



REPUBLICA DE CHILE  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción  
SUBSECRETARIA DE PESCA

## FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

### INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 96 - 12

INFORME : BASES BIOLÓGICAS PARA PREVENIR  
FINAL LA SOBREEXPLOTACION DE SARDINA  
COMUN Y ANCHOVETA

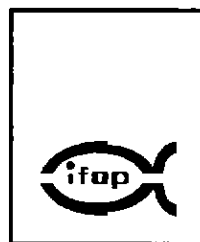
UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO,  
EJECUTORA DIRECCION ZONAL V, VI VII, VIII Y IX  
REGIONES E ISLAS OCEANICAS

## **REQUIRENTE**

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

## **EJECUTOR**

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



**JEFE DE PROYECTO**

PATRICIO BARRIA M.

**AUTORES**

PATRICIO BARRIA M.  
ALEJANDRO ZULETA V.  
RAUL GILI V.

**COLABORADOR**

ALEJANDRA GOMEZ A.

• Diciembre de 1998 •



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde al informe final del proyecto " Bases Biológicas para Prevenir la Sobreexplotación de Sardina común y Anchoveta " y se refiere esencialmente a todos los objetivos específicos.

Este consistió en la revisión de los datos de muestreos biológicos y aspectos de la actividad extractiva del período 1990-1996. Es decir, el estudio se amplió en dos años considerando la serie de tiempo (1990-1996). Por otra parte, se tuvieron que revisar y calcular las estructuras de longitud, relación longitud-peso y estimación de la composición de longitudes en la captura. También fue necesario efectuar la lectura de 1.057 otolitos de sardina común y 1.000 otolitos de anchoveta. Con estas estructuras se obtuvieron claves trimestrales de sardina común y anchoveta para el período 1990-1996 y se calcularon las composiciones de edades del desembarque.

Respecto al desembarque oficial, se obtuvo información de estas especies mediante los Anuarios Estadísticos de SERNAPESCA correspondiente al período 1990-1996.

En este informe se puso mayor énfasis en la evaluación de stock, diagnóstico del recurso y el análisis de riesgo de la actividad extractiva de la flota cerquera industrial y artesanal.

El patrón histórico de las capturas de sardina común y anchoveta para la zona Centro-Sur, presenta dos pulsos de abundancia que son similares y sincrónicos a los desembarques de recursos pelágicos de la zona Norte de Chile y del Perú.



En estos últimos años, la pesquería mixta de sardina común y anchoveta se caracterizó por el aumento de la flota artesanal en los niveles de desembarque y en menor proporción de la flota industrial. El desembarque de sardina común y anchoveta presenta un fuerte componente estacional, debido a que su abundancia se encuentra asociada al pulso del reclutamiento, período en que se captura aproximadamente el 72% de la captura anual.

En este proyecto, la estandarización de la CPUE de la sardina común y anchoveta se llevó a cabo con un modelo multiplicativo que consideró los factores año, zona de pesca y categoría de embarcación. Los valores de la CPUE estándar calculados con el modelo son considerados adecuados y se utilizan como información auxiliar para fines de evaluación de stock.

El modelo multiplicativo fue estadísticamente significativo y explica el 50% de la variación de la CPUE en sardina común y un 54% de la variación de la anchoveta.

El análisis multiplicativo muestra que se ha producido una disminución paulatina de la CPUE estándar en la pesquería de sardina común, particularmente desde 1993 a 1996. En este caso particular, las variaciones se explican por el factor zona de pesca y categoría de los barcos siendo menor el efecto año.

En relación a la CPUE estándar de la anchoveta, el análisis multiplicativo muestra una tendencia general creciente en el período 1990-1996. En este caso las variaciones de la CPUE se explican por el efecto de categoría de los barcos, zona de pesca y finalmente el efecto año.



Los resultados de la evaluación del stock de la sardina común indican que la biomasa parental presenta una tendencia general descendente, con oscilaciones que provienen de variaciones del reclutamiento. Sin embargo, en los últimos años el reclutamiento muestra una tendencia errática, debido al incremento de la mortalidad por pesca que afecta preferentemente a la biomasa parental (grupo de edad 1 y 2). La tasa de mortalidad por pesca en general ha sido superior al valor de  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0.1}$ .

Esta situación señala que la pesca que realiza la flota industrial y artesanal, ha sobre-explotado el stock parental a nivel inferior a  $1/3$  de la biomasa virginal, condición que ha provocado que el stock se comporte de manera errática. Otro aspecto interesante de este recurso es que la talla de primera madurez de la sardina común se alcanza tardíamente al 1º año. Esto significa que el patrón de explotación está bajo la ojiva de madurez, por lo tanto, se debe evitar una sobre-pesca por crecimiento que reduce la posibilidad a que los nuevos reclutamientos se integren al stock parental. Por otra parte, el stock parental presenta elevadas tasas de explotación lo cual favorece la sobre-explotación por reclutamiento, lo que explica el reclutamiento errático en los últimos años. Esta última descripción señala que se debe adoptar una estrategia de explotación basada en la protección de un stock desovante mínimo.

Los resultados de ADAPT muestran que el nivel actual de explotación del stock de sardina común supera las estrategias de explotación de  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0.1}$ . Por otra parte la política de  $F_{máx}$ , se destacó debido a los altos niveles de mortalidad por pesca. Aunque los resultados de la evaluación de stock muestran tasas de explotación elevadas y de ser efectiva la notable disminución del stock parental por una



sobrepesca intensa, se debe recomendar medidas de administración tendiente a reducir la mortalidad por pesca y proteger un stock desovante mínimo.

