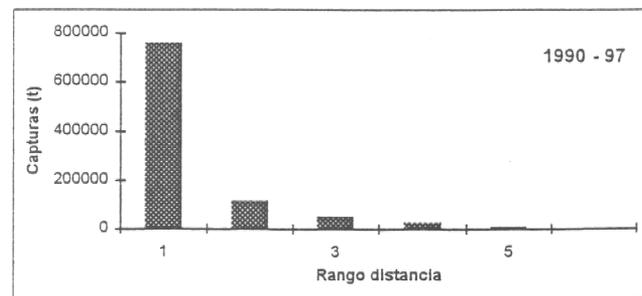


Figura 25 Distribución de la captura (t) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según variación longitudinal, período 1990 - 97.

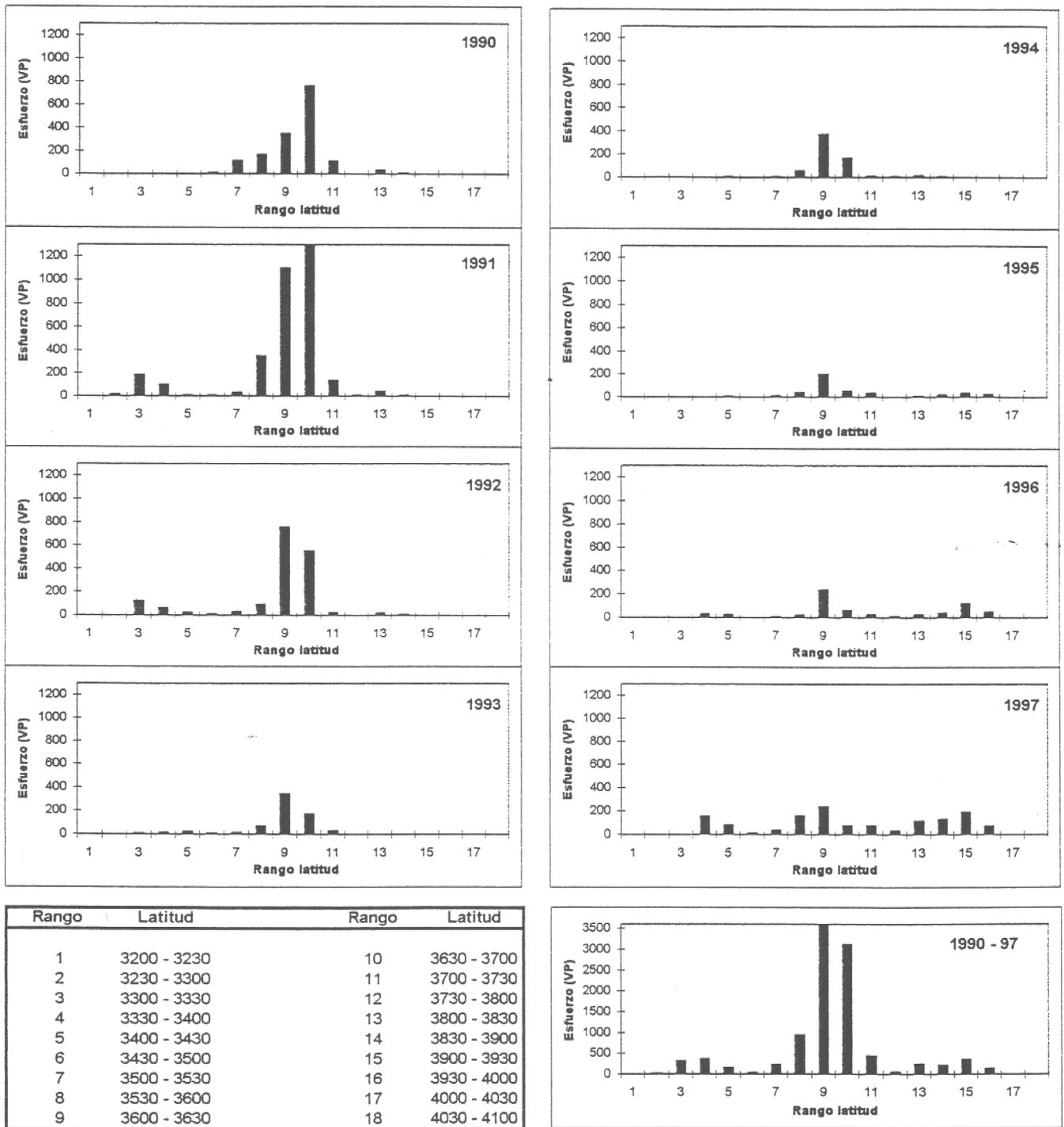


Figura 26 Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según variación latitudinal, período 1990 - 97.

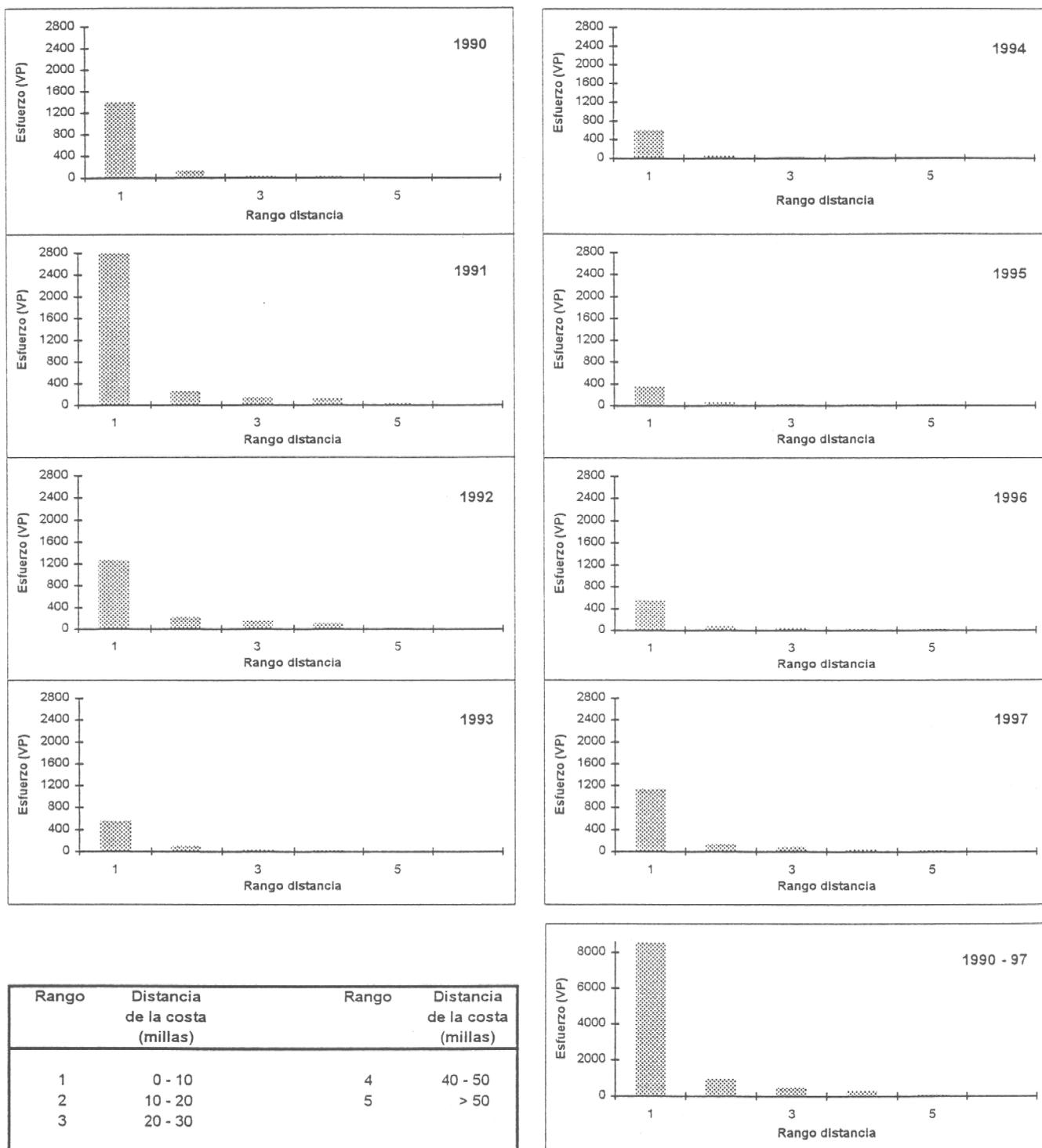
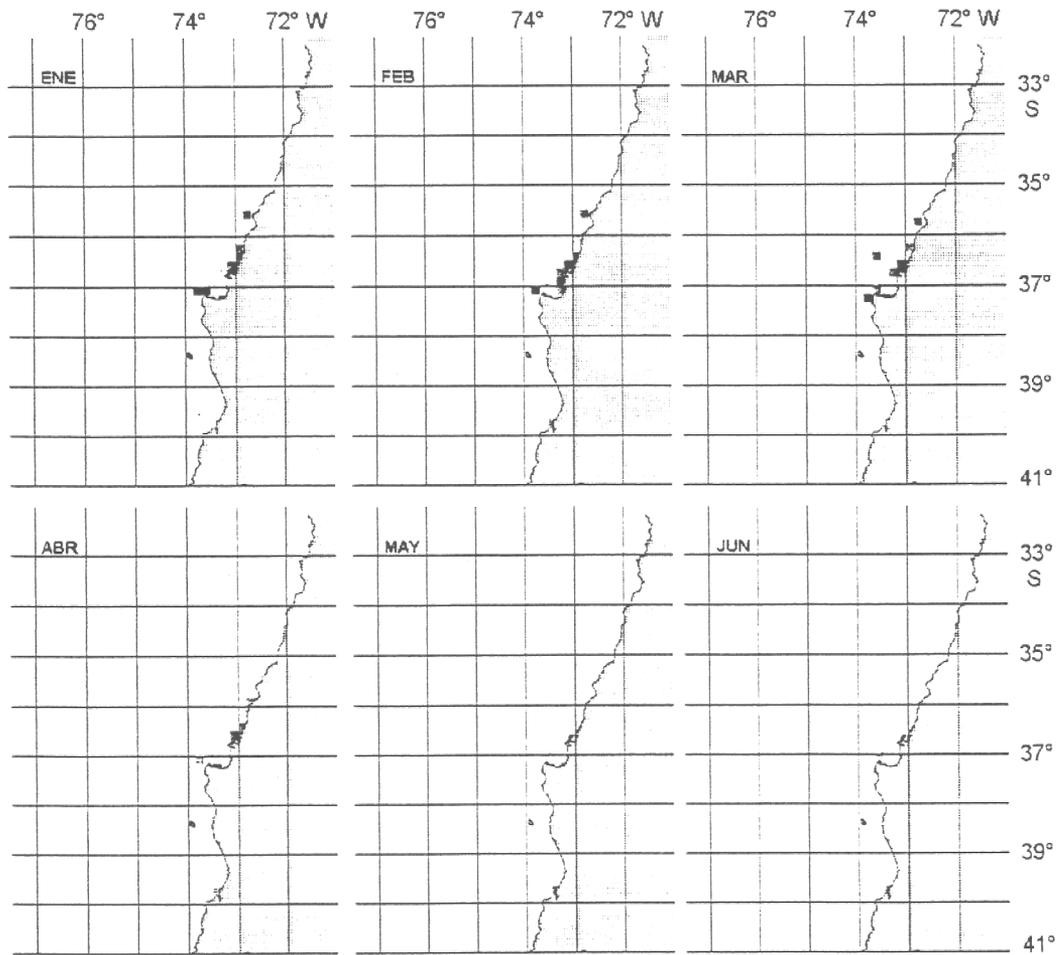
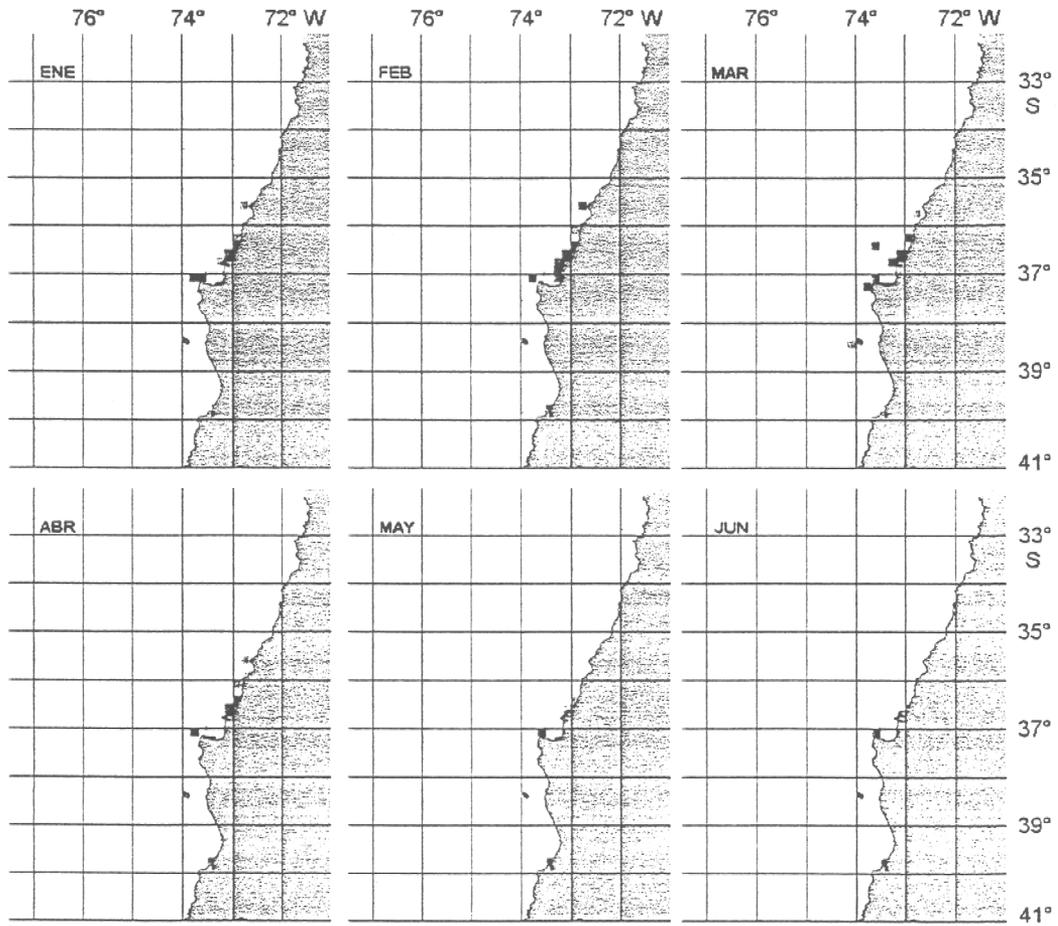


Figura 27 Distribución del esfuerzo de pesca (VP) de sardina común en la Zona Centro-Sur, según variación longitudinal, período 1990 - 97.



Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala	Captura (t)	Escala
0		201 - 400		801 - 1.200		> 2.001	
1 - 200		401 - 800		1.201 - 2.000			

Figura 28 Distribución espacio-temporal de la captura (t) de sardina común en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1997.



Esfuerzo (VCP)	Escala						
0		16 - 30		61 - 100		> 150	
1 - 15		31 - 60		101 - 150			

Figura 29 Distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1997.

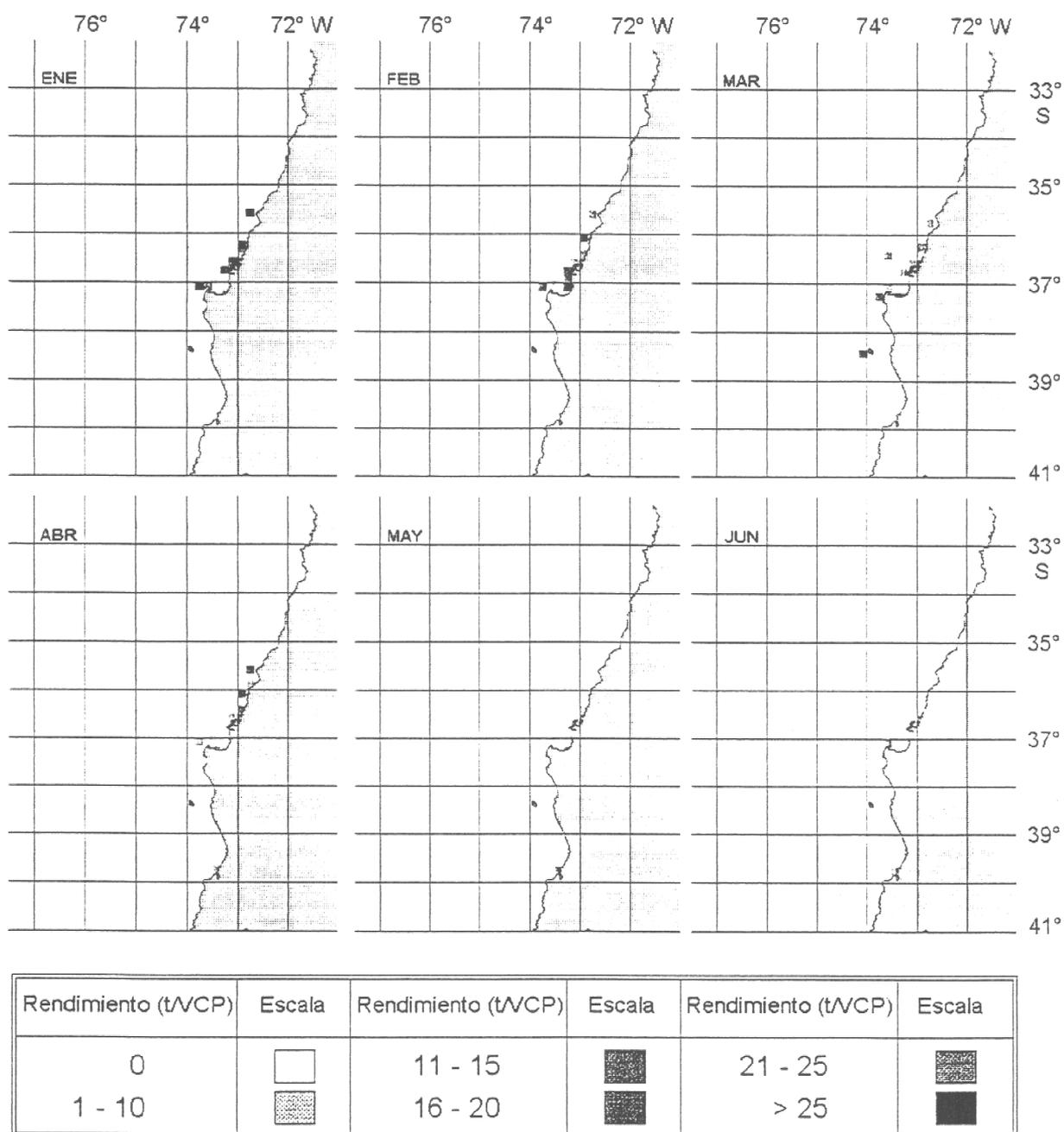


Figura 30 Distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca (t/VCP) de sardina común en la zona Centro-Sur (flota artesanal), enero - junio 1998.

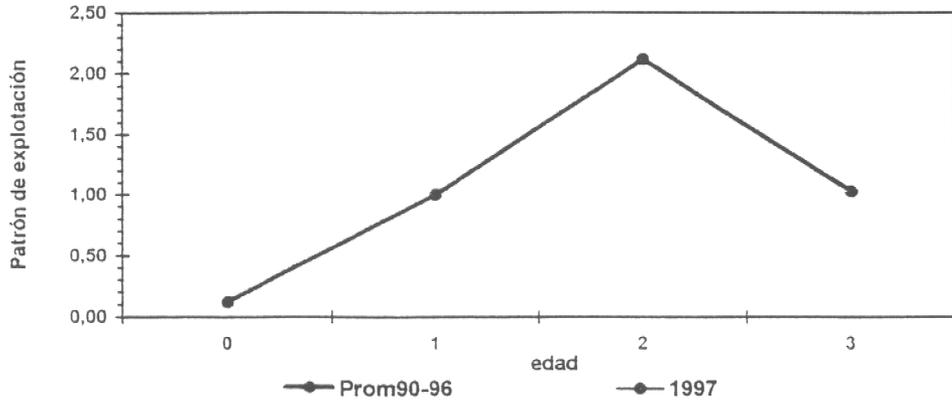


Figura 31 Patrón de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur, promedio 1990-1996 y correspondiente a 1997.

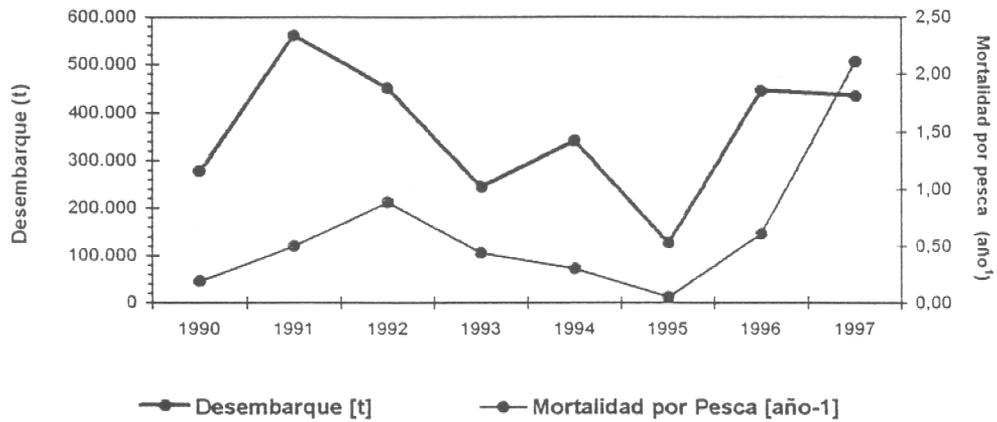


Figura 32 Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

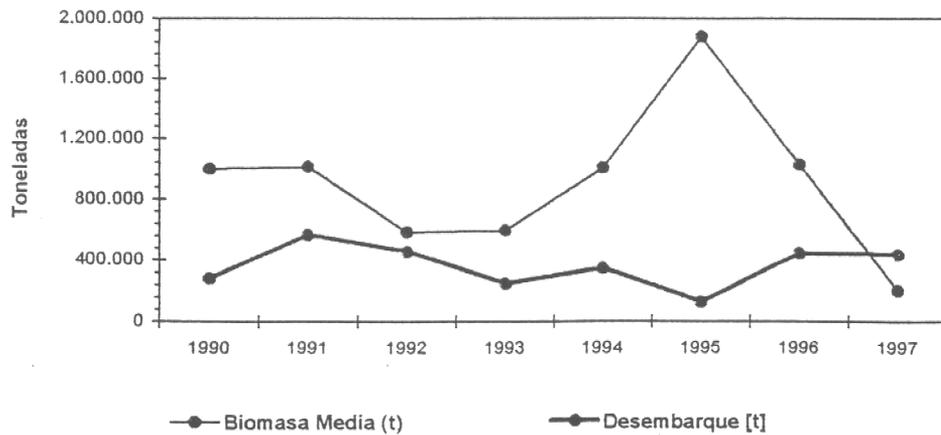


Figura 33 Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

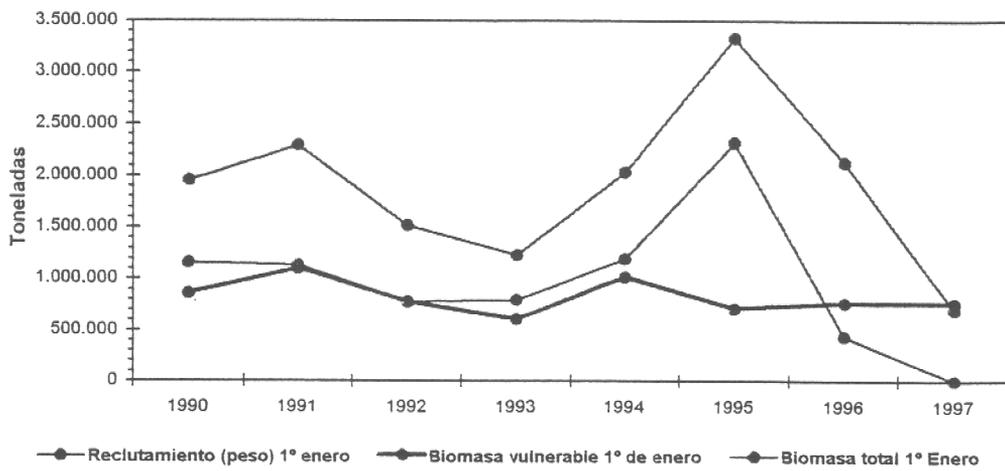


Figura 34 Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1° de enero del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

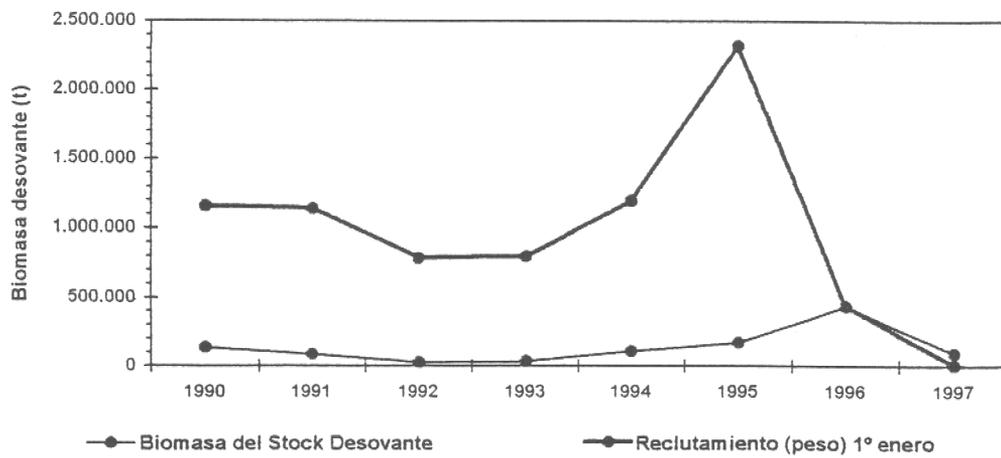


Figura 35 Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

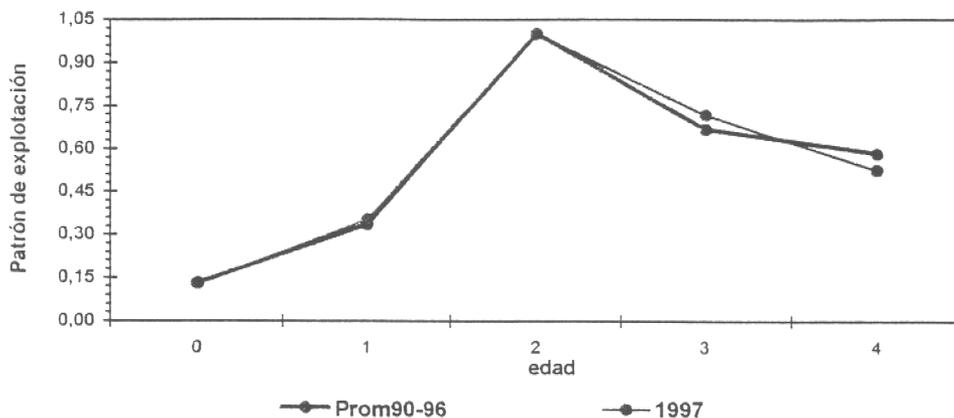


Figura 36 Patrón de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur, promedio 1990-1996 y correspondiente a 1997.

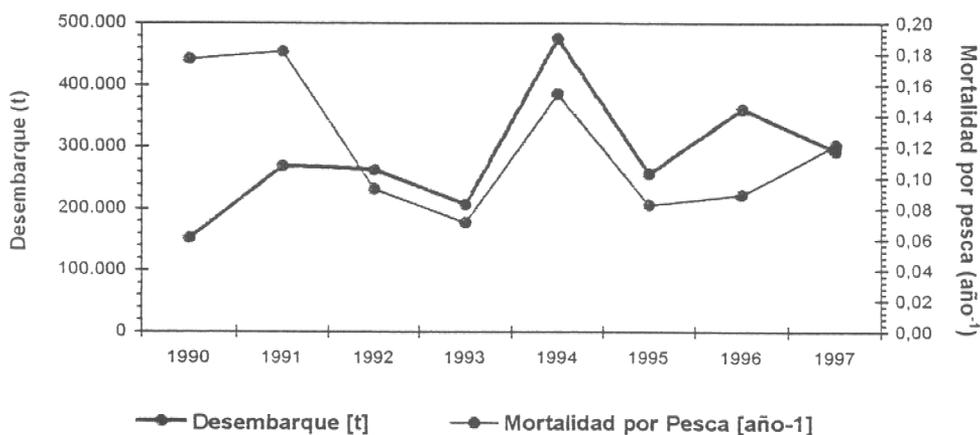


Figura 37 Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

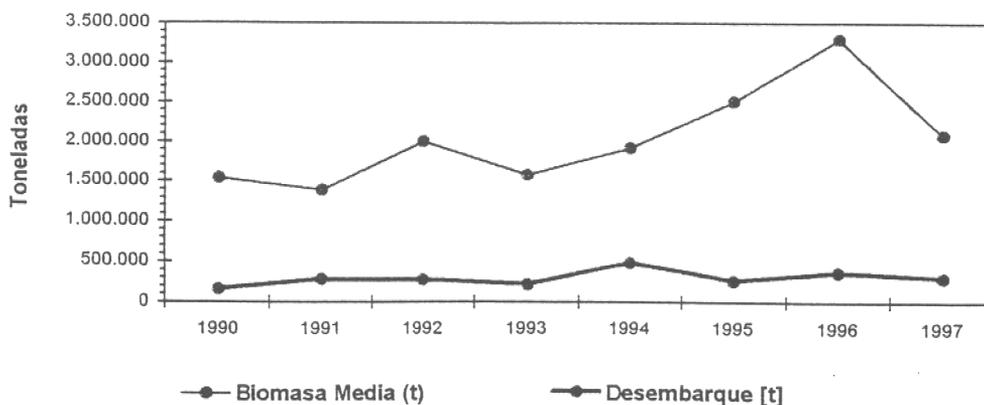


Figura 38 Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

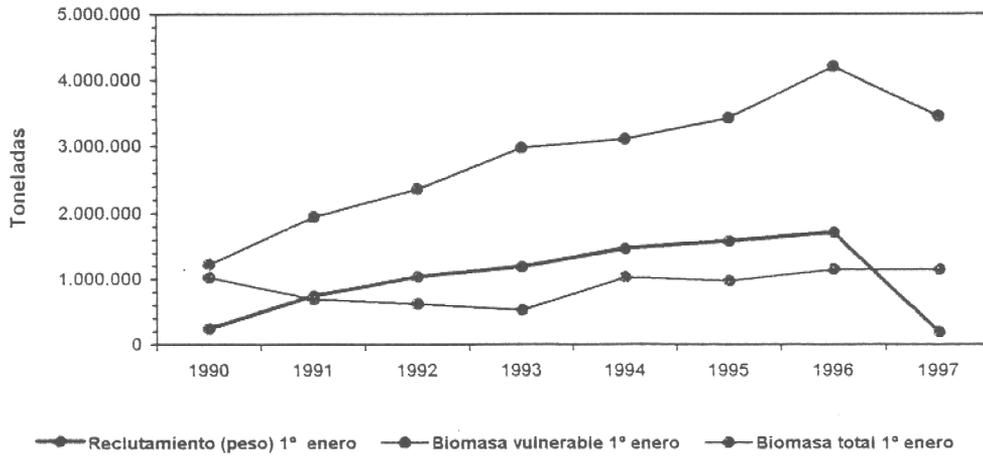


Figura 39 Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1° de enero del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

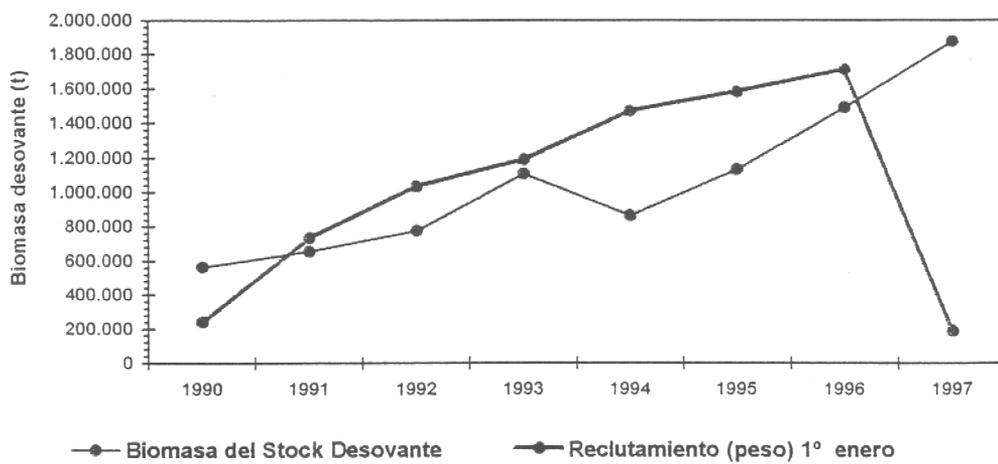
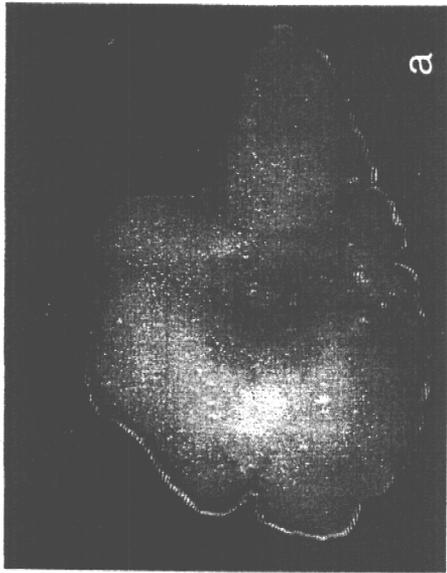


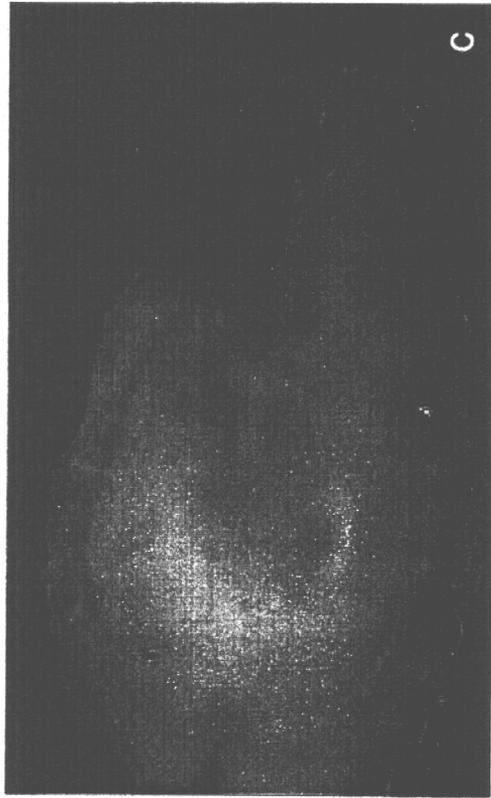
Figura 40 Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.



