



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

**INFORMES TECNICOS F I P**

FIP - IT / 93 - 08

INFORME : EVALUACION INDIRECTA DEL STOCK  
FINAL : DE SARDINA COMUN EN LA VIII  
REGION

UNIDAD : INSTITUTO DE INVESTIGACION  
EJECUTORA : PESQUERA VIII REGION S.A.

# INFORME FINAL

## PROYECTO

Evaluación indirecta del stock de  
sardina común en la VIII Región

PROYECTO FIP 019-93

C O N T R A P A R T E

Instituto de Investigación Pesquera  
Octava Región S.A.

TALCAHUANO, DICIEMBRE DE 1994

**TITULO DEL PROYECTO :** "Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región".

**REQUIRENTE :** Fondo de Investigación Pesquera (FIP)  
  
Convenio aprobado por Decreto Nº 333, del 25 de junio de 1994, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

**CONTRAPARTE :** Instituto de Investigación Pesquera Octava Región S.A. Departamento de Evaluación y Estadística Pesquera.

**INVESTIGADOR RESPONSABLE:**

Luis Cubillos S.

**EQUIPO DE INVESTIGACION:**

Hugo Arancibia F.  
Sergio Núñez E.  
Rubén Alarcón M.  
Lidia Vilugrón A.  
Guillermo Valenzuela O.  
Dagoberto Arcos R.  
Jorge Olea M.  
Luis Velásquez A.  
Carmen Barrueto S.  
Aldo Hernández  
Carlos Veloso F.

**EQUIPO TECNICO:**

Germán Vásquez V.

Distribución de ejemplares

---

10 Fondo de Investigación Pesquera  
1 Dirección Instituto de Investigación Pesquera  
1 Departamento Est. y Evaluación Pesquera IIP  
1 Investigador Responsable

---

## TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	pág.
Tabla de Contenidos .....	i
Listado de Documentos .....	vii
Resumen Ejecutivo .....	xi
Leyendas de las Tablas .....	xvi
Leyenda de las Figuras .....	xxii
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 2: ASPECTOS METODOLOGICOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. Zona de estudio .....	4
2.2. Caracterización de la pesquería y del stock de sardina común en el área de estudio .....	4
2.2.1. Caracterización ambiental del área sujeta a estudio .....	4
2.2.2. Aspectos biológicos de sardina común .....	5
2.2.2.1. Unidad de stock .....	5
<i>Morfometría y merística</i> .....	5
<i>Fauna de parásitos</i> .....	8
2.2.2.2. Aspectos reproductivos .....	10
<i>Epoca de desove</i> .....	10
<i>Area de desove</i> .....	12
<i>Primera madurez sexual</i> .....	12
2.2.2.3. Estructura de tallas .....	14

2.2.2.4.	Crecimiento .....	15
	<i>Crecimiento en longitud</i> .....	15
	<i>Indice de crecimiento efectivo</i> .....	21
	<i>Relación longitud-peso</i> .....	22
2.2.2.5.	Mortalidad natural .....	23
	<i>Método de Rikhter &amp; Efanov (1976)</i> ...	23
	<i>Método de Alagaraja (1984)</i> .....	23
	<i>Método de Pauly (1980)</i> .....	34
	<i>Método de Paloheimo (1980)</i> .....	25
2.2.3.	Actividad pesquera .....	27
2.2.4.	Fluctuaciones de la abundancia .....	28
2.2.4.1.	Fluctuaciones históricas de la abundancia .....	28
	<i>Datos básicos</i> .....	28
	<i>Métodos</i> .....	31
2.3.	Desarrollo del método de evaluación indirecta para sardina común, acorde con las caracterís- ticas de esta especie y de su pesquería .....	37
2.3.1.	Generalidades .....	37
	<i>Sobre el procedimiento analítico propuesto</i> .....	38
2.3.2.	Descripción del método propuesto .....	39
2.4.	Estimación de la abundancia del stock en la VIII Región .....	45
2.5.	Caracterización del estado de situación del stock, tasa de explotación actual y determi- nación de los excedentes productivos anuales ..	45
2.5.1.	Cálculo de la mortalidad por pesca anual ....	46
2.5.2.	Estimación de la tasa de explotación .....	46
2.5.3.	Comparación de la tasa de explotación .....	47

2.5.4. Determinación de los excedentes productivos anuales .....	49
<b>CAPITULO 3: RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
3.1. Caracterización de la pesquería y del stock de <u>Strangomera bentincki</u> en la Octava Región ..	50
3.1.1. Caracterización ambiental del área de estudio .....	50
3.1.1.1 Características fisiográficas .....	50
3.1.1.2. Condiciones meteorológicas costeras .....	52
3.1.1.3. Características oceanográficas .....	53
Masas de agua .....	53
Distribución temporal (Mesoescala) .....	55
Distribución temporal (Pequeña escala) .....	57
Distribución espacial (Mesoescala) .....	59
Distribución espacial (Pequeña escala) .....	61
Distribución espacial (Estructura costa-océano) .....	62
3.2. Aspectos biológicos de <u>Strangomera bentincki</u> ..	65
3.2.1. Unidades de stock .....	65
Morfometría y merística .....	65
Fauna parasitaria .....	69
3.2.2. Aspectos reproductivos .....	73
3.2.2.1. Epoca de desove .....	73
Indice gonadosomático (IGS) .....	73
Porcentaje de hembras maduras .....	73

	iv
<i>Ictioplancton</i> .....	74
3.2.2.2. Area de desove .....	75
3.2.2.3. Talla de primera madurez sexual .....	77
<i>Cambio del IGS entre grupos de tallas e IGS relativo</i> .....	77
<i>Criterio del 50% de hembras maduras</i> .....	78
3.2.3. Estructura de tallas y crecimiento .....	79
3.2.3.1. Estructura de tallas anuales .....	79
<i>Período 1965 - 1976</i> .....	79
<i>Período 1990 - 1993</i> .....	79
3.2.3.1. Estructura de tallas mensuales .....	80
<i>Período 1966 - 1973</i> .....	80
<i>Período junio 1990-abril 1994</i> .....	81
3.2.3.3. Crecimiento en longitud .....	82
<i>Resultados con MULTIFAN</i> .....	83
<i>Resultados con ELEFAN I</i> .....	85
3.2.3.4. Relaciones longitud-peso .....	88
3.2.4. Mortalidad natural .....	88
3.3. Aspectos pesqueros .....	93
3.3.1. Antecedentes históricos .....	93
3.3.2. Situación actual .....	93
3.3.2.1. Número y características de las embarcaciones .....	93
3.3.2.2. Operación de la flota .....	96
3.3.2.3. Estacionalidad de la captura .....	98
3.4. Fluctuaciones históricas de la abundancia .....	98
3.4.1. Indices de abundancia .....	98

3.4.2. Fluctuaciones de la abundancia y biomasa (absoluta) .....	99
3.4.3. Niveles de explotación históricos .....	103
<b>CAPITULO 4: EVALUACION INDIRECTA DE SARDINA COMUN</b> ....	106
4.1. Estimación de la abundancia de sardina común en la Octava Región .....	107
<i>Abundancia y biomasa</i> .....	107
4.2. Evaluación de la intensidad de pesca, situación actual y determinación de los excedentes de producción .....	111
<i>Intensidad de pesca</i> .....	111
<i>Análisis de la situación actual del recurso</i> .....	113
<i>Excedentes productivos</i> .....	116
<b>CAPITULO 5: DISCUSION</b> .....	118
5.1. Sobre la caracterización del recurso y su pesquería .....	118
5.1.1. Unidad de stock .....	118
<i>Sobre el análisis morfométrico/ merístico</i> .....	120
<i>Sobre el análisis de parásitos</i> .....	121
5.1.2. Sobre los principales aspectos biológicos .....	123
5.1.3. Caracterización de la pesquería .....	129
5.1.4. Sobre las fluctuaciones históricas de la abundancia .....	132
5.2. Sobre la evaluación indirecta del recurso, situación actual y perspectivas .....	133
<b>CAPITULO 6: CONCLUSIONES</b> .....	138

CAPITULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 141

CAPITULO 8: FIGURAS ..... 154

## LISTADO DE DOCUMENTOS

## 1. INFORME FINAL

Proyecto Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 9, 227 p.

## 2. BASE DE DATOS

Proyecto Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 9, 227 p. Registros magnéticos.

- SC-01.TXT      Composición de especies en el desembarque (toneladas) de peces pelágicos en la zona centros sur entre 1960 y 1993.
- SC-02.TXT      Desembarque anual (miles de toneladas) de sardina común en la zona centro sur entre 1960 y 1993.
- SC-03.TXT      Número de viajes totales estándares (esfuerzo total, miles) como medida del esfuerzo de pesca de la flota que capturó sardina común y anchoveta, y aquella fracción que capturó sólo sardina común (esfuerzo equivalente, miles).
- SC-04.TXT      Distribución de frecuencias de talla de las muestras de peces utilizados en el análisis morfométrico/merístico para Talcahuano y Puerto Montt.
- SC-05.TXT      Distribución de frecuencia de tallas de las muestras de peces utilizados en el análisis de fauna de parásitos entre abril y noviembre de 1993, para Talcahuano y Puerto Montt.
- SC-06.TXT      Prevalencia parasitaria (porcentaje de infección) y talla de los hospedadores, de *Hysterothylacium* sp. en sardina común y tamaño muestral para los peces de Talcahuano y Puerto Montt.
- SC-07.TXT      Evolución mensual del IGS promedio (%) en sardina común, desde julio de 1990 hasta diciembre de 1993.

- SC-08.TXT Índice gonadosomático promedio mensual en sardina común, ponderado (1) y calculado como el promedio de los IGSS individuales (2) en 1991.
- SC-09.TXT Frecuencia de estados de madurez sexual (EMS) por mes entre enero de 1992 y diciembre de 1993.
- SC-10.TXT Estructura anual de tamaños en las capturas de sardina común entre 1966 y 1973.
- SC-11.TXT Frecuencia de talla en las capturas de sardina común entre 1990 y 1993.
- SC-12.TXT Estructura promedio mensual de tallas de sardina común entre 1966 y 1973. Modificado de Arrizaga (1981).
- SC-13.TXT Estructura mensual de tallas de sardina común entre julio de 1990 y junio de 1991.
- SC-14.TXT Estructura mensual de tallas de sardina común entre julio de 1991 y junio de 1992.
- SC-15.TXT Estructura mensual de tallas de sardina común entre junio de 1992 y julio de 1993.
- SC-16.TXT Estructura mensual de tallas de sardina común entre junio de 1993 y junio de 1994.
- SC-17.TXT Tasa de mortalidad total ( $Z$ ) respecto del esfuerzo de pesca promedio (esfuerzo equivalente, miles de viajes totales estándares) y los respectivos valores de la regresión predictiva y funcional entre 1965 y 1978.
- SC-18.TXT Número de embarcaciones presentes en la pesquería de sardina común en la zona centro sur de Chile entre 1990 y 1993.
- SC-19.TXT Número total de viajes con pesca (VCP, miles), por mes realizados por la fracción de la flota pesquera que actuó sobre *S. bentincki* entre 1990 y 1993.
- SC-20.TXT Capturas mensuales de sardina común (miles de toneladas) total, industrial y artesanal en 1991.

- SC-21.TXT Abundancia relativa de sardina común (mil millones) entre 1965 y 1979.
- SC-22.TXT Índice de la fortaleza de los reclutamientos (mil millones) de sardina común entre 1965 y 1979.
- SC-23.TXT Número de ejemplares (Abundancia) de S. bentincki en el stock (0+ mil millones) entre 1965 y 1979.
- SC-24.TXT Número de peces de edad cero (reclutas, mil millones) al comienzo de cada período anual entre 1965 y 1979.
- SC-25.TXT Biomasa total, adulta y explotable de sardina común entre 1965 y 1979 (miles de toneladas).
- SC-26.TXT Tasa de mortalidad por pesca promedio (F) entre los grupos de edad 1 a 4 desde 1965 a 1979.
- SC-27.TXT Abundancia mensual de peces (mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- SC-28.TXT Biomasa total mensual (miles de toneladas) de sardina común entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- SC-29.TXT Abundancia en número de peces de 6,5 y 7,5 cm LT (reclutas, mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- SC-30.TXT Intensidad de pesca aplicada sobre sardina común, tasa de mortalidad por pesca promedio (F<sub>prom</sub>) y razón captura/biomasa entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- SC-31.TXT Mortalidad por pesca promedio (F), viajes con pesca (VCP) de la flota que actúa sobre sardina común, y la recta de regresión entre ambas.
- SC-32.TXT Excedentes de producción mensual y capturas (miles de toneladas) de sardina común entre enero de 1990 y diciembre de 1993.
- SC-33.TXT Matriz de entrada para el programa MULTIFAN para el período noviembre de 1990 a octubre de 1991

- SC-34.TXT Matriz de entrada para el programa MULTIFAN, para el período noviembre de 1991 a octubre de 1992.
- SC-35.TXT Matriz de entrada para el programa MULTIFAN, para el período octubre de 1992 a septiembre de 1993.
- SC-36.TXT Principales características de la flota sardinera que operó en la Octava Región, durante 1993.
- SC-37.TXT Capacidad de bodega (CB) de la flota sardinera (y anchovetera) que operó en la Octava Región (en base al 100% de los PAM y 73,5% de las lanchas que operaron sobre los clupeiformes en 1992 y 1993).

## INFORME FINAL

## RESUMEN EJECUTIVO

Se revisan y actualizan los principales aspectos biológicos de Strangomera bentincki, así como los aspectos relacionados con la actividad pesquera que se ejerce sobre este recurso en la VIII Región, con el objeto de caracterizar esta pesquería y realizar una evaluación de stock indirecta, con especial énfasis en el período 1990-1993.

Se plantea la existencia de un stock dinámico de sardina común en el área de Talcahuano distinto al del área de Puerto Montt, principalmente a través de (i) diferencias regionales en la abundancia del parásito Histerothylacium sp.; y (ii) diferencias morfológicas y merísticas.

A través del análisis de la evolución del índice gonadosomático promedio de las hembras, frecuencia temporal de estados de madures sexual, y serie temporal de abundancia de larvas, se determina que la época de mayor actividad reproductiva poblacional se extiende desde junio a septiembre, con un máximo en agosto. El área de desove corresponde al ambiente nerítico del

sector más costero, limitado hacia el Oeste entre 5 y 10 mn de la costa. La talla de primera madurez sexual se presenta entre los 10 y 11 cm de longitud total.

La evolución mensual de la estructura de tallas, en el período julio de 1990 a abril de 1994, indica que la sardina común se recluta a una longitud total de 6 a 7 cm entre noviembre y diciembre de cada año. A su vez, la composición de tallas en las capturas anuales indica que entre 1990 y 1993 han desaparecido paulatinamente del stock los ejemplares adultos, mayores a 14 cm de longitud total. Las capturas de 1992 y 1993 básicamente fueron sustentadas por la fracción juvenil.

A través del análisis de la estructura de tallas, se encuentra que sólo dos cohortes sustentan las capturas de sardina común. El crecimiento, por lo tanto, es rápido y con oscilaciones estacionales. Esto es, la tasa de crecimiento es elevada en la época estival y más baja durante el invierno. La reducida tasa de crecimiento invernal se atribuye tanto a las condiciones ambientales imperantes en el área de distribución de la especie, como a la actividad reproductiva.

Por otra parte, se constata que la sardina común presenta una elevada tasa de mortalidad natural, la que se estimó

en  $1,3 \text{ año}^{-1}$  de acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de distintos métodos.

La pesquería de sardina común en la VIII Región se caracteriza por la marcada estacionalidad que presentan la actividad operacional de la flota y las capturas. Esta estacionalidad de la pesquería se debe básicamente al pulso de abundancia de reclutas que ocurre en primavera-verano (noviembre-diciembre), las mejores condiciones climáticas de la época estival, y la re-orientación temporal del esfuerzo de pesca hacia la sardina común de una fracción de la flota industrial que captura jurel en la época invernal.

En 1993 operaron 239 embarcaciones en la pesquería de sardina común (y anchoveta), de las cuales 148 correspondieron a embarcaciones de menos de  $100 \text{ m}^3$  de capacidad de bodega (CB). La estructura de la flota indica que en ésta dominan las embarcaciones de 40 a  $60 \text{ m}^3$  de CB.

Las fluctuaciones históricas de la abundancia de sardina común, señalan que la abundancia de este recurso es fuertemente dependiente del reclutamiento anual, situación que también se reconoce en la actualidad.

La evaluación indirecta del stock de sardina común, en el período julio de 1990 a diciembre de 1993, se realizó a través de un Análisis de Población Virtual estructurado por tallas, que ha permitido evaluar la abundancia y biomasa en una escala de tiempo mensual. La abundancia y biomasa presenta máximos estacionales en primavera-verano básicamente debido al reclutamiento que ocurre en esa época. En este contexto, la pesquería se desarrolla en base al pulso de reclutas cuya abundancia determinará la magnitud de la biomasa disponible y por ende de las capturas.

La abundancia y biomasa de sardina común presenta una tendencia decreciente desde comienzos de 1991 (535 mil ton) hasta comienzos de 1993 (163 mil ton). Hacia fines de 1993 (diciembre) se observa una recuperación de la biomasa a niveles de 300 mil toneladas. Sin embargo, existe una baja probabilidad de que a comienzos de 1994 se produzca un incremento de la biomasa a valores más altos que los detectados en diciembre de 1993.

La situación actual de la pesquería de sardina común en la VIII Región es de sobreexplotación asociada al crecimiento individual de los peces. La flota ejerce su acción sobre ejemplares reclutas de 6 a 7 cm de longitud total entre noviembre de un año dado hasta marzo del

próximo, capturándolos antes de que puedan aportar mayor biomasa a la población por crecimiento.

## LEYENDAS DE LAS TABLAS

- Tabla 1. Fechas de obtención de muestras y número de ejemplares analizados por trimestre y zona de muestreo (N° = Número de ejemplares analizados; T = Talcahuano; P = Puerto Montt).
- Tabla 2. Escala empírica de madurez sexual para hembras de sardina común (adaptada de Holden & Raitt, 1975).
- Tabla 3. Configuración de la estructura de los modelos considerados para analizar los datos de frecuencia de tallas de sardina común, un signo + indica que el parámetro fue considerado en el modelo.
- Tabla 4a. Captura en número (miles) de Strangomera bentincki por grupos de edad y esfuerzo de pesca (viajes totales estándar) en el área de Talcahuano durante el período 1965-1972, obtenida de Arrizaga & Veloso (1982).
- Tabla 4b. Captura en número (miles) de Strangomera bentincki por grupos de edad y esfuerzo de pesca (viajes totales estándar) en el área de Talcahuano durante el período 1973-1979, obtenida de Arrizaga & Veloso (1982).
- Tabla 5. Captura totales anuales (ton) de sardina común, suma de productos, y factor de corrección utilizados (ver texto y Fig. 5).
- Tabla 6a. Captura en número (miles) de Strangomera bentincki en base a la Tabla 4a, corregida y utilizada en este estudio para caracterizar las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso.
- Tabla 6b. Captura en número (miles) de Strangomera bentincki en base a la Tabla 4b, corregida y utilizada en este estudio para caracterizar las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso.
- Tabla 7a. Pesos promedio (Kg) de Strangomera bentincki en base a la función de crecimiento de Aguayo & Soto (1978), corregidos para ser utilizados en este estudio en la caracterización de las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso. Período 1965-1972.

- Tabla 7b. Pesos promedio (Kg) de Strangomera bentincki en base a la función de crecimiento de Aguayo & Soto (1978), corregidos para ser utilizados en este estudio en la caracterización de las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso Período 1973-1979.
- Tabla 8. Esfuerzo de pesca, expresado en viajes totales aplicado a la pesquería de sardina común y anchoveta, y estimaciones del esfuerzo de pesca aplicado sólo sobre sardina común (ver texto).
- Tabla 9. Características de las masas de agua en la zona nerítica frente a las costas de la Octava Región (36°S) (modificado de Ahumada, 1989).
- Tabla 10. Características hidrográficas (valores promedio) para los períodos estival e invernal en la zona costera de la Octava Región. Tomado de Ahumada (1989).
- Tabla 11. Características fisicoquímicas y biológicas de las aguas superficiales en el área costera de la Octava Región, durante períodos de surgencia activa y de relajación (modificado de Arcos, 1987).
- Tabla 12. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre LT versus los trazos morfométricos y recuentos merísticos brutos y ajustados en S. bentincki, independientemente.
- Tabla 13. Valores del estadístico F y valor P de las variables discriminantes morfométricas y merísticas de S. bentincki, resultado de los Análisis Canónicos realizados en la determinación de las diferencias entre las localidades de Talcahuano y Puerto Montt y dentro de la localidad de Talcahuano para el análisis de diferenciación estacional (V.C.= Variable clasificatoria utilizada).
- Tabla 14. Componentes de carga de las distancias morfométricas y merísticas en las tres primeras componentes principales en S. bentincki. Con el símbolo '\*' se indica los mayores valores en relación a la respectiva componente (C<sub>Pi</sub> = i-ésima componente principal; V.E (%) = porcentajes de varianza explicada).
- Tabla 15. Resultados del ANCOVA realizado para S. bentincki en la determinación de los efectos; la variable clasificatoria fue la localidad y las covariables el trimestre y la longitud total.

- Tabla 16. Fechas de muestreo de *S. bentincki* por localidad, número de peces examinados, longitud total (LT) promedio y su respectiva desviación estándar (d.e.).
- Tabla 17. Registro de los parásitos detectados en *S. bentincki* en Talcahuano y Puerto Montt, entre abril y noviembre de 1993. (\*): Prevalencia promedio inferior al 5%.
- Tabla 18. Prevalencia, abundancia promedio (número promedio de individuos parásitos por hospedador) y número total de individuos parásitos recuperados (NIP) de *Hysterothylacium* sp. en *S. bentincki*. (n): número de peces examinados.
- Tabla 19. Cambio porcentual del índice gonadosomático promedio (IGS) e IGS relativo por grupos de tallas de hembras de sardina común en el período Julio-Septiembre (época de desove) de los años 1991 a 1993.
- Tabla 20. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre noviembre de 1990-octubre de 1991. En negrita se indica el mejor ajuste en cada modelo y, subrayado el mejor de todos ellos (entre paréntesis, número de parámetros estimados en cada modelo).
- Tabla 21. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre noviembre de 1991-octubre de 1992. Para detalles ver Tabla 20.
- Tabla 22. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre octubre de 1992-septiembre de 1993. Para detalles ver Tabla 20.
- Tabla 23. Parámetros de crecimiento obtenidos con el análisis del programa MULTIFAN. El valor entre paréntesis corresponde al error estándar del estimado.
- Tabla 24. Parámetros de crecimiento estimados para la sardina común con el programa ELEFAN I.
- Tabla 25. Parámetros de la relación longitud total-peso total en *S. bentincki* de la forma  $PT = a LT^b$  (PT en gr y LT en cm);  $r^2$ = coeficiente de determinación; n = tamaño de la muestra. Período julio de 1990 a diciembre de 1993.

- Tabla 26. Estimación de la tasa de mortalidad total anual ( $Z_t$ ) en S. bentincki, de acuerdo a la captura por unidad de esfuerzo de la Tabla 34 - 36. Entre signos de interrogación se indican valores no razonables (particularmente negativos, relacionados con la variabilidad de los datos básicos). El esfuerzo de pesca anual ( $f_t$ ) corresponde al promedio aritmético estimado por pares de año.
- Tabla 27. Resumen de la estimaciones de la tasa de mortalidad natural (M) de S. bentincki según los distintos métodos utilizados.
- Tabla 28. Evolución del número de barcos, capacidad de bodega acumulada, capacidad de bodega promedio y viajes totales en la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano (obtenida de Anónimo, 1986).
- Tabla 29. Número de embarcaciones que ha operado en la pesquería de sardina común (y anchoveta) durante el período 1990-1993 en la Octava Región.
- Tabla 30. Principales características de la flota sardinera que operó en la Octava Región, durante 1993.
- Tabla 31. Distribución de la capacidad de bodega (CB) de la flota sardinera (y anchovetera) que opera en la Octava Región (en base al 100% de los PAM y 73,5% de las lanchas que operaron sobre los clupeiformes en 1992 y 1993).
- Tabla 32. Captura por unidad de esfuerzo (Nº de ejemplares por viajes totales estándar) de Strangomera bentincki en el período 1965-1972.
- Tabla 33. Captura por unidad de esfuerzo (Nº de ejemplares por viajes totales estándar) de Strangomera bentincki en el período 1973-1979.
- Tabla 34. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1965-1969.
- Tabla 35. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1970-1974.

- Tabla 36. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1975-1979.
- Tabla 37. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.
- Tabla 38. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.
- Tabla 39. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1975-1979.
- Tabla 40. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.
- Tabla 41. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.
- Tabla 42. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1975-1979.
- Tabla 43. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.
- Tabla 44. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.
- Tabla 45. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1974-1979.
- Tabla 46. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1990.
- Tabla 47. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1991.
- Tabla 48. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1992.

- Tabla 49. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1993.
- Tabla 50. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1990.
- Tabla 51. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en 1991.
- Tabla 52. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1992.
- Tabla 53. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1993.
- Tabla 54. Resumen de la relación entre la mortalidad por pesca promedio y el esfuerzo de pesca (viajes con pesca), aplicados sobre el stock de sardina común de la VIII Región. Entre paréntesis se muestra el error estándar de los coeficientes.
- Tabla 55. Tasa anual de mortalidad por pesca (F) y de explotación (E) de sardina común. Año calendario, se refiere a la suma desde enero a diciembre de un año dado en tanto año móvil se refiere a la suma desde julio de un año dado hasta junio del próximo año.
- Tabla 56. Parámetros de entrada para el análisis de captura por recluta de sardina común (Mortalidad natural =  $1,3 \text{ año}^{-1}$ ).
- Tabla 57. Excedentes de producción anuales (EPA) y capturas (C) de sardina común. Año calendario, se refiere a la suma desde enero a diciembre de un año dado en tanto año móvil se refiere a la suma desde julio de un año dado hasta junio del próximo año.
- Tabla 58. Parámetros de crecimiento de sardina común (*Strangomera bentincki*) comunicados por varios autores (d.e. = desviación estándar; c.v. = coeficiente de variación).
- Tabla 59. Valores del índice de crecimiento efectivo promedio ( $\Phi'$ ) para distintas especies de Clupeiformes estimados según diferentes autores. (n = número de observaciones).

## LEYENDA DE LAS FIGURAS

- Figura 1. Evolución anual en la composición de especies (%) en los desembarques de peces pelágicos en la zona centro sur entre 1960 y 1993.
- Figura 2. Desembarque anual de sardina común en la zona centro sur entre 1960 y 1993.
- Figura 3. Principal área de pesca de S. bentincki en la zona centro sur de Chile.
- Figura 4. Esquema de los trazos que definen las variables morfométricas (a) y de la simbología que define los recuentos merísticos (b), en S. bentincki.
- Figura 5. Factor de corrección de los pesos promedio a la edad a (ver texto, sección 2.2.4.1.).
- Figura 6. Número de viajes totales estándares (miles) como medida del esfuerzo de pesca de la flota que capturó sardina común y anchoveta (esfuerzo total, línea continua), y aquella fracción que capturó sólo sardina común (esfuerzo equivalente, línea de puntos).
- Figura 7. Patrón general de la frecuencia mensual de vientos predominantes (base horaria) en el área de estudio. Período 1981-1990.
- Figura 8. Patrón general de la velocidad media del viento (nudos) en el área de estudio. Período 1981-1990.
- Figura 9. Distribución temporal estacional de stress de viento, durante el período 1981-1990 en el área de estudio (Tomado de Aliste, 1994).
- Figura 10. Diagrama T-S de estaciones de muestreo representativas del área de estudio (Tomado de Serra et al., 1994b).
- Figura 11. Variabilidad temporal estacional de (a) temperatura (°C) y (b) salinidad (psu), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Redibujado de Arcos, 1987).

- Figura 12. Variabilidad temporal estacional de (a) densidad ( $\sigma-t$ ) y (b) oxígeno disuelto (ml/l), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Redibujado de Arcos, 1987).
- Figura 13. Variabilidad temporal estacional de clorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Redibujado de Arcos, 1987).
- Figura 14. Variabilidad temporal diaria de (a) temperatura (°C), (b) oxígeno disuelto (ml/l), (c) salinidad (psu) y, (d) densidad ( $\sigma-t$ ), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Tomado de Peterson et al., 1988). Las barras indican eventos de surgencia.
- Figura 15. Variabilidad temporal diaria de (a) clorofila-*a* ( $\mu\text{g/l}$ ), (b) nitratos ( $\mu\text{M}$ ) y, (c) nitritos ( $\mu\text{M}$ ), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Tomado de Peterson et al., 1988). Las barras indican eventos de surgencia.
- Figura 16. Variabilidad diaria del gradiente vertical de densidad en el área nerítica frente a la costa de la Octava Región. Las barras negras indican eventos de surgencia activa. (Tomado de Peterson et al., 1988).
- Figura 17. Distribución espacial de (a) salinidad (psu), (b) temperatura (°C), en la región costera de Chile centro-sur. (Redibujado de Serra et al., 1994b).
- Figura 18. Distribución espacial de (a) densidad ( $\sigma-t$ ), (b) oxígeno disuelto (ml/l), en la región costera de Chile centro-sur. (Redibujado de Serra et al., 1994b).
- Figura 19. Distribución espacial de (a) nitratos ( $\mu\text{M}$ ), (b) fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), en la región costera de Chile centro-sur. (Redibujado de Serra et al., 1994b).
- Figura 20. Distribución espacial de pequeña escala de temperatura (°C), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

- Figura 21. Distribución espacial de pequeña escala de salinidad (psu), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).
- Figura 22. Distribución espacial de pequeña escala de densidad ( $\sigma-t$ ), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).
- Figura 23. Distribución espacial de pequeña escala de densidad ( $\sigma-t$ ), en el estrato superficial del área nerítica frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).
- Figura 24. Distribución espacial (costa-océano) de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), densidad ( $\sigma-t$ ), frente a la costa de la Octava Región. Período invernal (Tomado de Arcos et al., 1994)
- Figura 25. Distribución espacial (costa-océano) de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), densidad ( $\sigma-t$ ), frente a la costa de la Octava Región. Período estival (Tomado de Arcos et al., 1994).
- Figura 26. Distribución espacial (costa-océano) de (a) fluorescencia in vivo e (b) índice de fluorescencia durante eventos de surgencia activa y de relajación frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)
- Figura 27. Distribución espacial (costa-océano) de microzooplankton (a: ciliados, b: nauplius y c: copepoditos) durante eventos de surgencia activa frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)
- Figura 28. Distribución espacial (costa-océano) de microzooplankton (a: ciliados, b: nauplius y c: copepoditos) durante eventos de relajación de la surgencia frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)

- Figura 29. Corrientes instantáneas (ejes u y v), medidas en un corte costa-océano, frente a la costa de la Octava Región. (a) Durante eventos de surgencia activa, (b) durante eventos de relajación. Tomado de Ahumada, 1989.
- Figura 30. Distribución de frecuencias de talla de las muestras de peces utilizados en el análisis morfométrico/merístico. La línea continua corresponde a Talcahuano y la de puntos a Puerto Montt.
- Figura 31. Puntajes de la ordenación entre individuos. Los centroides y las elipses corresponden a 95% de confianza sobre la primera componente principal (CP1) y segunda CP para el estudio morfométrico (a) y merístico (b) en S. bentincki entre abril y noviembre de 1993. T = Talcahuano, cuadrado vacío; M = Puerto Montt, triángulo negros.
- Figura 32. Puntajes de la ordenación entre individuos. Los centroides y las elipses corresponden a 95% de confianza sobre las dos primeras componentes principales para la merística (a) y morfometría (b) en S. bentincki. A = primavera 1992; B = otoño 1993; C = invierno 1993; D = primavera 1993. Cuadrado vacío = primavera 1992; triángulo lleno = otoño 1993; plus = invierno 1993; cuadrado lleno = primavera 1993.
- Figura 33. Distribución de frecuencias de talla de las muestras de peces utilizados en el análisis de fauna de parásitos entre abril y noviembre de 1993. La línea continua corresponde a Talcahuano y la de puntos a Puerto Montt.
- Figura 34. Relación entre la prevalencia parasitaria (porcentaje de infección) y la talla de los hospedadores, de Hysterothylacium sp. en S. bentincki. Los números indican el tamaño muestral en cada intervalo de talla. La línea continua y cuadrados vacíos corresponde a Talcahuano y, la línea de puntos y cuadrados llenos corresponde a Puerto Montt.
- Figura 35. Evolución mensual del IGS promedio en S. bentincki, desde julio de 1990 hasta diciembre de 1993.

- Figura 36. Índice gonadosomático promedio mensual en S. bentincki en 1991. La línea continua corresponde al IGS ponderado y la línea de puntos es el promedio de los IGSs individuales.
- Figura 37. Evolución temporal de los estadios de madurez sexual de S. bentincki entre enero de 1992 y diciembre de 1993.
- Figura 38. Variabilidad estacional de los estados larvales de S. bentincki frente a las costas de la Octava Región (Redibujado de Sepúlveda, 1990). 1 = Desove secundario; 2 = desove principal.
- Figura 39. Distribución espacial de huevos de S. bentincki entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié. El diámetro de los círculos negros corresponden a la densidad de huevos (número/10m<sup>2</sup>).
- Figura 40. Distribución espacial de larvas de S. bentincki entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié. El diámetro de los círculos negros corresponden a la densidad de larvas (número/10m<sup>2</sup>).
- Figura 41. Talla de primera madurez sexual para S. bentincki según el criterio del 50% de hembras maduras del área de Talcahuano. Tomado de Arancibia et al. (en prensa).
- Figura 42. Estructura anual de tamaños en las capturas de S. bentincki entre 1965 y 1976.
- Figura 43. Estructura anual de tamaños en las capturas de S. bentincki entre 1990 y 1993.
- Figura 44. Estructura promedio mensual de tallas de S. bentincki entre 1966 y 1973. Modificado de Arrizaga (1981).
- Figura 45. Estructura mensual de tallas de S. bentincki entre julio de 1990 y junio de 1991.
- Figura 46. Estructura mensual de tallas de S. bentincki entre julio de 1991 y junio de 1992.
- Figura 47. Estructura mensual de tallas de S. bentincki entre julio de 1992 y junio de 1993.

- Figura 48. Estructura mensual de tallas de S. bentincki entre julio de 1993 y junio de 1994.
- Figura 49. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período noviembre de 1990 a octubre de 1991.
- Figura 50. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período noviembre de 1991 a octubre de 1992.
- Figura 51. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período octubre de 1992 a septiembre de 1993.
- Figura 52. Curva de crecimiento con oscilación estacional de S. bentincki entre noviembre de 1990 y octubre de 1991. Gráfica entregada por el programa ELEFAN I, donde las barras negras representa la frecuencia que forma parte de los "peaks" o modas y, las barras blancas representa las depresiones entre dos modas.
- Figura 53. Curva de crecimiento con oscilación estacional de S. bentincki entre noviembre de 1991 y octubre de 1992. Para detalles ver figura 52.
- Figura 54. Curva de crecimiento con oscilación estacional de S. bentincki entre noviembre de 1991 y octubre de 1992. Para detalles ver figura 52.
- Figura 55. Tasa de mortalidad total (Z) respecto del esfuerzo de pesca promedio (esfuerzo de pesca equivalente). La línea continua corresponde a la regresión predictiva y, la de puntos a la regresión funcional.
- Figura 56. Número de embarcaciones presentes en la pesquería de sardina común en la zona centro sur de Chile entre 1990 y 1993.
- Figura 57. Número total de viajes con pesca (VCP, miles) realizados por la fracción de la flota pesquera que actuó sobre S. bentincki entre 1990 y 1993.

- Figura 58. Evolución de la captura mensual de sardina común (miles de toneladas) total, industrial y artesanal en 1991.
- Figura 59. Abundancia relativa de sardina común (mil millones) entre 1965 y 1979.
- Figura 60. Índice de la fortaleza de los reclutamientos de S. bentincki entre 1965 y 1979.
- Figura 61. Número total de ejemplares de S. bentincki en el stock (0+, mil millones) entre 1965 y 1979.
- Figura 62. Número de peces de edad cero (reclutas, mil millones) al comienzo de cada período anual entre 1965 y 1979.
- Figura 63. Biomasa total (0+, línea continua gruesa) de sardina común entre 1965 y 1979 (mil de toneladas). La línea continua fina y la línea segmentada corresponden a la biomasa adulta y a la biomasa explotable, respectivamente.
- Figura 64. Tasa de mortalidad por pesca promedio (F) entre los grupos de edad 1 a 4 desde 1965 a 1979.
- Figura 65. Evolución mensual del número total de peces (mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- Figura 66. Evolución mensual de la biomasa total (miles de toneladas) de sardina común entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- Figura 67. Abundancia en número de peces de 6,5 y 7,5 cm LT (reclutas, mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.
- Figura 68. Evolución mensual de la intensidad de pesca aplicada sobre S. bentincki entre julio de 1990 y diciembre de 1993. La línea continua corresponden a la tasa de mortalidad por pesca promedio y, la línea de puntos a la razón captura/biomasa.
- Figura 69. Análisis de regresión entre la mortalidad por pesca promedio (F) y los viajes con pesca (VCP) de la flota que actúa sobre S. bentincki.

- Figura 70. Captura o rendimiento por recluta (g) en función del multiplicador de la mortalidad por pesca (ver texto, sección 4.2.).
- Figura 71. Excedentes de producción mensual (línea gruesa) y capturas (achurado) de S. bentincki (miles de toneladas) entre enero de 1990 y diciembre de 1993.
- Figura 72. Esquema generalizado de la estrategia reproductiva de S. bentincki en la Octava Región.
- Figura 73. Evolución mensual de la biomasa total de S. bentincki (línea continua, miles de toneladas) y curva ajustada de acuerdo a la ecuación 50 (línea de puntos).

**CAPITULO 1: INTRODUCCION**

La sardina común (*Strangomera bentincki* Norman, 1936) es una especie endémica que se distribuye desde Coquimbo, por el norte, hasta Chiloé por el sur (Serra et al., 1979b; Arrizaga, 1981; Serra, 1983).

Esta especie se caracteriza por ser típicamente costera, cuya distribución longitudinal no supera las 30 millas náuticas de la costa; por presentar un corto ciclo de vida, con tres a cuatro años de longevidad; rápido crecimiento; elevada tasa de mortalidad natural; formar cardúmenes altamente densos; y por ser una especie marcadamente influenciada por factores ambientales (bióticos y abióticos) en todas las etapas de su ciclo vital (Arrizaga 1981; Veloso & Arrizaga 1985; Yáñez et al. 1990; Cubillos & Arancibia 1993a, 1993b).

En Chile, la sardina común constituye un importante recurso pesquero, siendo explotado histórica y principalmente en la Octava Región y áreas adyacentes. En efecto, el desembarque de sardina común en la Octava Región representa, en promedio, sobre el 90% de la captura total de este recurso que se extrae en el país. En este contexto, la localización de la pesquería de sardina común en la Octava Región y áreas adyacentes abarca principalmente desde los 35°30'S hasta 37°30'S, y es donde se ejerce la mayor actividad pesquera sobre ese recurso (Cubillos & Arancibia, 1993b).

Se destaca que la pesquería pelágica que se desarrolla en la Octava Región, ha pasado por varias etapas en su evolución histórica, las que se reconocen por el aporte relativo que han tenido los principales recursos pesqueros explotados. En efecto, la evolución en la

composición de especies indica que entre 1960 y 1974, las principales especies capturadas fueron la sardina común (*Strangomera bentincki* Norman, 1936) y la anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) (Fig. 1). Estos recursos exhibieron una caída abrupta de los niveles de desembarque en 1975, lo que se atribuye a cambios hidroclimáticos (Yáñez et al., 1990) y a los efectos de la pesca a través de una excesiva juvenilización de las capturas (Serra, 1978; Serra et al., 1979a, 1979b).

No obstante lo anterior, la notable caída en las capturas de los clupeiformes provocó una reorientación del esfuerzo de pesca hacia la extracción del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*), constituyéndose desde 1980 en el principal recurso explotado, con un aporte promedio superior al 80% en los desembarques de recursos pelágicos de la Octava Región (Fig. 1).

Actualmente, el jurel es el principal recurso extraído por la flota cerquera industrial de la región. Sin embargo, a partir de 1989, las capturas de sardina común y anchoveta presentan una etapa de recuperación (Fig. 1). En el caso de la sardina común, la recuperación de los volúmenes extraídos hacia comienzos de los años noventa fue abrupta, alcanzando entre 1991 y 1992 los niveles desembarcados más altos en la historia de esta pesquería. En 1993, sin embargo, se produce una caída drástica (Fig. 2), situación que ha originado incertidumbre acerca de la evolución de las capturas de este recurso en el mediano plazo.

Considerando los antecedentes expuestos, es importante realizar una evaluación de stock indirecta que permita caracterizar la situación de la pesquería de sardina común en la Octava Región. En este contexto, y frente a

los requerimientos contemplados en los **Términos Básicos de Referencia de las Bases Especiales** del proyecto "Evaluación indirecta del stock de sardina común en la VIII Región", el presente documento contiene los resultados del precitado proyecto. Para ello, y en conformidad con los objetivos de los **Términos Básicos de Referencia**, este documento se ha estructurado en capítulos para una mayor claridad de los distintos tópicos solicitados y propuestos por el Instituto de Investigación Pesquera.

## **CAPITULO 2: ASPECTOS METODOLOGICOS**

Este capítulo contiene los principales aspectos metodológicos propuestos por el Instituto de Investigación Pesquera para abordar los requerimientos expuestos en los **Términos Básicos de Referencia (TBR)** del proyecto en cuestión.

De acuerdo con los objetivos del proyecto, los aspectos metodológicos se han separado en dos secciones, a saber (i) Caracterización de la pesquería y del stock de sardina común, que corresponde a la metodología para abordar el objetivo 4.1. de los TBR; y (ii) Evaluación indirecta del stock de sardina común, que comprende el desarrollo de la metodología correspondiente a los objetivos 4.2., 4.3., y 4.4. de los TBR.

Se destaca que, con el objeto de caracterizar más detalladamente la pesquería de sardina común de la Octava Región, se consideró tanto la información histórica ya registrada y disponible en la literatura científica como la información generada por el Instituto de Investigación Pesquera; así como aquella que ya ha sido procesada y

pronta a ser publicada por los investigadores del Instituto de Investigación Pesquera.

## 2.1. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a aquélla donde se ejerce la mayor actividad pesquera sobre S. bentincki por la flota que tiene puertos bases en la Octava Región, y que se extiende principalmente entre los 35°30' y 37°30' de latitud Sur (Fig. 3).

## 2.2. CARACTERIZACION DE LA PESQUERIA Y DEL STOCK DE SARDINA COMUN EN EL AREA DE ESTUDIO

### 2.2.1. CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL AREA SUJETA A ESTUDIO

Las características ambientales del área en que se desarrolla la pesquería de sardina común, frente a la Octava Región, considera un análisis bibliográfico sobre las características fisiográficas del área de estudio, aspectos meteorológicos e hidrográficos. Para ello, y en función de las diferentes escalas de observación, la revisión bibliográfica se ha clasificado en el análisis espacial y temporal en cada caso.

También se ha considerado información bio-oceanográfica de cruceros de investigación realizados frente a las costas de la Octava Región.

## 2.2.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE SARDINA COMUN

### 2.2.2.1. UNIDAD DE STOCK

#### *Morfometría y merística*

Entre octubre de 1992 y noviembre de 1993 se recolectaron 510 ejemplares de *S. bentincki* provenientes de los desembarques comerciales de Talcahuano (36°41'S; 73°06'W) y Puerto Montt (41°29'S; 72°57'W). Se realizaron cuatro muestreos del desembarque en Talcahuano/San Vicente y uno en Puerto Montt (Tabla 1).

En base a la técnica de medición de caracteres morfométricos en entrelazado (Winans, 1987), en cada pez se registró la longitud total (LT, cm) y la longitud de 23 trazos corporales (Fig. 4a), los que fueron medidos con un compás de dos puntas y una regla de 1 mm de sensibilidad. Además, se realizó el recuento de estructuras, cuya nomenclatura, de acuerdo a Hubbs & Lagler (1947, *fide* Winans, 1987), se señala a continuación (Fig. 4b): **ELL**, número de escamas de la línea lateral; **EPC**, número de escamas del pedúnculo caudal; **EDSLL**, número de escamas desde la primera inserción de la aleta dorsal hasta la línea lateral, en forma vertical; **EVBLL**, número de escamas desde la primera inserción de la aleta ventral hasta la línea lateral, en forma vertical; **EABLL**, número de escamas desde la primera inserción de la aleta anal hasta la línea lateral, en forma vertical; **RD**, número de radios de la aleta dorsal; **RP**, número de radios de la aleta pectoral; **RV**, número de radios de la aleta ventral; y **RA**, número de radios de la aleta anal.

Tabla 1. Fechas de obtención de muestras y número de ejemplares analizados por trimestre y zona de muestreo (N° = Número de ejemplares analizados; T = Talcahuano; P = Puerto Montt).

Trimestre	Zona Específica Muestreo	Fecha	N°
Primavera 1992	Bahía Concepción (T)	03/10	90
Otoño 1993	Bahía Concepción (T)	21/04	90
	Mauullín (P)	23/04	90
Invierno 1993	Bahía Concepción (T)	16/08	120
Primavera 1993	Bahía Concepción (T)	20/10	30

Para estandarizar la información y hacer la varianza independiente del promedio, las medidas morfométricas primero fueron relativizadas respecto de la longitud total (LT) y luego transformadas a logaritmos (Sokal & Rohlf, 1981), según la expresión

$$X_{ai} = \log \left[ \left( \frac{X_{bi}}{LT} \times 100 \right) + 1 \right] \quad (1)$$

donde  $X_{ai}$  es la medida morfométrica ajustada del individuo  $i$ ;  $X_{bi}$  es la medida morfométrica bruta del individuo  $i$ ; LT es la longitud total (cm).

Debido a la naturaleza discreta de los recuentos merísticos, para normalizar los datos se utilizó la transformación de la raíz cuadrada (Sokal & Rohlf, 1981), según la expresión

$$Y_{ai} = \sqrt{(Y_{bi} + 0,5)} \quad (2)$$

donde  $Y_{ai}$  es la medida morfométrica ajustada del individuo  $i$ , y  $Y_{bi}$  es la medida morfométrica bruta del individuo  $i$ .

El efecto del ajuste de las variables morfométricas se determinó a través de una regresión múltiple entre las variables brutas y transformadas versus LT, independientemente. Las variables merísticas fueron correlacionadas con LT para observar los efectos entre los recuentos y la talla.

Las mediciones morfométricas y recuentos merísticos ajustados fueron sometidos independientemente a un Análisis de Componentes Principales (ACP). De acuerdo a Winans (1987), el ACP de los datos morfométricos se realizó sobre una matriz de covarianza, y el ACP de los datos merísticos sobre una matriz de correlación. Las variables utilizadas fueron seleccionadas de acuerdo al criterio de Reichov et al. (1991), complementado con un Análisis Canónico obtenido a partir de un Análisis Discriminante Múltiple (ADM), realizado sobre todas las variables.

La identificación y selección de los caracteres que mejor explican la diferenciación morfológica entre los ejemplares provenientes de Talcahuano y Puerto Montt se realizó mediante un ADM, incluyendo todos los peces muestreados, utilizando como variable clasificatoria la localidad. A través del ACP se observó la segregación entre los individuos y la variabilidad explicada por las

componentes.

La variación estacional de los caracteres morfométricos y merísticos fue analizada por un ACP de muestreos trimestrales para la localidad de Talcahuano. Se determinó los caracteres que aportan mayor diferenciación estacional mediante un ADM, donde la variable clasificatoria fue la estación.

Se determinó los efectos de la localidad, trimestre y LT mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) de los puntajes del primer eje del ACP, considerando todos los ejemplares, donde la variable clasificatoria fue la localidad y las covariables fueron la estación y LT.

#### *Fauna de parásitos*

Entre los meses de abril y noviembre de 1993 se examinaron 552 peces, que fueron obtenidos del desembarque de la flota cerquera artesanal, principalmente; 452 individuos provenientes de Talcahuano ( $36^{\circ}41'S$ ) y 100 individuos de Puerto Montt ( $41^{\circ}29'S$ ). A cada ejemplar se le registró la longitud total (LT, cm) y el sexo. Se examinó la piel, cámara bucal, cámara branquial y la cavidad celomática, recuperándose los parásitos bajo microscopio estereoscópico, los que fueron fijados en formalina comercial al 10% y preservados en alcohol al 70%. Los criterios de clasificación fueron los propuestos por Hartwich (1974) y Deardorff & Overstreet (1981), para nemátodos; Yamaguti (1959), para céstodos; Fernández et al. (1986), para isópodos; Herrera (1984), para copépodos.

Los descriptores parasitológicos cuantitativos fueron la prevalencia (P), que corresponde al porcentaje de

hospedadores parasitados en la muestra (Margolis et al., 1982), y la abundancia (A), que es el número de individuos parásitos presentes por hospedador examinado (infectado o no infectado).

La comparación del número de hospedadores machos y hembras se realizó con un test Chi-cuadrado. Las variaciones en el tamaño corporal de los hospedadores se probó a través de un análisis de varianza, que consideró los efectos de la localidad y del sexo.

Las variaciones de la abundancia parasitaria con la talla de los hospedadores se probaron con el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (Sokal & Rohlf, 1981). Las diferencias en la abundancia parasitaria fueron evaluadas con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (Sokal & Rohlf, 1981). Las diferencias en la prevalencia fueron analizadas con el método de comparación de dos porcentajes descrito por Sokal & Rohlf (1981). Se investigó la existencia de variaciones en la abundancia parasitaria tanto entre sexos como entre localidades, siguiendo dos vías alternativas en el último caso, a saber: (i) el análisis se efectuó directamente sobre los hospedadores examinados, agrupados solamente por localidad, incluyendo la siguiente pauta de comparaciones: (a) entre peces de muestras simultáneas; (b) entre todos los peces examinados (muestras totales); y (c) entre muestras totales a intervalos de tamaño corporal equivalentes (con secuencias de 1 cm LT); (ii) el análisis se efectuó sobre los promedios mensuales de abundancia parasitaria, para probar si persistían las diferencias en el período de estudio.

#### 2.2.2.2. ASPECTOS REPRODUCTIVOS

##### *Epoca de desove*

La época de desove de sardina común se determinó según: (i) la evolución mensual del índice gonadosomático promedio de las hembras; (ii) frecuencia mensual de hembras maduras; y (iii) información ictioplanctónica disponible en la literatura.

La fuente de información de los dos primeros puntos, corresponde a datos provenientes de muestreos biológico-específicos realizados regularmente por personal del Instituto de Investigación Pesquera, desde julio de 1990 a diciembre de 1993. Se destaca que estos muestreos son independientes de la estructura de tallas que aparece en las capturas a lo largo del año, ya que el recurso presenta una estructura de tallas que evoluciona con el proceso de reclutamiento. Básicamente, el muestreo biológico-específico se dirige sobre ejemplares mayores a 9 cm de longitud total.

El índice gonadosomático (IGS), se define según la expresión:

$$IGS = \frac{PO}{(PT - PO)} \times 100 \quad (3)$$

donde PO es el peso del ovario (g), y PT es el peso total del pez (g).

La frecuencia de hembras maduras se determinó de acuerdo a la fracción total de hembras en distintos estados de madurez, que corresponden a estados provenientes del examen visual de las gónadas de acuerdo a una escala de

madurez de seis puntos (Tabla 2).

**Tabla 2. Escala empírica de madurez sexual para hembras de sardina común (adaptada de Holden & Raitt, 1975).**

FASE	ESTADO	ASPECTO GENERAL
I	Inmaduro	Ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosáceos, translúcidos, ovocitos invisibles a simple vista.
II	Virgen madurando y en recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Color rosado y ovocitos invisibles a simple vista.
III	Madurando	Ovarios ocupan cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Color rosado a amarillo. Aspecto granular con ovocitos visibles.
IV	Maduro	Ovarios turgescientes, de gran volumen, con zonas translúcidas, 2/3 de la cavidad abdominal. Color anaranjado opaco, al presionar fluyen ovocitos hidratados. Ovocitos grandes y transparentes. Se observan vasos sanguíneos superficiales.
V	Hidratado	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Color rosado, casi transparentes, con vasos sanguíneos superficiales poco visibles. Los ovocitos son transparentes, del doble de tamaño que los ovocitos de una gónada madura.
VI	En regresión	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas, flojas y lumen grande. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración, oscurecidos o translúcidos, muy sanguinolientos. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.

La fuente de datos ictioplanctónicos ha sido reunida de la literatura científica, que corresponde a muestreos sistemáticos realizados por Investigadores del Instituto de Investigación Pesquera en la zona costera de la Octava Región, utilizándose para este efecto las series de tiempo semanal de abundancia de larvas de sardina común colectados en la zona nerítica de la Octava Región durante 20 meses, en el período agosto de 1984-marzo de 1986, y que da cuenta de la variabilidad temporal de mesoescala (estacional).

#### *Area de desove*

El área de desove se analizó según información ictioplanctónica colectada a diferentes escalas espaciales provenientes de cruceros que han sido realizados en el área de estudio. En la escala espacial de mesoescala, se consideró los estudios de Serra *et al.* (1994a y 1994b) para el período invernal. En la pequeña escala, se utilizó los antecedentes provenientes de cruceros realizados por el Instituto de Investigación Pesquera durante septiembre de 1991.

Estos cruceros se realizaron sobre una grilla de 38 estaciones de muestreo dispuestas en transectas perpendiculares a la costa hasta un máximo de 25 mn. El muestreo ictioplanctónico y la expresión de la abundancia de huevos y larvas se basa en metodologías estándares.

#### *Primera madurez sexual*

La talla de primera madurez sexual se determinó según los siguientes criterios: (i) criterio del 50% de la fracción de hembras maduras (Balbontín & Fisher, 1981); (ii) según el criterio del máximo incremento porcentual del índice

gonadosomático de las hembras entre clases de tallas consecutivas de 0,5 cm (Finucane & Collins, 1984); y (iii) según el IGS relativo entre clases de tallas consecutivas.

La determinación de la talla al nivel del 50% de hembras maduras fue realizada por Arancibia *et al.* (en prensa), ajustando un modelo logístico según la expresión

$$P_{LT} = \frac{\exp(a - bLT)}{1 + \exp(a - bLT)} \quad (4)$$

donde  $P_{LT}$  es la proporción de hembras maduras,  $LT$  es la longitud total (cm);  $a$  y  $b$  son constantes que se estiman ajustando la ecuación a los datos observados. El ajuste de la ecuación se realizó a través de técnicas de regresión no-lineal, disponible en el paquete computacional FISHPARM (Saila *et al.*, 1988). La técnica de regresión no-lineal minimiza la suma de cuadrados de los residuos sin la necesidad de linealizar el modelo en cuestión.

Para identificar el máximo incremento porcentual del IGS entre tallas consecutivas se utilizó la expresión:

$$IR_{IGS,j} = \frac{IGS_{j+1} - IGS_j}{IGS_j} \times 100 \quad (5)$$

donde  $IR_{IGS,j}$  es el incremento relativo del IGS en la clase de talla  $j$ ,  $IGS_{j+1}$  e  $IGS_j$  corresponde al índice gonadosomáticos promedio en la clase de longitud superior ( $j+1$ ) e inferior ( $j$ ), respectivamente.

El IGS relativo se basa en el supuesto que el promedio del IGS en los grupos de tallas más grandes da cuenta efectivamente de las hembras maduras de sardina común en la principal época reproductiva. De esta manera, al dividir el IGS promedio de las hembras de tallas más pequeñas por el IGS promedio de las hembras más grandes, se esperaría obtener valores que van en aumento hasta alcanzar el 100%, donde los valores cercanos al 50% indicarían la talla de primera madurez sexual.

### 2.2.2.3. ESTRUCTURA DE TALLAS

Para caracterizar la estructura de tallas de sardina común en las capturas, se utilizó las distribuciones de frecuencia de tallas mensuales en el período comprendido entre 1990 y 1993; y la frecuencia de tallas anuales en igual período de tiempo, pero ponderadas por las capturas mensuales.

La distribución de frecuencia de tallas se obtuvo a partir de muestreos aleatorios simples, realizados rutinariamente en los puertos de la Octava Región; a saber: Tomé, Talcahuano, San Vicente, Coronel y Lota. Los peces fueron medidos en su longitud total (LT, cm), utilizando un ictiómetro desplazado cada 0,5 cm.

Se destaca que los datos de frecuencia de tallas de sardina común (y anchoveta) muestreados desde cada embarcación en los sitios de desembarque fueron finalmente ponderados por el cociente entre la captura de la embarcación muestreada y el peso de la muestra obtenida. Esto se realiza con el objeto de evitar sesgos en la suma total de frecuencias de tallas provenientes de distintas embarcaciones y/o zonas de pesca.

Las frecuencia de tallas se presentan a la forma de una serie de tiempo mensual, con el objeto de caracterizar patrones estacionales del tamaño y grupos de ejemplares que están siendo capturados sucesivamente a lo largo del año.

La frecuencia de tallas sobre bases anuales se utilizó para visualizar el grupo de ejemplares dominantes en las capturas totales anuales y sus cambios interanuales.

La información anterior permitió caracterizar la situación actual de la estructura de tallas de sardina común, comprendida entre 1990 y 1993. Sin embargo, con propósitos comparativos, dicha caracterización se complementó con datos de frecuencia de tallas anuales y mensuales relativo al período comprendido entre 1965 y 1976, los cuales han sido reunidos de la literatura científica y que han sido publicados por Serra (1978), Serra et al., (1979b) y Arrizaga (1981). De esta manera, se tendrá una visión completa de los cambios en la estructura de tallas, bajo condiciones de explotación diferentes.

#### 2.2.2.4. CRECIMIENTO

##### *Crecimiento en longitud*

Los datos de frecuencia de tallas mensuales, en el período 1990-1993, se utilizaron para describir el crecimiento en longitud de la sardina común, determinándose para ello los parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy, i.e.

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t - t_0)}] \quad (6)$$

donde  $L_t$  es la longitud promedio (cm) a la edad  $t$  (años);  $L_\infty$  es la longitud asintótica (cm);  $K$  es el coeficiente de crecimiento (1/año); y  $t_0$  es un parámetro hipotético que representa la edad (en años) a la cual la longitud del pez es cero.

Además, debido a que Cubillos & Arancibia (1993a), aplicando el programa ELEFAN I de Gayanilo et al. (1988), comunican que la sardina común presenta oscilaciones estacionales en la tasa de crecimiento, el crecimiento en longitud se analizó también considerando el modelo de von Bertalanffy con oscilación estacional, propuesto por Pauly & Gaschütz (1979), y que se expresa por

$$L_t = L_\infty (1 - \exp[-K((t - t_0) + \frac{C}{2\pi} \text{sen}(2\pi(t - t_s)))]]) \quad (7)$$

donde  $L_t$ ,  $L_\infty$ ,  $K$  y  $t_0$  ya han sido definidos;  $C$  es una constante adimensional que expresa la amplitud de la oscilación del crecimiento, y  $t_s$  es el tiempo, con respecto a  $t = 0$ , en el comienzo de una oscilación estacional en el período de un año. Con propósitos prácticos, el punto de invierno (WP) en que la tasa de crecimiento es mínima, está dada por

$$WP = t_s + 0,5 \quad (8)$$

La estimación de los parámetros de crecimiento se realizó considerando los siguientes períodos; (i) noviembre de

1990 a octubre de 1991, (ii) noviembre de 1991 a octubre de 1992, y (iii) noviembre de 1992 a octubre de 1993. Las razones de considerar estos períodos obedece al hecho de estimar los parámetros de crecimiento sobre la base de una "cohorte" promedio que se origina en la época de máxima actividad reproductiva, y que se recluta entre noviembre y diciembre de cada año (ver Capítulo 3, sección 3.2.3.).

Para ello, y debido a que los datos corresponden a una serie de tiempo de frecuencias de tallas, se utilizó el procedimiento de análisis -para estimar parámetros de crecimiento-, del programa computacional MULTIFAN de Fournier et al. (1990, 1991). Este algoritmo de análisis, si bien no remueve completamente las decisiones subjetivas en el análisis de frecuencias de tallas, al menos introduce limitantes objetivas a la forma de hipótesis estructurales sobre cuál modelo resulta ser más adecuado. Además, MULTIFAN tiene la ventaja de analizar otros parámetros importantes, tal como la selectividad del primer grupo de edad, la dependencia de la desviación estándar en función de la talla promedio a cada grupo de edad, y permite estimar las proporciones de las distintas clases de edad que se encuentran en la distribución de frecuencia de tallas.

El algoritmo de MULTIFAN se basa en un modelo no-lineal, permitiendo una estimación robusta de los parámetros de crecimiento. Un método de máxima verosimilitud se utiliza para estimar la proporción de peces a cada edad, en cada una de las muestras, y por supuesto, los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, con o sin oscilación estacional en la tasa de crecimiento. Además, MULTIFAN calcula desviaciones estándar y correlaciones de todos los parámetros estimados. Por otra parte, el uso

del método de máxima verosimilitud ayuda a discriminar objetivamente entre modelos alternativos que se diferencian estructuralmente.

Los principales supuestos del método son:

(i) La longitud de los peces en cada clase de edad presentan una distribución normal alrededor de la longitud promedio de cada grupo de edad.

(ii) La longitud promedio, a cada edad, es descrita por una curva de crecimiento del tipo von Bertalanffy.

(iii) La desviación estándar de las longitudes actuales alrededor de las longitudes promedio a cada edad, son funciones simples de la longitud promedio a cada edad.

La secuencia analítica del programa MULTIFAN, consiste en los siguientes pasos:

- (a) Proceso de inicialización: Esta es la parte más importante del análisis, donde se toman decisiones en base a los aspectos biológicos del recurso. En esta etapa se debe indicar el "Mes 1" que contiene el grupo de peces con la talla modal más pequeña (en la sardina común: noviembre o diciembre), indicar la desviación estándar de una moda bien definida, e indicar algunas longitudes promedio para asegurar que el modelo ajuste las modas apropiadamente y exhiba un comportamiento estable. Finalmente, se debe indicar el número de clases de edad que se sospecha están presentes en las frecuencia de tallas y valores probables del

parámetro de crecimiento  $K$ . En la sardina común se considera 2 a 5 clases de edad, y tres valores del parámetro  $K$  (0,7; 0,9; y 1,2).

Luego de concluido el proceso de sintonización o búsqueda sistemática inicial, se procede a estimar los parámetros según el número de clases de edad y los valores dados del parámetro  $K$ .

- (b) Estimación del parámetro  $K$  de crecimiento: Sólo después que todos los otros parámetros han sido estimados, se procede a estimar el valor definitivo de  $K$ .
- (c) Modificación de la búsqueda inicial, según las siguientes hipótesis estructurales del modelo: (i) dependencia de la desviación estándar con la talla promedio a edad ( $L_2$ ); (ii) sesgo por selección de la longitud promedio de la primera clase de edad ( $b_1$ ); y, (iii) parámetros de amplitud ( $C$ ) y fase ( $t_s$ ) del crecimiento estacional. En la sardina común se analizó todas las combinaciones posibles de estas hipótesis, lo que llevó a la estimación de 8 modelos, cuya estructura se presenta en la Tabla 3.
- (d) Selección del modelo a través de la función de Chi-cuadrado: El modelo seleccionado será aquél que genera un significativo incremento en la función de máxima probabilidad entre clases de edad consecutivas. Para ello, se utiliza un nivel de confianza del 90%, recomendado por Fournier *et al.* (1990) para reducir la probabilidad de ocurrencia de un error de tipo 2, *i.e.* rechazar un modelo conteniendo una clase de edad extra cuando ésta se encuentra realmente presente en la distribución de frecuencia de tallas.

Tabla 3. Configuración de la estructura de los modelos considerados para analizar los datos de frecuencia de tallas de sardina común, un signo + indica que el parámetro fue considerado en el modelo.

Parámetro	M O D E L O S							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
K	+	+	+	+	+	+	+	+
L <sub>2</sub>	-	+	-	+	-	+	-	+
b <sub>1</sub>	-	-	+	+	-	-	+	+
C	-	-	-	-	+	+	+	+
ts	-	-	-	-	+	+	+	+

Finalmente, se debe seleccionar entre modelos con hipótesis estructurales alternativas. En esta etapa se selecciona el modelo que tiene el más alto incremento en el valor de máxima probabilidad, al incluir un parámetro más. Esto se realiza a través de la función Chi-cuadrado, esta vez al nivel del 95% de confianza. Por ejemplo, entre un modelo que no toma en cuenta el sesgo por selección de la primera clase de edad versus uno que si lo considera, a un mismo número de clases de edad.

Aunque la secuencia analítica de MULTIFAN conduce a la elección del modelo que presenta la más alta función de máxima probabilidad, en las frecuencias de talla puede ocurrir la presencia de multicohortes (reclutamiento continuo), lo que afectaría notablemente la estimación de los parámetros de crecimiento. Esto puede traducirse en: (i) longitud asintótica más baja que las longitudes máximas observadas, (ii) bajo valor de la constante K de crecimiento, debido al ajuste de un grupo de peces pertenecientes a otra cohorte, lo que usualmente debiera ocurrir en peces con dos desoves por año.

En atención a lo anterior, y con propósitos comparativos, pero tomando en cuenta la estimación con MULTIFAN, los parámetros de crecimiento del recurso también se estimaron a través del algoritmo del programa ELEFAN I de Gayanilo et al. (1988). Este programa es inferior a MULTIFAN en cuanto a la objetividad para conducir a los mejores estimados de los parámetros de crecimiento. Sin embargo, es menos sensible ante la presencia de multicohortes que pueden producir un ruido analítico en modelos como MULTIFAN. Además, ELEFAN I ha sido ampliamente utilizado y nunca ha arrojado resultados que puedan ser muy equivocados (Gulland & Rosenberg, 1992). El algoritmo se basa en la puntuación de las tallas modales a través del cálculo de anomalías. Así valores positivos se identifican con modas y negativos con "valles" que separan las modas. La curva de crecimiento que pasa por el mayor número de puntos positivos genera la mayor cantidad de suma de puntos positivos que, divididos por la suma total de puntos positivos disponibles, entrega una suerte de "bondad de ajuste". El procedimiento entonces consiste en ensayar diferentes valores de los parámetros de crecimiento que conduzcan a la explicación de la mayor cantidad de puntos positivos disponibles.

#### *Índice de crecimiento efectivo.*

El crecimiento efectivo de sardina común se caracterizó a través del índice promedio de crecimiento efectivo (*growth performance index*) de Pauly & Munro (1984), el cual, para un grupo de peces, presenta una distribución normal con coeficientes de variación que decrecen desde el nivel de familia al nivel de especie. El índice se calcula según la expresión

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad (9)$$

donde  $\phi'$  es el índice de crecimiento efectivo,  $K$  y  $L_{\infty}$  son parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

El valor promedio y la desviación estándar de este índice permitirá caracterizar el crecimiento de sardina común respecto de grupos de peces similares, tal como la anchoveta y otros Clupeiformes, lo que ha sido recopilado de la literatura.