En relación a la evaluación del stock de anchoveta, señala que la biomasa total, la biomasa desovante y el reclutamiento presenta una tendencia general creciente y con escasas oscilaciones. La tasa de mortalidad por pesca no ha detenido el incremento de stock. La tasa de mortalidad por pesca en general es levemente superior a  $F_{2/3}$  y cercano al valor  $F=M$ . Esta situación implica que el efecto de la flota cerquera industrial y artesanal se encuentra en niveles que no han sobre-explotado el stock y no se advierten síntomas de sobre-explotación por crecimiento y/o reclutamiento. La anchoveta tiene la talla de primera madurez entre los 10 a 12 meses de vida. Esto implica que el patrón de explotación se sobrepone con la ojiva de madurez, por lo tanto, no se espera en este stock una sobrepesca por crecimiento, sino más bien debiera ocurrir la sobrepesca por reclutamiento (reducción de stock parental). En general, para evitar sobrepesca por reclutamiento en los stock de peces pelágicos se recomienda proteger un stock desovante mínimo.

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

El análisis de riesgo de las estrategias de explotación para la sardina común señala que las estrategias de explotación que evitan la sobrepesca por crecimiento tales



como  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$ , son magnitudes excesivas que generan una sobrepesca del stock y colapsarían la pesquería, por lo tanto no son recomendables de adoptar.

En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento como  $F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$ , ambas estrategias tienen un alta probabilidad de colapso de un 76 y 97%. Por lo tanto, la estrategia de explotación recomendada debe ser inferior a  $F_{2/3}$ . La estrategia de explotación de  $F=M=1,2$  es una magnitud excesiva y también genera una declinación del stock y su colapso.

En anchoveta, las estrategias de explotación que evitan la sobrepesca por crecimiento tales como  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$ , son magnitudes superiores a las que ha soportado el stock y pueden generar una sobrepesca del stock, ambas tienen una alta probabilidad de colapso y no son recomendables de adoptar.

En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento,  $F_{2/3}$  es la más conservadora del stock y representa aproximadamente el nivel actual de explotación. Esta magnitud no frena el crecimiento poblacional de la anchoveta, sino más bien en el corto plazo se incrementaría el stock y en el lapso del tiempo generacional mantiene los actuales niveles de captura. Para el stock de anchoveta se recomienda esta estrategia de explotación, ya que presenta una baja probabilidad de colapso (2,4%) y en un lapso de 20 años se pueden capturar 389 mil toneladas anualmente.

Para el stock de anchoveta, otra estrategia de explotación que evita la sobre-pesca por crecimiento es  $F_{1/3}$ , representa un nivel superior de mortalidad al experimentado por el recurso y no es recomendable.





La estrategia de explotación  $F=M$ , es una magnitud que ha soportado el stock de anchoveta y no es un nivel excesivo de mortalidad por pesca. Esta estrategia de explotación también se recomienda y tiene una baja probabilidad de colapso y permite mantener los actuales niveles de captura del stock.



## INDICE GENERAL

	PÁGINA
I. RESUMEN EJECUTIVO .....	I
II. INDICE GENERAL .....	VII
III. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....	IX
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivos general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
3. AREA DE ESTUDIO .....	5
4. METODOS .....	5
4.1 Objetivo específico 2.2.1 .....	5
4.2 Objetivos específico 2.2.2 y 2.2.3 .....	17
4.3 Objetivo específico 2.2.4 .....	25
4.4 Objetivo específico 2.2.5 .....	30
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	37
5.1 Desembarque histórico, período 1970 - 1996 .....	37
5.2 Estacionalidad del desembarque de sardina común y anchoveta .....	39
5.3 Desembarque de sardina común y anchoveta, período 1990-1996 .....	40
5.4 Captura de la flota industrial de sardina común .....	41
5.5 Esfuerzo nominal de la flota industrial que captura sardina común .....	42
5.6 Rendimiento de la flota industrial que capturó sardina común .....	43
	vii



---

5.7	Estandarización de la CPUE de sardina común, con el Modelo Lineal Generalizado (MLG) .....	44
5.8	Captura de la flota industrial de anchoveta .....	46
5.9	Esfuerzo nominal de la flota industrial que capturó anchoveta .....	47
5.10	Rendimiento de la flota industrial que capturó anchoveta .....	48
5.11	Estandarización de la CPUE de anchoveta, con el Modelo Lineal Generalizado.....	49
5.12	Puntos biológicos de referencia de sardina común y Anchoveta .....	51
5.13	Evaluación de stock de sardina común .....	55
5.14	Diagnóstico de sardina común .....	58
5.15	Evaluación de stock de anchoveta .....	59
5.16	Diagnóstico de anchoveta .....	63
5.17	Análisis de riesgo del stock de sardina común bajo diferentes regímenes de explotación .....	65
5.18	Análisis de riesgo del stock de anchoveta bajo diferentes regímenes de explotación .....	67
5.19	Beneficios para la administración pesquera de aplicar una política de un porcentaje de la biomasa desovante en el stock de sardina común y anchoveta .....	70
6.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>75</b>
7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>79</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXO 1: RESULTADOS DEL TALLER SUBSECRETARIA DE PESCA-IFOP**



## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

- Figura 1. Desembarque de sardina común y anchoveta por tipo de flota que operó en la zona Centro-Sur. Período 1970-1996.
- Figura 2. Zona de estudio de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile.
- Figura 3. Estrategia de explotación básica.
- Figura 4. Estacionalidad del desembarque de sardina común y anchoveta obtenida por la flota industrial y artesanal en el período 1990-1996.
- Figura 5. Desembarque total de sardina común y anchoveta por área de pesca en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Figura 6. Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó sardina común en la zona de San Antonio y Talcahuano.
- Figura 7. Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó sardina común, en la zona de Valdivia y total Centro-Sur.
- Figura 8. Rendimiento de sardina común de la flota industrial que operó en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Figura 9. Tendencia de la CPUE estándar de sardina común para el período 1990-1996. Además se indica el efecto de zona y el poder de pesca por categoría de barco.
- Figura 10. Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta, en la zona de San Antonio y Talcahuano.