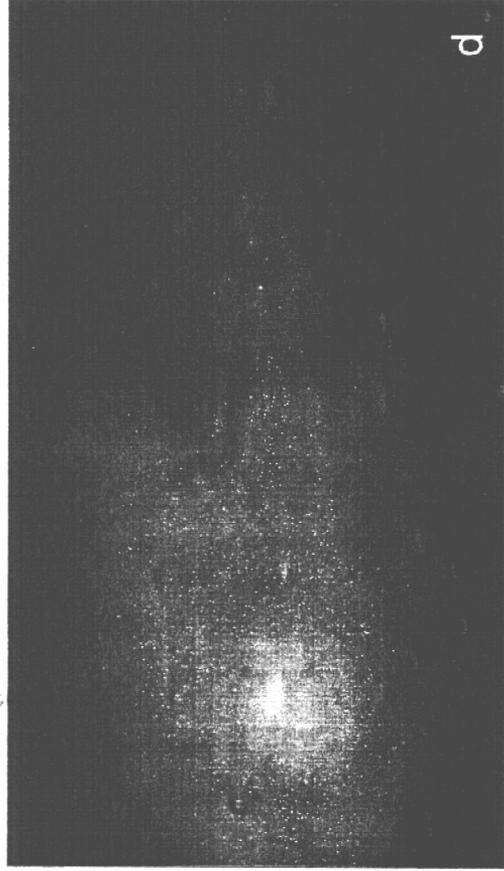
a



b



c



d

Fig. 41 Otolitos *sagitta* de sardina común X40. a) formando el primer *annulus* (12 cm LT); b) dos *annulus* (14 cm LT); c) dos *annulus* y un anillo opaco en el borde (15 cm LT); d) tercer *annulus* en el borde (15 cm LT).

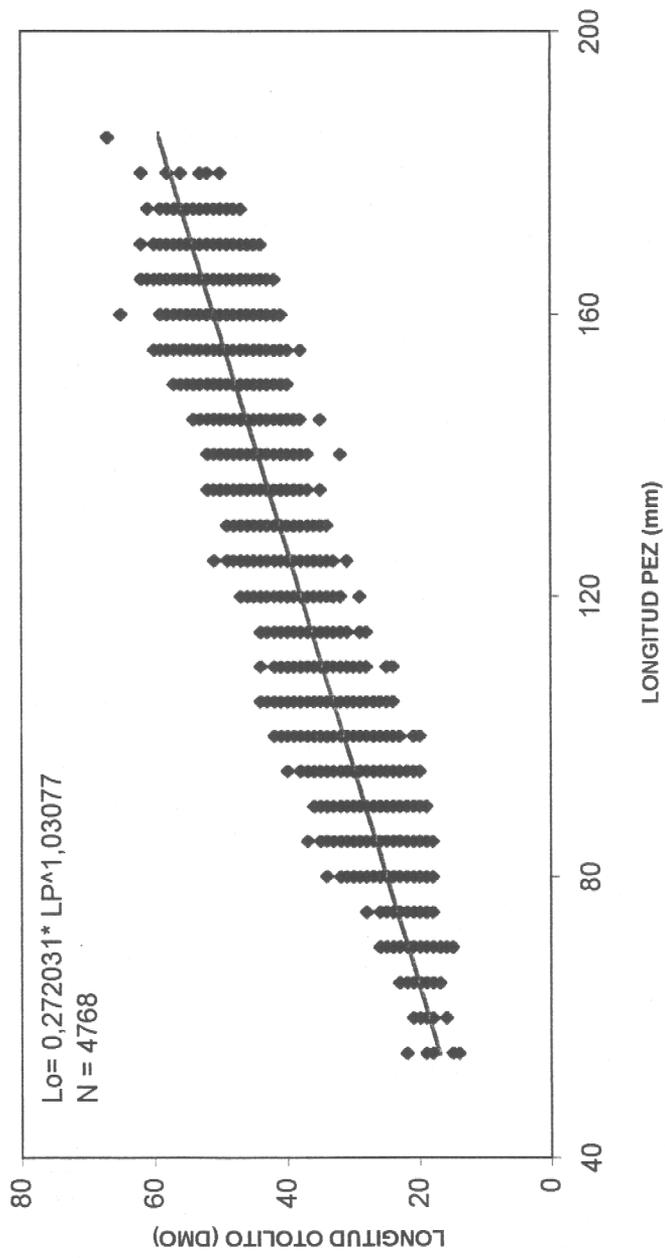


Figura 42 Relación longitud pez-longitud otolito en sardina común. Talcahuano, Período 1996-1998.

LONGITUD ANILLOS (DMO)

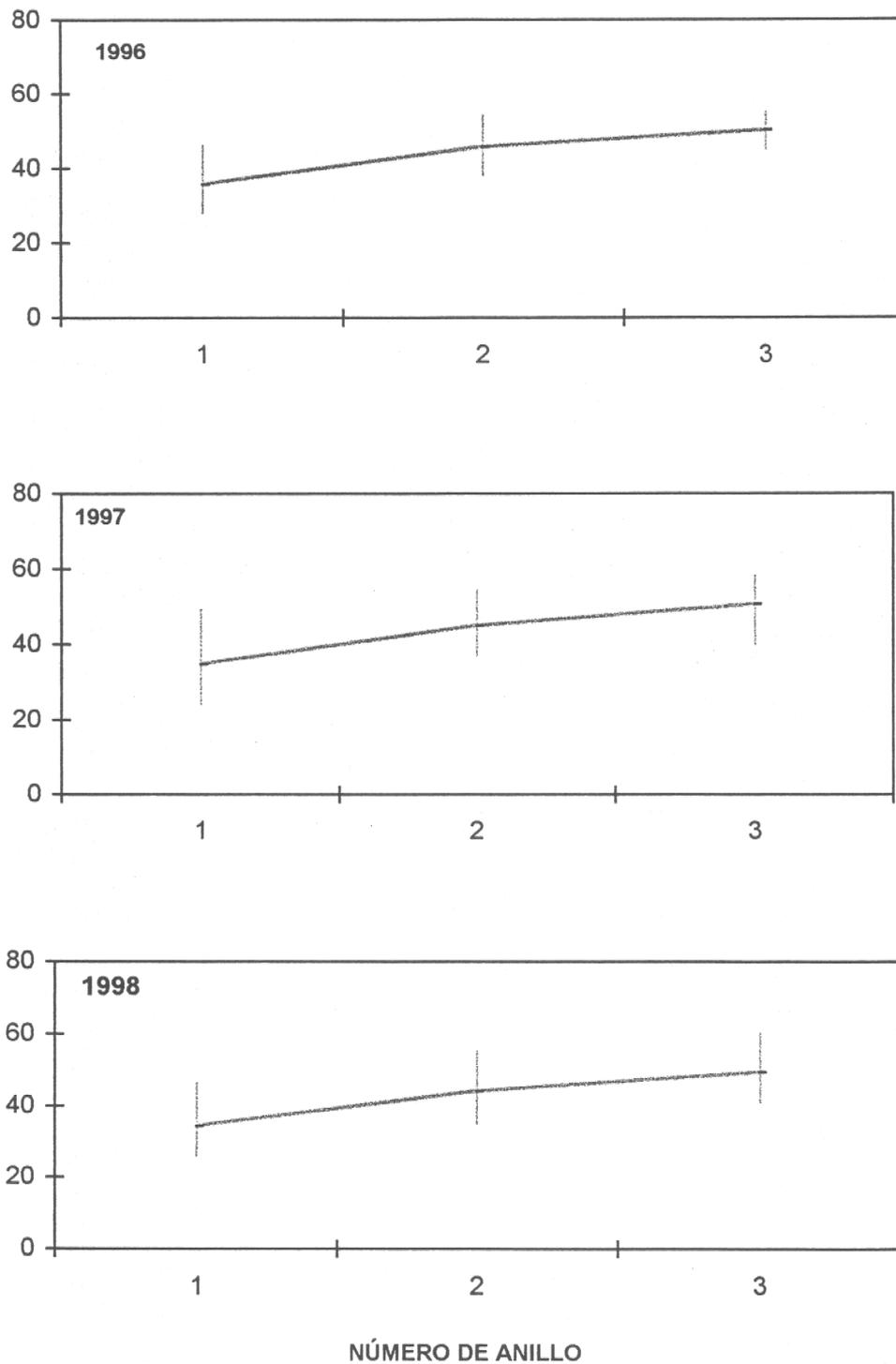


Figura 43 Crecimiento del otolito de sardina común. Valores promedio de la desviación estandar. Talcahuano. Años 1996,1997 y 1998.

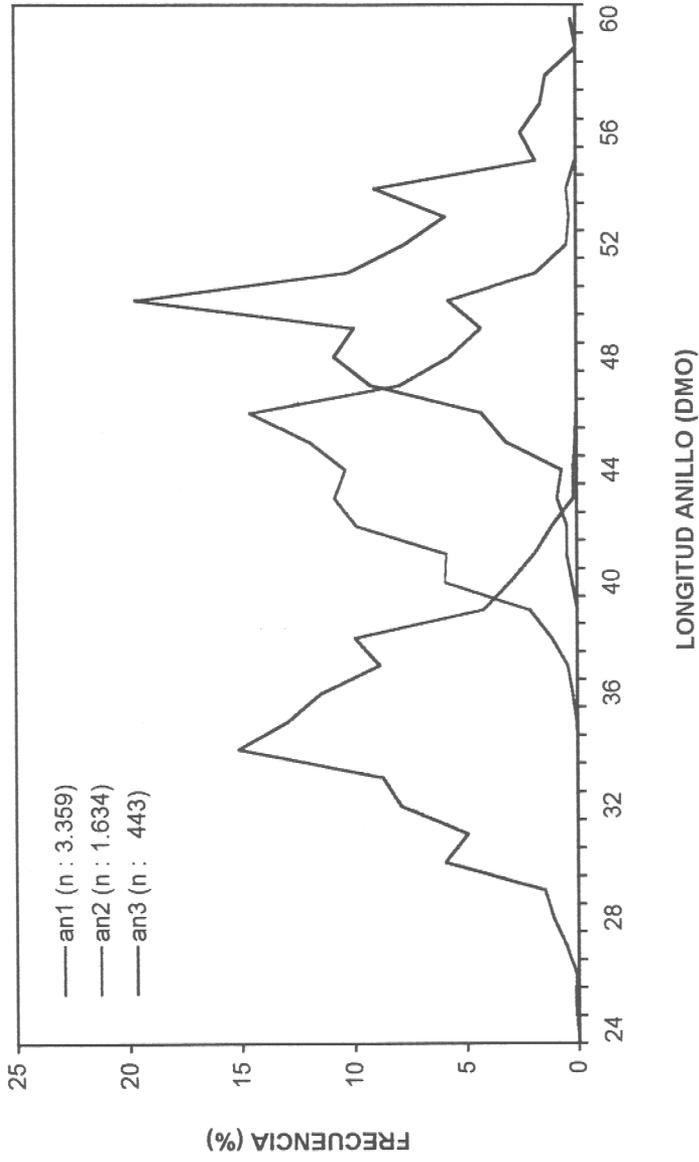


Figura 44 Distribución de tamaño de los anillos 1 a 3 en sardina común en el período enero de 1996 y julio de 1998. Talcahuano.

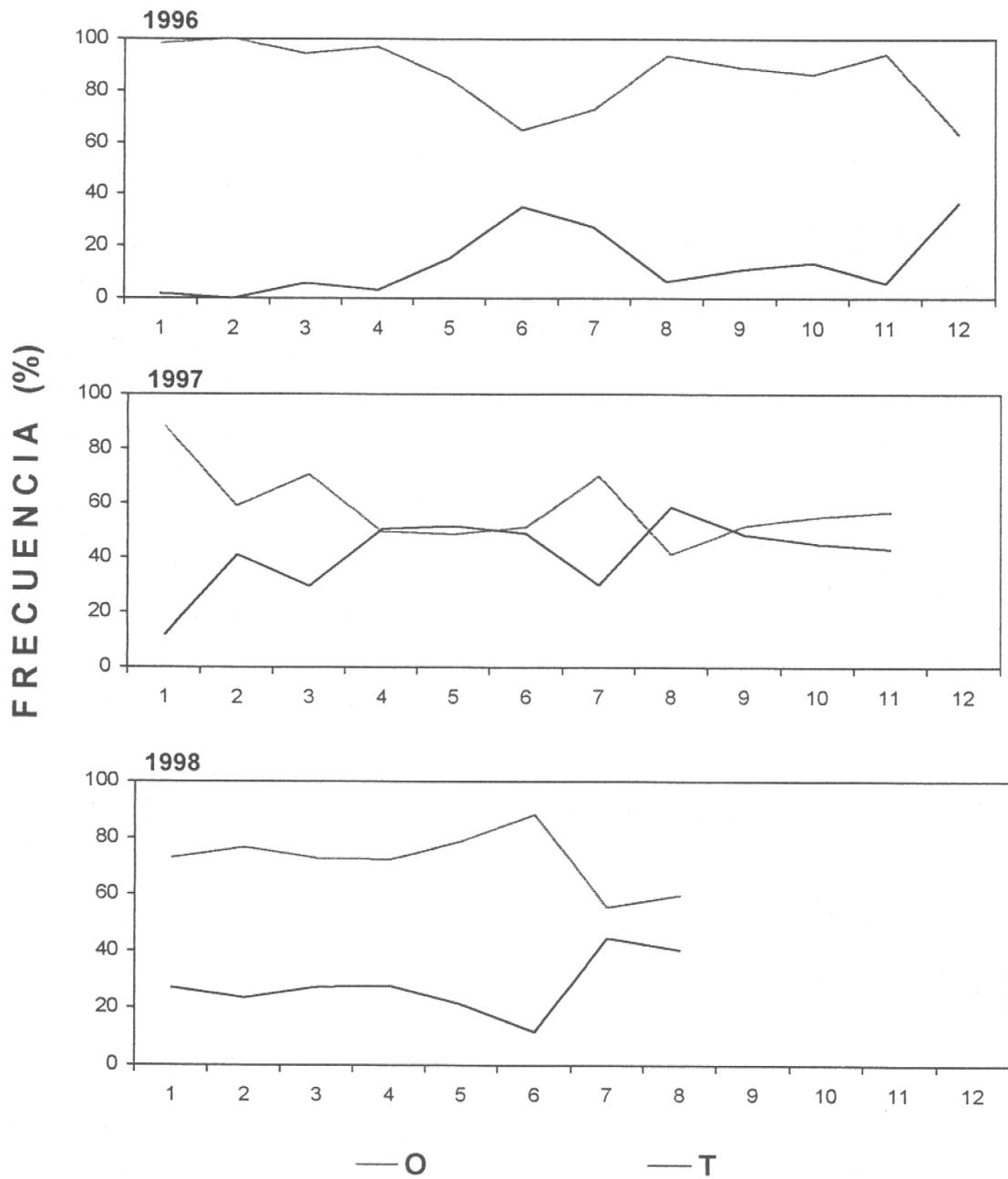


Figura 45 Evolución del borde en otolitos de sardina común. Año 1996, 1997 y 1998. Talcahuano. (O = opaco; T = translúcido)

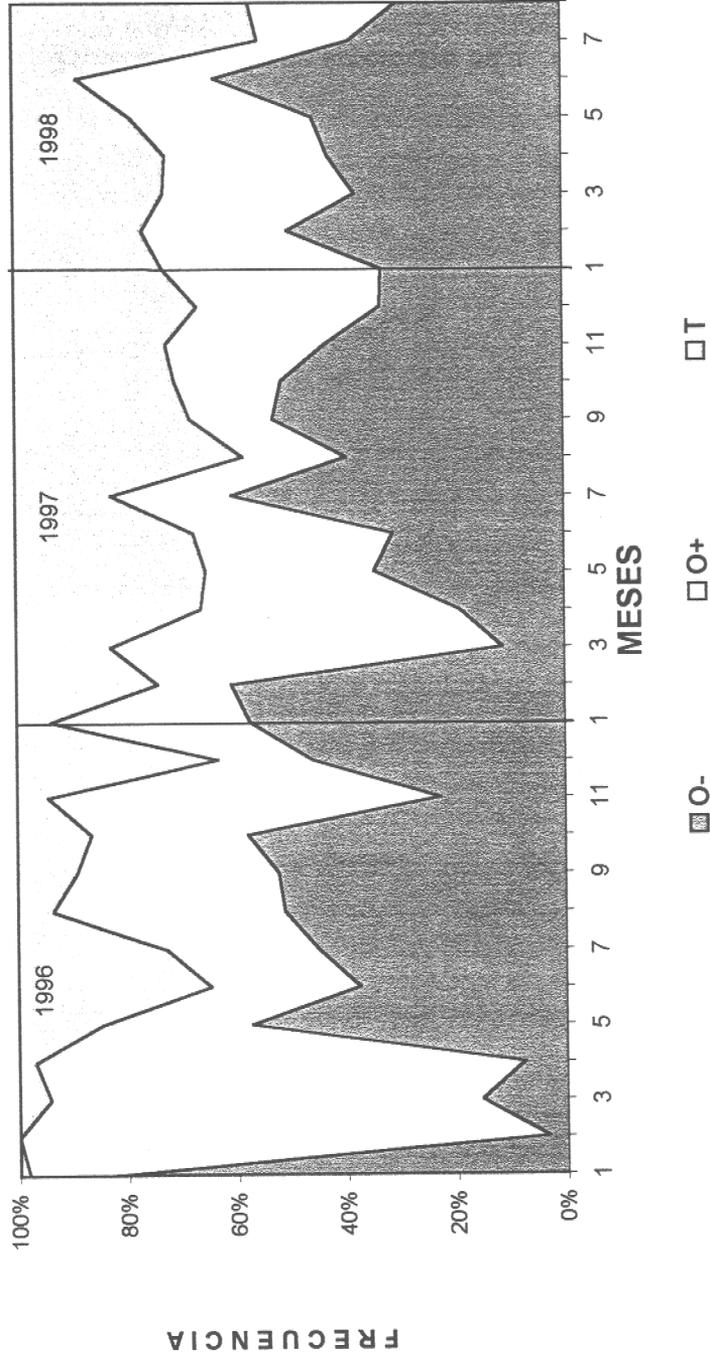


Figura 46 Evolución del borde en otolitos de sardina común en todas las edades.  
 T= translúcidos; O- = opacos finos; O+ = opacos gruesos.

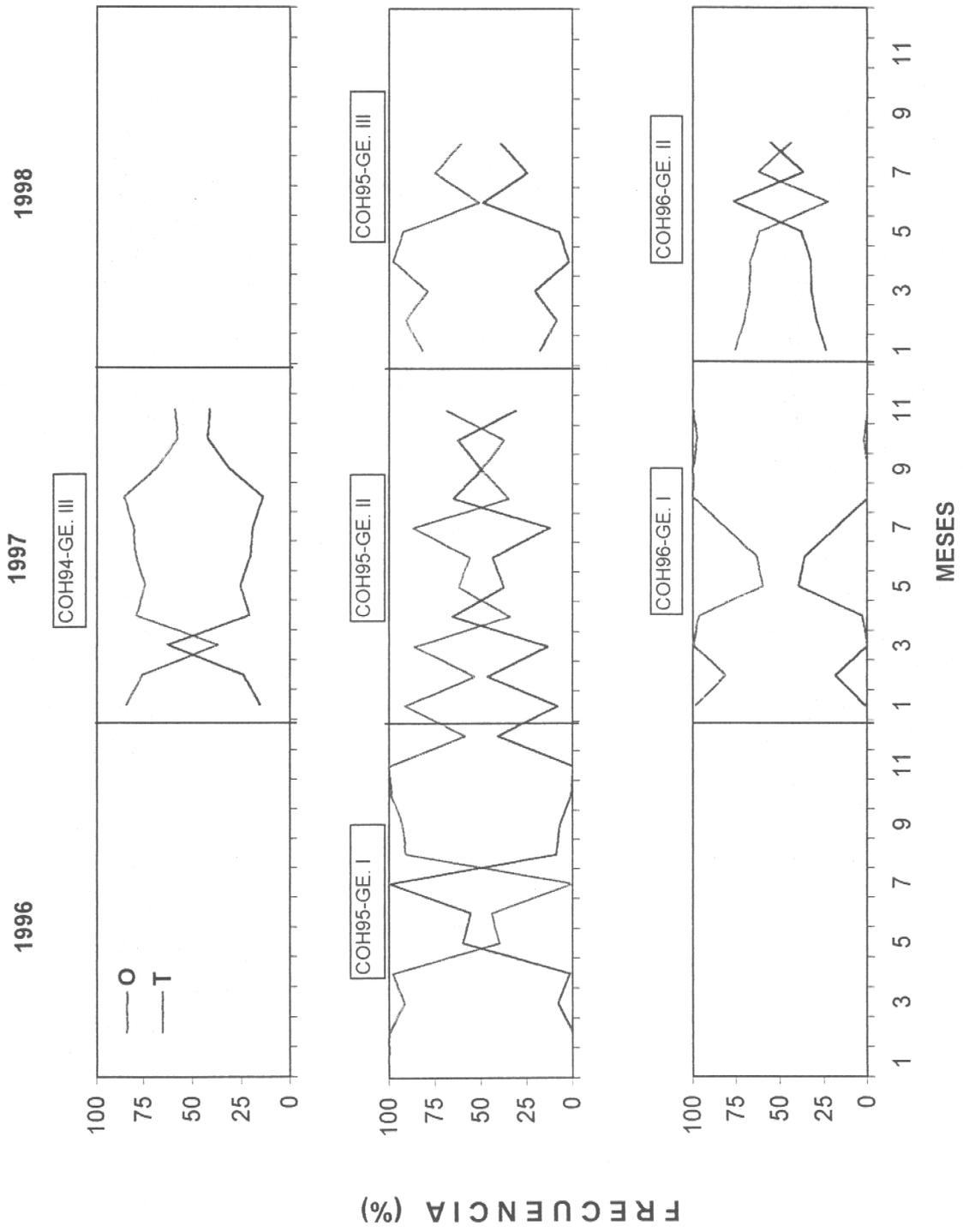


Figura 47 Evolución del borde en otolitos de sardina común en las cohortes 1994, 1995 y 1996. Zona Talcahuano.

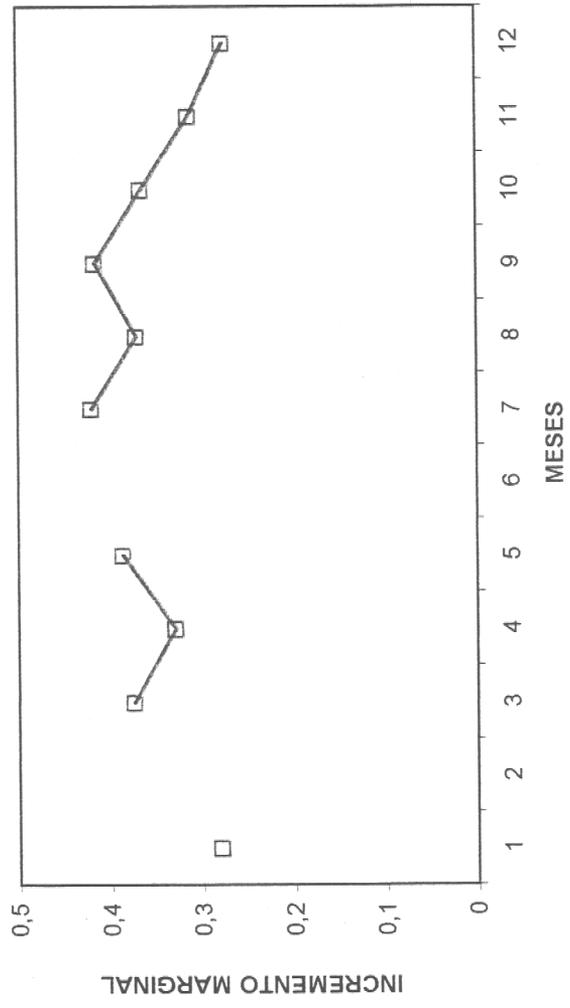


Figura 48 Incremento marginal en otolitos de sardina común. Talcahuano, año 1997

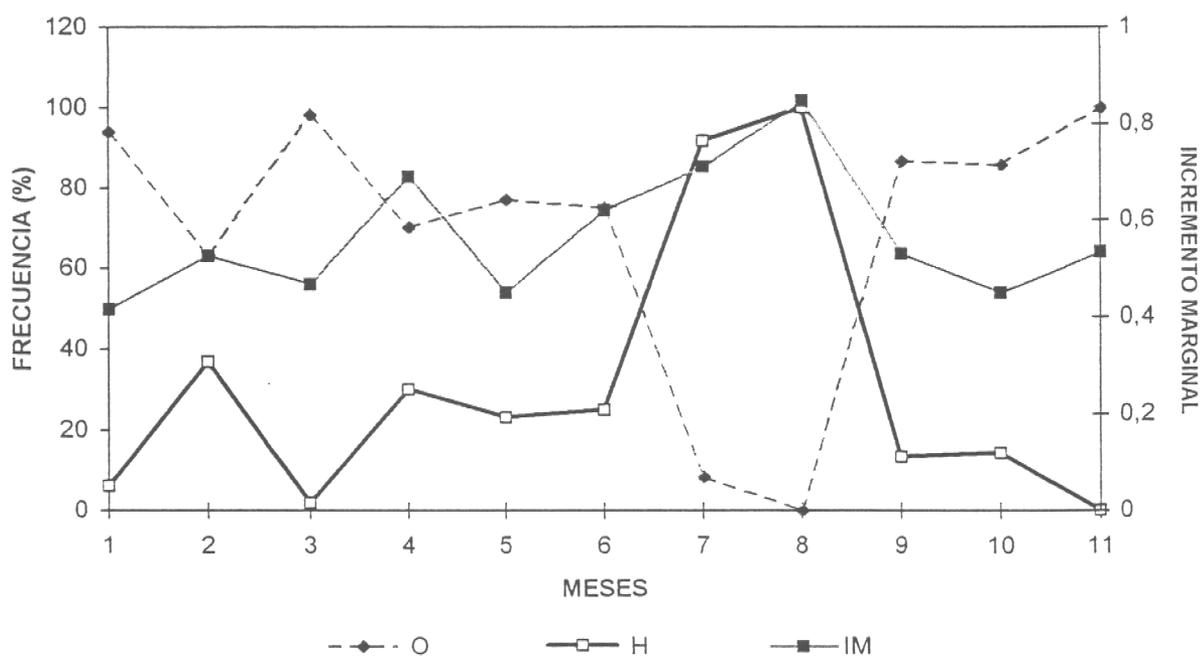


Figura 49A Evolución del material opaco y hialino en el borde de los otolitos de sardina común e Incremento marginal en ejemplares de edad 1. Talcahuano, año 1997.

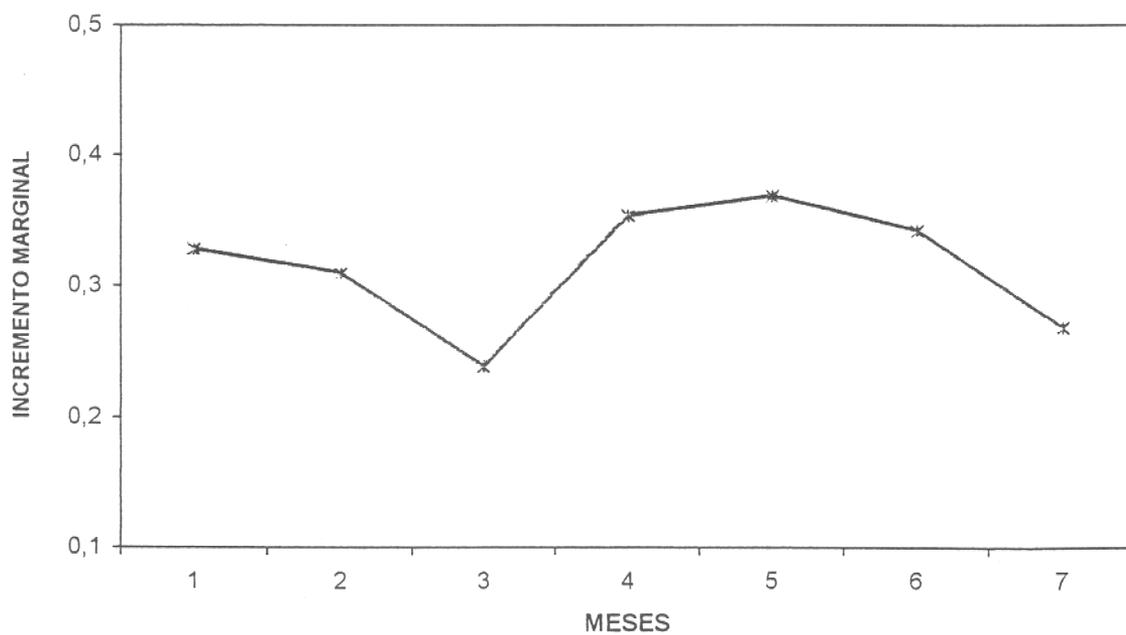


Figura 49B Incremento marginal en otolitos de sardina común en todas las edades. Talcahuano, año 1998.