#### *Relación longitud-peso*

Los parámetros  $a$  y  $b$  de la relación longitud total (LT)-peso total (PT), definida por

$$PT = aLT^b \quad (10)$$

se estimaron por técnicas de regresión lineal simple, linealizando la ecuación mediante la aplicación de logaritmo. Estos parámetros se estimarán para cada mes en el período julio de 1990-abril de 1994, determinando el peso promedio a cada talla de la sardina común para poder convertir unidades de peso a número y de número a peso, según sea el caso.

Con el objeto de averiguar si el parámetro  $b$  es estadísticamente distinto de 3 (isometría del crecimiento), se realizó el test  $t$  de Student.

### 2.2.2.5. MORTALIDAD NATURAL

La estimación de la tasa de mortalidad natural (M) de la sardina común se realizó de acuerdo a los siguientes métodos:

#### *Método de Rikhter & Efanov (1976)*

Estos autores muestran una asociación entre la mortalidad natural y  $T_{m_{50}}$ , la edad a la cual el 50% de la población está madura (edad de primera madurez sexual). Esta asociación está definida por la siguiente ecuación

$$M = \frac{1,521}{T_{m_{50}}^{0,720}} - 0,155 \quad (11)$$

En la sardina común,  $T_{m_{50}}$  se estimó en 1 año, que corresponde aproximadamente a la talla de primera madurez calculada en este estudio.

#### *Método de Alagaraja (1984)*

Este método supone que el ciclo natural de vida de una especie (o longevidad) se alcanza cuando el 99% de una cohorte ha muerto sólo por causas naturales. De esta manera, la mortalidad natural correspondiente al 1% de los sobrevivientes, se calculó por

$$M = \frac{\text{Ln}(0,01)}{T_{\text{máx}}} \quad (12)$$

donde  $T_{\text{máx}}$  corresponde a la longevidad máxima o teórica, alcanzada naturalmente. Alternativamente, se consideró

evaluar la expresión anterior para un 5% de sobrevivientes de una cohorte (Taylor, 1960), es decir

$$M = \frac{\text{Ln}(0,05)}{T_{\text{max}}} \quad (13)$$

La longevidad o edad máxima teórica, en ambos casos, se estimó con la ecuación propuesta por Taylor (1960), considerando los parámetros de crecimiento que se obtuvieron en este estudio. Se calculó el promedio y se aproximó al entero más cercano. La expresión utilizada para estimar  $T_{\text{máx}}$ , fue

$$T_{\text{max}} \approx 3/K \quad (14)$$

#### *Método de Pauly (1980)*

Este autor investigó la relación entre la mortalidad natural, los parámetros de crecimiento y la temperatura promedio anual del habitat de 175 stocks de peces. La ecuación empírica encontrada es

$$\log_{10}M = -0,0066 - 0,279\log_{10}L_{\infty} + 0,6543\log_{10}K + 0,4634\log_{10}T \quad (15)$$

donde  $L_{\infty}$  y  $K$  son parámetros de crecimiento en longitud, y  $T$  es la temperatura promedio anual del habitat de la especie. Sin embargo, en especies de Clupeiformes que forman cardúmenes, es aconsejable que la estimación de la mortalidad natural sea corregida por un factor de 0,8 (Pauly, 1980); que se tomó en cuenta al realizar las

estimaciones con este método para los diferentes conjuntos de parámetros de crecimiento que se estimaron en este estudio. La temperatura promedio anual del habitat de la sardina común se supuso corresponde a 13°C.

*Método de Paloheimo (1980)*

Este método se basa en la siguiente ecuación:

$$Z = F + M \quad (16)$$

donde  $Z$  es la mortalidad total,  $M$  es la mortalidad natural y  $F$  es la tasa de mortalidad por pesca. Esta última se puede expresar en términos del esfuerzo de pesca ( $f$ ), mediante la relación simple  $F = qf$ , donde  $q$  es el coeficiente de capturabilidad. De esta manera, se obtiene

$$Z_i = qf_i + M \quad (17)$$

En este contexto, si se cuenta con varias estimaciones anuales de mortalidad total ( $Z$ ) y esfuerzo de pesca ( $f$ ), la mortalidad natural ( $M$ ) y el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) se pueden estimar mediante técnicas de regresión lineal simple y la relación funcional (Ricker, 1973).

Para aplicar este método se utilizó la información de abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo, CPUE) por grupos de edad comunicada por Arrizaga & Veloso (1982) y datos de esfuerzo de pesca estándar comunicados por Serra (1978) para el período 1965-1976, y extendidos al período 1977-1979 por Arrizaga & Veloso (1982).

Sin embargo, debido a que los datos de esfuerzo corresponden a los viajes totales estándares de la flota que capturó sardina común y anchoveta conjuntamente, estos datos se corrigieron adoptando el concepto de esfuerzo de pesca equivalente (Hayman et al., 1980), que consiste en multiplicar el esfuerzo de pesca por la fracción anual capturada de sardina común. Además, se realizó otra corrección a los datos de captura por edad de sardina común comunicados por Arrizaga & Veloso (1982). Esta corrección se realizó con el objeto de dar cuenta efectivamente de las capturas anuales en peso de sardina común (ver sección 2.2.7.1., Tabla 5).

La mortalidad total se estimó mediante la ecuación:

$$Z_{a,t} = \text{Ln} \left[ \frac{\text{CPUE}_{a,t}}{\text{CPUE}_{a+1,t+1}} \right] \quad (18)$$

donde el subíndice  $a$  indica el grupo de edad y  $t$  el año.

Se destaca que debido a que la sardina común en esa época participaba con 5 grupos de edad (edades 0 a 4; Arrizaga & Veloso, 1982), la estimación de la mortalidad total sólo es posible para las edades completamente vulneradas (grupos de edad 1 a 3). De esta manera, para determinar la mortalidad total para cada año, se calculó un promedio geométrico de  $Z$  estimada para los grupos de edad 1 a 3, expresado a través de:

$$Z_t = \prod_{a=1}^{a=3} Z_{a,t} \quad (19)$$

Estas estimaciones de  $Z$  se relacionaron con el esfuerzo de pesca equivalente, que viene dado por

$$f_{pt} = \frac{(f_{t+1} + f_t)}{2} \quad (20)$$

donde  $f_{pt}$  es el esfuerzo de pesca promedio en el año  $t$ ;  $f_{(t+1)}$  es el esfuerzo de pesca promedio en el año  $t+1$  y,  $f_t$  es el esfuerzo de pesca promedio en el año  $t$ .

### 2.2.3. ACTIVIDAD PESQUERA

La actividad pesquera que se realiza sobre sardina común (y anchoveta) en la Octava Región, fue caracterizada de acuerdo a la identificación del tipo de embarcaciones y tamaño, operación y capturas obtenidas; sobre bases mensuales y anuales durante el período 1990-1993. Esta información fue obtenida desde las bases de datos del Instituto de Investigación Pesquera.

Para la determinación del número de embarcaciones que opera sobre el recurso, se consideró aquellas que operan mensualmente, y de manera regular, ya que de acuerdo con Cubillos & Arancibia (1993b), una fracción de la flota industrial y artesanal opera estacionalmente cada año. Se descartó aquellas embarcaciones con participación esporádica en la pesquería, cuyas capturas no fueron causa importante de mortalidad por pesca dentro de un año dado.

La estructura de la flota se analizó de acuerdo con la distribución de frecuencia de la capacidad de bodega de las embarcaciones, lo que da cuenta del tamaño de éstas.

La operación de la flota se analizó de acuerdo al número total de viajes con pesca de cada embarcación. Esta

estadística se encuentra disponible en las bases de datos del Instituto de Investigación Pesquera.

Para analizar la estacionalidad de las capturas de sardina común en la Octava Región, se utilizó la información de desembarques mensuales en el período 1986-1993, separándose aquél reportado como artesanal e industrial.

#### 2.2.4. FLUCTUACIONES DE LA ABUNDANCIA

##### 2.2.4.1. FLUCTUACIONES HISTÓRICAS DE LA ABUNDANCIA

###### *Datos básicos*

Para caracterizar las fluctuaciones históricas de la abundancia de sardina común en la Octava Región, se utilizó la información publicada por Arrizaga & Veloso (1982), particularmente en lo que respecta a captura por unidad de esfuerzo por grupos de edad en el período 1965-1979. Estos autores utilizan los viajes totales estándar estimados según Serra (1978).

A partir de esta información, se obtuvo la captura por grupos de edad (Tabla 4 a-b), multiplicando la CPUE de Arrizaga & Veloso (1982) por el esfuerzo de pesca estándar, publicado por estos mismo autores en base a Serra (1978).

Tabla 4a. Captura en número (miles) de *Strangomera bentincki* por grupos de edad y esfuerzo de pesca (viajes totales estándar, VTE) en el área de Talcahuano durante el período 1965-1972, obtenida de Arrizaga & Veloso (1982).

Edad	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
0	16356	568134	727616	1575286	350320	321837	278162	241454
1	1288143	3236137	6816626	5273788	6327656	81306	12547098	4863821
2	335781	1074999	823340	426164	452496	324479	757109	2422790
3	121745	568134	689322	243522	153264	222704	197469	131280
4	53607	122539	516992	91321	14596	24413	6951	22526
Tot	1963632	5569943	9573896	7610081	7298332	974739	13786789	7681872
VTE	200	1000	2000	1800	4000	6351	4600	4800

Tabla 4b. Captura en número (miles) de *Strangomera bentincki* por grupos de edad y esfuerzo de pesca (viajes totales estándar, VTE) en el área de Talcahuano durante el período 1973-1979, obtenida de Arrizaga & Veloso (1982).

Edad	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
0	1897416	0	30502	529469	530570	79798	29048
1	5672568	5843513	1071326	3376349	1535560	1033570	681918
2	514248	1171174	58566	419119	378610	118050	29049
3	462212	172771	31399	122328	128778	21786	98991
4	17924	272656	4930	17184	5408	13426	43985
Tot	8564368	7460114	1196723	7610081	2578926	1266630	882990
VTE	4000	4600	3900	2400	2000	2000	1500

Sin embargo, para el período 1965-1979, no se cuenta con la matriz de pesos promedios por grupos de edad para estimar biomasa. Para contar con esta información, se utilizó los pesos promedio a edad del modelo de von Bertalanffy con los parámetros informados por Aguayo & Soto (1978), i.e.

$$W_a = 45,5g[1 - e^{-0,4556(a+0,8283)}]^{-3} \quad (21)$$

donde  $W_a$  representa el peso promedio a la edad  $a$  (años). Debido a que los datos de captura están estructurados por grupos de edad, se supuso que los pesos promedio de los grupo de edad 0, 1, 2, 3, y 4 podrían ser equivalentes al de las edades de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; y 4,5 años. A su vez, debido a que esta información puede no ser la más adecuada se intentó corregir los pesos promedio mediante el cociente entre las capturas anuales en peso y la suma de productos entre el peso promedio del modelo de von Bertalanffy y el número de ejemplares capturados por edad, lo que se puede expresar por

$$FC_t = \frac{Y_t}{\sum_{a=0}^4 C_{a,t} W_a} \quad (22)$$

donde  $FC_t$  es el factor de corrección a aplicar en el año  $t$ ;  $Y_t$  representa la captura total en peso en el año  $t$ ,  $C_{a,t}$  representa la captura en número a la edad  $a$  en el año  $t$ ; y  $W_a$  representa el peso promedio del modelo de von Bertalanffy para la edad  $a + 0,5$ .

El factor de corrección ( $FC_t$ ) obtenido se muestra en la Tabla 5, observándose que fluctúa entre 0,382 y 3,852. Se destaca que el peso promedio sólo se corrigió cuando el  $FC_t$  alcanzó valores entre 0,7 y 1,3 veces. Nótese que los años 1970 y 1975 podrían requerir pesos promedio aumentados en 3,2 y 3,9 veces, respectivamente, lo que daría cuenta de valores poco realistas del peso promedio de sardina común a cada edad (Tabla 5). De esta manera, el peso promedio sólo fue corregido para los años 1965,

1968, 1969, 1971, 1972, 1973, y 1979 (Fig. 5, cuadrado lleno). El factor de corrección de los años restantes, se utilizó para corregir la captura en número por grupos de edad.

**Tabla 5. Captura totales anuales (ton) de sardina común, suma de productos, y factor de corrección utilizados (ver texto y Fig. 5).**

AÑO	Captura (ton)	Suma de Productos (ton)	FC <sub>t</sub>	FC <sub>t</sub> aplicado a
1965	37799	29727	1,272	<b>pesos promedio</b>
1966	49955	87542	0,571	captura número
1967	79321	145429	0,545	captura número
1968	85871	93209	0,921	<b>pesos promedio</b>
1969	106279	96698	1,099	<b>pesos promedio</b>
1970	52834	16729	3,158	captura número
1971	148692	183090	0,812	<b>pesos promedio</b>
1972	118591	119879	0,989	<b>pesos promedio</b>
1973	127885	105373	1,214	<b>pesos promedio</b>
1974	177626	114063	1,557	captura número
1975	62032	16102	3,852	captura número
1976	26882	58400	0,460	captura número
1977	12967	33901	0,382	captura número
1978	9514	17132	0,555	captura número
1979	16851	13814	1,220	<b>pesos promedio</b>

De acuerdo a lo expuesto, la captura en número corregida y los pesos promedio que se utilizaron como datos básicos, se presentan en las Tablas 6a-b y 7a-b.

#### Métodos

Los datos básicos de las Tablas 6a y 6b, se utilizaron para determinar las fluctuaciones históricas de la abundancia de sardina común, mediante dos métodos: (i) Método de Hayman et al. (1980) y, (ii) Análisis

Secuencial de la Población (Gulland, 1965), sintonizado con esfuerzo de pesca.

Tabla 6a. Captura en número (miles) de *Strangomera bentincki* en base a la Tabla 4a, corregida y utilizada en este estudio para caracterizar las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso.

Edad	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
0	16356	324199	396862	1575286	350320	1016410	278162	241454
1	1288143	1846663	3717974	5273788	6327656	256775	12547098	4863821
2	335781	613435	449072	426164	452496	1024754	757109	2422790
3	121745	324199	375975	243522	153264	703334	197469	131280
4	53607	69925	281982	91321	14596	77101	6951	22526
Tot	1963632	3178421	5221864	7610081	7298332	3078374	13786789	7681872

Tabla 6b. Captura en número (miles) de *Strangomera bentincki* en base a la Tabla 4b, corregida y utilizada en este estudio para caracterizar las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso.

Edad	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
0	1897416	0	117509	243719	202941	44314	29048
1	5672568	9099906	4127283	1554160	587346	573965	681918
2	514248	1823829	225627	192924	144817	65556	29049
3	462212	269051	120964	56309	49257	12098	98991
4	17924	424598	18991	7910	2069	7456	43985
Tot	8564368	11617384	4610374	2055021	986430	703389	882990

Tabla 7a. Pesos promedio (Kg) de *Strangomera bentincki* en base a la función de crecimiento de Aguayo & Soto (1978), corregidos para ser utilizados en este estudio en la caracterización de las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso. Período 1965-1972.

Edad	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
0	0,0054	0,0043	0,0043	0,0039	0,0047	0,0043	0,0035	0,0042
1	0,0162	0,0127	0,0127	0,0117	0,0140	0,0127	0,0103	0,0126
2	0,0275	0,0216	0,0216	0,0199	0,0238	0,0216	0,0176	0,0214
3	0,0369	0,0290	0,0290	0,0267	0,0319	0,0290	0,0236	0,0287
4	0,0439	0,0345	0,0345	0,0318	0,0379	0,0345	0,0280	0,0341

Tabla 7b. Pesos promedio (Kg) de *Strangomera bentincki* en base a la función de crecimiento de Aguayo & Soto (1978), corregidos para ser utilizados en este estudio en la caracterización de las fluctuaciones históricas de la abundancia del recurso. Período 1973-1979.

Edad	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
0	0,0052	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0052
1	0,0154	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0155
2	0,0263	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0216	0,0264
3	0,0352	0,0290	0,0290	0,0290	0,0290	0,0290	0,0354
4	0,0419	0,0345	0,0345	0,0345	0,0345	0,0345	0,0421

El primero consiste en sumar la abundancia relativa de una misma cohorte, desde la edad en que aparece en las capturas hasta que desaparece de la pesquería, lo que es un indicador de la fortaleza de las clases anuales. La aplicación del método se puede expresar a través de las siguientes ecuaciones

$$N^*_{a,t} = \sum_{k=1}^{k_{max}} CPUE_{a+k-1,t+k-1} \quad (23)$$

Además

$$NT^*_t = \sum_{a=1}^R N^*_{a,t} \quad (24)$$

donde  $N^*_{a,t}$  es un índice de la fortaleza de la clase anual a la edad  $a$  en el año  $t$ ; CPUE es la captura por unidad de esfuerzo; y  $NT^*_t$  es un índice de la abundancia total en el año  $t$ . El subíndice  $k$  es un operador arbitrario para realizar la sumatoria de la CPUE a través de una cohorte en la matriz de CPUE por grupos de edad y años.

La captura por unidad de esfuerzo, por grupos de edad, se estimó dividiendo la captura en número (Tabla 6a-b) por el esfuerzo de pesca. Sin embargo, debido a que el esfuerzo de pesca estimado por Serra (1978), viajes totales estándar (última fila Tabla 8), está basado en las actividades de pesca de la flota que explotó tanto a la sardina común como a la anchoveta del área de Talcahuano; en este estudio, se adoptó el concepto de esfuerzo de pesca equivalente (Hayman et al., 1980), que consiste en multiplicar el esfuerzo de pesca estándar por la proporción de la captura de sardina común respecto de las capturas totales de la pesquería de clupeiformes del área de Talcahuano (ver Tabla 8 y Fig. 6).

Dado que se cuenta con los pesos promedio, la captura en número por grupos de edad, y el esfuerzo de pesca, se aplicó el método de Análisis Secuencial de la Población (ASP) con procesos de sintonización, utilizando el esfuerzo de pesca como índice auxiliar para calibrar los resultados (Pope & Shepherd, 1982; Butterworth et al., 1990).

Tabla 8. Esfuerzo de pesca, expresado en viajes totales aplicado a la pesquería de sardina común y anchoveta, y estimaciones del esfuerzo de pesca aplicado sólo sobre sardina común (ver texto).

Año	Viajes Totales <sup>a</sup> (estándar de la flota)	Viajes Totales aplicado a sardina común
1965	200	153
1966	1000	701
1967	2000	1383
1968	1800	1217
1969	4000	2123
1970	6351	3608
1971	4600	3055
1972	4800	3763
1973	4000	3282
1974	4600	4052
1975	3900	3389
1976	2400	2376
1977	2000	2000
1978	2000	2000
1979	1500	1500

<sup>a</sup>Según Arrizaga & Veloso (1982) en base a Serra (1978).

El proceso de sintonización consiste en aprovechar la propiedad autocorrectiva del ASP para "ajustar" mediante ASP sucesivos la mortalidad por pesca terminal, necesaria para inicializar los cálculos, y se basa en las siguientes etapas: (i) estabilización del patrón de explotación o selectividad edad-específica y (ii) calibración de la mortalidad por pesca en el año más reciente.

La estabilización consiste en reemplazar sucesivamente la mortalidad por pesca de la edad más vieja en cada año ( $F_{t,m}$ ) bajo el supuesto de que la probabilidad de captura o selectividad ( $S_i$ ) es constante en las edades más viejas; es decir,  $p+1$  edades más viejas tienen la misma probabilidad de ser vulneradas

$$S_{m-p} = S_{m-p+1} = \dots = S_{m-1} = S_m \quad (25)$$

donde  $m$  representa el grupo de edad o edad más vieja en las capturas. De esta manera, la mortalidad por pesca de la edad más vieja se puede estimar por

$$F_{m,t} = \left[ \prod_{a=m-p}^{m-1} F_{a,t} \right]^{\frac{1}{p}} \quad (26)$$

La mortalidad por pesca en el año más reciente se estimó utilizando los datos de esfuerzo, de acuerdo con las siguientes ecuaciones

$$F_{a,n} = \bar{q}_a f_n \quad (27)$$

donde:

$$\bar{q}_a = \bar{q}S_a = \left[ \prod_{t=1}^{n-1} (F_{a,t}/f_t) \right]^{1/(n-1)} \quad (28)$$

donde  $F_{a,n}$  es la mortalidad por pesca en el año más reciente ( $n$ ) a cada edad  $a$ ;  $q_a$  es el coeficiente de capturabilidad y  $f_t$  es el esfuerzo de pesca observado en el año  $t$ .

En el ASP se consideró la tasa de mortalidad natural estimada en este estudio. A su vez, en un contexto diagnóstico de la relación  $F = qf$ , se obtuvo la mortalidad por pesca promedio entre las edades 1 y 4 y se regresionaron con los datos de esfuerzo de pesca equivalente (Tabla 8), para analizar si el intercepto de la regresión lineal es estadísticamente diferente de

cero.

Por otra parte, para analizar los niveles de explotación históricos a los que fue sometido el recurso sardina común, se consideró la tasa de explotación (E), i.e.

$$E_t = \frac{\bar{F}_t [1 - e^{-(\bar{F}_t + M)}]}{\bar{F}_t + M} \quad (29)$$

y se comparó con aquella en la cual  $F_t$  iguala a la tasa de mortalidad natural del recurso.

### **2.3. DESARROLLO DEL METODO DE EVALUACION INDIRECTA PARA SARDINA COMUN, ACORDE CON LAS CARACTERISTICAS DE ESTA ESPECIE Y DE SU PESQUERIA.**

#### **2.3.1. GENERALIDADES**

Se debe mencionar que la oferta técnica presentada por el Instituto de Investigación Pesquera, comprende el desarrollo de un "procedimiento analítico" para evaluar el recurso sardina común más que el desarrollo de un "método de evaluación". Esta aclaración es de fundamental importancia ya que podría conducir a interpretaciones equivocadas, sobre todo si se considera que para el desarrollo de un método nuevo de evaluación, se requiere formalizar aspectos teóricos y prácticos del problema y del objeto de estudio.

### *Sobre el procedimiento analítico propuesto*

El procedimiento que propuso el Instituto de Investigación Pesquera se basa en métodos estándares y vigentes, que toman en consideración las características biológicas del recurso y de su pesquería.

Las principales características biológicas del recurso sardina común son: (i) especie con ciclo de vida corto; (ii) rápido crecimiento corporal; (iii) elevada tasa de mortalidad natural; y (iv) desovante parcial, con uno o dos períodos reproductivos, siendo aquel que ocurre en época invernal (julio a septiembre) el más importante dentro del ciclo anual (Cubillos & Arancibia, 1993a).

Las principales características de la pesquería de sardina común son: (i) capturas fuertemente dependientes del reclutamiento que ocurre en primavera-verano; y (ii) una fuerte estacionalidad de la pesquería, con una mayor operación de la flota en la época estival (Cubillos & Arancibia, 1993b).

De acuerdo a estas características, se propuso evaluar la abundancia de sardina común sobre bases mensuales mediante la técnica de Análisis de Población Virtual que combina los datos de captura por longitud mensuales con una curva de crecimiento del tipo von Bertalanffy (Pauly & Tsukayama, 1983; Pauly et al., 1987), cuya aplicación permitió describir más precisamente el patrón estacional de la pesquería, identificar la estación en la que se produce el reclutamiento, y detectar los cambios estacionales e interanuales de la biomasa del recurso en la Octava Región. Además, este método de evaluación es altamente recomendable para recursos con ciclo de vida corto y rápido crecimiento, como la sardina común, donde

el tamaño del stock puede fluctuar inesperadamente dentro del transcurso de unos pocos meses (Pauly et al., 1987).

El método de evaluación indirecta sobre bases mensuales, utilizando como datos de entrada la captura por longitud y los parámetros de crecimiento, resulta bastante pertinente bajo las actuales circunstancias. En efecto, para el período 1990-1993 no se cuenta con claves talla-edad, y si estuvieran disponibles la matriz de captura en número por edad sólo cubriría 4 años. Además, en este estudio se puede apreciar que en la composición por tallas de las capturas de sardina común de los últimos años (1990-1993) sólo participan 2 grupos de edad. De esta manera, si sólo dos grupos de edad sostienen las capturas de sardina común, realizar un Análisis de Población Virtual con datos anuales podría resultar altamente sesgado debido a que la propiedad de convergencia del método no sería óptima o adecuada para arribar a resultados confiables.

Se destaca que el método Análisis de Población Virtual que utiliza la estructura por tallas y curvas de crecimiento, ha sido aplicado a esta misma pesquería y al recurso anchoveta por Cubillos & Arancibia (1993a), a la pesquería de anchoveta de la zona norte de Chile por Cubillos (1991), y a la pesquería de anchoveta del norte-centro del Perú por Pauly & Tsukayama (1983), Pauly et al. (1987) y Pauly & Palomares (1989).

### 2.3.2. DESCRIPCION DEL METODO PROPUESTO

La metodología propuesta es descrita en detalle por Pauly & Tsukayama (1983), Pauly et al. (1987) y Pauly & Palomares (1989). La ecuaciones básicas del Análisis de

Población Virtual que se propone para evaluar al recurso, son:

$$N_{i+1} = N_i e^{-(F_i + M)} \quad (30)$$

$$C_i = \frac{F_i N_i [1 - e^{-(F_i + M)}]}{F_i + M} \quad (31)$$

La ecuación 30 representa la sobrevivencia en número de una cohorte; la ecuación 31, representa la ecuación de captura de Baranov (Beverton & Holt, 1956), donde  $N_i$  es el tamaño poblacional en número de ejemplares a comienzos del período de tiempo  $i$ ;  $F_i$  es la tasa de mortalidad por pesca durante el período de tiempo  $i$ ;  $M$  es la tasa de mortalidad natural; y  $C_i$  es la captura obtenida durante el período de tiempo  $i$ . El subíndice  $i$  representa meses, y se ha omitido, para mayor claridad, la utilización de otro subíndice para las distintas "cohortes".

La combinación de las ecuaciones previas, constituye el algoritmo básico para resolver el Análisis de Población Virtual (Gulland, 1965; Mesnil, 1980), y viene dada por:

$$\frac{N_{i+1}}{C_i} = \frac{(F_i + M) e^{-(F_i + M)}}{F_i [1 - e^{-(F_i + M)}]} \quad (32)$$

Sin embargo, esta ecuación no tiene una solución analítica y debe ser resuelta numéricamente dado un valor de  $N_{i+1}$ , ya que se conoce la captura actual ( $C_i$ ) y la mortalidad natural ( $M$ ) sólo resta estimar  $F_i$ . De esta manera, el método trabaja desde los grupos de edad (y tallas) más longevos hacia los más jóvenes. Para

inicializar el método se debe estimar el tamaño poblacional terminal de una cohorte ( $N_t$ ) dado un valor razonable de mortalidad por pesca terminal ( $F_t$ ), mediante la ecuación:

$$N_t = \frac{C_t}{F_t} \quad (33)$$

donde  $C_t$  es la captura terminal, la última captura tomada desde una cohorte antes de su extinción, (Mesnil, 1989; Pauly, 1984).

La característica principal del Análisis de Población Virtual es que la estimación de la abundancia y mortalidad por pesca, mediante la aplicación repetida de las ecuaciones, tiende a converger rápidamente hacia los valores correctos, produciendo estimaciones muy reales del reclutamiento.

La adaptación de esta metodología, que usualmente se aplica a capturas estructuradas por edad y años más bien que a datos de capturas mensuales por tallas; radica en el hecho de utilizar una curva de crecimiento en longitud, superimpuesta a la serie de tiempo mensual de composición por tallas de las capturas, para estimar la captura de una "cohorte" generada durante un mes determinado.

En este contexto, el Análisis de Población Virtual propuesto para evaluar al recurso sardina común de la Octava Región, ejecuta estimaciones poblacionales sobre "cohortes" obtenidas por superposición de curvas de crecimiento en longitud, delineadas en intervalos

mensuales, en una serie de datos de captura por clase de longitud. Para ello, la captura perteneciente a cada "cohorte" y mes, es básicamente aquella fracción de la captura mensual contenida entre dos curvas de crecimiento adyacentes.

Las principales ventajas del método, son:

(i) No se requiere conocer la composición por edades de la especie a evaluar.

(ii) Permite tener estimaciones mensuales de la población, en número de ejemplares y biomasa, y asimismo de la mortalidad por pesca promedio ejercida por mes.

(iii) Es altamente apropiado para recursos de ciclo de vida corto y rápido crecimiento como la sardina común y la anchoveta.

Las principales limitaciones, son:

(i) El crecimiento de los peces es descrito por los mismos parámetros de crecimiento.

(ii) La tasa de mortalidad natural se supone constante entre meses y tamaño de los peces.

(iii) Subjetividad en la elección de la tasa de mortalidad por pesca terminal, necesaria para inicializar las estimaciones de abundancia y mortalidad por pesca.

(iv) Se requiere calibrar las estimaciones de abundancia y biomasa con información auxiliar como

índices de abundancia relativa, esfuerzo de pesca y/o reconocimientos acústicos.

Se destaca que el método se encuentra disponible en una subrutina del programa computacional ELEFAN III de Gayanilo et al. (1988), y que se denomina VPA III; de acuerdo con este programa, los datos y parámetros de entrada al modelo de evaluación propuesto, fueron:

(i) Datos mensuales de frecuencia de tallas en las capturas (julio de 1990 a abril de 1994), para evaluar al recurso entre julio de 1990 y diciembre de 1993.

(ii) Capturas mensuales y los parámetros de la relación longitud-peso por mes, para expandir la frecuencia de tallas mensuales a las capturas totales, mediante el siguiente procedimiento:

$$FE_i = \frac{Y_i}{WS_i} \quad (34)$$

donde  $FE_i$  es el factor de expansión para el mes  $i$ ,  $WS_i$  es el peso total de los datos de composición por tallas en el mes  $i$ ; calculado por:

$$WS_i = \sum_{j=1}^n FR_{ij} PT_{ij} \quad (35)$$

donde  $PT_{ij}$  es el peso promedio de los peces en la clase de longitud  $j$  de los datos del mes  $i$ ,  $n$  es el número total de clases de longitud en los datos, y  $FR_{ij}$  es la frecuencia (porcentual) de la clase de longitud  $j$  en el mes  $i$ . El peso promedio de los

peces en cada intervalo de talla se obtiene a partir de la relación longitud total-peso total de la forma:

$$PT = aLT^b \quad (36)$$

y desde:

$$PT = \frac{1}{L_{j2} - L_{j1}} \times \frac{a}{b+1} [L_{j2}^{(b+1)} - L_{j1}^{(b+1)}] \quad (37)$$

donde  $L_{j1}$  y  $L_{j2}$  son los límites inferiores y superiores de la clase de longitud  $j$ . Esta expresión genera estimaciones insesgadas del peso promedio de los peces en una clase de longitud dada (Beyer, 1987).

(iii) Parámetros de crecimiento en longitud del tipo von Bertalanffy, con oscilación estacional en la tasa de crecimiento, que describan adecuadamente la composición por tallas del recurso en el transcurso de cada uno de los años o períodos.

(iv) Tasa de mortalidad natural  $y$ ,

(v) Tasa de mortalidad por pesca terminal ( $F_t$ ).

Con el objeto de disminuir al máximo las limitaciones del método, se utilizaron los parámetros de crecimiento en longitud de sardina común que pretender describir adecuadamente el crecimiento de las cohortes generadas durante cada año. En las estimaciones de la mortalidad por pesca terminal, se utilizó un procedimiento que consiste en ensayar varios "valores razonables" de entrada al método con el objeto de calibrar los resultados con información auxiliar. En este caso, se

utilizó datos de esfuerzo de pesca, y viajes con pesca, seleccionando el valor terminal de mortalidad por pesca que tenga la más alta correlación con el esfuerzo de pesca.

#### **2.4. ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA DEL STOCK EN LA VIII REGION.**

Las estimaciones del número de ejemplares en el mar, obtenidos mediante el APV, se agruparon mensualmente en clases regulares de longitud. El número de individuos en la clase de longitud más pequeña se definió como reclutas, y la suma del número de ejemplares desde la clase de reclutas hasta la clase de longitud máxima, en un mes dado, corresponde a las estimaciones de abundancia de sardina que había en el mar a comienzos de cada mes.

Para obtener la biomasa mensual por clase de longitud, el número de ejemplares por clase de longitud, y por mes, se multiplicó por el peso promedio, estimado mediante las respectivas ecuaciones de la relación longitud-peso de cada mes. La biomasa total (juveniles y adultos) se consideró como la suma desde la clase de longitud de reclutas hasta la clase de longitud de los ejemplares más viejos.

#### **2.5. CARACTERIZACION DEL ESTADO DE SITUACION DEL STOCK, TASA DE EXPLOTACION ACTUAL Y DETERMINACION DE LOS EXCEDENTES PRODUCTIVOS ANUALES.**

Con el objeto de caracterizar el estado de situación del stock de sardina común de la Octava Región, primero se calculó la tasa de explotación actual, de acuerdo a los

resultados del método de evaluación propuesto, y que consiste en las siguientes etapas:

### 2.5.1. CALCULO DE LA MORTALIDAD POR PESCA ANUAL

Consiste en la sumatoria de la tasa de mortalidad por pesca mensual estimada para cada año por el método propuesto, y cuyo total dará cuenta del efecto acumulativo de la intensidad de pesca aplicada a lo largo del año; lo cual se representa por la siguiente ecuación:

$$F_t = \sum_{i=1}^{12} F_i \quad (38)$$

donde  $F$  es la mortalidad por pesca, los subíndices  $i$  y  $t$  representan meses y años, respectivamente.

Además, se calculó la razón captura total-biomasa total, que da cuenta de un índice de explotación basado en peso más que en números (Pauly & Tsukayama, 1983; Pauly et al., 1987).

### 2.5.2. ESTIMACION DE LA TASA DE EXPLOTACION

La tasa de explotación ( $E_t$ ) para cada año, se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$E_t = \frac{F_t [1 - e^{-(F_t+M)}]}{F_t + M} \quad (39)$$

donde  $F_t$  es la tasa de mortalidad por pesca total aplicada en el año  $t$ .

### 2.5.3. COMPARACION DE LA TASA DE EXPLOTACION

La tasa de explotación actual se comparó con tasas de explotación conservativas, para establecer adecuadamente un diagnóstico de la situación del recurso.

Las tasas de explotación conservativas se estimaron según los siguientes criterios:

(i) Tasa de mortalidad por pesca igual a la tasa de mortalidad natural.

(ii) Tasa de explotación asociada a la mortalidad por pesca  $F_{0,1}$  y  $F_{máx}$ , obtenidas desde un análisis de rendimiento por recluta estructurado por tallas (bajo condiciones de equilibrio), según el patrón de explotación promedio obtenido desde la evaluación.

El análisis se basa en la siguiente ecuación:

$$Y/R_j = \frac{FS_j PT_j N_j [1 - e^{-(FS_j + M)\Delta t_j}]}{(FS_j + M)} \quad (40)$$

donde  $Y/R_j$  es la captura en peso por recluta en la clase de longitud  $j$ ;  $PT_j$  es el peso promedio de los peces en la clase de longitud  $j$ , obtenida desde la relación longitud-peso;  $S_j$  es el patrón de explotación y/o probabilidad de captura de la clase de longitud  $j$ ;  $F$  es la tasa de mortalidad por pesca global;  $M$  es la tasa de mortalidad natural;  $N_j$  es el número de ejemplares sobrevivientes a cada clase de longitud y se define por:

$$N_{j+\Delta t} = N_j e^{-(F_j + M) \Delta t} \quad (41)$$

donde  $N_{j+\Delta t}$  representa la sobrevivencia, en número, de ejemplares generada a partir del reclutamiento ( $R = 1$ ) en la clase de longitud más pequeña;  $\Delta t$  define el tiempo que transcurre entre el límite inferior ( $L_1$ ) y superior ( $L_2$ ) de cada intervalo de clases, siendo estimado por:

$$\Delta t = \frac{1}{K} L_n \left[ \frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2} \right] \quad (42)$$

donde  $K$  y  $L_\infty$  son parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy.

La captura total por recluta ( $Y/R$ ) dado un valor de  $F$ , se obtiene a través de

$$Y/R_F = \sum_{j=1}^n Y/R_j \quad (43)$$

donde  $j$  representa clases de longitud, siendo  $n$  el número total de clases de longitud. De esta manera, el análisis consiste en graficar los distintos valores de  $Y/R$  en función de la tasa de los valores de mortalidad por pesca que se especifican para obtener una curva de captura por recluta, y donde se puede identificar  $F_{0,1}$  y  $F_{máx}$ .

#### 2.5.4. DETERMINACION DE LOS EXCEDENTES PRODUCTIVOS ANUALES

Dada las características del recurso y el método que se aplicará para su evaluación, se ha consignado que la unidad básica de tiempo es el mes, donde el reclutamiento, la mortalidad total y el crecimiento de los ejemplares que definen la biomasa del recurso en cada mes, es análogo a las evaluaciones de stock cuya unidad básica de tiempo es el año calendario. Sin embargo, en atención al requerimiento de cálculo de excedentes productivos anuales, el Excedente de Producción Anual (EPA) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$EPA_t = \sum_{i=1}^{12} EPM_i \quad (44)$$

donde:

$$EPM_i = B_{i+1} - B_i + Y_i \quad (45)$$

$EPM_i$  es el excedente productivo en el mes  $i$ ;  $B$  representa la biomasa del recurso en los meses  $i+1$  e  $i$ , respectivamente y,  $Y_i$  representa la captura total en peso obtenida en el mes  $i$ .

## CAPITULO 3: RESULTADOS

### 3.1. CARACTERIZACION DE LA PESQUERIA Y DEL STOCK DE Strangomera bentincki EN LA OCTAVA REGION

Este capítulo comprende el desarrollo del objetivo específico 4.1. de los Términos Básicos de Referencia de las Bases Especiales, esto es: "Caracterizar la pesquería de sardina común en base a la información biológico-pesquera que se reúna del stock y de la pesquería en el área sujeta a estudio".

De acuerdo a lo expuesto, el Capítulo cubre cuatro tópicos principales, a saber: (i) características ambientales de la zona de estudio; (ii) principales aspectos biológicos de S. bentincki, particularmente en lo que se refiere a unidad de stock, aspectos reproductivos, estructura de tallas, crecimiento y mortalidad natural; (iii) aspectos pesqueros, relacionados con el tipo y número de embarcaciones, estructura y operación de la flota, y estacionalidad de la captura; (iv) fluctuaciones históricas de la abundancia, orientado principalmente a caracterizar la situación del recurso en épocas pasadas, cuando constituía, junto a la anchoveta, el principal recurso pesquero de la región.

#### 3.1.1. CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL AREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1.1. CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

La costa de la Octava Región se extiende desde los 36° a los 38°30' de latitud Sur, con aproximadamente 447 km de línea de costa (Ahumada, 1989).

Esta zona presenta una serie de peculiaridades, que deben ser tomadas en consideración en estudios que enfoquen la oceanografía y la ecología del ambiente nerítico: (i) la existencia de un sistema de bahías; (ii) una compleja topografía de fondo que incluye la más ancha plataforma continental del país, limitada al norte y sur por dos cañones submarinos, los que interrumpen la continuidad del fondo marino; (iii) la existencia de una marcada estacionalidad en las características oceanográficas y en el ciclo de producción, asociado fundamentalmente a la existencia de procesos de surgencia costera en el período estival y, (iv) la existencia de importantes aportes fluviales.

El sistema de bahías está conformado, de norte a sur, por las bahías de Coliumo, de Concepción, de San Vicente y por el Golfo de Arauco. Todas estas, a excepción de la de San Vicente, están controladas por fallas geológicas de rumbo N-S, quedando su eje meridional orientado hacia el norte (Biro, 1979, *fide* Ahumada, 1989).

La topografía submarina de la región (Mordojoovic, 1983) se distingue, de norte a sur, por: (i) el valle submarino del Itata, que corresponde a la proyección del río Itata, el que se diferencia del cañón del río Biobío por presentar menor profundidad y mayor extensión; (ii) la terraza del Itata, extendiéndose entre 30-35 m.n. desde la costa, conformando la más ancha plataforma continental de la costa chilena; (iii) la existencia de promontorios importantes (50 - 60 m de profundidad) situados en el borde de la plataforma continental del Itata; (iv) el cañón submarino del río Biobío, angosto (3-10 km) y profundo (1000 m a 15 m.n. de la costa), el que virtualmente divide la plataforma continental en dos sectores; (v) el golfo de Arauco, sistema semicerrado con

una profundidad media de aproximadamente 50 m; y por último (vi) el valle submarino Lleulleu (38° S) situado al norte de la Isla Mocha.

Los aportes fluviales de mayor importancia en la región son consecuencia de dos ríos: el Itata y el Biobío, ambos de carácter nivo-pluvial con origen en la Cordillera de los Andes.

### 3.1.1.2. CONDICIONES METEOROLOGICAS COSTERAS

Las condiciones meteorológicas de la región centro-sur de Chile, están determinadas por la ubicación estacional del centro anticiclónico del Pacífico.

La alternancia anticiclonal - ciclonal, causa fuerte inestabilidad de mal tiempo durante el invierno, entre los 30 y 40°S, cuando el centro anticiclónico se desplaza hacia el norte, generando vientos predominantes desde el norte y noroeste. Lo contrario ocurre durante el período estival, donde el régimen climático es dominado por vientos del sur y suroeste. Los vientos del eje este-oeste, no se hacen nunca dominantes en la escala estacional o mensual (Figs. 7 y 8).

La figura 9 muestra la variabilidad de mesoescala del stress de viento en la región de estudio. Durante parte del otoño y principalmente en el período invernal, es notable la dominancia de vientos del norte (valores de stress de viento negativos), desfavorables al desarrollo del proceso de surgencia costera.

Vientos favorables a desarrollar surgencia ocurren desde el comienzo de la primavera (septiembre) hasta el término

del verano (fines de marzo). El análisis de las series de tiempo permiten establecer la existencia de cierto grado de variabilidad interanual en los patrones estacionales de vientos.

Durante el período de surgencia, los vientos soplan desde el SW por aproximadamente 3-6 días, luego del cual se verifica un período de relajación del sistema atmosférico que trae como consecuencia situaciones de calma o inversión de los vientos (Arcos & Navarro, 1986; Arcos, 1987; Peterson et al., 1988; Aliste, 1994).

Aliste (1994), al analizar la serie de tiempo de viento diario entre los años 1980-1994, y sus medidas asociadas (transporte de Ekman, índice de turbulencia), muestra el mismo patrón estacional descrito por Arcos & Navarro (1986).

### 3.1.1.3. CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS

#### *Masas de agua.*

A partir de numerosos estudios oceanográficos realizados en la región centro-sur de Chile (Silva & Konow, 1975; Ahumada & Chuecas, 1979; Arcos & Salamanca, 1984; Ahumada et al., 1985; Arcos, 1987; Osses & Blanco, 1991; Serra et al., 1994a, 1994b), se distinguen las siguientes masas de agua predominantes: (1) las Aguas Subantárticas Superficiales (ASSA); (2) las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) y, en profundidad (3) las Aguas Intermedias Antárticas (AIA). En ciertos cruceros se ha podido detectar, al norte de los 33°S, la penetración hacia la costa de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) (Silva & Konow, 1975). La figura 10 muestra, a través de

un diagrama T-S, las masas de agua características en frente a las costas de la Octava Región.

Las ASSA, se desplazan superficialmente (límite inferior a los 100 m de profundidad) hacia el norte, bordeando la costa de Sudamérica, pudiendo cambiar localmente algunas de sus características físico-químicas en superficie, sobre todo por aporte fluvial en meses de invierno.

Las AESS, formadas en la región ecuatorial del Pacífico Sudeste, se desplazan hacia el sur a una profundidad entre 100 y 400 m. Una contrastación con los valores de origen de esta masa de agua (Silva & Konow, 1975) indica que, frente a las costas de la Octava Región esta masa de agua conserva un 77% de su valor T-S de origen (Ahumada & Chuecas, 1979).

Las ASSA se caracterizan por ser aguas de menor densidad, mayor temperatura y alto contenido de oxígeno disuelto, presentar bajas concentraciones de nutrientes y un flujo superficial hacia latitudes bajas. Las AESS, en cambio, se caracterizan por ser aguas más frías (debido a su condición de aguas subsuperficiales), más densas, pobres en oxígeno disuelto y ricas en nutrientes, fluyendo hacia latitudes altas.

La Tabla 9 presenta una caracterización de cada masa de agua, en relación a las variables oceanográficas clásicas.

Tabla 9. Características de las masas de agua en la zona nerítica frente a las costas de la Octava Región (36°S) (modificado de Ahumada, 1989).

Variable	ASAA	AESS	Unidades
Temperatura	>13,0	<11,5	°C
Salinidad	<34,2	>34,5	psu
Densidad	<25,5	>26,5	sigma-t
Oxígeno disuelto	> 6,5	> 1,0	ml/l
Nitratos	< 3,5	>25,0	µg/l
Amonio	< 0,3	< 5,0	µg/l
Fosfatos	< 0,3	> 2,5	µg/l
Silicatos	<10,0	>20,0	µg/l
Dirección Flujo	Norte	Sur	

*Distribución temporal (Mesoescala).*

El régimen hidrográfico frente a las costas de la Octava Región, muestra un marcado patrón estacional debido al dominio del proceso de surgencia entre los meses de septiembre y fines de marzo, período en que este proceso (surgencia/relajación) está bien definido (Brandhorst, 1971; Ahumada & Chuecas, 1979; Shaffer, 1984; Arcos & Salamanca, 1984; Arcos, 1987; Peterson et al., 1988). Estas características hacen que el sistema hidrográfico en esta región, presente un alto grado de variabilidad en la escala estacional, semanal y diaria (Arcos, 1987, Peterson et al., 1988, Núñez, 1990).

La variabilidad de mesoescala en la distribución temporal de variables oceanográficas para las costas de la Octava Región, es presentada en las figuras 11 a 13. Estas figuras (Arcos, 1987), corresponden a una serie de tiempo (de resolución semanal) por un período de 20 meses de observación en una estación fija de muestreo situada en la zona nerítica frente a las costas de Concepción

(Arcos, 1987), constituyéndose en una de las series bio-oceanográficas más extensas realizadas en nuestro país.

La distribución de temperatura muestra, durante los meses de invierno (junio, julio y agosto) una columna de agua bien mezclada, con valores fluctuando entre 12 y 13 °C. A comienzos de primavera (septiembre), el inicio del dominio de los vientos provenientes del sur y suroeste, revelan un débil ascenso de aguas frías (isoterma de 12 °C) hacia la superficie. La salinidad y densidad siguen un patrón similar durante este período, sin mostrar gradientes verticales de importancia. La ausencia de una termoclina definida y los cambios de salinidad superficial en la zona más costera, producto de los aportes de agua dulce proveniente de los ríos locales, hacen que, durante el período invernal la distribución vertical de densidad este modulada por variaciones en la salinidad más que por la temperatura.

El persistente dominio de vientos provenientes del sur y suroeste, el ascenso de aguas frías y densas a la superficie y la presencia de un frente de divergencia entre los 30-40 km desde la costa (posición variable según algunos autores), marca el inicio de la estación de surgencia (período estival).

La distribución temporal estacional de oxígeno disuelto y clorofila-a, como variables biológicas que caracterizan el ambiente oceanográfico del área de estudio, es presentada en las figuras 12b y 13.

El período invernal se encuentra caracterizado por una columna de agua bien oxigenada, mostrando valores de oxígeno disuelto mayores a 6 ml/l y concentraciones bajas de clorofila-a (< 1 mg/m<sup>3</sup>).

El período primaveral y estival, por otra parte, se caracteriza por presentar concentraciones mínimas de oxígeno subsuperficiales y concentraciones altas de nutrientes, debido a la intrusión de AESS, y una estratificación de la columna de agua que conlleva a la presencia de altas concentraciones superficiales y subsuperficiales de clorofila-a. Arcos (1987), destaca el lapso de tiempo de una a dos semanas entre la presencia del máximo de clorofila y el descenso en la concentración de nitratos.

La Tabla 10 presenta valores característicos de variables oceanográficas para el período estival e invernal en el área nerítica de la Octava Región.

**Tabla 10. Características hidrográficas (valores promedio) para los períodos estival e invernal en la zona costera de la Octava Región. Tomado de Ahumada (1989).**

Variabes	Verano	Invierno	Unidades
Radiación	465,7	194,3	cal/cm <sup>2</sup>
Temperatura	12,8	13,5	°C
Salinidad	34,45	33,97	psu
(NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> - NH <sub>4</sub> )	28,4	13,5	µg/l
Relación N/P	10,3/1	15/1	µM
Clorofila-a (*)	50,0	16,0	mg/m <sup>3</sup>
Producción Primaria	190,0	95,4	mgC/m <sup>2</sup> /h
Indice fotosintético	3,5	1,8	mg/mgCl <sub>a</sub> /h

(\*) Valores máximos

#### *Distribución temporal (Pequeña escala).*

Estudios temporales de pequeña escala (de resolución diaria) en la distribución de variables oceanográficas en la zona costera de la Octava Región, han sido desarrollados por Shaffer (1984), Ahumada et al. (1985),

Arcos (1987), Peterson *et al.* (1988), Núñez (1990) y Arcos *et al.* (1994), fundamentalmente asociados a la alternancia de alta frecuencia entre eventos de surgencia activa y de relajación, durante el período estival. Existe una cierta variabilidad interanual en los patrones de distribución a esta escala de tiempo, ya que cada serie refleja las diferencias en la intensidad de stress del viento evaluado para cada período en particular.

Es así como Arcos (1987), Peterson *et al.* (1988) y Arcos *et al.* (1994) concluyen que el proceso de surgencia presenta un alto grado de variabilidad y tiene un carácter episódico (en la escala del evento). A esta escala, se ha definido la duración de eventos de surgencia entre 4-6 días (Arcos & Navarro, 1986; Arcos, 1987; Arcos *et al.*, 1987; Peterson *et al.*, 1988), seguido por eventos de relajación de 2-6 días.

El patrón de distribución de las variables oceanográficas observadas a esta pequeña escala, durante la estación de surgencia, es ejemplificado en las figuras 14 a 16.

En general, durante eventos de surgencia activa, en general se presenta una columna de agua bien mezclada, con la presencia de aguas frías ( $<11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), más densas ( $>26,4$ ) y con mayores concentraciones de nitratos (20-25  $\mu\text{M}$ ) cerca de la superficie. La concentración de clorofila-a decrece durante eventos de surgencia activa y disminuye también la concentración de oxígeno disuelto en el estrato de fondo por efecto de intrusión de AESS. La figura 16 muestra la variación en el gradiente vertical de densidad, usado como estimador de la condición (estratificación/homogeneización) de la columna de agua, durante eventos de surgencia activa y relajación.

Durante el período de relajación, la columna de agua presenta una estratificación definida, con aguas de temperaturas mayores a 15°C y densidades alrededor de 25,0 en superficie. Durante este período, la concentración de clorofila aumenta y los nutrientes disminuyen.

La Tabla 11 presenta algunas características físicas y químicas de las aguas superficiales en el área de estudio, considerando eventos de surgencia activa y relajación.

**Tabla 11. Características fisicoquímicas y biológicas de las aguas superficiales en el área costera de la Octava Región, durante períodos de surgencia activa y de relajación (modificado de Arcos, 1987).**

Variable	Proceso de surgencia		Unidades
	Surgencia activa	Relajación	
Temperatura	11,5 - 12,5	13,5 - 15,5	°C
Salinidad	34,4 - 34,6	33,5 - 34,3	psu
Densidad	25,5 - 26,4	25,0 - 25,9	sigma-t
Oxígeno disuelto	<1,0 - 3,0	4,0 - 7,5	ml/l
Nutrientes (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	15,0 - 25,0	5,0 - 10,0	µM
Clorofila-a	1,0 - 5,0	10,0 - 25,0	mg/m <sup>3</sup>

#### *Distribución espacial (Mesoescala).*

La distribución espacial superficial de las condiciones hidrográficas en la región de estudio, durante el período invernal (junio - julio) son presentadas en las figuras 17 a 19.

La distribución espacial de temperatura superficial revela un patrón homogéneo, fluctuando en torno a los

14 °C, para la zona costera de la Octava Región (Serra et al., 1994b). La estructura vertical de la columna de agua muestra una capa de mezcla que fluctúa entre los 20 y 60 m, la que experimenta un leve enfriamiento hacia el sureste.

La distribución horizontal de salinidad (Fig. 17a), muestra la influencia de aguas menos salinas producto del aporte de agua dulce de los ríos locales (Maule, Itata y Biobío), afectando desde las 20 a las 40 m.n. desde la costa. Entre Punta Nugurne y Punta Lavapié, existe una capa de mezcla muy disminuida, caracterizándose por presentar una capa superficial (0-30 m) de aguas menos salinas.

La distribución de densidad no muestra gradientes importantes al norte de Punta Nugurne, con valores fluctuando alrededor de 25,0. Entre Punta Nugurne y Punta Lavapié, se observa un fuerte efecto de aguas menos densas cercanas a la costa, con la isopícnica de 25,0 cerca de las 40 m.n. costa afuera (Fig. 18a). La capa superficial costera no muestra un grado de mezcla importante.

La distribución horizontal superficial de oxígeno disuelto, muestra valores homogéneos en toda el área de estudio, fluctuando alrededor de los 5 ml/l (Fig. 18b). Las secciones oceanográficas para este parámetro muestran una disminución paulatina con la profundidad, alcanzando valores menores a 1 ml/l hacia los 200-250 m. Asimismo, la distribución horizontal de nitratos (Fig. 19a), muestra valores superficiales homogéneos (1,0 - 1,7  $\mu\text{g-at/l}$ ), con las mayores concentraciones asociadas a la desembocadura de los grandes ríos de la región (*i.e.*, Biobío), alcanzando valores superiores a 5  $\mu\text{g-at/l}$ .

En el verano, y a través del análisis de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (TSM) durante el período de surgencia costera, Cáceres & Arcos (1991) y Cáceres (1992) proponen una zonación en la región costera de la Octava Región, en función de la presencia de aguas con diferente temporaneidad durante eventos de surgencia activa. Estos autores indican también la generación de zonas de diferentes dinámicas (remolinos de pequeña escala, zonas de menor advección, etc), producto de la conjugación entre la alternancia de eventos de surgencia costera y las características batimétricas en el área de estudio.

*Distribución espacial (Pequeña escala).*

Las condiciones hidrográficas observadas a una pequeña escala espacial (kilómetros) para la Octava Región, han sido estudiadas a través de cruceros realizados por el Instituto de Investigación Pesquera (datos no publicados). Estos autores han trabajado en una densa grilla de estaciones (30-38) en un área que abarca latitudinalmente, desde la desembocadura del río Itata hasta Punta Lavapié y, longitudinalmente desde la costa hasta las 25 m.n. mar afuera.

Durante el mes de septiembre (inicio del período primaveral), la distribución horizontal superficial de temperatura (Fig. 20) muestra valores bajos y relativamente homogéneos (11,6 - 13,1 °C), presentando dos núcleos de mayor temperatura asociados a la parte media de la plataforma continental frente a Talcahuano. El saco del Golfo de Arauco, al igual que las puntas asociadas a las bahías de Coliumo, Concepción y San Vicente, muestran las menores temperaturas (<12,0 °C). Estas puntas responden topográficamente a los vientos del

S y SW (inicio del período de surgencia en la región), generando focos locales de surgencia costera.

La distribución horizontal superficial de salinidad y densidad (Figs. 21 y 22), indica aguas más salinas y más densas (25,5 - 26,0) asociadas a las salientes topográficas descritas en el párrafo anterior, confirmando los procesos locales de surgencia de aguas más densas. Aguas menos densas (<24,5) se distribuyen en la parte media de la plataforma continental, frente a la Bahía de Concepción.

#### *Distribución espacial (Estructura costa-océano)*

La distribución espacial de pequeña escala en el área de estudio, ha sido también estudiada en función de la estructura costa-océano (Ahumada et al., 1985; Arcos, 1987; Ahumada, 1989; Núñez, 1990; Arcos et al., 1994)

Estos estudios han relacionado la distribución de las condiciones oceanográficas y el tiempo de respuesta del océano con: (1) la alternancia de eventos de surgencia activa y relajación en el área costera de la Octava Región, por lo que se han desarrollado fundamentalmente en la época estival y (2) las características batimétricas del área de estudio, por lo que los transectos perpendiculares a la costa han considerado la parte más ancha de la plataforma continental chilena (terraza del Itata).

A pesar de que la mayoría de los estudios de este tipo se han desarrollado durante el período estival, Arcos et al. (1994) con el objeto de detectar gradientes costa-océano durante el período de máxima reproducción de clupeiformes en la región, realiza el análisis de transectos

perpendiculares a la costa durante el período invernal, (Fig. 23), revelando un patrón de distribución homogéneo sin la presencia de gradientes verticales de importancia. Los autores señalan que, a pesar de no detectar una termoclina definida en el área de estudio, durante el período invernal el aporte de agua dulce proveniente de los ríos Itata y Biobío, evidencian una marcada haloclina (Fig. 23b) en la región costera e intermedia de la plataforma continental (hasta casi las 40 m.n. desde la costa).

Se indica una picnoclina evidente (Fig. 23c) en la región más costera del área de estudio (involucrando las primeras 30 m.n.), lo que indica una modulación de este parámetro por la salinidad.

Durante el período primaveral (Ahumada *et al.*, 1985; Arcos, 1987; Ahumada, 1989) y estival (Núñez, 1990; Arcos *et al.*, 1994), la estructura hidrográfica en un gradiente costa-océano, ha sido definida, principalmente por la variabilidad en la alternancia de los eventos de surgencia activa y de relajación.

Durante la época de surgencia costera (septiembre-marzo), estos autores coinciden en que, durante eventos de surgencia activa, la estructura costa-océano frente a la Octava Región, revela diferencias longitudinales marcadas, e implica: (1) un sector de divergencia situado entre 20-30 m.n. desde la costa, (2) una columna de agua bien mezclada en los primeros estratos de la columna de agua, (3) un sector más costero (2-10 m.n.) con una débil termoclina.

Este frente de surgencia, divide el área de estudio en un sector costero y otro oceánico, situación que es

revertida durante el período de relajación.

La alternancia de alta frecuencia (3-6 días) entre eventos de surgencia activa y de relajación, hacen pensar que las diferencias detectadas permanezcan por un corto período de tiempo, lo que estaría asociando íntimamente esta variabilidad oceanográfica a las fluctuaciones de pequeña escala en el régimen de vientos en la región.

Las figuras 24 y 25 muestran la distribución longitudinal de temperatura, salinidad y densidad durante eventos de surgencia y de relajación frente a las costas de la Octava Región (Arcos et al., 1994). Así mismo, las figuras 26 a 28 muestran la distribución longitudinal de variables ambientales biológicas como, fluorescencia *in vivo* y microzooplancton (ciliados y nauplius), frente las costas de la Octava Región considerando eventos activos y relajados de surgencia. La distribución de estas variables, indican una clara asociación con la circulación característica de regiones dominadas por un activo transporte de Ekman.

El patrón de corrientes en un transecto costa-océano, durante eventos de surgencia activa y de relajación, ha sido estudiado por Ahumada (1989) en la zona nerítica de la Octava Región. El autor indica que, durante eventos de surgencia activa, la componente paralela a la costa (componente V) muestra un flujo superficial dominante positivo hacia el ecuador y tres núcleos de alta velocidad hacia los polos. La componente perpendicular a la costa (componente U, positiva al Este) muestra una celda de surgencia bien desarrollada, con un flujo subsuperficial hacia la costa (entre 20 y 70 m de profundidad) y dos flujos hacia el océano: uno superficial y otro profundo, formando una doble celda de

circulación (Fig. 29).

Durante eventos de relajación, la componente V muestra un flujo hacia los polos en casi la totalidad de la columna de agua y una disminución de la velocidad. La componente U muestra un flujo superficial y otro profundo hacia la costa y un flujo intermedio hacia el océano. El autor sostiene que, en general, las velocidades encontradas son moderadas y no exceden los 12 cm/s (Fig. 29).

### 3.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE Strangomera bentincki

#### 3.2.1. UNIDADES DE STOCK

##### *Morfometría y merística*

Se observó diferencias significativas en la distribución de frecuencias de talla (Fig. 30) entre las muestras de Talcahuano y Puerto Montt ( $F_{(1, 508)} = 4,073$ ;  $p < 0,05$ ). El ajuste de las variables morfométricas redujo el coeficiente de determinación entre LT y los trazos morfométricos brutos (Tabla 12), indicando que la diferencia de tallas entre los ejemplares muestreados no aporta un efecto significativo en la diferenciación morfométrica. Las regresiones entre LT y las variables merística (Tabla 12) no describen efectos entre el número de estructuras (número de escamas y número de radios de las aletas, por ejemplo) y la talla.

Los resultados del Análisis Canónico (Tabla 13), revelan que los mayores valores del estadístico F se obtienen para la diferenciación entre localidades. En la diferenciación estacional morfométrica se observan valores de F similares a los que explican la

diferenciación entre las localidades. Sin embargo, para la merística, los valores de F son significativamente menores que en la diferenciación entre Talcahuano y Puerto Montt. Las variables morfométricas que explican la diferenciación entre localidades están asociadas a la región cefálica y caudal de los peces, en tanto que las que explican la diferenciación estacional se asocian principalmente a la región media del cuerpo de los peces. La variable merística que obtiene un mayor valor de F es el número de escamas de la línea lateral.

Tabla 12. Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre LT versus los trazos morfométricos y recuentos merísticos brutos y ajustados en S. bentincki, independientemente.

Carácter	Morfometría		Carácter	Merística	
	Bruto	Ajustado		Bruto	Ajustado
1-2	0,736	0,049	ELL	0,009	0,011
1-3	0,829	0,032	EPC	0,000	0,000
2-3	0,864	0,109	EDSLL	0,000	0,000
1-4	0,796	0,114	EVBL	0,000	0,000
2-4	0,735	0,134	EABLL	0,000	0,000
3-4	0,886	0,029	RD	0,019	0,019
3-5	0,790	0,008	RP	0,009	0,000
4-5	0,878	0,001	RV	0,000	0,000
3-6	0,862	0,000	RA	0,015	0,005
4-6	0,908	0,074			
5-6	0,709	0,000			
5-7	0,755	0,012			
6-7	0,867	0,002			
5-8	0,750	0,000			
6-8	0,686	0,049			
7-8	0,786	0,004			
7-9	0,660	0,038			
8-9	0,842	0,009			
7-10	0,810	0,004			
8-10	0,820	0,019			
9-10	0,743	0,021			
9-11	0,522	0,003			
10-11	0,846	0,002			

Tabla 13. Valores del estadístico F y valor P de las variables discriminantes morfométricas y merísticas de *S. bentincki*, resultado de los Análisis Canónicos realizados en la determinación de las diferencias entre las localidades de Talcahuano y Puerto Montt y dentro de la localidad de Talcahuano para el análisis de diferenciación estacional (V.C.= Variable clasificatoria utilizada).

V.C.	Morfometría			Merística		
	Carácter	Estadístico		Carácter	Estadístico	
		F	P		F	P
<b>LOCALIDAD</b>						
	1-2	88,650	0,000	ELL	257,729	0,000
	2-4	31,814	0,000	RA	16,894	0,000
	7-10	26,669	0,000	RD	8,829	0,003
	7-8	29,545	0,000	RP	0,528	0,468
<b>ESTACION</b>						
	1-2	35,920	0,000	ELL	14,969	0,000
	2-3	36,603	0,000	RA	5,882	0,001
	3-5	32,631	0,000	RD	11,664	0,000
	4-5	28,940	0,000	RP	3,003	0,030
	5-6	13,896	0,000			
	5-8	28,262	0,000			

Los resultados del Análisis de Componentes Principales muestran una tendencia similar a los del Análisis Canónico (Figs. 31 y 32), donde la mayor segregación merística se presenta entre las localidades de Talcahuano y Puerto Montt (Fig. 31a), en tanto que la morfométrica es similar entre estas localidades (Fig. 31b) y entre estaciones (Fig. 32b).

Los componentes de carga (*component loadings*) de las distancias morfométricas y recuentos merísticos en las tres primeras componentes principales, para el análisis por localidad (Tabla 14), indican que las variables morfométricas asociadas a la cabeza presentan mayor correlación con la primera componente principal (CP1), en tanto que las asociadas a la región caudal están mejor

correlacionadas con la segunda (CP2) y tercera componente (CP3). Para los recuentos merísticos, la variable mejor correlacionada con la primera componente principal es el número de radios de la aleta pectoral, mientras que el número de escamas de la línea lateral se correlaciona con la segunda componente.

Tabla 14. Componentes de carga de las distancias morfométricas y merísticas en las tres primeras componentes principales en *S. bentincki*. Con el símbolo '\*' se indica los mayores valores en relación a la respectiva componente (CPi = i-ésima componente principal; V.E (%) = porcentajes de varianza explicada).

	Variable	CP1	CP2	CP3
MORFOMETRIA	1-2	-0,018 *	0,009	0,000
	2-4	-0,019 *	0,008	0,004
	7-10	0,012	0,019 *	-0,008
	7-8	0,010	0,007 *	0,018
V.E (%)		42,650	25,330	18,230
MERISTICA	ELL	-0,248	0,872 *	0,395
	RD	0,569 *	0,472	-0,472
	RP	0,681 *	0,069	-0,108
	RA	0,620 *	-0,161	0,711
V.E (%)		30,850	25,340	22,390

En la determinación de los efectos a través de un ANCOVA realizado sobre los puntajes de la primera componente principal (Tabla 15), se visualiza que la localidad es la variable donde el estadístico F alcanza un mayor, explicando un 66% del efecto para la morfometría y un 68% para la merística.

Tabla 15. Resultados del ANCOVA realizado para *S. bentincki* en la determinación de los efectos; la variable clasificatoria fue la localidad y las covariables el trimestre y la longitud total.

Fuente	SC	gl	CM	F	P
<b>MORFOMETRIA</b>					
Localidad	0,116	1	0,116	192,138	0,000
Estación	0,035	1	0,035	57,305	0,000
Longitud Total	0,025	1	0,025	41,912	0,000
Error	0,305	506	0,001		
<b>MERISTICA</b>					
Localidad	11,672	1	11,672	12,076	0,000
Estación	3,983	1	3,983	4,090	0,044
Longitud Total	1,580	1	1,580	1,622	0,203
Error	492,830	540	0,974		

#### *Fauna parasitaria*

El número de ejemplares de cada sexo fue similar ( $X^2=1,33$ ;  $p<0,05$ ); el rango de tamaños fluctuó entre 7,5 y 17,5 cm LT. Se encontró que los peces de Talcahuano fueron significativamente más pequeños que los de Puerto Montt ( $F_{(1;547)}=27,03$ ;  $p<0,001$ ; Fig. 33). Las diferencias en la talla promedio y en la proporción de sexos de los peces desembarcados en Talcahuano (Tabla 16), no fueron significativas ( $F_{(1;547)}=2,95$ ;  $p>0,05$ ).