- Figura 11. Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta, en la zona de Valdivia y total Centro-Sur.
- Figura 12. Rendimiento de anchoveta obtenidos por la flota cerquera industrial en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Figura 13. Tendencia de la CPUE estándar de anchoveta para el período 1990-1996. Además se indica el efecto de zona y el poder de pesca por categoría de barco.
- Figura 14. Cálculos de puntos biológicos de referencia para el stock de sardina común de la zona Centro-Sur.
- Figura 15. Cálculos de puntos biológicos de referencia para el stock de anchoveta de la zona Centro-Sur.
- Figura 16. Análisis de sensibilidad de la mortalidad natural en la estimación de los puntos biológicos de sardina común de la zona Centro-Sur. (A) rendimiento por recluta; (B) Stock desovante por recluta.
- Figura 17. Análisis de sensibilidad de la mortalidad natural en la estimación de los puntos biológicos de anchoveta de la zona Centro-Sur. (A) rendimiento por recluta; (B) Stock desovante por recluta.
- Figura 18. Patrón de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur. Promedio 1990-1996 y correspondiente a 1996.
- Figura 19. Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 20. Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.



- Figura 21. Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1º de enero del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 22. Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Figura 23. Patrón de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur. Promedio 1990-1996 y correspondiente a 1996.
- Figura 24. Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 25. Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Figura 29b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante=  $0,2xS_0$ .
- Figura 29b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante=  $0,2xS_0$ .
- Figura 27. Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 28. Relación entre la tasa de mortalidad por pesca de la sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile.
- Figura 29a Gráfico de la distribución de 1000 reclutamientos de sardina común simulados para un año cualquiera de la proyección mediante un modelo representado por una media geométrica con desvíos lognormales.



- Figura 29b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante=  $0,2xS_0$ .
- Figura 30. Efecto en las capturas de la aplicación de estrategias de explotación constantes a la pesquería de sardina común de la zona centro-Sur. Capturas expresada como porcentaje de la captura del año 1996.
- Figura 31. Efecto sobre la biomasa explotable de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-sur,. La biomasa explotable de un año determinado está expresada como razón respecto de la biomasa explotable del año 1996. La línea horizontal representa el nivel de equilibrio o **status quo**.
- Figura 32a Distribución de 1000 reclutamientos de anchoveta remuestreados usando ADAPT correspondientes al año 1995.
- Figura 32b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-Sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante =  $0,2xS_0$ .
- Figura 33. Efecto en las capturas de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-sur.
- Figura 34. Efecto sobre la biomasa explotable de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-sur. La biomasa explotable de un año determinado está expresada como razón respecto de la biomasa explotable del año 1996. La línea horizontal representa el nivel de equilibrio o **status quo**.



## TABLAS

- Tabla 1. Desembarque oficial (toneladas) de sardina común y anchoveta por área de pesca en la zona Centro-Sur.
- Tabla 2. Desembarque estacional de sardina común (A) y anchoveta (B) en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 3. Captura (t), Esfuerzo nominal (viajes totales) y rendimiento (t/viajes totales) de la flota cerquera industrial que capturó sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 4. Captura (t) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 5. Esfuerzo (viajes totales) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 6. Rendimiento (t/viajes totales) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 7. Resultado del ANOVA para sardina común, considerando los factores año, zona de pesca y categoría de barco, para el período 1990-1996.
- Tabla 8. Resultado del ANOVA de sardina común para el factor año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de CPUE, varianza de CPUE (VAR(CPUE)) y coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia año 1990.





- Tabla 9. Resultado del ANOVA de sardina común para el factor zona de pesca, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: zona Talcahuano.
- Tabla 10. Resultado del ANOVA de sardina común para el factor categoría de barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de poder de pesca. Referencia: categoría de barco 301-350 m<sup>3</sup> CB.
- Tabla 11. Captura (t), Esfuerzo nominal (viajes totales) y rendimiento (t/viajes totales) de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 12. Captura (t) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 13. Esfuerzo (viajes totales) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur.
- Tabla 14. Rendimiento (t/viajes totales) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona Centro-Sur. Período 1990-1996.
- Tabla 15. Resultado del ANOVA para anchoveta, considerando los factores año, zona de pesca y categoría de barco, para el período 1990-1996.
- Tabla 16. Resultado del ANOVA de anchoveta para el factor año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de CPUE, varianza de la CPUE (VAR(CPUE)) y coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia año 1990.
- Tabla 17. Resultado del ANOVA de anchoveta para el factor zona de pesca, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y desviación



estándar (Est), además se muestran los valores estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: zona Talcahuano.

- Tabla 18. Resultados del ANOVA de anchoveta para el factor categoría de barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de poder de pesca: Referencia: categoría de barco 301-350 m<sup>3</sup> CB.
- Tabla 19. Parámetros del ADAPT y suma de cuadrados del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 20. Abundancia en número (miles) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 21. Biomasa al 1° de enero (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 22. Biomasa explotable (t) al 1° de enero del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 23. Biomasa desovante (t) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 24. Mortalidad por pesca (año<sup>-1</sup>) del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 25. Tasa de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 26a. Patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.
- Tabla 26b. Abundancia (Número\*10<sup>3</sup>) del stock de sardina común estimada con la aproximación de Mac Call (1986).



- Tabla 26c. Mortalidad por pesca (año<sup>-1</sup>) del stock de sardina común, estimada con la aproximación de Mac Call (1986).
- Tabla 26d. Biomasa al 1º de enero (t) del stock de sardina común obtenida con la aproximación de Mac Call (1986).
- Tabla 26e. Error relativo de la abundancia del stock de sardina común al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 26f. Error relativo de la mortalidad por pesca del stock de sardina común al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 26g. Error relativo de la biomasa al 1º de enero del stock de sardina común, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 27. Parámetros del ADAPT y suma de cuadrados del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 28. Abundancia en número (miles) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 29. Biomasa al 1º de enero (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 30. Biomasa explotable (t) al 1º de enero del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 31. Biomasa desovante (t) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 32. Mortalidad por pesca (año<sup>-1</sup>) del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 33. Tasa de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.
- Tabla 34a. Patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.