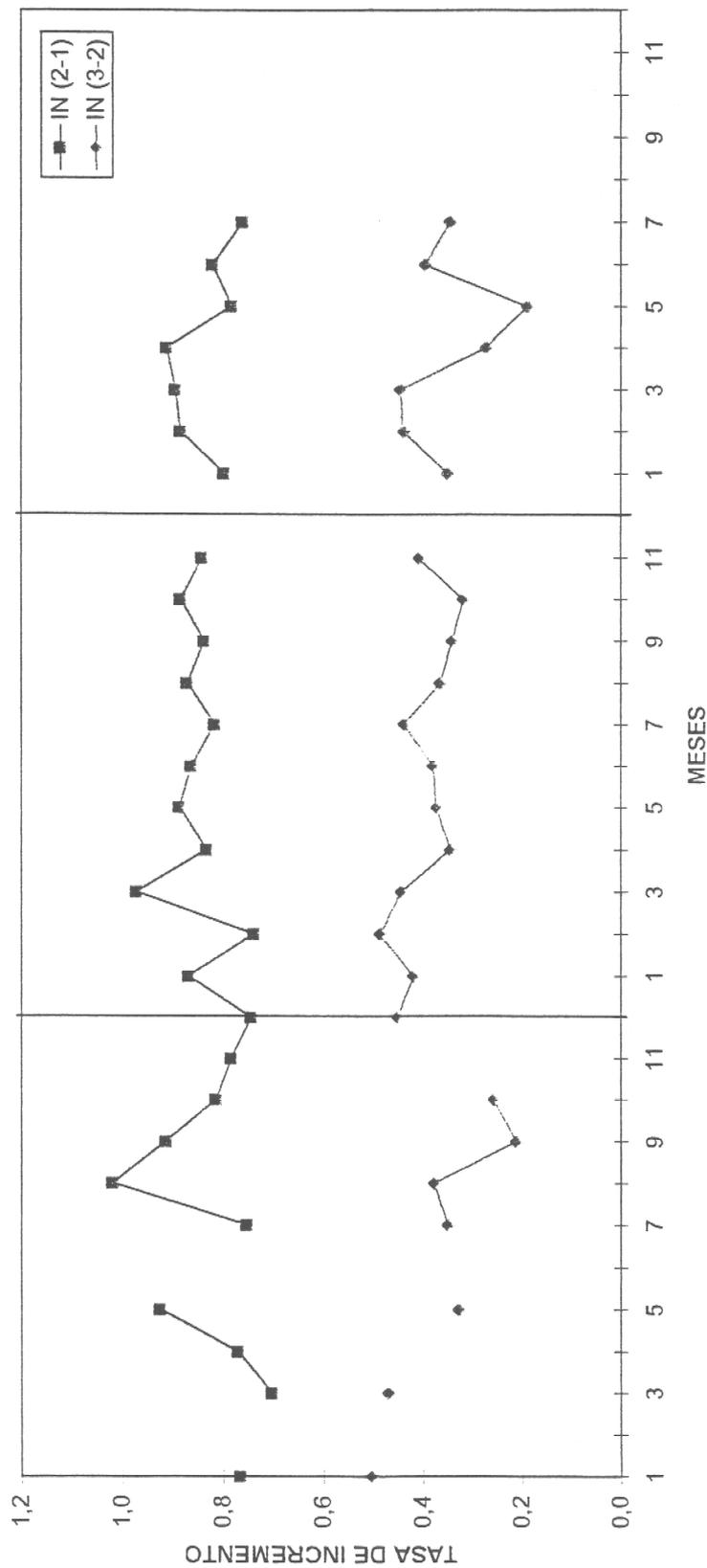


Figura 50 Tasas de incremento relativo mensual entre las edades 2 y 3 de sardina común. Período enero de 1996 - julio de 1998. Zona de Talcahuano.

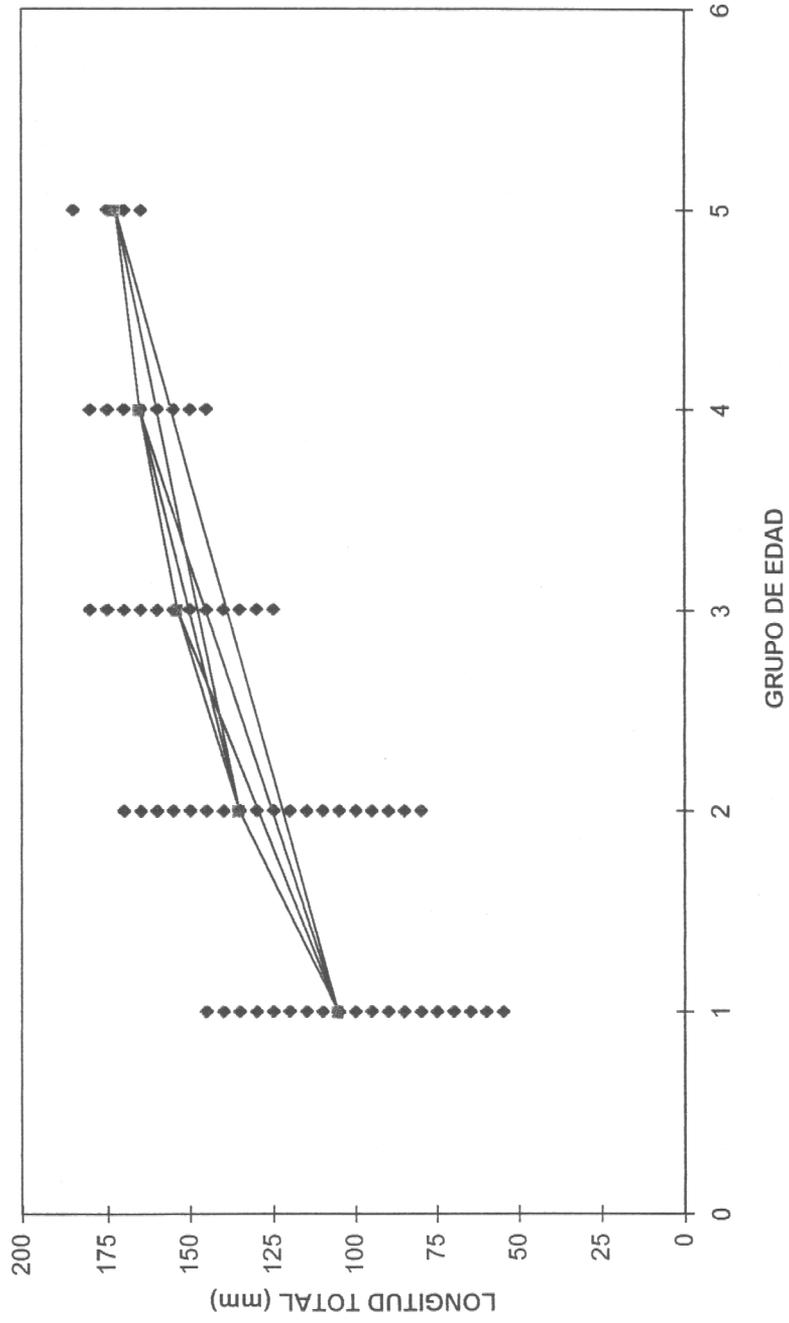


Figura 51 Curva de crecimiento de sardina común .Zona de Talcahuano, período 1996-1998.

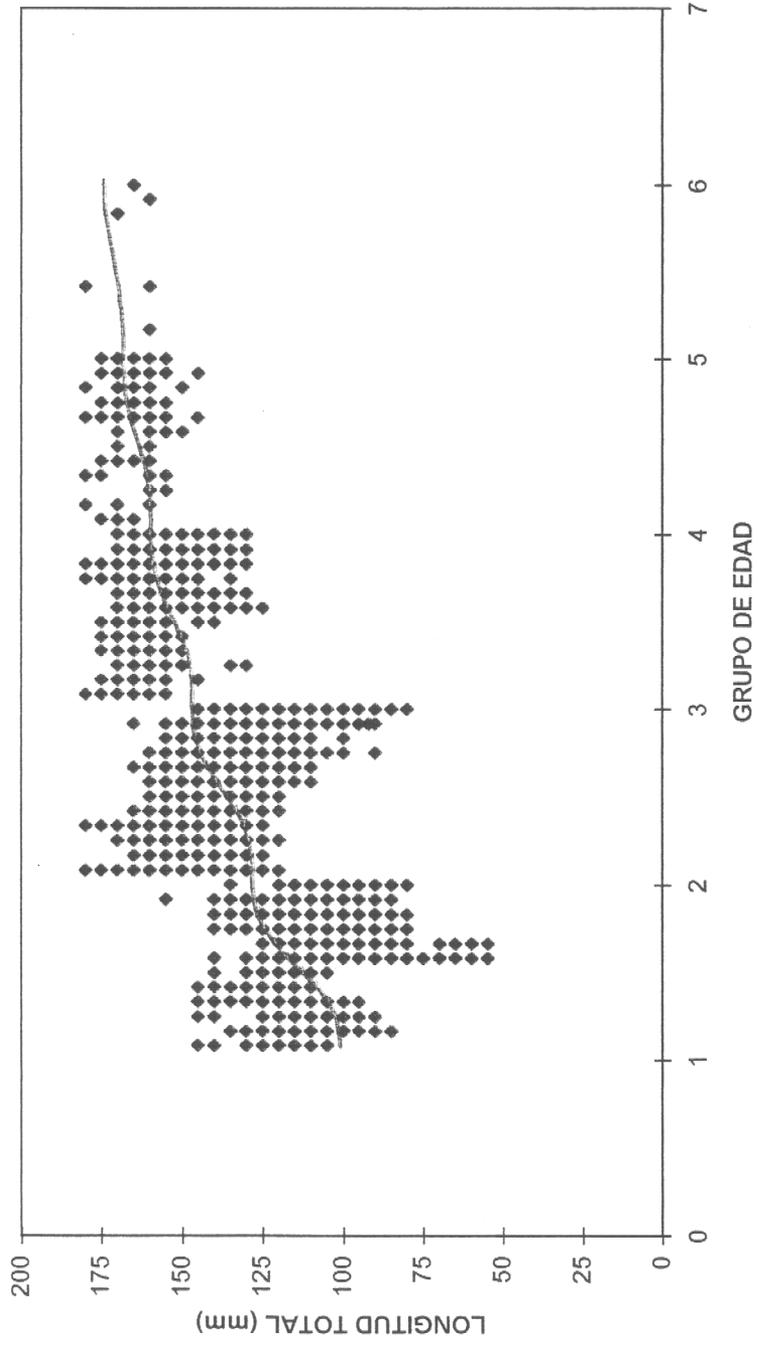


Figura 52 Crecimiento estacional de sardina común para el periodo 1996-1998. Talcahuano.



Fig. 53 Otolitos *sagitta* de anchoveta. a) Mostrando dos anillos de crecimiento, edad 1 (X40, 11.5 cm LT); b) Otolito pulido con varios anillos (X60, 14 cm LT); c) Incrementos de crecimiento en el *antirrostrum* (X500, 14 cm LT); d) Incrementos finos depositados en el margen rostral del otolito y que a nivel macroscópico aparecen como translúcidos (X400, 14 cm LT); e) Core del otolito (flecha) (X1000, 14 cm LT); f) Discontinuidades e incrementos finos en un margen translúcido (X800, 12.5 cm LT).

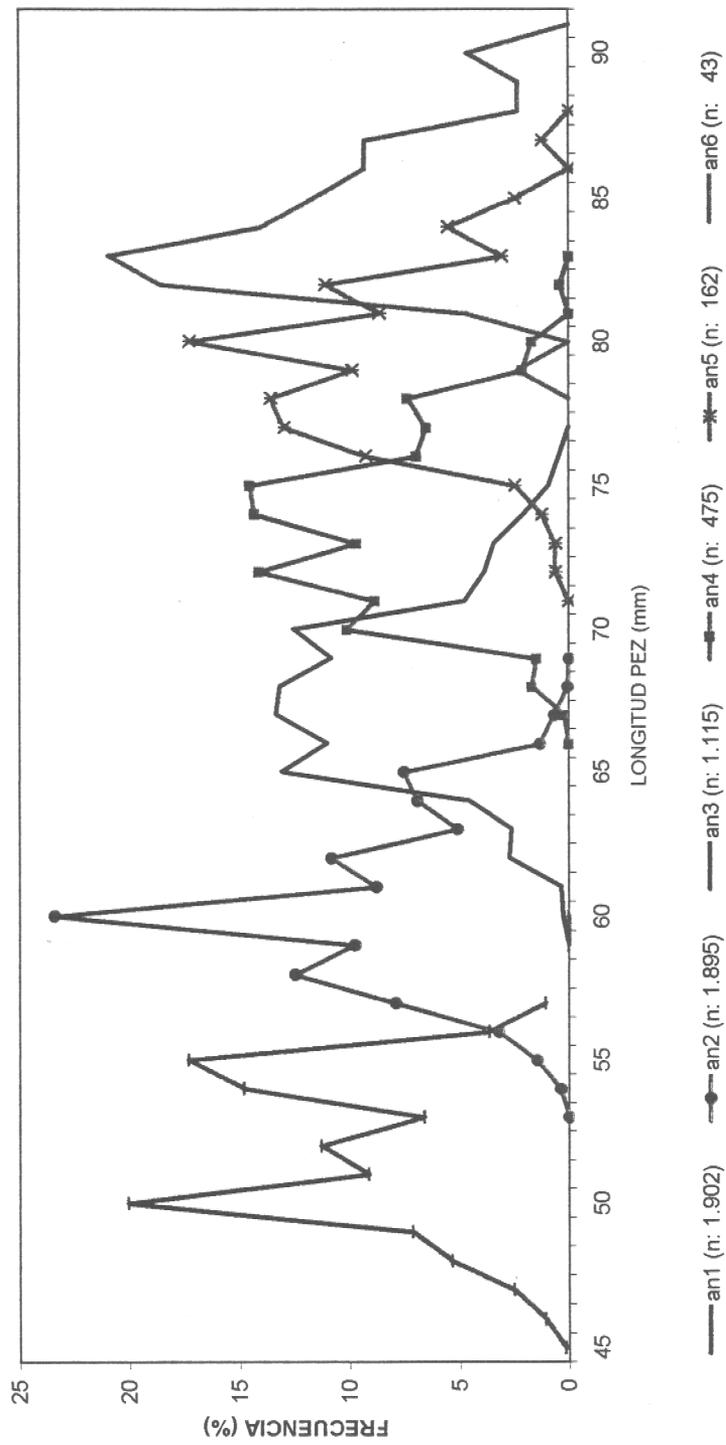


Figura 54 Distribución de tamaño de los anillos 1 a 6 en anchoveta en el período enero de 1996-julio de 1998. Talcahuano.

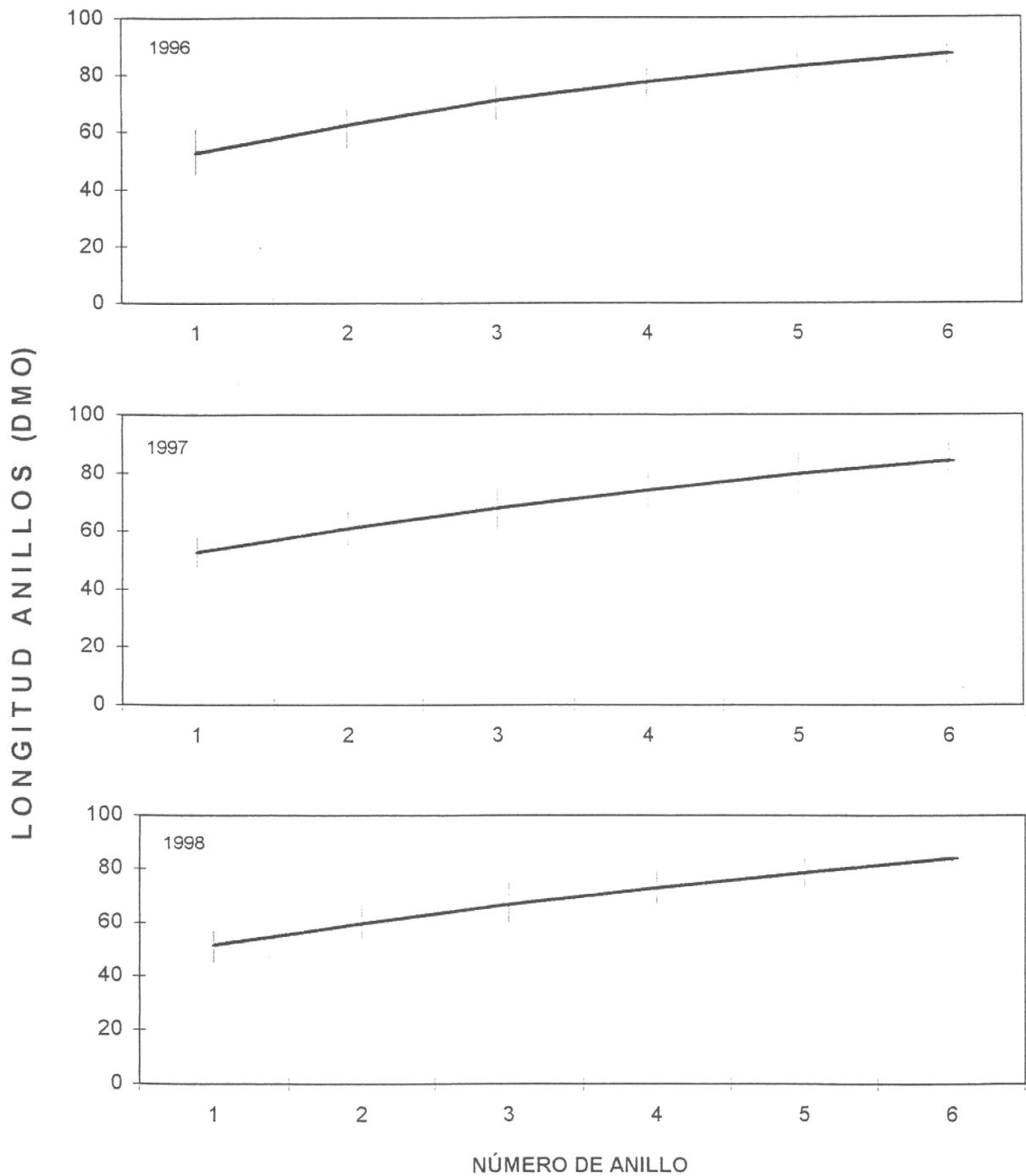


Figura 55 Crecimiento del otolito de anchoveta. Valores promedio y desviación estándar. Zona de Talcahuano, período 1996-1998.

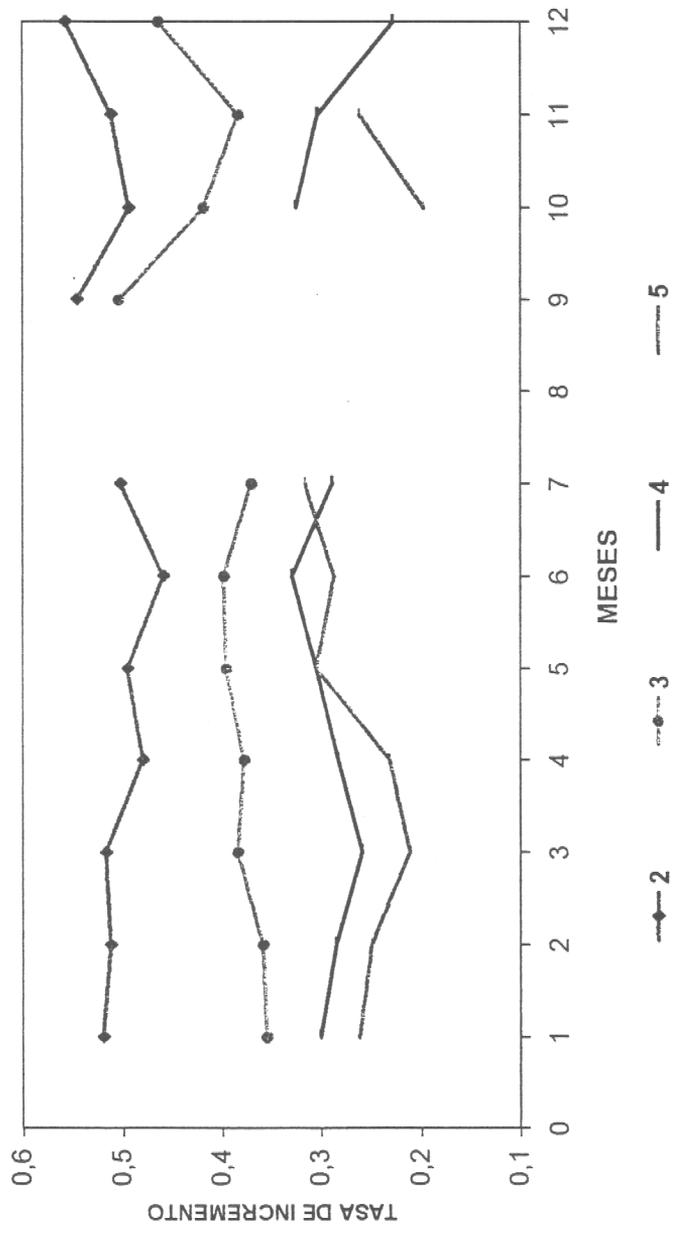


Figura 56 Tasas de incremento relativo mensual entre edades de anchoveta. Zona de Talcahuano, período enero de 1996 y julio de 1998.

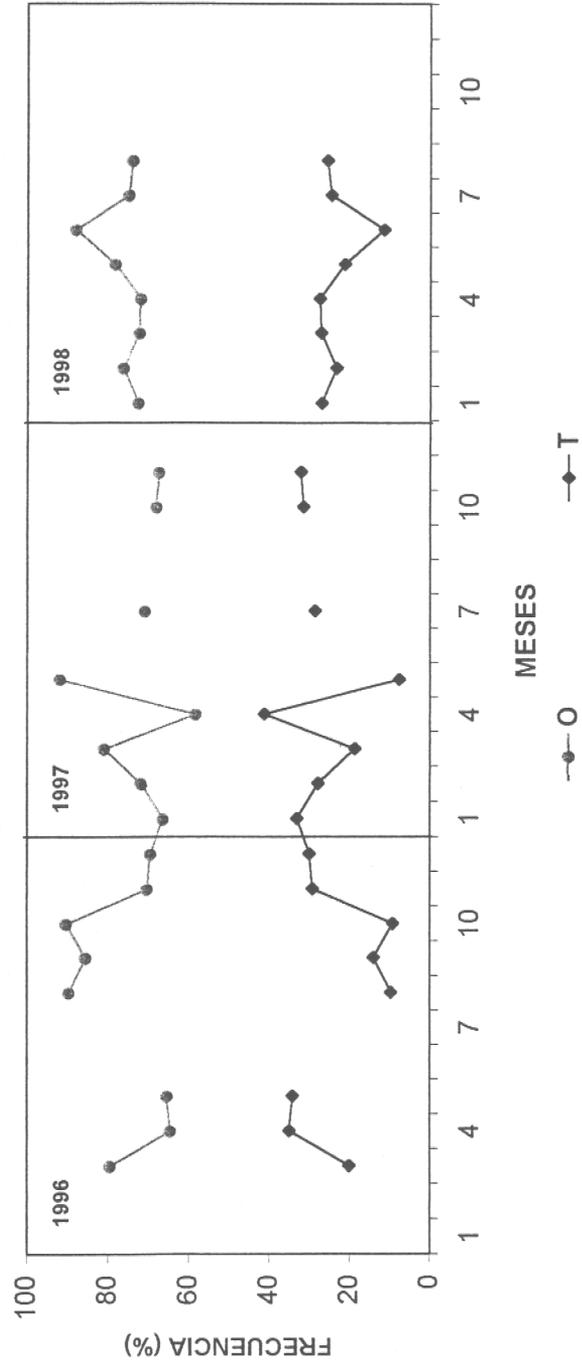


Figura 57 Evolución del borde en otolitos de anchoveta. Zona de Talcahuano. Enero de 1996 a agosto de 1998.

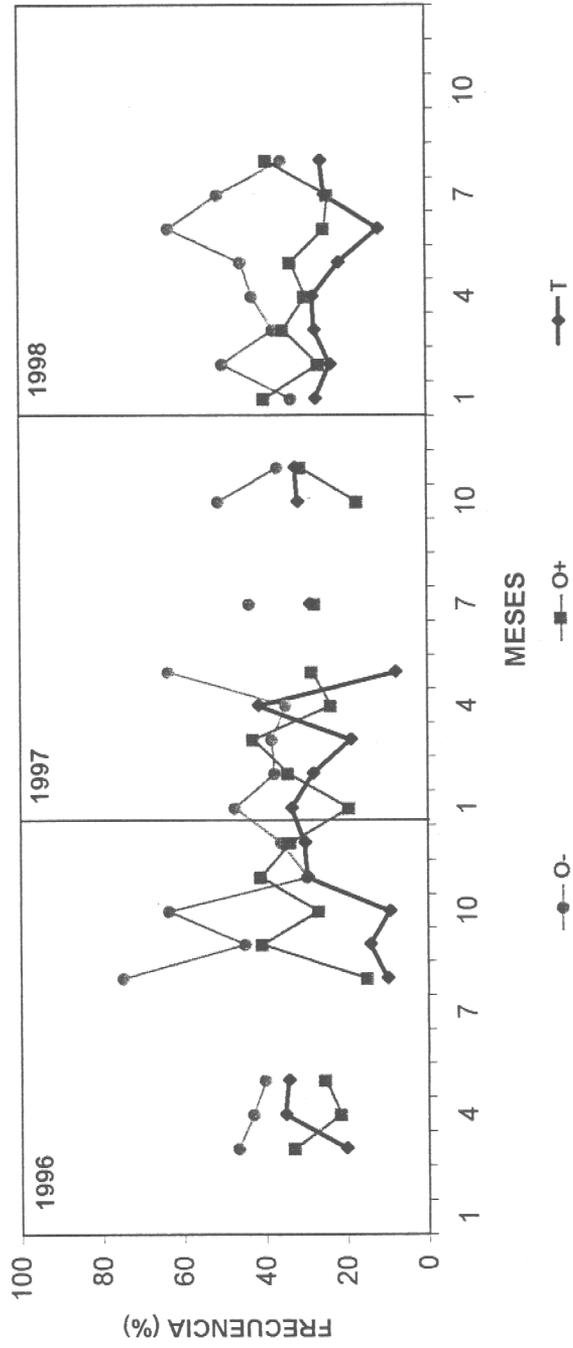


Figura 58 Evolución del borde en otolitos de anchoveta. Todas las edades en conjunto. (O-: opacos finos; O+: opacos gruesos, T : translúcidos).

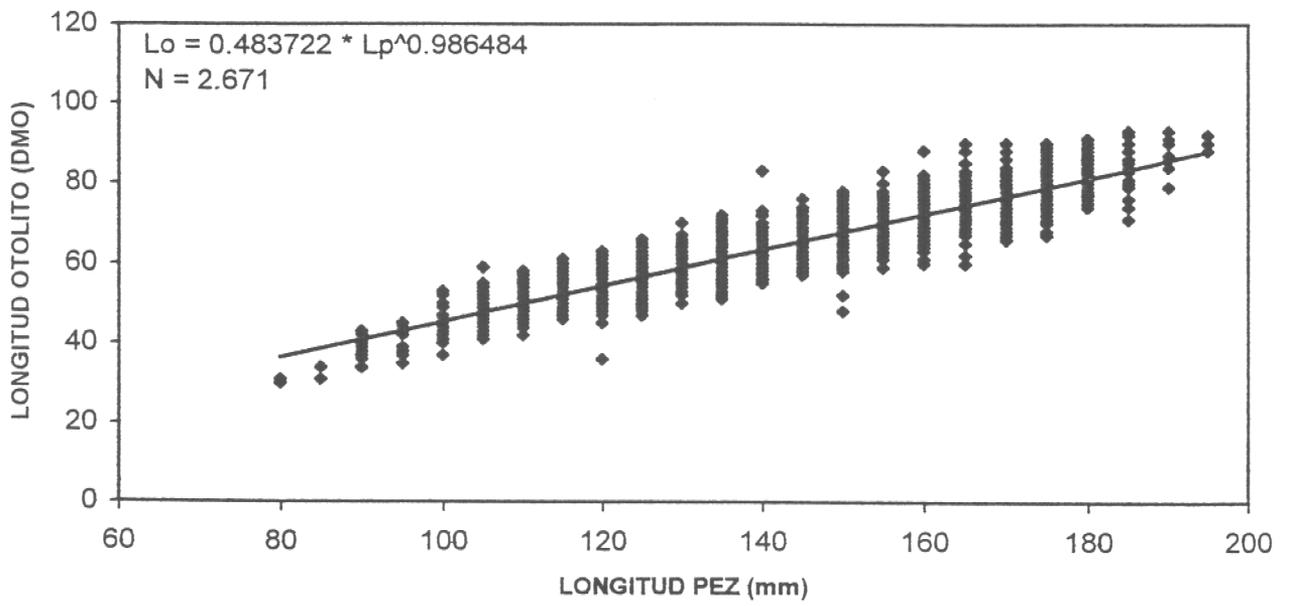


Figura 59 a Relación longitud pez-longitud otolito en anchoveta. Talcahuano, período 1996-1998.

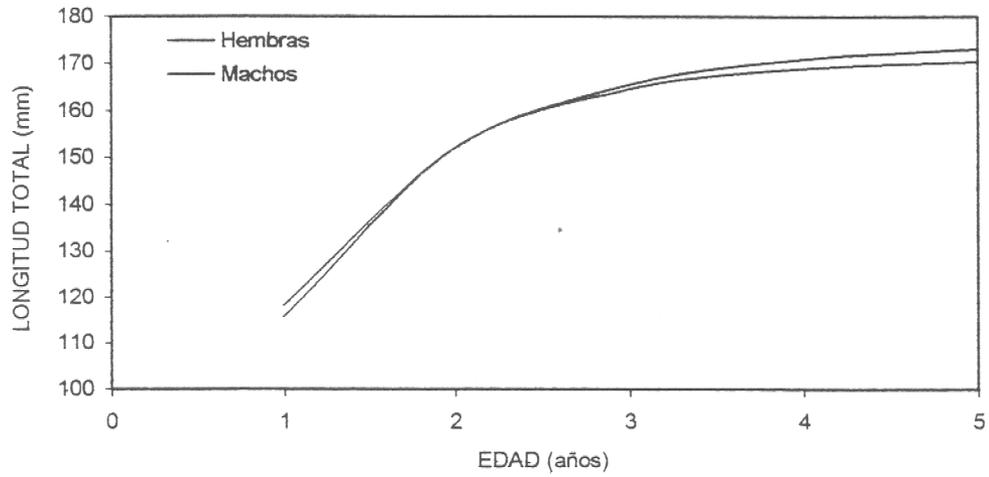


Figura 59b. Curvas de crecimiento de machos y hembras de sardina común. Zona de Talcahuano. Año 1996.

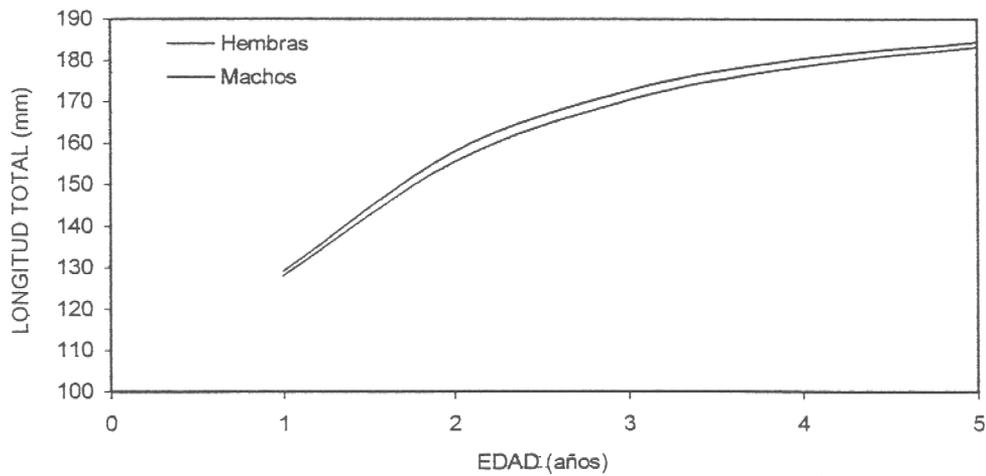


Figura 59c. Curvas de crecimiento de machos y hembras de anchoveta. Zona de Talcahuano. Años 1996-1997.