Tabla 16. Fechas de muestreo de *S. bentincki* por localidad, número de peces examinados, longitud total (LT) promedio y su respectiva desviación estándar (d.e.).

Fecha de muestreo	Peces examinados	LT (cm)	(d.e.)
PUERTO MONTT			
03.04.93	100	12,9	(0,8)
TALCAHUANO			
04.05.93	100	12,1	(1,2)
06.08.93	40	13,3	(1,8)
07.08.93	40	10,4	(1,9)
30.08.93	40	12,2	(1,8)
02.09.93	37	11,9	(1,5)
02.09.93	41	11,7	(1,6)
20.10.93	60	12,8	(1,3)
21.10.93	24	10,8	(0,6)
02.11.93	40	12,8	(0,9)
02.11.93	30	12,5	(1,3)

En la Tabla 17 se presentan los taxa parasitarios detectados en *S. bentincki*; cinco de los seis taxa se encuentran en menos del 5% de los peces examinados, por lo que fueron descartados de análisis posteriores, en que se consideró sólo al grupo larvas de estado III de *Hysterothylacium* sp. (*sensu* Deardorff & Overstreet, 1981; Tabla 18). Todos los ejemplares de *Hysterothylacium* sp. fueron recuperados desde la cavidad celomática, principalmente desde los mesenterios que recubren el tracto digestivo.

Tabla 17. Registro de los parásitos detectados en S. bentincki en Talcahuano y Puerto Montt, entre abril y noviembre de 1993. (\*): Prevalencia promedio inferior al 5%.

Taxa parasitarios	Estado de desarrollo	Sitios de infección
<b><u>Endoparásitos</u></b>		
Phylum PLATYHELMINTHES		
Clase CESTODA		
Parabothriocephalidae(*)	Maduro	Ciegos pilóricos
Pseudophyllidea(*)	Plerocercoside	Cavidad celomática
Trypanorhynchidea(*)	Plerocercoside	Cavidad celomática
Phylum ASCHELMINTHES		
Clase NEMATODA		
<u>Hysterothylacium sp.</u>	Juvenil	Cavidad celomática
<b><u>Ectoparásitos</u></b>		
Phylum ARTHROPODA		
Clase CRUSTACEA		
Orden ISOPODA		
Cymothoidae	Juvenil	Cavidad bucal
Orden COPEPODA		
Caligidae(*)	"chalimus"	Aletas

Tabla 18. Prevalencia, abundancia promedio (número promedio de individuos parásitos por hospedador) y número total de individuos parásitos recuperados (NIP) de Hysterothylacium sp. en S. bentincki. (n): número de peces examinados.

	Talcahuano (n=452)	Puerto Montt (n=100)
Prevalencia	15,70	46,00
Abundancia	0,20	0,85
NIP	92	85

No se encontró diferencias significativas en la abundancia de Hysterothylacium sp. respecto al tamaño del hospedador, por lo que es poco probable que éste se acumule con el aumento de talla ( $r_s(\text{Thno}) = -0,070$ ,  $p > 0,05$ ;  $r_s(\text{Pto Montt}) = 0,043$ ,  $p > 0,05$ ; Fig. 34). En consecuencia, a pesar de existir diferencias significativas en el tamaño promedio de los peces entre Talcahuano y Puerto Montt, ésta no influye en los resultados. La abundancia de Hysterothylacium sp. no estuvo asociada al sexo del hospedador, en ninguna de las localidades analizadas (Prueba U de Mann-Whitney;  $p < 0,01$ ), por lo que en lo sucesivo se trabajó con ambos sexos conjuntamente.

La prevalencia parasitaria de Hysterothylacium sp. fue significativamente mayor en los peces desembarcados en Puerto Montt (Fig. 34), ya sea considerando las comparaciones entre muestras simultáneas como para el total ( $t_s = 22,21$ ;  $p < 0,001$  y  $t_s = 6,12$ ;  $p < 0,001$ ; respectivamente). Algo similar ocurrió con la abundancia parasitaria, tanto entre muestras como entre grupos de tamaño corporal equivalente. Por lo tanto, se infiere la existencia de historias de vida distintas en los peces de ambas localidades, aunque de similar tamaño corporal.

El análisis sobre los promedios mensuales de la abundancia de Hysterothylacium sp. en S. bentincki, entre localidades, mostró la persistencia de diferencias en los niveles de infección, encontrándose siempre menos parasitados los peces desembarcados en Talcahuano (Prueba U de Mann-Whitney,  $p < 0,01$ ). De esta manera, se infiere que es poco probable la mezcla de hospedadores entre Puerto Montt y Talcahuano en el período de estudio, lo que apoya la existencia de dos stocks dinámicos independientes en la vecindad de cada una de esas

localidades.

### 3.2.2. ASPECTOS REPRODUCTIVOS.

#### 3.2.2.1. EPOCA DE DESOVE.

##### *Indice gonadosomático (IGS).*

La evolución mensual del índice gonadosomático promedio de las hembras de sardina común, en el período comprendido entre julio de 1990 y diciembre de 1993 se presenta en la figura 35. Los más altos IGSs promedio, sobre 4%, ocurrieron entre julio y septiembre de 1990; entre julio y agosto de 1991; entre junio y octubre de 1992; y entre junio y octubre de 1993 (Fig. 35). A su vez, en 1993, se presentaron valores relativamente altos entre enero y marzo, indicando la presencia de un período reproductivo secundario.

De acuerdo a lo expuesto, la expresión de los más altos valores del IGS promedio, estaría indicando que la principal época de desove de esta especie ocurre en pleno invierno, con un máximo en agosto (Fig. 36). Sin embargo, la evolución del IGS en el período de estudio presenta fluctuaciones interanuales, reflejando en algunos años una época de desove más extensa en el tiempo, caso de 1992 y 1993; y en otros una actividad reproductiva que se expresa fuertemente en unos pocos meses, caso de 1990 y 1991.

##### *Porcentaje de hembras maduras*

La distribución temporal de los estados de madurez sexual de las hembras de sardina común, en el período enero de

1992-diciembre de 1993, indica que la mayor frecuencia de hembras en maduración (estado 3) y maduras (estado 4) ocurre entre junio y septiembre (Fig. 37). Se observa además, que la mayor frecuencia de hembras en estado 5 (hidratado), ocurre en igual período de tiempo.

### *Ictioplancton*

La distribución temporal del componente ictioplanctónico en el área costera de la Octava Región, ha sido estudiado por diversos autores (Muñoz, 1983; Herrera et al., 1985; Castillo et al., 1985; Bernal et al., 1990; Llanos, 1990; Arcos et al., 1994).

Sin embargo, a la fecha sólo existe una serie de tiempo semanal de 20 meses de duración, que ha permitido determinar la distribución temporal estacional del componente ictioplanctónico frente a las costas de la Octava Región (Sepúlveda, 1990). Esta información permite contrastar los períodos de máxima actividad reproductiva de los ejemplares adultos con la expresión inmediata del desove, i.e. larvas en el plancton.

La figura 38 presenta la distribución estacional de la abundancia de estados larvales de *S. bentincki* determinada en la zona nerítica de la Octava Región (Sepúlveda, 1990). Este autor concluye que la especie más representativa de dicha serie de tiempo fue *E. ringens*, seguido en orden de abundancia por *Sardinops sagax*, mostrando ambas especies máximos de abundancia larval desfasados en el tiempo.

La distribución de larvas de *S. bentincki* presentó, al igual que las otras especies de clupeiformes, dos máximos de abundancia larval. El primero de ellos estuvo asociado

al período del término del invierno e inicio del período de surgencia (mediados de agosto a fines de octubre), mientras que el segundo máximo se detecta a fines del verano (mediados a fines de marzo) (Fig. 38).

#### 3.2.2.2. AREA DE DESOVE.

La distribución espacial de mesoescala del ictioplancton en el área de estudio, ha sido estudiada por Braun (1991), Serra et al. (1994a) y Serra et al. (1994b), para el período invernal.

El análisis de la distribución ictioplanctónica durante junio de 1991, realizado por Braun (1991), no comunica la presencia de estados larvales de S. bentincki. Sin embargo, cabe destacar que los estados larvales clasificados como "otras larvas" presentaron una dominancia numérica mayor al 60%, por lo que es probable que parte de este porcentaje esté representado por larvas de sardina común, especialmente en las estaciones costeras de 1 y 15 m.n.

Serra et al. (1994b), durante junio de 1992, informa bajas concentraciones de huevos y estados larvales de sardina común frente a las costas de la Octava Región (dominancia numérica: huevos = 3,66%; larvas = 0,96%). La distribución costa-océano de huevos de sardina común, muestra que las concentraciones frente al área de Talcahuano están restringidas entre 1 y 10 m.n. desde la costa. Presumiblemente, la combinación de estudios realizados en esta escala espacio-temporal de observación y la fuerte distribución costera de los estados larvales de sardina común, estén impidiendo la observación de la distribución y abundancia real de huevos y larvas de la

especie.

Los estudios que han analizado el ictioplancton en una pequeña escala espacio-temporal, realizados al interior del Golfo de Arauco (Bernal et al., 1990) y de la Bahía de Concepción (Llanos, 1990), no describen la presencia de estados larvales de sardina común.

Sin embargo, la información colectada por el Instituto de Investigación Pesquera (datos no publicados) durante septiembre de 1991, para estudiar la distribución de estados larvales de peces en el área costera (1 a 25 m.n.) comprendida entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié, revela la asociación de huevos de sardina común a la zona más costera (1 a 5 m.n.) frente a Punta Tumbes, Bahía Concepción y la desembocadura del río Biobío (Fig. 39). Concentraciones importantes también se detectaron en el fondo de saco del Golfo de Arauco.

Los estados larvales de sardina común, muestran un patrón de distribución similar, con núcleos de mayores densidades asociados a las zonas antes mencionadas para huevos (Fig. 40).

No obstante que en septiembre, comienzos de primavera, la abundancia de estados larvales de sardina común es mayor que en el período invernal (junio-julio), los estados larvales de esta especie sólo muestran dominancias numéricas de 13,15%, lo que confirma el bajo aporte de esta especie a la asociación ictioplanctónica local, dominado por larvas de *E. ringens*, *Merluccius gayi*, *S. sagax*, y *H. brunni*.

Al respecto, Arcos et al. (1994), informan para el período invernal de 1992, dominancias numéricas de larvas

y huevos de sardina común de 9,84 y 3,06%, respectivamente. Los mismos autores informan para diciembre de 1993, dominancias numéricas de larvas y huevos de esta especie que alcanzan a 7,28% y 6,56%, respectivamente, asociados principalmente al sector nerítico más costero (1 - 10 mn) frente a la Octava Región.

### 3.2.2.3. TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

*Cambio del IGS entre grupos de tallas e IGS relativo.*

El análisis de los valores promedio del índice gonadosomático (IGS) por grupos de tallas, indica que el máximo incremento relativo (+166,72%) ocurre a los 8,5 cm de LT (Tabla 19), dando cuenta del límite inferior en que una hembra de sardina común podría estar madura. Sin embargo, debido a que el grupo de peces de las clases de tallas de 9 cm e inferiores está escasamente representado (bajo tamaño de muestra; Tabla 19), es posible que la talla de primera madurez sexual promedio, se ubique entre los 10 y 11 cm de longitud total (marca de clase de 10,5 cm) debido a que el IGS relativo entre estas clases de tallas alcanza valores cercanos al 50% del valor del IGS promedio de las tallas más grandes (Tabla 19, última columna). Esto último suponiendo que el IGS promedio de las hembras, en las clases de talla de 14 a 18 cm de longitud total, da cuenta efectivamente de las hembras maduras de sardina común en el principal período reproductivo.

Tabla 19. Cambio porcentual del índice gonadosomático promedio (IGS) e IGS relativo por grupos de tallas de hembras de sardina común en el período Julio-Septiembre (época de desove) de los años 1991 a 1993.

Longitud total (cm) L <sub>1b</sub>	Marca de clase	N° de peces analizados	IGS	Incremento o decremento	IGS <sup>a</sup> relativo
7,0		4	0,482		0,0672
	7,5			+ 24,07	
8,0		6	0,598		0,0834
	8,5			+166,72	
9,0		3	1,595		0,2225
	9,5			+ 97,30	
10,0		83	3,147		0,4390
	10,5			+ 27,39	
11,0		269	4,009		0,5593
	11,5			+ 28,79	
12,0		259	5,163		0,7203
	12,5			- 6,88	
13,0		164	4,808		0,6708
	13,5			+ 41,78	
14,0		121	6,817		0,9510
	14,5			+ 3,96	
15,0		203	7,087		0,9887
	15,5			- 1,55	
16,0		255	6,977		0,9734
	16,5			+ 12,18	
17,0		142	7,827		1,0919
	17,5			+ 1,87	
18,0		17	7,973		1,1123

<sup>a</sup> El IGS relativo se calculó dividiendo el IGS de cada clase de talla por el IGS promedio de 7,168 calculado entre las clases de tallas de 14 a 18 cm de longitud total.

<sup>b</sup> Límite inferior de las clases de tallas.

#### *Criterio del 50% de hembras maduras.*

La talla de primera madurez sexual de sardina común ha sido estimada por Arancibia et al. (en prensa), para el principal período reproductivo de 1991. Los resultados de estos autores, se muestran en la Fig. 41, donde se aprecia que la talla de primera madurez sexual ocurre exactamente a los 11 cm de longitud total y, que posterior a los 13,5 cm de longitud total, prácticamente todas las hembras se encuentran maduras.

### 3.2.3. ESTRUCTURA DE TALLAS Y CRECIMIENTO.

#### 3.2.3.1. ESTRUCTURA DE TALLAS ANUALES

##### *Período 1965-1976*

La estructura de tallas anuales en las capturas de sardina común, en el período 1965-1976, se presenta en la Fig. 42, cuyos datos fueron obtenidos de Serra (1978) y de Arrizaga (1981). Se observa que entre 1965 y 1970, en las capturas predominaban ejemplares de entre 13 y 16 cm de longitud total. En 1970, se observa un fuerte ingreso de ejemplares juveniles, de alrededor de 6 cm de LT. Posteriormente, a partir de 1971, los ejemplares menores a los 12 cm de LT comienzan a ser más importantes en las capturas. No obstante, el rango de tallas prácticamente se mantiene entre los 5 y 16 cm de longitud total.

##### *Período 1990-1993*

En 1990, la estructura de tallas (del segundo semestre) indica la presencia de ejemplares juveniles, de entre 6 y 8 cm de longitud total, y adultos mayores a 14 cm de LT, siendo estos últimos los que más aportaron a la captura en número. En 1991, la presencia de los peces sobre 14 cm de LT disminuye en importancia, fortaleciéndose el aporte de dos grupos de peces, los de 6-7 cm y los de 10 cm de LT. En 1992 y 1993, las capturas básicamente fueron sostenidas por la fracción juvenil de sardina común (Fig. 43).

### 3.2.3.2. ESTRUCTURA DE TALLAS MENSUALES

La evolución mensual de la estructura de tallas en las capturas, es de notable importancia en un recurso como la sardina común. En efecto, en ella se puede identificar el (los) pulso(s) de reclutamiento así como la progresión de las modas para estudiar el crecimiento. Arrizaga (1981), publicó distribuciones de frecuencia de tallas mensuales de sardina común en las capturas del período comprendido entre 1966 y 1973. En este estudio, se ha integrado la información publicada por este autor, con el objeto de caracterizar la evolución de la estructura de tallas del recurso para esa época y compararla con las del período más reciente, que corresponde a 1990-1993.

#### *Período 1966-1973*

La estructura de tallas de sardina común, en este período, indica que el reclutamiento de esta especie ocurre en primavera-verano (Fig. 44). En diciembre, se incorpora a la pesquería ejemplares juveniles, en un rango de longitud total (LT) comprendido entre los 5,5 y 8 cm de LT. En enero, se aprecia mejor la contribución de los ejemplares juveniles, cuya moda centrada en los 7,5 - 8,0 cm de LT, comienza a desplazarse alcanzando los 11 cm de LT en mayo (Fig. 44). No obstante, debido a la integración de diferentes distribuciones de frecuencia de tallas (distintos años), se aprecia que la incorporación de ejemplares juveniles puede ocurrir a lo largo de todo el año, con intensidad variable que depende de la fortaleza y/o abundancia de cada cohorte. Sin embargo, el grupo de ejemplares que proviene del desove principal que ocurre entre junio y septiembre, se incorpora con mayor fuerza en primavera-verano dominando la composición por tallas del primer semestre del período analizado.

*Período Julio de 1990-Abril de 1994*

El patrón de la evolución mensual de la estructura de tallas de sardina común, descrito previamente para el período 1966-1973, también se evidencia para los años más recientes. Esto es, la incorporación de ejemplares juveniles en la época de primavera-verano a una longitud modal de 6,5 cm de LT, la que comienza a desplazarse a medida que estos peces van creciendo en longitud (Figs. 45 a 48). Este mismo grupo de peces, alcanza alrededor de 11 cm de LT a comienzos de la época invernal, los que estarían en condiciones de llevar a cabo la actividad reproductiva que ocurre en pleno invierno.

En el primer año móvil (julio de 1990 a junio de 1991; Fig. 45), se observa que durante el segundo semestre de 1990, las capturas estuvieron dominadas por la presencia de peces más longevos; esto es, con una longitud modal alrededor de los 15 cm de LT. Estos peces comienzan a decrecer en importancia a contar de diciembre de 1990 cuando se incorporó a las capturas, con gran fuerza, la fracción juvenil (Fig. 45). Se destaca, que el aporte de la fracción juvenil dominó en las capturas de todo el primer semestre de 1991.

En el segundo año móvil (julio de 1991 a junio de 1992; Fig. 46), la fracción juvenil de sardina común reclutada en el período anterior, *i.e.* diciembre de 1990 y parte de 1991, es la contribuye a las capturas del segundo semestre de 1991, con longitudes modales en aumento. Sólo en agosto de 1991, se aprecia la presencia de peces longevos (ca. 16 cm de LT), los cuales luego virtualmente desaparecen de la pesquería. En este año móvil, el reclutamiento se produjo en noviembre de 1991 a una longitud de 6,5 cm de longitud total. Esta cohorte,

posteriormente dominó en las capturas del primer semestre de 1992 (Fig. 46).

Durante el tercer año móvil, junio de 1992-julio de 1993 (Fig. 47), se puede advertir dos situaciones: (i) los peces que ya alcanzaron la primera madurez (ca. 11 cm de LT) y más longevos (14-15 cm de LT) dominan en las capturas del segundo semestre de 1992 y, (ii) la virtual desaparición de éstos durante el primer semestre de 1993, donde los ejemplares que se reclutaron en noviembre de 1992 dominan las capturas. Sólo en abril de 1993, se advierte la presencia de ejemplares de 15 cm de LT, tal vez sobrevivientes del reclutamiento ocurrido en noviembre de 1991.

Finalmente, en el cuarto año móvil -que da cuenta del período junio de 1993-abril de 1994 (Fig. 48)-, se puede apreciar que entre junio y agosto de 1993 ingresa a la pesquería una cohorte secundaria. Este reclutamiento corresponde, tal vez a los ejemplares nacidos en la época de desove secundario que ocurrió en marzo de 1993. Sin embargo, al parecer la abundancia de esta cohorte secundaria no fue tan importante, ya que nuevamente entre octubre y diciembre de 1993 ocurre el reclutamiento principal, que posteriormente sustenta las capturas del primer semestre de 1994.

#### 3.2.3.3. CRECIMIENTO EN LONGITUD

El crecimiento de sardina común, basado en el análisis de la distribuciones de frecuencia de talla mensuales se realizó para el período 1990-1993, básicamente a través de los programas MULTIFAN y ELEFAN I. Se destaca que, el período de análisis corresponde a un año móvil que

comienza en noviembre y termina en octubre, en atención a que, como se indicó anteriormente, el reclutamiento de sardina común tiende a ocurrir en la época de primavera-verano, particularmente entre noviembre y diciembre. Entre estos meses se ha observado el grupo modal más pequeño en las capturas y, por conveniencia, el análisis de los datos de frecuencia de tallas se ha orientado para el período noviembre de un año dado a octubre del próximo año. Sólo una vez se rompió este esquema, y fue para el análisis con MULTIFAN del período 1992-1993, en que se consideró las distribuciones de frecuencia de tallas de octubre de 1992 a septiembre de 1993. Las razones de esto fue la incorporación de una segunda cohorte de sardina común en el invierno de 1993 (ver Fig. 48), que produjo un ruido analítico en MULTIFAN, razón por la que esas frecuencias de talla fueron eliminadas del análisis.

#### *Resultados con MULTIFAN.*

El análisis de frecuencias de talla de sardina común, para estimar los parámetros de crecimiento mediante el programa MULTIFAN, consideró todas las combinaciones posibles acerca de las hipótesis estructurales. Cada una de éstas corresponden a 8 modelos que están asociados con el ajuste de éstos a los datos de frecuencia de tallas, y pueden ser evaluados para determinar si producen o no un mejoramiento en el ajuste. Para ello, se utilizó la razón de probabilidad o verosimilitud entre modelos alternativos descrita y referenciada en el Capítulo 2 de Aspectos Metodológicos.

Las Tablas 20, 21, y 22, resumen el valor de dos veces la máxima verosimilitud encontrada para los distintos modelos. El test de hipótesis indica que sólo 2 clases de edad están presentes en los datos de frecuencia de tallas

de sardina común, excepto el modelo 4 que analiza el período noviembre de 1991-octubre de 1992 (Tabla 21), donde fue seleccionado un modelo con 3 clases de edad. Sin embargo, posteriormente hubo un mejoramiento en el ajuste al incorporar los parámetros que describen el crecimiento estacional de sardina común, seleccionándose por lo tanto, sólo un modelo con 2 clases de edad para ese período.

La estructura de los modelos que mejor describen los datos de frecuencia de tallas de sardina común, dicen relación con los siguientes parámetros: amplitud y fase del crecimiento estacional; desviación estándar longitud-dependiente y, sesgo por selección de la primera longitud. Es decir, el modelo 8 para el período noviembre de 1990-octubre de 1991, que incluye todos los parámetros; y el modelo 6 para los períodos noviembre de 1991-octubre de 1992 y octubre de 1992-septiembre de 1993, donde la incorporación del sesgo de la primera longitud no produjo un mejor ajuste (Tablas 20, 21, y 22).

El ajuste de los modelos seleccionados se muestra en las figuras 49, 50 y 51, para los períodos noviembre de 1990-octubre de 1991, noviembre de 1991-octubre de 1992, y octubre de 1992-septiembre de 1993, respectivamente. La Tabla 23 muestra los parámetros estimados con MULTIFAN, observándose que la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) estimada fluctúa entre 18,8 y 15,3 cm, el coeficiente de crecimiento ( $K$ ) entre  $0,965 \text{ año}^{-1}$  y  $1,269 \text{ año}^{-1}$ , la amplitud del crecimiento estacional ( $C$ ) entre 0,457 y 0,96, éste último se acerca al límite superior de 1,0, indicando el crecimiento es casi inexistente en el invierno. El parámetro WP (punto de invierno), fluctuó entre 0,454 y 0,783, indicando que el crecimiento es

mínimo entre mediados de mayo y comienzos de septiembre; en cambio, la tasa de crecimiento será más rápida seis meses después en la época de primavera-verano (Figs. 49 a 51).

#### *Resultados con ELEFAN I.*

La estimación de los parámetros de crecimiento con el programa ELEFAN I, tuvieron como objetivo obtener una longitud asintótica más alta que las máximas registradas en los datos de frecuencia de tallas. En efecto, como se observa en la Tabla 23, la longitud asintótica estimada con MULTIFAN fue menor a la máxima longitud encontrada en las distribuciones de frecuencia de tallas. Si bien esto no es un problema grave, desde el punto de vista de las características del crecimiento de la especie, si lo es con respecto al programa ELEFAN III que se utilizó para evaluar al recurso, donde es deseable que la longitud asintótica sea mayor o igual que la máxima longitud presente en la composición por tallas. Aún así, se consideraron los resultados de MULTIFAN para iniciar una búsqueda amplia de los parámetros de crecimiento con ELEFAN I. Luego, a través de una búsqueda estrecha, se seleccionó los parámetros que presentaron el más alto "grado de ajuste", que en el ELEFAN I está dado por el coeficiente  $R_n$ , calculado entre la suma de modas explicadas respecto de la suma de modas disponibles en cada conjunto de datos.

Las curvas de crecimiento se muestran en las figuras 52, 53, y 54 para los períodos noviembre de 1990-octubre de 1991, noviembre de 1991-octubre de 1992, y noviembre de 1992-octubre de 1993, respectivamente. Los parámetros de crecimiento de las curvas presentaron el valor más alto de  $R_n$  (Tabla 24).

Tabla 20. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre noviembre de 1990-octubre de 1991. En negrita se indica el mejor ajuste en cada modelo y, subrayado el mejor de todos ellos (entre paréntesis, número de parámetros estimados en cada modelo).

Clases de Edad	M O D E L O S							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	<b>4840,54</b> (16)	<b>4847,34</b> (17)	<b>4840,51</b> (17)	<b>4847,46</b> (18)	<b>5390,34</b> (18)	<b>5421,87</b> (19)	<b>5481,11</b> (19)	<b>5520,71</b> (20)
3	<b>4820,17</b> (28)	<b>4825,71</b> (29)	<b>4820,17</b> (29)	<b>4825,69</b> (30)	<b>5370,25</b> (30)	<b>5414,55</b> (31)	<b>5470,29</b> (31)	<b>5537,10</b> (32)
4	<b>4812,54</b> (40)	<b>4818,56</b> (41)	<b>4812,39</b> (41)	<b>4818,47</b> (42)	<b>5358,77</b> (42)	<b>5398,75</b> (43)	<b>5458,75</b> (43)	<b>5520,05</b> (44)
5	<b>4811,69</b> (52)	<b>4816,53</b> (53)	<b>4811,69</b> (53)	<b>4818,21</b> (54)	<b>5350,23</b> (54)	<b>5384,36</b> (55)	<b>5449,19</b> (55)	<b>5507,32</b> (56)

Tabla 21. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre noviembre de 1991-octubre de 1992. Para detalles ver Tabla 20.

Clases de Edad	M O D E L O S							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	<b>4917,75</b> (16)	<b>4952,52</b> (17)	<b>4928,63</b> (17)	<b>4963,35</b> (18)	<b>4991,82</b> (18)	<b>5057,07</b> (19)	<b>4991,82</b> (19)	<b>5057,89</b> (20)
3	<b>4926,93</b> (28)	<b>4966,44</b> (29)	<b>4939,73</b> (29)	<b>4983,13</b> (30)	<b>5007,55</b> (30)	<b>5069,09</b> (31)	<b>5007,55</b> (31)	<b>5069,18</b> (32)
4	<b>4925,29</b> (40)	<b>4960,78</b> (41)	<b>4937,50</b> (41)	<b>4977,22</b> (42)	<b>5001,49</b> (42)	<b>5058,41</b> (43)	<b>5001,49</b> (43)	<b>5058,41</b> (44)
5	<b>4922,94</b> (52)	<b>4955,54</b> (53)	<b>4934,57</b> (53)	<b>4972,37</b> (54)	<b>5000,09</b> (54)	<b>5054,31</b> (55)	<b>5000,27</b> (55)	<b>5030,74</b> (56)

Tabla 22. Resumen de los 8 modelos considerados en el crecimiento de sardina común entre octubre de 1992-septiembre de 1993. Para detalles ver Tabla 20.

Clases de Edad	M O D E L O S							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	<b>4946,55</b> (16)	<b>4954,63</b> (17)	<b>4949,94</b> (17)	<b>4956,54</b> (18)	<b>4978,66</b> (18)	<b>4980,65</b> (19)	<b>4976,27</b> (19)	<b>4980,65</b> (20)
3	<b>4933,94</b> (28)	<b>4940,99</b> (29)	<b>4937,73</b> (29)	<b>4942,97</b> (30)	<b>4971,50</b> (30)	<b>4974,61</b> (31)	<b>4971,50</b> (31)	<b>4974,61</b> (32)
4	<b>4931,58</b> (40)	<b>4933,77</b> (41)	<b>4933,83</b> (41)	<b>4937,36</b> (42)	<b>4968,50</b> (42)	<b>4971,63</b> (43)	<b>4968,50</b> (43)	<b>4971,63</b> (44)
5	<b>4926,62</b> (52)	<b>4930,23</b> (53)	<b>4928,67</b> (53)	<b>4931,96</b> (54)	<b>4953,41</b> (54)	<b>4960,60</b> (55)	<b>4957,47</b> (55)	<b>4967,09</b> (56)

**Tabla 23. Parámetros de crecimiento obtenidos con el análisis del programa MULTIFAN. El valor entre paréntesis corresponde al error estándar del estimado.**

Parámetro y simbología		Valores Obtenidos		
		Nov 90-Oct 91	Nov 91-Oct 92	Oct 92-Sep 93
Longitud asintótica ( $L_{\infty}$ )	=	18,800 (0,139)	15,300 (0,077)	15,800 (0,124)
Constante de crecimiento (K)	=	0,983 (0,026)	1,269 (0,016)	0,965 (0,053)
Amplitud del crecimiento (C)	=	0,960 (0,005)	0,718 (0,032)	0,457 (0,067)
Fase invernal del crec. (WP)	=	0,454 (0,003)	0,613 (0,006)	0,783 (0,012)
Edad de la 1ª clase de edad	=	0,180 (0,001)	0,350 (0,002)	0,590 (0,016)
Sesgo de la 1ª clase de edad	=	2,433 (0,069)	0,000	0,000
Desviación estándar promedio	=	1,553 (0,029)	1,111 (0,013)	1,063 (0,012)
Razón d.e. de la 1ª clase de edad a la última	=	0,645 (0,007)	0,686 (0,008)	1,086 (0,004)
MODELO IDENTIFICADO	=	(8)	(6)	(6)

**Tabla 24. Parámetros de crecimiento estimados para la sardina común con el programa ELEFAN I.**

Parámetro y unidad		Valores Obtenidos		
		Nov 90-Oct 91	Nov 91-Oct 92	Oct 92-Sep 93
Longitud asintótica ( $L_{\infty}$ )	=	18,900	15,800	16,580
Constante de crecimiento (K)	=	0,973	1,269	1,301
Amplitud del crecimiento (C)	=	0,960	0,698	0,501
Fase del crecimiento (WP)	=	0,384	0,443	0,412
"Grado de ajuste" ( $R_n$ )	=	0,278	0,649	0,397

En general, la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) estimada con ELEFAN I no resultó ser mayor que la obtenida con MULTIFAN. Nótese que, para el primer y último conjunto de datos (Nov 90-Oct 91 y Nov 92-Oct 93, respectivamente), el "Grado de Ajuste" ( $R_n$ ) no es muy alto debido a la existencia de cohortes secundarias que producen una mayor cantidad de suma disponible de modas (ver Figs. 52 y 54), i.e. un ruido con respecto a la evolución de la cohorte principal que se recluta entre noviembre y diciembre de cada período.

#### 3.2.3.4. RELACIONES LONGITUD-PESO

Los parámetros de la relación longitud-peso de sardina común en el período comprendido entre julio de 1990 y diciembre de 1993 se muestra en la Tabla 25. Esta relación tiene la forma

$$PT = aL^b \quad (46)$$

donde  $a$  es la constante de proporción expresado en g/cm y  $b$  el coeficiente de alometría o isometría si éste es igual a 3. El parámetro  $a$  es equivalente al factor de condición (f.c.) cuando  $b = 3$ , i.e.

$$a = \frac{f.c.}{100} \quad (47)$$

El parámetro  $a$  fluctúa entre 0,004 y 0,034 y  $b$  lo hace entre 2,484 y 3,372. El valor promedio de  $b$  alcanza a 2,939 con límites de confianza en el intervalo [2,866 - 3,011], su desviación estándar es de 0,232 y el promedio no es estadísticamente diferente de 3 ( $\alpha = 0,05$ ; 41 grados de libertad).

#### 3.2.4. MORTALIDAD NATURAL

Como se indicó en el Capítulo 2 de Aspectos Metodológicos, la estimación de la tasa de mortalidad natural ( $M$ ) se realizó de acuerdo a los métodos bioanalógicos o aproximativos de Rikhter & Efanov (1976), Alagaraja (1984), Taylor (1960), y Pauly (1980); y el método más directo de Paloheimo (1980).

Tabla 25. Parámetros de la relación longitud total-peso total en *S. bentincki* de la forma  $PT = a LT^b$  (PT en gr y LT en cm);  $r^2$  = coeficiente de determinación; n = tamaño de la muestra. Período julio de 1990 a diciembre de 1993.

AÑO	M E S E S											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
a) 1990:												
a =							0,021	0,011	0,008	0,015	0,009	0,008
b =							2,610	2,800	2,960	2,780	3,000	3,020
r <sup>2</sup> =							-	-	-	-	-	-
n =							-	-	-	-	-	-
b) 1991:												
a =	0,005	0,005	0,006	0,004	0,010	0,003	0,010	0,007	0,030	0,013	0,013	0,016
b =	3,261	3,283	3,219	3,361	2,945	3,421	2,927	3,050	2,525	2,855	2,891	2,871
r <sup>2</sup> =	0,943	0,911	0,962	0,965	0,967	0,984	0,950	0,978	0,955	0,967	0,995	0,887
n =	470	370	281	256	383	211	230	700	551	707	514	331
c) 1992:												
a =	0,007	0,011	0,012	0,016	0,011	0,017	0,014	0,033	0,015	0,034	0,031	0,009
b =	3,156	3,012	2,942	2,804	2,845	2,745	2,795	2,509	2,769	2,484	2,584	3,089
r <sup>2</sup> =	0,985	0,818	0,888	0,961	0,842	0,869	0,854	0,864	0,841	0,773	0,875	0,891
n =	536	321	266	272	197	204	124	29	169	60	280	244
d) 1993:												
a =	0,011	0,022	0,006	0,004	0,010	0,012	0,015	0,014	0,015	0,008	0,010	0,007
b =	3,035	2,748	3,204	3,372	2,943	2,870	2,776	2,859	2,807	3,077	3,005	3,165
r <sup>2</sup> =	0,830	0,934	0,861	0,963	0,948	0,926	0,887	0,978	0,927	0,946	0,910	0,944
n =	232	159	187	226	119	186	186	342	112	50	99	34

Para el método de Rikhter & Efanov (1976), se consideró que la edad de primera madurez sexual al 50% ocurre al primer año de vida, correspondiente a la talla de primera madurez sexual estimada entre 10,5 y 11 cm de longitud total. Esto guía a una estimación de M igual a  $1,366 \approx 1,4 \text{ año}^{-1}$

El método de Alagaraja (1984) y de Taylor (1960) requieren de una estimación de la máxima edad teórica ( $T_{\text{máx}}$ ) que puede alcanzar la sardina común. Para ello, se consideró la expresión dada por Taylor (1960)

$$T_{\text{máx}} \approx 3/K \quad (48)$$

donde K es la constante de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. Al considerar los coeficientes de

crecimiento K estimados en este estudio, la longevidad máxima teórica de sardina común fluctúa entre 2,31 y 3,11 años, obteniéndose un valor promedio de  $2,71 \approx 3$  años para la sardina común. Esto guía a una estimación de M igual a  $1,54 \approx 1,5$  año<sup>-1</sup> según el método de Alagaraja (1984) y de M igual a  $0,999 \approx 1,0$  año<sup>-1</sup> por el método de Taylor (1960).

El método bioanalógico de Pauly (1980), en cambio, requiere conocer los parámetros de crecimiento y la temperatura promedio anual del habitat del recurso. Para ello, se consideraron los parámetros de crecimiento estimados previamente y una temperatura anual promedio de 13°C. Los resultados de M fluctúan entre 1,12 y 1,41 año<sup>-1</sup>, con un valor promedio de 1,27 año<sup>-1</sup>.

Para aplicar el método de Paloheimo (1980), se consideró las estimaciones de la tasa de mortalidad total (Z) obtenidas a partir de los datos de abundancia relativa que se presentan en las Tabla 34-36 (ver sección 3.4.1.). Las estimaciones de Z se presentan en la Tabla 26 y su relación con los cambios en el esfuerzo de pesca promedio (i.e.  $f_t = (f_{t+1} + f_t)/2$ ) se muestra en la figura 55.

Se destaca que en las estimaciones de la mortalidad total, utilizando la captura por unidad de esfuerzo, pueden resultar sesgadas debido a cambios en el coeficiente de capturabilidad (q), ya que la estimación de Z se obtiene por

$$Z_t = \text{Ln} \left[ \frac{CPUE_{a,t}}{CPUE_{a+1,t+1}} \right] = \text{Ln} \left[ \frac{q_{a,t}}{q_{a+1,t+1}} \right] = \text{Ln} \left[ \frac{N_{a,t}}{N_{a+1,t+1}} \right] \quad (49)$$

donde CPUE es la captura por unidad de esfuerzo;  $a$  es la edad;  $t$  es el año;  $N$  es la abundancia en número. Se piensa que los altos valores de  $Z$  obtenidos para los años 1968, 1973, y 1978 podrían ser consecuencia de cambios en el coeficiente de capturabilidad. En atención a esto, los valores correspondientes a los años 1968, 1973 y 1978 fueron omitidos de la regresión (Fig. 55).

Tabla 26. Estimación de la tasa de mortalidad total anual ( $Z_t$ ) en *S. bentincki*, de acuerdo a la captura por unidad de esfuerzo de la Tabla 34-36. Entre signos de interrogación se indican valores no razonables (particularmente negativos, relacionados con la variabilidad de los datos básicos). El esfuerzo de pesca anual ( $f_t$ ) corresponde al promedio aritmético estimado por pares de año.

Grupo de edad	A		Ñ	O	S		
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0	-	-	-	-	-	-	-
1	2,264	2,094	2,038	3,012	2,351	¿-1,248?	1,853
2	1,557	1,169	¿0,484?	1,579	¿0,089?	1,480	1,961
3	2,077	0,819	1,287	3,371	1,217	4,451	2,379
$Z_t$	= 1,942	1,261	1,620	(2,522)	1,692	2,567	2,052
$f_t$	= 427	1042	1300	1670	2866	3332	3409

Tabla 26. Continuación.

Grupo de edad	A		Ñ	O	S		
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
0	-	-	-	-	-	-	-
1	2,110	1,346	3,519	2,708	2,201	2,193	2,696
2	1,520	0,859	2,535	1,033	1,193	2,482	¿-0,699?
3	1,854	¿0,296?	2,472	2,372	3,132	1,888	¿-1,578?
$Z_t$	= 1,812	(1,075)	2,804	1,879	2,018	2,174	(2,696)
$f_t$	= 3523	3667	3721	2883	2188	2000	1750

Se obtuvo así una estimación de  $M$  igual a  $1,46 \text{ año}^{-1}$  con intervalos de confianza de  $[0,83 - 2,09]$ , considerando la regresión predictiva (línea continua en Fig. 55); y un valor de  $M$  igual a  $1,05 \text{ año}^{-1}$  al considerar una regresión funcional (línea de trazos en Fig. 55), con límites de confianza entre  $0,42$  y  $1,69 \text{ año}^{-1}$

La eliminación del año 1965, que también presenta un valor alto de  $Z$ , produjo un mejor ajuste en la regresión predictiva, donde la estimación de  $M$  fue de  $1,14 \text{ año}^{-1}$   $[0,39 - 1,89]$ . Con la regresión funcional en cambio, la estimación de  $M$  fue de  $0,74 \text{ año}^{-1}$   $[-0,01 - 1,49]$ . En este último caso el intervalo de confianza contiene un valor "cero", razón por la cual no se considera apropiada.

Finalmente, la Tabla 27 resume las estimaciones de  $M$  encontradas con los diferentes métodos, obteniéndose un valor promedio de  $1,26 \approx 1,3 \text{ año}^{-1}$ .

Tabla 27. Resumen de la estimaciones de la tasa de mortalidad natural ( $M$ ) de *S. bentincki* según los distintos métodos utilizados.

METODO	Valor de $M$ ( $\text{año}^{-1}$ )
Rikhter & Efanov (1976)	1,37
Alagaraja (1984)	1,54 <sup>a</sup>
Taylor (1960)	1,00 <sup>a</sup>
Pauly (1980)	1,27 <sup>b</sup>
Paloheimo (1980):	
- Regresión lineal predictiva	: 1,46 <sup>c</sup>
- Regresión funcional	: 1,05 <sup>c</sup>
- Regresión lineal predictiva (sin 1965):	1,14
Promedio de las estimaciones	: 1,26 $\approx$ 1,3

<sup>a</sup> Considerando  $T_{\text{máx}} = 3$  años (ver texto)

<sup>b</sup> Valor promedio considerando los seis set de parámetros de crecimiento estimados en este estudio con MULTIFAN y ELEFAN I.

<sup>c</sup> Ver Figura 55.

### 3.3. ASPECTOS PESQUEROS.

#### 3.3.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

Según lo comunicado por Serra (1978) y Serra et al. (1979a), para el período comprendido entre 1965 y 1976, en la pesquería de sardina común (y anchoveta) de la Octava Región, la flota exhibió a partir de 1965 un crecimiento tanto en unidades de pesca como en tamaño, donde el número máximo se alcanzó en 1969 (46 unidades), disminuyendo posteriormente hasta 1972, año a partir del cual hubo un repunte a niveles de 37 a 39 barcos entre 1974 y 1976. A su vez, la capacidad de bodega promedio aumentó progresivamente desde 1965 a 1970, año a partir del cual se mantuvo en torno a los 120 m<sup>3</sup> sin mayores variaciones.

El resumen de la operación de la flota entre 1965 y 1976, se presenta en la Tabla 28, apreciándose que el número de viajes osciló entre 835 en 1965 a 6254 en 1970.

#### 3.3.2. SITUACION ACTUAL (1990-1993)

##### 3.3.2.1. NUMERO Y CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES.

Actualmente, en la pesquería de sardina común operan embarcaciones artesanales e industriales. A las primeras, se les denominó "lanchas" y las segundas "PAM" (Pesqueros de Alta Mar), de acuerdo al límite de 100 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega.

Tabla 28. Evolución del número de barcos, capacidad de bodega acumulada, capacidad de bodega promedio y viajes totales en la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano (obtenida de Anónimo, 1986).

AÑO	Número de barcos	Capacidad de bodega acumulada	capacidad de bodega promedio	Viajes totales
1965	15	700	47	835
1966	28	2000	71	1543
1967	32	2500	78	3829
1968	39	3600	92	2652
1969	46	4876	106	5270
1970	44	5300	120	6254
1971	34	4300	126	4911
1972	32	3800	119	5073
1973	35	4300	123	4300
1974	40	4600	115	5222
1975	37	4300	116	3871
1976	39	4500	115	2841

Se destaca que de acuerdo al arte de pesca utilizado, las embarcaciones se clasifican como cerqueras, o bien "bolincheras" en el caso de las lanchas menores. Además, según el punto de vista de la localización de la superestructura (diseño), se pueden clasificar como modelos americano o noruego. En el primero, el puente de mando se localiza en la proa, mientras que la bodega y plataforma de trabajo se ubican desde el sector medio hacia la popa. Por el contrario, el modelo noruego deja la plataforma de trabajo y bodegas desde el centro de la embarcación hacia la proa, localizándose el puente en la popa.

El número de embarcaciones totales que ha participado en la pesquería de sardina común (y anchoveta) en la Octava Región en el período 1990-1993, se ha incrementado desde 213 en 1990 hasta 249 en 1993, de las cuales, y en

promedio, las lanchas han aportado con 76,3% al total de naves que operan en la pesquería (Tabla 29).

**Tabla 29. Número de embarcaciones que ha operado en la pesquería de sardina común (y anchoveta) durante el período 1990-1993 en la Octava Región.**

AÑOS	Numero de embarcaciones			Incremento o decremento relativo (%)
	LANCHAS	PAM	TOTAL	
1990	158	55	213	7,98
1991	171	59	230	2,17
1992	185	50	235	2,98
1993	189	53	242	

Entre las características más relevantes de la flota que opera sobre la sardina común, destacan la capacidad de bodega, el tonelaje de registro grueso, la eslora total y la manga (Tabla 30). La composición de la flota, indica que en las lanchas, la capacidad de bodega fluctúa entre 12 y 97 m<sup>3</sup>, con un promedio de 46 m<sup>3</sup>. A su vez, la capacidad de bodega de los PAM, osciló entre 100 y 550 m<sup>3</sup>, con un promedio de 290 m<sup>3</sup>. El tonelaje de registro grueso (TRG), presentó una amplitud entre 8 y 530 TRG; las lanchas hasta 61 TRG y los PAM desde 60 a 530 TRG (Tabla 30), las primeras con un promedio de 41 TRG y los segundos con 213 TRG. La eslora promedio de las lanchas, osciló entre 14 y 20 m con un promedio de 17 m, y la de los PAM entre 20 y 49 m, con un promedio de 31 m (Tabla 30).

**Tabla 30. Principales características de la flota sardinera que operó en la Octava Región, durante 1993.**

Número de barcos	Capacidad bodega (m <sup>3</sup> )				Tonelaje Grueso (TRG)				Eslora total (m)			Manga (m)		
	Total	Mín	Máx	Prom	Total	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom
a) Lanchas (<100 m <sup>3</sup> ):														
42 <sup>a</sup>	1.935	12	97	46	1.713	8	61	41	14	20	17	2	9	5
b) PAM (≥ 100 m <sup>3</sup> ) :														
41 <sup>b</sup>	11.897	100	550	290	8.713	60	530	213	20	49	31	6	9	8

<sup>a</sup> aproximadamente 23% del número total de lanchas.

<sup>b</sup> aproximadamente 77% del número total de PAM.

La estructura de la flota o bien la distribución de la capacidad de bodega de la flota, para las lanchas y pesqueros de alta mar (PAM) se muestra en la Tabla 31. Se observa que en la categoría de lanchas, el estrato de 41/50 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega representa el 35,3% de las embarcaciones, seguidas por el estrato de 51/60 m<sup>3</sup> con 15,8%. En el caso de los PAM, los barcos con capacidad de bodega correspondientes a los estratos de 251/300 y 301/350 m<sup>3</sup> son los más numerosos (50%), seguidos por el estrato de 101/150 que concentra el 20% del total de PAM que operan sobre la sardina común y otros clupeiformes en la Octava Región.

### 3.3.2.2. OPERACION DE LA FLOTA.

El número de embarcaciones que opera sobre la pesquería de sardina común (y anchoveta) en la Octava Región, presenta un claro comportamiento estacional. Esto es, un mayor número de embarcaciones opera entre noviembre de un año dado hasta abril del próximo año (Fig. 56). Este comportamiento se debe al pulso de reclutas que ocurre en

primavera-verano, sumándose a ello las mejores condiciones climáticas de la época estival que permiten la operación de un número mayor de embarcaciones menores; y asimismo, al hecho de que muchas naves industriales, reorientan su esfuerzo de pesca hacia la sardina común debido a que en la época de primavera-verano las capturas de jurel presentan una disminución relativa.

**Tabla 31. Distribución de la capacidad de bodega (CB) de la flota sardinera (y anchovetera) que opera en la Octava Región (en base al 100% de los PAM y 73,5% de las lanchas que operaron sobre los clupeiformes en 1992 y 1993).**

Estratos de CB (m <sup>3</sup> )	Lanchas N°	(%)	Estratos de CB (m <sup>3</sup> )	PAM N°	(%)
0 - 10	7	5,04	101 - 150	12	20,00
11 - 20	10	7,19	151 - 200	4	6,67
21 - 30	15	10,79	201 - 250	3	5,00
31 - 40	13	9,35	251 - 300	15	25,00
41 - 50	49	35,25	301 - 350	15	25,00
51 - 60	22	15,83	351 - 400	4	6,67
61 - 70	9	6,47	401 - 450	4	6,67
71 - 80	3	2,16	451 - 500	2	3,33
81 - 90	9	6,47	501 - 550	1	1,66
91 - 100	2	1,44			
<b>Total =</b>	<b>139</b>	<b>100,00</b>		<b>60</b>	<b>100,00</b>

El número total de viajes con pesca (VCP) realizados por la flota sobre la sardina común, durante el período 1990-1993, también presenta un comportamiento estacional (Fig. 57). Durante el período comprendido entre fines de primavera y término del verano (noviembre a marzo), la flota realiza más viajes con pesca que en la época invernal. En enero de 1992 se logró el máximo de VCP

(3.607), en tanto en la época estival de 1991 y 1993, sólo se registraron 1.856 VCP (marzo) y 1.684 VCP (enero), respectivamente. El máximo en 1990, sólo alcanzó a 729 VCP.

### 3.3.2.3. ESTACIONALIDAD DE LA CAPTURA.

La época o temporada de pesca de sardina común se inicia principalmente en noviembre de cada año, favorecida por las mejores condiciones climáticas y por la mayor disponibilidad de peces juveniles, fácilmente detectables en zonas costeras como la Bahía de Concepción y Golfo de Arauco.

Es así como las capturas comienzan a incrementarse en noviembre, pasando por un máximo en la época estival (entre enero y marzo). Luego, las capturas comienzan a declinar, principalmente entre abril y mayo de cada año. Comportamiento que ocurre tanto en las capturas del sector artesanal como industrial (Fig. 58).

## 3.4. FLUCTUACIONES HISTORICAS DE LA ABUNDANCIA.

### 3.4.1. INDICES DE ABUNDANCIA.

De acuerdo con el método de Hayman et al. (1980), que consiste en sumar la captura por unidad de esfuerzo de cada cohorte presente en la pesquería (Tablas 32 y 33), se observó que la abundancia relativa de sardina común, en el período 1965-1979, presentó una disminución sostenida (Fig. 59; Tabla 34 a 36). A su vez, el índice de la fortaleza de las clases anuales, indica que en 1969 se produjo una fuerte disminución del reclutamiento. Este

se recuperó en 1970, pero posteriormente, entre 1971 y 1978, el reclutamiento continuó declinando, para finalmente acusar una leve tendencia al incremento hacia 1979 (Fig. 60; Tablas 34 a 36, grupo de edad 0).

**Tabla 32. Captura por unidad de esfuerzo (N° de ejemplares por viajes totales estándar) de *Strangomera bentincki* en el período 1965-1972.**

Grupo de edad	1965	1966	A 1967	Ñ 1968	O 1969	S 1970	1971	1972
0	1074222	462481	286957	1294401	165012	281710	91051	64165
1	8419233	2634326	2688340	4333433	2980526	71168	4107070	1292538
2	2194647	875086	324709	350176	213140	284023	247826	643845
3	795720	462481	271855	200100	72192	194937	64638	34887
4	350374	99751	203891	75038	6875	21369	2275	5986
Esf. =	153	701	1383	1217	2123	3608	3055	3763

**Tabla 33. Captura por unidad de esfuerzo (N° de ejemplares por viajes totales estándar) de *Strangomera bentincki* en el período 1973-1979.**

Grupo de edad	1973	1974	A 1975	Ñ 1976	O 1977	S 1978	1979
0	578128	0	34674	102575	101471	22157	19365
1	1728388	2245781	1217847	654108	293673	286983	454612
2	156687	450106	66576	81197	72408	32778	19366
3	140832	66400	35693	23699	24629	6049	65994
4	5461	104787	5604	3329	1034	3728	29323
Esf. =	3282	4052	3389	2376	2000	2000	1500

### 3.4.2. FLUCTUACIONES DE LA ABUNDANCIA Y BIOMASA (ABSOLUTA).

La abundancia y biomasa de sardina común, en el período 1965-1979, estimada mediante el Análisis Secuencial de la Población sintonizado y utilizando los datos de esfuerzo

de pesca como información auxiliar, se presenta en las Tablas 37 a 39 y Tablas 40 a 42.

**Tabla 34. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1965-1969.**

Edad	1965	1966	1967	1968	1969
0	4240232	3594558	5030742	4629574	301354
1	9641212	3166010	3132077	4743785	3335173
2	2861019	1221979	531684	443737	410352
3	895471	666372	346893	206975	93561
4	350374	99751	203891	75038	6875
Total	17988308	8748670	9245287	10099109	4147315

**Tabla 35. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1970-1974.**

Edad	1970	1971	1972	1973	1974
0	5278244	1612280	2281681	2915218	1327401
1	136342	4996534	1521229	2217516	2337090
2	354647	65174	889464	228691	489128
3	197212	70624	40348	245619	72004
4	21369	2275	5986	5461	104787
Total	5987814	6746887	4738708	5612505	4330410

**Tabla 36. Abundancia relativa de sardina común, calculada según el método de Hayman et al. (1980) en base a la captura por unidad esfuerzo de las Tabla 32 y 33. Período 1975-1979.**

Edad	1975	1976	1977	1978	1979
0	796562	497751	416261	580790	1992452
1	1327401	761888	395176	314790	558633
2	91309	109554	107780	101503	27807
3	39022	24733	28357	35372	68725
4	5604	3329	1034	3728	29323
Total	2259898	1397255	948608	1036183	2676939

**Tabla 37. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.**

Edad	1965	1966	1967	1968	1969
0	66152165	139424811	102878518	107835642	55439951
1	46839169	17948562	37839873	27844532	28623576
2	36854028	12141114	4010693	8537313	5122798
3	4816626	9880645	3013010	879258	2121146
4	2891751	1253678	2535893	642664	128392
<b>Total</b>	<b>157553740</b>	<b>180648809</b>	<b>150277988</b>	<b>145739408</b>	<b>91435864</b>

**Tabla 38. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.**

Edad	1970	1971	1972	1973	1974
0	388702324	85612280	106490378	78432288	84075926
1	14938741	105438982	23107221	28904473	20455483
2	4866060	3946636	22771612	4035441	5229734
3	1179609	849587	721816	5051195	855815
4	504496	39608	140226	135225	1155595
<b>Total</b>	<b>410191230</b>	<b>195558828</b>	<b>153231254</b>	<b>116558622</b>	<b>111772552</b>

**Tabla 39. Abundancia absoluta (miles) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1975-1979.**

Edad	1975	1976	1977	1978	1979
0	117104541	31147719	10615015	27623085	8089785
1	22913365	31857495	16546093	2794453	7506593
2	1648090	4310540	7932424	4225239	494297
3	610329	342343	1081614	2091554	1119679
4	111699	109902	66813	270996	564130
<b>Total</b>	<b>142388024</b>	<b>97767999</b>	<b>36241959</b>	<b>37005326</b>	<b>17774484</b>

**Tabla 40. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.**

Edad	1965	1966	1967	1968	1969
0	357222	599527	442378	420559	260568
1	758795	227947	480566	325781	400730
2	1013486	262248	86631	169893	121923
3	177733	286539	87377	23476	67665
4	126948	43252	87488	20437	4866
Total	2434183	1419512	1184441	960145	855751
Adulta	2076962	819985	742063	539586	595183
Expl	1369952	473471	624350	280856	472330

**Tabla 41. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.**

Edad	1970	1971	1972	1973	1974
0	1671420	298494	447260	407848	361526
1	189722	1086022	291151	445129	259785
2	105107	69461	487313	106132	112962
3	34209	20050	20716	177802	24819
4	17405	1109	4782	5666	39868
Total	2017863	1475136	1251221	1142577	798960
Adulta	346443	1176642	803961	734729	437434
Expl	65669	583319	541622	633492	383264

**Tabla 42. Biomasa absoluta (ton) de sardina común, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1975-1979.**

Edad	1975	1976	1977	1978	1979
0	503550	262935	45645	118779	42067
1	291000	404590	210135	35490	116352
2	35599	93108	171340	91265	13049
3	17700	9928	31367	60655	39637
4	3854	3792	2305	9349	23750
Total	851701	774353	460792	315538	234855
Adulta	348152	511417	415148	196759	192788
Expl	306709	149555	281634	44738	184832

Se observa que el número total de ejemplares en el stock de sardina común (0+), se mantuvo relativamente estable en torno a los 140 mil millones entre 1965 y 1968; luego, la abundancia total declina ligeramente en 1969 y se recupera bruscamente en 1970 alcanzando un máximo de 410 mil millones de ejemplares. Posteriormente, hasta 1975, la abundancia retorna a niveles promedio de 144 mil millones, para luego iniciar una tendencia decreciente hasta 18 mil millones de peces en 1979 (Fig. 61). Se destaca que los cambios de la abundancia total están dominados por los cambios exhibidos por el reclutamiento, i.e. los peces del grupo de edad 0, que reflejan los mismos cambios interanuales. En efecto, éste fue máximo en 1970, y posteriormente comenzó a disminuir en forma progresiva hasta 1979 (Fig. 62).

La biomasa total (0+), mostró una tendencia decreciente desde 1965 a 1979 (Fig. 63). Esta, comenzó a declinar desde los 2,4 millones de toneladas en 1965 hasta cerca de 850 mil toneladas en 1969; luego, en 1970 ocurre una brusca recuperación que alcanza a los 2 millones de toneladas, producto del fuerte reclutamiento de ese año, para subsecuentemente iniciar una progresiva declinación hasta niveles de 235 mil toneladas en 1979. Similar comportamiento sigue la fracción 1+ y la biomasa explotable de sardina común (Fig. 63).

### 3.4.3. NIVELES DE EXPLOTACION HISTORICOS.

La mortalidad por pesca (F) más alta registrada en el rango de edades, la recibió el grupo de edad 3 en 1970 ( $F = 2,093$ ) y el grupo de edad 1 en 1974 ( $F = 1,219$ ) (Tablas 43 a 45).

Globalmente, en cambio, la tasa de mortalidad por pesca promedio, entre los grupos de edad 1 y 4 (Fig. 64), indica que la intensidad de pesca se incrementa progresivamente desde 0,037 en 1965 hasta 0,719 en 1970. Posteriormente, la intensidad de pesca declina levemente entre 1971 y 1973, y vuelve a aumentar considerablemente en 1974 ( $F = 0,929$ ), año a partir del cual comienza a disminuir progresivamente hasta 1977 ( $F = 0,060$ ).

Por otra parte, la tasa de explotación fluctuó entre 2% en 1965 a un nivel máximo de 37,2% en 1974 (un segundo máximo de 30,9% se presentó en 1970). Estas tasas de explotación globales, son bajas si se considera aquella de referencia de 46,3% bajo el criterio de que la mortalidad por pesca iguale a la tasa de mortalidad natural ( $F = M = 1,3 \text{ año}^{-1}$ ).

Debido a que el esfuerzo de pesca se utilizó como información auxiliar para realizar esta evaluación pretérita de sardina común, se realizó un diagnóstico para analizar los resultados de esta evaluación. Para ello, se realizó una regresión lineal simple entre la mortalidad por pesca promedio ( $F$ ) y el esfuerzo de pesca. Los resultados, indicaron un intercepto negativo ( $a = -0,04567$ ; límite de confianza:  $-0,264$ ;  $0,172$ ), que estadísticamente no es distinto de cero ( $P < 0,05$ ). La pendiente de la regresión ( $b = 1,48 \times 10^{-4}$ ; error estándar =  $3,92 \times 10^{-5}$ ) da cuenta del coeficiente de capturabilidad promedio durante el período considerado. A su vez, las variaciones de la mortalidad por pesca son explicadas en un 52,5% por el esfuerzo de pesca.

Tabla 43. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1965-1969.

Edad	1965	1966	1967	1968	1969
0	0,00445	0,00416	0,00691	0,02638	0,01134
1	0,05012	0,19855	0,18892	0,39294	0,47195
2	0,01639	0,09366	0,21764	0,09249	0,16852
3	0,04599	0,06003	0,24507	0,62399	0,13615
4	0,03357	0,10380	0,21601	0,28308	0,22128
$F_{\text{máx}}$	0,05012	0,19855	0,24507	0,62399	0,47195
$F_{\text{prm}}$	0,03652	0,11401	0,21691	0,34812	0,24947
Esf	153,0	701,0	1383,0	1217,0	2123,0

Tabla 44. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1970-1974.

Edad	1970	1971	1972	1973	1974
0	0,00468	0,00584	0,00406	0,04398	0,00000
1	0,03109	0,23262	0,44503	0,40964	1,21863
2	0,44529	0,39885	0,20589	0,25082	0,84812
3	2,09390	0,50149	0,37483	0,17501	0,73625
4	0,30720	0,35967	0,32505	0,26198	0,91296
$F_{\text{máx}}$	2,09390	0,50149	0,44503	0,40964	1,21863
$F_{\text{prm}}$	0,71937	0,37316	0,33770	0,27436	0,92899
Esf	3608,0	3055,0	3763,0	3282,0	4052,0

Tabla 45. Mortalidad por pesca ( $F$ , año<sup>-1</sup>) aplicada sobre S. bentincki, estimada según el método de Análisis Secuencial de la Población. Período 1974-1979.

Edad	1975	1976	1977	1978	1979
0	0,00179	0,00174	0,03463	0,00287	0,00643
1	0,37066	0,09031	0,06507	0,43225	0,17365
2	0,27156	0,08261	0,03305	0,02803	0,10961
3	0,41441	0,33392	0,08410	0,01038	0,16868
4	0,34681	0,13559	0,05658	0,05014	0,14756
$F_{\text{máx}}$	0,41441	0,33392	0,08410	0,43225	0,17365
$F_{\text{prm}}$	0,35086	0,16061	0,05970	0,13020	0,14988
Esf	3389,0	2376,0	2000,0	2000,0	1500,0

En consecuencia, la evaluación histórica del stock es coherente ya que, si el intercepto hubiera sido estadísticamente diferente de cero, la información auxiliar no habría sido la más adecuada para calibrar el Análisis Secuencial de la Población.

#### CAPITULO 4: EVALUACION INDIRECTA DE SARDINA COMUN (PERIODO: 1990-1993)

Este capítulo contiene los resultados de la evaluación indirecta de sardina común, considerando el período julio de 1990 a diciembre de 1993, y obedece al desarrollo de los objetivos específicos 4.2., 4.3., y 4.4. de los Términos Básicos de Referencia de las Bases Especiales. Esto es, (i) desarrollo de un método de evaluación indirecta, acorde con las características de esta especie y su pesquería; (ii) estimación de la abundancia del stock; y, (iii) caracterizar el estado de situación, tasa de explotación actual y determinación de los excedentes productivos anuales.

Se destaca que el Instituto de Investigación Pesquera, en su oferta técnica, propuso un procedimiento analítico para evaluar al recurso, más que un método *ad hoc*. Este procedimiento analítico ha sido expuesto claramente en la oferta técnica y en el Capítulo 2, de tal manera que aquí sólo se presentan los resultados de la evaluación indirecta.

#### 4.1. ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA DE SARDINA COMUN EN LA OCTAVA REGION

##### *Abundancia y biomasa*

El número de ejemplares de sardina común en el mar frente a la Octava Región y áreas adyacentes -por clases de longitud y mes-, en el período julio de 1990 a diciembre de 1993, se presenta en las Tablas 46, 47, 48, y 49. Por otra parte, en las Tablas 50, 51, 52, y 53, se presenta la biomasa por clase de longitud y mes.

La evolución mensual del número total de peces, indica un comportamiento estacional con niveles máximos en la época de primavera-verano (noviembre-enero) y mínimos en la época invernal (junio-julio) (Fig. 65). Además de este comportamiento estacional, se observó que tanto los niveles máximos de abundancia como los mínimos presentaron una tendencia decreciente desde fines de 1990 y comienzos de 1991 hasta fines de 1992. Hacia fines de 1993, dicha tendencia decreciente se vió atenuada, ya que se observó que entre octubre y diciembre ocurrió un nuevo incremento de la abundancia total. Sin embargo, este último pulso de abundancia -hacia fines de 1993-, acusó ya en diciembre una tendencia a disminuir, de manera que no es esperable una mayor abundancia a comienzos de 1994.

Tabla 46. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1990.

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5							1561	3530	7276	9756	9757	9394
4,5							1105	1561	4452	7995	10147	10082
5,5							1009	1097	2627	7619	10251	10170
6,5							1178	977	1354	4620	8738	10554
7,5							1503	1187	984	2212	7643	10685
8,5							1725	1456	1080	1211	4517	8540
9,5							1766	1731	1467	1022	1645	6413
10,5							1658	1666	1721	1420	1089	2731
11,5							1687	1613	1667	1685	1353	1177
12,5							1866	1721	1630	1690	1738	1318
13,5							1591	1724	1778	1678	1752	1763
14,5							1084	1124	1389	1843	1743	1739
15,5							607	574	609	913	1416	1593
16,5							261	313	345	361	439	547
17,5									9	68	180	204
18,5												
Total	0	0	0	0	0	0	18598	20274	28391	44093	62408	76909

Tabla 47. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1991.

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	3664	1927	1302	1271	1165	1106	1056	1865	6038	12193	7158	1755
4,5	9521	2851	2262	1707	1351	1073	925	1013	2307	7323	11983	7163
5,5	9604	8390	4159	2531	1864	1654	1311	914	1435	6355	11904	7710
6,5	10006	9133	8407	6116	4184	3021	1958	1246	1030	2394	9440	13252
7,5	10066	9263	8146	5968	4183	3222	2808	1950	1006	1277	6450	11421
8,5	10222	9292	7939	5711	4106	3387	2820	2607	1654	976	3206	8457
9,5	8896	9342	7650	4874	3280	2742	2591	2602	2575	1313	1639	4159
10,5	6679	7738	6565	3741	2383	1965	1739	2023	2490	2344	1509	1823
11,5	2709	4784	4391	1850	1051	798	766	1212	1836	2398	1899	1566
12,5	1124	1253	1458	745	449	347	328	452	951	1779	3104	1970
13,5	1375	962	705	560	402	356	311	270	336	809	2438	2540
14,5	1506	1151	846	665	411	365	344	336	292	272	1445	1708
15,5	1338	784	602	499	340	306	278	284	255	321	275	389
16,5	779	657	558	448	346	319	301	296	140	163		
17,5	233	220	167	142	114	104	97	111	80	114		
18,5							1	3		1		
Total	77723	67747	55158	36826	25629	20769	17636	17184	22424	40033	62450	63914

Tabla 48. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1992.