- Tabla 34b. Abundancia (Número\*10<sup>3</sup>) del stock de anchoveta estimada con la aproximación de Mac Call (1986).
- Tabla 34c. Mortalidad por pesca (año-1) del stock de anchoveta, estimada con la aproximación de Mac Call (1986).
- Tabla 34d. Biomasa al 1° de enero (t) del stock de anchoveta obtenida con la aproximación de Mac Call (1986).
- Tabla 34e. Error relativo de la abundancia del stock de anchoveta al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 34f. Error relativo de la mortalidad por pesca del stock de anchoveta al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 34g. Error relativo de la biomasa al 1° de enero del stock de anchoveta, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972).
- Tabla 35. Cuadro resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante B del análisis de riesgo aplicado al stock de sardina común de la zona Centro-Sur.
- Tabla 36. Cuadro resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante C del análisis de riesgo aplicado al stock de sardina común de la zona Centro-Sur.
- Tabla 37. Cuadro resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante B del análisis de riesgo aplicado al stock de anchoveta de la zona Centro-Sur.
- Tabla 38. Cuadro resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante C del análisis de riesgo aplicado al stock de anchoveta de la zona Centro-Sur.



## 1. INTRODUCCION

La sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) son especies que sostienen una importante actividad pesquera artesanal e industrial a lo largo del litoral de la zona centro-sur de Chile, particularmente en la V y VIII región.

Las capturas de la flota industrial y artesanal de esta pesquería mixta de clupeoideos se incrementó en 1991 hasta las 828 mil toneladas, para posteriormente mantener una tendencia oscilatoria en forma sostenida hasta 1996 en que se registraron 800 mil toneladas. Durante el período 1990-93 predominó en las capturas la sardina común, sin embargo en los años 1994-1995, se observa que prevalece en las capturas la anchoveta. Durante 1996, la sardina común nuevamente volvió a dominar en las capturas (Fig. 1). Durante el primer trimestre, las capturas de anchoveta estuvieron focalizadas en áreas cercanas al puerto de San Antonio y las de sardina común se concentraron principalmente entre los 34° 30' y 36° 30' L.S. y al sur de los 39° L.S. siendo su distribución latitudinal muy costera (Serra *et al.*, 1996).

Estas especies se caracterizan por su pequeño tamaño (<20 cm de longitud total), poseen un rápido crecimiento corporal el cual está influenciado por variaciones estacionales, poseen un ciclo de vida corto con tres o cuatro años de longevidad, en que el reclutamiento representa más del 50% en peso de la biomasa del stock. Por otra parte, tienen una elevada tasa de mortalidad natural. Otra característica de estos peces es su distribución geográfica marcadamente nerítica y cuyas capturas son realizadas por los barcos cerqueros industriales y la flota artesanal preferentemente dentro de las 10 mn de la costa. Las capturas de estos recursos son fuertemente estacionales y se encuentran asociadas anualmente a las magnitud del reclutamiento.



Las características del ciclo vital de estas especies y la variabilidad que tiene la abundancia de estos stock en la zona centro-sur del país, generan una problemática que debe ser enfrentada por la Administración Pesquera. Es decir, se requiere contar con la evaluación de stock para conocer las estimaciones de biomasa de estas poblaciones, su diagnóstico y definir el objetivo de manejo dentro de la cual se pueden definir las estrategias de explotación apropiadas; además ser biológicamente aceptables desde el punto de vista de la explotación pesquera, de manera de tener un enfoque precautorio de estos recursos (FAO, 1993, 1995).

El presente documento corresponde al informe final del estudio requerido por el Fondo de Investigación Pesquera, FIP. Este estudio fue identificado y priorizado por el Consejo del FIP, considerando el gran desarrollo alcanzado en los últimos años por la pesquería mixta de sardina común y anchoveta de la zona centro-sur de Chile.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL (Según bases especiales del proyecto N° 96-12)**

Establecer las bases biológicas que permitan identificar umbrales contra la sobre-explotación pesquera en los recursos sardina común y anchoveta de la zona centro-sur de Chile.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 2.2.1** Compilar y analizar los principales procesos biológicos poblacionales e individuales y aspectos pesqueros de los recursos sardina común y anchoveta.
- 2.2.2** Definir los puntos biológicos de referencia que permitan disminuir la probabilidad de la sobre-explotación por crecimiento en sardina común y anchoveta.
- 2.2.3** Definir los puntos biológicos de referencia que permitan reducir la probabilidad de la sobre-explotación por reclutamiento en sardina común y anchoveta.
- 2.2.4** Analizar los efectos y riesgo asociado con la incerteza de los parámetros básicos que rigen la dinámica poblacional de sardina común y anchoveta y que permiten estimar los puntos biológicos de referencia.
- 2.2.5** Cuantificar y caracterizar el comportamiento esperado de la pesquería y del stock de sardina común y anchoveta bajo el régimen de explotación asociado a los puntos biológicos de referencia seleccionados.



### 3. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se extiende de los 32° 10' L.S. a los 41° 00' L.S. y abarca desde la costa hasta las 50 millas náuticas. Esta área geográfica se sub-divide en tres zona de pesca que son: San Antonio (32°10'-34°50' L.S) Talcahuano (34°50'-38°30' L.S) y Valdivia (38°30'-41° 00' L.S.) (Fig. 2).

### 4. METODOS

#### 4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 2.2.1

Recopilar y analizar los principales procesos biológicos poblacionales e individuales y aspectos pesqueros de los recursos sardina común y anchoveta.