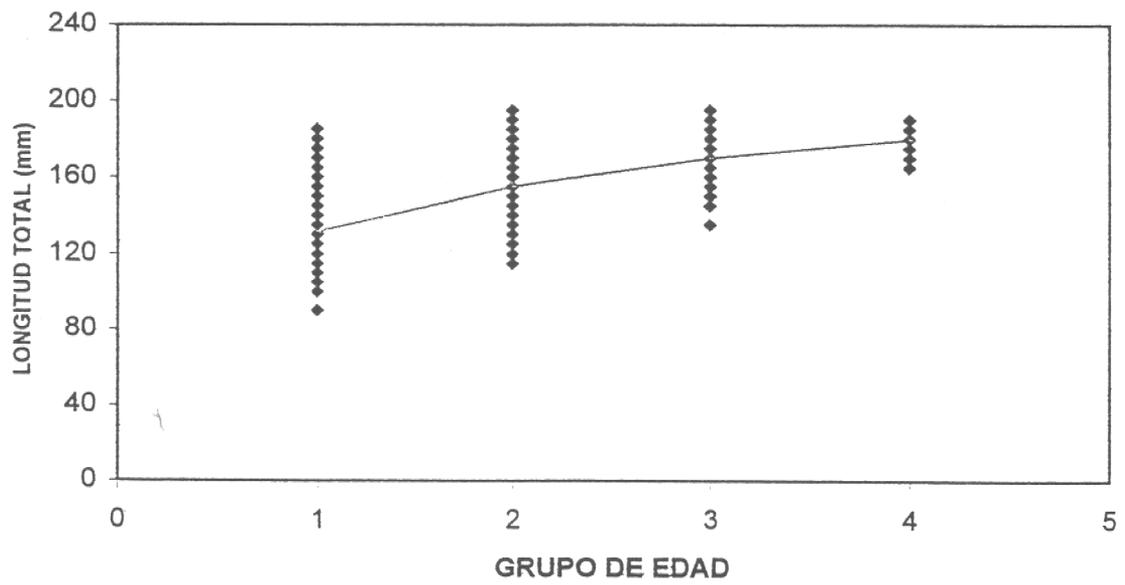


Figura 60 Curva de crecimiento de anchoveta. Zona de Talcahuano, período 1996-1998.

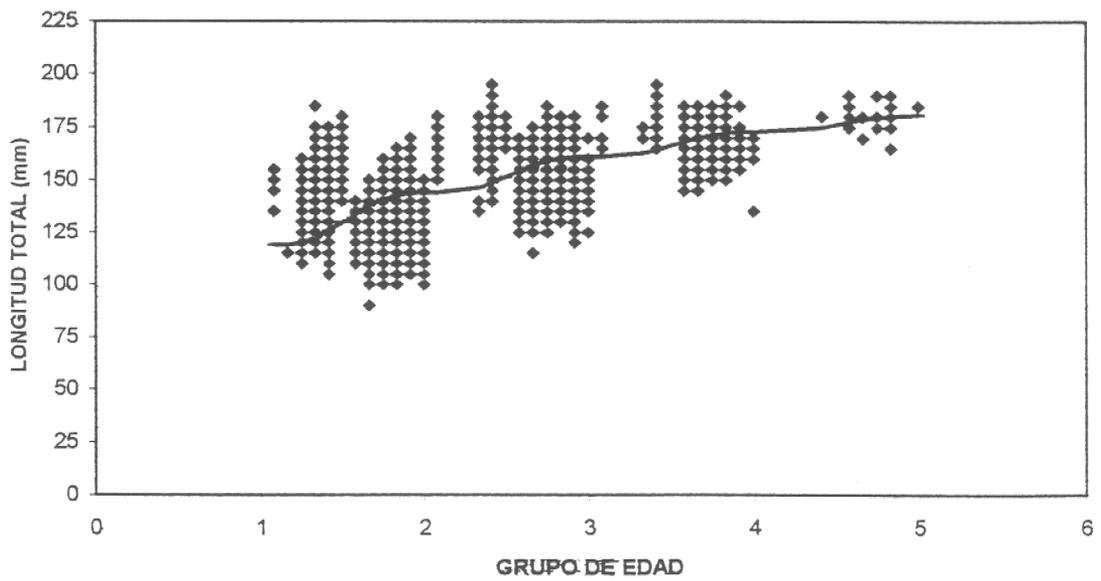


Figura 61 Crecimiento estacional de anchoveta para el período 1996-1998.

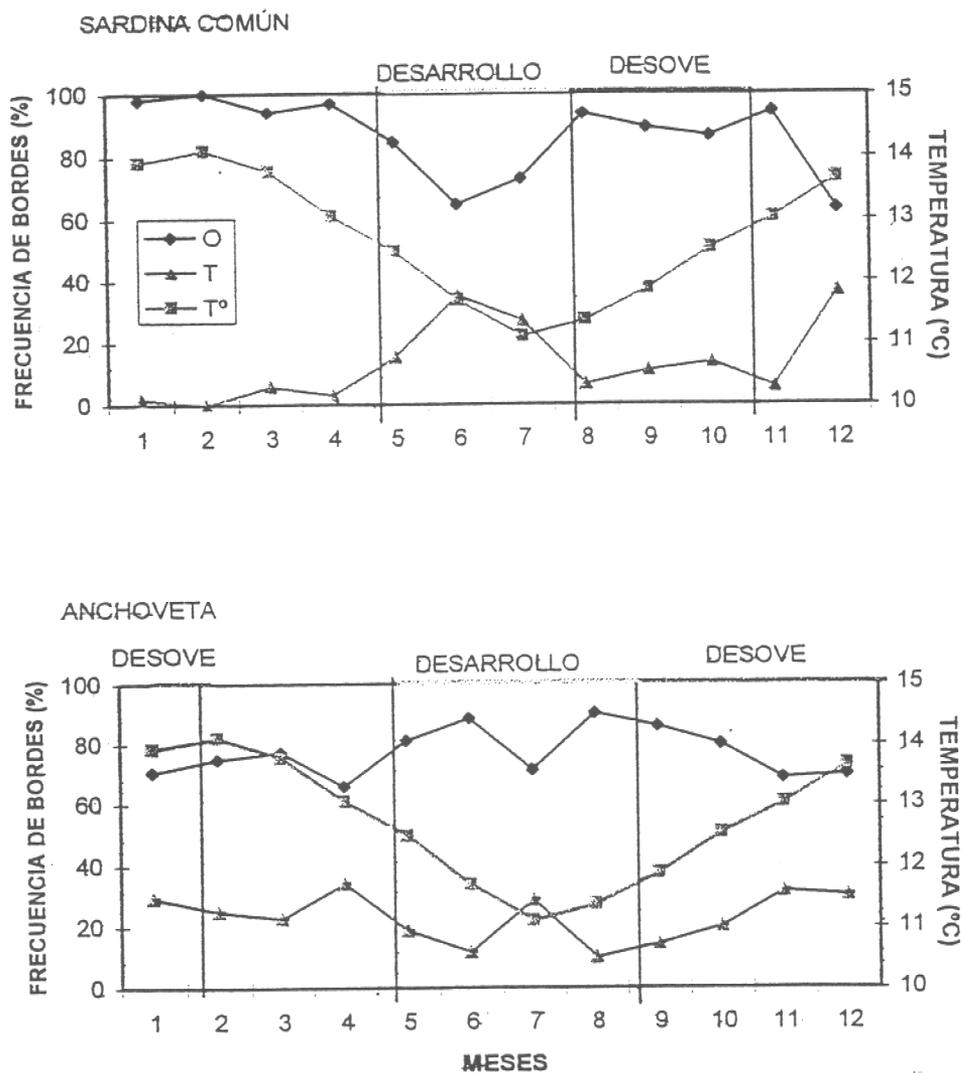


Figura 62 a Relación entre la formación de anillos opacos y translúcidos y las variaciones de la temperatura superficial del mar y las etapas de madurez gonadosomáticas en sardina común y anchoqueta.

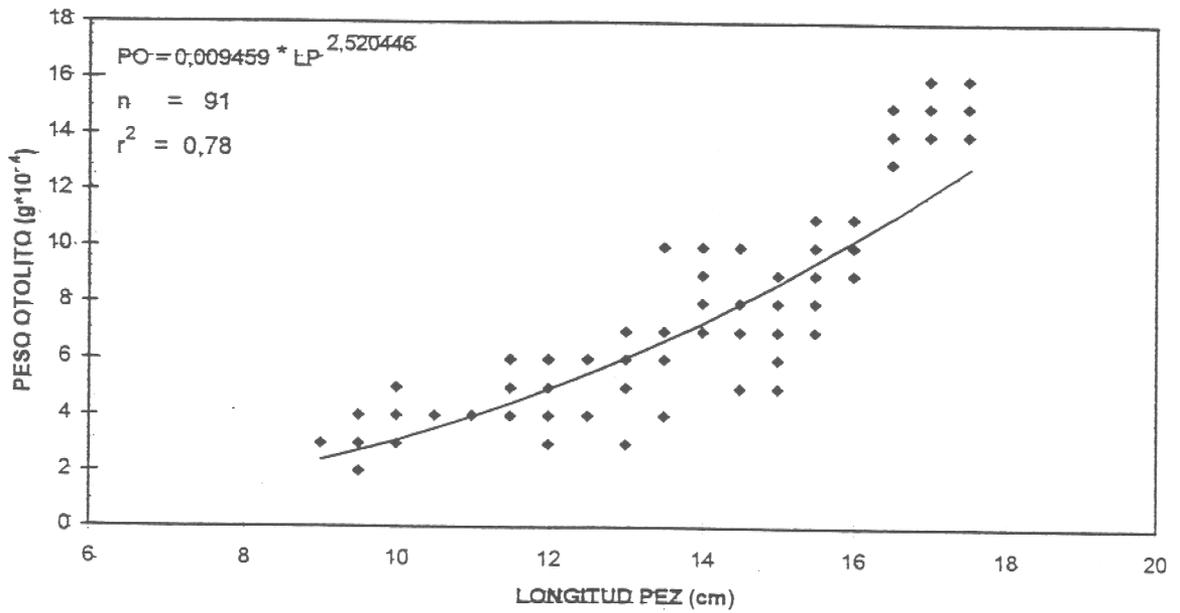


Figura 62b. Relación entre la longitud de los peces y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.

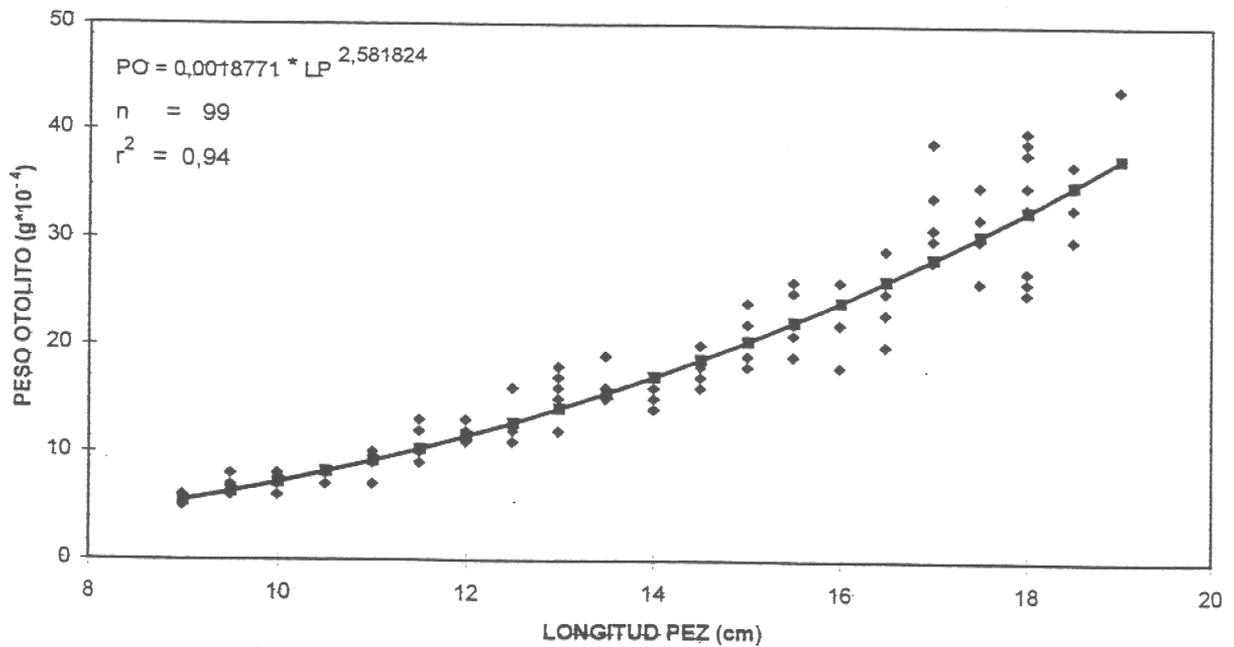


Figura 62c. Relación entre la longitud de los peces y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.

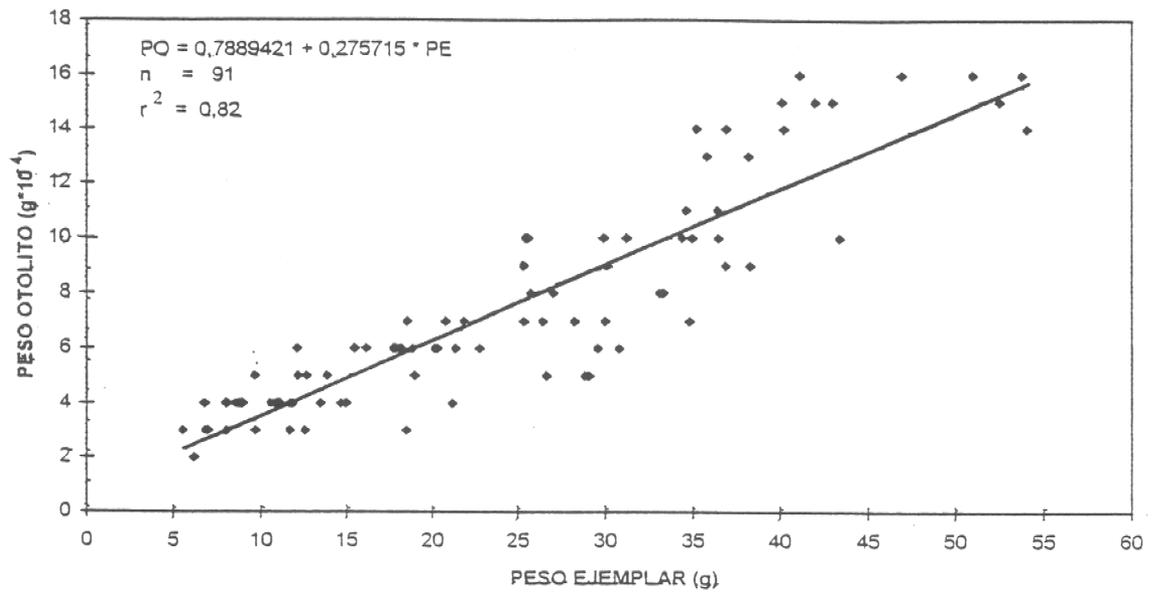


Figura 62d. Relación entre el peso de los ejemplares y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.

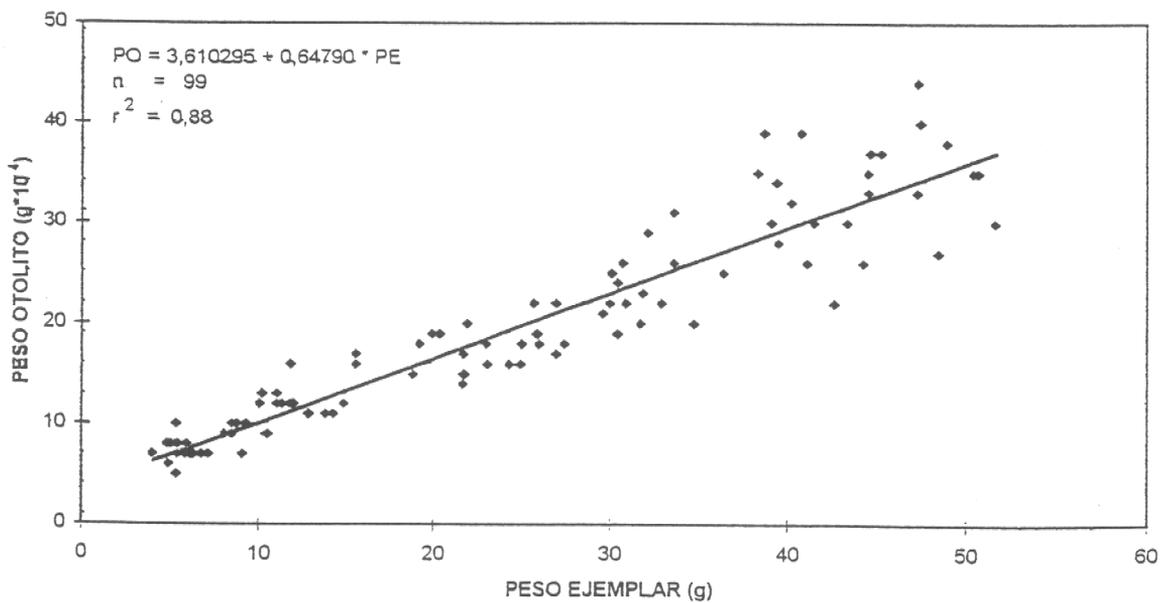


Figura 62e. Relación entre el peso de los ejemplares y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.

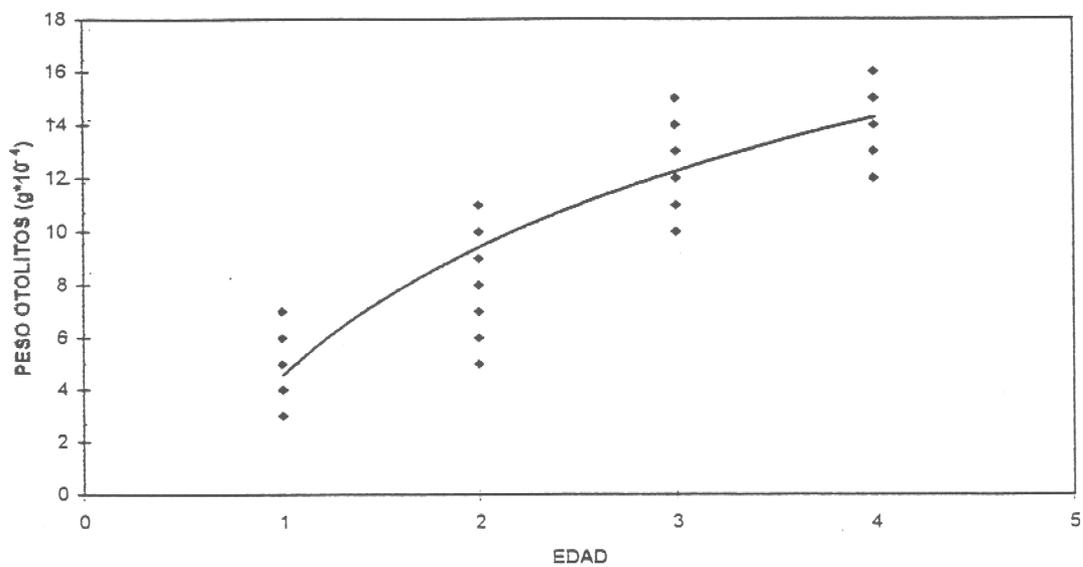


Figura 62f. Relación entre la edad y el peso de los otolitos de sardina común en la zona de Talcahuano.

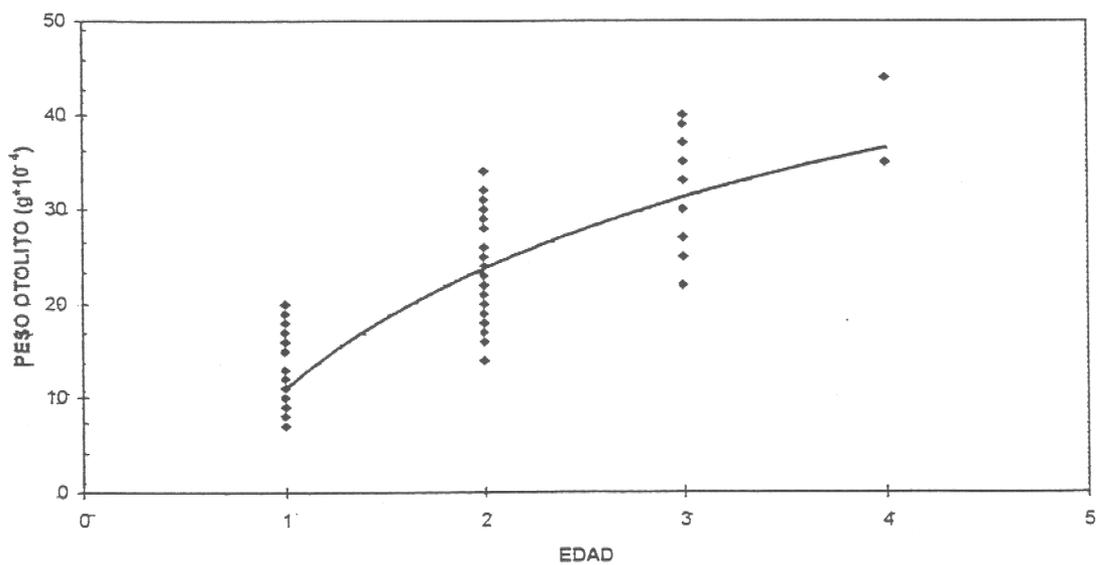


Figura 62g. Relación entre la edad y el peso de los otolitos de anchoveta en la zona de Talcahuano.

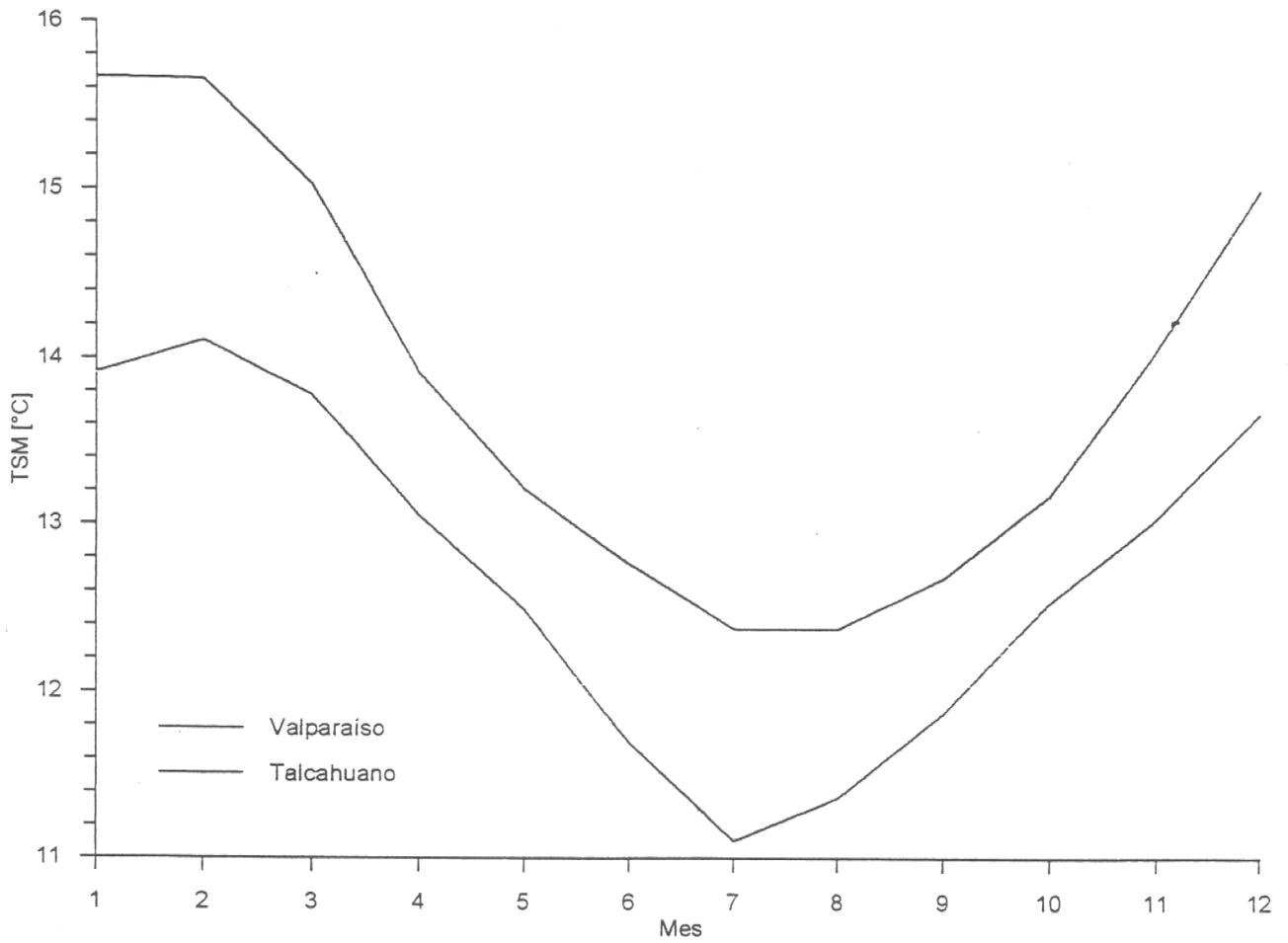


Figura 63 Señal anual de la temperatura superficial del mar de los puertos de Valparaíso y Talcahuano

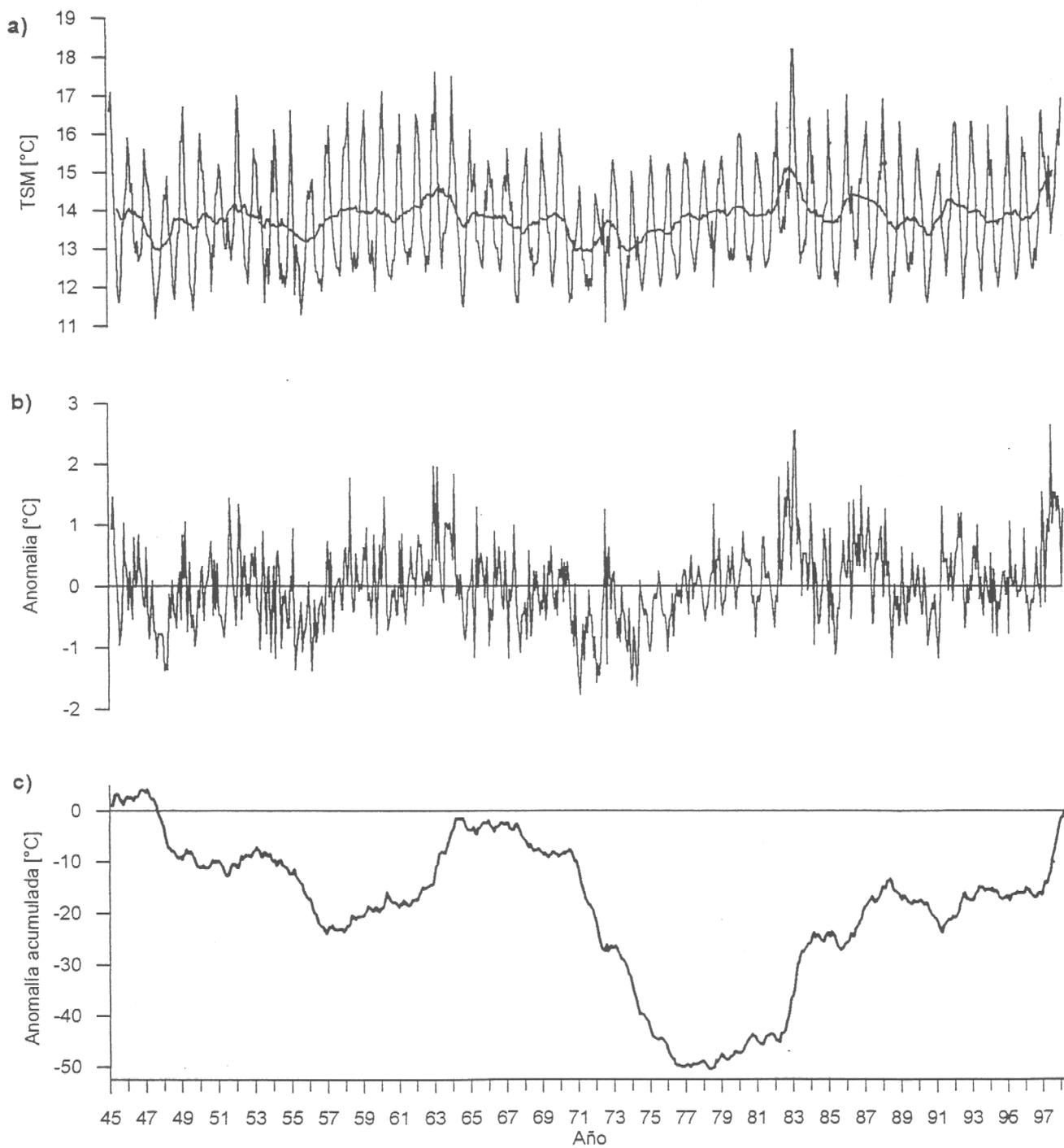


Figura 64 a) promedios mensuales y promedio móvil de 12 meses (línea roja) de la temperatura superficial del mar (TSM), b) anomalía de la TSM y c) anomalía acumulada de la TSM de Valparaíso

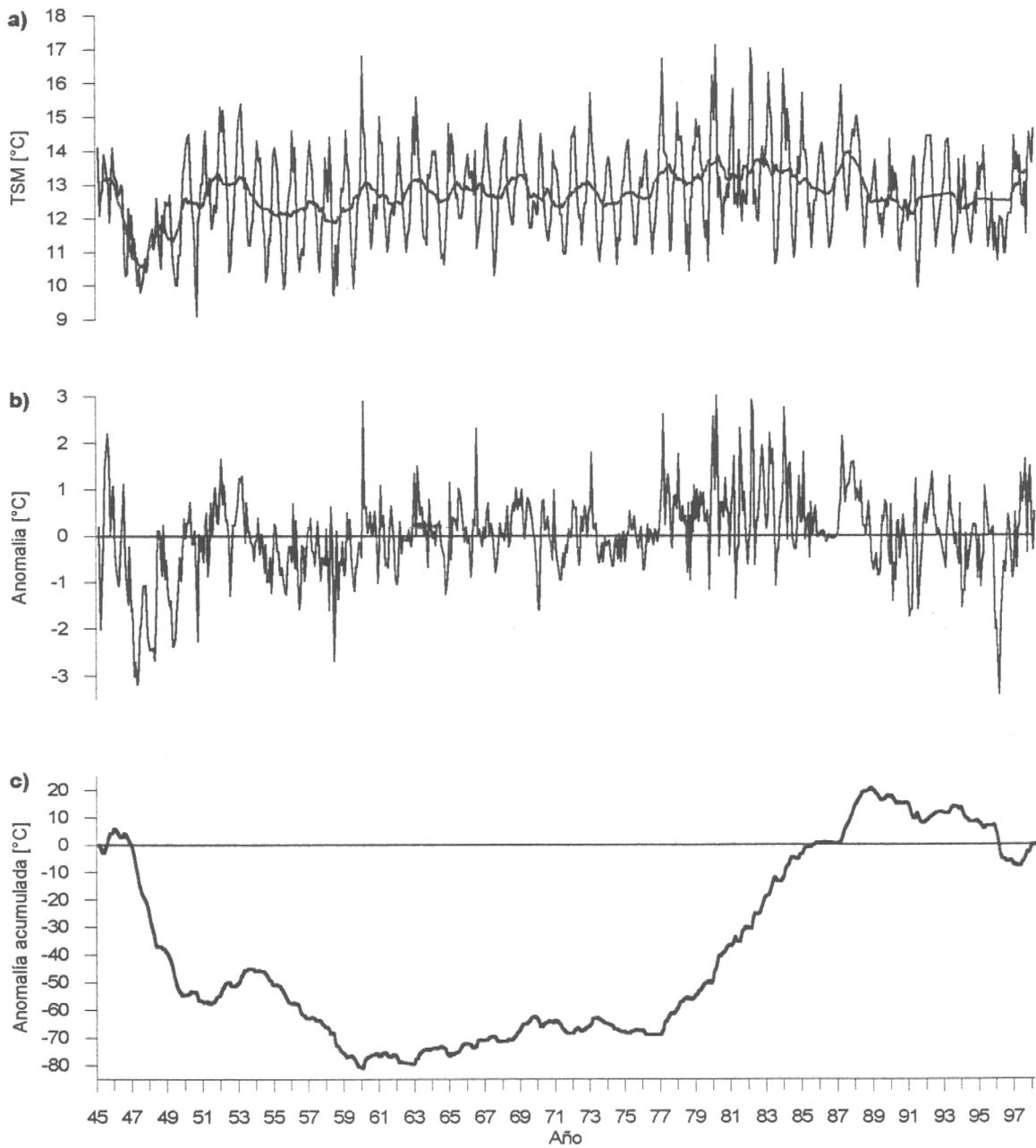
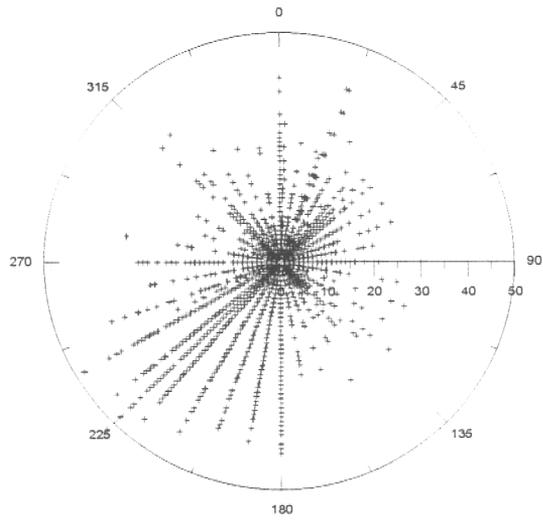


Figura 65 a) promedios mensuales y promedio móvil de 12 meses (línea roja) de la temperatura superficial del mar (TSM), b) anomalías de la TSM y c) anomalía acumulada de la TSM de Talcahuano.