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	392	554	695	805	886	960	1198	2384	5422	7298	4844	888
4,5	1839	375	577	622	650	676	752	1101	2912	6379	7761	4959
5,5	2548	1103	362	446	526	510	546	669	1238	4594	7754	5325
6,5	7295	1785	865	270	252	312	398	492	713	2121	6555	7687
7,5	9669	4921	1382	858	591	409	219	297	494	872	3993	5961
8,5	11243	6216	3139	1092	821	724	669	364	270	537	1732	3752
9,5	8540	6525	4477	1461	921	761	692	591	434	290	892	1902
10,5	4242	4857	3839	1873	1000	766	702	613	551	494	590	648
11,5	1779	2537	2888	1933	972	760	705	643	582	571	567	606
12,5	1596	1547	1500	1239	944	824	758	693	641	622	575	597
13,5	2294	1568	1433	1305	1096	948	865	749	690	669	276	409
14,5	1723	1417	1414	1366	1257	1107	1051	750	715	681	221	202
15,5	473	457	475	467	434	406	391	338	348	372	116	140
16,5											13	14
17,5												
18,5												
Total	53632	33861	23045	13737	10351	9162	8945	9685	15011	25498	35888	33090

**Tabla 49. Abundancia absoluta (millones) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1993.**

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	587	617	1070	1630	2021	2344	3323	7642	12657	9890	2016	197
4,5	861	570	617	933	1372	1739	2198	3562	9504	13703	9915	1992
5,5	1355	756	562	580	645	1037	1539	2250	5042	12187	10943	2635
6,5	2673	910	591	539	527	518	832	1515	2573	8440	14350	8452
7,5	3620	2157	634	553	517	474	482	767	1613	3487	11266	10472
8,5	3731	2313	753	536	516	476	457	466	720	1946	5392	11450
9,5	2590	2138	1017	535	474	392	432	445	430	809	2273	7133
10,5	1513	1657	1025	548	412	304	323	364	434	438	927	2441
11,5	820	1093	1139	827	427	231	222	245	308	423	399	847
12,5	603	688	755	774	608	554	448	277	174	249	346	412
13,5	591	625	608	563	507	477	461	472	459	300	186	282
14,5	218	309	391	400	369	389	420	435	454	471	507	392
15,5	169	189	196	152	50	44	44	84	144	202	296	386
16,5	15	15	17	17	10	9	9	8	9			
17,5												
18,5												
<b>Total</b>	<b>19347</b>	<b>14037</b>	<b>9375</b>	<b>8585</b>	<b>8457</b>	<b>8986</b>	<b>11191</b>	<b>18532</b>	<b>34522</b>	<b>52544</b>	<b>58817</b>	<b>47089</b>

**Tabla 50. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1990.**

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5							874	1318	2421	4843	3842	3372
4,5							1186	1170	3092	7929	8424	7669
5,5							1823	1438	3293	13157	15477	14124
6,5							3286	2040	2777	12670	21724	24217
7,5							6087	3695	3077	9017	29150	37716
8,5							9679	6430	4889	6989	25052	43945
9,5							13241	10432	9220	8027	12727	46139
10,5							16133	13282	14539	14724	11368	26575
11,5							20809	16587	18431	22500	18559	15067
12,5							28610	22348	23062	28477	30594	21691
13,5							29817	27753	31578	34965	38857	36600
14,5							24469	22094	30468	46832	47878	44785
15,5							16316	13595	16283	27922	47491	50183
16,5							8256	8835	11106	13151	17757	20800
17,5									363	2924	8686	9269
18,5												
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>180586</b>	<b>151017</b>	<b>174599</b>	<b>254127</b>	<b>337586</b>	<b>402152</b>

**Tabla 51. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1991.**

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	1072	616	429	325	475	240	421	635	4383	5858	3436	1043
4,5	6260	2059	1657	1007	1146	543	764	736	3142	7159	11010	8697
5,5	12090	11653	5786	2915	2845	1654	1941	1220	3237	10980	20878	16595
6,5	21654	21887	19968	12310	10425	5335	4717	2759	3535	6650	26780	45980
7,5	34676	35444	30617	19392	15862	9551	10269	6671	4950	5331	27635	59683
8,5	52897	53557	44588	28229	22493	14924	14861	13054	11159	5819	19728	63247
9,5	66113	77515	61411	34981	24916	17658	18894	18277	23003	10747	13888	42776
10,5	68746	89124	72687	37560	24292	17811	16995	19272	28624	25525	17065	24984
11,5	37501	74249	65140	25204	14005	9871	9771	15237	26549	33843	27929	27860
12,5	20416	25550	28274	13421	7636	5697	5339	7324	16969	31846	58083	44514
13,5	32083	25244	17520	13059	8576	7621	6341	5534	7289	18044	56983	71568
14,5	44354	38214	26457	19723	10829	9974	8632	8554	7581	7436	41531	59082
15,5	48980	32400	23322	18513	10912	10497	8473	8864	7826	10606	9581	16291
16,5	34961	33324	26415	20491	13348	13555	11013	11169	5035	6422		
17,5	12680	13530	9586	7900	5228	5418	4232	5028	3340	5340		
18,5				29	18	30	60	171		72		
<b>Total</b>	<b>494483</b>	<b>534366</b>	<b>433857</b>	<b>255059</b>	<b>173006</b>	<b>130379</b>	<b>122723</b>	<b>124505</b>	<b>156622</b>	<b>191678</b>	<b>335327</b>	<b>482320</b>

**Tabla 52. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1992.**

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	153	258	336	426	387	523	562	1863	2654	5664	3864	379
4,5	1568	370	580	661	583	729	707	1610	2840	9164	11788	4554
5,5	4075	1982	654	829	841	950	896	1613	2099	10838	19724	9051
6,5	19715	5297	2551	801	652	917	1039	1801	1916	7564	25637	21834
7,5	40979	22432	6197	3793	2308	1781	855	1556	1969	4434	22581	26299
8,5	70654	41270	20331	6851	4606	4440	3692	2611	1520	3724	13523	24344
9,5	76177	60520	40194	12522	7129	6338	5207	5598	3328	2647	9278	17384
10,5	51868	60861	46244	21234	10334	8392	6989	7459	5570	5782	7942	11795
11,5	28970	41791	45441	28279	13057	10684	9045	9827	7568	8380	9665	9981
12,5	33810	32764	30159	22893	16151	14548	12282	13052	10496	11233	12154	12728
13,5	61928	41842	36115	29918	23424	20685	17370	17116	13966	14619	7122	11050
14,5	58288	46883	43993	38255	33019	29381	25761	20499	17644	17763	6864	6797
15,5	19723	18467	17961	15765	13832	12949	11541	10933	10324	11448	4262	5802
16,5											545	693
17,5												
18,5												
<b>Total</b>	<b>467908</b>	<b>374737</b>	<b>290756</b>	<b>182227</b>	<b>126323</b>	<b>112317</b>	<b>95946</b>	<b>95538</b>	<b>81894</b>	<b>113260</b>	<b>154949</b>	<b>162691</b>

**Tabla 53. Biomasa absoluta (ton) por clase longitud (cm) y mes de sardina común en la Octava Región en 1993.**

LT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,5	285	428	382	423	855	1070	1609	3774	6285	3722	923	78
4,5	887	783	488	559	1208	1621	2124	3583	9492	11080	9585	1722
5,5	2558	1797	841	680	1021	1712	2587	4003	8814	18192	19255	4280
6,5	8360	3415	1508	1108	1361	1378	2219	4336	7174	21015	41617	23231
7,5	17449	11984	2555	1838	2029	1899	1909	3299	6714	13463	50152	45196
8,5	26272	18104	4526	2712	2924	2733	2560	2863	4252	11032	34932	73358
9,5	25541	22705	8726	3933	3728	3090	3298	3759	3469	6455	20556	64928
10,5	20208	23157	12113	5643	4351	3191	3255	4094	4640	4746	11324	30485
11,5	14423	19604	18004	11577	5893	3154	2882	3569	4250	6066	6398	14104
12,5	13663	15513	15581	14335	10717	9594	7314	5116	3039	4610	7122	8917
13,5	16905	17428	15063	13516	11203	10308	9318	10869	9921	7034	4825	7804
14,5	7757	10471	12970	12228	10062	10311	10360	12301	11989	13781	16324	13576
15,5	7372	7710	8066	5812	1666	1397	1299	2860	4599	7264	11641	16512
16,5	779	743	854	789	389	341	303	346	344			
17,5												
18,5												
<b>Total</b>	<b>162459</b>	<b>153842</b>	<b>102677</b>	<b>75153</b>	<b>57407</b>	<b>51799</b>	<b>51037</b>	<b>64772</b>	<b>84982</b>	<b>128460</b>	<b>234654</b>	<b>304191</b>

La evolución mensual de la biomasa de sardina común en el período de estudio, también presenta máximos estacionales que ocurren en primavera-verano (Fig. 66), pero con cierto desfase de un par de meses respecto de los máximos de la abundancia numérica (Fig. 65). Los máximos de biomasa, han declinado desde cerca de 550 mil toneladas en febrero de 1991 hasta cerca de 165 mil toneladas entre noviembre de 1992 y enero de 1993. A su vez, hacia fines de 1993, se observa una recuperación que en diciembre de 1993 llega a las 304 mil toneladas (Fig. 66).

El carácter cíclico de fluctuación estacional, tanto de la abundancia como de la biomasa de sardina común, se debe al reclutamiento que ocurre en primavera-verano (noviembre-diciembre). En efecto, la abundancia de peces de 6,5 y 7,5 cm de longitud total, que se pueden considerar como reclutas, es máxima en estos meses, provocando aumentos en el tamaño del stock de sardina común en la Octava Región (Fig. 67). Se observa que el pulso de reclutamiento, fue más extenso en el tiempo entre fines de 1990 y comienzos de 1991; en cambio, hacia fines de 1991, 1992, y 1993, se presentó en una forma leptocúrtica.

#### 4.2. EVALUACION DE LA INTENSIDAD DE PESCA, SITUACION ACTUAL Y DETERMINACION DE LOS EXCEDENTES DE PRODUCCION.

##### *Intensidad de pesca*

La evolución mensual de la intensidad de pesca aplicada sobre la sardina común se muestra en la figura 68, donde se observa el comportamiento de la tasa de mortalidad por pesca promedio y de la razón captura-biomasa total. Se puede apreciar que la intensidad de pesca comienza a incrementarse en primavera, alcanzando valores máximos en pleno verano.

Los valores máximos de la mortalidad por pesca promedio ocurrieron en marzo de 1991 ( $0,250 \text{ mes}^{-1}$ ); en marzo y diciembre de 1992 ( $0,345 \text{ mes}^{-1}$  y  $0,371 \text{ mes}^{-1}$ , respectivamente); y en febrero de 1993 ( $0,325 \text{ mes}^{-1}$ ) (Fig. 68). En consecuencia, la máxima intensidad de pesca aplicada por mes se ha ido incrementando desde 1991 a 1993.

Se destaca que el comportamiento de la intensidad de pesca, tanto de la mortalidad por pesca promedio como de la razón captura-biomasa total, es concordante con la operación y actividad de la flota, i.e., mayor número de embarcaciones que operan en la época estival así como mayor cantidad de viajes con pesca en este período (ver Figs. 56 y 57, Sección 3.2.2.2.).

En efecto, un análisis de regresión entre la mortalidad por pesca promedio y los viajes con pesca de la flota se muestra en la Tabla 54, donde se puede apreciar que los viajes con pesca explican aproximadamente el 65,8% de la variabilidad de la mortalidad por pesca promedio. A su vez, el análisis estadístico indica que la recta de regresión pasan por el origen, ya que el intercepto no es estadísticamente diferente de cero (Tabla 54; Fig. 69).

**Tabla 54. Resumen de la relación entre la mortalidad por pesca promedio y el esfuerzo de pesca (viajes con pesca), aplicados sobre el stock de sardina común de la VIII Región. Entre paréntesis se muestra el error estándar de los coeficientes.**

	F promedio versus viajes con pesca	Error estándar	Límite de confianza
Intercepto	0,00618	0,14098	± 0,0285
Pendiente	1,096*10 <sup>-4</sup>	1,249*10 <sup>-5</sup>	± 2,52*10 <sup>-5</sup>
r <sup>2</sup>	0,658		
n	42		

Por otra parte, la intensidad de pesca anual se evaluó para un año calendario (enero a diciembre) y para un año móvil (julio de un año a junio del próximo), calculándose la tasa de explotación anual respectiva (Tabla 55). De

este modo, dentro de los años calendario, la mayor intensidad de pesca se aplicó en 1992 con una tasa de explotación que alcanzó a 54,5%. Sin embargo, en los años móviles, la mayor intensidad de pesca se aplicó en 1992/93 con una tasa de explotación que alcanzó a 48,9%, similar a aquella de 1991/92. Se destaca que el cálculo anual de la intensidad de pesca como año móvil podría reflejar mejor el efecto acumulativo de la intensidad de pesca aplicada sobre el pulso de reclutas, y por ende, sobre el de la abundancia y de la biomasa de sardina común.

**Tabla 55. Tasa anual de mortalidad por pesca (F) y de explotación (E) de sardina común. Año calendario, se refiere a la suma desde enero a diciembre de un año dado en tanto año móvil se refiere a la suma desde julio de un año dado hasta junio del próximo año.**

Año calendario	F	E	Año móvil	F	E
1991	1,061	0,407	1990/91	0,904	0,365
1992	1,737	0,545	1991/92	1,390	0,482
1993	1,147	0,428	1992/93	1,428	0,489

#### *Análisis de la situación actual del recurso*

La situación actual de la intensidad de pesca y nivel de explotación de sardina común se analizó ejecutando un análisis de captura o rendimiento por recluta. Para ello, se utilizó los datos de entrada que se presentan en la Tabla 56, donde los parámetros de la relación longitud-peso se obtuvieron al azar desde la Tabla 25 (sección 3.2.3.4.), y la mortalidad por pesca corresponde al

promedio del período julio de 1990 a diciembre de 1993, la que se obtuvo a partir de un Análisis Secuencial de Población estructurado por talla y utilizando la captura en número promedio en igual período de tiempo.

De acuerdo con la mortalidad por pesca promedio, por clases de talla en el período julio de 1990-diciembre de 1993 (Tabla 56), se puede observar que hasta los 5,5 cm de LT la mortalidad por pesca es bastante baja. A partir de los 6,5 cm comienza a incrementarse hasta los 10,5 cm LT, luego vuelve a disminuir para hacerse máxima a partir de los 15,5 cm LT.

**Tabla 56. Parámetros de entrada para el análisis de captura por recluta de sardina común (Mortalidad natural,  $M = 1,3 \text{ año}^{-1}$ ).**

LT <sup>a</sup> (cm)	PT <sup>b</sup> (gr)	Delta-t <sup>c</sup> (años)	F promedio 1990-1993	Patrón de explotación
3,5	0,5756	0,067	0,009	0,003
4,5	1,0808	0,071	0,171	0,057
5,5	1,8108	0,077	0,618	0,208
6,5	2,8030	0,083	1,326	0,446
7,5	4,0942	0,090	1,620	0,545
8,5	5,7198	0,099	1,798	0,604
9,5	7,7151	0,109	2,128	0,715
10,5	10,1144	0,122	2,129	0,716
11,5	12,9516	0,139	1,839	0,618
12,5	16,2601	0,161	0,971	0,326
13,5	20,0730	0,191	0,976	0,328
14,5	24,4227	0,235	1,733	0,585
15,5	29,3417	0,304	2,452	0,824
16,5	34,8617	0,435	2,953	0,993
17,5	41,0144	0,768	2,975	1,000
18,5	47,8310	-	2,472	0,831

<sup>a</sup> marca de clase, longitud total.

<sup>b</sup> Peso total, obtenido de la relación longitud peso con  $a = 0,011 \text{ cm}^3/\text{gr}$  y  $b=2,845$ .

<sup>c</sup> tiempo transcurrido en cada intervalo de tallas, y obtenido con los parámetros  $L_{\infty} = 18,9 \text{ cm LT}$ , y  $K = 0,973 \text{ año}^{-1}$ .

La captura por recluta en función del multiplicador de la mortalidad por pesca (Fig. 70), muestra que el nivel de mortalidad por pesca actual ( $F_{pru} = 1,636 \text{ año}^{-1}$ ) es superior en 17,7% con respecto a la mortalidad por pesca máxima ( $F_{máx} = 1,390 \text{ año}^{-1}$ ) y superior en 139,2% con respecto a la mortalidad por pesca convencional  $F_{0,1}$  ( $= 0,684 \text{ año}^{-1}$ ).

El análisis anterior indica que el stock de sardina común se encuentra con síntomas de sobreexplotación y sugieren que mientras se mantenga el mismo patrón de explotación, el esfuerzo de pesca debe ser regulado. A su vez, si el patrón de explotación se modifica, por ejemplo prohibiendo la pesca de ejemplares pequeños o retrasando el inicio de la temporada de pesca, el rendimiento por recluta podría incrementarse. Sin embargo, ambas situaciones son perfectamente compatibles si se quiere explotar al recurso en niveles adecuados (Fig. 70).

Se destaca que la distribución de frecuencias de tallas, como los resultados de la evaluación indirecta, indican que la captura de un año dado se basa exclusivamente en el pulso de reclutas que ocurre en primavera-verano y, en consecuencia, si el pulso de reclutas en un año dado cae por niveles más bajos que el promedio, provocaría sin duda una disminución inmediata en las capturas.

Por otra parte, la forma de la curva de rendimiento por recluta indica que la causa de sobreexplotación está asociada al crecimiento individual de los peces. En otras palabras, se está capturando la fracción juvenil a una edad menor a la cual se expresa la máxima biomasa de una cohorte. Nótese que el rendimiento actual anual es de sólo 3,4 g por cada recluta que ingresa a la pesquería (Fig. 70).

### *Excedentes productivos*

Los excedentes de producción mensuales son positivos a fines de cada año, lo que es razonable si se considera que en esa época ocurre el reclutamiento de sardina común (Fig. 71). A su vez, las máximas capturas se logran después de uno a tres meses de ocurrido el máximo excedente de producción mensual. A contar de febrero de cada año, y hasta mayo/junio, los excedentes de producción se tornan negativos, lo que se debe principalmente a una rápida disminución de la biomasa por la intensidad de pesca aplicada en la época estival.

Anualmente, y al igual que el análisis de la intensidad de pesca, se calculó los excedentes de producción de sardina común considerando un año calendario y un año móvil que comienza en julio y termina en junio del próximo (Tabla 57).

Así, se observa que las capturas anuales han sido superiores al excedente de producción de sardina común, excepto en 1993 cuando se considera como año calendario (Tabla 57). No obstante, se debe enfatizar que el año móvil representa más adecuadamente la dinámica del recurso sardina común en la Región del Biobío. Nótese que los excedentes de producción han presentado la misma tendencia que las capturas, lo que refleja la adecuada evaluación del recurso a través del procedimiento analítico utilizado.

Tabla 57. Excedentes de producción anuales (EPA) y capturas (C) de sardina común. Año calendario, se refiere a la suma desde enero a diciembre de un año dado en tanto año móvil se refiere a la suma desde julio de una año dado hasta junio del próximo año.

Año calendario	EPA (ton)	C (ton)	Año móvil	EPA (ton)	C (ton)
1991	490.718	517.293	1990/91	408.036	465.899
1992	119.476	424.925	1991/92	449.074	475.851
1993	274.239	164.988 <sup>a</sup>	1992/93	149.279	194.188 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Preliminar en base a la estadística de INPESCA.

**CAPITULO 5: DISCUSION****5.1. SOBRE LA CARACTERIZACION DEL RECURSO Y SU PESQUERIA****5.1.1. UNIDAD DE STOCK**

Un requisito primario en el ordenamiento pesquero es la identificación de unidades de stocks sobre los que ejerce su acción la pesquería (Tyler, 1988). Winans (1987) señala que el propósito de la identificación de stocks es entender la dinámica de su diferenciación espacial y temporal para facilitar las medidas de ordenamiento pesquero. Spanakis et al. (1989) precisan dos acepciones al concepto de stock. La primera, de stock puro o discreto, adoptada por genetistas y taxónomos, se basa en la idea de poblaciones conespecíficas que han evolucionado independientemente, alcanzando algún grado de diferenciación genética. La segunda, de stock dinámico, adoptada por ecólogos, se limita a una escala temporal mucho menor que la anterior, analizando la persistencia de patrones de distribución y abundancia a una escala temporal ecológica sin que necesariamente exista diferenciación genética.

Se destaca que las técnicas más conocidas para discriminar stocks de peces son: (i) el método de marcaje y recaptura (Serra & Gil, 1975; Hislop & Mackenzie, 1979; Krebs, 1985); (ii) el método de electroforesis de proteínas polimórficas (Cross & Payne, 1978; Mendo, 1991); (iii) el método morfométrico y/o merístico (June, 1965; Copeman, 1977; Sharp et al., 1978; Fournier et al., 1984; Winans, 1984; King, 1985; Quast, 1987; Epperly, 1989; Schaefer, 1991); (iv) el método de cuantificación

de la parasitofauna (Lester et al., 1988; George-Nascimento & Iriarte, 1989; George-Nascimento & Arancibia, 1992).

En este estudio se consideró el método morfométrico y/o merístico y el método del análisis de la parasitofauna, que se clasifican dentro de las técnicas de identificación de stocks dinámicos. El primero analiza la variación morfológica entre marcas corporales distinguibles del cuerpo de un pez, y el conteo de elementos a lo largo del cuerpo o en partes específicas de éste (Winans, 1987). En tanto el método de la parasitofauna, consiste en la detección de variaciones geográficas de un "marcador biológico", esto es, un parásito individual actuando análogamente a una marca artificial (Davey, 1972; Mackenzie, 1985; 1990; Jones, 1991; Moser & Hsieh, 1992); o ensambles de parásitos, analizándose su presencia y/o abundancia mediante técnicas estadísticas multivariadas (Lester et al., 1985; Lester et al., 1988; George-Nascimento & Arancibia, 1992; George-Nascimento, 1992); o bien características morfológicas, serológicas, genéticas y/o poblacionales del mismo parásito (Williams et al., 1992). Cualquiera sea el caso, lo fundamental es la dilucidación de procesos de mezcla de hospedadores durante un período equivalente al tiempo de residencia estimado del parásito en el hospedador (Lester, 1990). Así, un marcador biológico debe satisfacer restricciones similares a las de una marca artificial; debe permanecer un tiempo prolongado en el hospedador, no debe desprenderse durante la manipulación y no debe provocar cambios conductuales o mortalidades diferenciales de los hospedadores infectados (Lester, 1990). A pesar de que la duración de la vida de los parásitos generalmente se desconoce, se supone que los que infectan la cavidad corporal del

hospedador permanecerían por un tiempo prolongado, probablemente por toda la vida del pez, al existir frecuentemente tendencia a la acumulación (Lester, 1990). Dentro de este grupo se cuentan protozoos endoparásitos y helmintos larvales; estos últimos utilizan al pez como hospedador intermediario, y a los depredadores de éste como hospedadores definitivos, donde alcanzan la madurez reproductiva (Möller & Anders, 1986).

#### *Sobre el análisis morfométrico/merístico*

Los resultados indican que las diferencias entre las variables morfométricas son significativamente mayores entre localidades que dentro de la localidad de Talcahuano. Lo mismo ocurre al comparar la segregación entre los individuos y entre las elipses trazadas alrededor de los centroides, tanto para la morfometría como para la merística.

En la determinación de la variación estacional de los caracteres morfométricos, se observa que los valores para el estadístico F alcanzan rangos semejantes a los obtenidos en el análisis entre localidades. Sin embargo, para la merística, las diferencias entre localidades son significativamente mayores que para la diferenciación estacional, especialmente en el caso de la variable ELL (Escamas de la Línea Lateral). Lo anterior, unido al hecho de que las variables morfométricas que explican mayor diferenciación estacional se asocian principalmente a la región media del cuerpo de los peces, indica que tal diferenciación puede deberse a cambios morfológicos estacionales producidos por el estado de madurez gonadal, más que por una diferenciación morfológica patrón entre los individuos.

Finalmente, la determinación de los efectos indica que la principal fuente de diferenciación entre los ejemplares es la localidad, explicando más del 65% de la variabilidad entre los individuos, tanto para la morfometría como la merística. En consecuencia, se plantea la existencia de stocks ecológicos distintos de *S. bentincki*, uno en el área de Talcahuano y otro en los alrededores de Puerto Montt, por lo que eventuales medidas de ordenamiento pesquero deben considerar la variabilidad entre localidades del recurso.

#### *Sobre el análisis de parásitos*

El uso de formas larvales de helmintos como marcadores biológicos de sus hospedadores se apoya en las variaciones geográficas de la probabilidad de infección, la cual determinará las variaciones geográficas en el nivel de parasitismo. Debido a que los ciclos vitales de los parásitos se encuentran acoplados a las tramas tróficas, la probabilidad de infección dependerá de la alimentación, distribución y abundancia de los estados intermediarios de los parásitos en las presas del hospedador (Kennedy, 1970; Lester, 1990; Williams et al., 1992).

Normalmente, los hospedadores definitivos de *Hysterothylacium* sp. son peces de niveles intermedios y superiores en las tramas tróficas (Soleim, 1984), habiéndose detectado en *Merluccius australis* de Chile centro-sur (Fernández, 1985); sus estados juveniles se encuentran distribuidos en el Océano Pacífico Suroriental, en un amplio espectro de hospedadores, incluyendo peces e invertebrados; estos últimos actuarían como los primeros hospedadores intermediarios (Hurst, 1984). Por lo tanto, lo más probable es que

Hysterothylacium sp. ingrese a S. bentincki vía crustáceos planctónicos que constituyen un componente importante de su alimentación.

El tiempo de residencia de las larvas de Hysterothylacium sp. en sus hospedadores depende del sitio de infección elegido. En peces demersales se le ha encontrado frecuentemente en el lumen del tracto digestivo, por lo que en estas especies existe tendencia general a la declinación de la abundancia con el tamaño del hospedador (Riffo, 1990; Riffo & George-Nascimento, 1992). Sin embargo, cuando el sitio de infección principal es la cavidad celomática, como en el S. bentincki, tal disminución de la abundancia no es evidente, lo que hace que en esta situación Hysterothylacium sp. sea considerado como un buen marcador biológico (Lester et al., 1985; Lester et al., 1988; Jones, 1991; Moser & Hsieh, 1992).

La falta de acumulación de Hysterothylacium sp. con el incremento del tamaño de los peces en Talcahuano concuerda con los antecedentes existentes de los hábitos alimentarios de S. bentincki en esta localidad (Arrizaga, 1983; Arrizaga & Fuentealba (en prensa)), en que el zooplancton constituiría un ítem de escasa o nula importancia en los peces de mayor tamaño corporal.

Riffo (1990) describió niveles de infección de Hysterothylacium sp. en S. bentincki cuantitativamente mayores a los encontrados en este estudio, e informó la existencia de acumulación de los parásitos con el aumento del tamaño del hospedador, lo que difiere del presente estudio. Estas diferencias serían un indicador de posibles tendencias migracionales, o de cambios en la composición de la alimentación de S. bentincki. Sin

embargo, ninguna de ambas causas ha sido investigada en detalle.

En consecuencia, las diferencias regionales en la abundancia de *Hysterothylacium* sp. apoyan la existencia de dos stocks dinámicos de *S. bentincki*, uno en los alrededores de Talcahuano y otro en Puerto Montt.

#### 5.1.2. SOBRE LOS PRINCIPALES ASPECTOS BIOLÓGICOS.

El período de máxima actividad reproductiva de *S. bentincki* en el área costera de la Región del Biobío, ha sido determinado principalmente por el análisis del índice gonadosomático promedio de las hembras, así como por la frecuencia de hembras maduras a través del examen visual de las gónadas, utilizando una escala de madurez *ad hoc*.

Así, la extensión de la época de desove de *S. bentincki* se identifica entre junio y septiembre, con un máximo en agosto, lo que concuerda con lo informado por Brandhorst & Rojas (1965 *fide* Serra et al., 1979a), Aguayo & Soto (1978), Arrizaga (1981) y Mujica & Rojas (1984). Sin embargo, se observó cierta variabilidad interanual en la delimitación exacta de cuando comienza, ya que en ciertos años (casos de 1990 y 1991) la expresión de los más altos valores del IGS sólo se reflejó con valores máximos en agosto. En 1992 y 1993, en cambio, se observó una época de desove más extensa, abarcando desde junio a septiembre. Esta variabilidad se considera normal, ya que la especie es un desovante parcial. Por esta razón, y aún cuando los métodos que se utilizaron entregan información relativa del período de máxima actividad reproductiva, éstos son de escasa resolución ó bien poco precisos

debido a que tanto en la época reproductiva como en la de inactividad reproductiva poblacional, es probable encontrar ejemplares en distintos estados de madurez sexual.

Además, como lo indican Arancibia *et al.* (en prensa), la extensión del período reproductivo en *S. bentincki* durante cada año, probablemente depende de las condiciones ambientales así como de la estructura demográfica del stock.

En este contexto, se recomienda abordar estudios acerca de la dinámica reproductiva de *S. bentincki* sobre la base de técnicas histológicas, ya aplicadas a otras especies pelágicas en Chile (e.g. *Sardinops sagax*, Herrera & Claramunt, 1990; Aguilera *et al.*, 1986). Tal análisis, no sólo permitiría entregar información precisa sobre el período de desove, sino también acerca de la fecundidad parcial y frecuencia del desove, parámetros importantes para analizar los cambios en la abundancia de las poblaciones.

No obstante lo anterior, la expresión del desove invernal de *S. bentincki* en la Octava Región presenta un máximo de abundancia planctónica (huevos y larvas) en los meses de agosto a noviembre (Sepúlveda, 1990). Se destaca que los estados larvales de *S. bentincki* forman parte de una asociación ictioplanctónica caracterizada por cerca de 15 especies en la Octava Región (Sepúlveda, 1990; Braun, 1991; Serra *et al.*, 1994a, 1994b; Arcos *et al.*, 1994). Sin embargo, tanto en primavera como en invierno y verano, los estados larvales de sardina común presentan dominancias numéricas bajas (<15%) respecto del total. En cambio, huevos y larvas de *E. ringens*, *S. sagax*, *Merluccius gayi* e *Hygophum. brunni* siempre presentan

dominancias numéricas altas.

Con respecto al área de desove, las mayores densidades de estados larvales de sardina común han sido detectadas en la zona costera (1-10 mn) a través de cruceros de mesoescala (Serra et al., 1994a; 1994b), los cuales no reflejan bien la distribución característica de la abundancia de esta especie. Sin embargo, a través de cruceros que involucran una pequeña escala espacio-temporal, realizados por el Instituto de Investigación Pesquera entre la desembocadura del río Itata y el Golfo de Arauco, ha sido posible identificar núcleos de mayor concentración (200-1000 ind/10m<sup>2</sup>) asociados, principalmente, a la zona comprendida entre 1 y 5 mn de la costa.

De esta manera, y considerando ambas escalas de observación, es posible circunscribir el área de desove de S. bentincki al ambiente nerítico de la Octava Región, que comprende el sector más costero limitado hacia el oeste entre 5 y 10 mn desde la costa en sectores asociados a Punta Tumbes, la desembocadura del río Biobío y el fondo de saco del Golfo de Arauco.

Si se considera la zona y época de desove de S. bentincki, y de otros clupeiformes (e.g. E. ringens y S. sagax), se podría pensar a priori que las condiciones ambientales de la zona en la época invernal parecen ser poco favorables para el éxito del reclutamiento del recurso. Sin embargo, el análisis de las condiciones ambientales (aspectos hidrográficos y biológicos), durante la época reproductiva y del máximo de abundancia larval de la especie en la región, conllevaría a pensar que la estrategia reproductiva de la sardina común sería desovar en pleno invierno con el objeto de que los

estados larvales encuentren durante el inicio de la primavera (septiembre), condiciones adecuadas para su sobrevivencia. Este período se caracteriza por presentar concentraciones moderadas de alimento y un moderado transporte mar afuera y mezcla vertical, asociado al inicio del período de surgencias costeras en la región.

La detección de un máximo de abundancia de reclutas durante el período noviembre-enero (4-6 meses después del desove), confirmaría el éxito de la estrategia reproductiva de S. bentincki en realizar el desove en pleno invierno. Probablemente, los altos valores de transporte mar afuera que ocurren en el período estival y los altos índices de mezcla turbulenta de la columna de agua, conllevan a que la sardina común evite esta época como estrategia reproductiva poblacional. Este período, no obstante, es más adecuado para los reclutas y post-reclutas del recurso, que muestran un máximo de abundancia en la zona costera de la Octava Región, asociado a una alta oferta alimentaria.

De acuerdo a lo expuesto y considerando los resultados encontrados en este estudio, la estrategia reproductiva de la sardina común en la Octava Región se muestra en la figura 72.

A lo antes señalado, se debe agregar las características particulares del crecimiento de S. bentincki. En efecto, el crecimiento corporal de la sardina común presenta oscilaciones estacionales, donde la mayor tasa de crecimiento ocurre precisamente entre diciembre y marzo, en concomitancia con la mayor productividad de la zona costera de la Octava Región. A su vez, la reducida tasa de crecimiento invernal (mayo - agosto) es un reflejo del cambio que ocurre en las condiciones ambientales de la

región. Cubillos & Arancibia (1993a), postulan que la disminución de la tasa de crecimiento en la época invernal se debería a la disminución de los eventos de surgencia y a la condición reproductiva de los peces, los que realizarían un mayor gasto energético hacia la producción de gametos más bien que al crecimiento corporal.

El rápido crecimiento que exhiben los ejemplares reclutas de sardina común durante la época estival, determina que éstos alcancen rápidamente la talla de primera madurez sexual, estimada entre los 10 y 11 cm de longitud total. Se destaca que la talla de primera madurez sexual determinada en este estudio concuerda con lo reportado por Arrizaga (1981) y Mujica & Rojas (1984).

Con respecto a los parámetros de crecimiento, estimados mediante el análisis de la distribución de frecuencia de tallas, se puede indicar que se encuentran dentro de los valores que han sido reportados en la literatura (Tabla 58). En esta tabla, se puede apreciar que el valor promedio del índice de crecimiento efectivo ( $\Phi'$  de Pauly & Munro, 1984) alcanza un valor de 2,416 (c.v.= 5,4%), y que el coeficiente de crecimiento K es el que presenta mayor variabilidad (c.v. = 32,52%).

La alta variabilidad que presenta el coeficiente de crecimiento K se debería, principalmente, a la tasa de crecimiento que exhiban los juveniles que se reclutan entre noviembre y enero. En efecto, éstos exhibieron en 1992 y 1993 una aceleración de la tasa de crecimiento, lo que podría estar asociado a las condiciones ambientales y a la estructura demográfica del stock. Aunque, al parecer, en los últimos dos años es más probable que la tasa de crecimiento haya exhibido un incremento

básicamente porque la fracción adulta de *S. bentincki* se observa seriamente deprimida. En este contexto, se puede inferir cierto grado de densodependencia en el crecimiento de la sardina común.

Tabla 58. Parámetros de crecimiento de sardina común (*Strangomera bentincki*) comunicados por varios autores (d.e. = desviación estándar; c.v. = coeficiente de variación).

AREA	METODO	$L_{\infty}$ (LT, cm)	K (año <sup>-1</sup> )	$\Phi'$	FUENTE
Coquimbo	otolitos (a)	16,9	0,52	2,172	Aguayo & Soto (1978)
Talcahuano	otolitos (a)	17,9	0,45	2,159	Aguayo & Soto (1978)
Talcahuano	APM (b)	19,2	0,71	2,418	Arrizaga (1981)
Talcahuano	ELEFAN I	19,7	0,69	2,428	Cubillos & Arancibia (1992)
Talcahuano	otolitos (c)	17,6	0,89	2,440	Orrego (1993)
Talcahuano	ELEFAN I	18,8	0,68	2,381	Cubillos & Arancibia (1993)
Talcahuano	MULTIFAN	18,8	0,98	2,540	Este estudio (Nov90-Oct91)
Talcahuano	MULTIFAN	15,3	1,27	2,473	Este estudio (Nov91-Oct92)
Talcahuano	MULTIFAN	15,8	0,97	2,384	Este estudio (Oct92-Sep93)
Talcahuano	ELEFAN I	18,9	0,97	2,540	Este estudio (Nov90-Oct91)
Talcahuano	ELEFAN I	15,8	1,27	2,501	Este estudio (Nov91-Oct92)
Talcahuano	ELEFAN I	16,6	1,30	2,554	Este estudio (Nov92-Oct93)
Promedio		17,608	0,892	2,416	
d.e.		1,504	0,290	0,131	
c.v. (%)		8,543	32,518	5,424	

(a) lectura de anillos de crecimiento anuales en los otolitos.

(b) APM = Análisis de progresión modal.

(c) lectura de anillos de crecimiento diarios microestructurales en los otolitos.

El índice de crecimiento efectivo promedio de la sardina común ( $\Phi' = 2,416$ ), es más bajo que el de otras especies de Clupeiformes; (Tabla 59).

A las características de la especie, se debe agregar la alta tasa de mortalidad natural que experimenta. En este estudio, se supuso que el promedio de varios estimados es un valor razonable, en espera de que futuros estudios

clarifiquen este importante aspecto de la biología de S. bentincki. La tasa de mortalidad natural, estimada en  $1,3 \text{ año}^{-1}$  es consistente con aquellos valores que han sido reportados para otros clupeiformes de corto ciclo de vida, i.e. con tres o cuatro años de longevidad (Pauly, 1980). Por otra parte, los estudios de alimentación de M. gayi, realizados por Fuentealba (1993) y Arancibia & Fuentealba (1993), indican que la merluza común puede tener un notable impacto sobre la sardina común básicamente debido a mortalidad por predación.

Tabla 59. Valores del índice de crecimiento efectivo promedio ( $\Phi'$ ) para distintas especies de Clupeiformes estimados según diferentes autores. (n = número de observaciones).

ESPECIE	$\Phi'$	n	FUENTE
<u>Clupea harengus</u>	2,547	6	Calculados en base a los parámetros de crecimiento comunicados por Pauly (1980) y Beddington & Cooke (1983).
<u>Clupea pallasii</u>	2,497	2	
<u>Brevoortya tyrannus</u>	2,517	2	
<u>Sardinops caerulea</u>	2,587	1	
<u>Engraulis ringens</u>	2,564	39	Palomares et al., (1987)

### 5.1.3. CARACTERIZACION DE LA PESQUERIA.

En el período más reciente (1990-1993), la pesquería de sardina común (y anchoveta) de la Octava Región se caracteriza por una marcada estacionalidad debido una mayor actividad y operación de la flota en la época estival de cada año. Al parecer, el pulso de reclutas que ocurre en primavera-verano (noviembre-diciembre)

determina que la actividad de la flota tenga un comportamiento temporal.

En este sentido, el incremento en abundancia de peces, aquellos que son reclutados en la época estival, forman grandes agregaciones y cardúmenes en zonas costeras, los que son fácilmente detectables por la flota sardinera (y anchovetera) y, por ende, capturables (mayor disponibilidad y vulnerabilidad). A lo anterior se suma el mejoramiento de las mejores condiciones climáticas en la época estival, lo que favorece a que las embarcaciones menores participen más activamente en la pesquería.

Por otro lado, en primavera-verano de cada año, las capturas de jurel exhiben una disminución relativa, a consecuencia de un cambio en la disponibilidad del recurso, el que migra con fines reproductivos (Grechina, 1992; Arancibia et al., 1994). Esta situación obliga a que muchas naves industriales, particularmente de entre 100 y 350 m<sup>3</sup> de CB, cambien sus redes y dirijan su esfuerzo de pesca hacia la sardina común (y anchoveta).

En 1993, 239 embarcaciones operaron al menos durante un mes en la pesquería de sardina común (y anchoveta). De estas, 54 correspondieron a Pesqueros de Alta Mar ( $\geq 100$  m<sup>3</sup> de CB) y 148 a lanchas artesanales/semi-industriales. Mensualmente, sin embargo, operan más de 100 embarcaciones, situación que contrasta notablemente con la situación de esta pesquería en la década de los años sesenta y setenta, cuando la sardina común y anchoveta constituían el principal recurso pesquero pelágico de la Octava Región. En efecto, en ese entonces, operaban alrededor de 40 embarcaciones por año, realizando aproximadamente 6 mil viajes totales en 1970, como máximo (Serra, 1978; Serra et al., 1979). Actualmente, en el

período 1990-1993, la flota sardinera (y anchovetera) de la Octava Región ha desarrollado más de 3 mil viajes con pesca durante un mes en la temporada de pesca estival.

Por otra parte, en cuanto a la estructura de la flota se puede mencionar que, actualmente existe una mayor proporción de lanchas que de naves industriales y, en relación a las primeras, existe un claro dominio de barcos con 40 a 60 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega. Las lanchas, se caracterizan por presentar un tonelaje de registro grueso que oscila entre 8 y 61 TRG y una eslora entre los 14 y 20 m. Los pesqueros de alta mar, en cambio, presentan un TRG que fluctúa entre 60 y 530 TRG con eslora que fluctúa entre 20 y 49 m.

Dada la actual heterogeneidad que presenta la flota que opera sobre la sardina común y anchoveta en la Octava Región, es altamente prioritario iniciar estudios orientados a estimar el esfuerzo estándar o esfuerzo de pesca efectivo. Los viajes con pesca que se presentan en este estudio, para el período 1990 - 1993, sólo tienen un carácter nominal, y aún cuando pueden reflejar la operación de la flota, su valor como medida de la intensidad de pesca es menor que si se pondera por el poder de pesca que ejercen las distintas unidades de pesca.

De acuerdo a lo expuesto, la característica más relevante de la pesquería de sardina común es la fuerte dependencia actual de las capturas frente al reclutamiento que ocurre en primavera-verano. En otras palabras, la estacionalidad de este proceso (reclutas) determina la actividad de la flota, en concomitancia con las mejores condiciones climáticas de la época estival.

#### 5.1.4. SOBRE LAS FLUCTUACIONES HISTORICAS DE LA ABUNDANCIA.

Para la Octava Región, entre 1960 y 1979 la pesquería de sardina común y anchoveta fue la más importante de acuerdo a la incidencia que estos recursos tenían sobre el desembarque regional. Las estimaciones de abundancia y biomasa realizadas en este estudio, indican que la biomasa de *S. bentincki* tenía una tendencia decreciente a partir de la segunda mitad de la década de los sesenta hasta 1979. Esta tendencia decreciente, sin embargo, se acentuó en 1969, cuando el reclutamiento del grupo de edad 0 disminuyó considerablemente, reflejándose en una abrupta disminución de las capturas en 1970. No obstante, en 1970 ingresó una clase anual muy abundante (sobre 300 mil millones de peces), provocando una recuperación de las capturas en 1971 y años subsiguientes. Precisamente, en 1970 se produce uno de los más altos valores de mortalidad por pesca sobre la fracción adulta y la consecuente caída de las capturas debido a que la abundancia del grupo de edad 1+ se encontraba deprimida. En 1974, nuevamente la intensidad de pesca fue alta, pero esta vez los niveles de reclutamiento comenzaron a disminuir persistentemente provocando una disminución inmediata en las capturas de los años subsiguientes, y por ende, el colapso de la pesquería en 1975-76.

De acuerdo a lo expuesto, se reconoce que las fluctuaciones de la abundancia de sardina común son fuertemente dependientes del reclutamiento anual. En efecto, las fluctuaciones del reclutamiento tienen una gran incidencia en las fluctuaciones de la abundancia y, por lo tanto, en las fluctuaciones de las capturas.

Se destaca que hasta comienzos de la década de los setenta, la pesquería operaba más bien sobre la fracción adulta del stock de sardina común (grupo 1+); en tanto, posteriormente, la mayor intensidad de pesca se ejerce particularmente sobre el grupo de edad 0 y 1, lo que se debió a la virtual desaparición de los peces de 2 y más años de edad.

## 5.2. SOBRE LA EVALUACION INDIRECTA DEL RECURSO, SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS

La evaluación indirecta de sardina común, con el método de estimación mensual utilizado, señala que los máximos de abundancia en número y biomasa ocurren en primavera-verano debido, principalmente, al pulso de reclutas que ocurre entre noviembre y diciembre.

Además, la evaluación y la estructura de tallas indican que la abundancia de los ejemplares adultos, grupo de edad 1+, actualmente se encuentra seriamente deprimida, particularmente de los peces más longevos (2+), cuyo potencial reproductivo puede generar un sustansioso aporte al proceso reproductivo (fecundidad parcial más alta), y por ende, al éxito del reclutamiento.

Al parecer, la estrategia que ha presentado la sardina común frente a la virtual disminución de la abundancia de peces viejos, es maximizar la actividad reproductiva de los ejemplares más jóvenes a través de: (i) aceleramiento de la tasa de crecimiento estival para alcanzar tempranamente, dentro del año, la talla de primera madurez sexual; y (ii) extender el período reproductivo en el tiempo, incluso generando un período reproductivo secundario hacia fines del verano y durante el otoño.

Esta estrategia podría favorecer a la población en dos aspectos: (i) maximizar la probabilidad de que huevos y larvas encuentren ventanas óptimas de sobrevivencia en el tiempo; y (ii) generar una cohorte secundaria, menos importante en abundancia (como la detectada hacia fines de 1993), pero que podría compensar la pérdida de potencial reproductivo de los escasos ejemplares adultos de más de 2 años existentes en la población.

No obstante lo anterior, los pulsos de reclutamiento que se han estimado a través de la evaluación, indican que éstos han sido muy leptocúrticos, lo que indicaría que la sobrevivencia de huevos y larvas, generados durante la principal estación reproductiva (invierno), ha ocurrido sólo en un período de tiempo muy reducido. A su vez, la presencia de una cohorte secundaria hacia fines de 1993 en la estructura de tallas no se ve reflejada en la evaluación. Esto indicaría que la abundancia de esta cohorte es muy baja o que el método de evaluación es poco sensible a esta situación.

Con respecto a los cambios interanuales, los pulsos de abundancia y biomasa que ocurren en la época estival han venido disminuyendo desde comienzos de 1991 hasta fines y/o comienzos de 1993. Hacia fines de 1993, se observa una recuperación de la biomasa producto de una recuperación de la abundancia de reclutas a niveles similares a los detectados a fines de 1990-comienzos de 1991 y fines de 1991-comienzos de 1992. Esta recuperación de la abundancia ha permitido generar excedentes productivos algo más altos hacia fines de 1993, situación que se ha visto reflejado en las capturas que ha obtenido la flota durante el primer semestre de 1994 (aproximadamente 225 mil toneladas).

No obstante, el pulso de abundancia ocurrido a fines de 1993 evidencia ya en diciembre una tendencia a disminuir. En consecuencia, el pulso de biomasa debería comenzar a declinar a comienzos de 1994. Al respecto, en la figura 73 se presenta una proyección sobre la base del ajuste de un modelo trigonométrico a la serie mensual de biomasa ( $r^2=0,80$ ;  $P<0,05$ ;  $n=42$ ), dado por

$$B_t = \alpha - A \cos(n\pi t + \phi) \quad (50)$$

donde  $B_t$  es la biomasa en el mes  $t$ , con valor ordinal ( $t_1 = 79$ , corresponde a julio de 1990);  $\alpha = a + bt + ct^2$  ( $a=2275,86$ ;  $b=-45,586$ ;  $c= 0,196$ ), es la tendencia global de más largo plazo;  $A = u + vt$  ( $u = 518,35$ ;  $v = -3,669$ ) corresponde a la amplitud;  $n = 24,166$ ;  $\pi = 3,1416$ ; y  $\phi = 2,5$ .

Como se puede observar en la figura 73, hacia fines de 1994 se espera un pulso de biomasa algo más bajo, pero más alto que el ocurrido a hacia comienzos de 1993. A su vez, el pulso de biomasa deberían expresarse con una menor amplitud. En consecuencia, existe una baja probabilidad de que se produzca un incremento de la biomasa a valores más altos que los detectados hasta diciembre de 1993.

Respecto a la intensidad de pesca, el diagnóstico indica que la intensidad de explotación actual está provocando una sobre-explotación asociada al crecimiento individual de los peces. Esto significa que la pesquería está ejerciendo su acción principalmente sobre los ejemplares reclutas, capturándolos antes de que éstos puedan aportar mayor biomasa por crecimiento a la población o alcancen la madurez reproductiva. Además, dado que las capturas

actualmente dependen fuertemente del reclutamiento, cualquier disminución del reclutamiento involucraría una disminución inmediata de las capturas, más aún si se considera que la pesquería actualmente está "cosechando" más de lo que produce el stock a través del reclutamiento. Esta situación, más el estado deprimido de la abundancia de adultos, podría generar en la pesquería serias consecuencias socio-económicas si el reclutamiento cae persistentemente por debajo de niveles que permitan sostener la actividad pesquera y la renovación de la población explotada.

En este contexto, las perspectivas de la pesquería son inciertas si no se intenta regular la explotación, cuyos lineamientos de ordenación deben formularse desde ya. Lo contrario significaría llevar a la pesquería a una etapa de fluctuaciones bruscas o de inestabilidad de las capturas anuales (que al parecer ya está ocurriendo), cuyo peligro radica en el alto riesgo de colapso asociado a la explotación y a condiciones ambientales adversas que puedan ocurrir. Situación que por lo demás ya ha ocurrido en el pasado.

Con respecto al método de evaluación utilizado, se puede indicar que las estimaciones de abundancia y biomasa pueden verse afectadas por los parámetros de crecimiento que se utilicen, ya que el método considera a la captura contenida entre dos curvas de crecimiento generadas a comienzos y fines de un mes dado. Así, en el caso de especies que exhiben oscilaciones estacionales en la tasa de crecimiento, pequeñas diferencias entre años en los parámetros pueden producir alguna sobreposición de "cohortes" vecinas (*i.e.* algunos datos de captura pueden contabilizarse dos veces) (Pauly *et al.*, 1987).

Otra limitación del método de evaluación, se debe al hecho de considerar a la tasa de mortalidad natural como constante. En efecto, las estimaciones de biomasa pueden ser más exactas si se considera, por ejemplo, que la mortalidad natural no es constante. Esto puede y debe tomarse en cuenta considerando la mortalidad natural en función de los principales predadores de sardina común, por ejemplo de merluza común (Merluccius gayi) que en 1991 removi6 por predaci6n cerca de 160 mil toneladas de sardina com6n (Fuentealba, 1993).

**CAPITULO 6: CONCLUSIONES**

1. Se plantea la existencia de stocks ecológicos distintos de S. bentincki, uno en el área de Talcahuano y otro en los alrededores de Puerto Montt.
2. El período de máxima actividad reproductiva poblacional de S. bentincki se identifica entre junio y septiembre, con un máximo en agosto en la Octava Región.
3. La extensión del período reproductivo presenta variabilidad interanual, identificándose en algunos años la presencia de un máximo reproductivo secundario en la época otoñal (marzo-abril).
4. El área de desove de S. bentincki está restringido al ambiente nerítico de la Región del Biobío y áreas adyacentes, lo que comprende el sector más costero limitado entre 5 y 10 millas náuticas desde la costa en sectores asociados a Punta Tumbes, la desembocadura del río Biobío y al saco de fondo del Golfo de Arauco.
5. La talla de primera madurez sexual de S. bentincki ocurre entre los 10 y 11 cm de LT.
6. La estrategia reproductiva de S. bentincki es desovar hacia fines del invierno (agosto), con el objeto de que los estados larvales encuentren al inicio de primavera (septiembre) condiciones ambientales adecuadas para la sobrevivencia.
7. El crecimiento en longitud de S. bentincki presenta oscilaciones estacionales en la tasa de crecimiento. En primavera-verano (noviembre-enero) ocurre la mayor tasa

de crecimiento, mientras que en el invierno la tasa de crecimiento de los ejemplares se reduciría.

8. S. bentincki presenta un rápido crecimiento en longitud y un ciclo de vida corto.
9. Se encuentra gran variabilidad en los parámetros de crecimiento de S. bentincki, particularmente en el parámetro K que tiene que ver con la "rapidez" del crecimiento.
10. S. bentincki presenta una elevada tasa instantánea de mortalidad natural, la que se ha estimado en  $1,3 \text{ año}^{-1}$ .
11. Actualmente, la pesquería de S. bentincki en la Octava Región se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad, con una mayor actividad y operación de la flota en la época estival.
12. La estacionalidad de la pesquería está determinada por el pulso de reclutas que ocurre en primavera-verano (noviembre-diciembre), con ejemplares de un tamaño modal de 6 a 7 cm de longitud total. Se suma, además, las mejores condiciones climáticas de la época estival que permiten una mayor participación de embarcaciones menores.
13. En 1993, la flota sardinera de la Octava Región estuvo compuesta por 239 embarcaciones. De éstas, 54 correspondieron a naves industriales de tamaño superior o igual a  $100 \text{ m}^3$  de capacidad de bodega y 148 a lanchas artesanales/semi-industriales.
14. Actualmente (1992 - 1993), en la pesquería de S. bentincki, existe un claro dominio de embarcaciones de 40

a 60 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, las que presentan un tonelaje de registro grueso comprendido entre 8 y 61, y una eslora entre 14 y 20 m.

15. Las fluctuaciones de la abundancia de S. bentincki son fuertemente dependientes del reclutamiento anual.
16. La evaluación de stock indirecta, señala que durante la época de primavera-verano ocurre la máxima biomasa y abundancia de S. bentincki, lo que es consecuencia del reclutamiento.
17. La mayor abundancia y biomasa de S. bentincki ocurrió a comienzos de 1991, año a partir del cual comenzó a disminuir en forma sostenida hasta comienzos de 1993. Hacia fines de 1993 existe una recuperación parcial de la abundancia y biomasa.
18. Los excedentes productivos mensuales y anuales presentan una estrecha relación con las capturas obtenidas, reconociéndose en el período 1990-1993 que las capturas obtenidas siempre han sido mayores que los excedentes de producción del stock.
19. Las fluctuaciones de los excedentes productivos están determinadas por el reclutamiento.
20. Las capturas de S. bentincki son fuertemente dependientes del reclutamiento.
21. La intensidad de pesca o de explotación actual, en el período 1990-1993, está provocando una sobre-explotación asociada al crecimiento individual de los peces.

## CAPITULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, H.M. & S.B. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (Clupea (Strangomera) bentincki) en Coquimbo y Talcahuano. Invest. Pesq. (Chile), (27): 1 - 55.
- Aguilera, E., C. Oyarzún & J. Chong. 1986. Ciclo reproductivo de la sardina española, Sardinops sagax musica (Girard, 1854) en el área pesquera de Talcahuano, Chile (1983-1984). Biol. Pesq. 15: 45-53.
- Ahumada, R. 1989. Producción y destino de la biomasa fitoplanctónica en un sistema de bahías en Chile central: Una hipótesis. Biol. Pesq., 18:53-66.
- Ahumada, R. & L. Chuecas. 1979. Características hidrográficas de la Bahía de Concepción, VIII Región, Chile. Gayana (Misc.), 8: 1-56.
- Ahumada, R., A. Rudolph & V. Martínez. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepción bay. Est. Coast. Shelf Sci., 16:95-105.
- Ahumada, R., P. Bernal & G. Shaffer. 1985. Dinámica física y bio-oceanográfica de una zona de surgencia costera. Informe de Avance. Proyecto de Investigación DIUC-SAREC 1/83. Dirección de Investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile, 95 págs.
- Alagaraja, K. 1984. Simple method for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. Indian J. Fish. 31:177 - 208.
- Aliste, V. 1994. Estrategias reproductivas de sardina común (Strangomera bentincki Norman, 1936) y anchoveta (Engraulis ringens Jenyns, 1842) en el sistema de surgencia de Talcahuano (37°S), Chile. Seminario para optar al título de Biólogo Marino. Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción. Documento fotocopiado, 68 págs.
- Anónimo. 1986. Análisis del recurso jurel con énfasis en la pesquería de Talcahuano. Comité Técnico Asesor Recursos Pelágicos Zona Sur, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, Nov 1986. 35 p. + anexos.
- Arancibia, H. & M. Fuentealba. 1993. Análisis de la alimentación de Merluccius gayi gayi (Guichenot, 1848), de Chile central en el largo plazo. Biol. Pesq. 22: 5-11.

- Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remmaggi & R. Alarcón. (en prensa). Determinación de la talla de madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, Strangomera bentincki (Norman 1936), del área de Talcahuano, Chile. Rev. Biología Pesquera.
- Arancibia, H., R. Alarcón, L. Cubillos & D. Arcos. 1994. Pronóstico de capturas de jurel (Trachurus symmetricus murphyi Nichols, 1920) en la zona central de Chile para 1994. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 3, Núm. 2, 17pp.
- Arcos, D.F. 1987. Seasonal and short time scale variability in copepod abundance and species composition in an upwelling area off Concepcion coast, Chile. Ph.D. Dissertation. Marine Science Research Center, University of New York. 203 pags.
- Arcos, D.F. & M.A. Salamanca. 1984. Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile central (latitudes 32-38°S, febrero, 1982). Biol. Pesq., 13: 5-14.
- Arcos, D.F. & N. Navarro. 1986. Análisis de un índice de surgencia para la zona de Talcahuano, Chile (Lat. 37°S). Invest. Pesq. (Chile), 33:91-98.
- Arcos, D.F., S.P. Núñez, L. Castro & N. Navarro. 1987. Variabilidad vertical de clorofila a en un área de surgencia frente a Chile central. Invest. Pesq. (Chile), 34:47-55.
- Arcos, D.F., S.P. Núñez & A. Acuña. 1994. Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile centro-sur): Identificación y dinámica de áreas de retención larval. Manuscrito sometido revisión en Revista Gayana (Oceanografía). Universidad de Concepción.
- Arrizaga, A. 1981. Nuevos antecedentes biológicos para la sardina común, Clupea (Strangomera) bentincki Norman 1936. Bol. Soc. Biol. Concepción (52):5-66.
- Arrizaga, A. 1983. Variación en la alimentación de la sardina común Clupea (Strangomera) bentincki, Norman 1936 (Pisces, Clupeidae) en la región del Bio-Bio, Chile. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 54: 7-26.
- Arrizaga, A. & M. Fuentealba. (en prensa). Alimentación de la sardina común (Strangomera bentincki) y de la anchoveta (Engraulis ringens) en al área de la Octava Región. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción.

- Arrizaga, A. & C. Veloso. 1982. Estimación de mortalidades (M, F y Z) y del coeficiente de capturabilidad (q) en la sardina común, Clupea (Strangomera) bentincki Norman 1936, de Talcahuano-Chile. Monogr. Biol., (2): 39 - 49.
- Balbontín, F. & W. Fisher. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza Merluccius gayi, en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 17(3): 285-334.
- Beddington, J.R. & J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap., N° 242:47 p.
- Bernal, P.A., G. Herrera, A. Troncoso, H. González & M. George-Nascimento. 1990. Informe Final Proyecto FONDECYT 0372/88: Cuantificación de la mortalidad larval de Sardinops sagax y de Engraulis ringens. Efecto de la inanición y su control causal. Departamento de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano.
- Beverton, R.J.H & S.J. Holt .1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P. V. Réun. ICES, 154: 44 - 67.
- Beyer, J. 1987. On length-weight relationship. Part. I. Computing the mean weight of the fish in a given length class. Fishbyte 5(1): 12 - 14.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 14(3):45-84.
- Braun, M. 1991. Abundancia y distribución de huevos y larvas de jurel, sardina y anchoveta en la zona sur de Chile, en junio de 1991. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la Octava Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas; pp. 92-124.
- Butterworth, D.S., G. Hughes & F. Strumpfer. 1990. VPA with ad hoc tuning: implementation for disaggregated fleet data, variance estimation, and application to namibian stock of cape horse mackerel Trachurus trachurus capensis. S. Afr. J. Mar. Sci. (9): 327 - 357.
- Cáceres, M. 1992. Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. Invest. Pesq. (Chile), 37:55-66.
- Cáceres, M. & D.F. Arcos. 1991. Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. Invest. Pesq. (Chile), 36:27-38.

- Castillo, G., E. Aguilera, G. Herrera, P. Bernal, J. Butler, J. Chong, C. Oyarzún & C. Veloso. 1985. Larval growth rates of the pacific sardine Sardinops sagax off central Chile, determined by daily ring counts in otoliths. Biol. Pesq., 14:3-10.
- Copeman, D. 1977. Population differences in rainbow smelt, Osmerus mordax: multivariate analysis of mensural and meristic data. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 1220-1229.
- Cross, T. & R. Payne. 1978. Geographic variation in Atlantic cod, Gadus morhua, off eastern North America: a biochemical systematic approach. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 35: 117-123.
- Cubillos, L. 1991. Estimación mensual de la biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca de la anchoveta (Engraulis ringens) de la zona norte de Chile en el período 1986-1989. Biol. Pesq. 20: 49 - 59.
- Cubillos, L. & H. Arancibia. 1993a. On the seasonal growth of common sardine (Strangomera bentincki) and anchovy (Engraulis ringens) off Talcahuano, Chile. Revista de Biología Marina 28(1):43-49.
- Cubillos, L. & H. Arancibia. 1993b. Análisis de la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano, situación actual y perspectivas. Documentos Técnicos del Instituto de Investigación Pesquera (IIP), Talcahuano, Chile 2(2), 19 p.
- Davey, J.T. 1972. The incidence of Anisakis sp. larvae (Nematoda: Ascaridata) in the commercially exploited stocks of herring (Clupea harengus L., 1758) (Pisces: Clupeidae) in British and adjacent waters. Journal of Fish Biology 4: 535-554.
- Deardorff, T. & R. Overstreet. 1981. Review of Hysterothylacium and Iheringascaris (both previously= Thynnascaris) (Nematoda: Anisakidae) from the Northern Gulf of Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington 93(4): 1035-1079.
- Epperly, S.P. 1989. A meristic, morphometric and biochemical investigation of atlantic menhaden Brevoortia tyrannus (Latrobe) Journal Fish Biology 26: 139-152.
- Fernández, J. 1985. Estudio parasitológico de Merluccius australis (Hutton, 1872)(Pisces: Merluccidae): aspectos sistemáticos, estadísticos y zoogeográficos. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 56: 31-41.

- Fernández, J., C. Villalba & A. Alviña. 1986. Parásitos del pejegallo Callorhynchus callorhynchus (L.) en Chile: Aspectos biológicos y sistemáticos. *Biología Pesquera* 15: 63-73.
- Finucane, J.H. & L.A. Collins. 1984. Reproductive biology of cero, Scomberomorus regalis, from the coastal waters of south Florida. *Northeast Gulf Sci* 7(1):101-107.
- Fournier, D.A., T.D. Beacham, B.E. Riddell & C. Busack. 1984. Estimating stock composition in mixed stock fisheries using morphometric, meristic, and electrophoretic characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 400-408.
- Fournier, D., R. Siber, J. Majkowski & J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated for southern bluefin tuna (Thunnus maccoyii). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(2): 301 - 317.
- Fournier, D.A., J.R. Siber & M. Terceiro. 1991. Analysis of length frequency samples with relative abundance data for the Gulf of Maine northern shrimp (Pandalus borealis) by MULTIFAN method. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(4): 591 - 598.
- Fuentealba, M. 1993. Relaciones intraespecíficas de la merluza común, Merluccius gayi gayi (Guichenot, 1848) (Pisces; Gadiformes; Merlucciidae); de Chile central. Tesis de Magister en Ciencias, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción. 110pp.
- Gayanilo, F.C., M. Soriano & D. Pauly. 1988. A draft guide to the Compleat ELEFAN. ICLARM Software 2, 65 p.
- George-Nascimento, M. 1992. Informe Final Proyecto "Discriminación de stocks ecológicos de la merluza común Merluccius gayi (Guichenot) mediante análisis comparativo de su fauna parasitaria". INPESCA, 49 pp.
- George-Nascimento M. & J. Iriarte. 1989. Las infracomunidades de parásitos metazoos del chancharro Helicolenus lengerichi Norman, 1937 (Pisces, Scorpaenidae): un ensamble no interactivo de especies. *Revista Chilena de Historia Natural* 62: 217-227.

- George-Nascimento, M. & H. Arancibia. 1992. Stocks ecológicos del jurel (Trachurus symmetricus murphyi Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. Revista Chilena de Historia Natural 65: 453-470.
- Grechina, A.S. 1992. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel (Trachurus symmetricus murphyi) en alta mar del Pacífico Sur. H. Arancibia y L. Cubillos (Eds). Documentos Técnicos, Instituto de Investigación Pesquera (IIP), Talcahuano, Vol. 1, Núm. 2, 47 págs. + 21 figs.
- Gulland, J.A. 1965. Estimation of mortality rates. Annex to the report of the Arctic Fisheries Working Group. Cons. Int. Explor. Mer C.M. 1965/3: 9 p.
- Gulland, J.A. & A.A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca N°323: 112p.
- Hartwich, G. 1974. Keys to genera of the Ascaridoidea. Commonwealth Agricultural Bureaux Publications, 15 pp.
- Hayman, R.A.; A.V. Tyler & R.L. Demory. 1980. A comparison of cohort analysis and catch per unit effort for dover sole and english sole. Trans. Amer. Fish. Soc. 109:35-53.
- Herrera, G. 1984. Parasitismo de juveniles de copépodos Caligoideos sobre larvas de peces en Bahía Coliumo (36°32'S; 75°57'W), Chile. Biología Pesquera 13: 31-38.
- Herrera, G., E. Aguilera, G. Castillo & P. Bernal. 1985. Growth of anchovy larvae Engraulis ringens in central Chile, determined by daily increment counts in otoliths. Biol. Pesq., 14:11-15.
- Herrera, G. & G. Claramunt. 1990. Estimaciones de la fecundidad parcial y frecuencia de desove de Sardinops sagax durante 1987 y 1988, en el norte de Chile. Investigaciones Científicas y Tecnológicas, 1:55-68.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA: A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York. 30 p.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Téc. FAO. Pesca (115). Rev. 1: 211 p.

- Hurst, R. 1984. Marine invertebrate hosts of New Zealand Anisakidae (Nematoda). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 18: 187-196.
- Hyslop, J. & K. Mackenzie. 1979. Population studies of whiting Merlangius merlangus (L.) of the northern North Sea. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 37(1): 98-111.
- Jones, J.B. 1991. Movements of albacore tuna (Thunnus alalunga) in the south pacific: evidence from parasites. *Marine Biology* 106: 1-9
- June, F. 1965. Comparison of vertebral counts of atlantic menhaden. United States fish and wildlife service. Special Scientific Report. Fisheries 513, 12 p.
- Kennedy, C.R. 1970. The population biology of helminths of British freshwater fish. In: Aspect of Fish Parasitology. Symposium of British Society of Parasitology. Vol. 8. Blackwell Science Publications. Oxford & Edinburgh, pp. 1-42.
- King, D. P. 1985. Morphological and meristic differences among spawning aggregations of north-east Atlantic herring, Clupea harengus L. *Journal of Fish Biology* 26: 591-607.
- Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. México, HARLA, Harper & Row Latinoamericana. Segunda Edición, 753 p.
- Lester, R.J.G. 1990. Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 855-864.
- Lester, R., A. Barnes, & G. Habib. 1985. Parasites of skipjack tuna, Katsuwonus pelamis: fishery implications. *Fishery Bulletin* 83: 343-356
- Lester, R., K. Sewell., A. Barnes. & K. Evans. 1988. Stock discrimination of orange roughy, Hoplostethus atlanticus, by parasite analysis. *Marine Biology* (99):137-143.
- Llanos, A. 1990. Análisis del contenido intestinal de estados larvales de cuatro especies de clupeiformes en la Bahía de Concepción. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano.