- **Recopilación de datos**

Los datos necesarios para analizar los procesos biológicos y aspectos pesqueros de la sardina común y la anchoveta de la zona centro-sur, se encuentran en dos bases de datos. El Instituto de Fomento Pesquero posee información de la actividad extractiva de la flota cerquera industrial y artesanal, muestreos biológicos de ambas especies, lecturas de otolitos y estimaciones de estructura de longitudes y composición por edades de la captura, para esta pesquería. Los datos están centralizados en una colección de archivos de estas pesquerías, sin embargo, se efectuó un procesamiento especial para tener una estimación de la estructura por edades de la captura en sardina común y anchoveta.

El Fondo de Investigación Pesquera, tiene una base de datos que corresponde a los proyectos realizados sobre éstos recursos. Cabe mencionar que fue necesario





contar con la información del proyecto FIP 94-11, para enfrentar de la mejor forma este proyecto.

Se efectuó una revisión detallada de la información disponible, organizándose los datos crudos disponibles en IFOP. Se hizo un registro completo de los muestreos biológicos y de la actividad de la flota cerquera industrial y artesanal de sardina común y anchoveta. Lo anterior permitió tener estimaciones de la composición por edades de la sardina común y anchoveta, de parámetros biológicos y series históricas actualizadas de CPUE y sus varianzas asociadas.

- **Estructura de edad en las capturas de sardina común y anchoveta**

En el presente estudio se tuvo que reprocesar las estructuras de edades de las capturas de las flotas: artesanal e industrial, utilizando las lecturas de anillos macroestructurales de otolitos provenientes de la zona centro-sur, para el periodo 1990-1996. Para completar esta serie fue necesario realizar la lectura de 1057 otolitos de sardina común y 1000 otolitos de anchoveta.

La metodología de trabajo incluye el procesamiento de las muestras y sus respectivas etapas :

#### **A) ALMACENAJE DE LOS OTOLITOS**

En el laboratorio de edad se reciben mensualmente las muestras de otolitos provenientes de las zonas de estudio y separadas por flota, con sus correspondientes formularios con los datos pertinentes. Cada par de otolitos se ubica en cartones de lectura de 10 x 14 centímetros provistos de 24 cavidades con fondo negro. En cada cavidad, el par de otolitos está libre y cubierto con una cinta adhesiva transparente.



## **B) SELECCIÓN DE UNA SUBMUESTRA**

Una vez recepcionada la muestra mensual, se procede a la obtención de una submuestra proporcional para la lectura. El diseño corresponde a un muestreo aleatorio estratificado doble, en que se consideran los intervalos de tallas como estrato, un muestreo aleatorio simple para estimar la distribución de longitudes sobre un conjunto de intervalos (estratos) de longitud fija como primera etapa de muestreo y un submuestreo estratificado de edad (otolitos) por intervalo (estrato) de longitud como segunda etapa de muestreo.

Este submuestreo de tipo proporcional es más eficiente que el realizado bajo un criterio fijo (en el cual se determina previamente el número máximo de otolitos a analizar por cada estrato de longitud (p.e. 10), lo que permite incluso disminuir el número de muestras a leer sin perder precisión (Southward, 1963 y Kimura, 1977, en Robotham, 1994).

## **C) LECTURA DE OTOLITOS**

Previo a la lectura de otolitos, éstos son preparados para dejarlos aptos para su análisis. La preparación consiste en la fijación definitiva de los otolitos en su cavidad mediante gotas de Entellán o Bálsamo del Canadá y la preparación de los formularios de lectura y de los materiales a utilizar. A continuación se identifican los anillos de crecimiento anual empleando un microscopio estereoscópico marca Nikon modelo SMZ-10 con aumento 20x e iluminación incidente. Estos se cuentan y luego se miden utilizando una reglilla micrométrica de 100 divisiones, en que cada división equivale a 100 micrones y luego se determina el tipo de borde que presentan.

Los anillos que se forman son de dos tipos: hialinos y opacos; los primeros dejan pasar la luz por su menor densidad óptica y se ven oscuros y los segundos reflejan la



luz, debido a su mayor densidad óptica, son los más claros. Los anillos hialinos se relacionan con períodos de disminución de la tasa de crecimiento, en cambio los opacos se relacionan con períodos de aumento de ésta (Holden y Raitt, 1975).

La notación utilizada para la clasificación del tipo de borde corresponde a la propuesta por Dannevig (1933), empleada con éxito en sardina común por Aguayo y Soto (1978) y en numerosos estudios de edad de otras especies en el país, tales como: sardina española, jurel, anchoveta, etc. La simbología es la siguiente:

- ô : Zona opaca angosta en el borde o limitada a los extremos del otolito
- O : Zona opaca ancha en el borde
- h : Zona hialina angosta en el borde o limitada a los extremos
- H : Zona hialina ancha en el borde

De acuerdo con Aguayo (1980) y Orrego (1993), la periodicidad de formación de anillos en sardina común es anual, de manera que cada anillo hialino equivale a un año de vida del pez.

## PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las etapas para la obtención de las claves talla-edad y las composiciones en número de ejemplares se detallan a continuación:

- **ASIGNACIÓN DE GRUPOS DE EDAD**

Con el fin de identificar las clases anuales presentes en las capturas, a cada lectura se le asigna el grupo de edad al que pertenecen, basado en el número de anillos, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Cada grupo de edad comprende a todos los peces nacidos en un mismo año de acuerdo a una fecha



arbitraria de nacimiento. En el caso de las pesquerías chilenas se ha optado por el primero de enero, debido a la ventaja de poder identificar la clase anual a la que pertenece el ejemplar, restando al año de captura el grupo de edad asignado (Holden y Raitt, 1975; Aguayo, 1980).