**Valparaíso (Punta Angeles)**



**Talcahuano (Tumbes)**

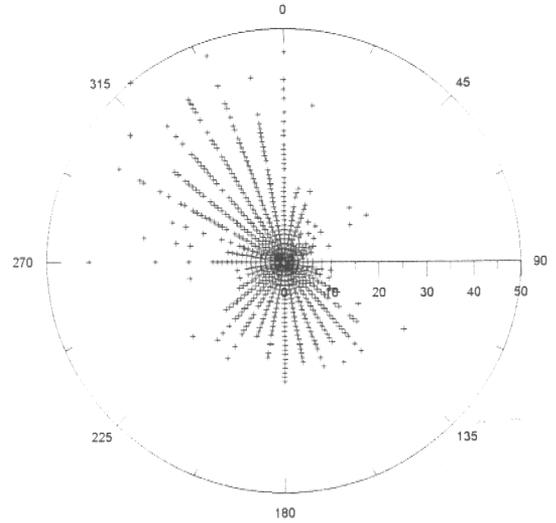


Figura 66a .- Diagrama polar del viento diario medido a las 15 y 21 horas en Valparaíso y Talcahuano

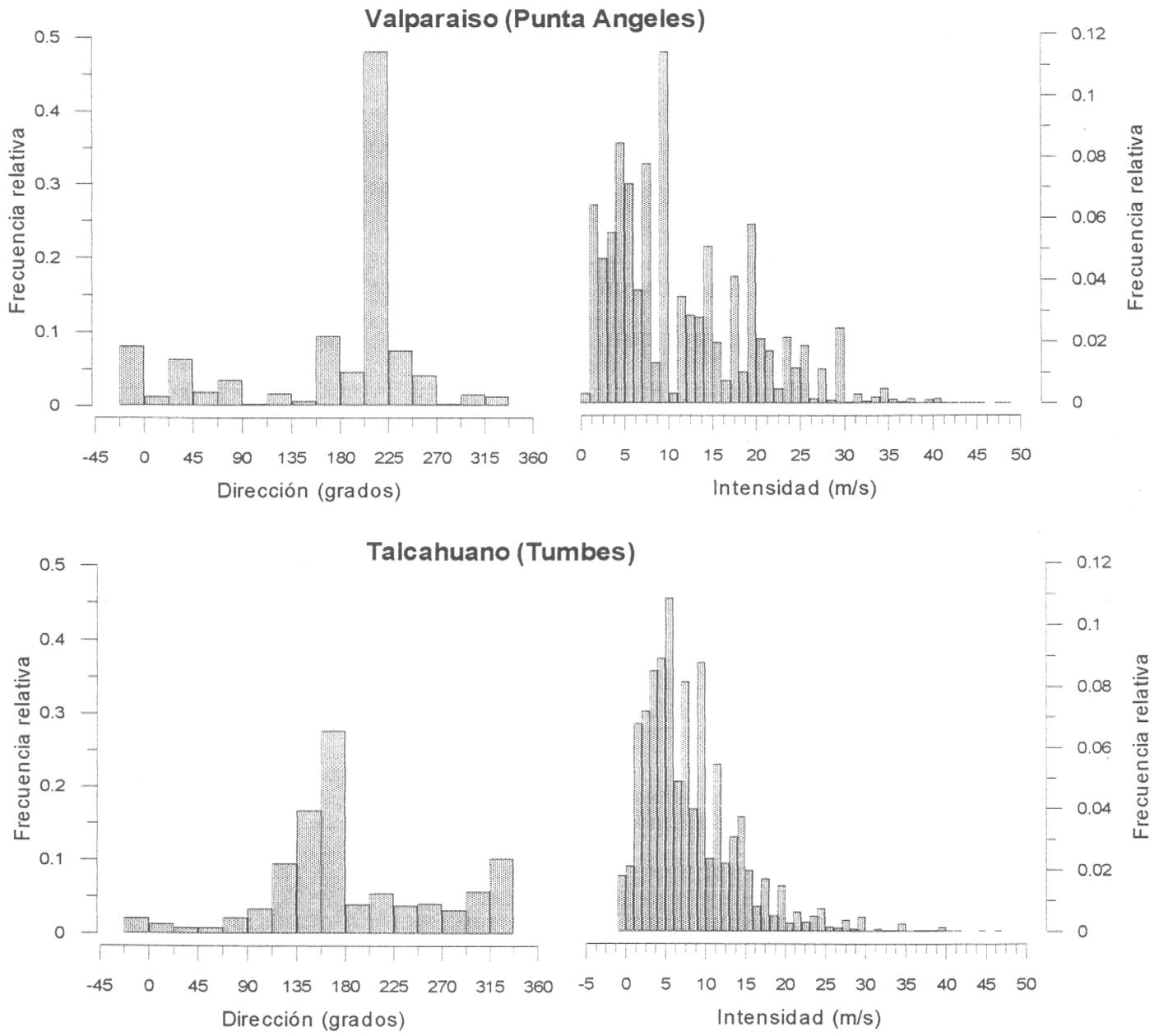


Figura 66b.- Frecuencia relativa de los índices de surgencia y turbulencia del viento diario de las 15 y 21 horas en valparaíso y Talcahuano

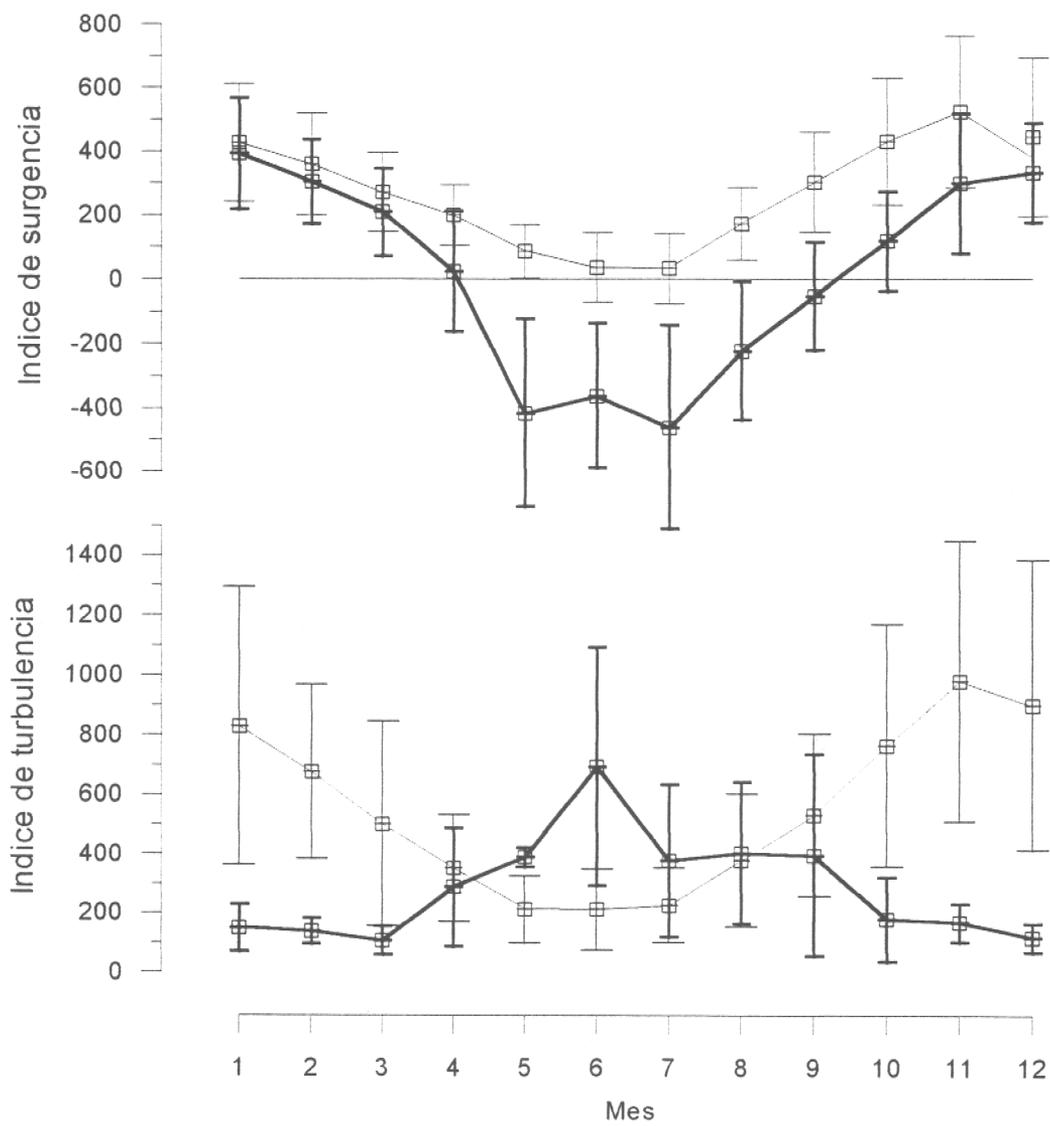


Figura 67a.- Señal anual de los índices de surgencia y turbulencia para Valparaíso y Talcahuano (*línea gruesa*). Línea vertical corresponde a la desviación estandar del promedio mensual del viento medido a las 15 y 21 horas.

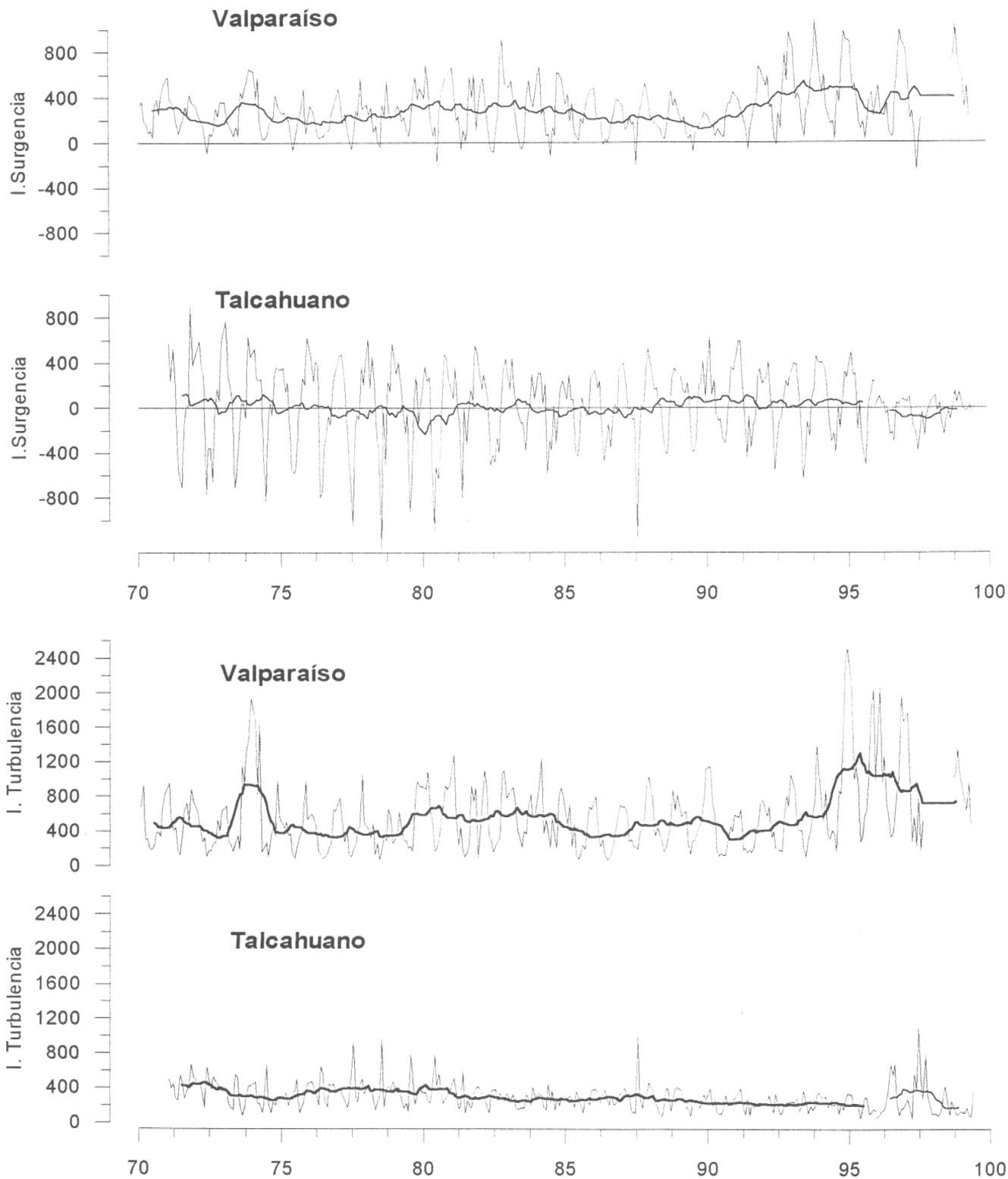


Figura 67b.- Promedios mensuales y promedio móvil de 13 meses (*línea gruesa*) de los índices de surgencia y turbulencia del viento medido en Valparaíso y Talcahuano

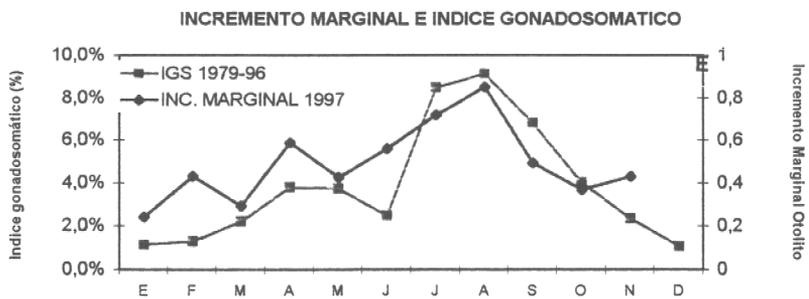
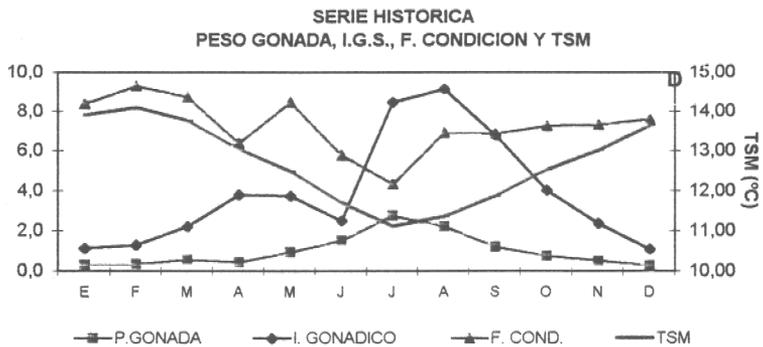
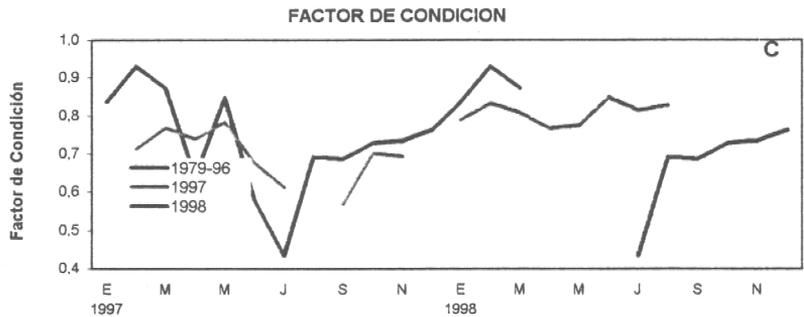
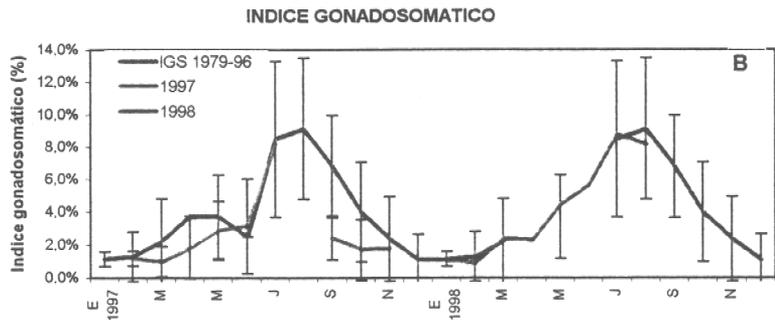
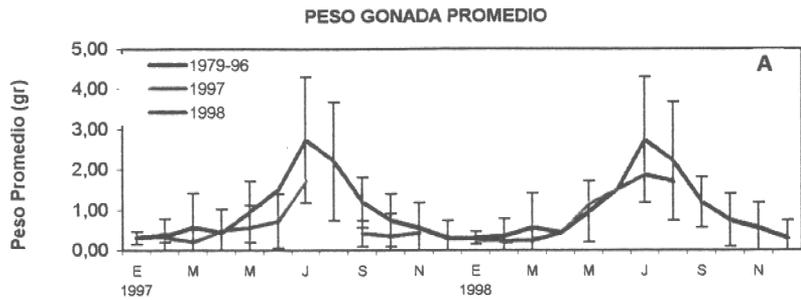


Figura 68 Indicadores biológicos de la sardina común de la zona Centro-Sur, periodo, 1979-1999.

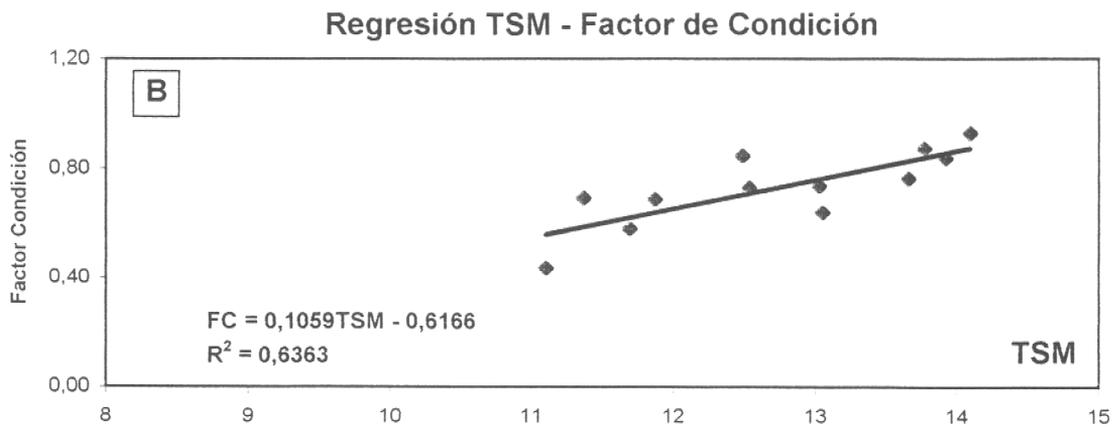
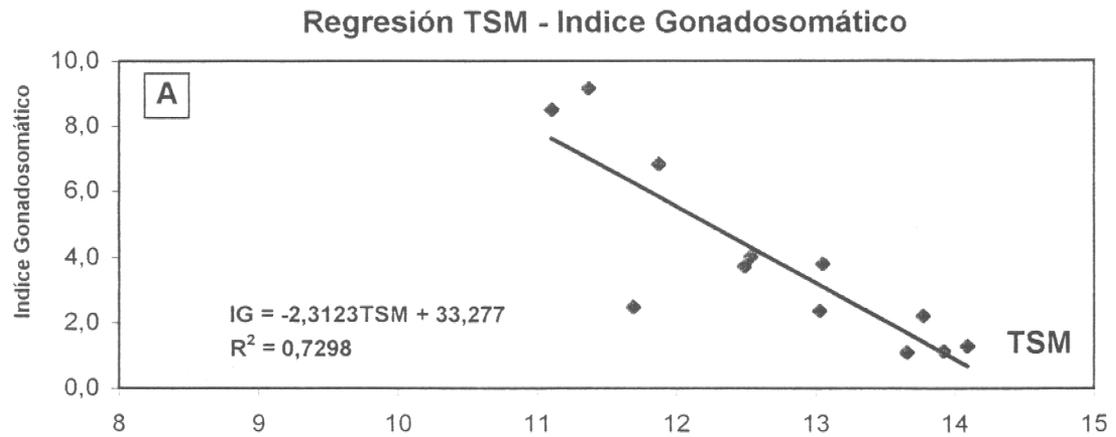


Figura 69 A) Regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el índice gonadosomático de sardina común.  
B) Regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el factor de condición.

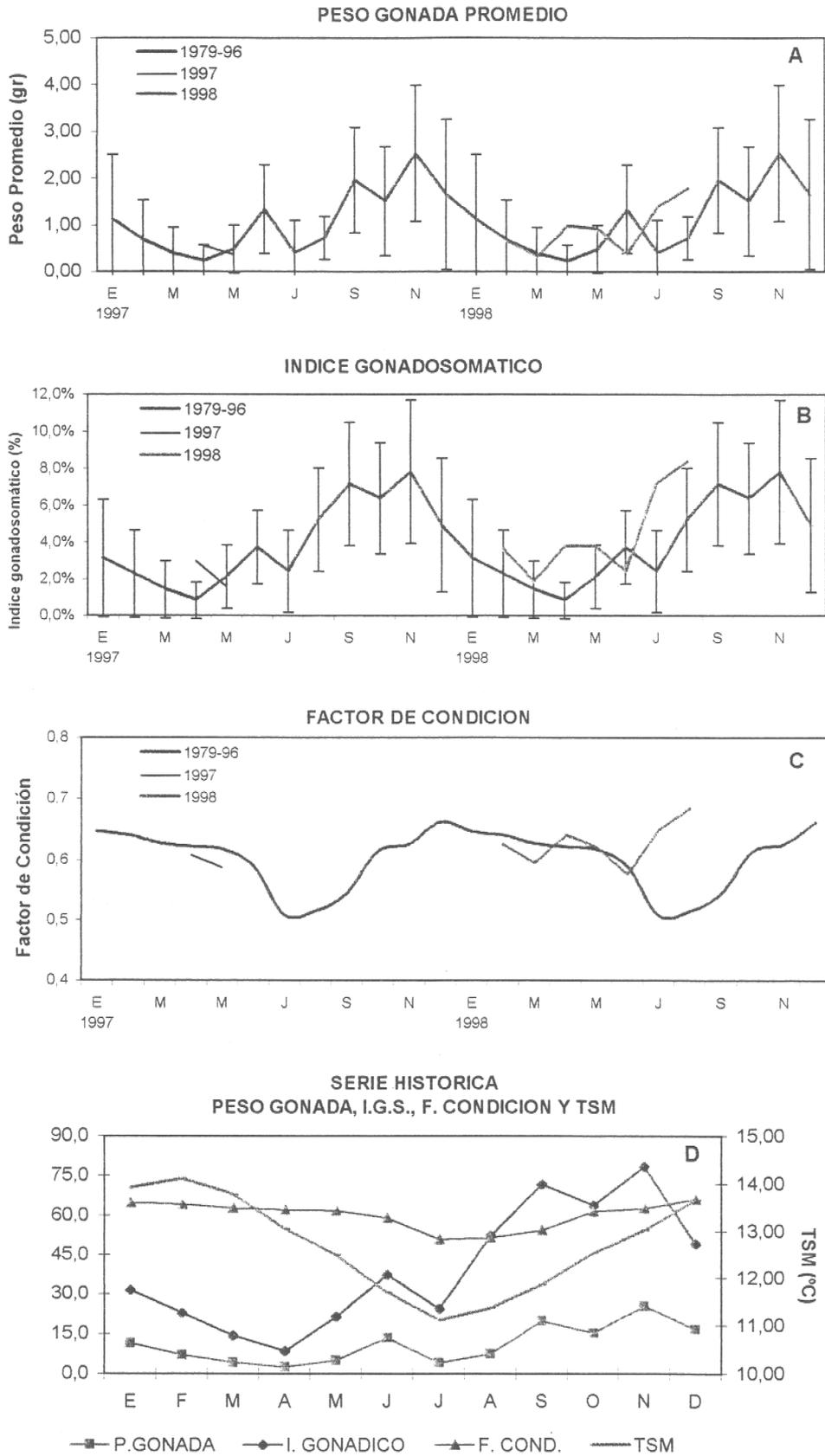


Figura 70 Indicadores biológicos de la anchoveta de la zona Centro-Sur, período 1979-1999.

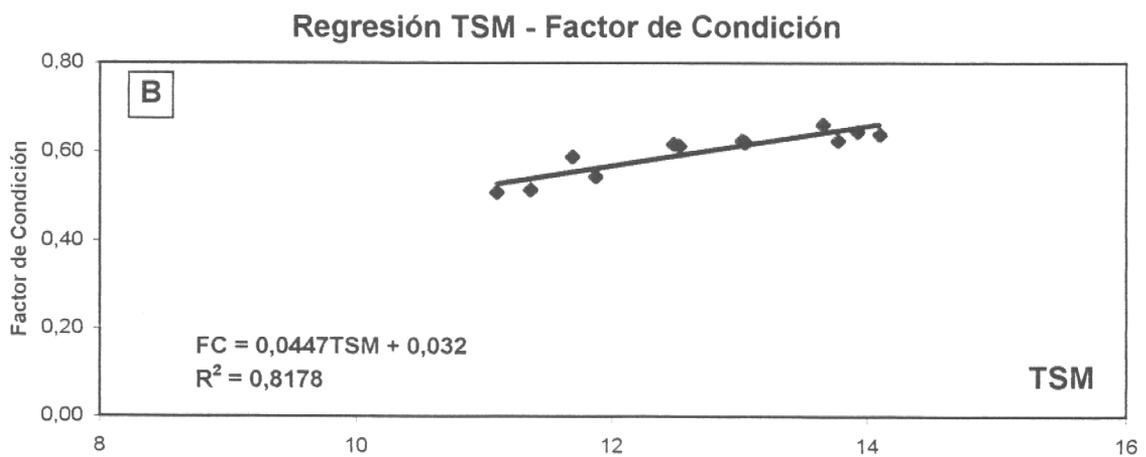
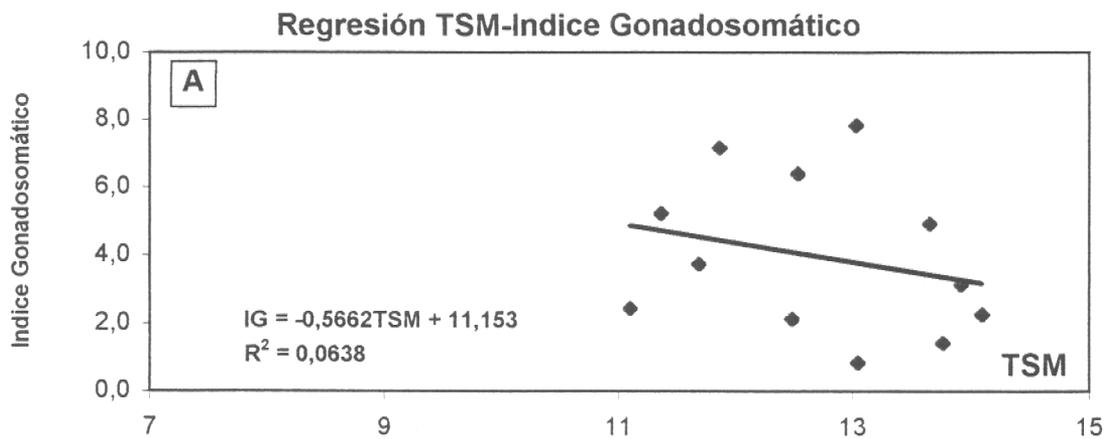


Figura 71 A) Regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el índice gonadosomático de anchoveta.  
B) Regresión lineal entre la temperatura superficial del mar (TSM) y el factor de condición.

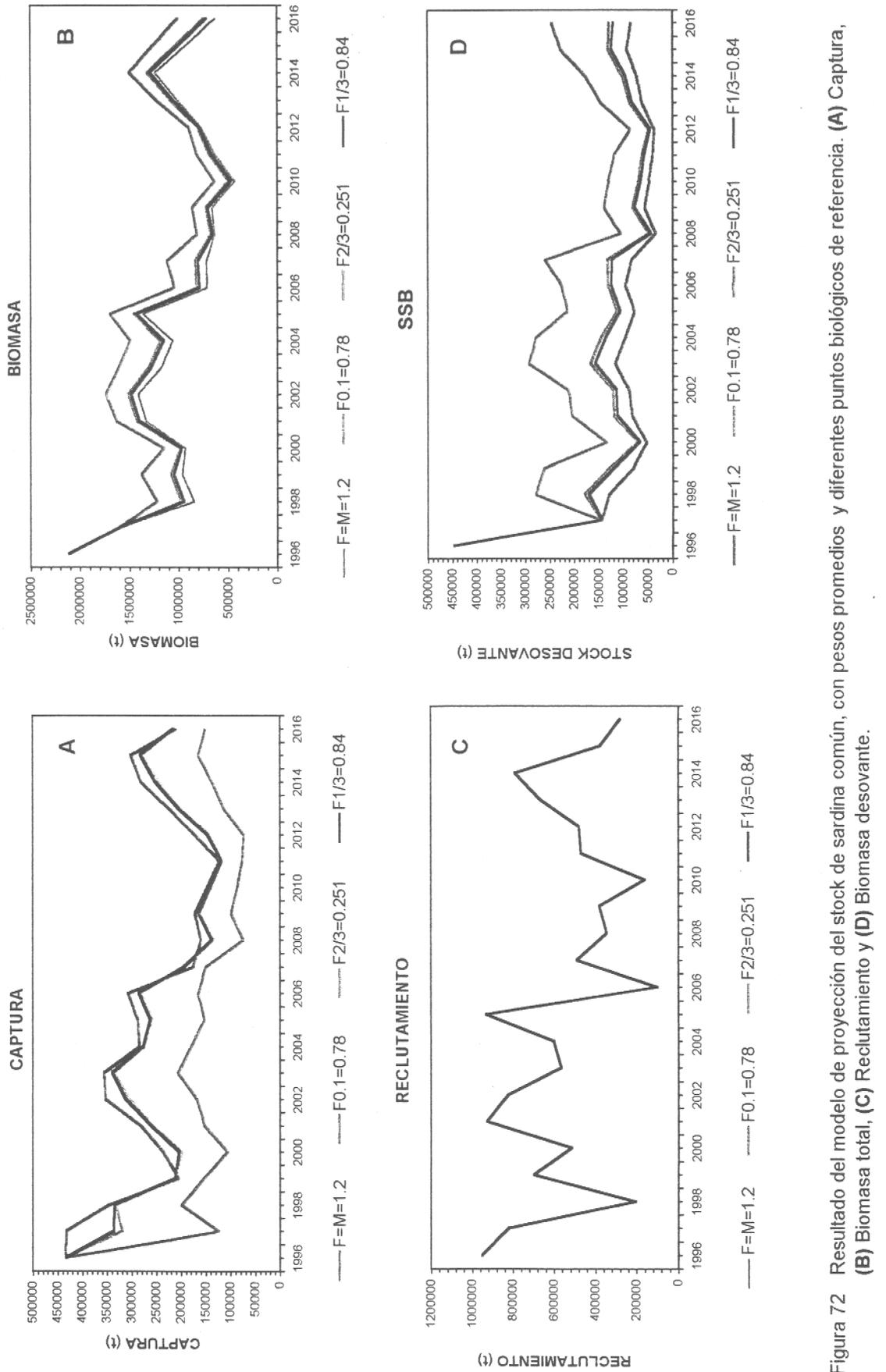


Figura 72 Resultado del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos promedios y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.