- MacKenzie, K. 1985. The use of parasites in population studies of herring, *Clupea harengus* L., in the North Sea and to the North and West of Scotland. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 42: 33-64.
- MacKenzie, K. 1990. Cestodes parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Northeast Atlantic. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 46: 155-166.
- Margolis, L., G. Esch, J. Holmes, A. Kuris & G. Shad. 1982. The use of ecological terms in parasitology. Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists. *Journal of Parasitology* 68: 131-133.
- Mendo, J. 1991. Stock identification of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*): morphometric, tagging/recapture, electrophoretic and ecological studies. Dr. rer. nat. Thesis, University of Bremen, RFG, 162 p.
- Mesnil, B. 1980. Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 44(2):119-155.
- Mesnil, B. 1989. Computer programs for fish stock assessment. ANACO: software the analysis of catch data by age group on IBM PC and compatibles. *FAO Fish. Tech. Pap.* 101(3): 73 p.
- Möller, H. & K. Anders. 1986. Diseases and parasites of marine fishes. Kiel: Moller, 217 pp.
- Mordojovich, C. 1983. La plataforma continental de Chile y sus posibilidades petrolíferas. *En: P. Arana (Ed.). Recursos Marinos del Pacífico.* pp: 131-154.
- Moser, M. & J. Hsieh. 1992. Biological tags for stock separation in Pacific herring *Clupea harengus pallasii* in California. *Journal of Parasitology* 78(1): 54-60.
- Mujica, A. & O. Rojas. 1984. Fecundidad y estructura poblacional de sardina común (*Clupea bentincki*, Norman). (Clupeiformes - Clupeidae). *Invest. Pesq. (Chile)*, 31:59-69.
- Muñoz, H. 1983. Catálogo ilustrado de las larvas de peces presentes en el zooplancton de Bahía Coliumo, VIII Región, Chile. Unidad de Investigación para optar al grado de Licenciatura en Biología Marina. Universidad de Concepción, 73 págs.

- Núñez, S.P. 1990. Descripción de la comunidad zooplanctónica asociada al sistema de surgencia de la Octava Región, Chile. Unidad de Investigación. Programa de Magister en Ciencias, mención Oceanografía. Universidad de Concepción, 89 págs.
- Osses, J. & J. L. Blanco. 1991. Condiciones oceanográficas en la zona centro-sur de Chile, durante julio de 1991. Crucero INDUSUR 9102. En: Estimación de la biomasa del recurso jurel en la VIII Región y cuantificación de las condiciones bio-oceanográficas. Programa de Investigaciones pesqueras de recursos pelágicos - zona centro-sur.
- 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, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción. 84pp.
- Paloheimo, J.E. 1980. Estimation of mortality rates in fish populations. Trans. Am. Fish. Soc., 109: 378 - 386.
- Palomares, M.L., P. Muck, J. Mendo, E. Chuman de Flores, O. Gómez & D. Pauly. 1987. Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. En: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.). ICLARM Stud. and Rev. 15:179-207.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer 39(2):175-192.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use programmable calculators. ICLAM. Studies and Reviews 8, 325 p. International Center for Living Aquatic resources Management, Manila, Philippines.
- Pauly, D. & G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculator. ICES C.M. 1979/G:24 Demersal Fish Ctte, 26 p.
- Pauly, D. & I. Tsukayama. 1983. On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass of the Peruvian anchoveta from 1961 to 1979. En: Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. G.D. Sharp y J. Csirke (Eds.). FAO Fish Rep. Nº 291 vol. 3:987-1004.

- Pauly, D. & J.L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte*. 2(1): 21.
- Pauly, D., M.L. Palomares & F.C. Gayanilo. 1987. VPA estimates of monthly population length composition, recruitment, mortality, biomass and related statistics of Peruvian anchoveta, 1953 to 1981. En: *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. D. Pauly & I. Tsukayama (Eds.). *ICLARM Stud. and Rev.* 15:142-166.
- Pauly, D. & M.L. Palomares. 1989. New estimates of monthly biomass, recruitment and related statistics of anchoveta (*Engraulis ringens*) off Perú (4-14°S), 1953-1985. En: *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*, D. Pauly, P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (Eds.). *ICLARM Conf. Proceedings* 18:189-206.
- Peterson, W.T., D.F. Arcos, G. McManus, H. Dam, D. Bellantoni, T. Johnson & P. Tiselius. 1988. The nearshore zone during coastal upwelling: daily variability and coupling between primary and secondary production off central Chile. *Progress in Oceanography*, 20:1-40.
- Pope, J.G. & J.G. Shepherd. 1982. A simple method for the consistent interpretation of virtual population analysis of catch-at-age data. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer*, (40): 176-184.
- Quast, J., 1987. Morphometric variation of the pacific ocean perch *Sebastes allotus*, off western North America. *Fishery Bulletin* 85: 663-680.
- Reichov, D., C. Laigiader, Ch. Klingerberg, C. Clemensen & R. Froese. 1991. The use of multivariate morphometrics to determine the nutritional condition of marine fish larvae. *ICES C.M. 1991/L: Biol. Ocean. Cttee.*, 15 p.
- Ricker, W.E. 1973. linear regressions in fishery research. *J. Fish. res. Board Can.* 30: 409-434.
- Ricker, W.E. 1975. Computations and interpretations of biologist statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* (191): 382 p.
- Riffo, R. 1990. Primer registro parasitológico en *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) y *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (Pisces: Clupeiformes) para la costa de Chile. *Medio Ambiente* 11(1): 59-64.

- Riffo, R. & M. George-Nascimento. 1992. Variaciones en la abundancia de larvas de Anisakis sp. e Hysterothylacium sp. (Nematoda: Anisakidae) en la merluza de cola Macruronus magellanicus Lonnberg 1862: La importancia del sexo, tamaño corporal y dieta del hospedador. Estudios Oceanológicos 11: 79-84.
- Rikhter, V.A. & V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8: 12 p.
- Saila, S.B., C.W. Recksiek & M.H. Prager. 1988. Basic fishery science programs, a compendium of microcomputer programs and manual of operation. Elsevier Sc. Publ. Co. Inc., New York, 230 p.
- Schaefer, K. 1991. Geographic variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna Thunnus albacares from the Pacific Ocean. Fishery Bulletin 89: 289-297.
- Sepúlveda, A. 1990. Variabilidad temporal del ictioplancton en el área de surgencia costera de Chile central: procesos ambientales y biológicos asociados. Tesis de Magister en Ciencias, mención Oceanografía. Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 85 págs.
- Serra, R. 1978. La pesquería de sardina común (Clupea (Strangomera) bentincki) y anchoveta (Engraulis ringens) de Talcahuano: análisis de su desarrollo y situación actual. Invest. Pesq. (Chile), 29:21 pp.
- Serra, R. 1983. Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. En: Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. G.D. Sharp y J. Csirke (Eds.). FAO Fish Rep. Nº 291 Vol. 2:255-284.
- Serra, R. & U. Gil. 1975. Marcación de la anchoveta en la Zona Norte de Chile. Metodología y trabajos preliminares. Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur 3: 3-19.
- Serra, R., M. Aguayo, J. Cañón & F. Inostroza. 1979a. Anchoveta, Engraulis ringens Jenyns (Teleostomi, Clupeiformes, Engraulidae). En: Corporación de Fomento de la Producción. Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Santiago - Chile, IFOP V. 1 (Peces) Parte 5 sp. (AP 79-18).

- Serra, J.R., O. Rojas, M. Aguayo, F. Inostroza y J.R. Cañón. 1979b. Sardina común Clupea (Strangomera) bentincki Teleostomi Clupeiformes Clupeidae. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales: Bases para un desarrollo pesquero. Peces. CORFO AP 79-18. Inst. Fom. Pesq. (Chile) 2, 36 p.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, M. Barbieri, J. Blanco, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Osses, R. Quiñones & H. Robotham. 1994a. Informe Final Proyecto: Evaluación directa del stock de jurel en la zona centro-sur. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. 148 págs + 128 Figs.
- Serra, R., H. Arancibia, D. Arcos, J. Córdova, H. Muñoz, S. Núñez, J. Olea, A. Paillamán, R. Quiñones & M. Sobarzo. 1994b. Informe Final Programa para la Evaluación del Recurso Jurel e Investigación Asociada: Años 1991 - 1992. 110 págs. + 149 Figs.
- Shaffer, G. 1984. Preliminary report of the field studies carried out in the coastal zone near Talcahuano, Chile, between November 1983 and March 1984. Special report to SAREC, Sweden.
- Sharp, J., K. Able, W. Legget & J. Carscadden. 1978. Utility of meristic and morphometric characters for identification of capelin (Mallotus villosus) stocks in Canadian Atlantic waters. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 35: 124-130.
- Silva, N. & D. Konow (1975). Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición KRILL, Crucero 3-4, julio-agosto 1974. Pacífico Sur, 3:63-75.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman, San Francisco, CA., 859 p.
- Soleim, O. 1984. A synopsis of the genera Thynnascaris and Contracecum (Nematoda: Ascaridoidea) with an emendation of the generic definitions. Acta Parasitológica Polónica 29(11): 85-86.
- Spanakis, E., N. Tsimenides & E. Zoures. 1989. Genetic differences between populations of sardine, Sardina pilchardus, and anchovy, Engraulis encrasicolus, in the Aegean and Ionian seas. Journal of Fish Biology 35:417-437.
- Taylor, C.C. 1960. Temperature, growth and mortality - the pacific cockle. J. Cons. CIEM, 26: 117 - 24.

- Tyler, A. 1988. Biological bases for management of groundfish resources of the west coast of Canada. Fishery Science and Management. W.S. Wooster (Ed.), Springer-Verlag. 28: 216-234.
- Veloso, C. & A. Arrizaga. 1985. El niño y la pesquería de la sardina común *Clupea* (*Stranqomera*) *bentincki* de Talcahuano. Invest. Pesq. (Chile), 32:185-190. (Número especial).
- Williams, H.H., K. MacKenzie & A.M. MacCarthy. 1992. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries 2: 144-176.
- Winans, G. 1984. Multivariate morphometric variability in Pacific salmon: technical demonstration. Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences 41: 1150-1159.
- Winans, G. 1987. Using morphometric and meristic characters for identifying stocks of fish. National Marine Fisheries Service Northwest and Alaska Fisheries Center. NOAA Technical Memorandum NMI S-SEFC 199: 25-62.
- Yamaguti, S. 1959. Systema Helminthum II. The Cestodes of Vertebrates. Interscience Publisher Ltda., London, 860 pp.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri & A. Montecinos. 1990. Relaciones entre las variaciones del medio ambiente y las fluctuaciones de los principales recursos pelágicos explotados en la zona de Talcahuano, Chile. En: Perspectivas de la actividad pesquera en Chile. M.A. Barbieri (Ed.) Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso:49-62.

**CAPITULO 8: FIGURAS**

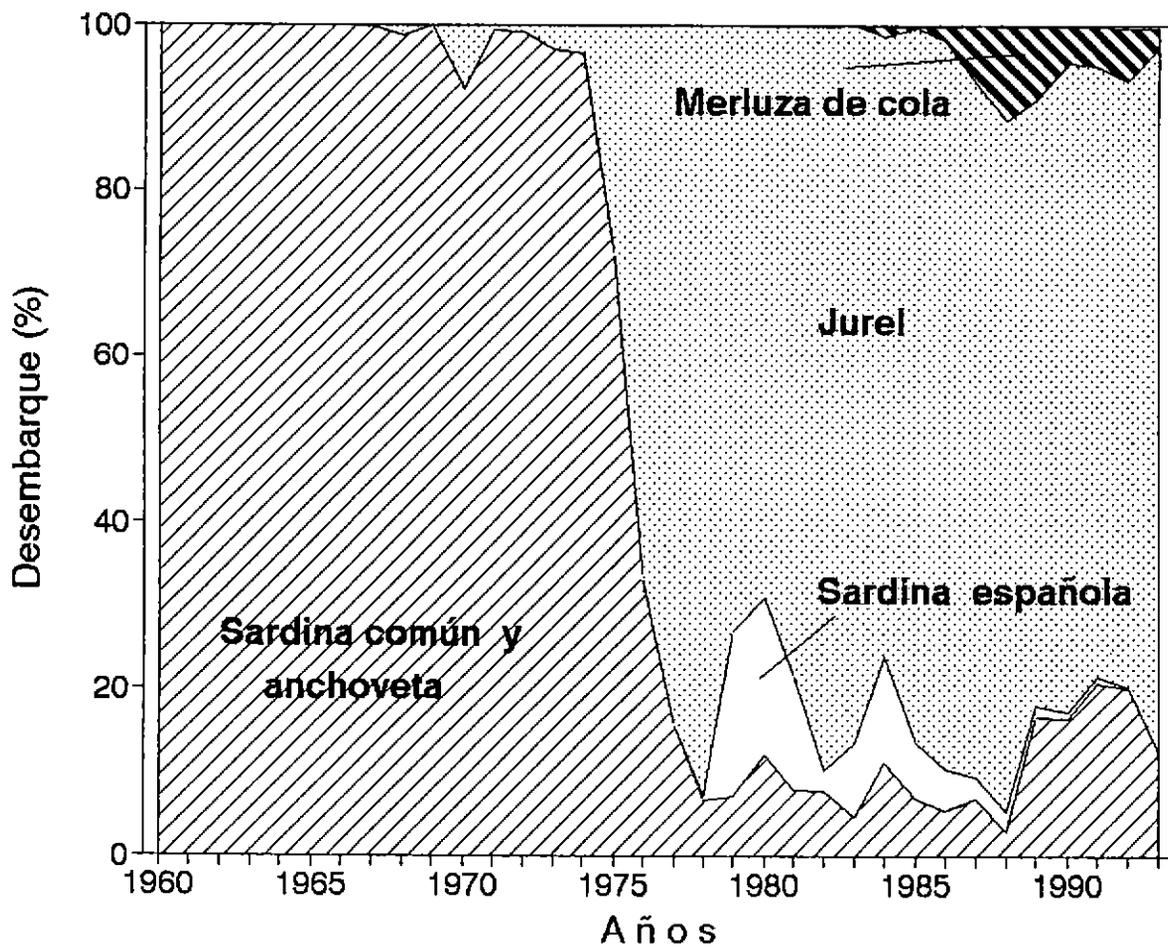


Figura 1. Evolución anual en la composición de especies (%) en los desembarques de peces pelágicos en la zona centro sur entre 1960 y 1993.

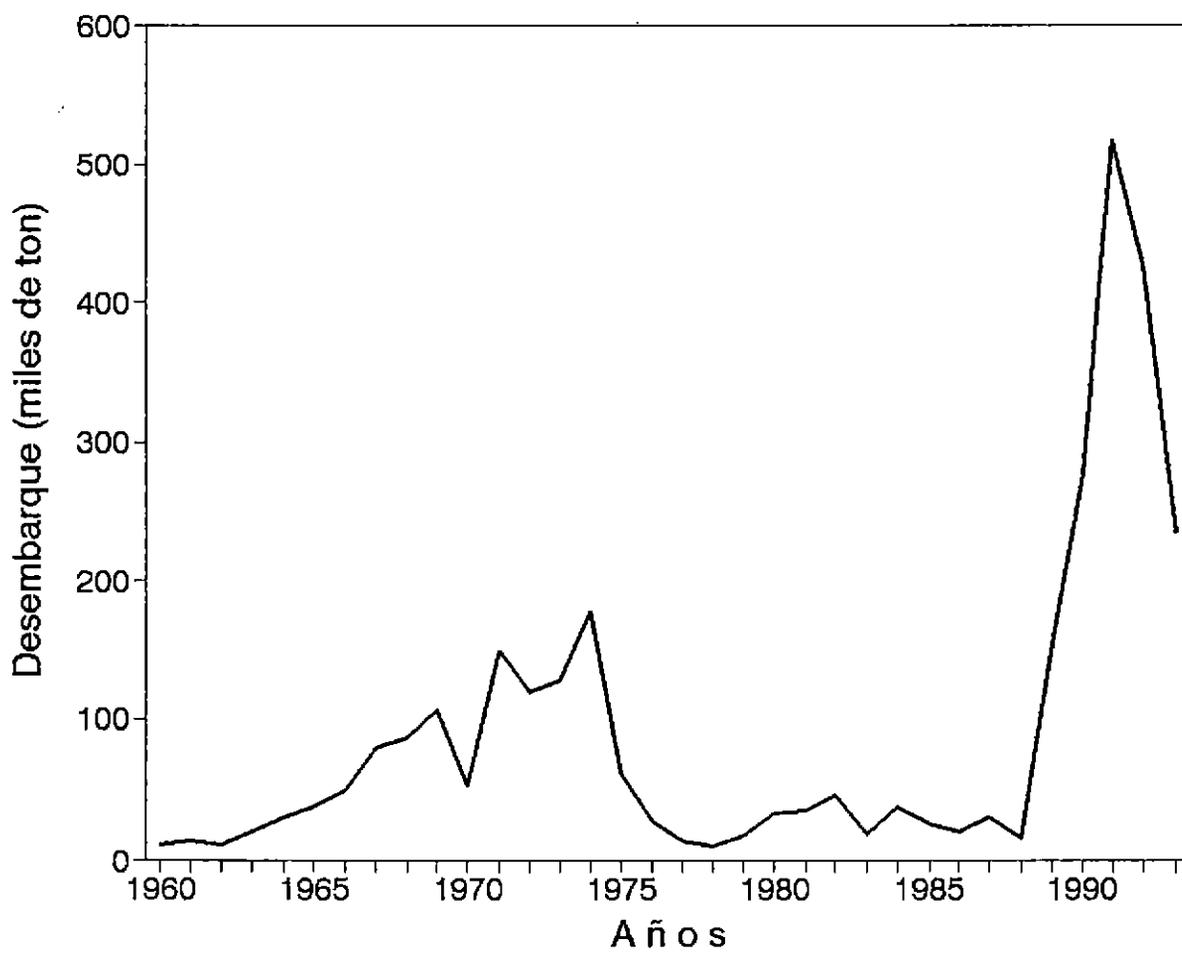


Figura 2. Desembarque anual de sardina común en la zona centro sur entre 1960 y 1993.

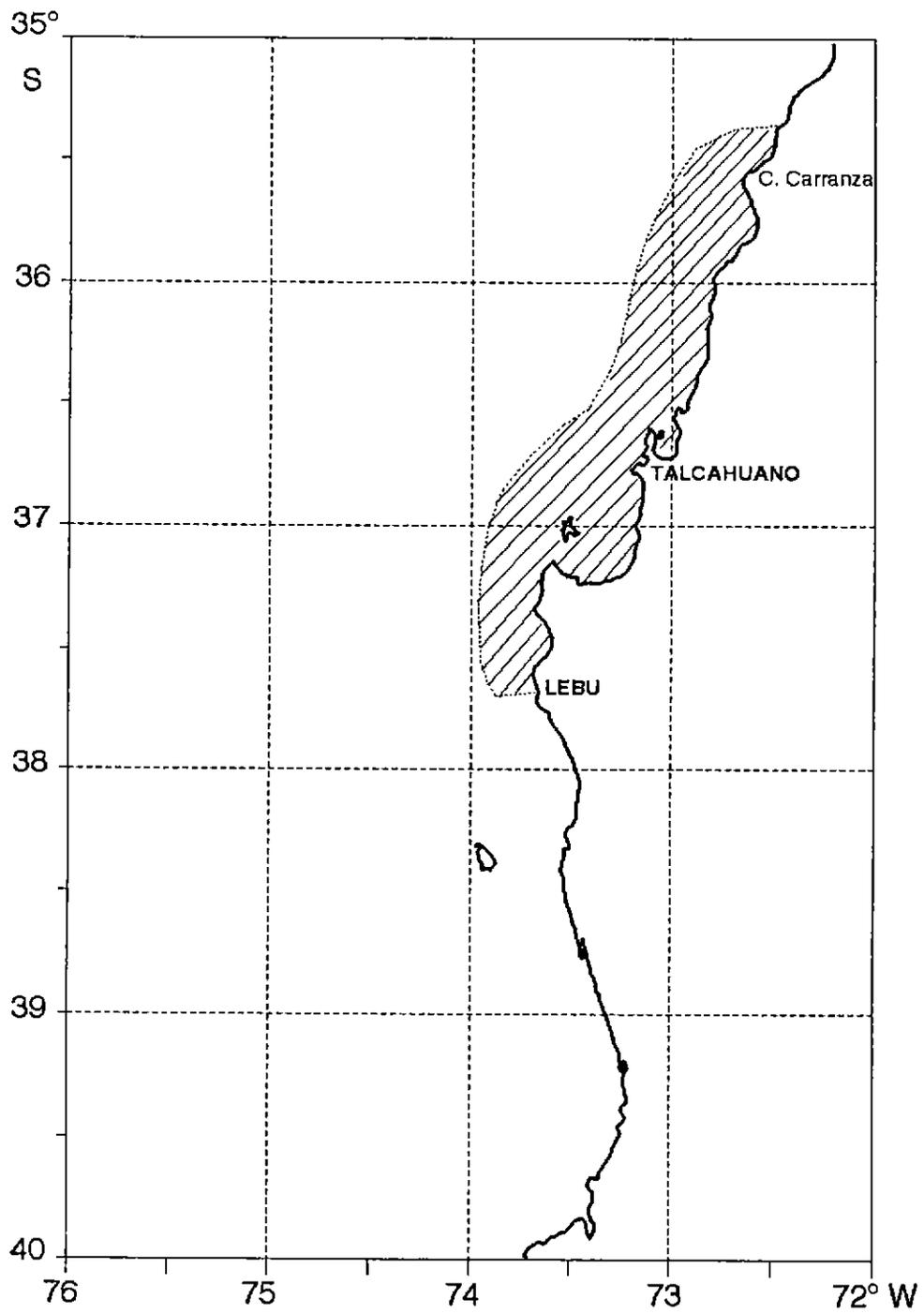


Figura 3. Principal área de pesca de *S. bentincki* en la zona centro sur de Chile.

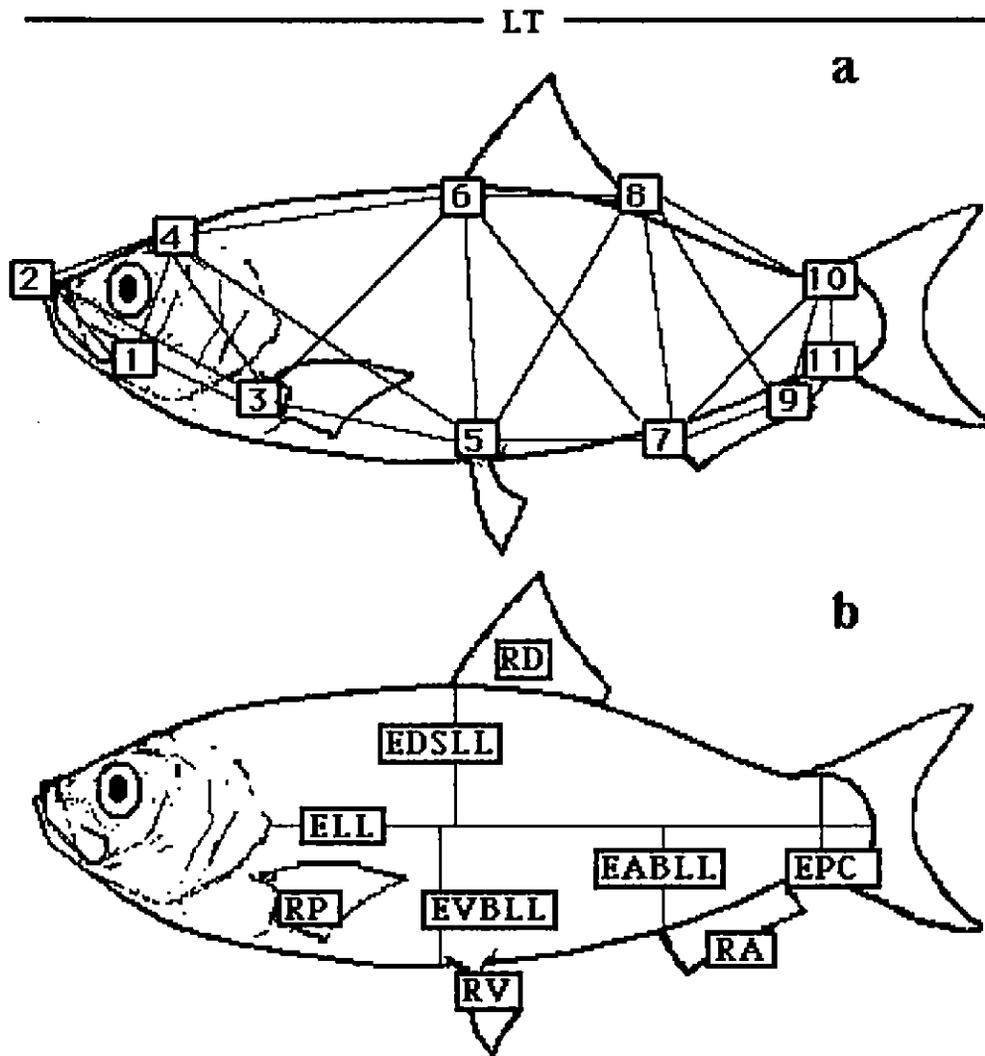


Figura 4. Esquema de los trazos que definen las variables morfométricas (a) y de la simbología que define los recuentos merísticos (b), en *S. bentincki*.

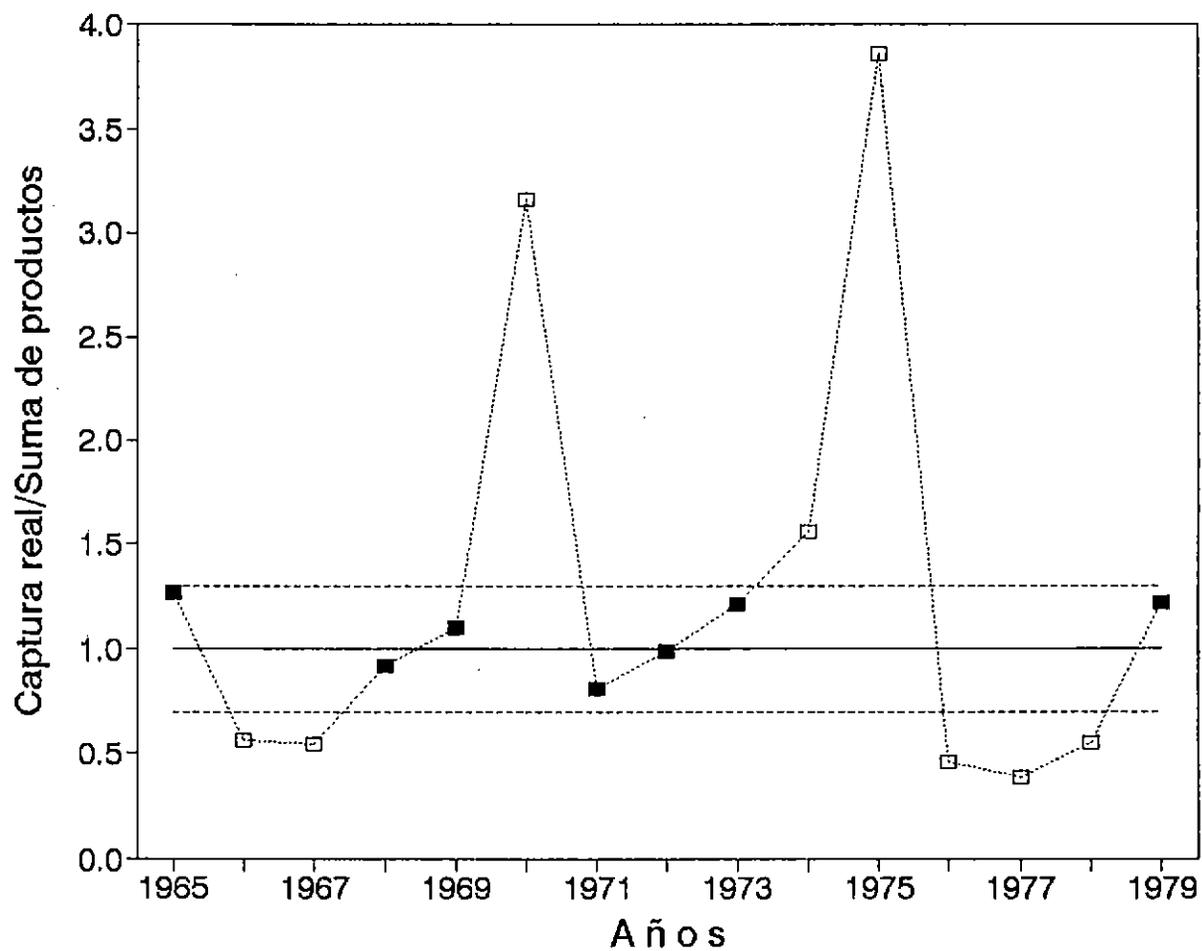


Figura 5. Factor de corrección de los pesos promedio a la edad  $a$  (ver texto, sección 2.2.4.1.).

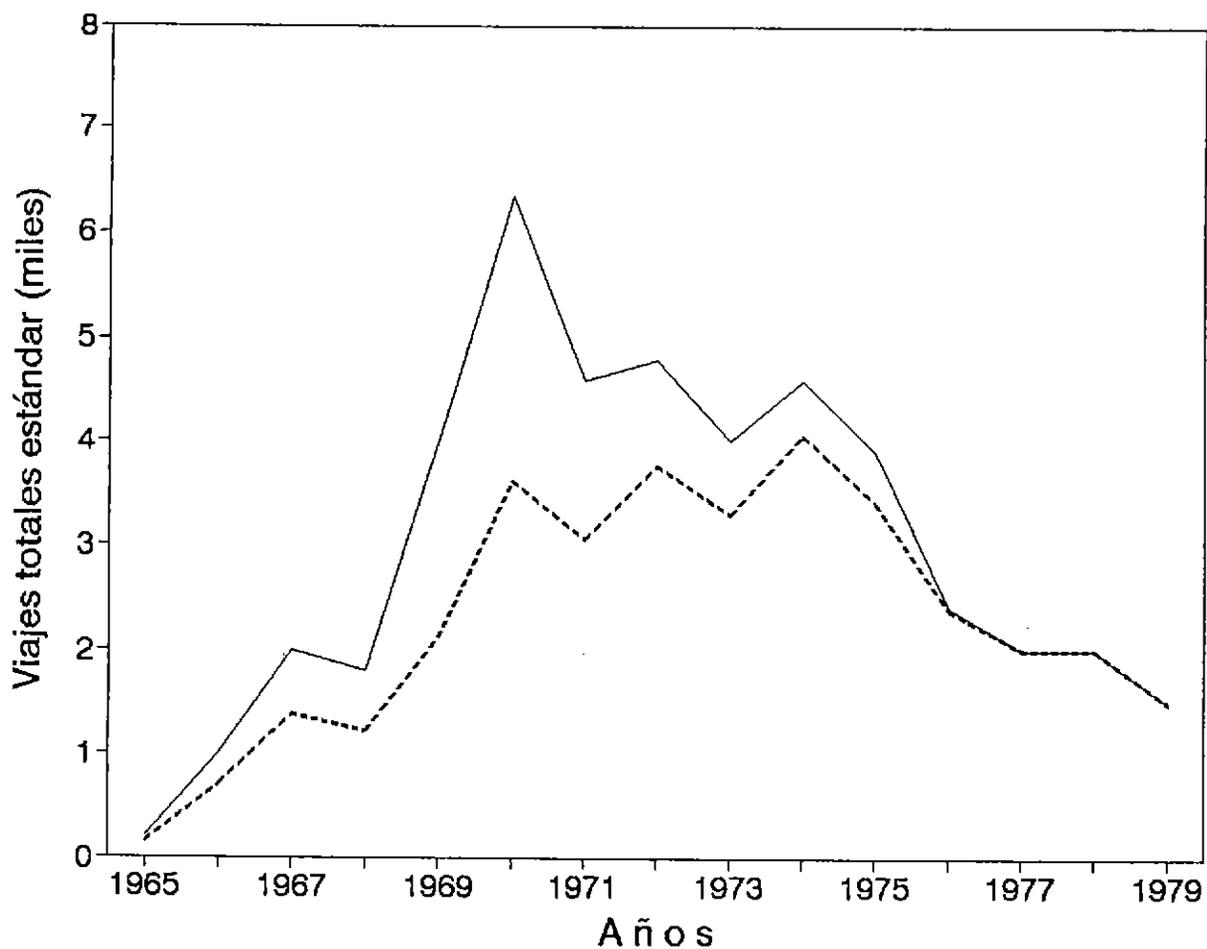


Figura 6. Número de viajes totales estándares (miles) como medida del esfuerzo de pesca de la flota que capturó sardina común y anchoveta (esfuerzo total, línea continua), y aquella fracción que capturó sólo sardina común (esfuerzo equivalente, línea de puntos).

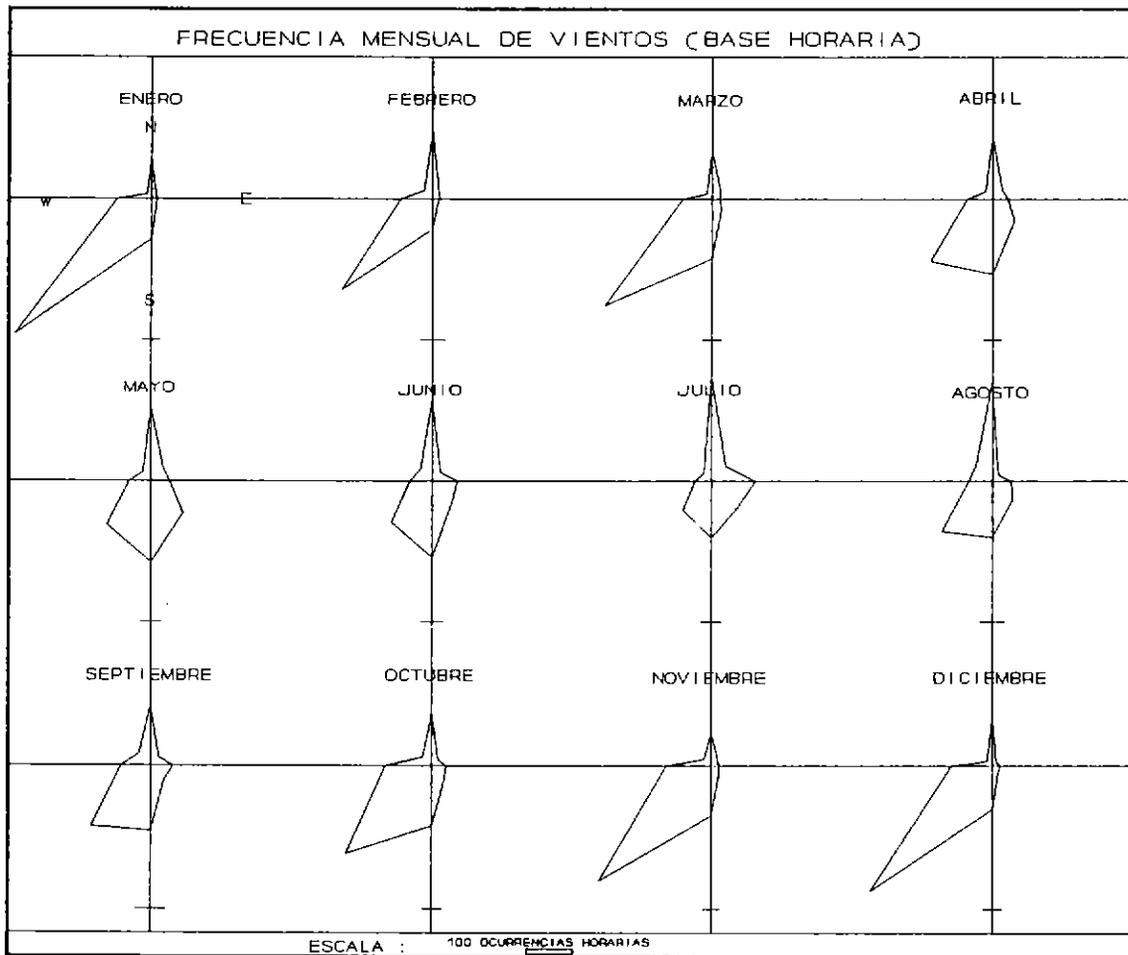


Figura 7. Patrón general de la frecuencia mensual de vientos predominantes (base horaria) en el área de estudio. Período 1981-1990.

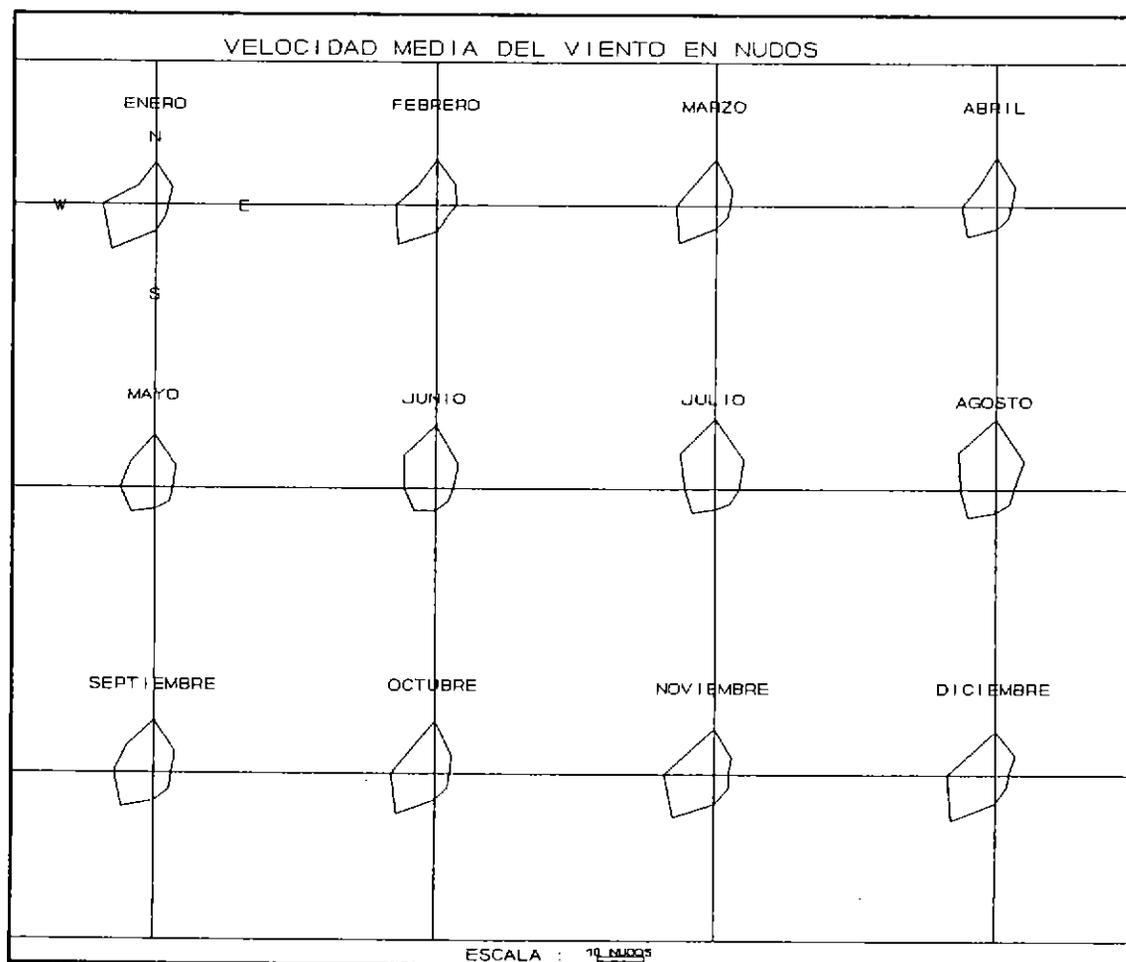


Figura 8.

Patrón general de la velocidad media del viento (nudos) en el área de estudio. Período 1981-1990.

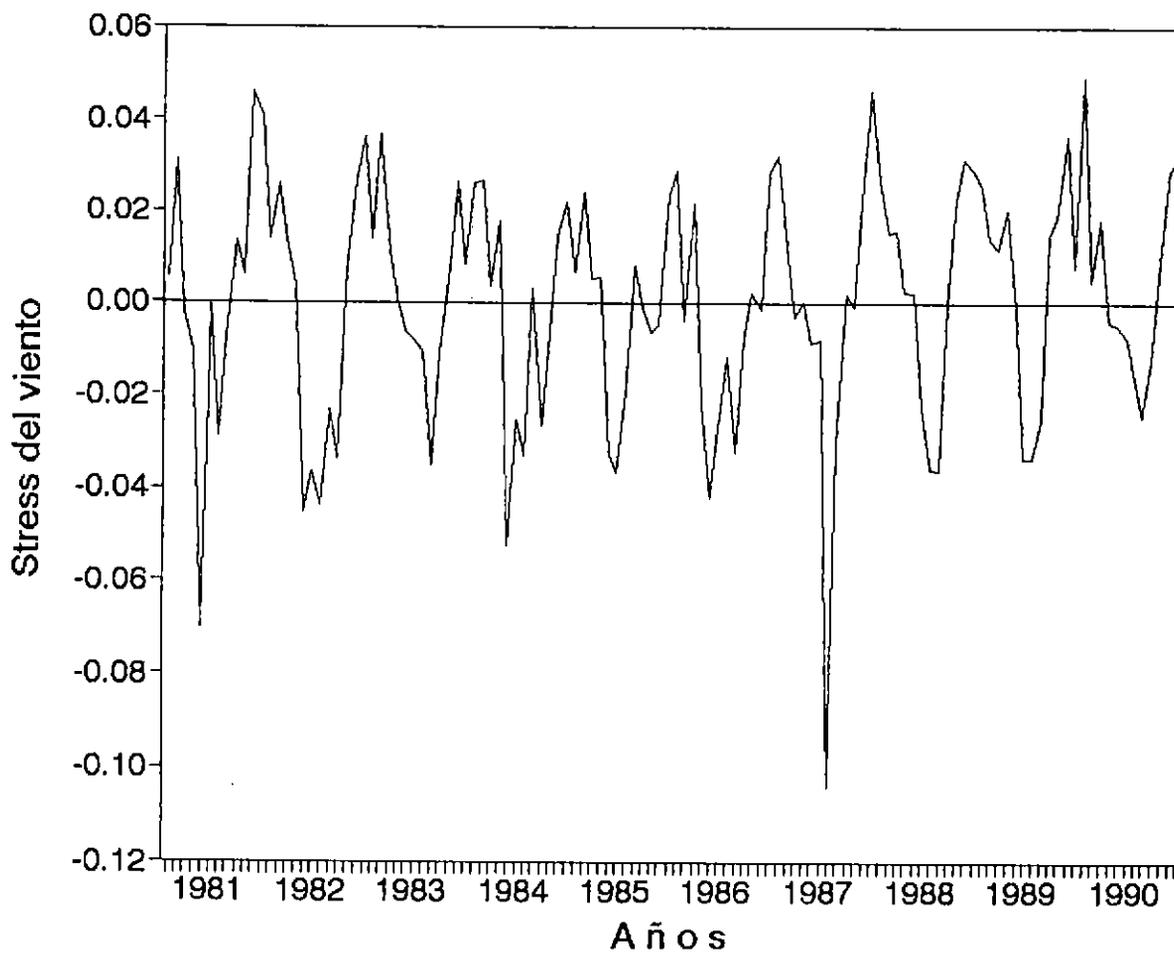


Figura 9. Distribución temporal estacional de stress de viento, durante el período 1981-1990 en el área de estudio (Tomado de Aliste, 1994).

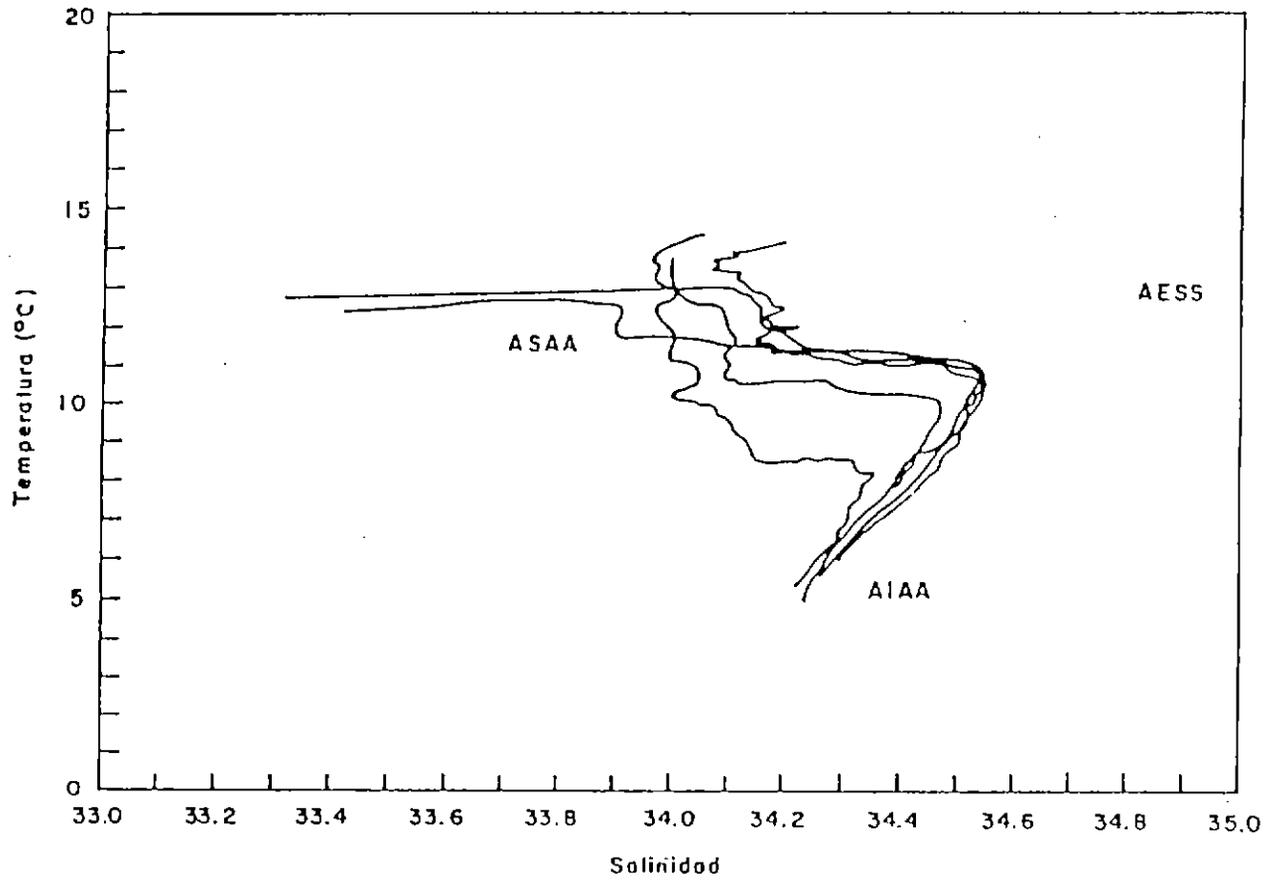


Figura 10. Diagrama T-S de estaciones de muestreo representativas del área de estudio (Tomado de Serra et al., 1994b).

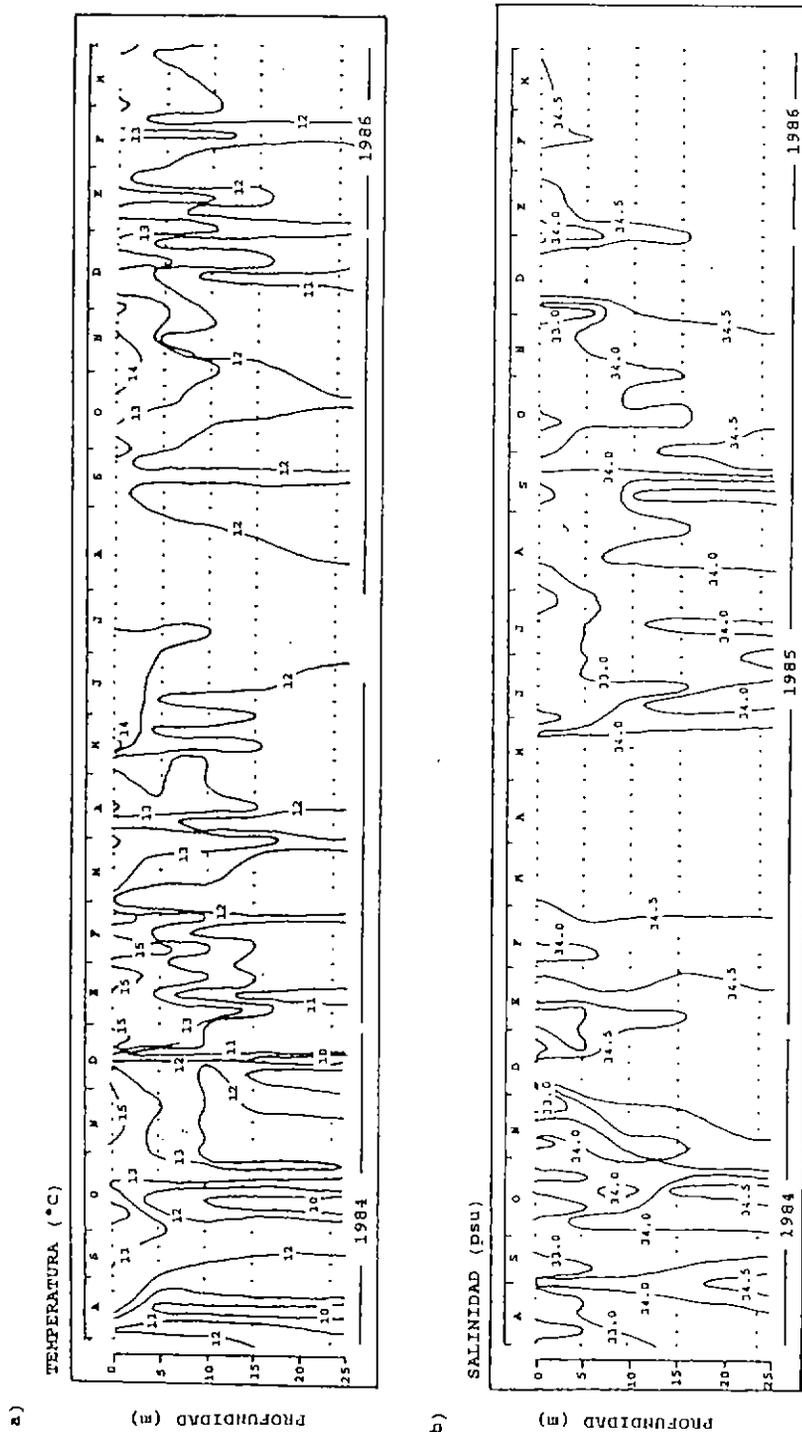


Figura 11. Variabilidad temporal estacional de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y (b) salinidad (psu), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Redibujado de Arcos, 1987).



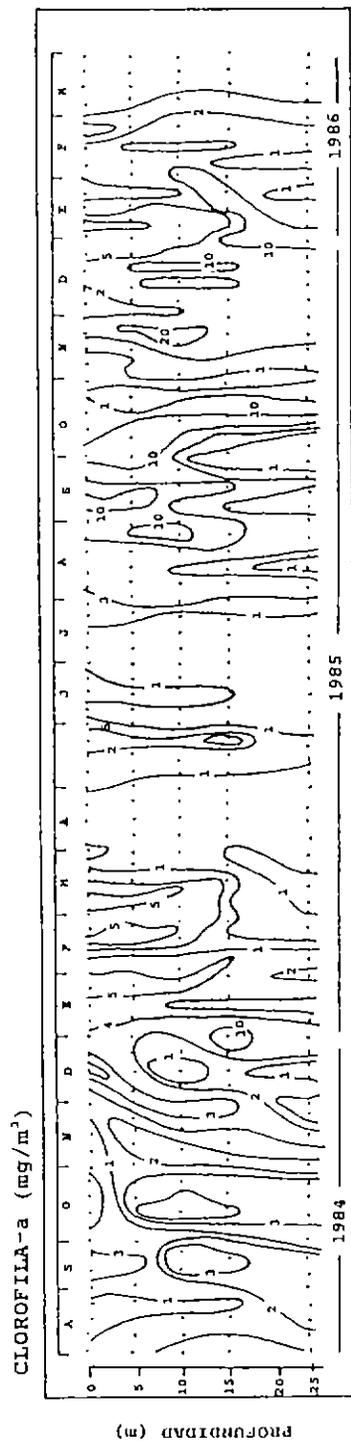


Figura 13.

Variabilidad temporal estacional de clorofila a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Redibujado de Arcos, 1987).

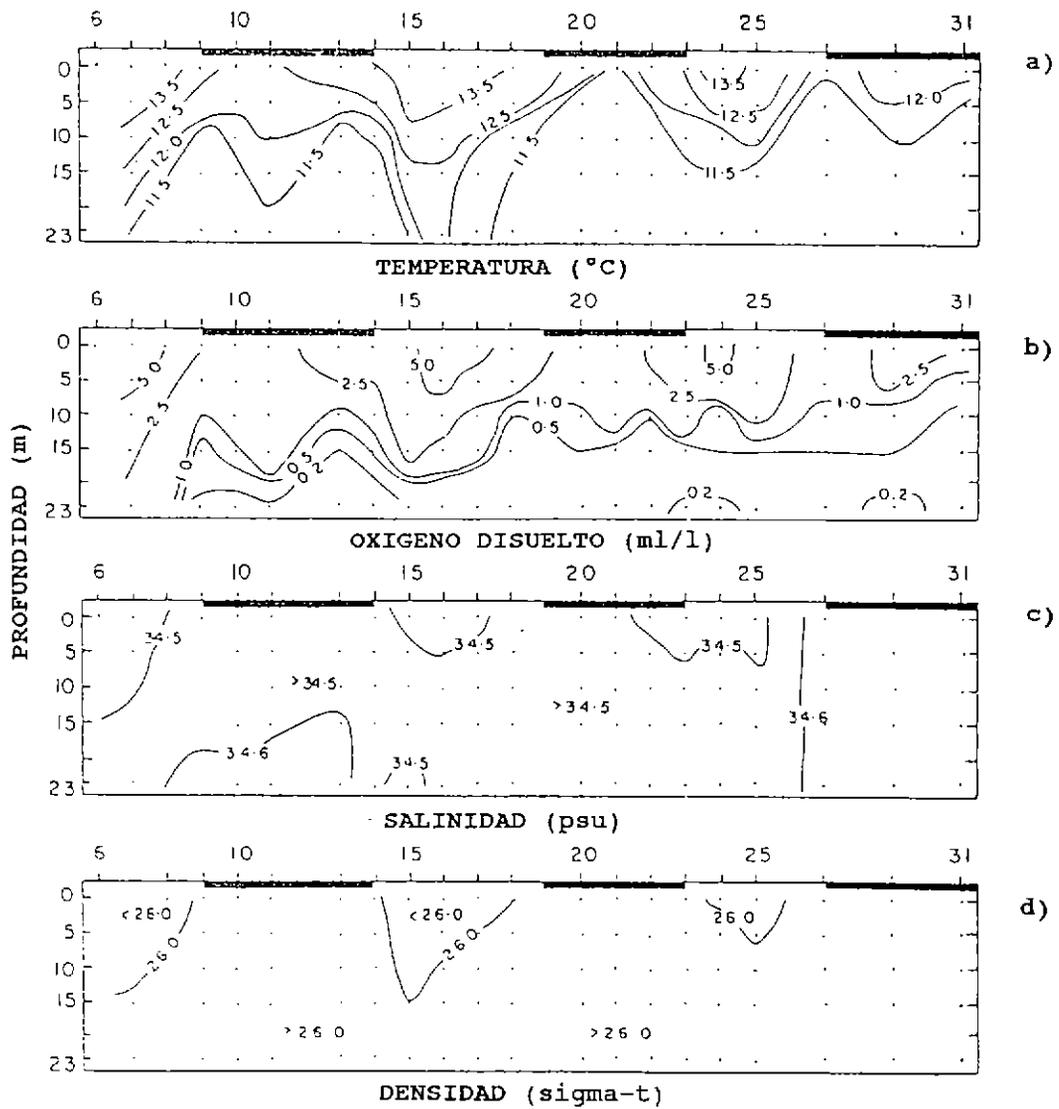


Figura 14. Variabilidad temporal diaria de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) oxígeno disuelto (ml/l), (c) salinidad (psu) y, (d) densidad ( $\sigma\text{-t}$ ), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Tomado de Peterson et al., 1988). Las barras indican eventos de surgencia.

ENERO 1986 (días)

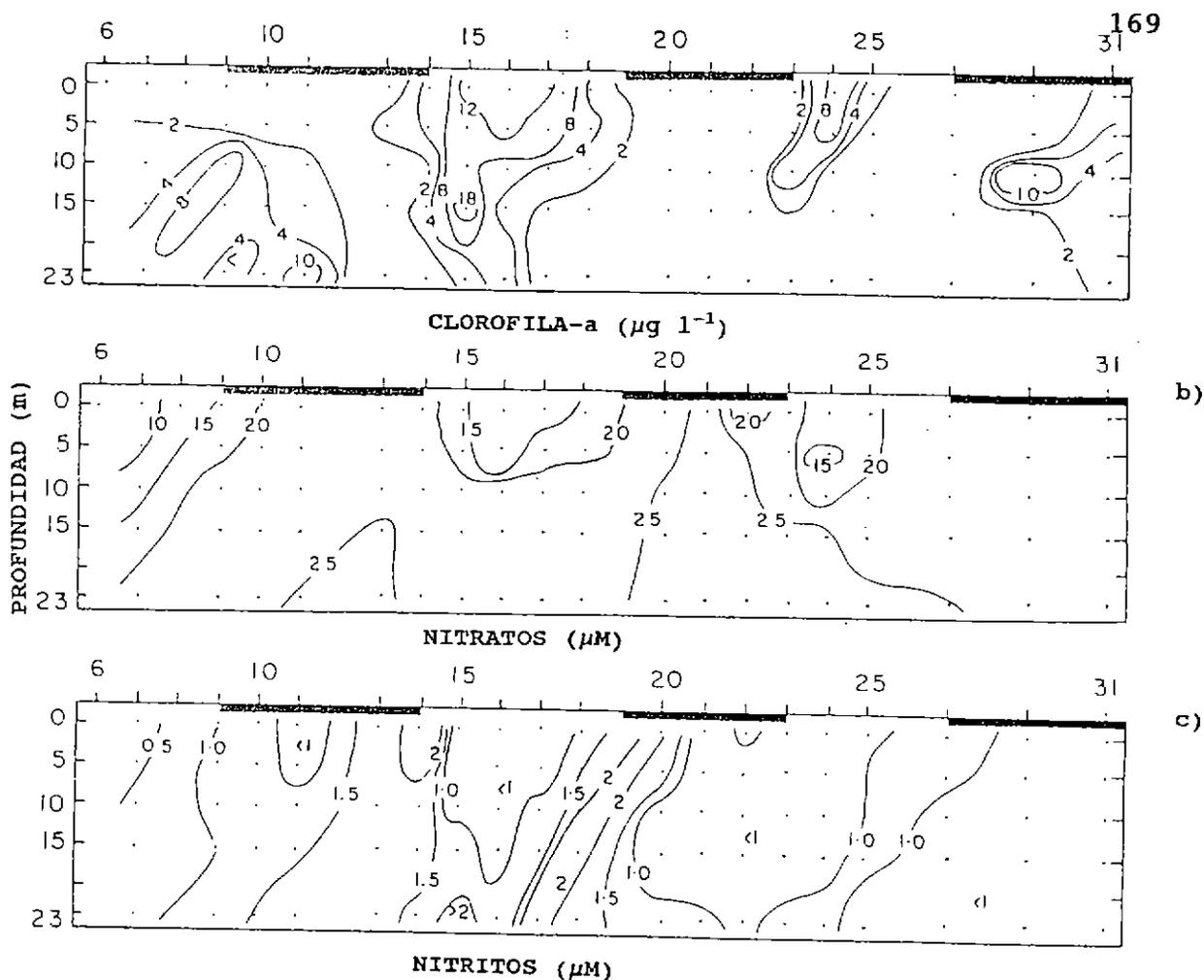


Figura 15.

Variabilidad temporal diaria de (a) clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ), (b) nitratos ( $\mu\text{M}$ ) y, (c) nitritos ( $\mu\text{M}$ ), en la zona nerítica frente a la costa de la Octava Región (Tomado de Peterson et al., 1988). Las barras indican eventos de surgencia.

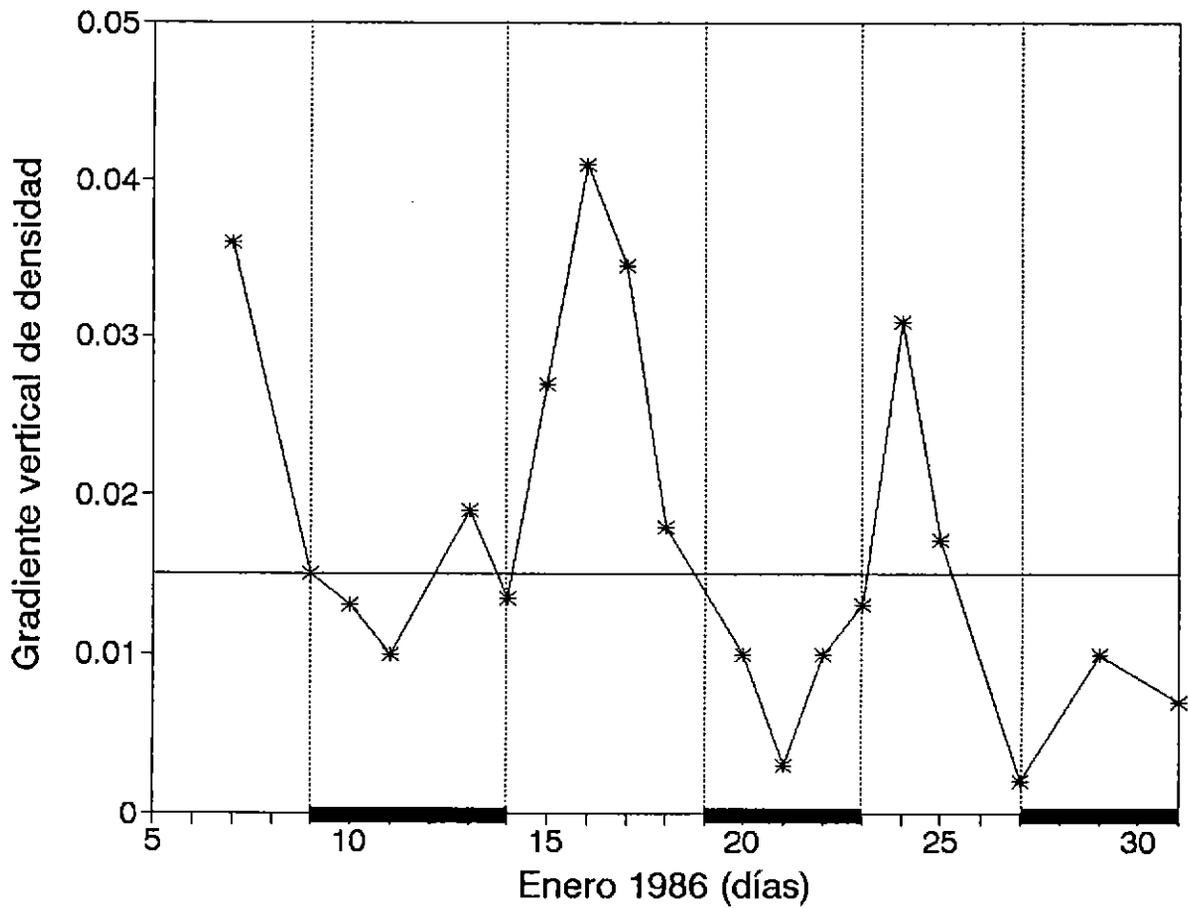


Figura 16. Variabilidad diaria del gradiente vertical de densidad en el área nerítica frente a la costa de la Octava Región. Las barras negras indican eventos de surgencia activa. (Tomado de Peterson et al., 1988).

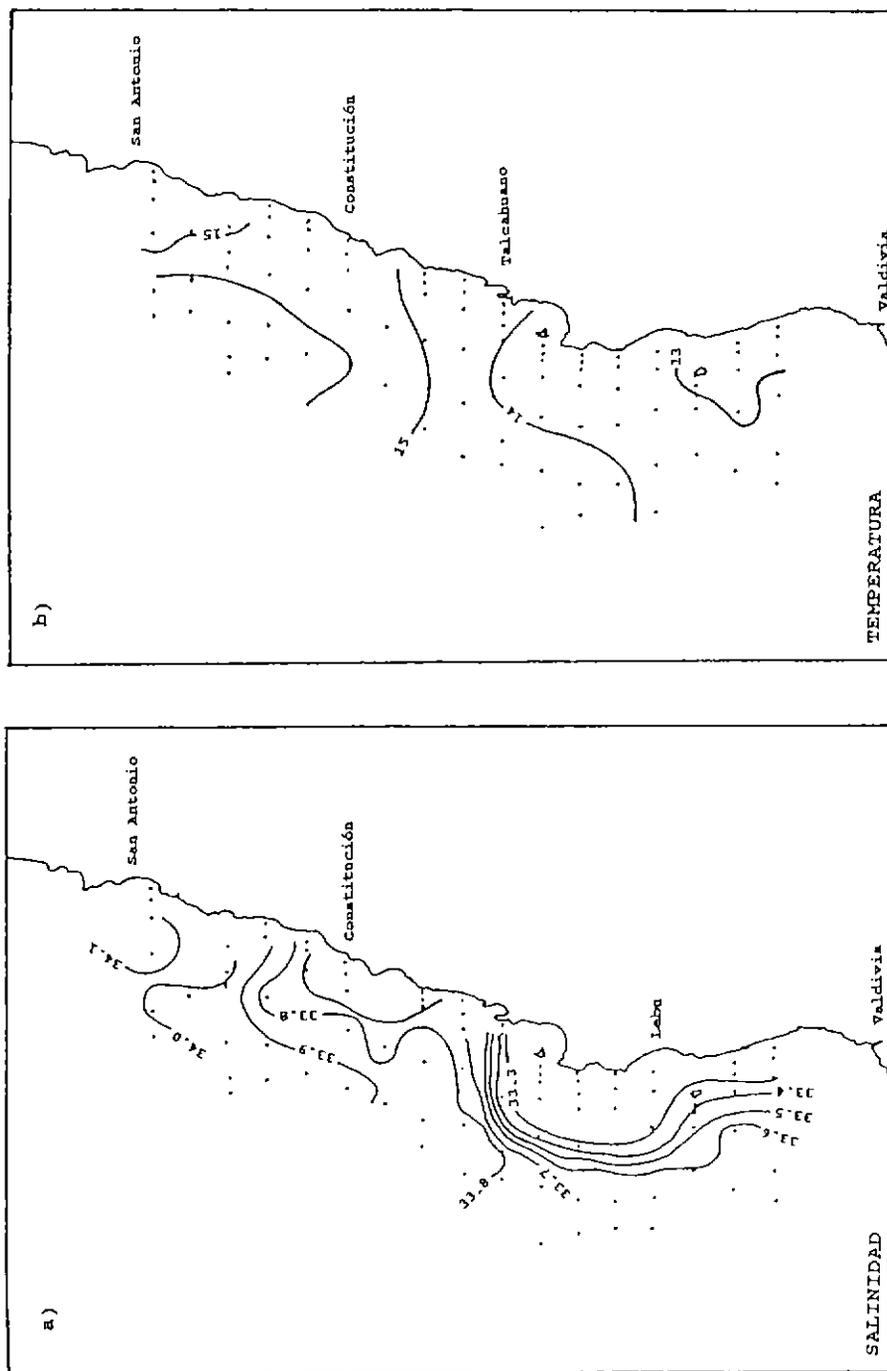


Figura 17. Distribución espacial de (a) salinidad (psu), (b) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), en la región costera de Chile centro-sur. (Redibujado de Serra et al., 1994b).