Las características que presentan los individuos que componen cada grupo de edad son las siguientes:

- **GRUPO DE EDAD 0:**

Son peces nacidos durante el primer semestre del año y reclutados en el segundo semestre del mismo año. Los otolitos no presentan aún el primer anillo hialino anual, de manera que el borde puede ser opaco angosto ( $\hat{o}$ ) o ancho (O).

- **GRUPO DE EDAD I:**

Son peces nacidos durante el año anterior al de la captura. En el primer semestre pueden presentar los siguientes tipos de bordes:

1. Opaco angosto o ancho ( $\hat{o}$  - O), (sin el primer anillo hialino anual).
2. Un anillo hialino en el borde, que puede ser angosto o ancho (h - H). (Todo el año).
3. Un anillo hialino formado y un incremento angosto de opaco ( $\hat{1}\hat{o}$ ).

Durante el segundo semestre presentan un anillo hialino formado y un incremento de opaco que puede ser angosto o ancho ( $\hat{1}\hat{o}$  - 1O).



• **GRUPO DE EDAD II:**

Corresponde a peces nacidos dos años anteriores al de la captura. Durante el primer semestre, los otolitos pueden presentar:

1. Un anillo hialino anual con un borde opaco ancho (1O).
2. Un segundo anillo hialino en el borde (1h o 1H). (Todo el año).

Durante el segundo semestre se pueden presentar bordes con un segundo anillo hialino y un incremento de opaco que puede ser angosto o ancho (2 $\delta$ - 2O).

Otros grupos de edad siguen el mismo esquema, como se presenta en el cuadro 1:

**Cuadro 1.** Esquema de asignación de grupos de edad según el tipo de borde en los otolitos y la época de la captura de los ejemplares.

GRUPOS DE EDAD	1 <sup>er</sup> . SEMESTRE	2 <sup>o</sup> . SEMESTRE
O	$\delta$ - O	
I	$\delta$ - O ; h - H; 1 $\delta$	h - H; 1 $\delta$ - 1O
II	1o - 1O; 1h - 1H	1h - 1H; 2 $\delta$ - 2O
III	2 $\delta$ - 2O; 2h - 2H	2h - 2H; 3 $\delta$ - 3O

• **ELABORACIÓN DE CLAVES EDAD-TALLA**

Las claves edad-talla se obtienen por medio del programa de computación "COMPORED" (IFOP), que clasifica las lecturas de cada otolito por grupo de edad y clase de talla, entregando la probabilidad de edad "X" para cada individuo de longitud "L".



El programa utiliza básicamente las siguientes ecuaciones:

$$n_{L(X)} = P_{L(X)} * N_L$$

$$N_{(X)} = \sum P_{L(X)} * N_L \text{ donde:}$$

- X : Grupo de edad
- L : Longitud total del pez
- $N_{(X)}$  : Número de individuos a la edad "X"
- $N_L$  : Número de individuos a la longitud "L"
- $P_{L(X)}$  : Probabilidad de edad "X" de los individuos con longitud "L"
- $n_{L(X)}$  : Número de individuos de una longitud "L" que corresponde a una determinada edad "X"

- **COMPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS POR EDAD**

Para generar la composición en número de individuos por grupo de edad (o estructura de edad), en primer lugar, se calcula la composición de longitudes de la captura (COLOCAP) para cada zona de pesca y período (un mes), mediante un procedimiento de conversión de la captura en peso a captura en número de ejemplares, lo que se realiza utilizando los coeficientes de la relación longitud-peso y la distribución de frecuencias de longitudes del mismo período. Luego, esta captura total en número se distribuye por clase de talla de acuerdo con la probabilidad de ésta en la muestra. Los COLOCAP para períodos mayores que el mes para cada zona de pesca, se obtienen mediante la sumatoria de las distribuciones mensuales respectivas. En el caso particular de sardina común se complementaron los COLOCAP trimestrales con la información entregada en el proyecto FIP 94-11.



Con el objeto de reflejar la distribución de longitudes de las capturas de la flota industrial y artesanal ponderadas por las capturas respectivas, se elaboraron las composiciones de longitudes de las capturas (COLOCAP) en forma mensual y separados por flota, cuyos resultados fueron posteriormente agrupados.

La agrupación temporal de las composiciones en número de ejemplares es trimestral y la agrupación espacial considera separadamente las zonas de San Antonio, Talcahuano y Valdivia, más la zona conjunta que corresponde a la centro-sur.

Debido a que la cantidad de otolitos disponibles es escasa y su distribución por estrato no cubre la distribución del muestreo aleatorio de un período y zona determinada, se considera poco representativa para elaborar las matrices de claves talla-edad por zona, se optó por utilizar la clave de la zona centro-sur para expandir los COLOCAP de dichas zonas de pesca para el periodo 1990-1996.

- **ESTANDARIZACIÓN DEL ESFUERZO**

Para estandarizar el esfuerzo pesquero y obtener una captura por unidad de esfuerzo corregida se recomienda el método propuesto por Gavaris (1980) y Kimura (1981). Este método, ampliado posteriormente en los trabajos de Kimura (1981) y Large (1992), tiene como antecedentes los trabajos de Gulland (1956) y Robson (1966).

El método supone proporcionalidad entre la captura por unidad de esfuerzo y la abundancia. A partir de este supuesto, se desarrolla un modelo multiplicativo que da origen, previa transformación logarítmica, a un modelo de ANOVA<sup>1</sup> que se usa para estimar el desempeño relativo de las embarcaciones y, en ocasiones también, para probar hipótesis sobre la significación de algunos factores considerados en el modelo.



La estandarización comprende cinco pasos:

1. Formulación de un modelo multiplicativo acorde con el problema,
2. Estimación de los coeficientes de desempeño relativo mediante ANOVA,
3. Ajuste de la eficiencia del esfuerzo usando los coeficientes estimados en el paso interior, y
4. Cálculo de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada usando el esfuerzo obtenido en el paso anterior.
5. Cálculo de la varianza de la CPUE.