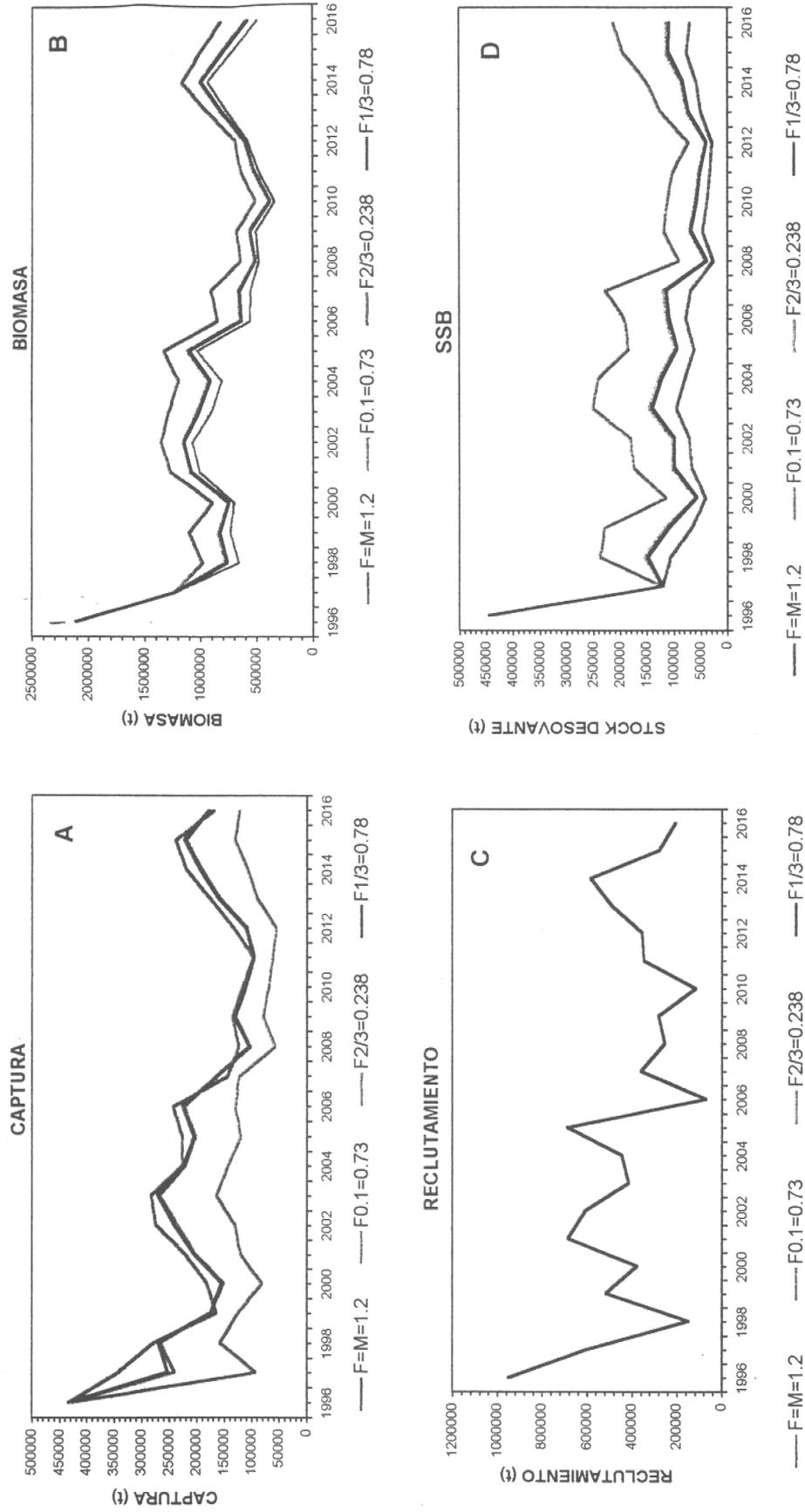


Figura 73 Resultado del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos mínimos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.

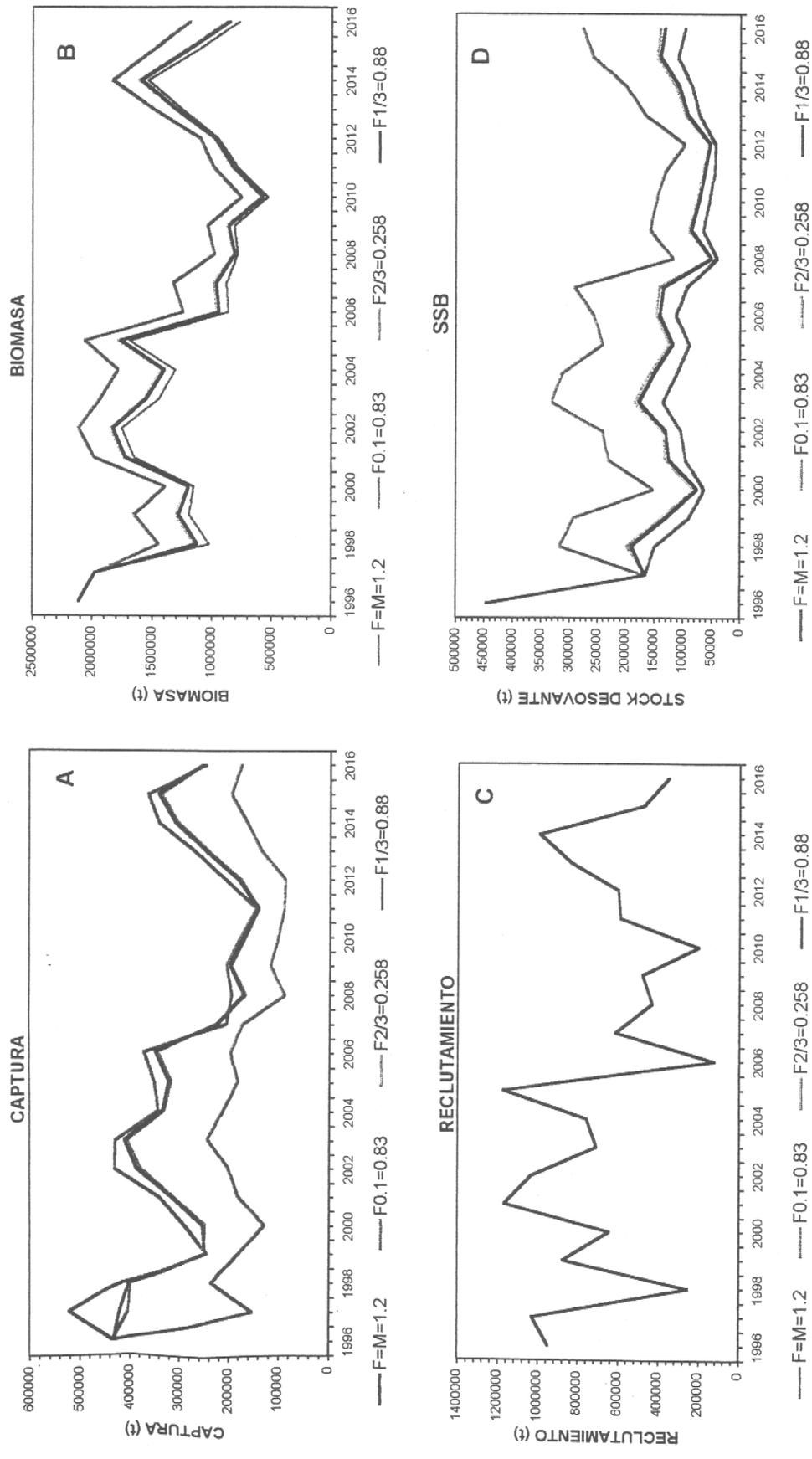


Figura 74 Resultado del modelo de proyección del stock de sardina común, con pesos máximos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.

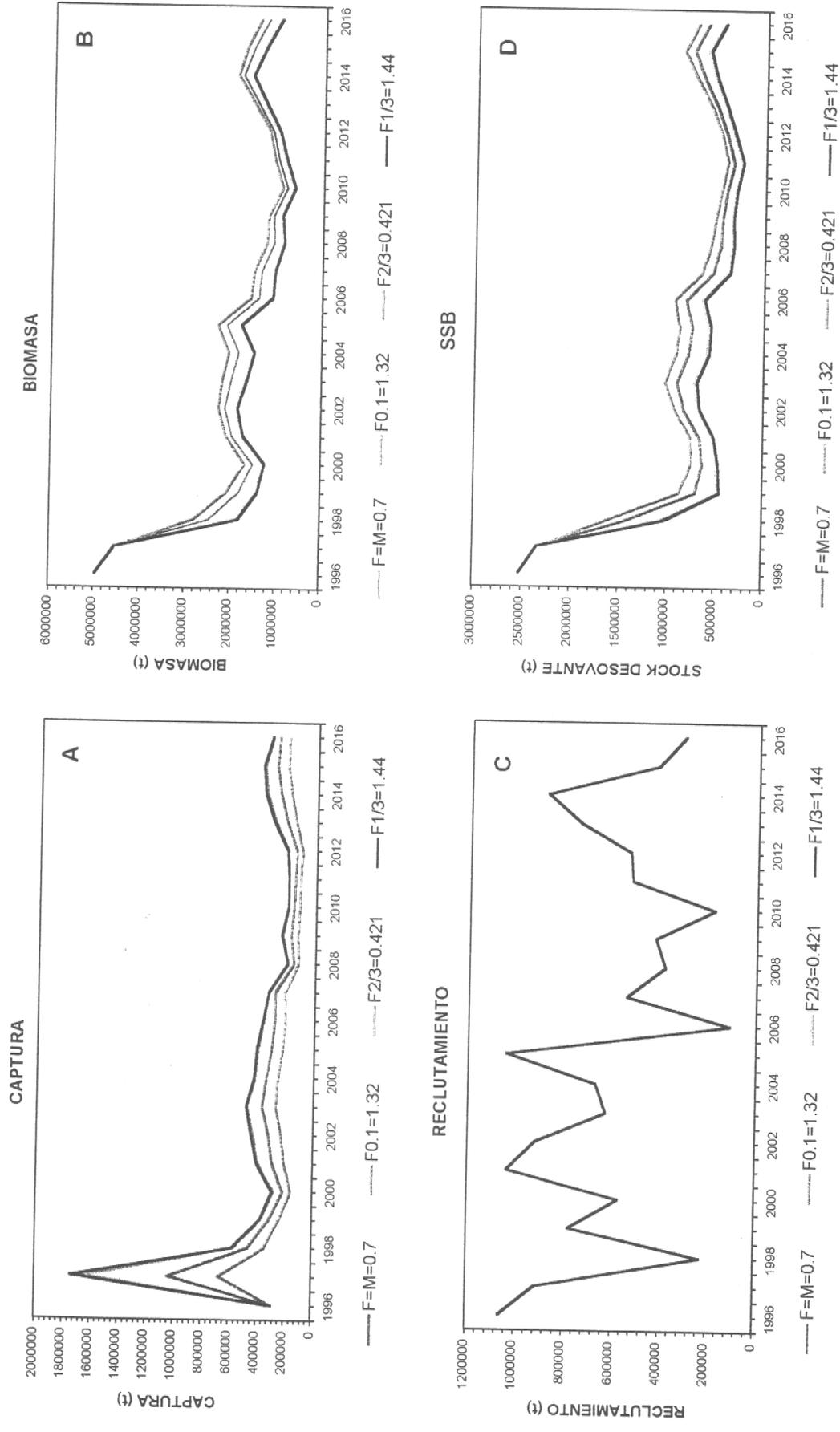


Figura 75 Resultado del modelo de proyección del stock de anchoveta con pesos promedios y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.

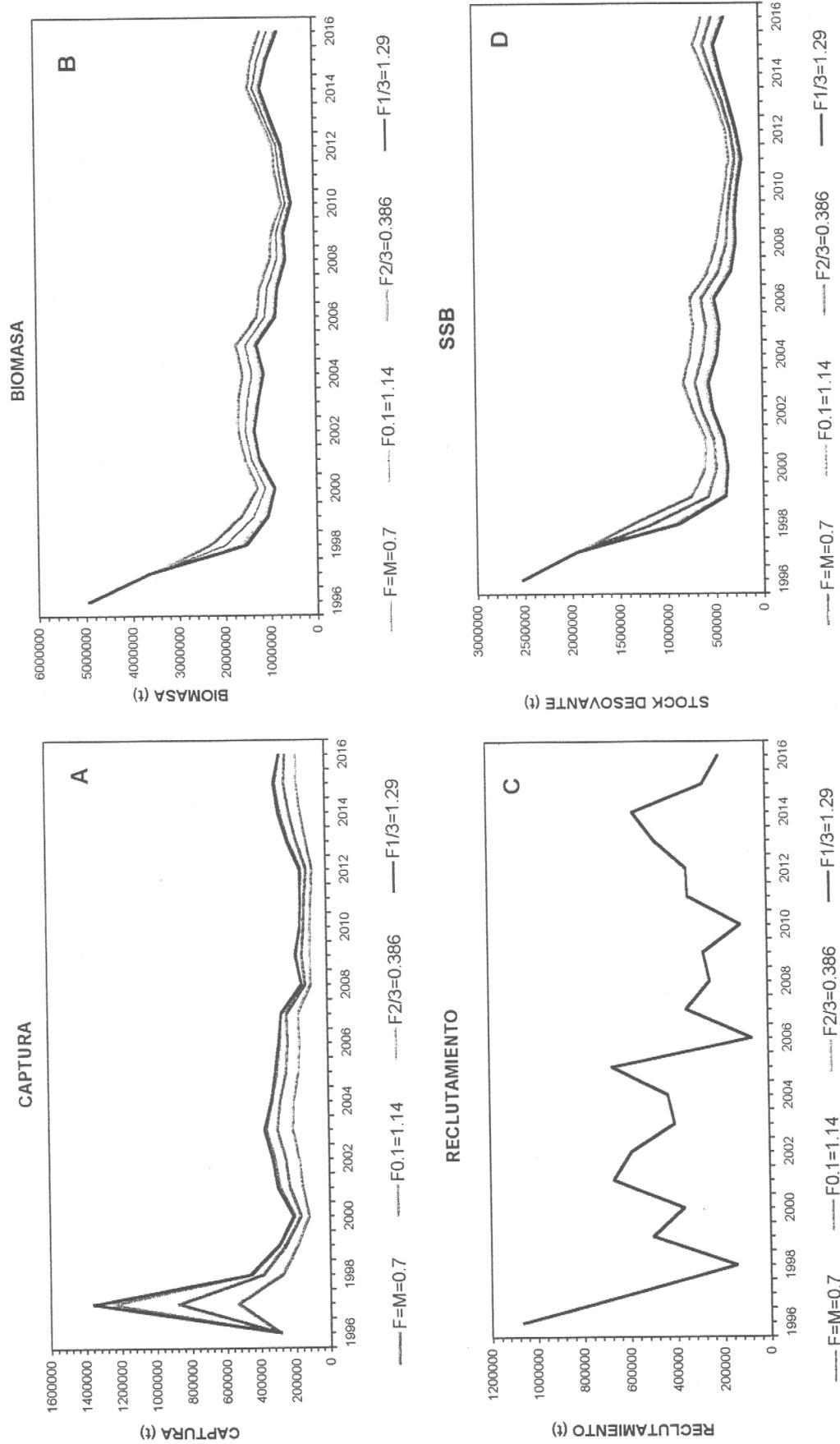


Figura 76 Resultado del modelo de proyección del stock de anchoveta con pesos mínimos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desovante.

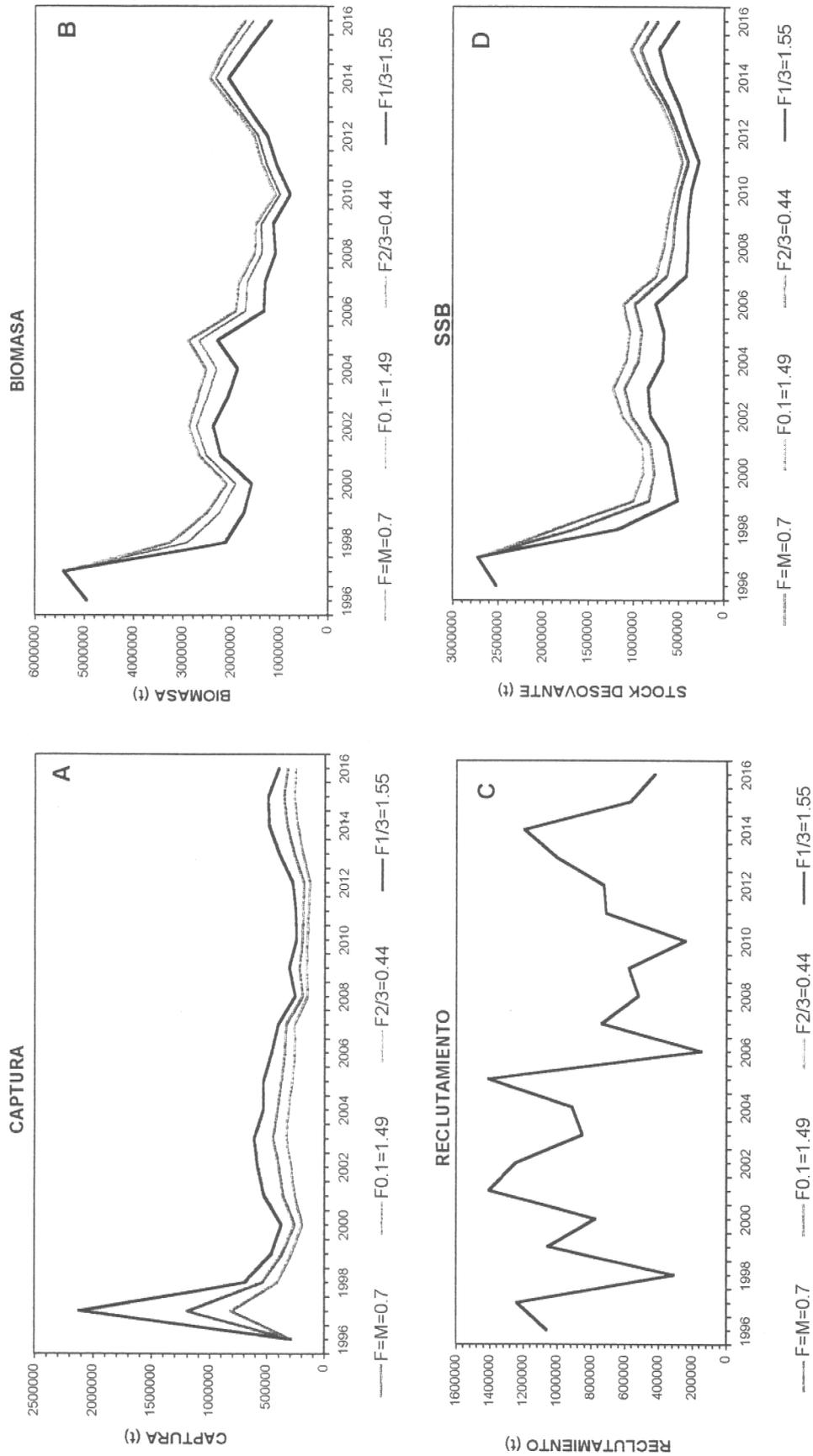


Figura 77 Resultado del modelo de proyección del stock de anchoveta con pesos máximos y diferentes puntos biológicos de referencia. (A) Captura, (B) Biomasa total, (C) Reclutamiento y (D) Biomasa desoyante.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# T A B L A S

Tabla 1A

Principales características de las embarcaciones industriales que operaron en la pesquería pelágica de la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997.

Región	Puerto	Estrato de Bodega	Número de barcos	Capacidad de bodega (m <sup>3</sup> )			Tonelaje grueso (TR)			Esora total (m)			Potencia continua (HP)					
				Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio			
		<=199																
		200 - 299																
		300 - 399																
		400 - 499																
		500 - 599	3	1,262	400	413	421	858	270	294	286	3274	3495	3348	3,432	932	1,250	1,144
		600 - 699	7	3,800	500	550	543	3,591	403	537	513	3716	4877	4387	10,824	1,000	2,200	1,546
		700 - 799	10	6,385	600	670	639	5,726	465	776	573	4022	5735	4744	17,855	1,450	2,220	1,786
		800 - 899	5	3,680	700	780	736	3,396	595	758	679	4810	5486	5005	11,473	1,800	2,948	2,295
		900 - 999	6	5,650	910	970	942	4,476	650	812	746	4253	5921	5153	13,488	1,740	2,400	2,248
		1000-1099	2	2,065	1,000	1,065	1,033	1,793	826	967	896	5187	5443	5315	3,344	1,200	2,144	1,672
		>= 1100	5	7,755	1,255	1,900	1,551	786	si/	si/	786	5330	7450	6490	12,980	2,100	5,440	4,327
		<b>Subtotal</b>	<b>38</b>	<b>30,697</b>	<b>400</b>	<b>1,300</b>	<b>806</b>	<b>20,626</b>	<b>270</b>	<b>967</b>	<b>607</b>	<b>32,74</b>	<b>74,60</b>	<b>49,27</b>	<b>73,356</b>	<b>932</b>	<b>6,440</b>	<b>2,039</b>
		<=199	16	2,245	100	180	140	1,555	60	135	97	1984	2980	2267	6,247	342	500	390
		200 - 299	18	4,567	200	270	254	3,561	133	253	198	2533	3461	2979	11,034	545	950	613
		300 - 399	19	6,620	300	370	348	4,989	224	381	263	3353	4172	3651	16,698	720	1,428	879
		400 - 499	15	6,442	400	482	429	5,045	204	479	336	3095	4912	3638	17,075	750	1,600	1,138
		500 - 599	13	7,000	500	550	538	6,655	403	608	512	3716	5107	4428	19,774	1,000	2,250	1,707
		600 - 699	27	17,303	600	683	641	13,966	325	776	517	3720	5735	4539	46,079	1,060	2,250	1,707
		700 - 799	16	11,725	700	780	733	9,678	484	758	645	4190	5486	4786	30,182	1,100	2,948	2,012
		800 - 899	9	7,600	810	850	844	6,772	680	800	752	4228	5187	4623	19,728	1,600	2,400	2,192
		900 - 999	12	11,330	910	990	944	9,334	608	1,001	778	4253	5921	5218	27,532	1,740	2,650	2,294
		1000-1099	18	18,225	1,000	1,065	1,013	13,686	777	1,218	855	4600	6240	5268	36,335	1,200	3,400	2,422
		>= 1100	26	37,960	1,115	1,900	1,460	12,160	750	1,450	1,105	4840	7450	6317	67,871	1,750	5,440	3,394
		<b>Total V-VIII Región</b>	<b>189</b>	<b>131,017</b>	<b>100</b>	<b>1,300</b>	<b>693</b>	<b>87,401</b>	<b>60</b>	<b>1,460</b>	<b>611</b>	<b>19,84</b>	<b>74,60</b>	<b>43,89</b>	<b>298,666</b>	<b>342</b>	<b>6,440</b>	<b>1,668</b>

(\*) Incluye puerto de Tomé  
si/ = Sin Información

Tabla 1A

Principales características de las embarcaciones industriales que operaron en la pesquería pelágica de la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997.

Región	Puerto	Estrato de Bodega	Número de barcos	Capacidad de bodega (m <sup>3</sup> )			Tonelaje grueso (TR)			Esloza total (m)			Potencia continua (HP)					
				Total	Mínima	Máxima	Total	Mínima	Máxima	Total	Mínima	Máxima	Total	Mínima	Máxima			
V	SAN ANTONIO	<=199	3	460	140	180	323	82	135	108	21 95	24 55	22 83	1 222	342	500	407	
		200 - 299	10	2 457	200	270	1 989	133	241	199	25 33	32 52	29 38	6 515	545	950	652	
		300 - 399	7	2 400	300	350	343	1 721	229	266	246	36 59	41 72	37 33	6 050	720	1 185	864
		400 - 499	3	1 290	420	450	996	231	442	332	31 90	41 68	35 84	3 700	850	1 600	1 233	
		500 - 599	1	550	550	550	608	608	608	608	51 07	51 07	51 07	2 250	2 250	2 250	2 250	
		600 - 699	4	2 585	635	650	646	2 041	416	580	510	43 40	50 00	47 39	6 855	1 400	2 000	1 714
		700 - 799	1	760	760	760	760	760	760	760	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
		800 - 899	4	3 400	850	850	850	3 127	728	800	782	42 28	51 87	49 47	8 110	1 600	2 170	2 028
		900 - 999	1	905	905	905	608	608	608	608	608	46 00	52 70	53 00	2 250	2 250	2 250	2 250
		1000-1099	6	6 075	1 000	1 075	1 012	3 971	777	800	662	46 00	52 70	51 03	9 700	2 400	2 450	2 425
		>= 1100	1	1 500	1 500	1 500	1 334	1 334	1 334	1 334	1 334	66 00	66 00	66 00	2 200	2 200	2 200	2 200
		<b>Subtotal</b>			<b>41</b>	<b>22 382</b>	<b>140</b>	<b>1 500</b>	<b>646</b>	<b>800</b>	<b>408</b>	<b>21 96</b>	<b>62 70</b>	<b>39 64</b>	<b>48 862</b>	<b>342</b>	<b>2 460</b>	<b>1 286</b>
VIII	TALCAHUANO (*)	<=199	12	1 630	100	180	1 082	60	122	90	19 84	29 90	22 51	4 405	342	425	367	
		200 - 299	4	1 031	221	270	784	169	228	196	29 88	32 40	30 52	2 074	545	565	519	
		300 - 399	8	2 800	350	350	350	2 085	224	316	261	33 53	36 68	35 63	6 670	720	850	834
		400 - 499	5	2 167	400	482	433	1 894	204	465	379	30 95	49 12	39 07	5 833	850	1 410	1 167
		500 - 599	3	1 600	500	550	533	1 575	437	602	525	37 95	45 10	42 22	4 180	1 200	1 580	1 393
		600 - 699	5	3 200	600	650	640	2 512	330	733	502	37 20	47 00	41 70	8 354	1 060	2 250	1 671
		700 - 799	2	1 450	700	750	725	1 167	543	624	584	43 50	48 40	45 95	4 000	1 800	2 200	2 000
		800 - 899	1	840	840	840	840	840	840	840	726	48 40	48 40	48 40	2 480	2 480	2 480	2 480
		900 - 999	1	910	910	910	910	910	910	910	762	47 25	62 40	52 91	2 400	2 400	2 400	2 400
		1000-1099	7	7 085	1 000	1 085	1 012	5 211	763	1 218	868	48 40	72 87	64 00	15 491	2 050	3 400	2 582
		>= 1100	6	9 150	1 200	1 850	1 525	3 453	933	1 450	1 151	48 40	72 87	64 00	15 440	2 400	3 520	3 088
		<b>Subtotal</b>			<b>64</b>	<b>31 863</b>	<b>100</b>	<b>1 860</b>	<b>690</b>	<b>1 460</b>	<b>426</b>	<b>19 84</b>	<b>72 87</b>	<b>49 27</b>	<b>71 327</b>	<b>342</b>	<b>3 620</b>	<b>1 372</b>
VIII	SAN VICENTE	<=199	1	155	155	155	150	150	150	150	24 10	24 10	24 10	620	620	620	620	
		200 - 299	4	1 079	269	270	788	154	253	197	27 74	34 61	30 08	2 445	565	750	611	
		300 - 399	4	1 420	350	370	355	1 183	267	381	296	34 19	40 00	36 82	3 978	850	1 428	995
		400 - 499	4	1 723	400	473	431	1 298	222	479	324	31 40	42 00	35 96	4 110	750	1 250	1 028
		500 - 599	2	1 050	500	550	525	882	414	468	441	42 00	48 85	45 42	2 520	1 100	1 420	1 260
		600 - 699	8	5 133	600	683	642	3 687	325	564	461	40 22	50 06	44 15	13 015	1 400	2 250	1 627
		700 - 799	8	5 835	700	780	729	5 116	484	748	639	41 90	49 50	46 97	14 709	1 100	2 213	1 839
		800 - 899	4	3 360	810	850	840	2 918	680	770	730	48 40	50 60	49 20	9 138	2 244	2 400	2 285
		900 - 999	4	3 865	910	990	966	3 488	798	1 001	872	51 55	55 80	53 09	9 394	2 100	2 650	2 349
		1000-1099	3	3 000	1 000	1 000	1 000	2 712	712	904	904	50 75	58 20	54 60	7 800	2 400	2 700	2 600
		>= 1100	14	19 555	1 115	1 600	1 397	6 587	750	1 397	1 098	54 17	66 00	61 86	37 251	1 750	5 020	3 386
		<b>Subtotal</b>			<b>66</b>	<b>46 176</b>	<b>269</b>	<b>1 600</b>	<b>826</b>	<b>1 397</b>	<b>600</b>	<b>27 74</b>	<b>66 00</b>	<b>47 61</b>	<b>104 380</b>	<b>666</b>	<b>6 020</b>	<b>1 981</b>

Tabla 1B

Principales características de las embarcaciones industriales que operaron en la pesquería de anchoveta y sardina común de la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997

Región Puerto	Estrato de Bodega	Número de barcos	Capacidad de bodega (m.)			Tonelaje grueso (TR)			Esloro total (m)			Potencia continua (HP)					
			Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio			
	<=199	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	200 - 299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	300 - 399	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	400 - 499	3	1.312	431	450	437	912	294	324	304	32.74	38.86	34.78	3.910	1.250	1.410	1.303
	500 - 599	6	3.250	500	550	542	3.123	403	563	521	37.16	48.77	43.10	10.962	1.200	2.200	1.827
VIII	600 - 699	3	1.950	650	650	650	1.394	465	465	465	40.22	43.30	42.30	4.670	1.470	1.600	1.557
	700 - 799	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	800 - 899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900 - 999	1	910	910	910	910	754	754	754	754	59.21	59.21	59.21	2.400	2.400	2.400	2.400
	1000-1099	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	>= 1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Subtotal</b>	<b>13</b>	<b>7.422</b>	<b>431</b>	<b>910</b>	<b>671</b>	<b>6.183</b>	<b>234</b>	<b>764</b>	<b>476</b>	<b>32.74</b>	<b>69.21</b>	<b>49.27</b>	<b>21.942</b>	<b>932</b>	<b>6.440</b>	<b>1.688</b>
	<=199	8	1.030	100	160	129	713	60	135	89	19.84	29.90	22.67	2.970	342	500	371
	200 - 299	7	1.806	227	270	258	1.363	133	253	195	25.33	34.61	29.79	4.640	545	950	663
	300 - 399	13	4.473	300	370	344	3.566	224	381	274	33.53	41.72	36.51	12.063	720	1.428	928
	400 - 499	11	4.715	400	482	429	3.688	204	479	335	30.95	49.12	36.38	12.843	750	1.600	1.168
	500 - 599	12	6.450	500	550	538	6.188	403	608	516	37.16	51.07	44.28	19.912	1.000	2.250	1.659
SAN ANTONIO	600 - 699	15	9.668	600	683	645	7.224	325	776	482	37.20	57.35	45.39	25.039	1.060	2.250	1.669
	700 - 799	5	3.645	700	780	729	2.307	484	758	645	41.90	54.86	47.86	6.013	1.100	2.948	2.012
CORONEL	800 - 899	2	1.700	850	850	850	1.462	680	800	731	42.28	51.87	46.23	3.844	1.600	2.400	1.932
	900 - 999	1	910	910	910	910	754	608	1.001	754	42.53	59.21	52.18	2.400	1.740	2.850	2.400
	1000-1099	2	2.000	1.000	1.000	1.000	1.681	777	1.218	855	46.00	62.40	52.68	4.100	1.200	3.400	2.422
	>= 1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Total V-VIII Región</b>	<b>76</b>	<b>36.397</b>	<b>100</b>	<b>1.900</b>	<b>479</b>	<b>28.946</b>	<b>60</b>	<b>1.460</b>	<b>611</b>	<b>19.94</b>	<b>74.60</b>	<b>43.89</b>	<b>93.824</b>	<b>342</b>	<b>6.440</b>	<b>1.668</b>