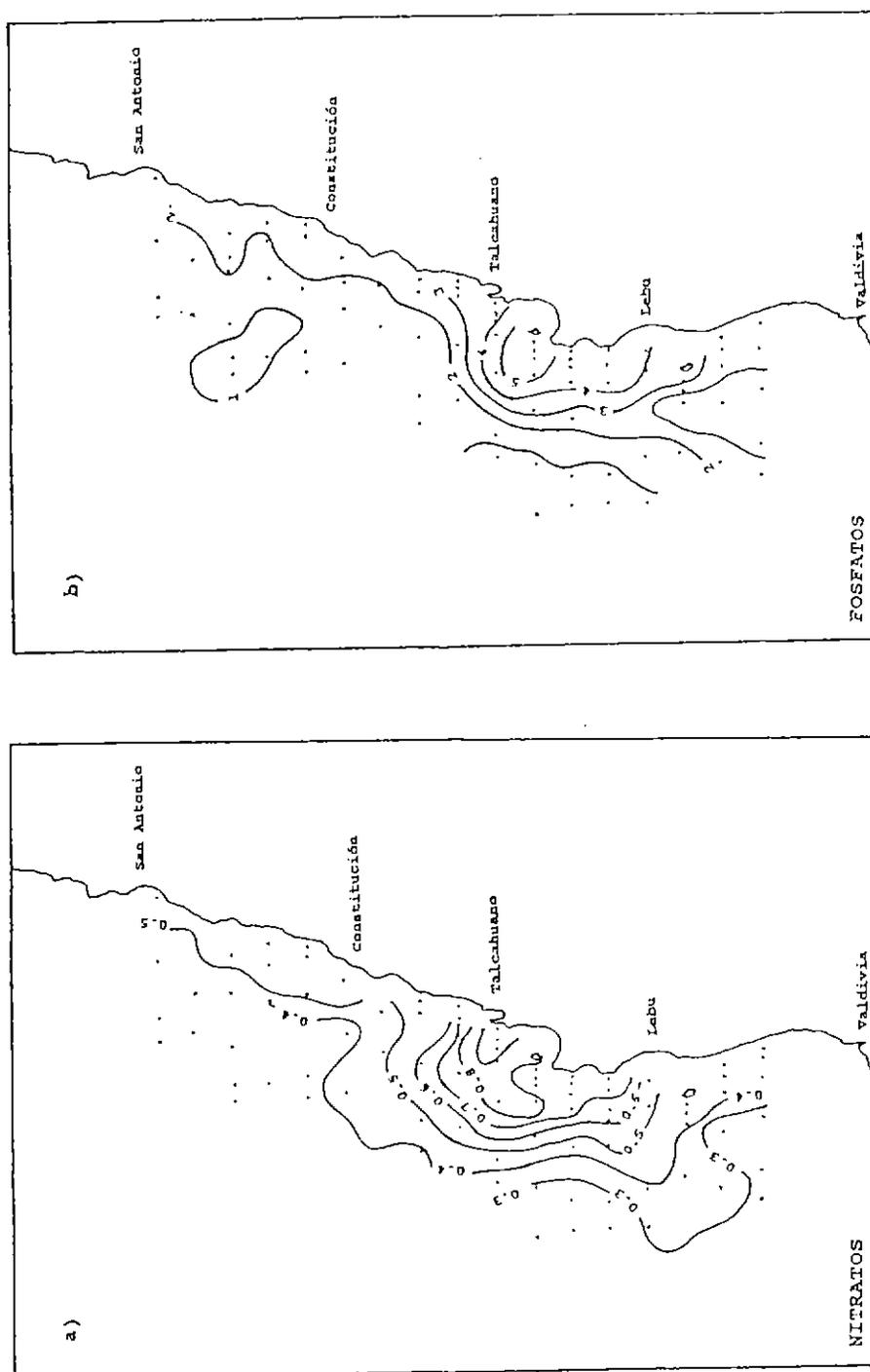


Figura 19. Distribución espacial de (a) nitratos ( $\mu\text{M}$ ), (b) fosfatos ( $\mu\text{M}$ ), en la región costera de Chile centro-sur. (Redibujado de Serra et al., 1994b).

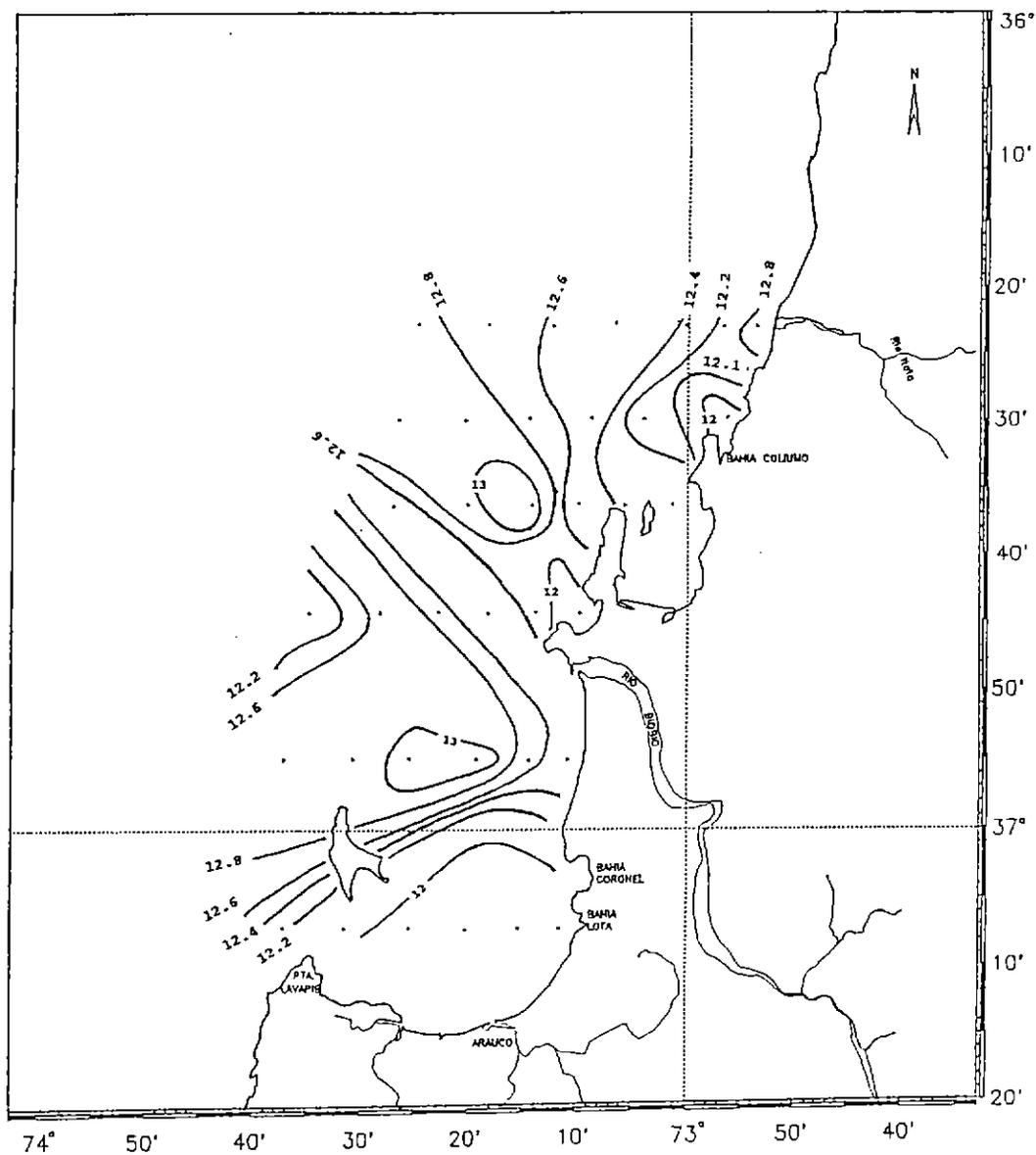


Figura 20. Distribución espacial de pequeña escala de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

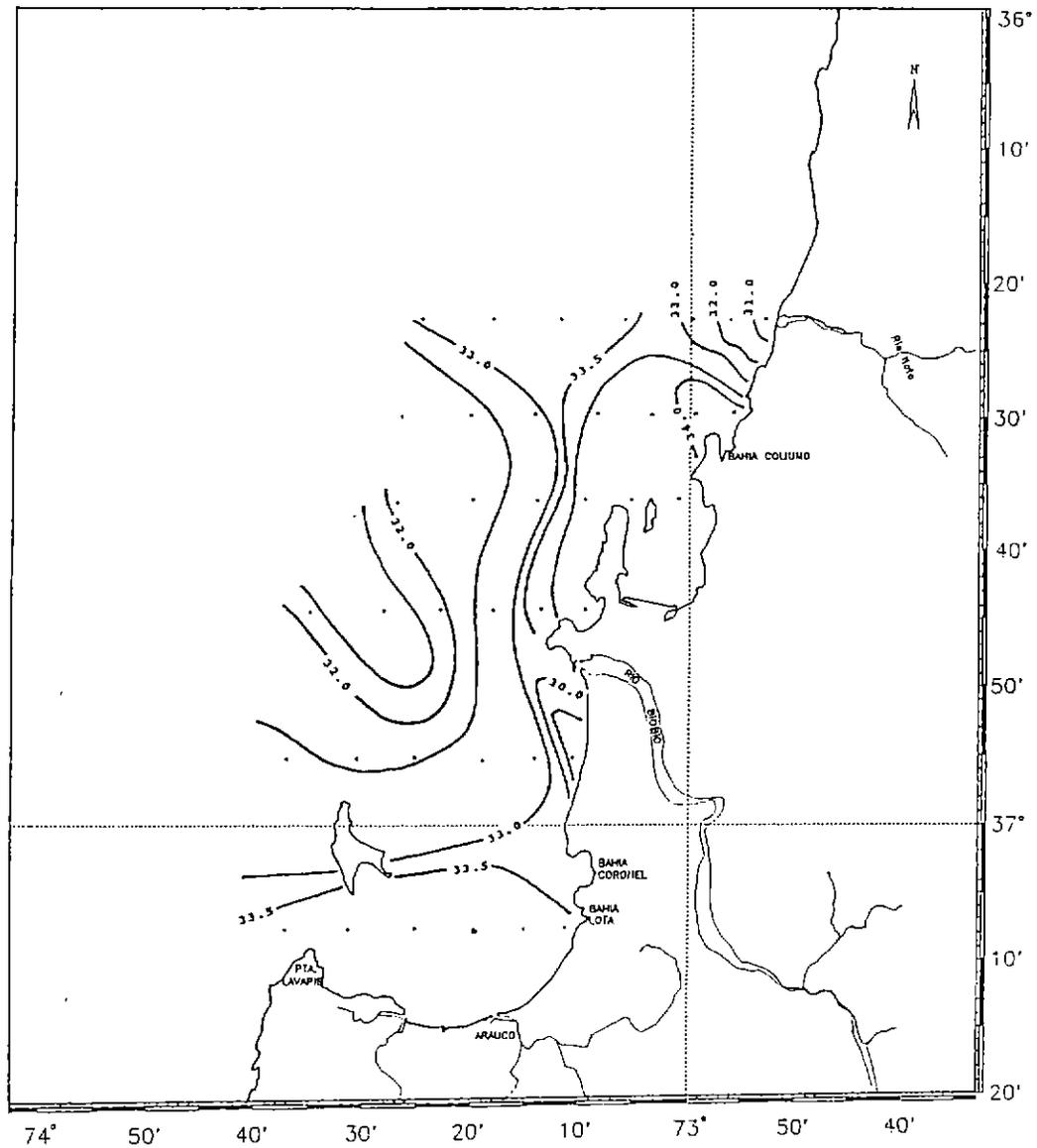


Figura 21. Distribución espacial de pequeña escala de salinidad (psu), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

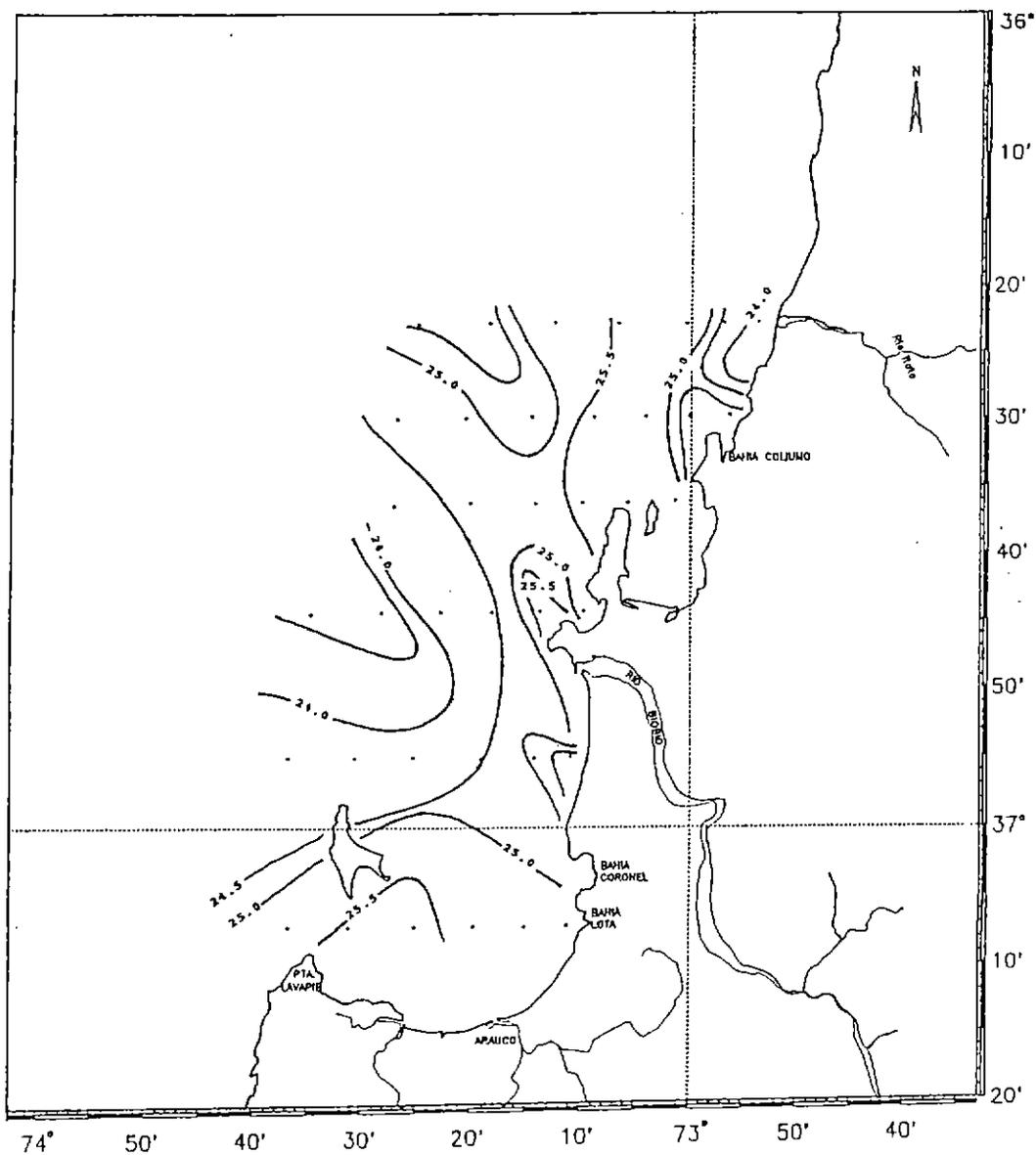


Figura 22. Distribución espacial de pequeña escala de densidad ( $\sigma_t$ ), en el estrato superficial frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

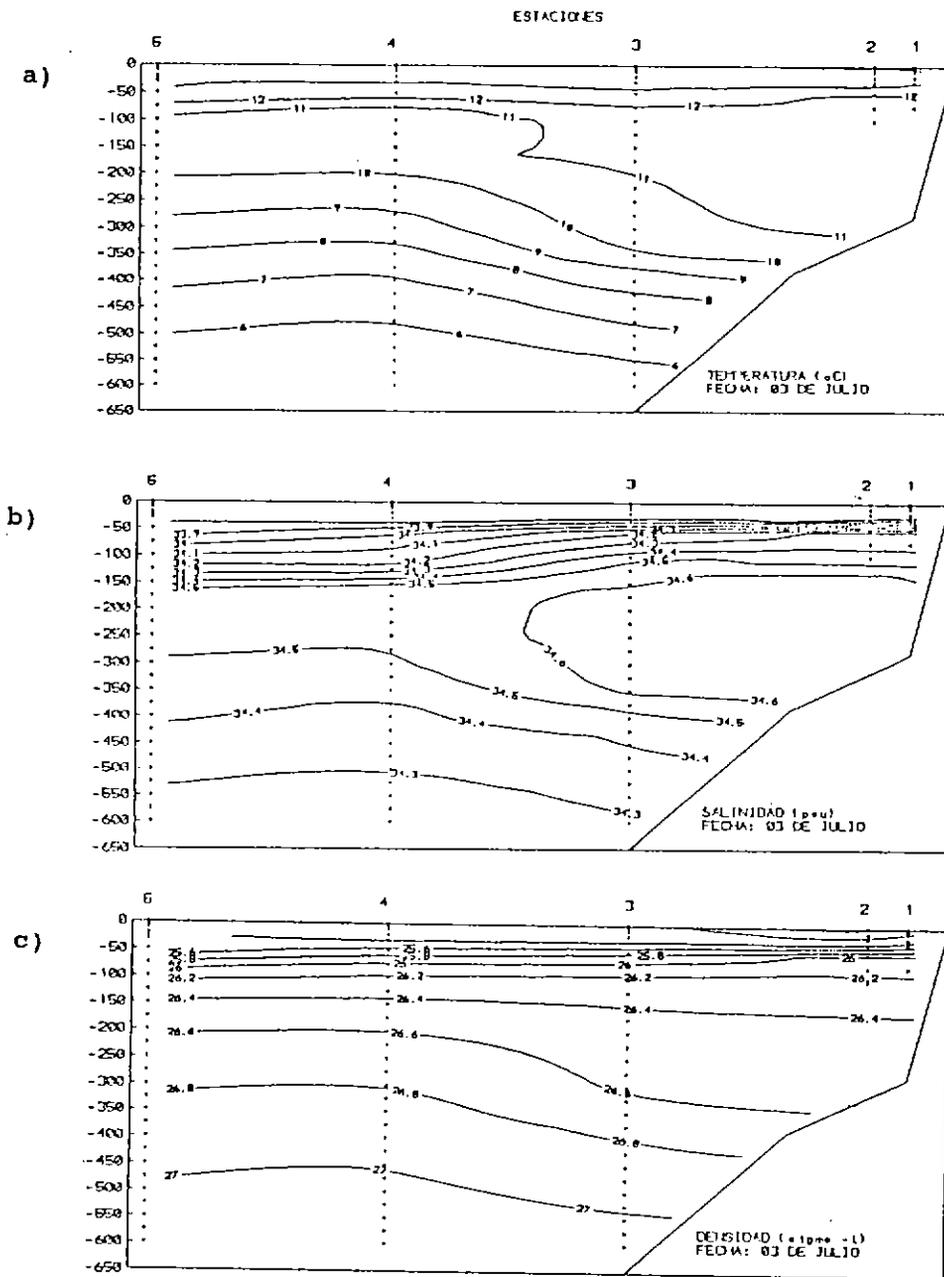


Figura 23.

Distribución espacial de pequeña escala de densidad ( $\sigma_{-t}$ ), en el estrato superficial del área nerítica frente a la costa de la Octava Región (Instituto de Investigación Pesquera, datos no publicados).

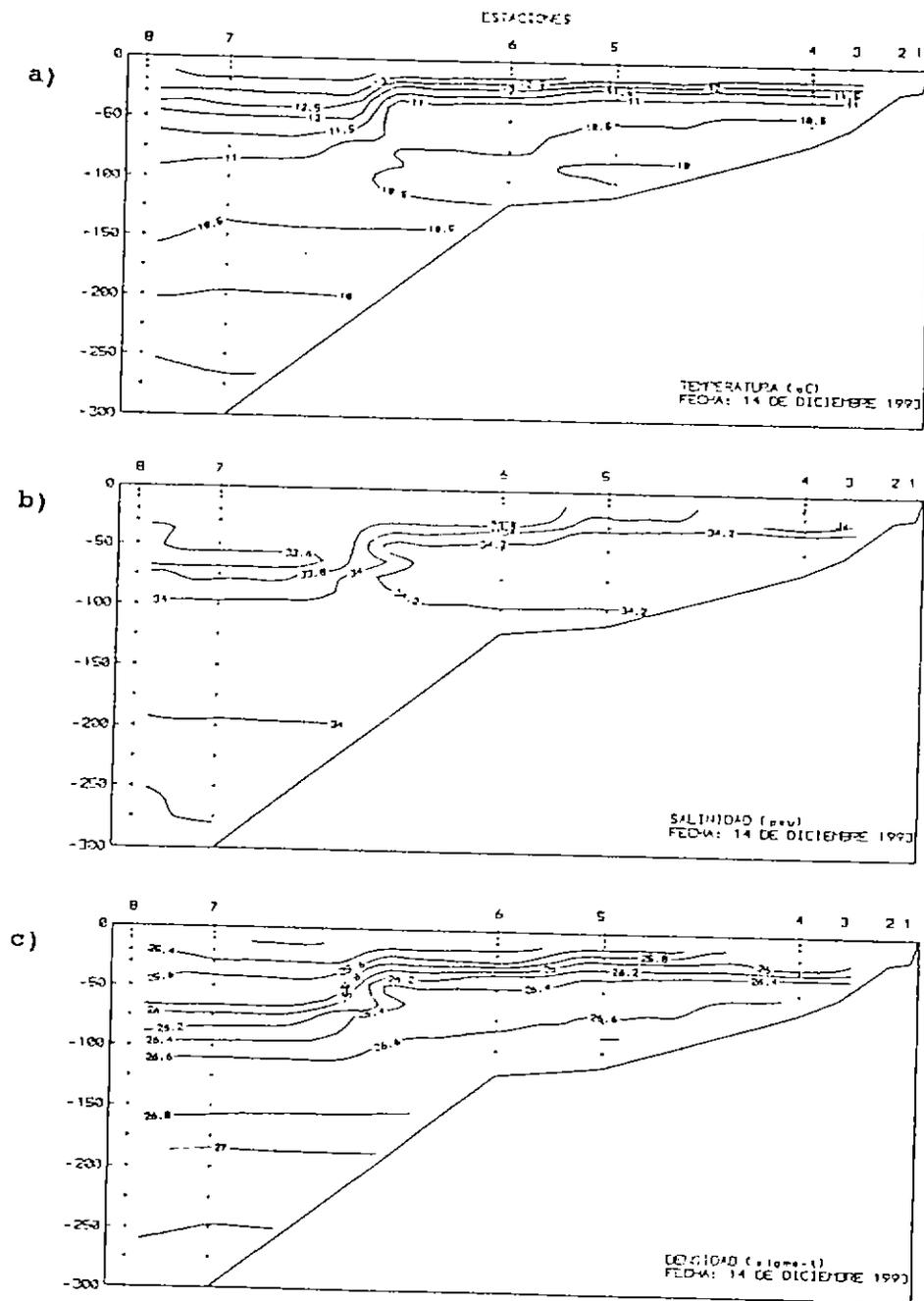


Figura 24. Distribución espacial (costa-océano) de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ), frente a la costa de la Octava Región. Período invernal (Tomado de Arcos et al., 1994)

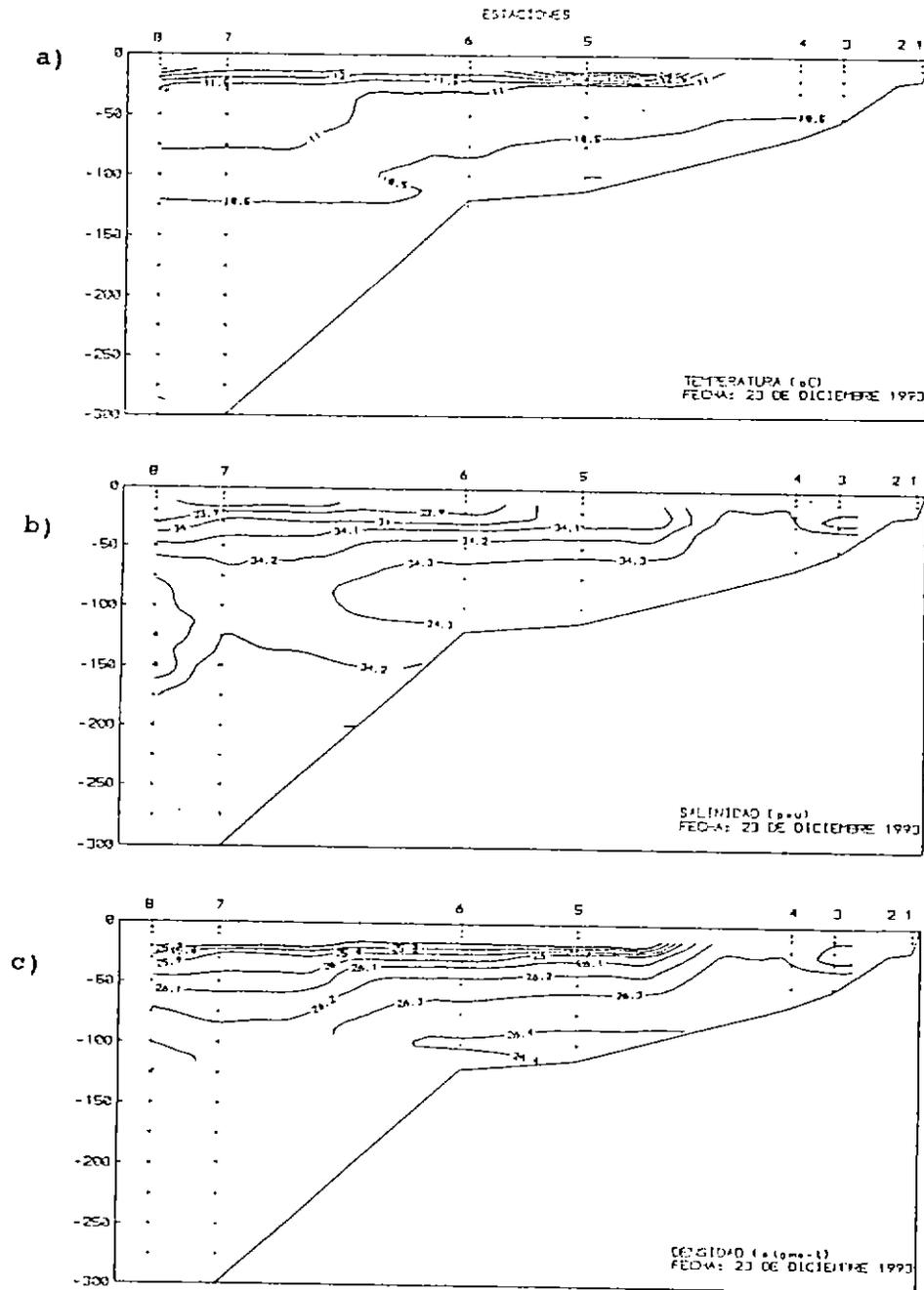


Figura 25. Distribución espacial (costa-océano) de (a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), (b) salinidad (psu), densidad ( $\sigma\text{-t}$ ), frente a la costa de la Octava Región. Período estival (Tomado de Arcos et al., 1994).

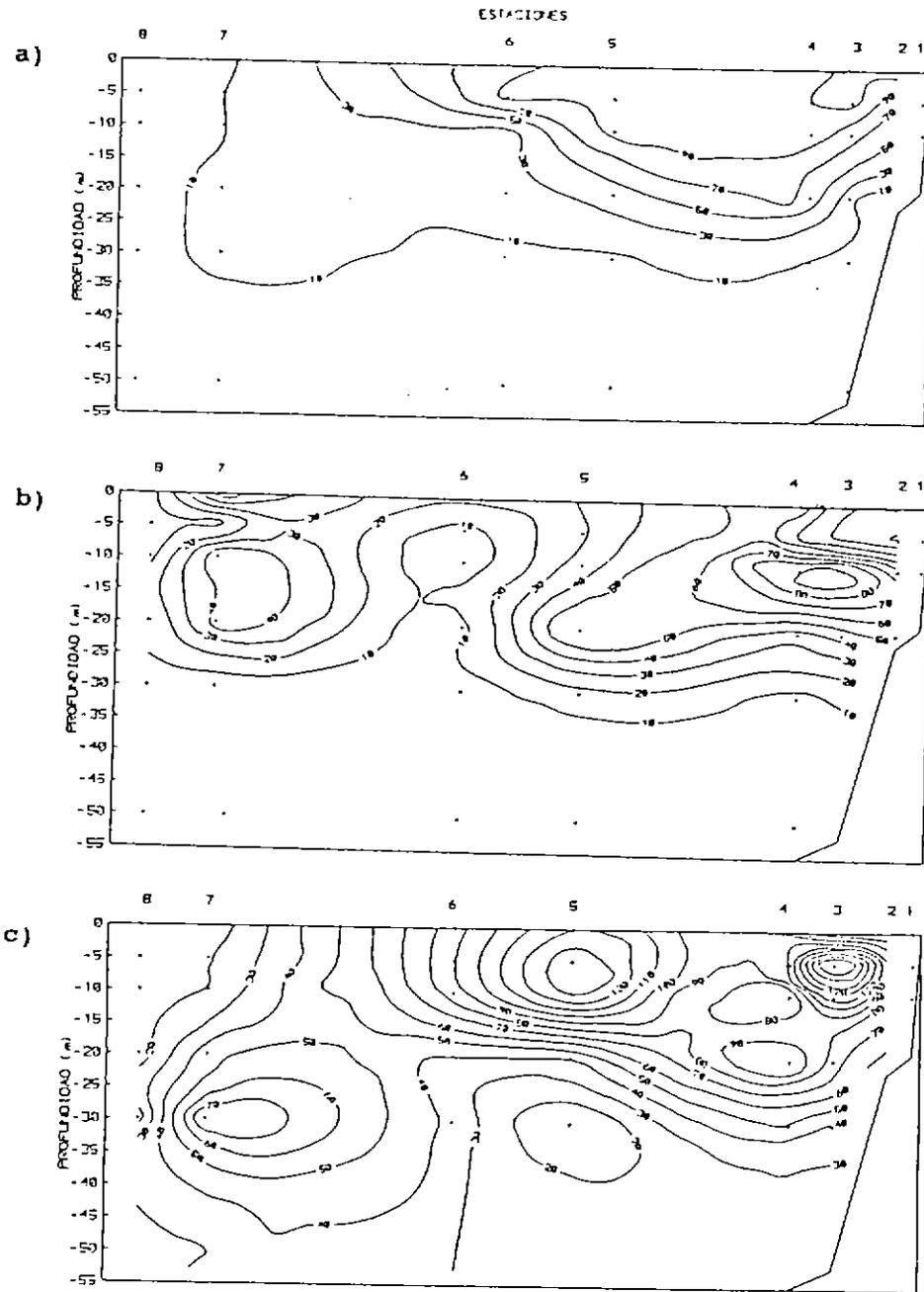


Figura 26. Distribución espacial (costa-océano) de (a) fluorescencia in vivo e (b) índice de fluorescencia durante eventos de surgencia activa y de relajación frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)

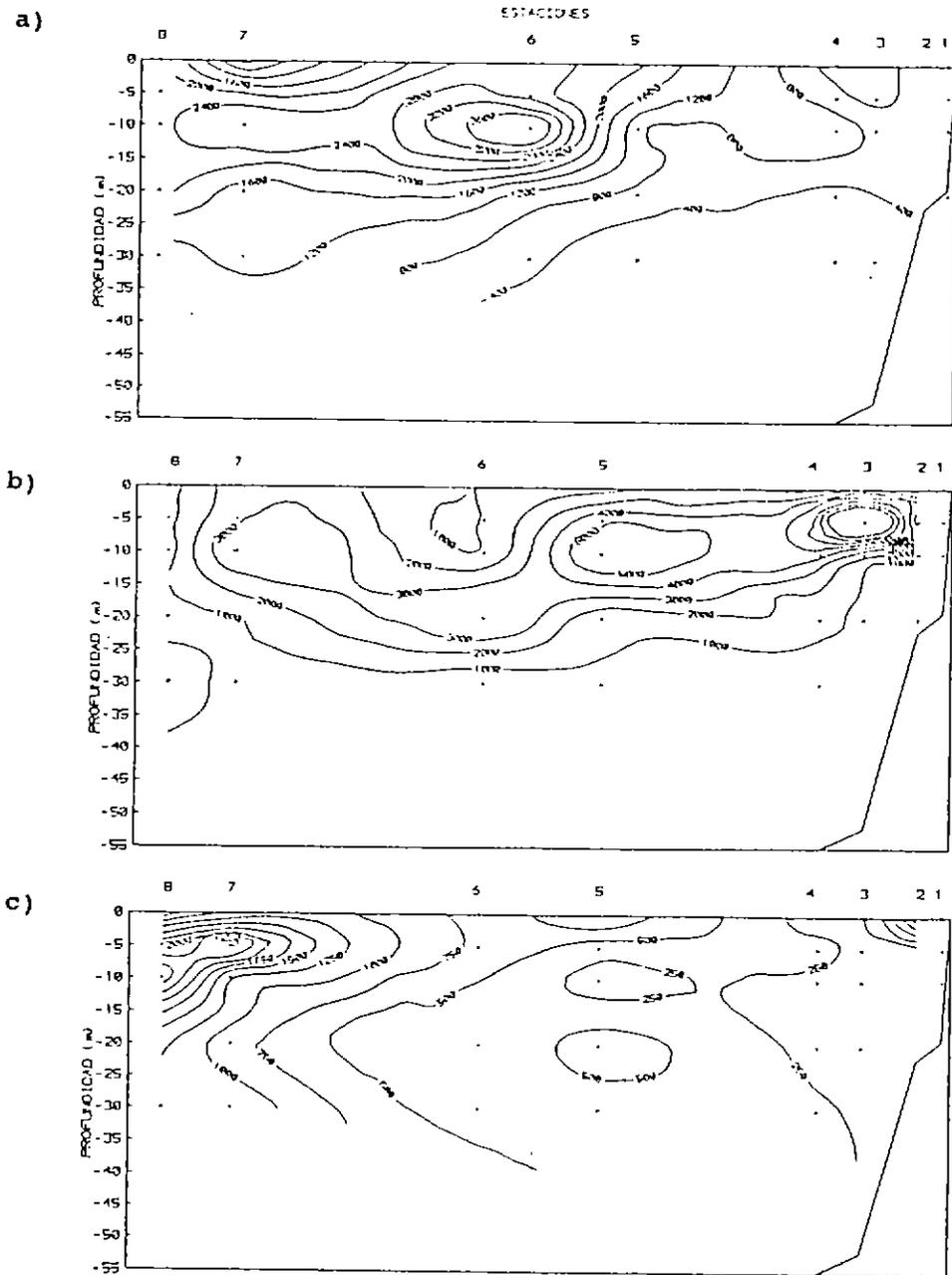


Figura 27. Distribución espacial (costa-océano) de microzooplankton (a: ciliados, b: nauplius y c: copepoditos) durante eventos de surgencia activa frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)

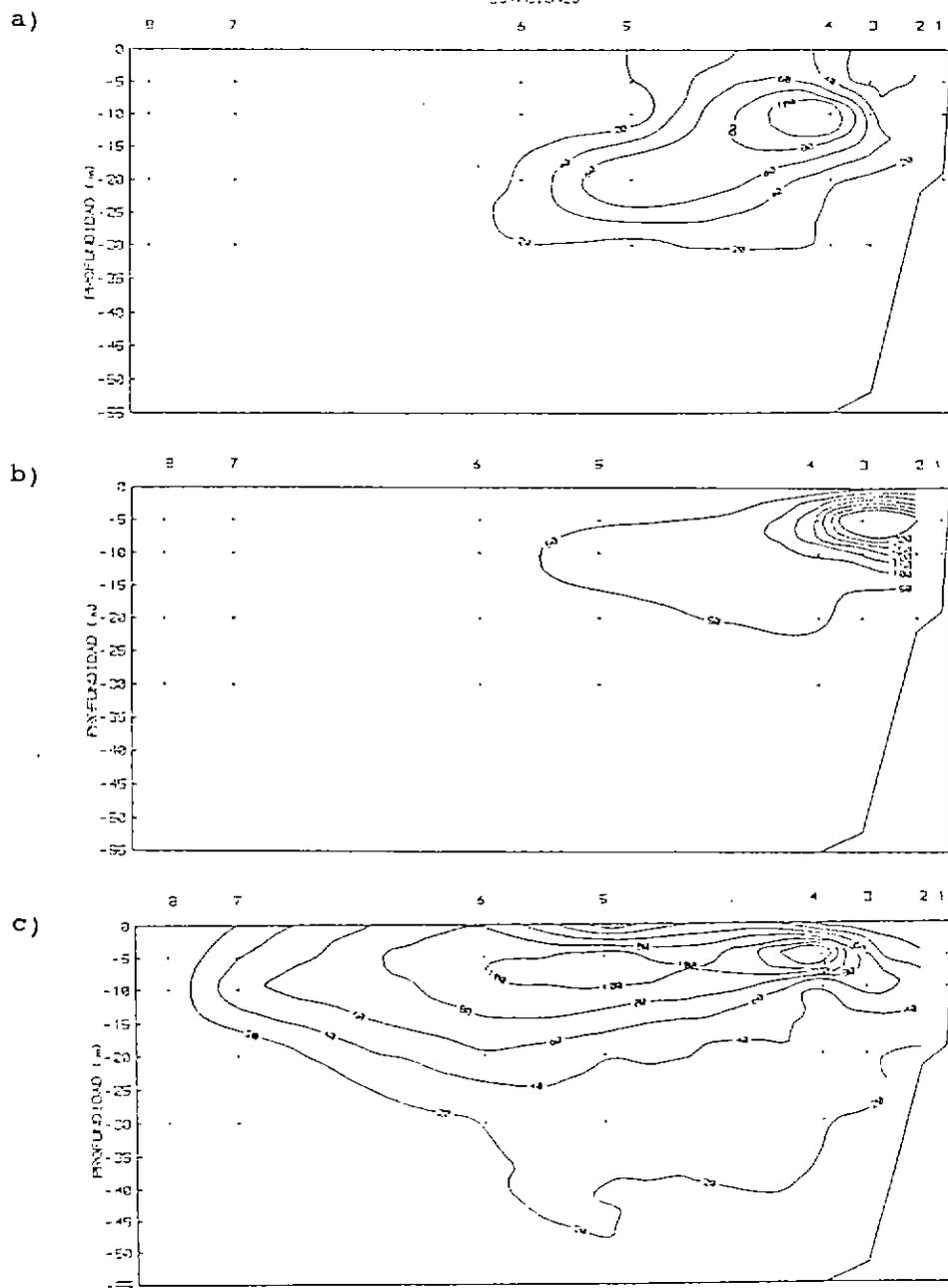


Figura 28. Distribución espacial (costa-océano) de microzooplancton (a: ciliados, b: nauplius y c: copepoditos) durante eventos de relajación de la surgencia frente a la costa de la Octava Región. (Tomado de Arcos et al., 1994)

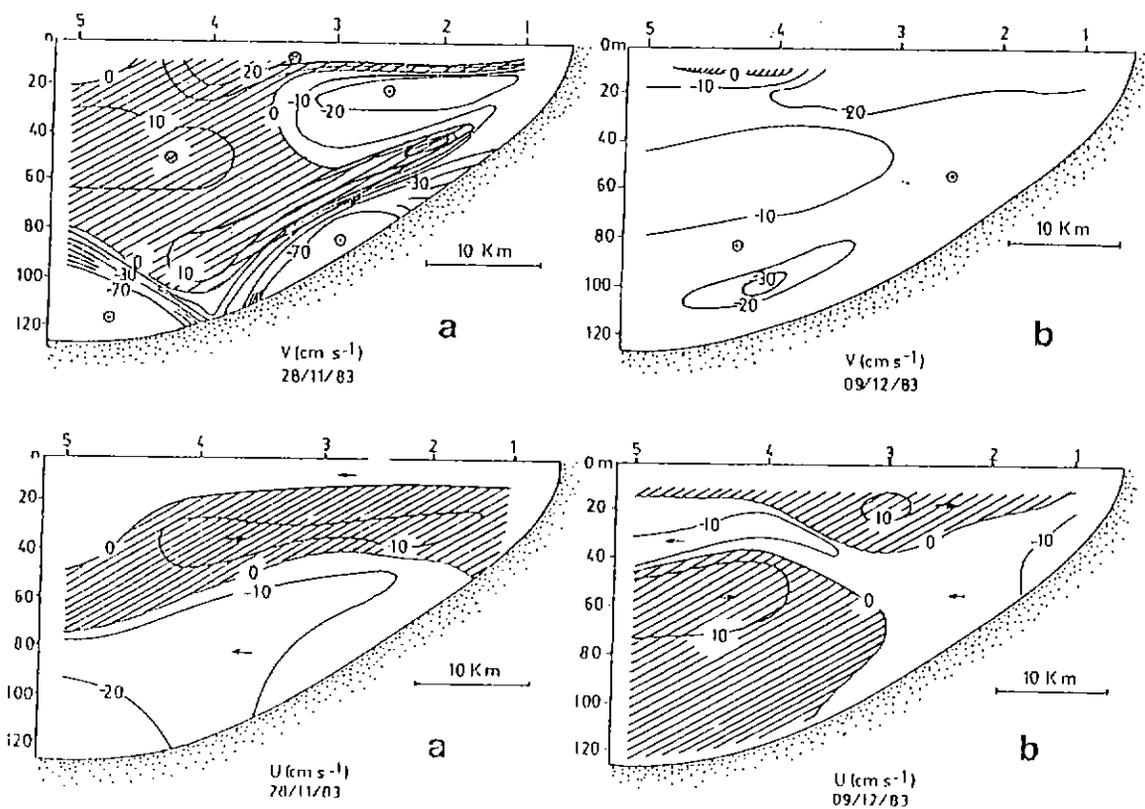


Figura 29.

Corrientes instantáneas (ejes  $u$  y  $v$ ), medidas en un corte costa-oceano, frente a la costa de la Octava Región. (a) Durante eventos de surgencia activa, (b) durante eventos de relajación. Tomado de Ahumada, 1989.

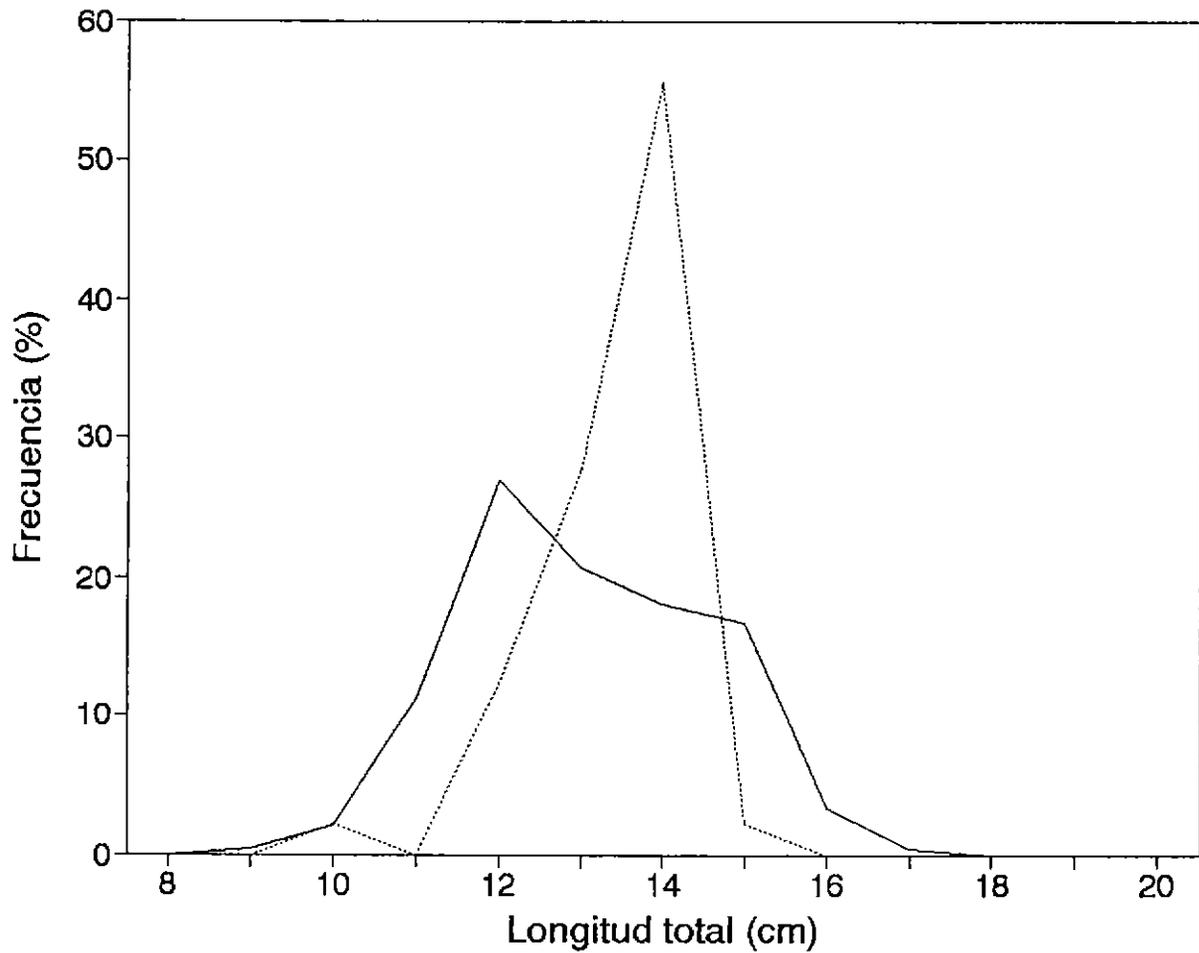


Figura 30.

Distribución de frecuencias de talla de las muestras de peces utilizados en el análisis morfométrico/merístico. La línea continua corresponde a Talcahuano y la de puntos a Puerto Montt.

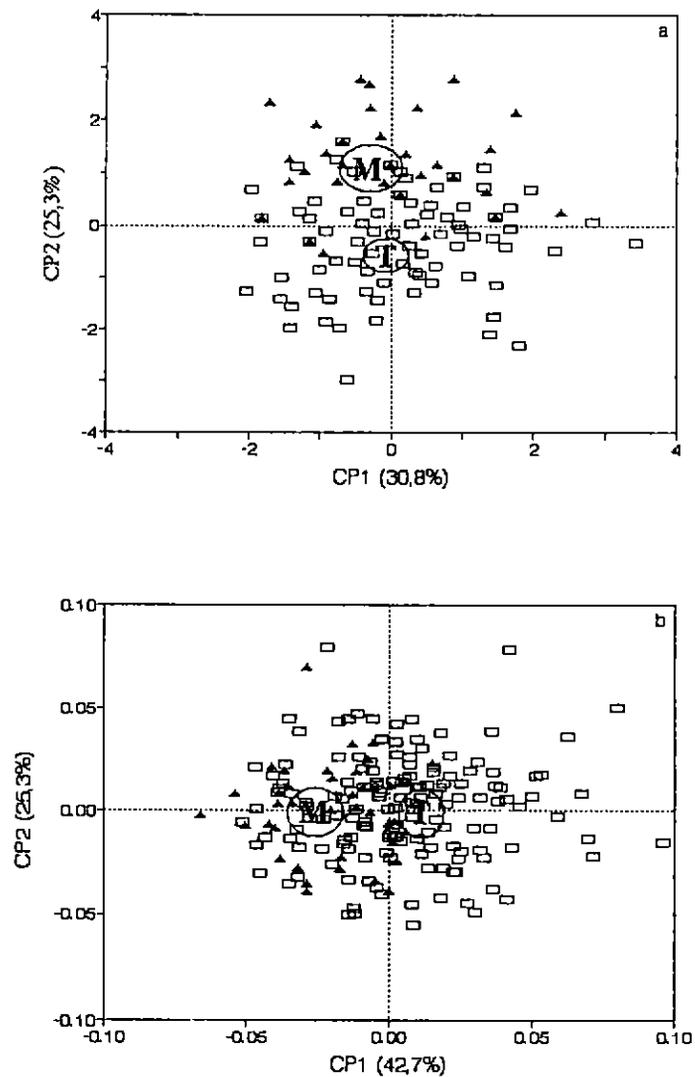


Figura 31.

Puntajes de la ordenación entre individuos. Los centroides y las elipses corresponden a 95% de confianza sobre la primera componente principal (CP1) y segunda CP para el estudio morfométrico (a) y merístico (b) en *S. bentincki* entre abril y noviembre de 1993. T = Talcahuano, cuadrado vacío; M = Puerto Montt, triángulo negro.

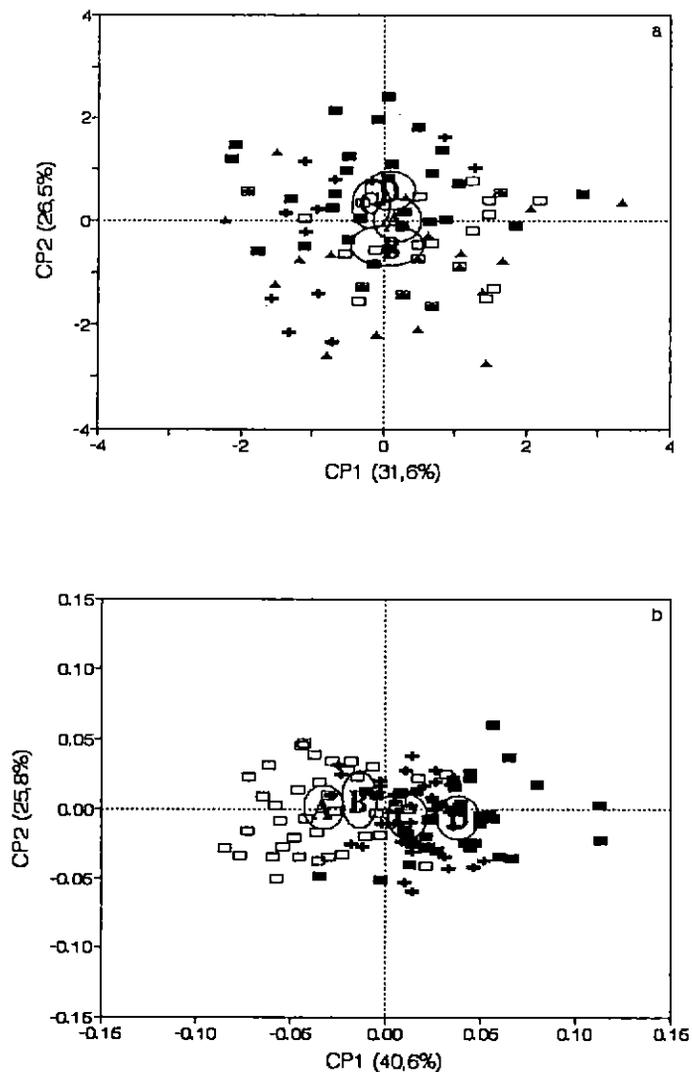


Figura 32.

Puntajes de la ordenación entre individuos. Los centroides y las elipses corresponden a 95% de confianza sobre las dos primeras componentes principales para la merística (a) y morfometría (b) en *S. bentincki*. A = primavera 1992; B = otoño 1993; C = invierno 1993; D = primavera 1993. Cuadrado vacío = primavera 1992; triángulo lleno = otoño 1993; plus = invierno 1993; cuadrado lleno = primavera 1993.

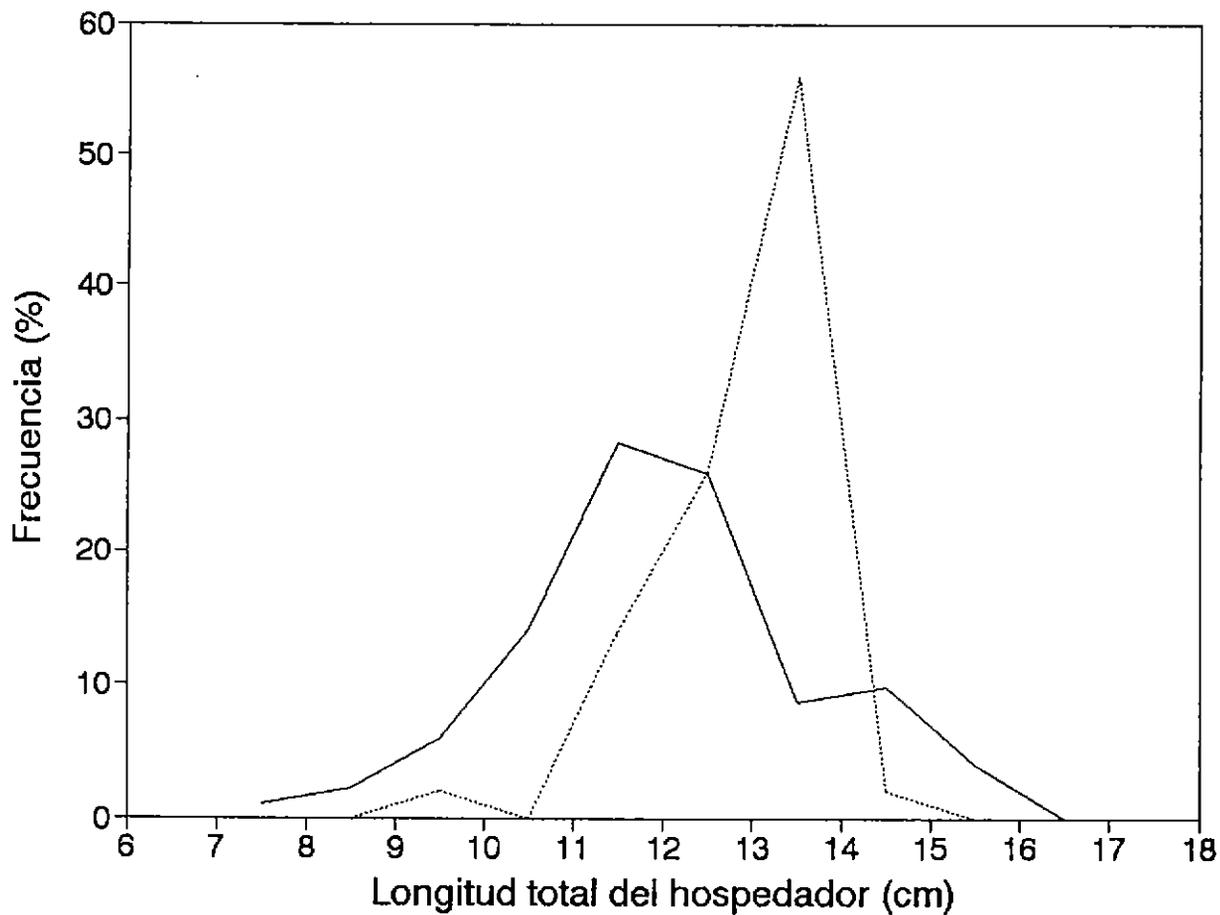


Figura 33. Distribución de frecuencias de talla de las muestras de peces utilizados en el análisis de fauna de parásitos entre abril y noviembre de 1993. La línea continua corresponde a Talcahuano y la de puntos a Puerto Montt.

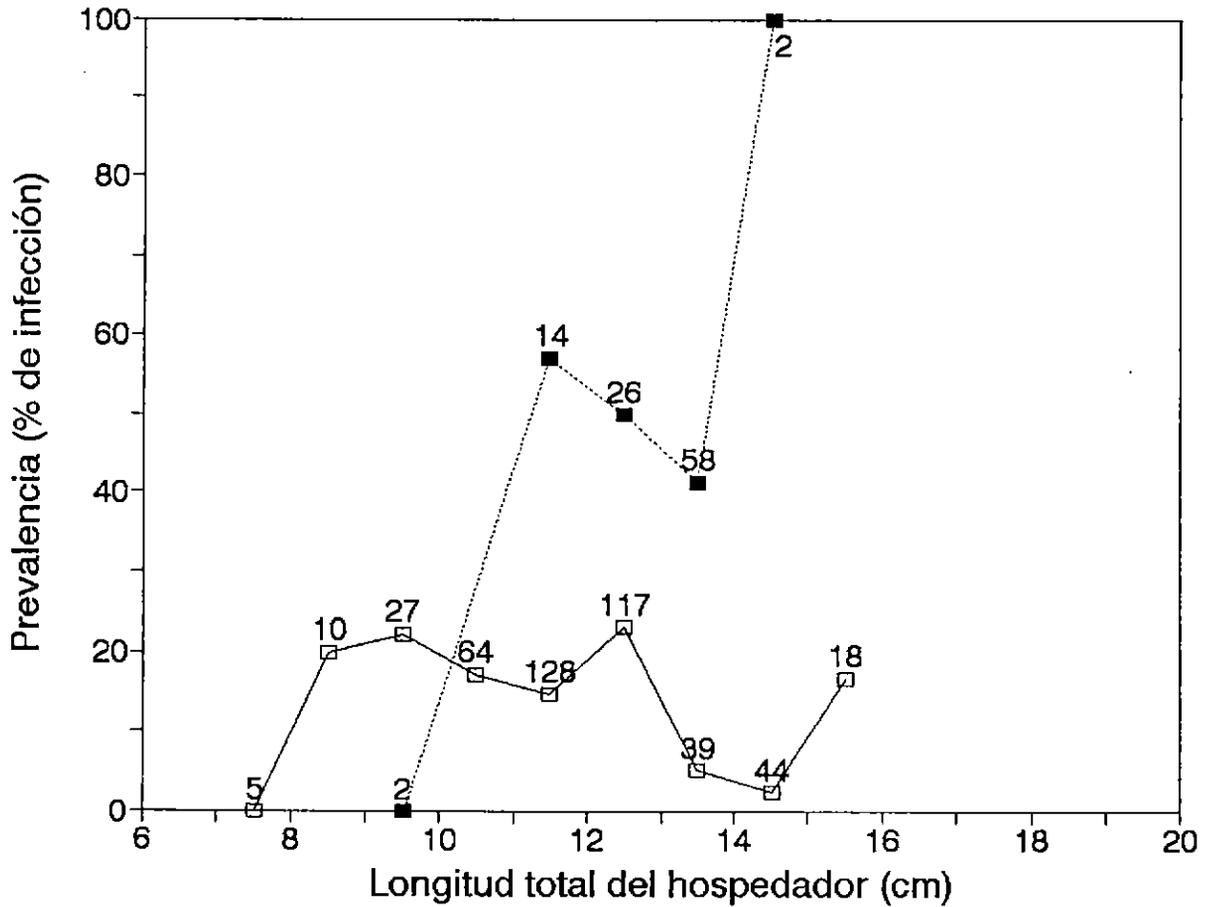


Figura 34. Relación entre la prevalencia parasitaria (porcentaje de infección) y la talla de los hospedadores, de *Hysterothylacium* sp. en *S. bentincki*. Los números indican el tamaño muestral en cada intervalo de talla. La línea continua y cuadrados vacíos corresponde a Talcahuano y, la línea de puntos y cuadrados llenos corresponde a Puerto Montt.

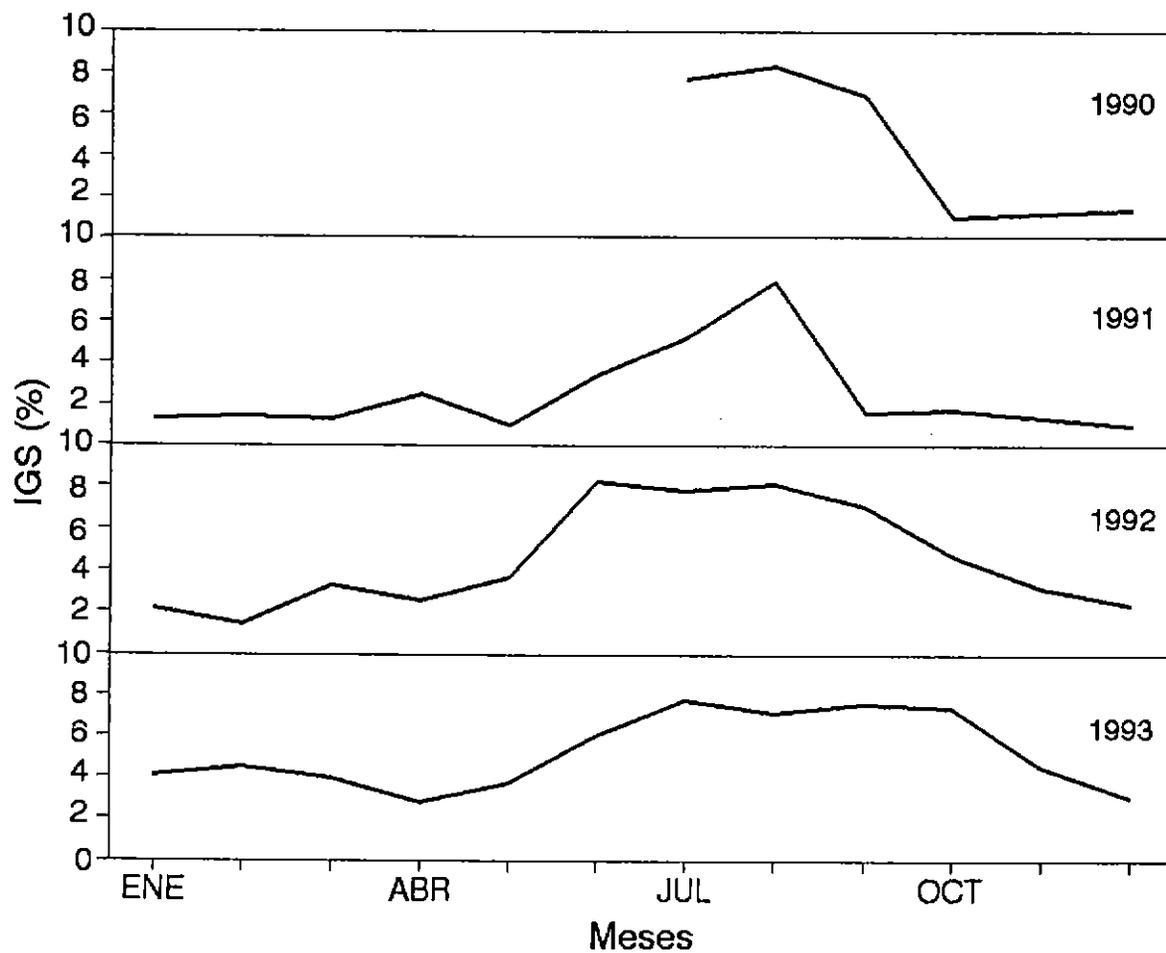


Figura 35. Evolución mensual del IGS promedio en S. bentincki, desde julio de 1990 hasta diciembre de 1993.

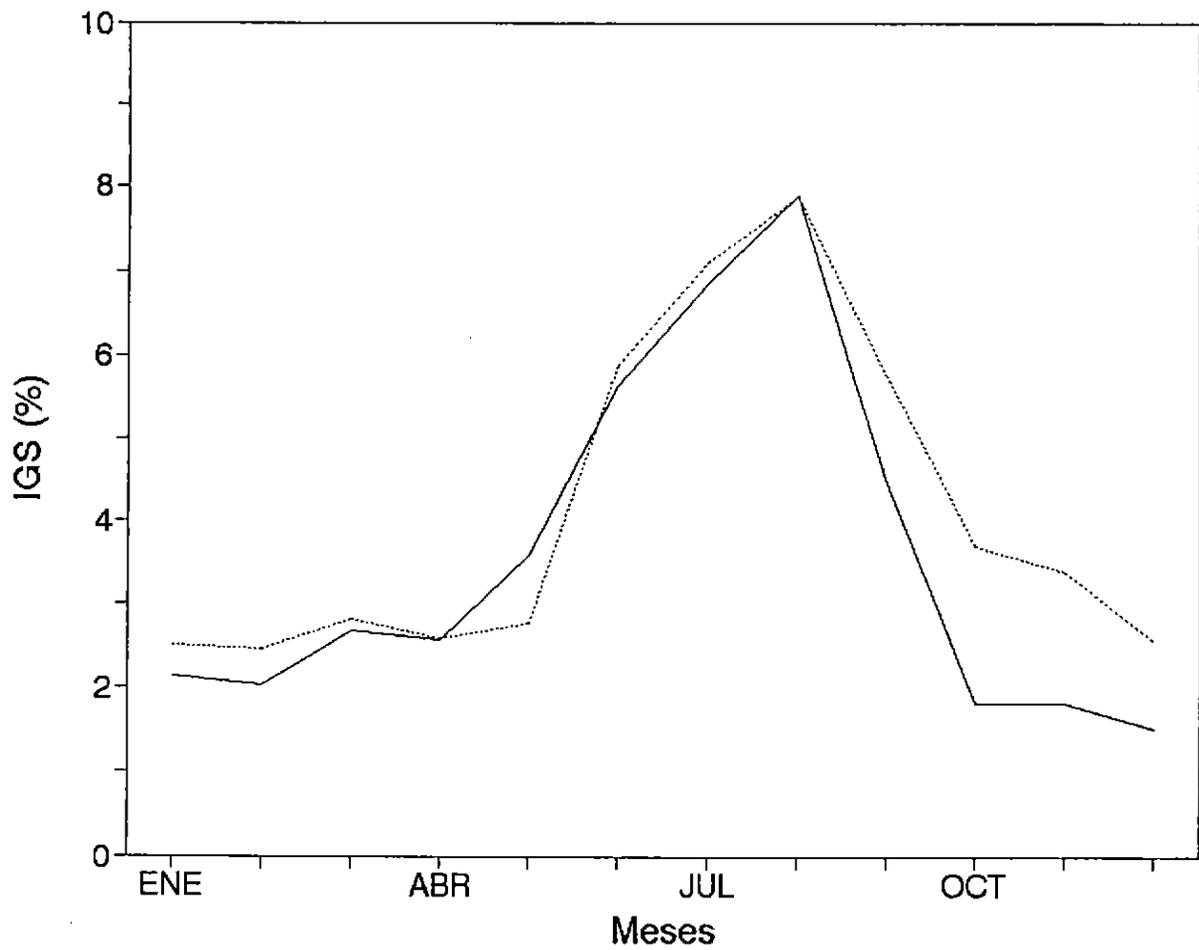


Figura 36. Índice gonadosomático promedio mensual en *S. bentincki* en 1991. La línea continua corresponde al IGS ponderado y la línea de puntos es el promedio de los IGSS individuales.

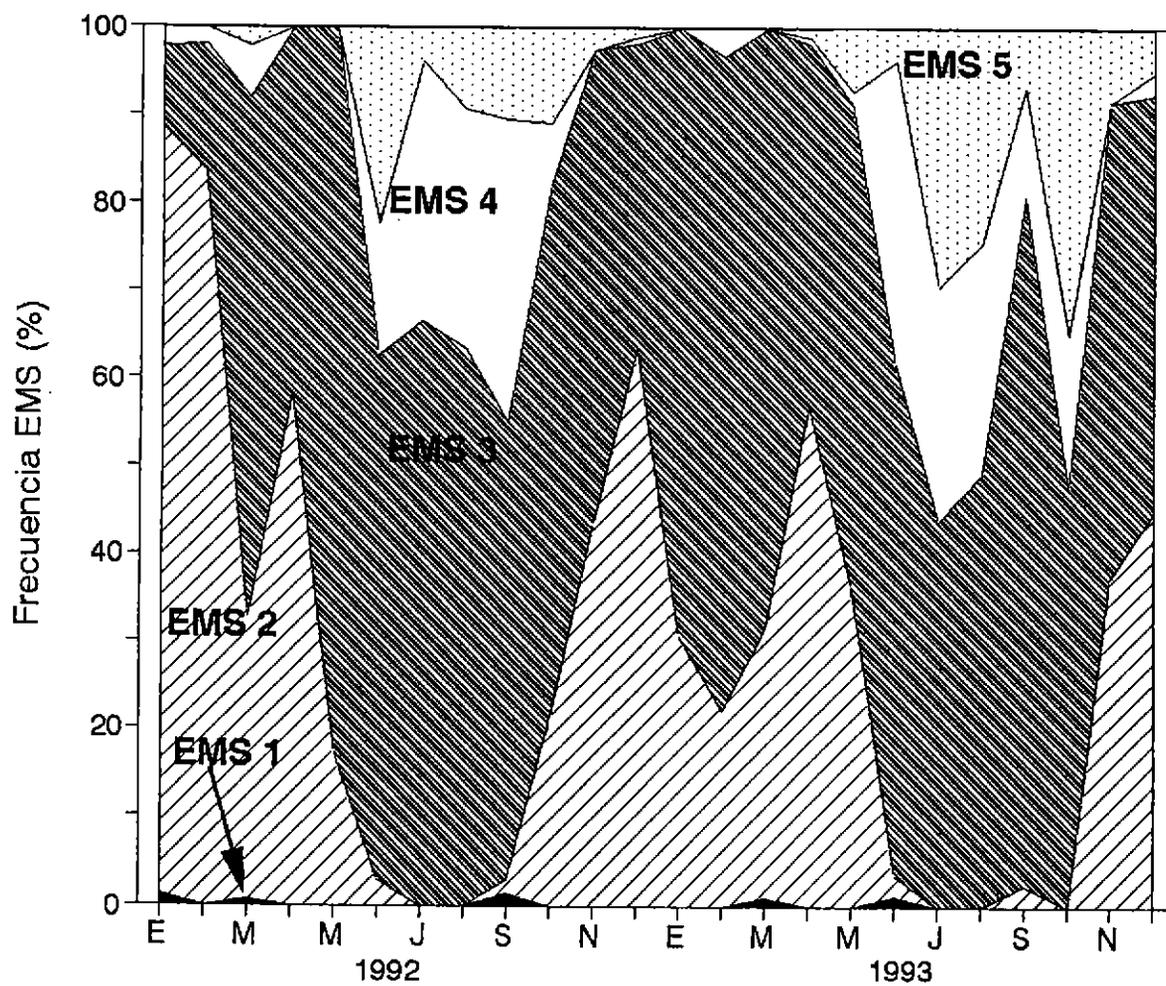


Figura 37. Evolución temporal de los estadios de madurez sexual de *S. bentincki* entre enero de 1992 y diciembre de 1993.

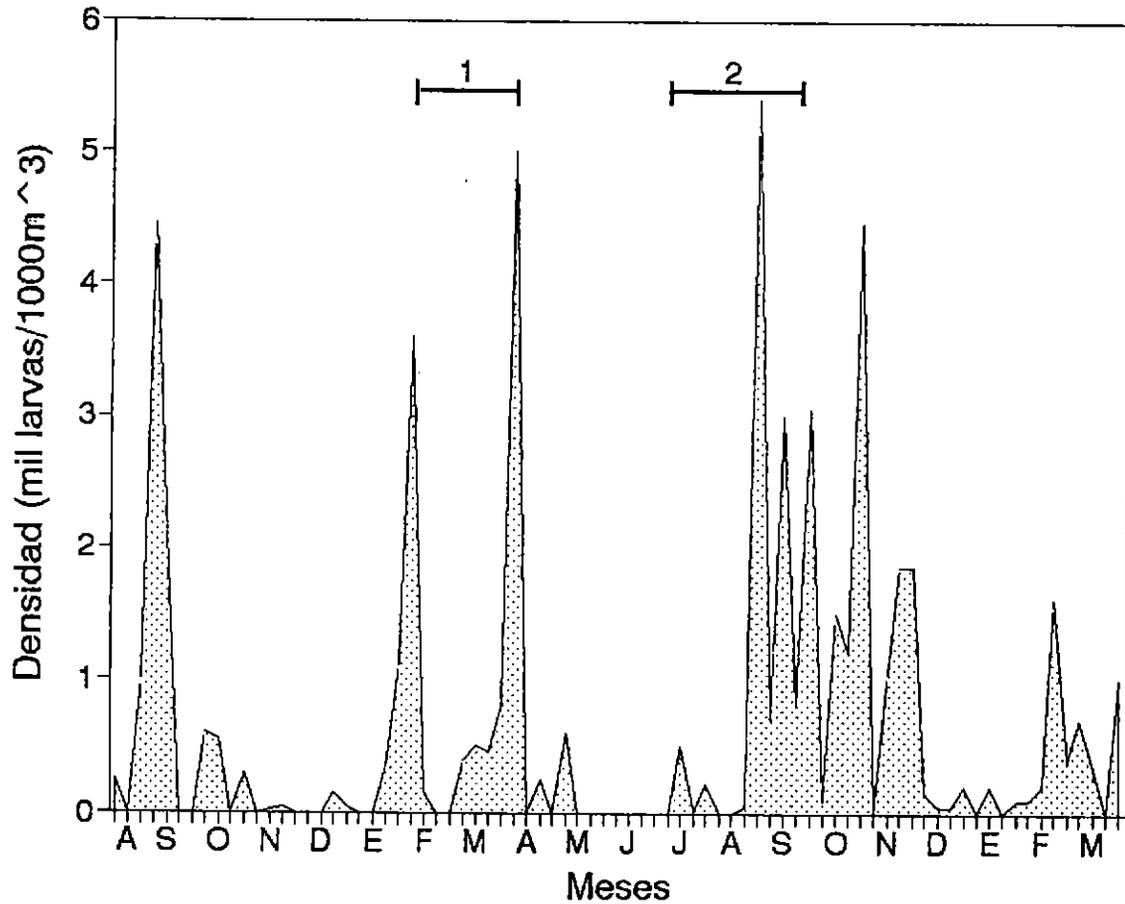


Figura 38. Variabilidad estacional de los estados larvales de *S. bentincki* frente a las costas de la Octava Región (Redibujado de Sepúlveda, 1990). 1 = Desove secundario: 2 = desove principal.

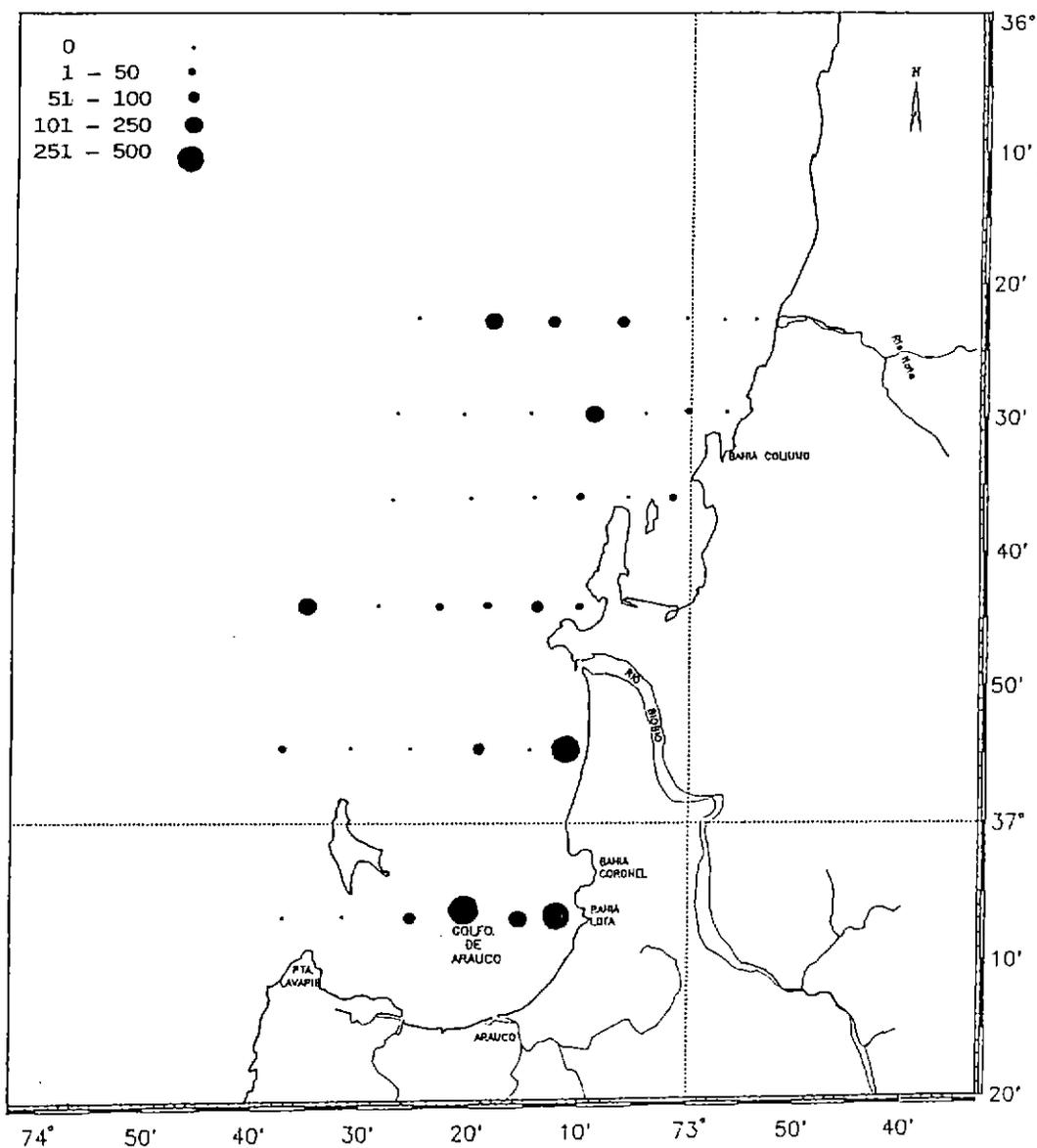


Figura 39.

Distribución espacial de huevos de *S. bentincki* entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié. El diámetro de los círculos negros corresponden a la densidad de huevos (número/10m<sup>2</sup>).

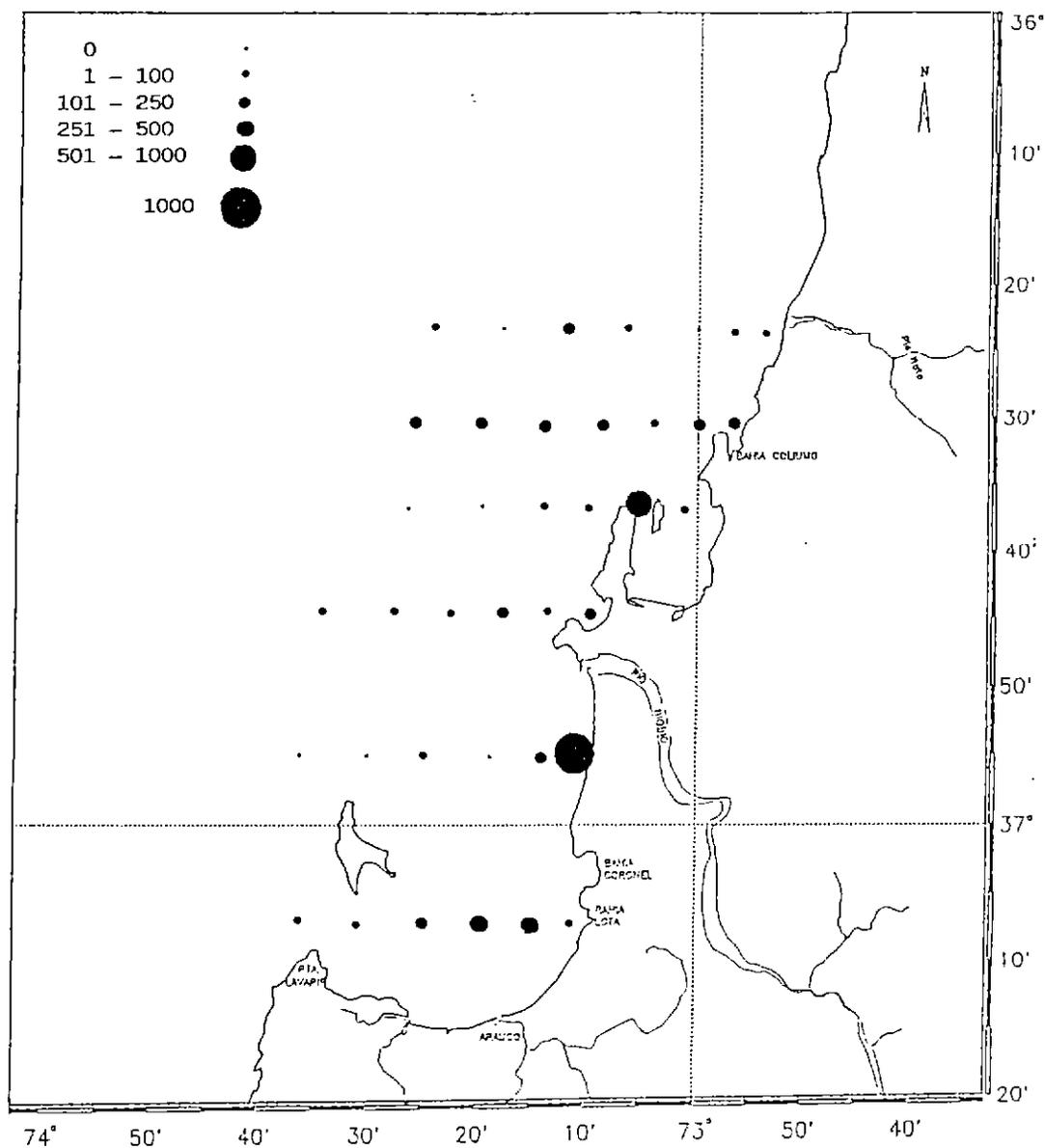


Figura 40.

Distribución espacial de larvas de *S. bentincki* entre la desembocadura del río Itata y Punta Lavapié. El diámetro de los círculos negros corresponden a la densidad de larvas (número/10m<sup>2</sup>).

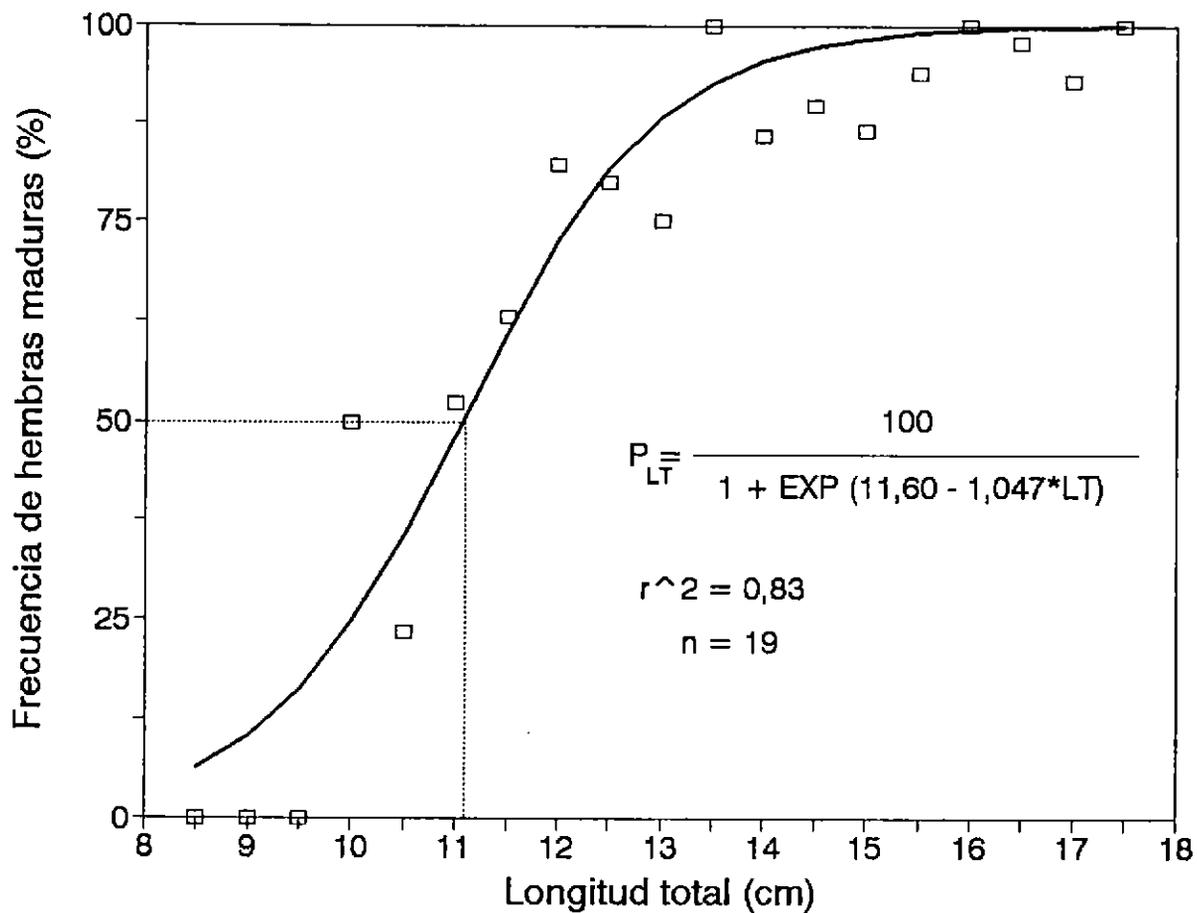


Figura 41. Talla de primera madurez sexual para *S. bentincki* según el criterio del 50% de hembras maduras del área de Talcahuano. Tomado de Arancibia et al. (en prensa).

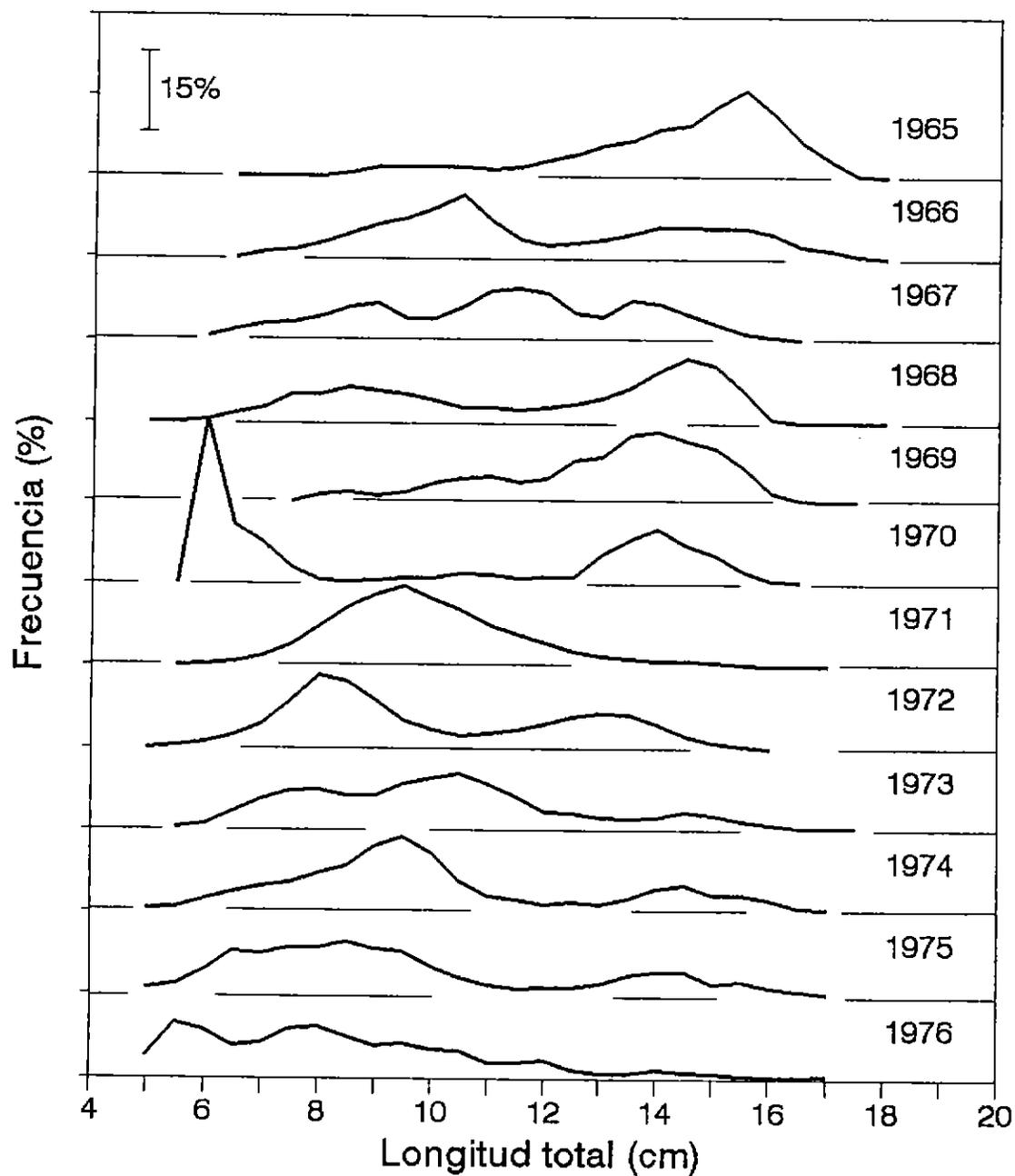


Figura 42. Estructura anual de tamaños en las capturas de *S. bentincki* entre 1965 y 1976.

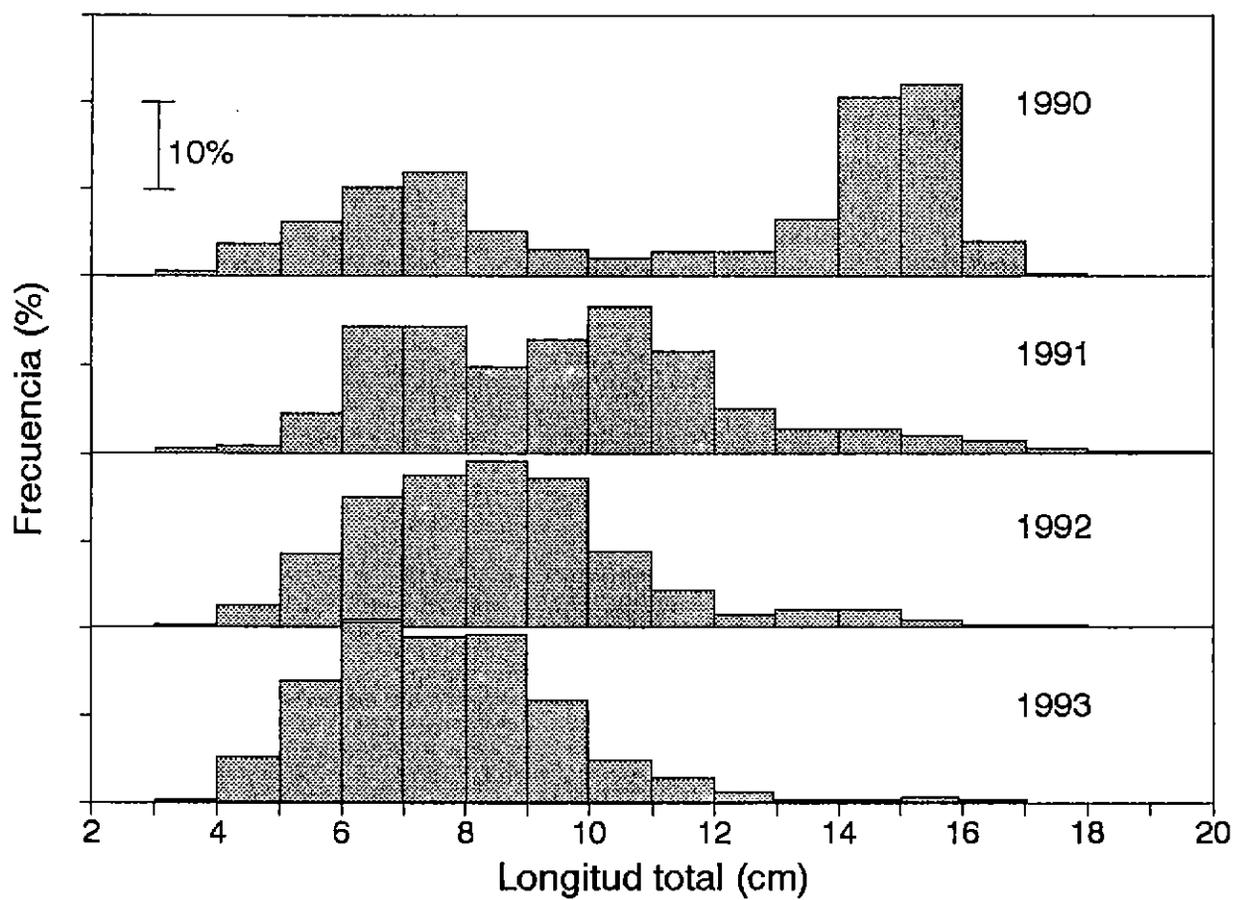


Figura 43. Estructura anual de tamaños en las capturas de *S. bentincki* entre 1990 y 1993.

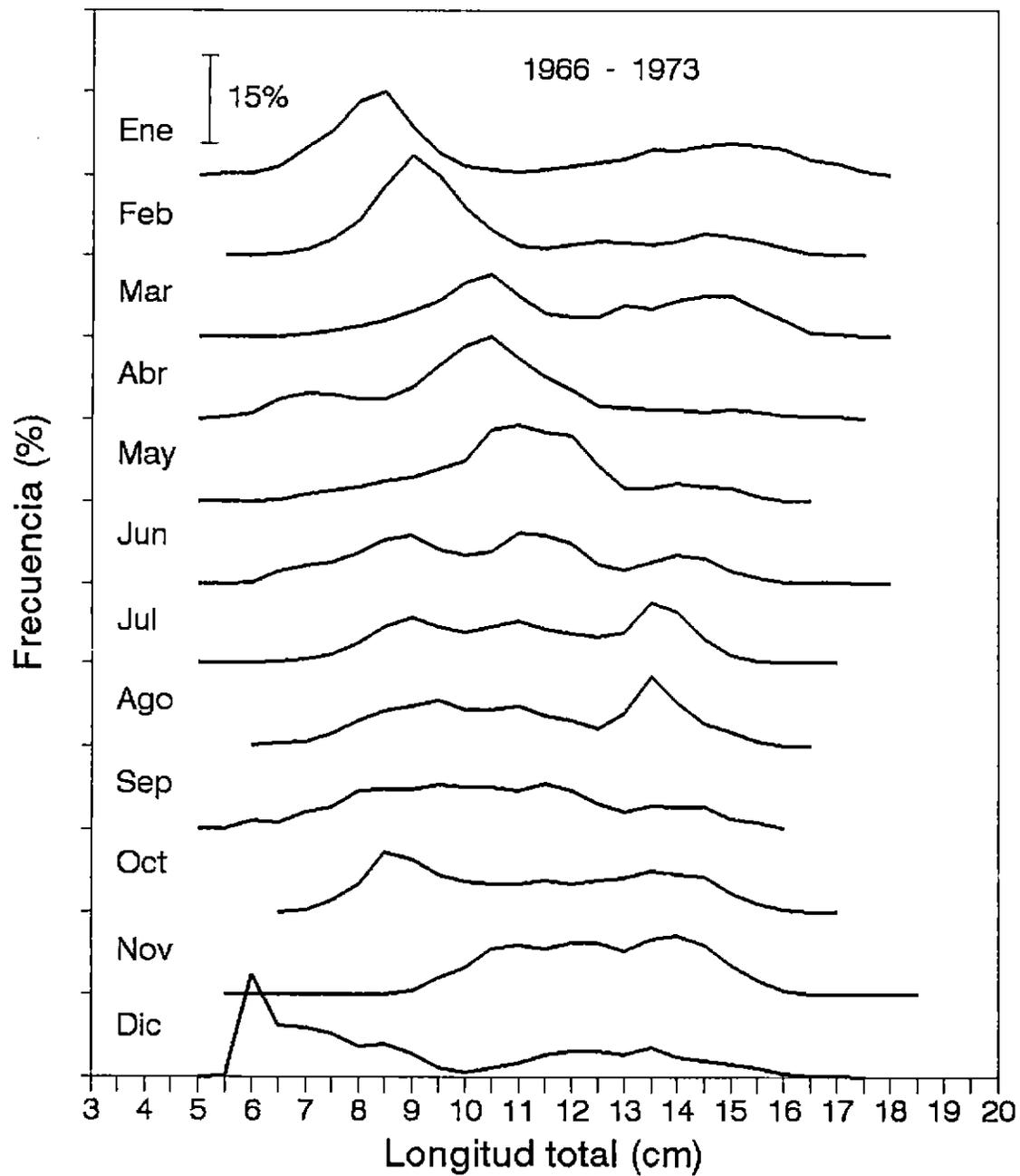


Figura 44. Estructura promedio mensual de tallas de *S. bentincki* entre 1966 y 1973. Modificado de Arrizaga (1981).

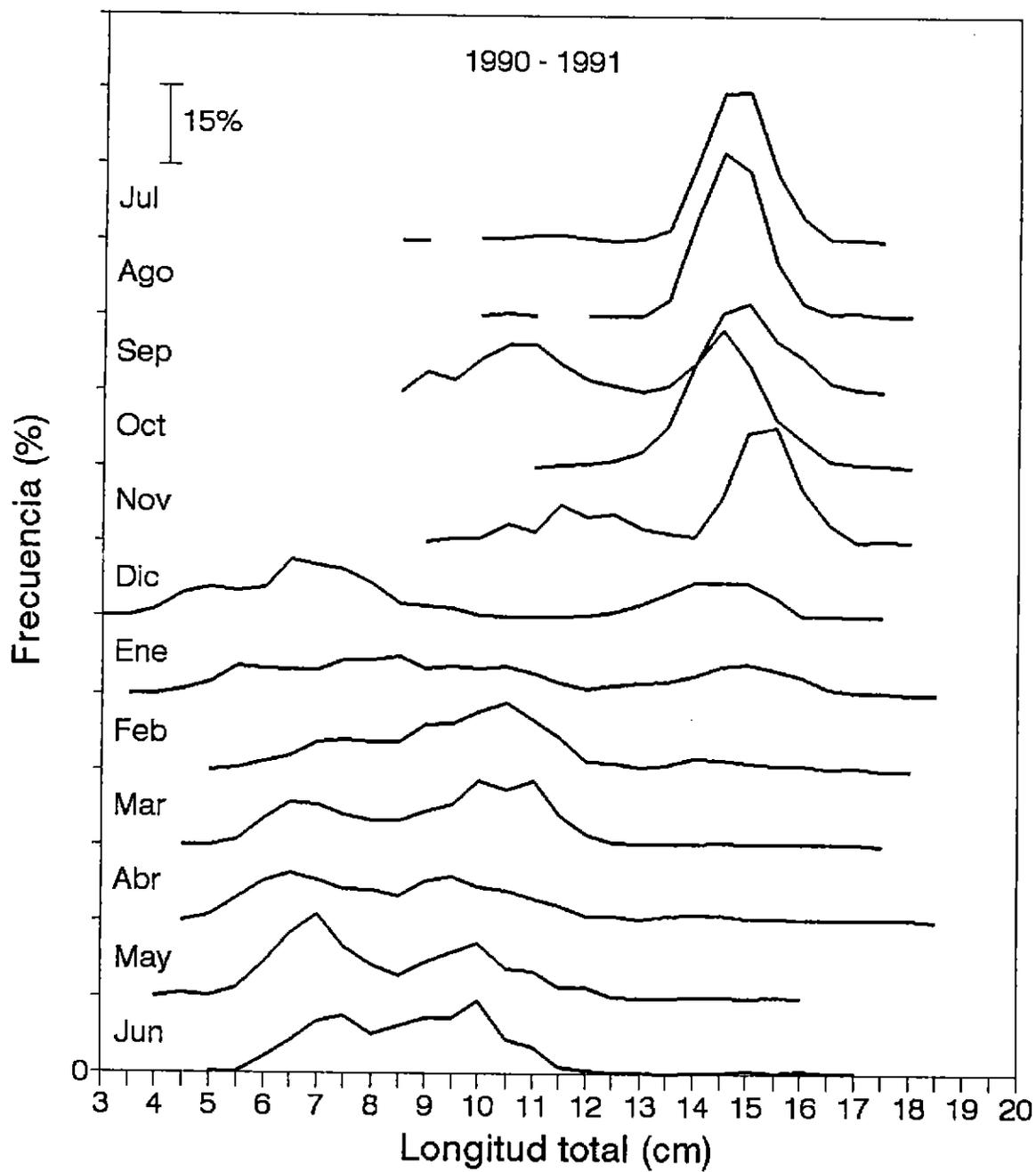


Figura 45. Estructura mensual de tallas de *S. bentincki* entre julio de 1990 y junio de 1991.

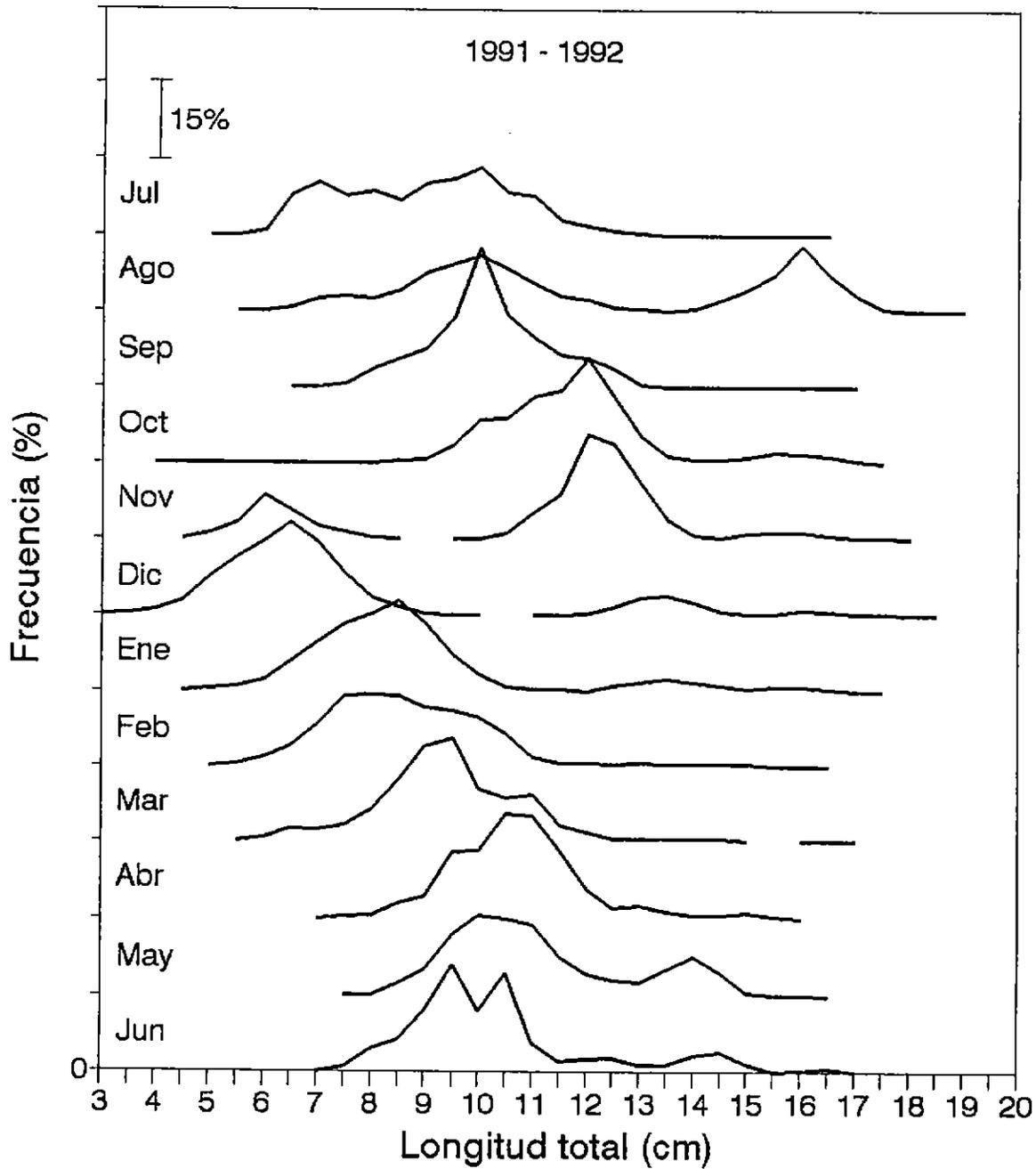


Figura 46. Estructura mensual de tallas de *S. bentincki* entre julio de 1991 y junio de 1992.

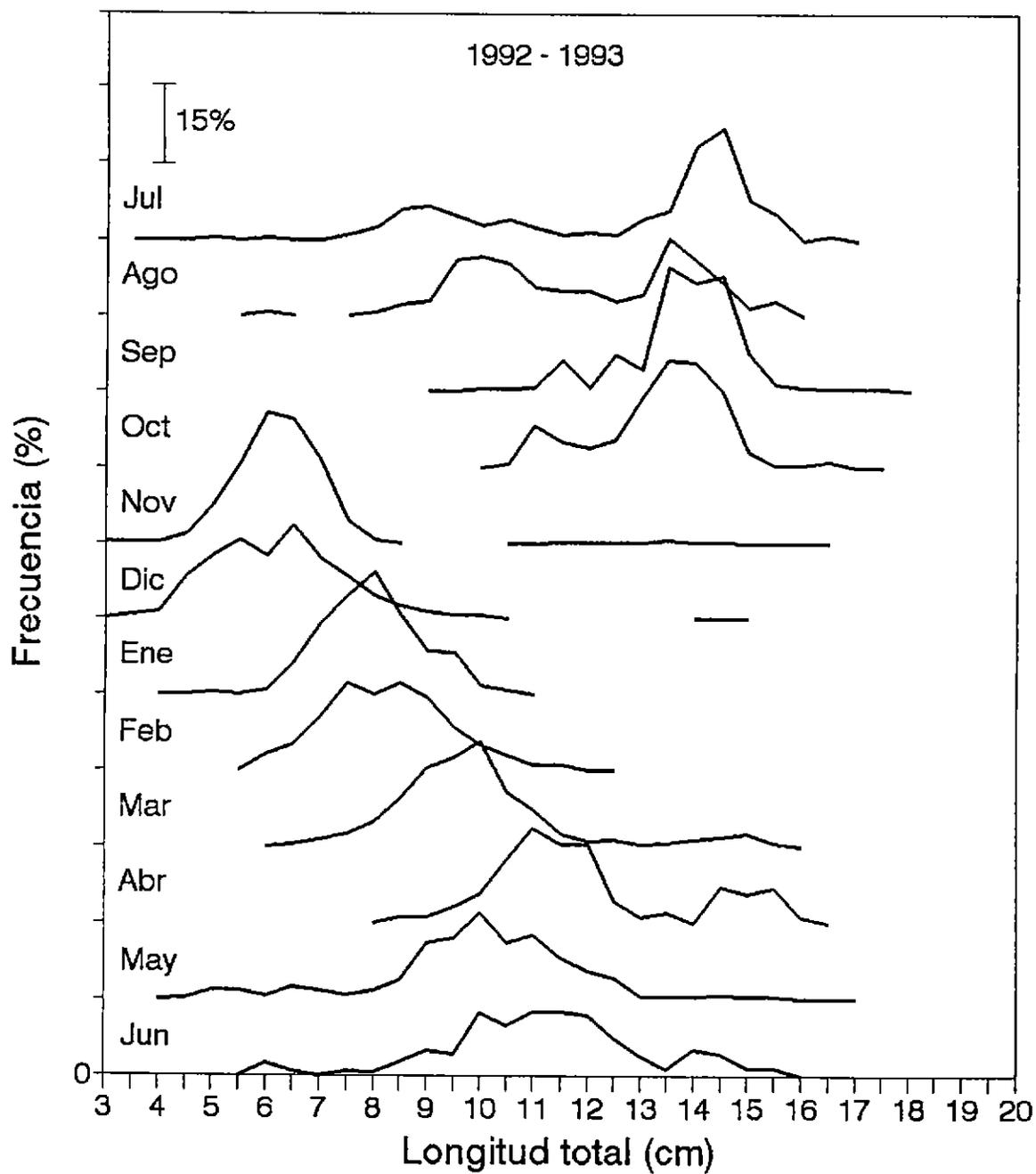


Figura 47.

Estructura mensual de tallas de *S. bentincki* entre julio de 1992 y junio de 1993.

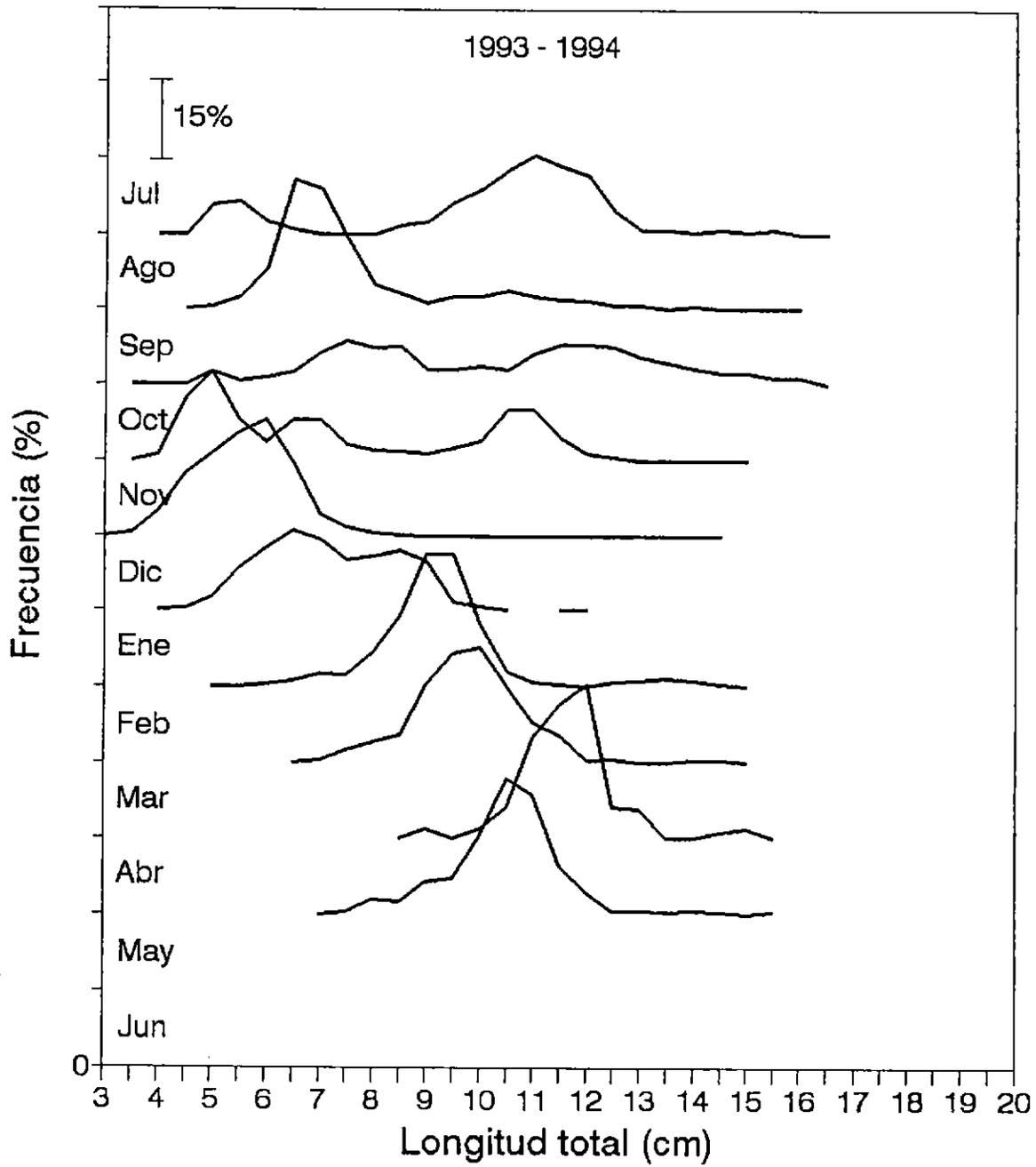


Figura 48. Estructura mensual de tallas de *S. bentincki* entre julio de 1993 y junio de 1994.

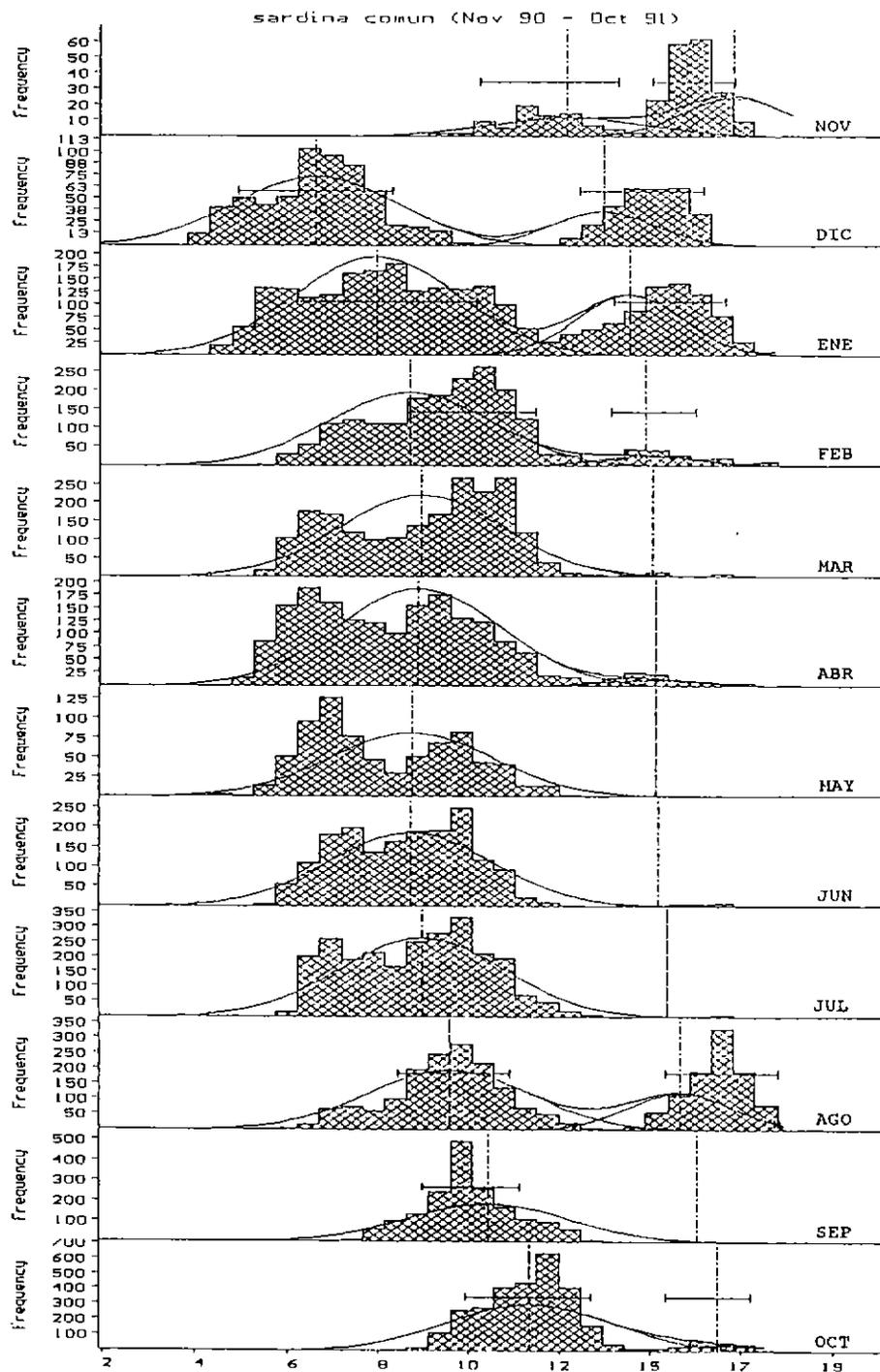


Figura 49. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período noviembre de 1990 a octubre de 1991.

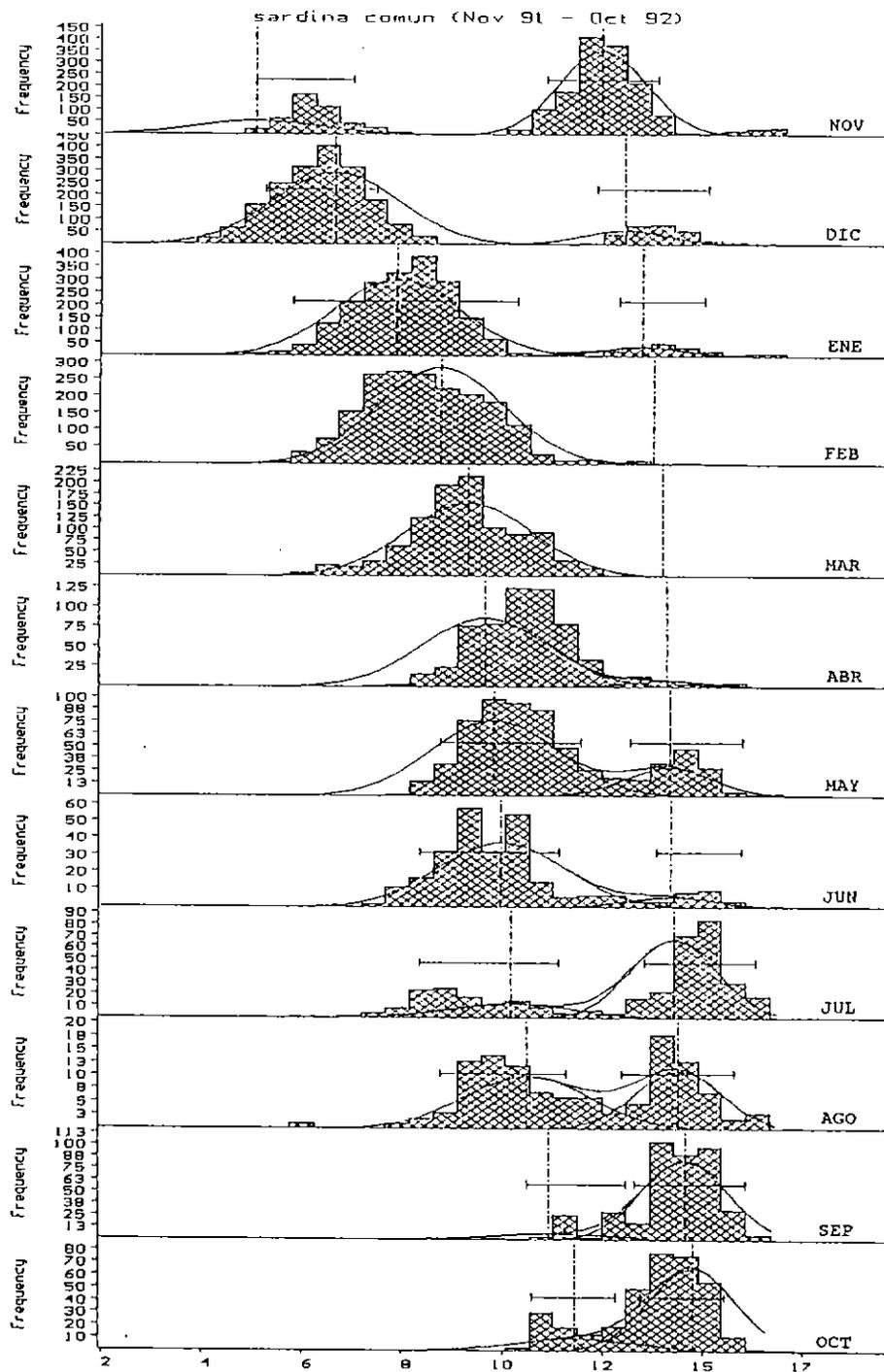


Figura 50. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período noviembre de 1991 a octubre de 1992.

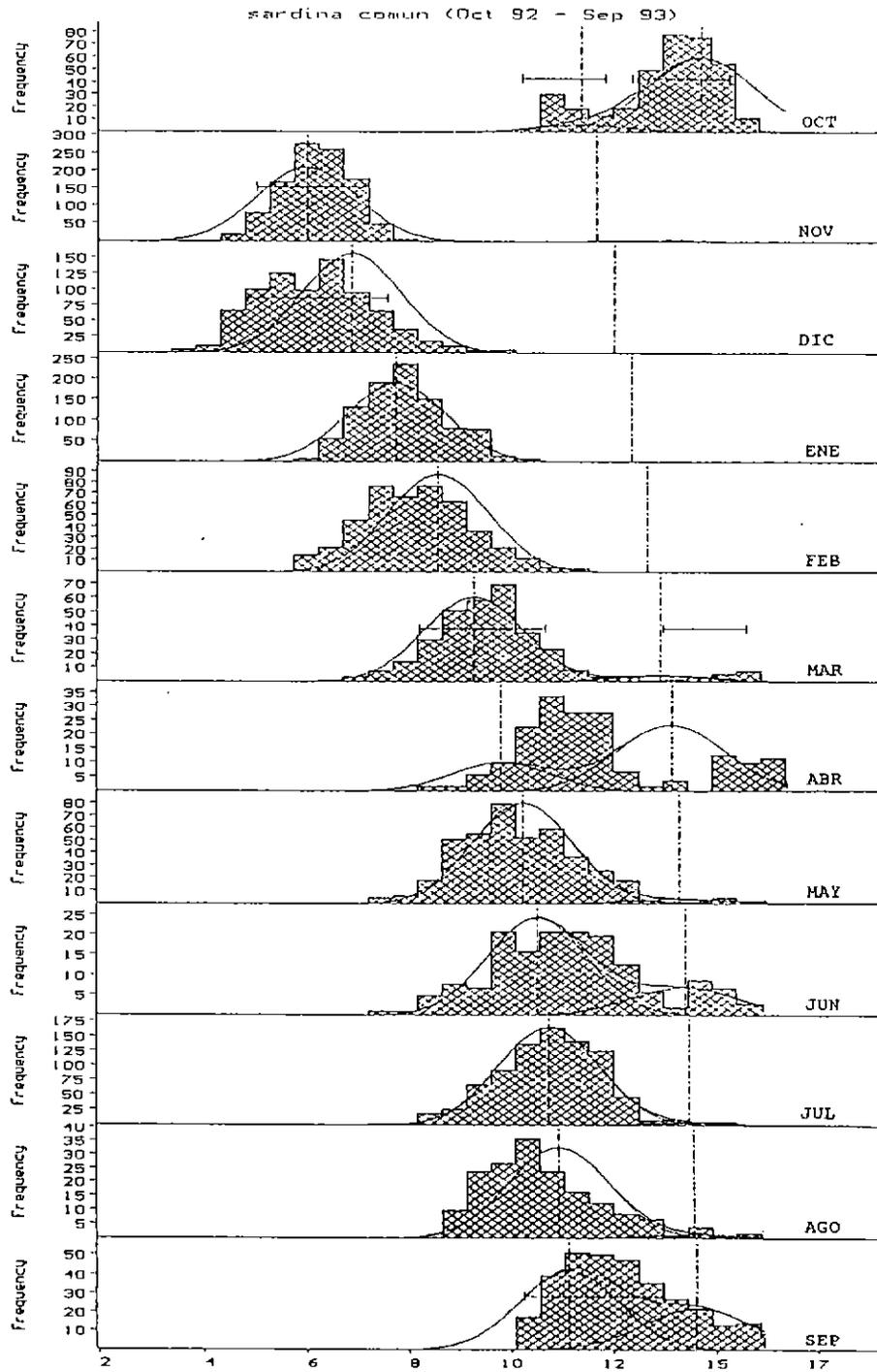


Figura 51. Distribución de frecuencias de talla (achurado) y curva ajustada de acuerdo al modelo de crecimiento seleccionado (ver texto, línea continua). Período octubre de 1992 a septiembre de 1993.

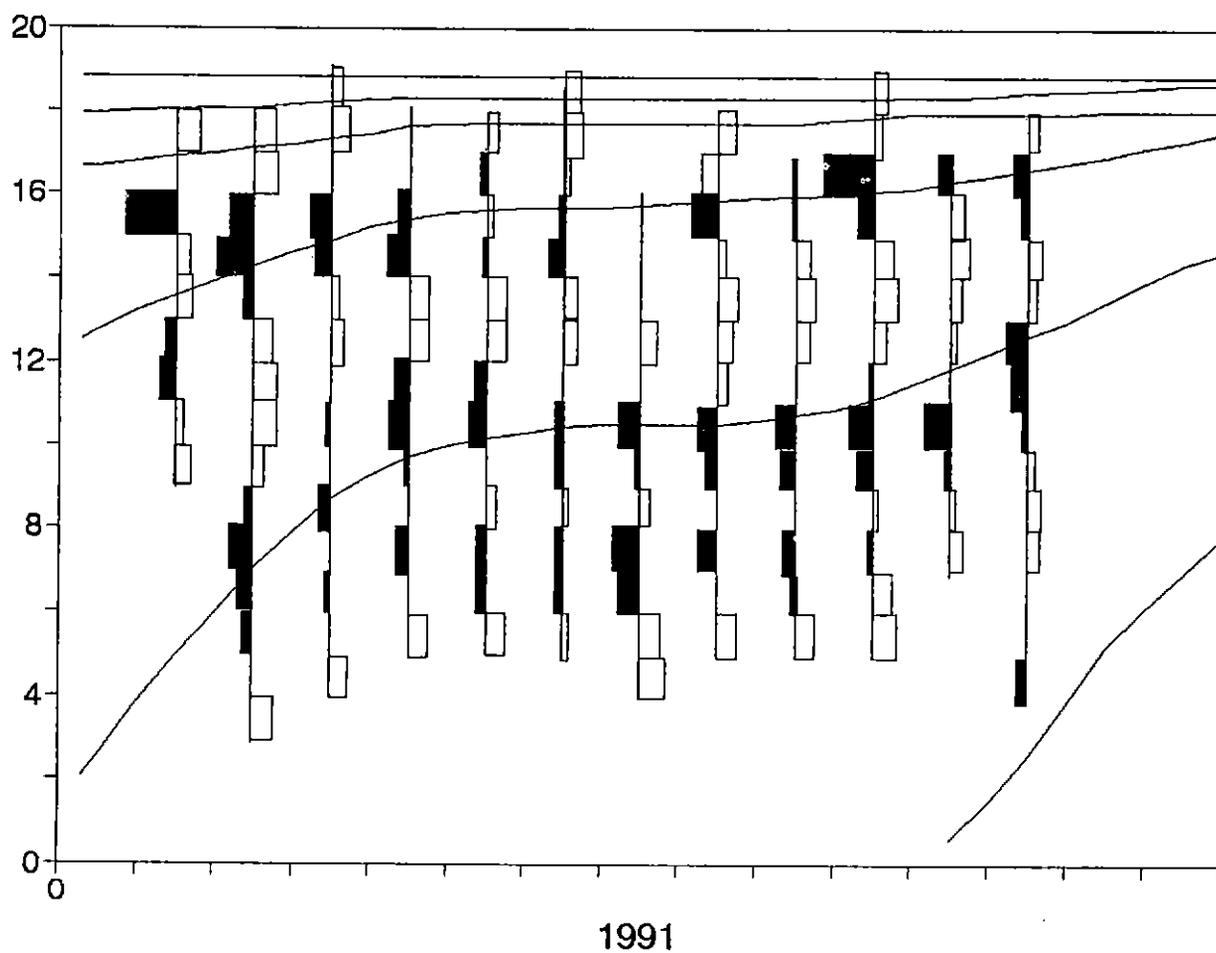


Figura 52.

Curva de crecimiento con oscilación estacional de *S. benticcki* entre noviembre de 1990 y octubre de 1991. Grafica entregada por el programa ELEFAN I, donde las barras negras representa la frecuencia que forma parte de los "peaks" o modas y, las barras blancas representa las depresiones entre dos modas.

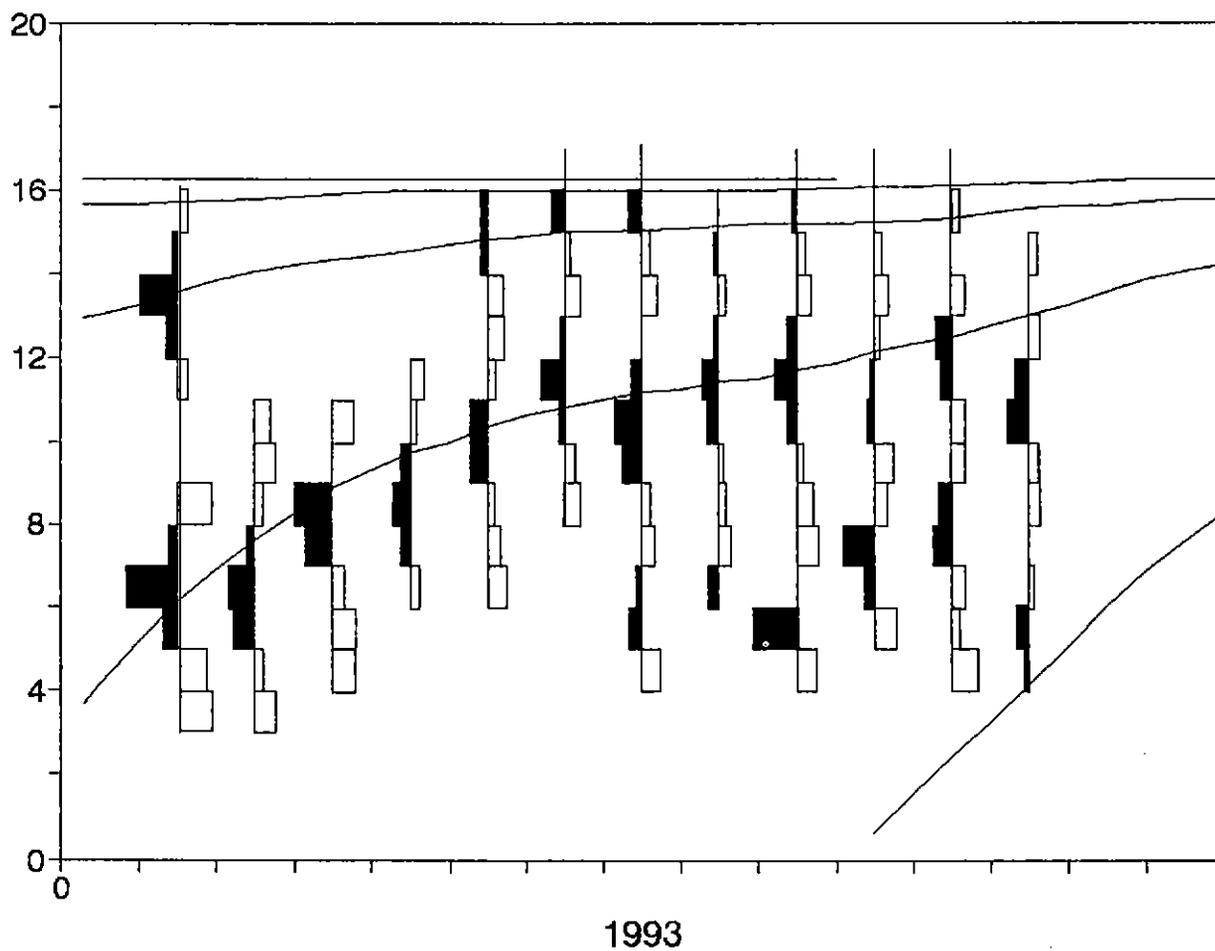


Figura 54. Curva de crecimiento con oscilación estacional de *S. bentici* entre noviembre de 1991 y octubre de 1992. Para detalles ver figura 52.