(\*) Incluye puerto de Tome  
s/i = Sin Información

Tabla 1B

Principales características de las embarcaciones industriales que operaron en la pesquería de anchoveta y sardina común de la Zona Centro-Sur, según región y puerto, 1997

Región	Puerto	Estrato de Bodega	Número de barcos	Capacidad de bodega (m <sup>3</sup> )			Tonelaje grueso (TR)			Eslora total (m)			Potencia continua (HP)					
				Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio	Total	Mínima	Máxima	Promedio			
		<= 199	4	997	227	270	249	842	198	227	211	28.14	32.52	29.38	2.645	565	950	661
		200 - 299	1	350	350	350	350	241	241	241	241	36.60	36.60	36.60	1.185	1.185	1.185	1.185
		300 - 399	3	1.290	420	450	430	996	231	442	332	31.90	41.68	35.34	3.700	850	1.600	1.233
		400 - 499	1	550	550	550	550	608	608	608	608	51.07	51.07	51.07	2.250	2.250	2.250	2.250
		500 - 599	4	2.585	635	646	646	2.041	416	580	510	47.40	50.00	47.39	6.855	1.400	2.000	1.714
		600 - 699	1	760	760	760	760	s/i	s/i	728	728	42.28	42.28	42.28	1.600	1.600	1.600	1.600
		700 - 799	1	850	850	850	850	795	795	795	795	52.70	52.70	52.70	1.700	1.700	1.700	1.700
		800 - 899	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	52.70	52.70	52.70	1.700	1.700	1.700	1.700
		900 - 999	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	52.70	52.70	52.70	1.700	1.700	1.700	1.700
		1000-1099	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	52.70	52.70	52.70	1.700	1.700	1.700	1.700
		>= 1100																
			<b>16</b>	<b>8.382</b>	<b>227</b>	<b>1.000</b>	<b>624</b>	<b>6.261</b>	<b>198</b>	<b>796</b>	<b>391</b>	<b>28.14</b>	<b>62.70</b>	<b>39.64</b>	<b>19.936</b>	<b>666</b>	<b>2.260</b>	<b>1.246</b>
		<= 199	7	875	100	140	125	571	60	106	82	19.84	29.90	22.57	2.590	300	425	370
		200 - 299	1	270	270	270	270	114	114	114	114	29.39	29.39	29.39	680	680	680	680
		300 - 399	9	3.053	300	350	339	2.409	224	316	268	28.25	36.88	35.31	7.750	850	950	861
		400 - 499	4	1.640	400	420	410	1.301	204	465	325	30.95	49.12	37.62	4.283	850	1.410	1.071
		500 - 599	3	1.600	500	550	533	1.575	437	602	525	37.95	45.10	42.22	4.180	1.200	1.580	1.393
		600 - 699	2	1.250	600	650	625	1.063	330	733	532	37.20	47.00	42.10	4.154	1.904	2.250	2.077
		700 - 799																
		800 - 899																
		900 - 999																
		1000-1099																
		>= 1100																
			<b>26</b>	<b>8.688</b>	<b>100</b>	<b>660</b>	<b>334</b>	<b>7.033</b>	<b>60</b>	<b>733</b>	<b>271</b>	<b>19.84</b>	<b>47.00</b>	<b>49.27</b>	<b>23.637</b>	<b>300</b>	<b>2.260</b>	<b>909</b>
		<= 199	1	155	155	155	155	142	142	142	142	22.67	22.67	22.67	380	380	380	380
		200 - 299	2	539	269	270	270	407	154	253	204	27.74	34.61	31.18	1.315	565	750	658
		300 - 399	3	1.070	350	370	357	916	267	381	305	36.50	40.00	37.70	3.128	850	1.428	1.043
		400 - 499	1	473	473	473	473	479	479	479	479	42.00	42.00	42.00	950	950	950	950
		500 - 599	2	1.050	500	550	525	882	414	468	441	42.00	48.85	42.25	2.520	1.100	1.420	1.260
		600 - 699	6	3.883	600	683	647	2.726	325	564	454	40.22	50.06	43.80	9.360	1.400	2.250	1.560
		700 - 799	4	2.885	700	780	721	2.307	484	724	577	41.90	48.40	45.35	6.013	1.100	2.213	1.503
		800 - 899	1	850	850	850	850	734	734	734	734	48.40	48.40	48.40	2.244	2.244	2.244	2.244
		900 - 999	1	1.000	1.000	1.000	1.000	886	886	886	886	58.20	58.20	58.20	2.400	2.400	2.400	2.400
		1000-1099	1	1.000	1.000	1.000	1.000	886	886	886	886	58.20	58.20	58.20	2.400	2.400	2.400	2.400
		>= 1100																
			<b>21</b>	<b>11.506</b>	<b>166</b>	<b>1.000</b>	<b>667</b>	<b>9.479</b>	<b>142</b>	<b>886</b>	<b>461</b>	<b>22.67</b>	<b>68.20</b>	<b>47.61</b>	<b>28.310</b>	<b>380</b>	<b>2.400</b>	<b>1.348</b>

Tabla 2

Principales características de las embarcaciones artesanales que operan en la pesquería de anchoveta y sardina común en la Zona Centro-Sur, 1998.

Caleta Base	Número de lanchas	Tonelaje grueso (TRG)			Eslora total (m)			Capacidad de Bodega (CB)			
		Total	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
San Antonio	13	406,7	15,0	49,7	31,3	14,0	17,9	16,1			
Tomé	10	356,5	19,5	49,2	39,6	14,9	18,0	16,7	95,0	95,0	95,0
Tumbes	21	673,9	6,5	49,1	35,5	11,5	18,0	16,9	65,0	100,0	78,3
Talcahuano	52	1671,9	13,4	50,0	38,9	10,8	18,0	16,7	45,0	100,0	70,6
San Vicente	52	1738,5	16,3	49,9	36,2	15,0	18,0	17,1	25,0	95,0	62,1
Lo Rojas	92	3446,8	10,0	50,0	43,6	13,5	18,0	17,1	40,0	100,0	72,5
Lota	25	730,2	13,4	49,6	38,4	10,8	18,0	16,2	65,0	70,0	67,5
I. Sta. María	3	103,0	17,5	48,6	34,3	15,0	17,4	15,9	80,0	80,0	80,0
Lebu	41	1250,4	14,7	48,8	31,3	14,5	18,0	16,6	50,0	80,0	70,0
Valdivia	6	139,9	43,2	48,7	46,6	16,5	16,5	16,5	55,0	70,0	60,0
Total	315	10517,8	6,5	50,0	38,1	10,8	18,0	16,8	25,0	100,0	69,8

Tabla 3

Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona Centro-Sur, período 1990 - 1997 y primer semestre 1998.

RECURSO: SARDINA COMÚN

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	29,967	43,393	8,608	3,800	87	1,243	1,601	3,165	2,559	11,521	9,279	19,087	134,310
1991	38,858	54,948	85,891	34,228	7,723	7,006	5,118	6,221	6,917	20,701	30,830	21,297	319,738
1992	57,699	32,534	33,615	22,285	4,591	87	2,149	625	487	863	5,995	3,790	164,720
1993	5,117	18,593	7,321	6,078	1,128	66	86	143	117	160	1,398	4,470	44,677
1994	13,798	10,841	6,593	2,607	2,093	2,452	591	2,523	2,322	5,671	3,358	2,823	55,672
1995	3,355	3,866	3,051	1,013	533	98	388	21	1,732	6,052	1,124	7,413	28,646
1996	9,548	9,429	6,378	1,645	736	735	10,402	3,136	11,537	21,243	8,081	15,879	98,749
1997	34,396	32,281	54,782	38,680	19,085	7,823	3,417	6,277	9,449	8,730	5,145	0	220,065
1998	15,939	16,312	17,252	11,486	16,956	21,380							99,325

RECURSO: ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	3,372	5,083	3,830	6,014	514	47	0	37	931	1,883	2,644	3,462	27,817
1991	12,064	9,575	13,843	8,624	8,228	10,527	4,196	596	847	80	1,220	1,450	71,250
1992	527	5,201	47,759	28,809	12,134	316	672	1,166	24	90	3,516	2,363	102,577
1993	19,251	36,006	13,074	13,550	16,783	2,170	12	81	94	1,814	4,450	12,994	120,279
1994	18,843	33,849	62,280	46,263	34,453	3,489	71	66	2,054	18,475	21,943	14,383	256,169
1995	9,541	29,075	7,664	883	204	123	261	144	700	13,630	4,312	29,015	95,552
1996	39,248	62,071	24,529	11,105	13,089	8,566	7,485	5,709	22,168	34,124	10,123	5,649	243,866
1997	14,496	29,694	42,103	30,580	15,559	3,061	37	829	4,761	2,512	2,333	0	145,965
1998	8,878	5,785	12,671	15,498	12,580	17,752							73,164

RECURSO: SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	33,339	48,476	12,438	9,814	601	1,290	1,601	3,202	3,490	13,404	11,923	22,549	162,127
1991	50,922	64,523	99,734	42,852	15,951	17,533	9,314	6,817	7,764	20,781	32,050	22,747	390,988
1992	58,226	37,735	81,374	51,094	16,725	403	2,821	1,791	511	953	9,511	6,153	267,297
1993	24,368	54,599	20,395	19,628	17,911	2,236	98	224	211	1,974	5,848	17,464	164,956
1994	32,641	44,690	68,873	48,870	36,546	5,941	662	2,589	4,376	24,146	25,301	17,206	311,841
1995	12,896	32,941	10,715	1,896	737	221	649	165	2,432	19,682	5,436	36,428	124,198
1996	48,796	71,500	30,907	12,750	13,825	9,301	17,887	8,845	33,705	55,367	18,204	21,528	342,615
1997	48,892	61,975	96,885	69,260	34,644	10,884	3,454	7,106	14,210	11,242	7,478	0	366,030
1998	24,817	22,097	29,923	26,984	29,536	39,132							172,489

Incluye las embarcaciones que no entregan el esfuerzo de pesca.



Tabla 5

Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona de Talcahuano, período 1990 - 1997 y primer semestre 1998

RECURSO: SARDINA COMÚN

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	29,967	43,393	8,608	3,800	87	1,243	1,601	3,165	2,559	11,521	9,279	17,553	132,776
1991	37,708	51,447	83,791	32,030	5,961	5,904	2,122	6,221	4,006	20,591	28,457	21,001	299,239
1992	56,572	32,490	31,004	8,713	1,921	0	2,149	625	487	863	5,995	3,790	144,609
1993	4,629	15,146	7,321	6,078	1,128	66	86	129	117	160	1,398	4,470	40,728
1994	13,448	10,841	6,593	2,252	2,093	2,452	591	2,523	2,322	5,322	3,164	2,478	54,079
1995	2,887	3,592	2,529	1,010	533	98	388	21	423	788	560	3,050	15,879
1996	3,123	5,043	4,272	1,645	422	458	5,775	1,364	3,803	8,676	2,679	11,254	48,514
1997	20,595	5,899	25,792	16,594	13,047	5,229	2,089	5,246	2,017	4,307	3,360	0	104,175
1998	5,838	6,292	13,124	4,862	5,382	8,812							44,310

RECURSO: ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	902	796	882	340	0	47	0	37	931	1,833	2,644	3,083	11,495
1991	10,062	728	1,836	100	642	221	195	596	0	0	205	0	14,585
1992	0	4,086	31,471	9,880	929	184	672	1,166	24	90	3,398	2,363	54,263
1993	3,465	24,946	10,537	9,458	2,149	0	12	77	94	1,612	4,076	12,593	69,019
1994	12,835	17,389	34,676	15,418	7,199	1,743	0	66	2,054	16,315	19,472	12,254	139,421
1995	5,033	1,466	3,712	502	204	110	261	144	700	4,678	3,467	19,804	40,101
1996	32,908	17,139	17,485	6,120	10,513	5,772	3,317	3,954	10,671	10,795	5,417	3,732	127,823
1997	8,933	8,151	13,269	18,454	6,216	0	23	0	727	250	792	0	56,815
1998	1,364	2,516	6,620	4,741	3,801	6,384							25,426

RECURSO: SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	30,869	44,189	9,490	4,140	87	1,290	1,601	3,202	3,490	13,354	11,923	20,636	144,271
1991	47,770	52,175	85,627	32,130	6,603	6,125	2,317	6,817	4,006	20,591	28,662	21,001	313,824
1992	56,572	36,576	62,475	18,593	2,850	184	2,821	1,791	511	953	9,393	6,153	198,872
1993	8,094	40,092	17,858	15,536	3,277	66	98	206	211	1,772	5,474	17,063	109,747
1994	26,283	28,230	41,269	17,670	9,292	4,195	591	2,589	4,376	21,637	22,636	14,732	193,500
1995	7,920	5,058	6,241	1,512	737	208	649	165	1,123	5,466	4,047	22,854	55,980
1996	36,031	22,182	21,757	7,765	10,935	6,230	9,092	5,318	14,474	19,471	8,096	14,986	176,337
1997	29,528	14,050	39,061	35,048	19,263	5,229	2,112	5,246	2,744	4,557	4,152	0	160,990
1998	7,202	8,808	19,744	9,603	9,183	15,196							69,736

Incluye las embarcaciones que no entregan el esfuerzo de pesca.

Tabla 6

Capturas mensuales de anchoveta y sardina común extraídas por la flota cerquera industrial que operó en la Zona de Valdivia, período 1990 - 1997 y primer semestre 1998.

RECURSO: SARDINA COMÚN

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,534	1,534
1991	0	604	70	0	0	0	0	0	0	0	244	257	1,175
1992	1,127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,127
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	350	0	0	0	0	0	0	0	0	349	194	345	1,238
1995	468	218	453	0	0	0	0	0	1,309	4,632	564	4,363	12,007
1996	3,404	1,096	2,072	0	314	277	4,627	1,772	7,734	12,567	5,402	4,625	43,890
1997	13,801	8,642	13,969	20,725	6,038	2,594	1,328	1,031	7,432	4,423	1,776	0	81,759
1998	10,098	10,020	4,097	6,624	11,574	12,568							54,981

RECURSO: ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	174	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	339	351	777
1994	1,347	32	0	0	0	0	0	0	0	1,957	2,471	2,129	7,936
1995	436	222	0	0	0	0	0	0	0	8,952	825	8,477	18,912
1996	5,927	16,866	3,518	4,985	2,576	2,794	4,128	1,755	6,668	9,473	3,228	1,917	63,835
1997	5,563	8,725	14,282	9,843	5,932	3,061	4	829	4,034	2,262	1,541	0	56,076
1998	7,219	3,269	5,576	10,757	8,779	10,883							46,483

RECURSO: SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,534	1,534
1991	174	708	70	0	0	0	0	0	0	0	244	257	1,453
1992	1,127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,127
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	339	351	777
1994	1,697	32	0	0	0	0	0	0	0	2,306	2,665	2,474	9,174
1995	904	440	453	0	0	0	0	0	1,309	13,584	1,389	12,840	30,919
1996	9,331	17,962	5,590	4,985	2,890	3,071	8,755	3,527	14,402	22,040	8,630	6,542	107,725
1997	19,364	17,367	28,251	30,568	11,970	5,655	1,332	1,860	11,466	6,685	3,317	0	137,835
1998	17,317	13,289	9,673	17,381	20,353	23,451							101,464

Incluye las embarcaciones que no entregan el esfuerzo de pesca.

Tabla 7

Resumen operacional de la flota cerquera industrial que operó en la pesquería de anchoveta y sardina común, 1997.

ZONA DE PESCA	MESES	Capturas (t)		Total	Viajes con pesca (VCP)		Total	Rendimiento de pesca (UVCP)		
		sardina común	anchoveta		sardina común	anchoveta		sardina común	anchoveta	
SAN ANTONIO	enero	-	-	-	137	131	268	-	129	98
	febrero	17,740	12,818	30,558	-	-	-	-	156	156
	marzo	15,021	14,552	29,573	96	93	189	-	105	79
	abril	1,361	2,283	3,644	13	29	42	-	-	155
	mayo	-	3,411	3,411	-	22	22	-	-	-
	junio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	julio	-	10	10	-	2	2	-	-	5
	agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	octubre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	noviembre	9	-	9	1	-	1	-	9	-
	diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	34,131	33,074	67,205	247	277	524	138	119	119	
TALCAHUANO	enero	20,595	8,933	29,528	113	34	147	182	263	263
	febrero	5,899	8,151	14,050	74	38	112	80	215	215
	marzo	25,792	13,269	39,061	153	57	210	169	233	233
	abril	16,594	18,454	35,048	97	103	200	171	179	179
	mayo	13,047	6,216	19,263	104	52	156	125	120	120
	junio	5,229	-	5,229	33	-	33	158	-	-
	julio	2,089	23	2,112	25	1	26	84	23	23
	agosto	5,246	-	5,246	48	-	48	109	-	-
	septiembre	2,017	727	2,744	11	14	25	183	52	52
	octubre	4,307	250	4,557	36	3	39	120	83	83
	noviembre	3,360	792	4,152	43	13	56	78	61	61
	diciembre	-	-	0	-	-	0	-	-	-
Subtotal	104,175	56,815	160,990	737	315	1,052	141	180	180	
VALDIVIA	enero	13,801	5,563	19,364	53	24	77	260	232	232
	febrero	8,642	8,725	17,367	26	25	51	332	349	349
	marzo	13,969	14,282	28,251	52	40	92	269	357	357
	abril	20,725	9,843	30,568	82	37	119	253	266	266
	mayo	6,038	5,932	11,970	28	22	50	216	270	270
	junio	2,594	3,061	5,655	16	13	29	162	235	235
	julio	1,328	4	1,332	14	1	15	95	4	4
	agosto	1,031	829	1,860	17	6	23	61	138	138
	septiembre	7,432	4,034	11,466	43	30	73	173	134	134
	octubre	4,423	2,262	6,685	39	14	53	113	162	162
	noviembre	1,776	1,541	3,317	17	12	29	104	128	128
	diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	81,759	56,076	137,835	387	224	611	211	250	250	
<b>TOTAL</b>	<b>220,065</b>	<b>145,965</b>	<b>366,030</b>	<b>1,371</b>	<b>816</b>	<b>2,187</b>	<b>161</b>	<b>179</b>	<b>179</b>	

Excluye las embarcaciones que no entregan el esfuerzo de pesca.

Tabla 8

Desembarques mensuales de anchoveta obtenidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, periodo 1995 - 1998.

PUERTO: SAN ANTONIO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	685	2,520	1,477	1,196	1,423	1,017	144	260	0	0	0	0	8,722
1996	1,200	0	2,854	2,850	1,626	521	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	9,051
1997	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
1998	26	222	179	1,319	410	53							2,209
PUERTO: TALCAHUANO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	4,013	1,856	788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,657
1996	103	3,094	488	0	0	0	0	28	0	858	46	0	4,617
1997	81	30	333	15	0	173	178	0	0	0	0	0	810
1998	1,660	860	2,403	2,995	1,098	256							9,272
PUERTO: SAN VICENTE													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	92	3,577	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,669
1996	675	866	385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,926
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
PUERTO: CORONEL													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	10,490	10,416	1,385	1,034	461	168	417	0	671	754	60	13,138	38,994
1996	15,547	15,304	11,323	3,112	387	195	81	0	654	329	0	903	47,835
1997	829	72	18,574	3,834	1,798	0	410	95	179	29	382	0	26,202
1998	5,788	6,288	7,355	3,776	3,981	6,866							34,054
PUERTO: LOTA													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	0	0	40	279	11	0	17	74	480	1,043	330	551	2,825
1996	3,840	6,337	7,158	7,346	506	1,389	1,756	1,031	4,189	3,239	535	183	37,509
1997	31	28	6,740	0	62	84	0	944	419	17	150	0	8,475
1998	4,130	3,629	8,533	5,911	1,534	1,136							24,873
RESUMEN CENTRO-SUR													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	15,280	18,369	3,690	2,509	1,895	1,185	578	334	1,151	1,797	390	13,689	60,867
1996	21,365	25,601	22,208	13,308	2,519	2,105	1,837	1,059	4,843	4,426	581	1,086	100,938
1997	941	130	25,647	3,849	1,860	257	588	1,039	598	46	532	0	35,487
1998	11,629	10,999	18,470	14,001	7,023	8,311							70,433

s/i: sin información.

Nota: Los desembarques entregados corresponden a los recopilados por el IFOP.

Tabla 9

Viajes con pesca mensuales de anchoveta ejercidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, período 1995 - 1998

PUERTO: SAN ANTONIO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	76	165	132	98	63	47	26	25	0	0	0	0	632
1996	59	0	174	145	92	39	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	509
1997	s/i												
1998	18	58	37	138	65	23							339

PUERTO: TALCAHUANO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	165	77	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280
1996	2	65	12	0	0	0	0	4	0	47	2	0	132
1997	2	1	17	0	0	4	6	0	0	0	0	0	30
1998	56	39	84	119	71	17							386

PUERTO: SAN VICENTE													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	5	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
1996	17	18	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	1	0	0	0	0	0							1

PUERTO: CORONEL													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	402	372	59	43	19	4	32	0	32	58	2	295	1,318
1996	337	360	289	91	18	11	5	0	22	25	0	35	1,193
1997	29	3	424	121	65	0	34	8	19	4	22	0	729
1998	288	353	325	184	124	146							1,420

PUERTO: LOTA													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	0	0	1	8	1	0	1	11	20	53	18	14	127
1996	71	128	167	167	19	62	91	48	137	153	34	8	1,085
1997	2	1	171	108	5	4	0	72	41	2	13	0	419
1998	204	201	374	262	87	60							1,188

RESUMEN CENTRO-SUR													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	648	729	230	149	83	51	59	36	52	111	20	309	2,477
1996	486	571	651	403	129	112	96	52	159	225	36	43	2,963
1997	33	5	612	229	70	8	40	80	60	6	35	0	1,178
1998	567	651	820	703	347	246							2,995

s/i: sin información.

Tabla 10A

Estadísticos de las cartografías anuales de las capturas de anchoveta obtenidos en la Zona Centro-Sur, periodo 1990 - 1997.

AÑO	MINIMO	MAXIMO	IOC (%)	CG	
				Latitud	Longitud
1990	10	3,986	9.5	34°36' S	72°24' W
1991	4	6,047	11.7	34°18' S	72°22' W
1992	6	6,633	16.1	34°52' S	72°38' W
1993	1	7,685	21.7	35°10' S	72°43' W
1994	3	30,444	30.6	35°21' S	72°55' W
1995	5	5,180	24.2	36°22' S	73°13' W
1996	11	21,323	21.6	34°29' S	75°16' W
1997	2	17,877	23.1	37°13' S	73°15' W

Tabla 10B

Estadísticos de las cartografías anuales de los viajes con pesca de anchoveta obtenidos en la Zona Centro-Sur, periodo 1990 - 1997.

AÑO	MINIMO	MAXIMO	IOC (%)	CG	
				Latitud	Longitud
1990	1	69	9.5	34°43' S	72°33' W
1991	1	68	11.7	34°08' S	72°16' W
1992	1	82	16.1	34°58' S	72°40' W
1993	1	90	21.7	35°10' S	72°43' W
1994	1	260	30.6	35°17' S	72°53' W
1995	1	64	24.2	35°31' S	72°53' W
1996	1	115	21.6	34°28' S	75°06' W
1997	1	121	23.1	36°28' S	73°06' W

IOC: índice de ocupación anual.

CG : centro de gravedad.

Tabla 11

Desembarques mensuales de sardina común obtenidos por la flota artesanal que operó en la Zona Centro-Sur, periodo 1995 - 1998

PUERTO: SAN ANTONIO													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	63	0	0	0	546	0	0	0	0	0	0	0	609
1996	0	7,128	0	0	13	0	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	7,141
1997	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
1998	1	0	0	0	3	0							4

PUERTO: TALCAHUANO													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	7,742	505	763	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,010
1996	703	3,557	2,985	185	0	0	0	2,066	0	124	21	4,109	13,750
1997	10,124	14,133	12,845	102	26	18	455	0	0	38	416	0	38,157
1998	7,307	6,816	5,654	4,478	1,223	64							25,542

PUERTO: SAN VICENTE													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	1,199	585	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,784
1996	7,522	5,405	1,672	0	0	0	0	0	0	0	0	1,939	16,538
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0							0

PUERTO: CORONEL													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	4,093	1,058	4,812	2,725	3,946	1,226	1,711	302	3,486	2,446	303	25,435	51,543
1996	35,846	37,383	27,613	12,780	2,087	1,834	800	603	4,962	2,963	109	12,134	139,114
1997	37,105	19,870	28,674	5,400	11,259	880	3,092	0	12	406	1,973	0	108,671
1998	3,149	2,060	3,840	2,111	354	1,173							12,687

PUERTO: LOTA													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	0	0	0	87	0	0	0	0	169	688	11	1,683	2,638
1996	3,123	3,578	2,957	399	8	484	266	209	339	307	0	6,495	18,165
1997	14,103	7,508	2,256	0	3,813	372	574	676	506	1,160	3,168	0	34,136
1998	3,206	4,491	281	272	212	509							8,971

RESUMEN CENTRO-SUR													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	13,097	2,148	5,575	2,812	4,492	1,226	1,711	302	3,655	3,134	314	27,118	65,584
1996	47,194	57,051	35,227	13,364	2,108	2,318	1,066	2,878	5,301	3,394	130	24,677	194,708
1997	61,332	41,511	43,775	5,502	15,098	1,270	4,121	676	518	1,604	5,557	0	180,964
1998	13,663	13,367	9,775	6,861	1,792	1,746							47,204

s/i: sin información.  
Nota: Los desembarques entregados corresponden a los recopilados por el IFOP.

Tabla 12

Viajes con pesca mensuales de sardina comun ejercidos por la flota artesanal que opero en la Zona Centro-Sur, periodo 1995 - 1998

PUERTO: SAN ANTONIO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	12	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	38
1996	0	259	0	0	1	0	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	260
1997	s/i												
1998	1	0	0	0	1	0							2

PUERTO: TALCAHUANO													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	437	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	497
1996	15	87	80	7	0	0	0	127	0	11	3	145	475
1997	277	519	451	9	5	1	36	0	0	8	29	0	1,335
1998	367	438	321	258	89	8							1,481

PUERTO: SAN VICENTE													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	77	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
1996	195	145	64	0	0	0	0	0	0	0	0	83	487
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PUERTO: CORONEL													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	156	56	20	157	236	62	114	33	142	178	28	705	1,887
1996	815	940	771	412	70	57	54	46	223	194	9	433	4,024
1997	1,022	718	1,034	433	403	24	136	0	2	45	104	0	3,921
1998	208	173	255	152	31	66							885

PUERTO: LOTA													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	0	0	0	3	0	0	0	0	6	58	2	51	120
1996	56	75	70	13	2	17	12	9	19	12	0	220	505
1997	411	191	30	4	148	27	51	42	49	85	176	0	1,214
1998	141	202	25	28	17	35							448

RESUMEN CENTRO-SUR													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	682	103	50	160	262	62	114	33	148	236	30	756	2,636
1996	1,081	1,506	985	432	73	74	66	182	242	217	12	881	5,751
1997	1,710	1,428	1,515	446	556	52	223	42	51	138	309	0	6,470
1998	717	813	601	438	138	109							2,816

s/i: sin información.

Tabla 13A

Estadísticos de las cartografías anuales de las capturas de sardina común obtenidos en la Zona Centro-Sur, periodo 1990 - 1997.

AÑO	MINIMO	MAXIMO	IOC (%)	CG	
				Latitud	Longitud
1990	7	29,003	11.7	36°16' S	74°15' W
1991	7	42,793	19.3	36°16' S	73°04' W
1992	8	16,888	17.1	36°04' S	73°02' W
1993	4	5,598	9.7	36°05' S	73°01' W
1994	4	8,684	10.8	36°34' S	73°08' W
1995	3	3,215	13.6	37°40' S	73°23' W
1996	3	7,099	15.7	37°53' S	73°23' W
1997	8	18,848	26.9	37°19' S	73°29' W

Tabla 13B

Estadísticos de las cartografías anuales de los viajes con pesca de sardina común obtenidos en la Zona Centro-Sur, periodo 1990 - 1997.

AÑO	MINIMO	MAXIMO	IOC (%)	CG	
				Latitud	Longitud
1990	1	432	11.7	36°16' S	74°09' W
1991	1	510	19.3	36°11' S	73°02' W
1992	1	245	17.1	36°05' S	73°06' W
1993	1	171	9.7	36°16' S	73°07' W
1994	1	172	10.8	36°26' S	73°05' W
1995	1	82	13.6	37°52' S	73°10' W
1996	1	80	15.7	37°10' S	73°12' W
1997	1	129	26.9	36°52' S	73°12' W

IOC: índice de ocupación anual.

CG : centro de gravedad.

Tabla 14 Parámetros de ADAPT y suma de cuadrado del stock de sardina común en la zona Centro-sur.