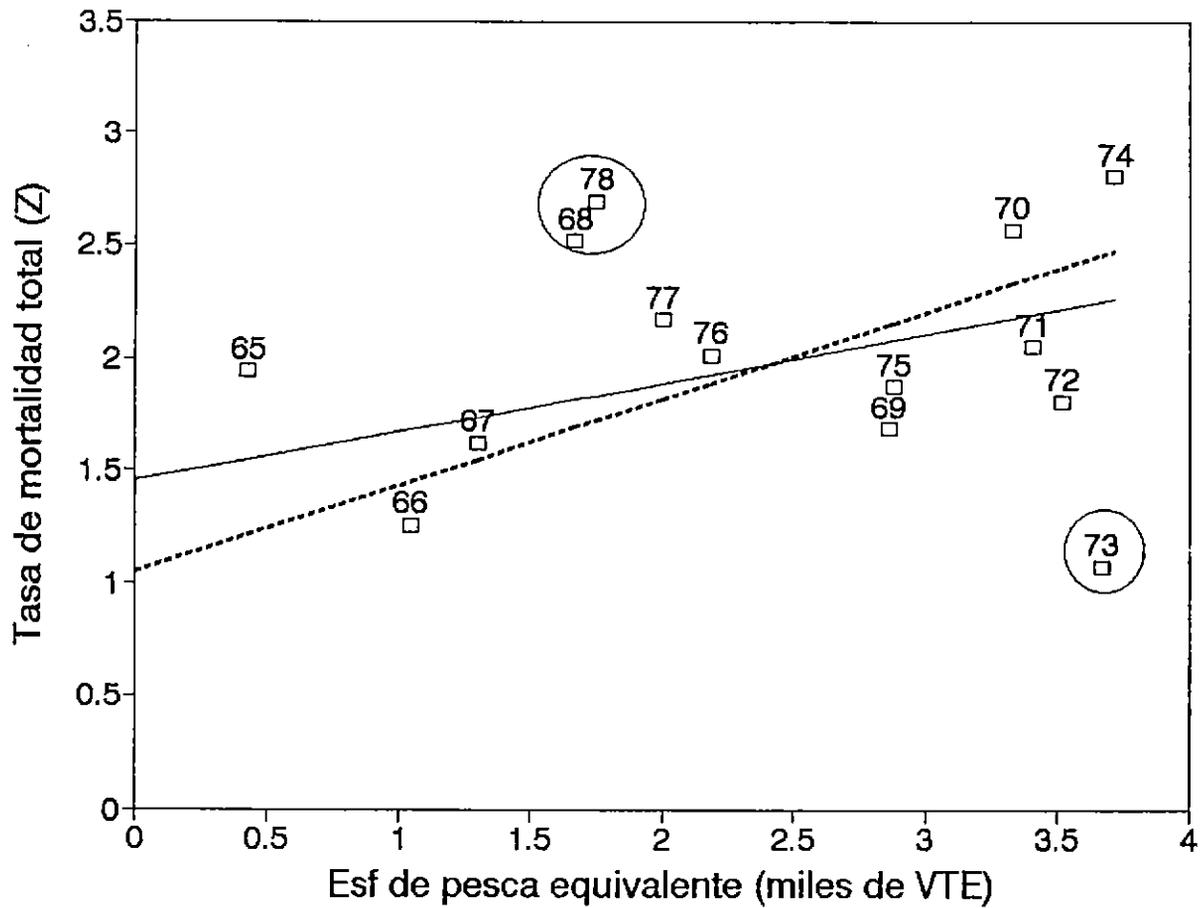


Figura 55.

Tasa de mortalidad total (Z) respecto del esfuerzo de pesca promedio (esfuerzo de pesca equivalente). La línea continua corresponde a la regresión predictiva y, la de puntos a la regresión funcional.

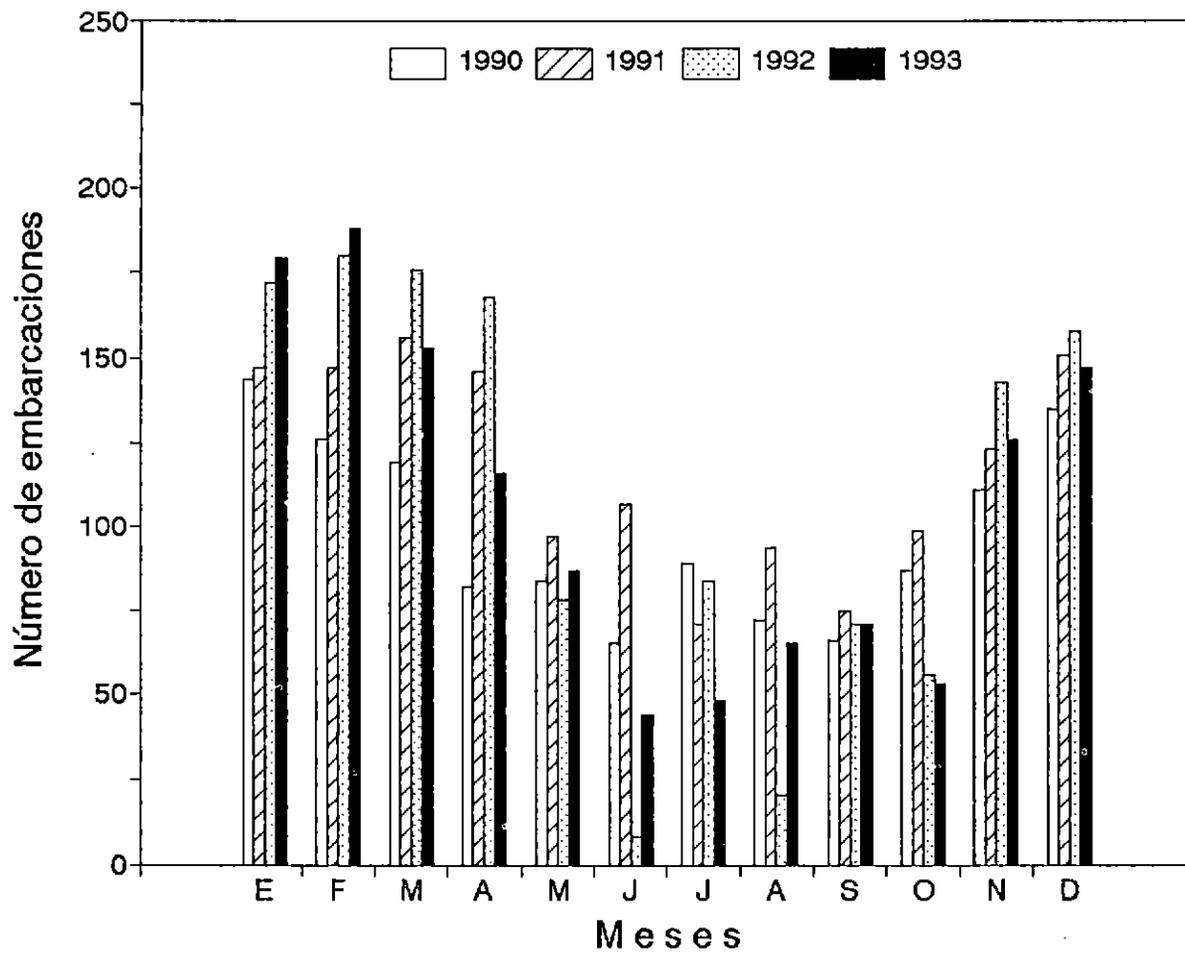


Figura 56. Número de embarcaciones presentes en la pesquería de sardina común en la zona centro sur de Chile entre 1990 y 1993.

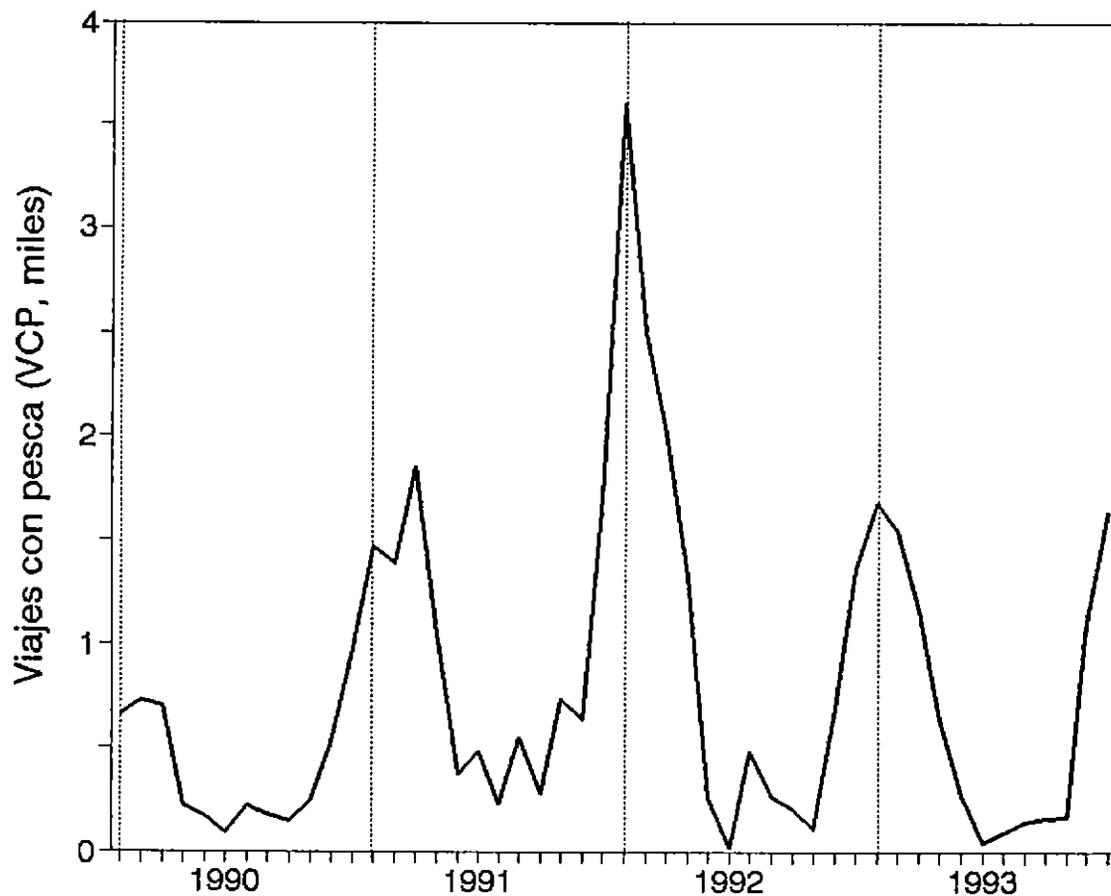


Figura 57. Número total de viajes con pesca (VCP, miles) realizados por la fracción de la flota pesquera que actuó sobre *S. bentincki* entre 1990 y 1993.

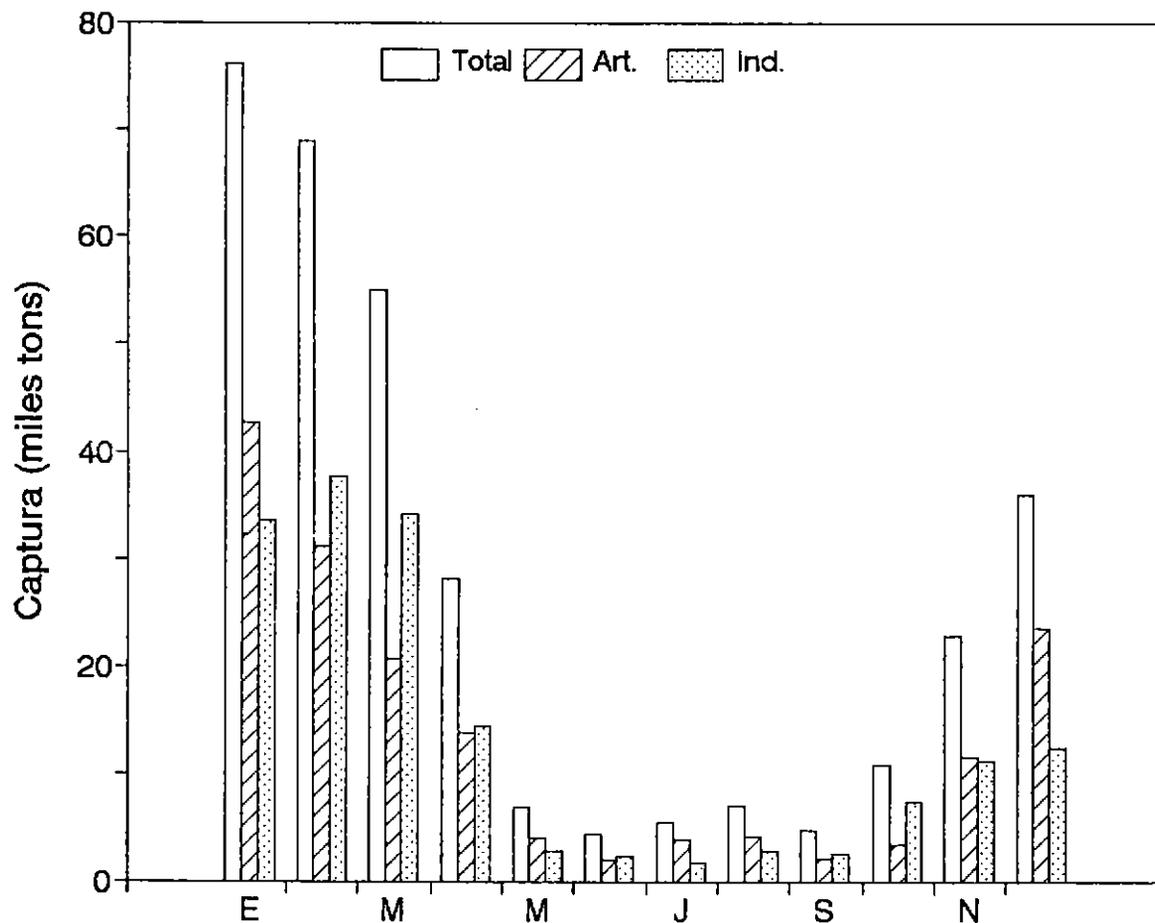


Figura 58. Evolución de la captura mensual de sardina común (miles de toneladas) total, industrial y artesanal en 1991.

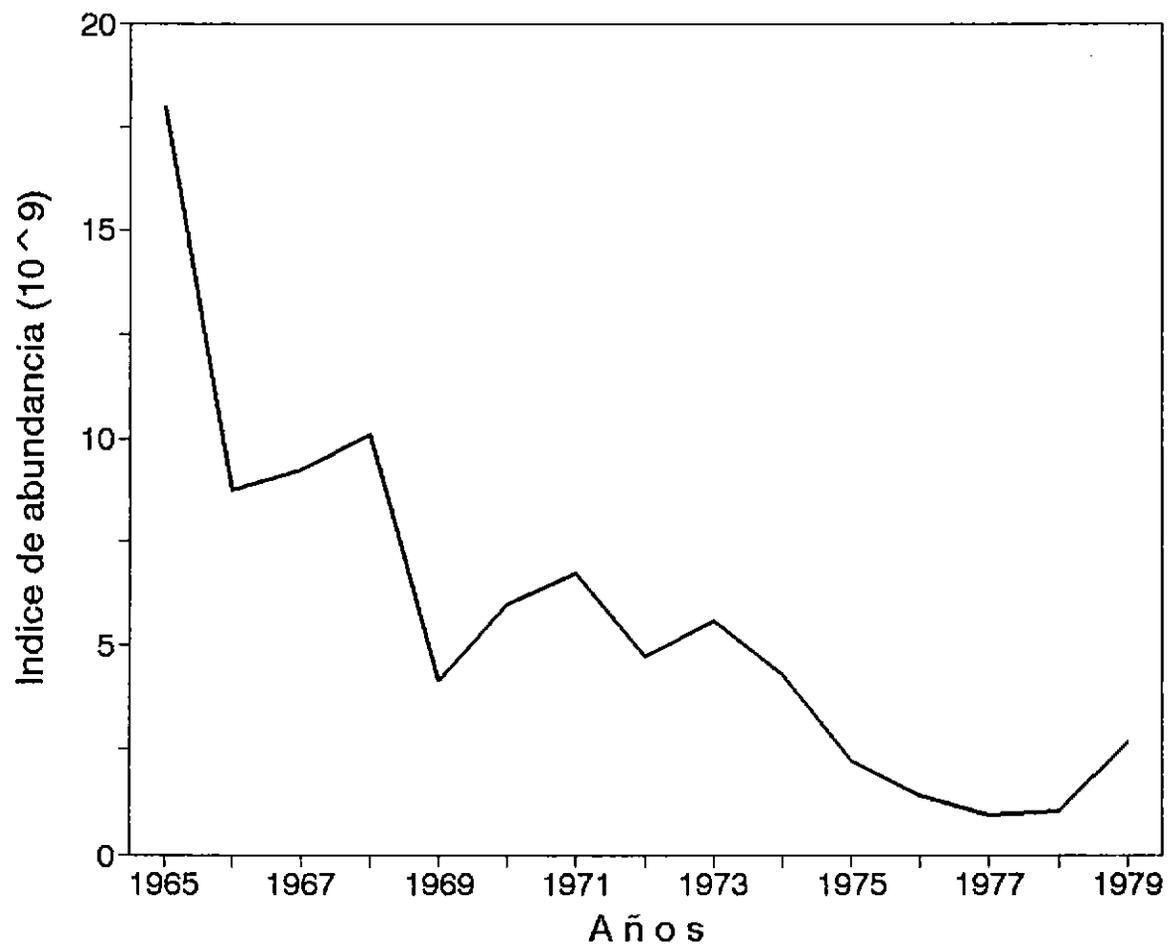


Figura 59. Abundancia relativa de sardina común (mil millones) entre 1965 y 1979.

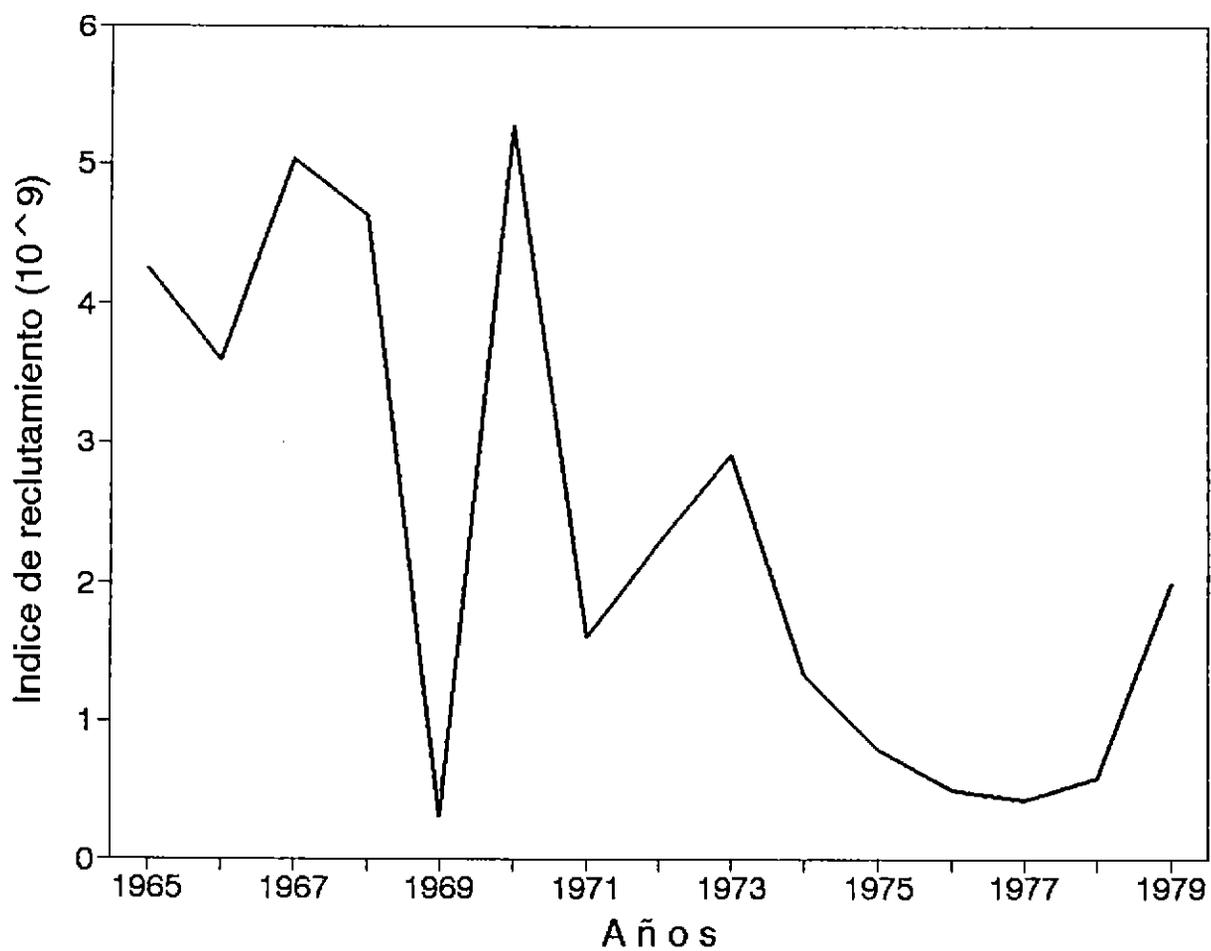


Figura 60. Índice de la fortaleza de los reclutamientos de *S. bentincki* entre 1965 y 1979.

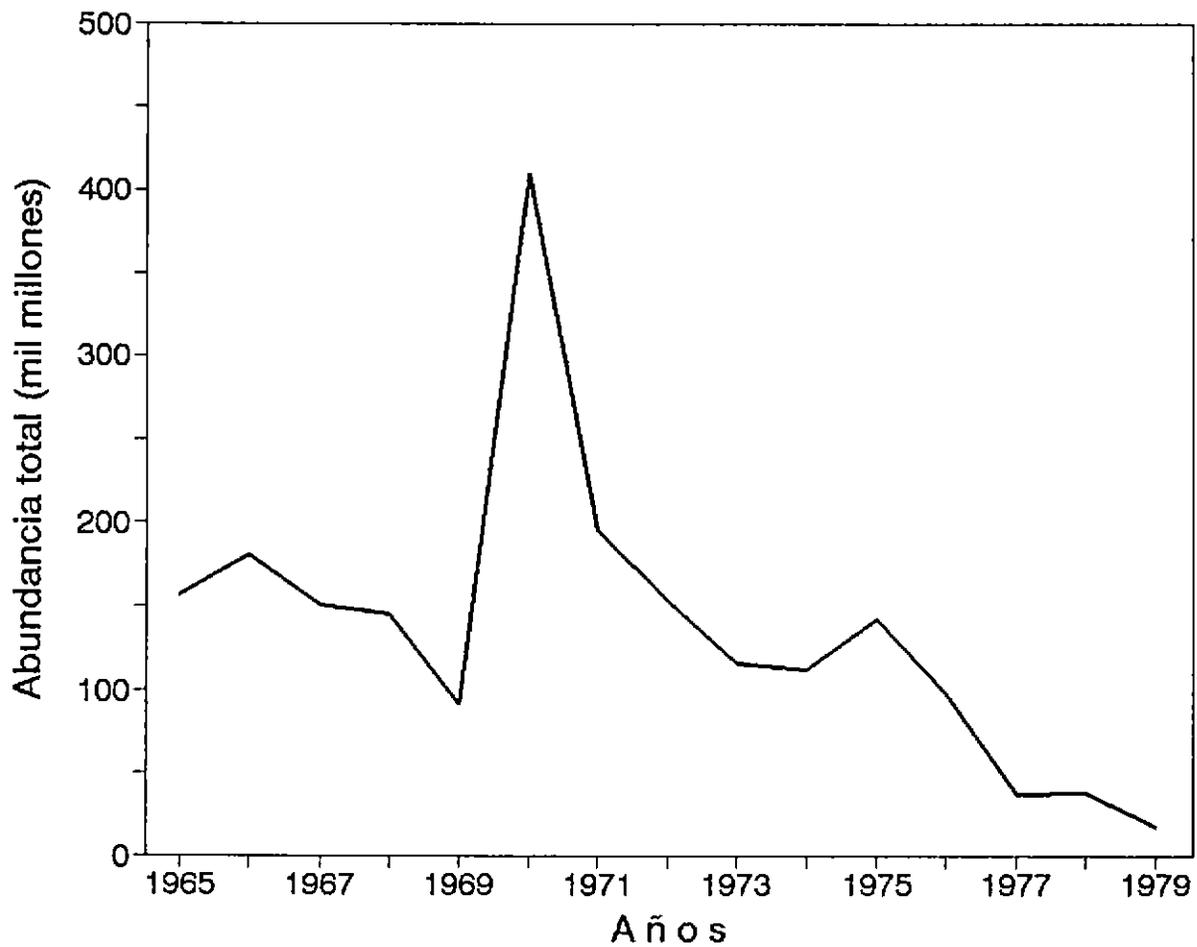


Figura 61. Número total de ejemplares de *S. bentincki* en el stock (0+, mil millones) entre 1965 y 1979.

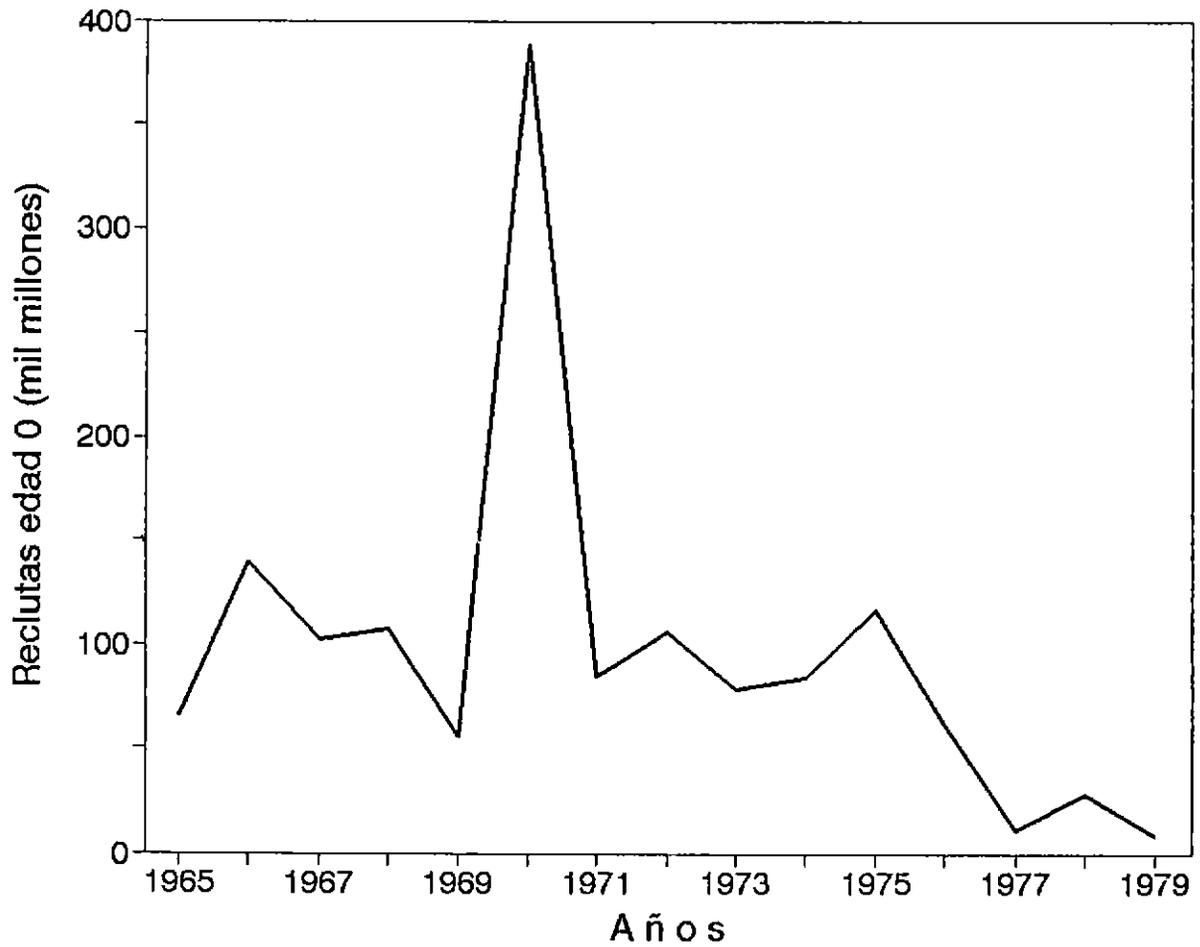


Figura 62. Número de peces de edad cero (reclutas, mil millones) al comienzo de cada período anual entre 1965 y 1979.

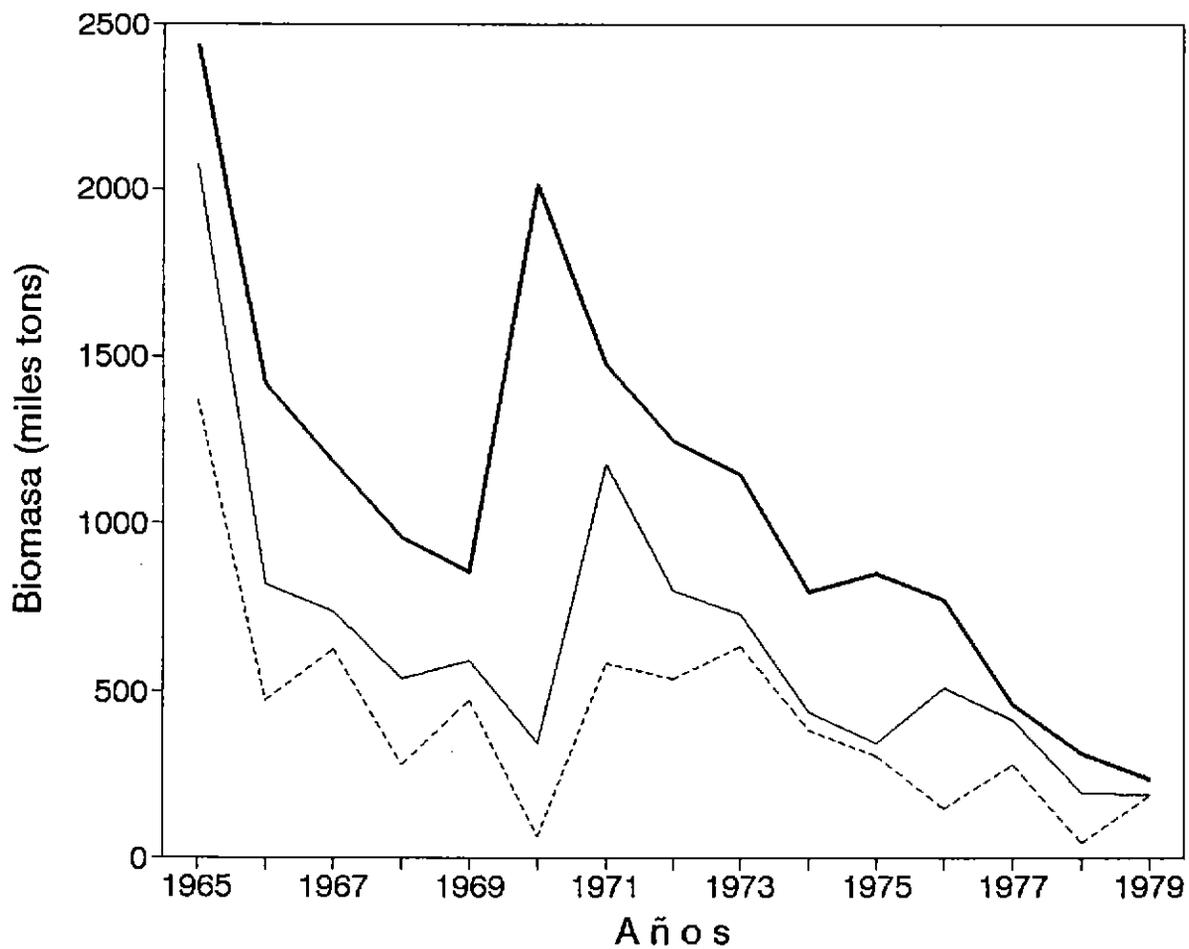


Figura 63. Biomasa total (0+, línea continua gruesa) de sardina común entre 1965 y 1979 (mil de toneladas). La línea continua fina y la línea segmentada corresponden a la biomasa adulta y a la biomasa explotable, respectivamente.

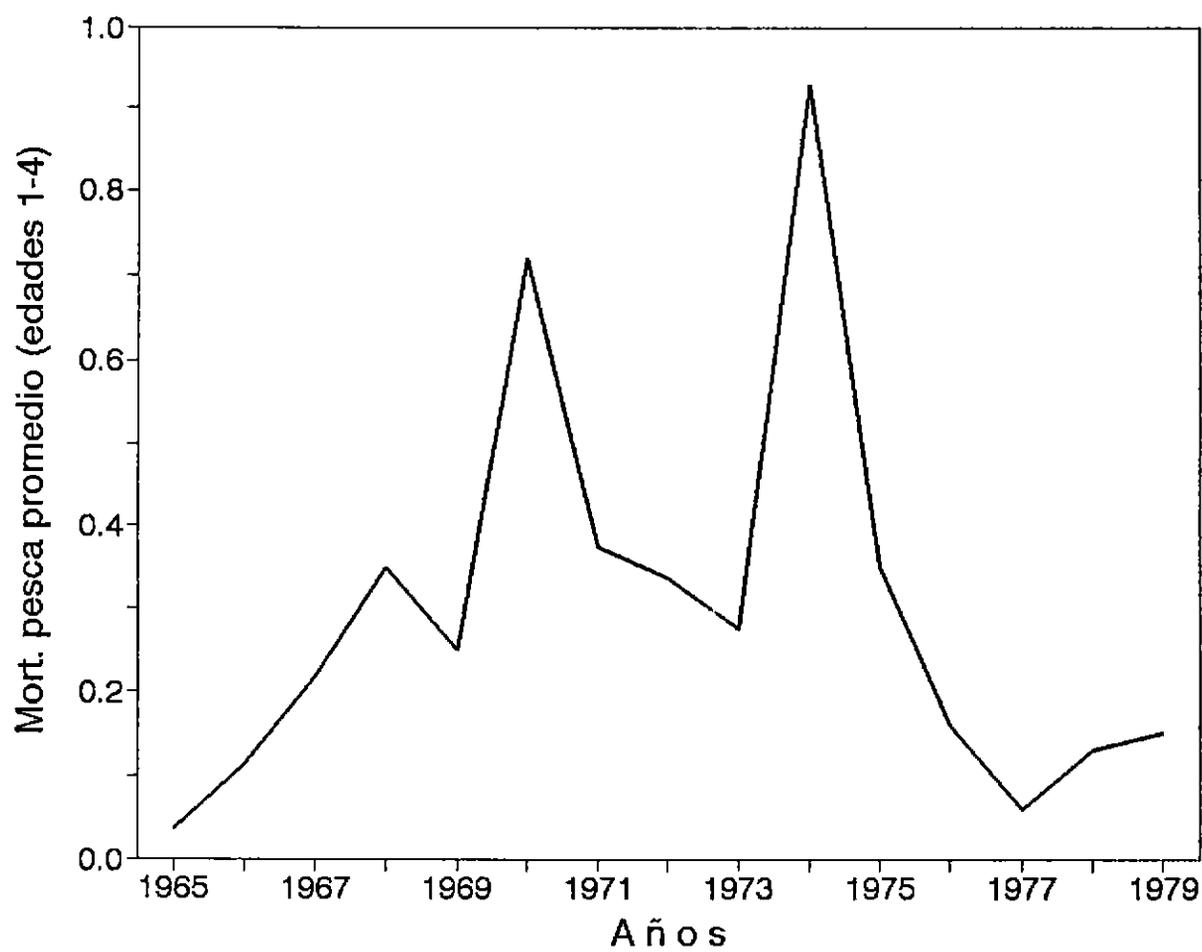


Figura 64. Tasa de mortalidad por pesca promedio (F) entre los grupos de edad 1 a 4 desde 1965 a 1979.

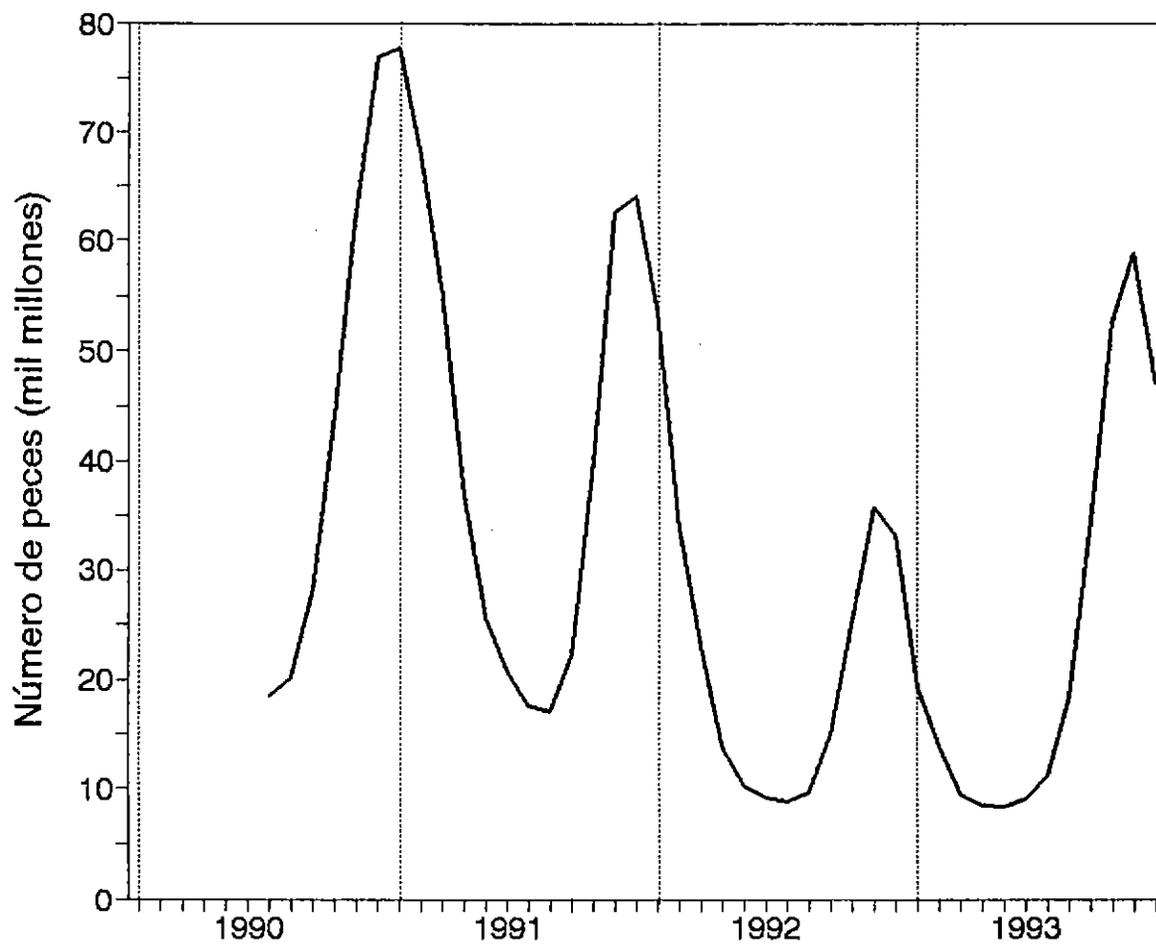


Figura 65. Evolución mensual del número total de peces (mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.

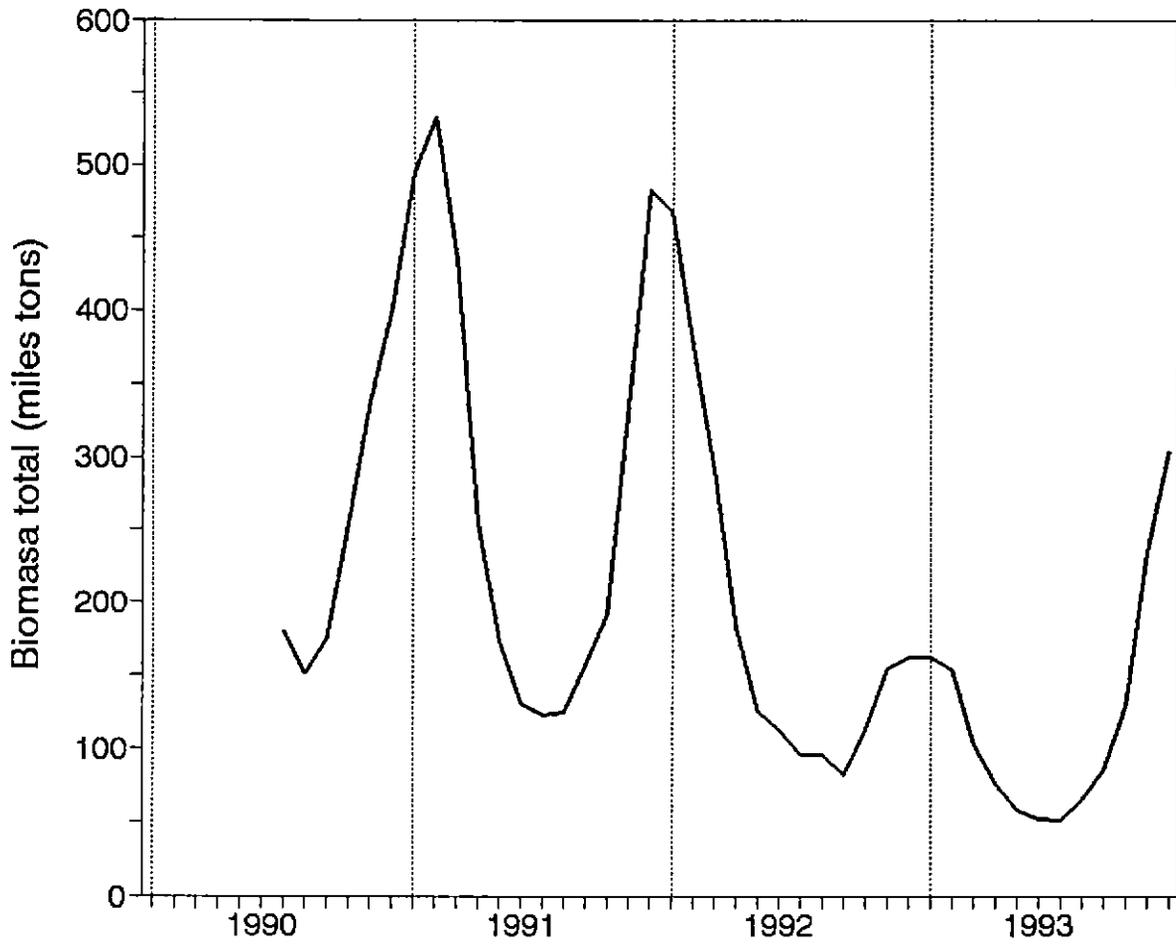


Figura 66. Evolución mensual de la biomasa total (miles de toneladas) de sardina común entre julio de 1990 y diciembre de 1993.

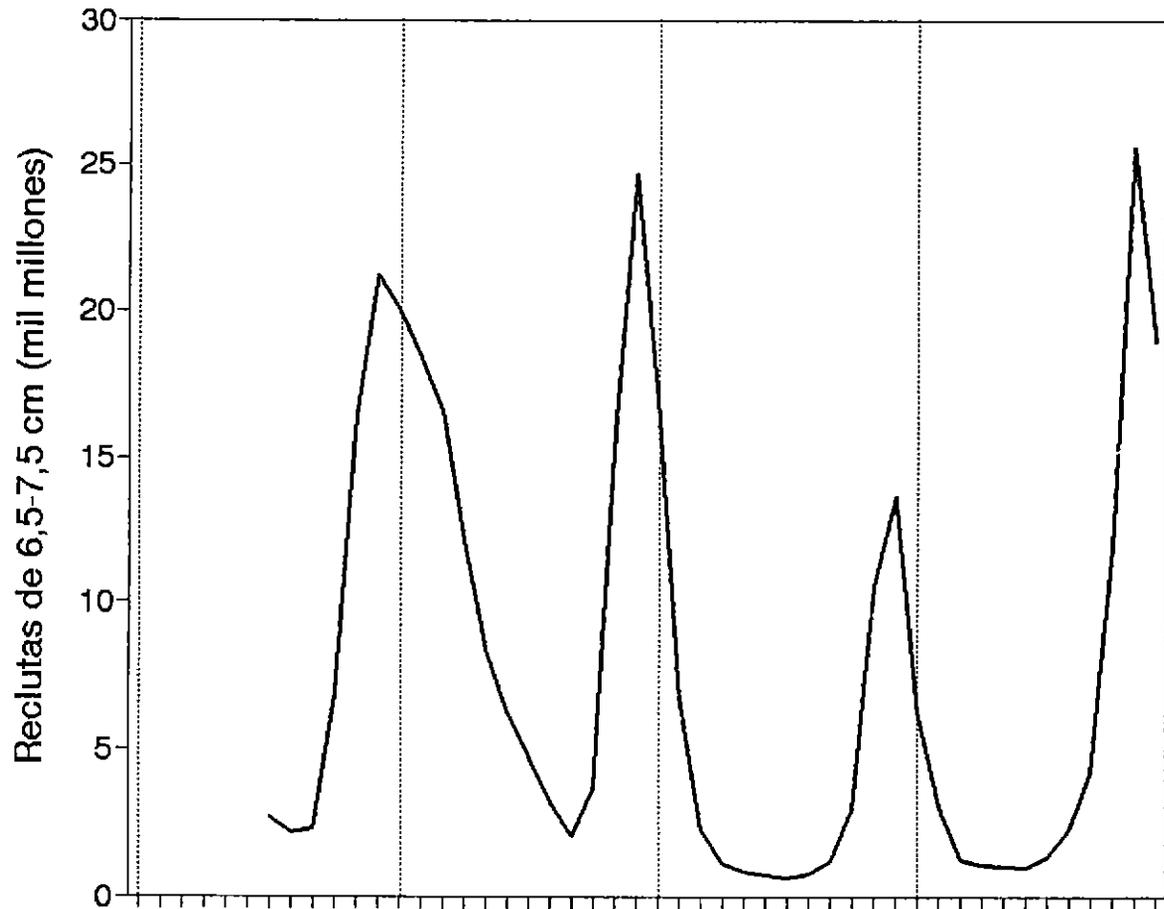


Figura 67. Abundancia en número de peces de 6,5 y 7,5 cm LT (reclutas, mil millones) entre julio de 1990 y diciembre de 1993.

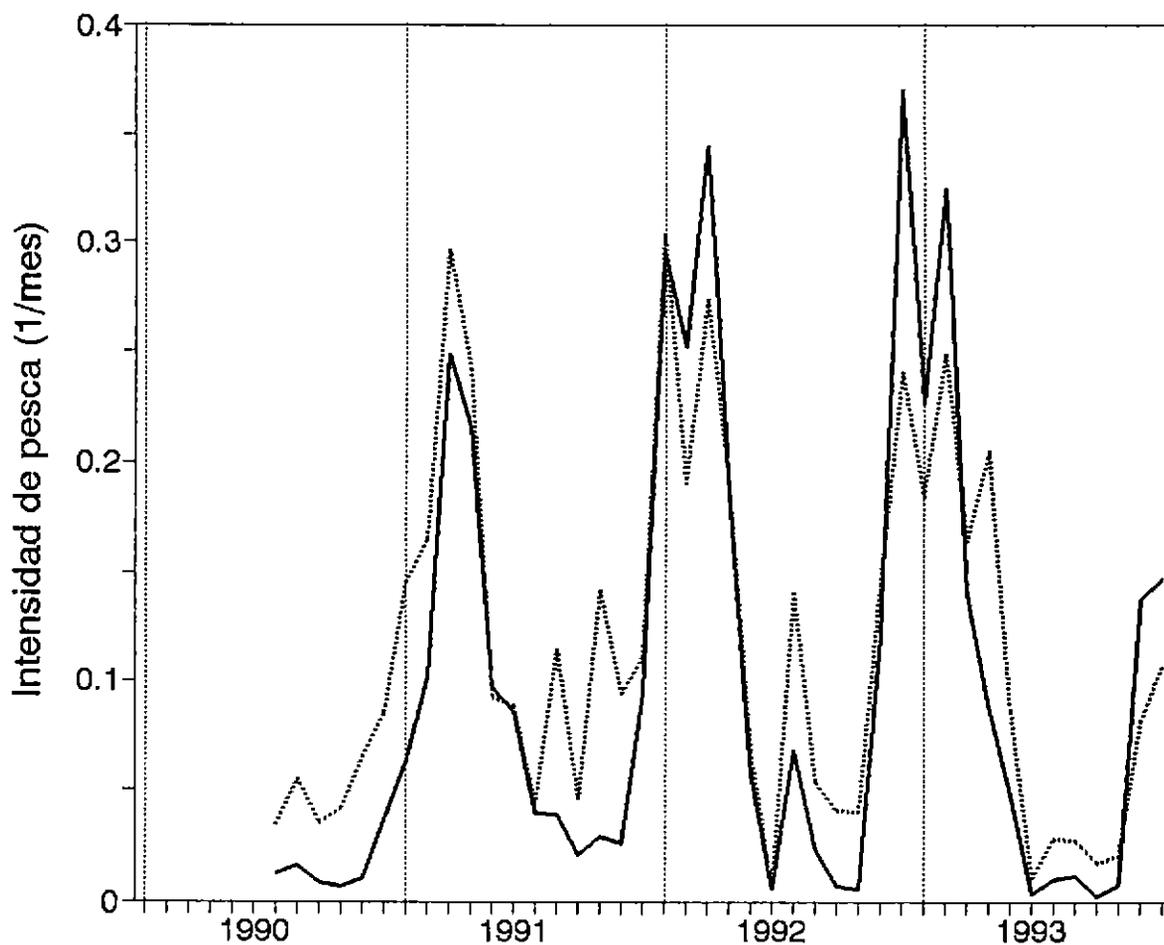


Figura 68. Evolución mensual de la intensidad de pesca aplicada sobre *S. bentincki* entre julio de 1990 y diciembre de 1993. La línea continua corresponden a la tasa de mortalidad por pesca promedio y, la línea de puntos a la razón captura/biomasa.

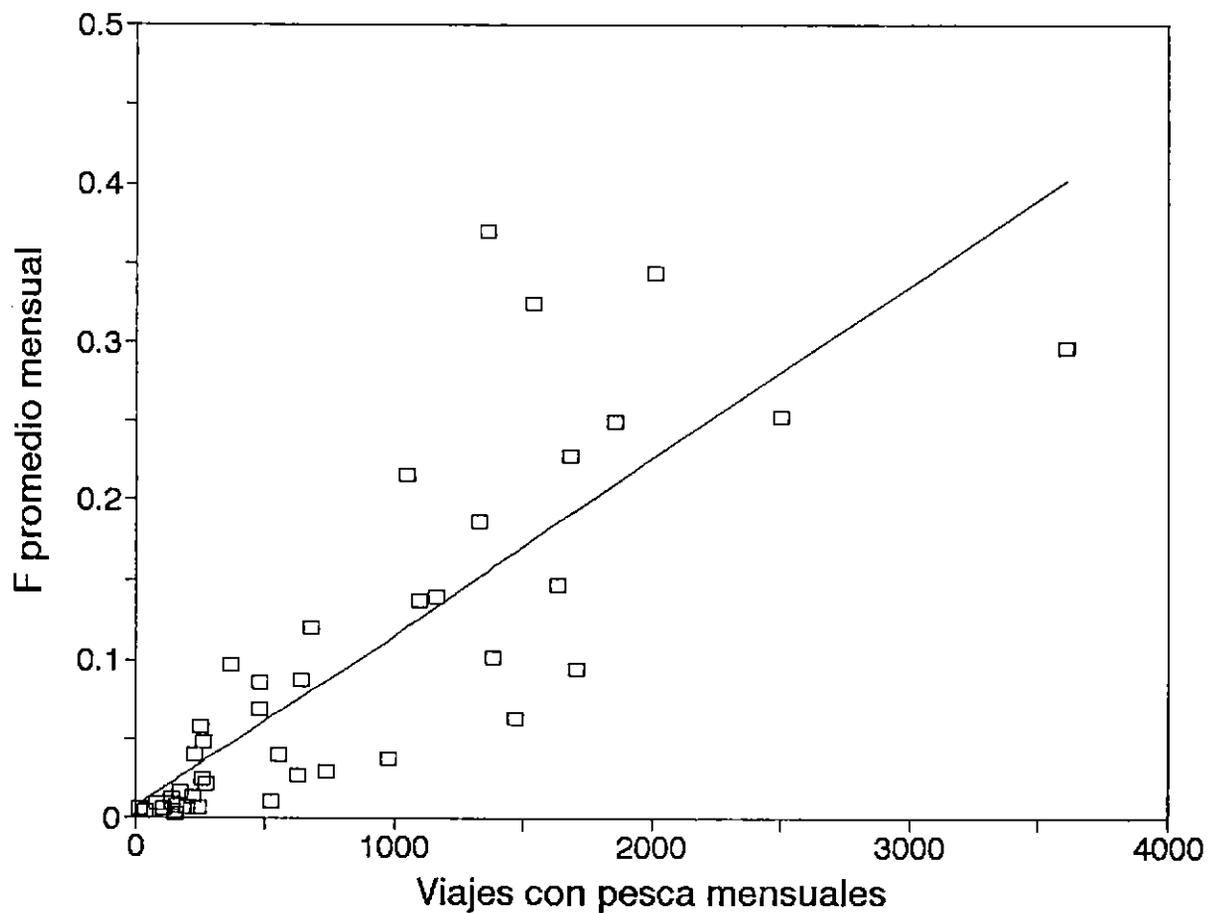


Figura 69. Análisis de regresión entre la mortalidad por pesca promedio (F) y los viajes con pesca (VCP) de la flota que actúa sobre S. bentincki.

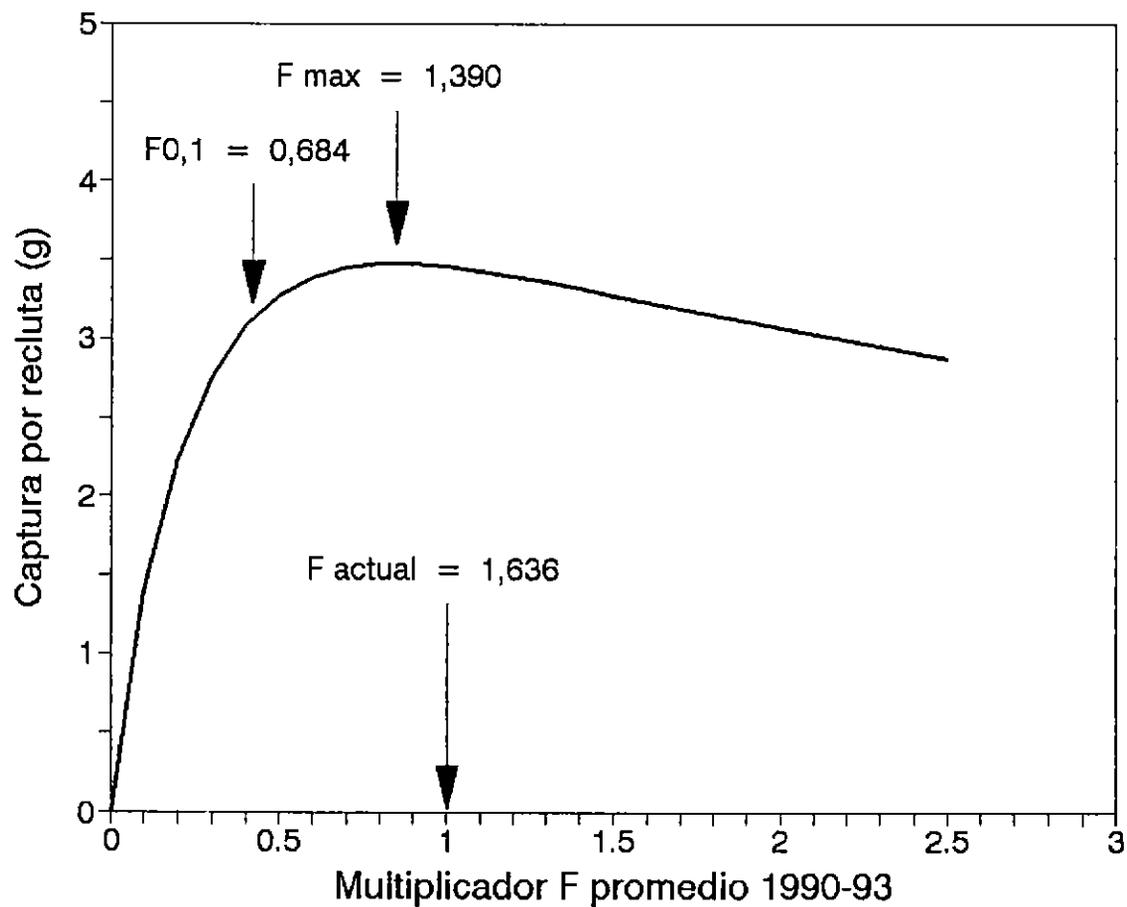


Figura 70. Captura o rendimiento por recluta (g) en función del multiplicador de la mortalidad por pesca (ver texto, sección 4.2.).

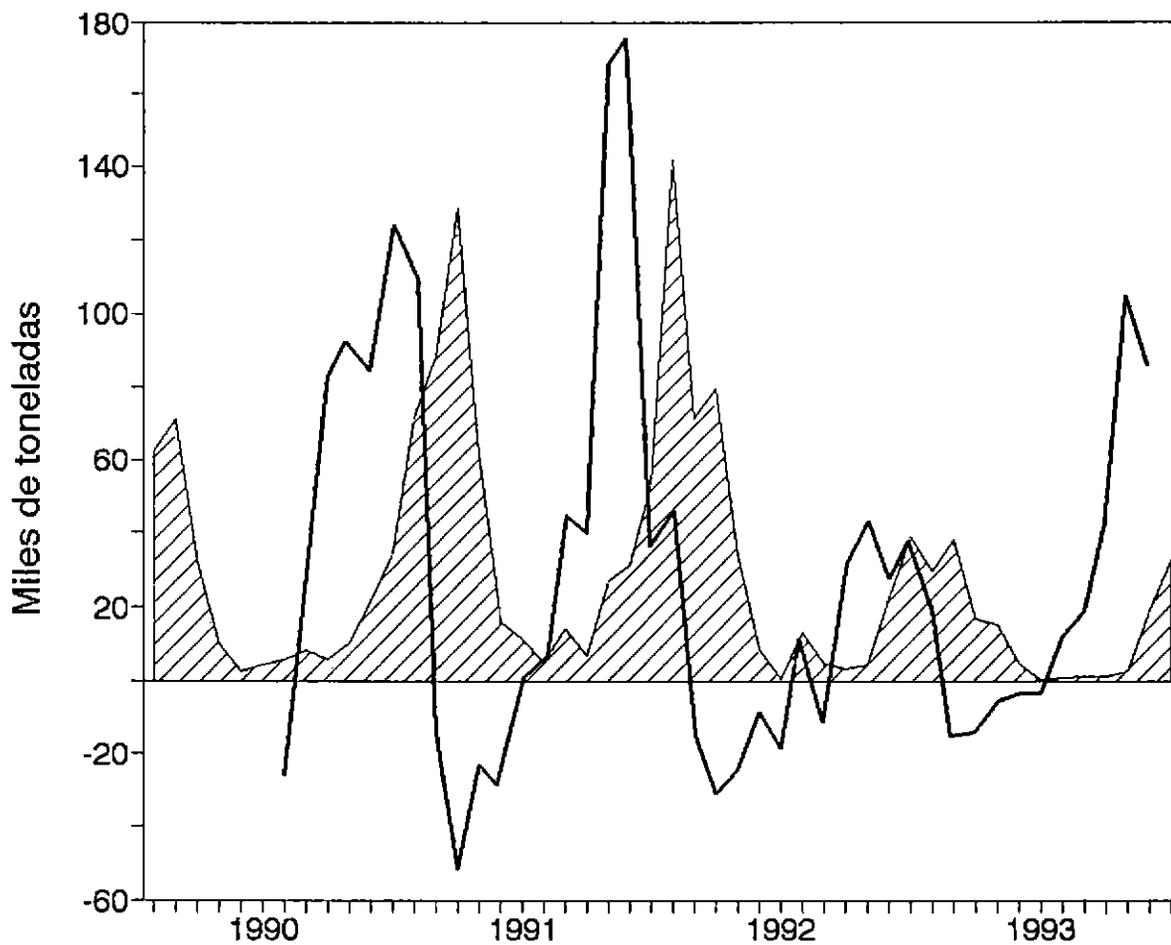


Figura 71. Excedentes de producción mensual (línea gruesa) y capturas (achurado) de *S. bentincki* (miles de toneladas) entre enero de 1990 y diciembre de 1993.

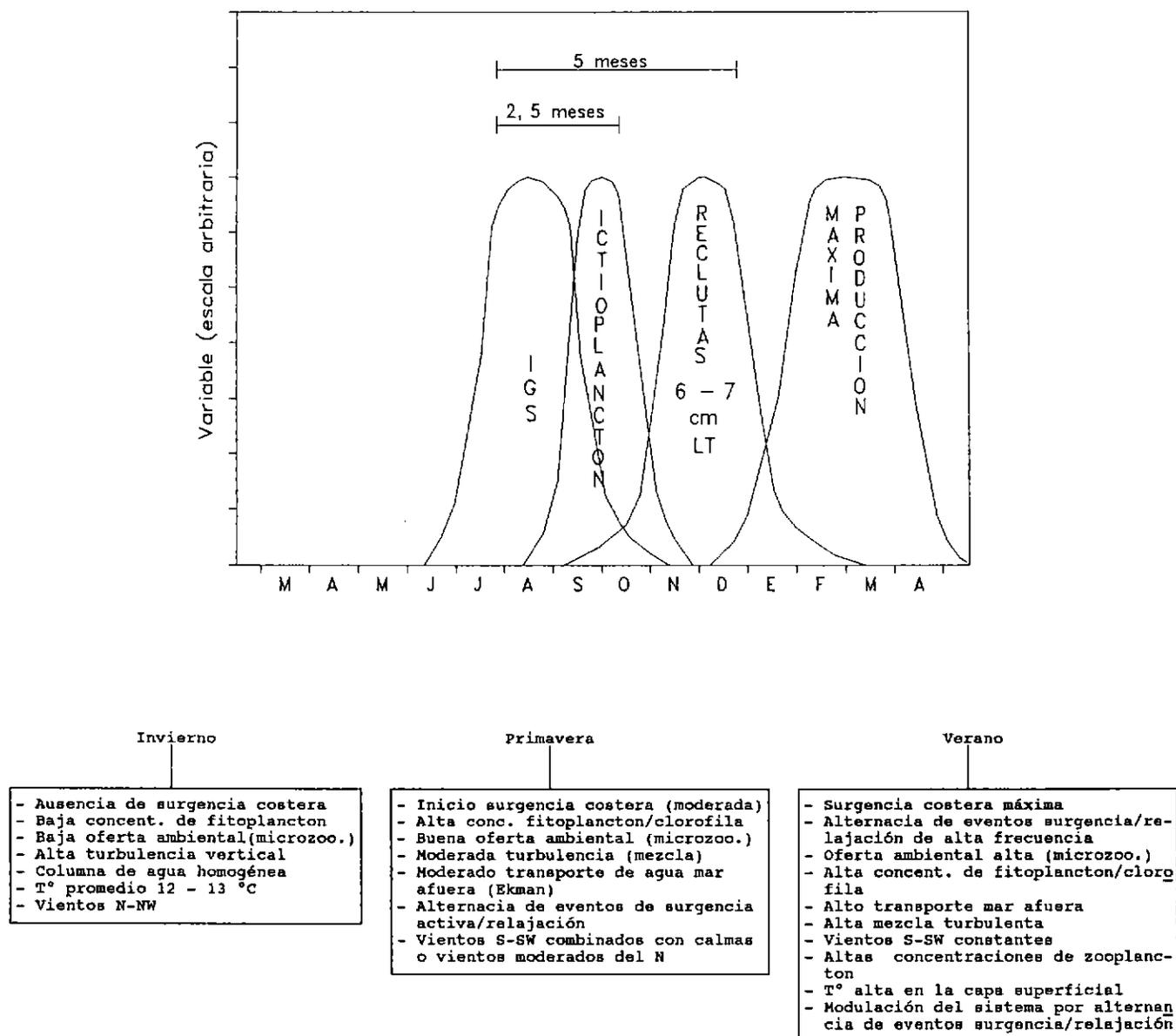


Figura 72. Esquema generalizado de la estrategia reproductiva de *S. bentincki* en la Octava Región.

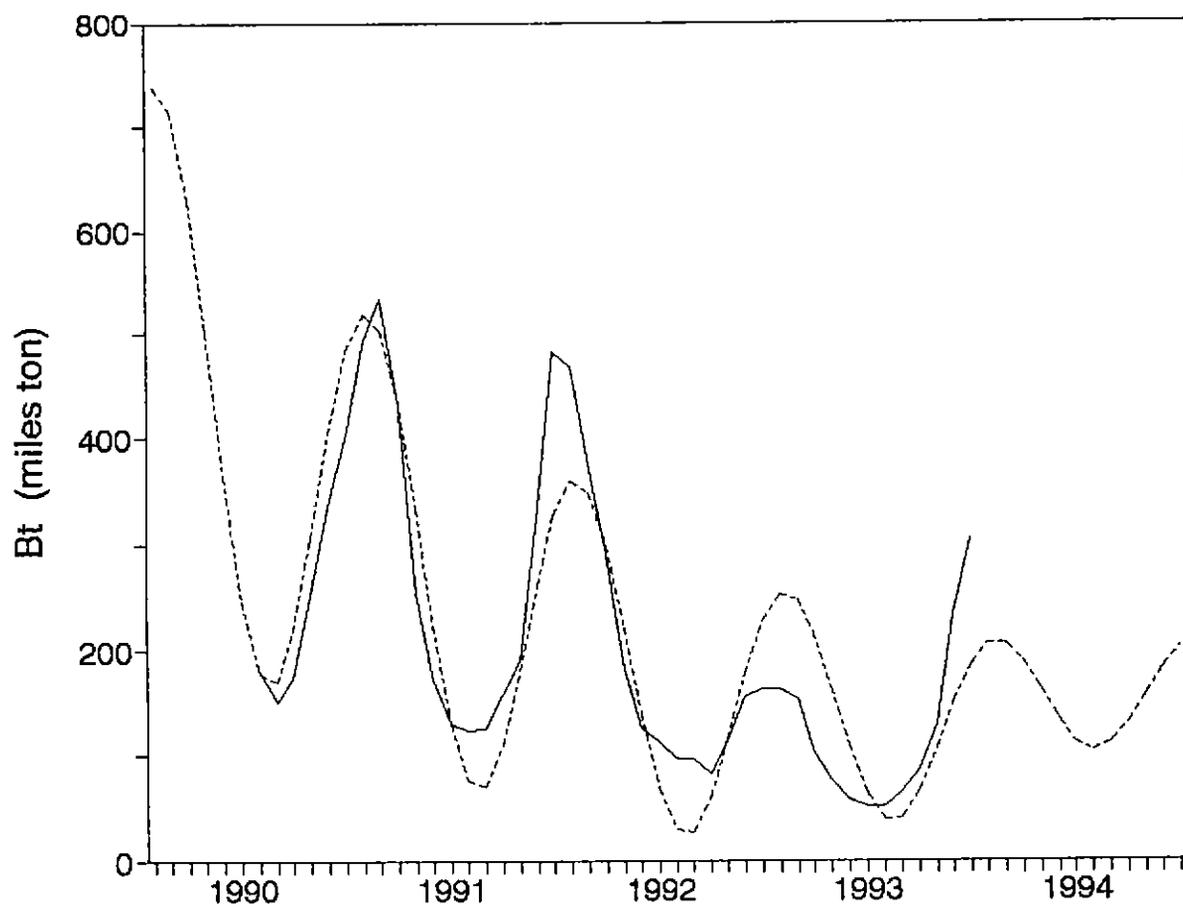


Figura 73. Evolución mensual de la biomasa total de *S. bentincki* (línea continua, miles de toneladas) y curva ajustada de acuerdo a la ecuación 50 (línea de puntos).