Edad	LN(F97)	F97
0	-1.7093	0.1810
1	0.4359	1.5464
2	1.1847	3.2695
3	0.4647	1.5915

M	1.2000
SST	55.8275
MS	1.9938

Tabla 15 Abundancia [Númerox103] del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	417248079	366317557	394419068	327282214	335336082	541402174	111821896	84659
1	93792381	124075480	105073320	103354357	82268681	97827431	157518485	28971344
2	10093765	11813054	7811058	1010766	9139524	6590540	27098702	17223973
3	660192	986971	160480	34702	60794	1229229	997056	6946900
0+	521794418	503193063	507463927	431682039	426805081	647049374	297436139	53226875
1+	104546338	136875506	113044859	104399825	91469000	105647200	185614243	53142216
2+	10753957	12800025	7971538	1045468	9200318	7819769	28095758	24170872

Tabla 16 Biomasa al 1º de enero (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	1153384	1133432	776123	790862	1193186	2316453	434953	212
1	488592	838195	555245	416361	658597	804794	957498	179622
2	283367	277937	176603	22501	178905	166399	702285	320366
3	23246	38323	5551	1071	1758	39601	36077	200765
0+	1948588	2287887	1513521	1230794	2032446	3327246	2130813	700965
1+	795204	1154455	737398	439933	839260	1010793	1695860	700754
2+	306613	316260	182154	23572	180663	206000	738362	521131
DS(0+)	101	94	3772	2250	88426	395250	285530	182470

Tabla 17 Biomasa media (t) del stock de sardina común en la Zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	668216	647257	427662	428773	685997	1330362	238608	115
1	206119	284024	118413	156477	239997	453262	385317	61206
2	109959	63776	32460	7523	77181	74778	383672	70857
3	9734	12721	1175	402	654	22049	15421	67509
0+	994029	1007779	579709	593175	1003828	1880452	1023018	199687
1+	325813	360521	152047	164402	317832	550090	784410	199572
2+	119693	76497	33634	7925	77835	96827	399093	138365

Tabla 18 Biomasa desovante (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	34680	42062	10892	24763	37281	84715	63324	9099
2	88608	32395	11771	5518	65611	64722	355578	34284
3	8160	9282	534	318	514	20542	13054	49718
0+	131448	83739	23197	30599	103407	169978	431956	93102
1+	131448	83739	23197	30599	103407	169978	431956	93102
2+	96768	41677	12305	5836	66125	85263	368632	84003

Tabla 19 Mortalidad por pesca [año-1] del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0.0128	0.0488	0.1393	0.1808	0.0319	0.0346	0.1506	0.1810
1	0.8719	1.5653	3.4440	1.2256	1.3244	0.0837	1.0132	1.5464
2	1.1250	3.0988	4.2165	1.6110	0.8062	0.6886	0.1612	3.2695
3	0.8938	1.6360	3.4819	1.2287	1.2587	0.1128	0.8331	1.5915
0+	0.1898	0.4975	0.8873	0.4344	0.2978	0.0489	0.6107	2.1077
1+	0.8965	1.6982	3.4974	1.2293	1.2725	0.1218	0.8879	2.1108
2+	1.1108	2.9860	4.2017	1.5983	0.8092	0.5981	0.1850	2.7873

Tabla 20 Tasa de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0.0074	0.0279	0.0767	0.0980	0.0184	0.0199	0.0826	0.0981
1	0.3678	0.5304	0.7345	0.4606	0.4826	0.0472	0.4077	0.5269
2	0.4366	0.7111	0.7750	0.5386	0.3478	0.3094	0.0881	0.7231
3	0.3743	0.5430	0.7368	0.4613	0.4681	0.0628	0.3561	0.5352
0+	0.1026	0.2394	0.3724	0.2139	0.1544	0.0279	0.2821	0.6139
1+	0.3751	0.5537	0.7377	0.4614	0.4712	0.0676	0.3725	0.6143
2+	0.4330	0.7025	0.7743	0.5364	0.3487	0.2775	0.1002	0.6861

Tabla 21 Patrón de explotación, ojiva de madurez, peso promedio, máximo y mínimo del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

Edades	Patrón de explotación		Ojiva de madurez	Peso Promedio	Peso Mínimo	Peso Máximo
	Promedio 90-96	1997				
0	0.1171	0.1170	0.00	0.0031	0.0015	0.0046
1	1.0000	1.0000	0.20	0.0062	0.0034	0.0091
2	2.1145	2.1143	1.00	0.0232	0.0169	0.0296
3	1.0291	1.0292	1.00	0.0332	0.0260	0.0404

Tabla 22 Parámetros de ADAPT y suma de cuadrado del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edad	LN(F97)	F97
0	-3.4991	0.0302
1	-2.4972	0.0823
2	-1.4555	0.2333
3	-1.7866	0.1675
4	-2.1006	0.1224

M	0.7000
SST	144.2144
MS	4.1204

Tabla 23 Abundancia [Númerox103] del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	131621895	75823047	157136748	118337276	218251564	235804265	235412697	22556251
1	68791160	54207326	37633395	77620897	58724030	107934423	116625801	116238792
2	13540202	29680019	22456199	17172541	36672920	19471049	45848134	52177253
3	4761070	5419648	7804516	5518759	4460835	10021841	5253342	15615095
4	2166028	1775956	1997935	2696198	2023815	1103734	4621487	1198841
0+	220880355	166905996	227028793	221345672	320133164	374335313	407761462	207786231
1+	89258460	91082949	69892045	103008396	101881600	138531048	172348765	185229980
2+	20467300	36875623	32258650	25387498	43157570	30596625	55722964	68991189

Tabla 24 Biomasa al 1° de enero (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	240308	733282	1034180	1188362	1465220	1579583	1708448	187380
1	389585	473395	568614	1136436	648889	1170029	1414517	1448493
2	357472	524315	468802	373306	756013	345320	787270	1264142
3	158845	145180	220531	171676	152986	293210	144632	500054
4	80721	61203	67212	102378	81352	36128	143123	50520
0+	1226931	1937374	2359338	2972157	3104460	3424271	4197990	3450590
1+	986623	1204092	1325158	1783795	1639239	1844687	2489542	3263209
2+	597038	730697	756544	647359	990351	674658	1075025	1814716
DS (0+)	39	80	8239	29722	150589	372533	520553	518667

Tabla 25 Biomasa explotable (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	208530	589	7762	1265	10118	10439	25795	24278
1	254026	134958	68371	87337	438828	299552	391327	511120
2	357472	524315	468802	373306	756013	345320	787270	1264142
3	210779	41389	26517	13194	103461	35590	298208	359106
4	70046	30769	26167	21309	70537	17793	107838	26504
0+	1100853	732019	597620	496411	1378956	708694	1610437	2185149
1+	892323	731430	589858	495146	1368838	698255	1584643	2160872
2+	638298	596472	521486	407809	930010	398703	1193316	1649751

Tabla 26 Biomasa desovante (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	17395	60038	84408	97286	119680	129029	139402	15044
1	223696	264623	338789	692831	313147	664942	831881	864327
2	195339	217127	185662	153352	321134	145450	386715	682790
3	82854	81154	131396	104662	73830	175918	54546	282069
4	44948	31226	35343	59007	36415	18667	74752	29359
0+	564232	654167	775598	1107138	864206	1134005	1487296	1873590
1+	546837	594130	691190	1009852	744526	1004976	1347894	1858546
2+	323141	329507	352401	317021	431379	340034	516013	994219

Tabla 27 Mortalidad por pesca (año-1) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0.1871	0.0005	0.0053	0.0007	0.0041	0.0040	0.0057	0.0302
1	0.1406	0.1812	0.0846	0.0498	0.4039	0.1562	0.1043	0.0823
2	0.2156	0.6358	0.7034	0.6480	0.5973	0.6101	0.3771	0.2333
3	0.2861	0.1812	0.0846	0.0498	0.4039	0.0741	0.7775	0.1675
4	0.1871	0.3196	0.2739	0.1349	0.5179	0.3004	0.2841	0.1224
0+	0.1765	0.1814	0.0926	0.0710	0.1542	0.0822	0.0888	0.1212
1+	0.1609	0.3321	0.2888	0.1517	0.4758	0.2152	0.2022	0.1323
2+	0.2290	0.5537	0.5271	0.4635	0.5736	0.4233	0.4071	0.2165

Tabla 28 Tasa de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	0.1241	0.0004	0.0038	0.0005	0.0030	0.0029	0.0041	0.0214
1	0.0951	0.1205	0.0586	0.0350	0.2446	0.1049	0.0717	0.0571
2	0.1412	0.3508	0.3780	0.3558	0.3346	0.3400	0.2309	0.1517
3	0.1819	0.1205	0.0586	0.0350	0.2446	0.0516	0.4061	0.1120
4	0.1241	0.2004	0.1750	0.0914	0.2994	0.1899	0.1808	0.0834
0+	0.1176	0.1206	0.0639	0.0495	0.1037	0.0570	0.0614	0.0827
1+	0.1079	0.2071	0.1834	0.1021	0.2798	0.1410	0.1332	0.0898
2+	0.1492	0.3156	0.3036	0.2739	0.3243	0.2543	0.2462	0.1417

Tabla 29 Patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio, máximo y mínimo en el stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

Edades	Patrón de explotación		Ojiva de Madurez	Peso Promedio	Peso Mínimo	Peso Máximo
	Promedio 90-96	1997				
0	0.1294	0.1296	0.1300	0.0071	0.0021	0.0122
1	0.3347	0.3529	1.0000	0.0113	0.0052	0.0175
2	1.0000	1.0000	1.0000	0.0208	0.0142	0.0274
3	0.6669	0.7181	1.0000	0.0303	0.0248	0.0359
4	0.5830	0.5246	1.0000	0.0362	0.0284	0.0439

Tabla 30

Tamaño promedio (DMO) de los annuli de sardina común y desviación estandar por clase de talla para los años 1996 a 1998.

	EDAD			
	0	1	2	3
<b>Promedio</b>	28,8	34,8	44,8	50,2
<b>s.d.</b>	5,544	3,089	3,177	3,164

Tabla 31

Parámetros del crecimiento de von Bertalanffy para la sardina común determinados con la edad y los grupos de edad (GE)

Año	$L_{\infty}$ (cm)	K (año <sup>-1</sup> )	$t_0$	$\phi$	Nº	Tallas	r
1996	17.2	1.02	-0.102	2.428	1047	70-180	0.828
1997	21.2	0.295	-1.792	2.122	1587	55-185	0.845
1998	18.8	0.408	-1.726	2.159	977	65-180	0.79
1996 GE	19.9	0.403	-0.916	2.203	1443	70-180	0.752
1997 GE	18.5	0.505	-0.566	2.234	1939	55-185	0.864
1998 GE	18.5	0.409	-1.143	2.146	1289	65-180	0.849
1996-98 GE	18.4	0.474	-0.785	2.205	4671	55-185	0.824

Tabla 32 a

Tamaño promedio (DMO) de los annuli de anchoveta y desviación estandar por clase de talla para los años 1996 a 1998.

	EDAD					
	1	2	3	4	5	6
<b>Promedio</b>	52,0	60,4	67,8	73,8	79,4	84,2
<b>s.d.</b>	2,59	2.646,000	2.892	2.729	2,77	2.448

Tabla 32b

Comparación de los parámetros de crecimiento de sardina común del año 1996, mediante el test de Hotelling (T<sup>2</sup>)

COMPARACIÓN	T <sup>2</sup>		n1/n2	DECISIÓN
	CALCULADO	CRÍTICO		
MACHOS VIS HEMBRAS	3.3704	7.8442	558  552	DIFERENCIAS NO SON SIGNIFICATIVAS

Tabla 32c.

Comparación de los parámetros de crecimiento de anchoveta del periodo 1996-1997, mediante el test de Hotelling (T<sup>2</sup>)

COMPARACIÓN	T <sup>2</sup>		n1/n2	DECISIÓN
	CALCULADO	CRÍTICO		
MACHOS VIS HEMBRAS	6.5326	7.8402	781  769	DIFERENCIAS NO SON SIGNIFICATIVAS

Tabla 32d.

Comparación de los parámetros de crecimiento de anchoveta del periodo 1996-1997, entre los ajustes con edad y con grupo de edad, mediante el test de Hotelling (T<sup>2</sup>).

COMPARACIÓN	T <sup>2</sup>		n1/n2	DECISIÓN
	CALCULADO	CRÍTICO		
EDAD VIS GRUPO DE EDAD	82.6933	7.8332	2518  2455	DIFERENCIAS SON SIGNIFICATIVAS



Tabla 34

Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de sardina común con diferentes estrategias de explotación constante, con peso mínimo

Año	Biomasa		SSB		Reclutamiento		Captura		Biomasa		SSB		Reclutamiento		Captura	
	F <sub>t</sub> =M <sub>t-1,2</sub>	F <sub>t+1}=1,2</sub>														
1996	2114474	446324	433783	953496	433783	953496	433783	433783	2114474	446324	433783	953496	433783	953496	433783	433783
1997	1238532	122016	342815	606581	241727	606581	241727	241727	1238532	122016	342815	606581	241727	606581	241727	241727
1998	660634	107511	278509	152108	267201	152108	267201	267201	660634	107511	278509	152108	267201	152108	267201	267201
1999	734740	67592	165688	516792	175788	516792	175788	175788	734740	67592	165688	516792	175788	516792	175788	175788
2000	703057	42157	183048	379837	151481	379837	151481	151481	703057	42157	183048	379837	151481	379837	151481	151481
2001	1008105	68270	221584	1099087	203493	1099087	203493	203493	1008105	68270	221584	1099087	203493	1099087	203493	203493
2002	1073718	71888	275258	1164108	104741	1164108	104741	104741	1073718	71888	275258	1164108	104741	1164108	104741	104741
2003	902910	96564	417884	282973	1031882	417884	282973	282973	902910	96564	417884	282973	1031882	417884	282973	282973
2004	811598	80615	446642	227148	931182	446642	227148	227148	811598	80615	446642	227148	931182	446642	227148	227148
2005	1030359	63775	690166	226419	1121129	690166	226419	226419	1030359	63775	690166	226419	1121129	690166	226419	226419
2006	554248	78000	74297	243526	651808	74297	243526	243526	554248	78000	74297	243526	651808	74297	243526	243526
2007	551766	70394	144481	362122	144481	362122	144481	144481	551766	70394	144481	362122	144481	362122	144481	144481
2008	476752	27371	255093	123816	517136	123816	123816	123816	476752	27371	255093	123816	517136	123816	123816	123816
2009	501754	47178	283523	137016	564305	47178	283523	283523	501754	47178	283523	137016	564305	47178	283523	283523
2010	333327	39442	119694	61181	388831	119694	61181	61181	333327	39442	119694	61181	388831	119694	61181	61181
2011	476686	33603	348771	97578	528347	348771	97578	97578	476686	33603	348771	97578	528347	348771	97578	97578
2012	576179	29642	355394	133147	611998	355394	133147	133147	576179	29642	355394	133147	611998	355394	133147	133147
2013	764808	51069	493395	176862	823770	493395	176862	176862	764808	51069	493395	176862	823770	493395	176862	176862
2014	937029	59338	585957	220548	1013336	585957	220548	220548	937029	59338	585957	220548	1013336	585957	220548	220548
2015	710934	77013	279437	239420	810359	77013	279437	279437	710934	77013	279437	239420	810359	77013	279437	279437
2016	489189	70933	207285	169882	596071	207285	169882	169882	489189	70933	207285	169882	596071	207285	169882	169882
ACUM	14536274	1304371	7871069	4007296	16153169	1304371	7871069	3655241	14536274	1304371	7871069	4007296	16153169	1304371	7871069	3655241
PROM	726814	65219	393553	200365	807658	65219	393553	182762	726814	65219	393553	200365	807658	65219	393553	182762
DS	241998	25248	185025	65851	244232	25248	185025	54137	241998	25248	185025	65851	244232	25248	185025	54137
CV	33	33	39	47	33	35	47	30	33	33	39	47	33	35	47	30

Tabla 35

Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de sardina común con diferentes estrategias de explotación constante, con peso máximo.

Año	Biomasa		SSB		Recluta W		Captura W		Biomasa		SSB		Recluta W		Captura W		Biomasa		SSB		Recluta W		Captura W		
	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=M=1.2	F=1.2	F=1.2	
1996	2114474	446324	46324	953496	433783	2114474	46324	953496	433783	2114474	46324	953496	433783	2114474	46324	953496	433783	2114474	46324	953496	433783	2114474	46324	953496	433783
1997	1979271	166998	166998	1033090	403341	1979271	166998	1033090	403341	1979271	166998	1033090	403341	1979271	166998	1033090	403341	1979271	166998	1033090	403341	1979271	166998	1033090	403341
1998	1022085	149886	149886	259061	413784	1148403	198201	259061	413784	1148403	198201	259061	413784	1148403	198201	259061	413784	1148403	198201	259061	413784	1148403	198201	259061	413784
1999	1190231	90958	880167	244144	288415	1206422	79810	880167	244144	288415	1206422	79810	880167	244144	288415	1206422	79810	880167	244144	288415	1206422	79810	880167	244144	288415
2000	1151744	62520	646914	338945	338945	1742960	130873	646914	338945	338945	1742960	130873	646914	338945	338945	1742960	130873	646914	338945	338945	1742960	130873	646914	338945	338945
2001	1651564	95156	1171013	428676	1846313	1573353	135621	1171013	428676	1846313	1573353	135621	1171013	428676	1846313	1573353	135621	1171013	428676	1846313	1573353	135621	1171013	428676	1846313
2002	1754551	104073	1036404	711714	427677	1573353	185108	1036404	711714	427677	1573353	185108	1036404	711714	427677	1573353	185108	1036404	711714	427677	1573353	185108	1036404	711714	427677
2003	1443951	135534	711714	341601	111812	760693	1422483	711714	341601	111812	760693	1422483	711714	341601	111812	760693	1422483	711714	341601	111812	760693	1422483	711714	341601	111812
2004	1305235	111812	760693	341601	111812	760693	1422483	760693	341601	111812	760693	1422483	760693	341601	111812	760693	1422483	760693	341601	111812	760693	1422483	760693	341601	111812
2005	1691891	90039	1175447	349934	371128	206254	1781543	1175447	349934	371128	206254	1781543	1175447	349934	371128	206254	1781543	1175447	349934	371128	206254	1781543	1175447	349934	371128
2006	864588	112188	126538	371128	206254	1781543	963829	126538	371128	206254	1781543	963829	126538	371128	206254	1781543	963829	126538	371128	206254	1781543	963829	126538	371128	206254
2007	877782	93669	616743	206254	1781543	963829	880038	616743	206254	1781543	963829	880038	616743	206254	1781543	963829	880038	616743	206254	1781543	963829	880038	616743	206254	1781543
2008	781691	40884	434459	195837	195837	821046	53468	434459	195837	195837	821046	53468	434459	195837	195837	821046	53468	434459	195837	195837	821046	53468	434459	195837	195837
2009	809524	65664	482878	206775	872448	90345	482878	206775	872448	90345	482878	206775	872448	90345	482878	206775	872448	90345	482878	206775	872448	90345	482878	206775	872448
2010	528641	55789	203856	178178	583602	76492	203856	178178	583602	76492	203856	178178	583602	76492	203856	178178	583602	76492	203856	178178	583602	76492	203856	178178	583602
2011	780774	45864	594005	147266	831079	66782	594005	147266	831079	66782	594005	147266	831079	66782	594005	147266	831079	66782	594005	147266	831079	66782	594005	147266	831079
2012	949547	43795	605284	210289	272524	1318324	986197	605284	210289	272524	1318324	986197	605284	210289	272524	1318324	986197	605284	210289	272524	1318324	986197	605284	210289	272524
2013	1252401	72162	840319	342415	1613176	112608	840319	342415	1613176	112608	840319	342415	1613176	112608	840319	342415	1613176	112608	840319	342415	1613176	112608	840319	342415	1613176
2014	1536051	84903	997965	364589	364589	1234637	146356	997965	364589	364589	1234637	146356	997965	364589	364589	1234637	146356	997965	364589	364589	1234637	146356	997965	364589	364589
2015	1134173	109467	475920	249396	249396	871587	140218	475920	249396	249396	871587	140218	475920	249396	249396	871587	140218	475920	249396	249396	871587	140218	475920	249396	249396
2016	767081	97196	353035	6099158	6099158	25083091	2444287	353035	6099158	6099158	25083091	2444287	353035	6099158	6099158	25083091	2444287	353035	6099158	6099158	25083091	2444287	353035	6099158	6099158
ACUM	2347265	1828659	13405506	6099158	6099158	25083091	2444287	13405506	6099158	6099158	25083091	2444287	13405506	6099158	6099158	25083091	2444287	13405506	6099158	6099158	25083091	2444287	13405506	6099158	6099158
PROM	1173638	91433	670275	304958	304958	1254165	122214	670275	304958	304958	1254165	122214	670275	304958	304958	1254165	122214	670275	304958	304958	1254165	122214	670275	304958	304958
DS	396818	34454	315123	100572	100572	397871	41917	315123	100572	100572	397871	41917	315123	100572	100572	397871	41917	315123	100572	100572	397871	41917	315123	100572	100572
CV	34	38	47	33	33	32	34	47	33	33	28	33	47	33	33	28	33	47	33	33	28	33	47	33	33





Tabla 38

Cuadro resumen de índice de desempeño del modelo de proyección del stock de anchoveta con diferentes estrategias de explotación constante, con pesos máximos

Año	Biomasa F=0.7		SSB F=0.7		Reclute W F=0.7		Captura W F=0.7		Biomasa F0.1=1.49		SSB F0.1=1.49		Reclute W F0.1=1.49		Captura W F0.1=1.49		Biomasa F2.0=0.44		SSB F2.0=0.44		Reclute W F2.0=0.44		Captura W F2.0=0.44		Biomasa F1.0=1.55		SSB F1.0=1.55		Reclute W F1.0=1.55		Captura W F1.0=1.55		
	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F=0.7	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F0.1=1.49	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F2.0=0.44	F1.0=1.55	F1.0=1.55	F1.0=1.55	F1.0=1.55	F1.0=1.55	F1.0=1.55		
1996	4954515	2525316	1066056	292091	2525316	1066056	292091	2525316	4954515	2525316	1066056	292091	4954515	2525316	1066056	292091	4954515	2525316	1066056	2525316	4954515	2525316	1066056	292091	4954515	2525316	1066056	2525316	4954515	2525316	1066056	292091	
1997	5428361	2726072	1242732	1204984	2726072	1242732	1204984	2726072	5428361	2726072	1242732	1204984	5428361	2726072	1242732	1204984	5428361	2726072	1242732	2726072	5428361	2726072	1242732	1204984	5428361	2726072	1242732	2726072	5428361	2726072	1242732	1204984	
1998	2912510	1656387	311632	546739	1656387	311632	546739	1656387	2165371	1188240	311632	691580	2165371	1188240	311632	691580	2165371	1188240	311632	3293057	1873703	311632	418021	3293057	1873703	311632	3293057	1873703	311632	418021	3293057	1873703	
1999	2243615	829313	1053776	371423	829313	1053776	371423	829313	1763452	528208	1058776	4607580	1763452	528208	1058776	4607580	1763452	528208	1058776	2520643	1003034	1058776	239652	2520643	1003034	1058776	2520643	1003034	1058776	239652	2520643	1003034	
2000	1907586	771671	778190	261191	771671	778190	261191	771671	1596727	576735	778190	372897	1596727	576735	778190	372897	1596727	576735	778190	2097243	890603	778190	196366	2097243	890603	778190	2097243	890603	778190	196366	2097243	890603	
2001	2521423	812647	1408642	368183	812647	1408642	368183	812647	2236673	634084	1408642	521387	2236673	634084	1408642	521387	2236673	634084	1408642	2673478	907999	1408642	262217	2673478	907999	1408642	2673478	907999	1408642	262217	2673478	907999	
2002	2720327	1025719	1246718	396904	1025719	1246718	396904	1025719	2338353	823812	1246718	571199	2338353	823812	1246718	571199	2338353	823812	1246718	2883997	1128355	1246718	293170	2883997	1128355	1246718	2883997	1128355	1246718	293170	2883997	1128355	
2003	2500392	1100887	856139	448613	1100887	856139	448613	1100887	2097610	848307	856139	609556	2097610	848307	856139	609556	2097610	848307	856139	2707984	1231066	856139	337760	2707984	1231066	856139	2707984	1231066	856139	337760	2707984	1231066	
2004	2302570	944691	915057	412179	944691	915057	412179	944691	1895438	689383	915057	532043	1895438	689383	915057	532043	1895438	689383	915057	2524076	1083595	915057	317525	2524076	1083595	915057	2524076	1083595	915057	317525	2524076	1083595	
2005	2679218	908689	1413976	377442	908689	1413976	377442	908689	2309076	676577	1413976	529823	2309076	676577	1413976	529823	2309076	676577	1413976	2894986	1043995	1413976	283548	2894986	1043995	1413976	283548	2894986	1043995	1413976	283548	2894986	1043995
2006	1712652	990941	152216	343428	990941	152216	343428	990941	1349461	763188	152216	459435	1349461	763188	152216	459435	1349461	763188	152216	2694986	1114263	152216	269540	2694986	1114263	152216	269540	2694986	1114263	152216	269540	2694986	1114263
2007	1658486	635263	741897	336478	635263	741897	336478	635263	1322032	424277	741897	405162	1322032	424277	741897	405162	1322032	424277	741897	1842135	750428	741897	263569	1842135	750428	741897	263569	1842135	750428	741897	263569	1842135	750428
2008	1355625	564972	522622	193042	564972	522622	193042	564972	1098284	403596	522622	258407	1098284	403596	522622	258407	1098284	403596	522622	1518277	669969	522622	150223	1518277	669969	522622	150223	1518277	669969	522622	150223	1518277	669969
2009	1366100	539764	580867	220484	539764	580867	220484	539764	1149940	404150	580867	308034	1149940	404150	580867	308034	1149940	404150	580867	1490278	617635	580867	163240	1490278	617635	580867	163240	1490278	617635	580867	163240	1490278	617635
2010	989686	466335	245224	193220	466335	245224	193220	466335	796667	365920	245224	248145	796667	365920	245224	248145	796667	365920	245224	1090924	550321	245224	149177	1090924	550321	245224	149177	1090924	550321	245224	149177	1090924	550321
2011	1258606	399426	714544	188743	399426	714544	188743	399426	1075295	284473	714544	254384	1075295	284473	714544	254384	1075295	284473	714544	1364843	466046	714544	143317	1364843	466046	714544	143317	1364843	466046	714544	143317	1364843	466046
2012	1436453	503549	728113	184133	503549	728113	184133	503549	1272188	400540	728113	278187	1272188	400540	728113	278187	1272188	400540	728113	1529290	561766	728113	134655	1529290	561766	728113	134655	1529290	561766	728113	134655	1529290	561766
2013	1889531	633422	1010842	267180	633422	1010842	267180	633422	1692329	509758	1010842	396291	1692329	509758	1010842	396291	1692329	509758	1010842	1988465	695462	1010842	194875	1988465	695462	1010842	194875	1988465	695462	1010842	194875	1988465	695462
2014	2327693	804729	1200478	330467	804729	1200478	330467	804729	2077187	647640	1200478	480107	2077187	647640	1200478	480107	2077187	647640	1200478	2452559	883031	1200478	243053	2452559	883031	1200478	243053	2452559	883031	1200478	243053	2452559	883031
2015	1981902	930494	572496	358500	930494	572496	358500	930494	1657393	726997	572496	490107	1657393	726997	572496	490107	1657393	726997	572496	2147861	1034565	572496	268867	2147861	1034565	572496	268867	1639393	715710	572496	491563	1639393	715710
2016	1537461	732436	424676	328099	732436	424676	328099	732436	1198551	519909	424676	401653	1198551	519909	424676	401653	1198551	519909	424676	1711971	846886	424676	255905	1711971	846886	424676	255905	1180769	538758	424676	255905	1180769	538758
ACUM	42730196	17997906	16125838	7323062	17997906	16125838	7323062	17997906	36581088	14141868	16125838	10350286	36581088	14141868	16125838	10350286	36581088	14141868	16125838	46043737	20075792	16125838	5443562	46043737	20075792	16125838	5443562	36257463	13938927	16125838	10450475		
PROM	2136510	899895	806292	366153	899895	806292	366153	899895	1829054	707093	806292	517514	1829054	707093	806292	517514	1829054	707093	806292	2302187	1003790	806292	217178	2302187	1003790	806292	217178	1812873	696946	806292	524524		
DS	949062	513090	379070	219696	513090	379070	219696	513090	969465	519657	379070	386476	969465	519657	379070	386476	969465	519657	379070	942746	512194	379070	148313	942746	512194	379070	148313	970940	520252	379070	396718		
CV	44	57	73	60	57	73	60	57	53	73	47	75	53	73	47	75	53	73	47	41	51	47	54	41	51	47	54	54	75	47	54	75	







INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# ANEXO 1



**Comentarios sobre el proyecto “Evaluación indirecta y análisis de la variabilidad del crecimiento de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur” (FIP 97-10), conducido por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso.**

El propósito de este informe es detallar una serie de comentarios específicos acerca del proyecto FIP 97-10, en el que tuve oportunidad de participar durante mi estadía en IFOP en el mes de agosto del corriente.

El objetivo del proyecto es evaluar las poblaciones de anchoveta y sardina común de la zona Centro-Sur de Chile y las posibles estrategias de cosecha, y analizar el efecto de la variabilidad de crecimiento en la selección de términos de referencia para el manejo. Mi participación en este proyecto se centró en la formulación de modelos de evaluación alternativos a los usados anteriormente por IFOP, implementados mediante las rutinas de estimación disponibles en el paquete AD Model Builder. Más allá de esto, tuve oportunidad de discutir con los investigadores los métodos y alcances del proyecto en su totalidad.

En términos globales, las metodologías empleadas por IFOP, aún cuando perfectibles, son apropiadas para el cumplimiento de los objetivos del proyecto referidos a la evaluación y análisis de estrategias de cosecha. Las limitaciones de los resultados se derivan fundamentalmente de la limitación de las bases de datos usadas para la evaluación, específicamente la corta longitud de la serie de tiempo disponible y la falta de índices de abundancia confiables. En los comentarios a continuación hago sugerencias específicas sobre futuras líneas de análisis y desarrollo metodológico que podrán ser de utilidad en la evaluación de estos recursos.

Uno de los objetivos del proyecto, no obstante, merece especial consideración. Este es el referido a los efectos de la variabilidad del crecimiento en la selección de términos de referencia para el manejo. Si bien la variabilidad espacial o inter-anual en los patrones de crecimiento individual podría tener un impacto en la evaluación de alternativas de manejo, esto no es necesariamente así en el caso de la variación estacional en las tasas de crecimiento. Los patrones de crecimiento son relevantes a las estrategias de manejo en la medida en que determinan los pesos medios a la edad de los peces en la captura, y por afectar la contribución reproductiva de los ejemplares reclutados. El peso medio anual de los ejemplares capturados resulta de la interacción entre los cambios en el peso



individual a lo largo del año y las variaciones intra-anales en la mortalidad por pesca. Para analizar estrategias de cosecha y puntos de referencia para el manejo es necesario realizar supuestos acerca del valor de los pesos medios a la edad en la captura futura y en el stock de reproductores. Normalmente, los pesos usados en las proyecciones corresponden a valores observados en los muestreos, a veces suavizados para disminuir el efecto de los errores de muestreo. La estacionalidad en el crecimiento está normalmente integrada en el cálculo de los pesos promedio anuales y, por lo tanto, no hay razón para incorporar en forma explícita un modelo de crecimiento estacional en el análisis. En todo caso, el muestreo biológico de los desembarcos debería considerar las variaciones estacionales en el crecimiento y asegurar una cobertura estacional que aportara estimadores insesgados de los pesos medios anuales.

Comentarios metodológicos específicos:

- (1) Las estimaciones de abundancia contienen un alto grado de incertidumbre como producto de la falta de índices de abundancia poblacional o de reclutamiento confiables, basados en prospecciones independientes de la pesquería. Esfuerzos hechos para suplir esta falencia serían deseables.
- (2) Las limitaciones de los índices de CPUE han sido claramente señaladas en la literatura particularmente en el caso de especies pelágicas que forman cardúmenes, y cuyo rango de distribución espacial puede expandirse y contraerse al variar la abundancia total. Los análisis basados en el uso de modelos lineales generalizados, si bien son de utilidad para estandarizar el esfuerzo pesquero respecto de aspectos tales como el poder de pesca de buques de distintas características, no son capaces de corregir los problemas derivados de los cambios en la distribución espacial de los efectivos. Estos análisis parten del supuesto de que la distribución relativa de la abundancia en el espacio no cambia en el tiempo y por lo tanto no pueden abordar el problema. Se sugiere como alternativa para futuros proyectos la exploración de índices basados en mapas de distribución de CPUE. Para esto sería necesario llevar a cabo un análisis detallado de los datos de captura y esfuerzo a fin de evaluar la posibilidad de obtener medidas de esfuerzo (tiempo invertido) aproximadas para cada cuadrícula de pesca, al menos descontando el tiempo de viaje desde puerto hasta la zona donde se realizó la captura. Tal alternativa fue discutida conjuntamente con los investigadores del proyecto.



- (3) La serie de tiempo usada en las evaluaciones es de apenas siete años, lo cual resulta insuficiente para caracterizar cambios temporales en los patrones de explotación y tendencias en el reclutamiento. Se recomienda expandir la base de datos incorporando los datos de captura histórica existentes para el período anterior de pesca de estas especies en la zona Centro-Sur.
- (4) Los métodos de evaluación usados con anterioridad por IFOP se encuadran dentro de la familia de los Análisis de Poblaciones Virtuales (VPA), de uso generalizado en Europa y Estados Unidos. En el presente informe se exploró el uso de modelos que admiten una mayor flexibilidad en los supuestos, y que contemplan al VPA como caso particular entre otros posibles. Se recomienda continuar y profundizar en esta línea a fin de evaluar la sensibilidad de las estimaciones y sus errores asociados respecto de diferentes supuestos acerca de las fuentes de error en los muestreos y en los procesos biológicos modelados.
- (5) Se recomienda el uso de métodos Bayesianos para caracterizar la incertidumbre asociada a las estimaciones de los parámetros de interés en el manejo, y para el análisis de riesgos y el análisis de decisión. Estos métodos son particularmente aptos para la evaluación de estrategias de cosecha porque los distintos posibles estados del sistema en explotación son considerados como hipótesis alternativas a las que se les asigna un cierto nivel de probabilidad.

Ana Parma  
International Pacific Halibut Commission  
P.O. Box 95009  
Seattle, Washington 98145-2009  
USA



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# **ANEXO 2**

**Formato de entrega de base de datos**



## FORMATO DE ENTREGA DE BASE DE DATOS

Código Proyecto	Ruta	Archivo	Descripción
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	TSMTHVAL.XLS	Contiene temperatura superficial del mar de Talcahuano y Valparaíso 1990-98
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	VIENTTHNO.XLS	Contiene índice de viento de Talcahuano
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	VIENTTUMBE.XLS	Contiene índice de viento de Tumbes
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	FRECSC.XLS	Contiene frecuencia de longitud en la captura de sardina común 1996-98
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	FRECANCH.XLS	Contiene frecuencia de longitud en la captura de anchoveta 1996-98
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	TABLAS.XLS	Contiene tablas de informe final
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	FIGURAS.XLS	Contiene figuras de informe final
97-10	C:\FIP97-10\DONE\97-10	DOCUM.DOC	Contiene documento de informe final