A continuación se describe el procedimiento de estimación de los coeficientes de desempeño relativo.

- **Modelo multiplicativo para la captura por unidad de esfuerzo**

El problema descrito sugiere la participación de a lo menos tres factores principales en la explicación de la magnitud de las tasas anuales de captura<sup>2</sup>:

1. Año de la serie considerada (1990-1996),
2. Barco,
3. Región,

El factor barco se refiere al tamaño de las embarcaciones cerqueras que operan en la zona centro-sur. Según los antecedentes disponibles las embarcaciones de la flota se pueden clasificar en 15 estratos diferentes, que abarcan desde los 50 a las 1000 metros<sup>3</sup> de capacidad de bodega (CB).

---

<sup>1</sup> ANOVA es la abreviatura de Análisis de Varianza.





La consideración de 15 categorías o estratos obedece a clasificar la flota cerquera industrial en estratos de 50 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega. En relación a la definición de la categoría patrón, el modelo del análisis multiplicativo (Gavaris, 1980) no requiere de grandes supuestos para el estrato que se utiliza como referencia. De hecho, se puede utilizar cualquier categoría de embarcación que se encuentre representada en todas las áreas de pesca, es decir, que tenga una buena cobertura espacial y temporal y que registre una actividad permanente en la pesquería durante el período 1990-1996. Además, presentan características tecnológicas similares las embarcaciones de esta categoría. En este caso particular se utilizó una categoría patrón de 351-350 m<sup>3</sup>, que cumple con las características mencionadas.

En el modelo multiplicativo se pueden incorporar interacciones; sin embargo no se utilizaron en esta ocasión para simplificar su análisis.

Estas interacciones sirven para dar cuenta de las tendencias diferentes de la abundancia que se presume existen entre las regiones y del cambio en la eficiencia de las embarcaciones, que se habría producido como consecuencia de la incorporación de nuevas unidades de pesca.

Cambios tecnológicos en el tamaño de los barcos, artes de pesca y otros equipos que afectan la eficiencia de pesca pueden también considerarse. Si alguna de estas variables es cuantitativa, el procedimiento de ANOVA del paso 2 de la estandarización deberá cambiarse por ANCOVA<sup>3</sup>. Sin embargo, por el momento no serán incluidos en el modelo que a continuación se propone.

---

<sup>2</sup> El término tasa de captura es usado como sinónimo de la "captura por unidad de esfuerzo" que rinde una embarcación durante un período de tiempo determinado, que en este caso particular es un año.

<sup>3</sup> ANCOVA es la abreviatura de Análisis de la Covarianza.



El modelo multiplicativo que se recomienda para explicar la captura por unidad de esfuerzo  $U_{ijk}$  realizada en el año  $i$  ( $i=1,2,\dots,7$ ) por las embarcaciones clasificadas por capacidad de bodega  $j$  ( $j=1,2,\dots,15$ ), en la región  $k$  ( $k=1,2,3$ ).

### Modelo I

Este modelo reconoce todos los efectos principales identificados previamente

$$U_{ijk} = U_r \alpha_i \beta_j \gamma_k \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

$U_{ijk}$ : Es la captura por unidad de esfuerzo del tipo de embarcación  $j$  en el año  $i$ , en la región  $k$ .

$U_r$ : Es la captura por unidad de esfuerzo del tipo embarcación que operó en el año y región tomado como referencia para los efectos de medir el desempeño relativo según cada uno de los criterios de clasificación.

$\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$ : Son los coeficientes relativos de desempeño que representan el "efecto principal" de cada uno de los factores: año, barco y región de pesca.

$\varepsilon_{ijk}$ : Es un desvío aleatorio multiplicativo de cada observación respecto del valor esperado.

Aplicando la transformación logarítmica al modelo y tomando como referencia el primer año, la primera categoría de embarcación y la primera región ( $U_r = U_{111}$ ) se obtiene un modelo lineal.



$$y_{ijk} = U'_{111} + \alpha'_i + \beta'_j + \gamma'_k + \varepsilon'_{ijk}$$

$$i = 1,2,\dots,7 \quad j = 1,2,\dots,15 \quad k = 1,2,3$$

cuyas correspondencias son:

$$\begin{aligned} y_{ijk} &= \log(U_{ijk}), \\ U'_{111} &= \log(U_{111}), \\ \alpha'_i &= \log(\alpha_i), \\ \beta'_j &= \log(\beta_j), \\ \gamma'_k &= \log(\gamma_k), \text{ y} \\ \varepsilon'_{ijk} &= \log(\varepsilon_{ijk}). \end{aligned}$$

El problema de estimar los factores se reduce entonces a la estimación de los coeficientes de una regresión múltiple con variables de clasificación y su transformación inversa posterior.

Los pasos para estimar los factores son los siguientes:

1. Construcción de la tabla de doble entrada de los datos (año/barco/región),
2. Selección de la categoría de barco, región y del año de referencia,
3. Construcción de la matriz de diseño del modelo de regresión (X), y
4. Cálculo de los coeficientes de regresión y de transformación inversa de los coeficientes mismos.
5. Cálculo de varianza de la CPUE.

Para estimar los coeficientes del modelo lineal generalizado se utilizó el paquete estadístico SYSTAT. Este software entrega como resultado un análisis de varianza, en el cual se puede



cuantificar la contribución de los factores en la varianza total. Además, es factible obtener la matriz de diseño asociada al modelo multiplicativo descrito. Esta matriz de diseño debe utilizarse para obtener las estimaciones de la matriz de covarianza y los errores estándar de las variables del modelo. De esta manera es posible estimar las varianzas corregidas de los parámetros del modelo lineal generalizado.

#### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2.2.2 y 2.2.3

- Definir los puntos biológicos de referencia que permitan disminuir la probabilidad de la sobre-explotación por crecimiento en sardina común y anchoveta.
- Definir los puntos biológicos de referencia que permitan reducir la probabilidad de la sobre-explotación por reclutamiento en sardina común y anchoveta

En este enfoque metodológico se analizan ambos objetivos conjuntamente, señalando e identificando los puntos biológicos de referencia que minimizan la probabilidad de sobre-explotación por crecimiento y reclutamiento, respectivamente.

#### ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN

En Manejo Pesquero, las estrategias de explotación representan planes de captura de mediano o largo plazo que pueden caracterizarse como una regla decisonal cuantitativa que señala explícitamente cuanto se va a capturar cada año y en que circunstancias.

La Figura 3, ilustra tres estrategias de explotación básicas: tasas de explotación constante, captura constante y escape constante. Cada una de ellas se puede representar por una función lineal del tamaño del stock.



## ELECCIÓN DE ESTRATEGIAS

Las estrategias consideradas en este estudio son del primer tipo (tasas de explotación constante) que resultan de la ecuación anterior cuando el intercepto se hace igual a cero. Dentro de estas estrategias, se considerarán las siguientes puntos biológicos de referencia (PBR):

- $F_{max}$  : Tasa instantánea de mortalidad por pesca a la cual se obtiene el rendimiento por recluta máximo.
- $F_{0,1}$  : Tasa instantánea de mortalidad por pesca donde el incremento marginal del rendimiento por recluta alcanza el 10% del incremento marginal de una pesquería incipiente.
- $F_{1/3}$  : Tasa instantánea de mortalidad por pesca a la cual la biomasa del stock desovante se reduce a 1/3 de la biomasa desovante virginal.
- $F_{2/3}$  : Tasa instantánea de mortalidad por pesca a la cual la biomasa del stock desovante se reduce a 2/3 de la biomasa desovante virginal.
- $F_{F=M}$  : Tasa instantánea de mortalidad por pesca igual a la tasa instantánea de mortalidad natural.

Cabe mencionar que estas estrategias de explotación fueron analizadas en una reunión con personal de la Subsecretaría de Pesca (Anexo 1). En dicha reunión se definió la Política Pesquera, en el sentido que la autoridad normativa pretende la sustentabilidad de los recursos pelágicos de la zona centro-sur. Si bien es cierto, que se definió el objetivo de Manejo, éste está planteado en el largo plazo. También la Subsecretaría de Pesca desea que la actividad extractiva mantenga las capturas actuales; lo cual genera un interés por parte de los Administradores del recurso por conocer las proyecciones de captura en el corto plazo. Esta nueva circunstancia



genera un vuelco metodológico del proyecto, en el sentido de privilegiar la proyección del stock y análisis de riesgo en el corto plazo. Respecto a la elección de las estrategias que tienden a minimizar la probabilidad de sobre-explotación por crecimiento y reclutamiento, las presentadas en este proyecto se consideran adecuadas.

La estrategia de explotación  $F_{max}$  y  $F_{0,1}$  sirven para analizar políticas que se consideran adecuadas desde el punto de vista del aprovechamiento eficiente del crecimiento somático, por lo tanto estos niveles de explotación permiten minimizar los efectos de una sobrepesca por crecimiento. Por estar basados en el modelo de rendimiento por recluta, no toman en cuenta los efectos que en el largo plazo puede producir la pesca sobre la magnitud de las futuras generaciones, por esa razón se han considerado  $F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$  que sí toman en cuenta estos efectos. En este último caso, la adopción de estos puntos de referencia como estrategias de explotación permite minimizar los efectos de una sobrepesca por reclutamiento en los stock de sardina común y anchoveta. En efecto, cuando no se dispone de información sobre la relación entre el stock y el reclutamiento, una manera sencilla de definir la sobrepesca por reclutamiento es fijar algún umbral mínimo de abundancia bajo el cual el riesgo de que las cohortes no se reemplacen se presume alto, debido a una reducción excesiva del stock desovante.

El criterio de sobrepesca del reclutamiento se puede definir mejor si se dispone de información sobre la relación existente entre el stock desovante y los reclutas. Tres razones suelen impedir un ajuste satisfactorio de los modelos stock-reclutas a los datos: 1) la variabilidad producida por factores abióticos que oscurecen las relaciones biológicas subyacentes, 2) los modelos son biológicamente demasiado simples y 3) los errores de medida que afectan tanto al reclutamiento como al stock desovante (Sissenwine y Shepherd, 1987).



Cuando no se dispone de estimaciones de reclutas y stock desovante para una serie de años y la función compensatoria entre el stock desovante y el reclutamiento es indeterminada por las razones que se han mencionado, Sissenwine y Shepherd (1987) proponen una definición de la sobrepesca del reclutamiento y PBR alternativos a los basados en niveles críticos de stock desovante que no requieren el ajuste de la función stock-reclutas. Según estos autores, la persistencia de un stock requiere en promedio que cada clase anual reemplace la biomasa desovante de sus padres. Así, la sobrepesca del reclutamiento se puede definir como el nivel de mortalidad por pesca que en promedio reduce la biomasa desovante de una generación, por debajo de la biomasa desovante de sus padres.

Mediante la combinación de una relación stock-reclutas (no una función stock-reclutas) con un modelo de biomasa desovante por recluta es posible calcular  $F_{med}$ , un PBR consistente con el concepto de sobrepesca por reclutamiento expresado anteriormente.

La mortalidad  $F_{med}$  o "*F mediana*" alude a un nivel de explotación correspondiente a una línea de reemplazo que divide los puntos de la relación stock desovante-reclutas por la mitad, cumpliéndose así la condición de persistencia, en la cual los puntos por debajo de la línea deber ser balanceados por los puntos sobre ella.

Otros PBR interesantes de considerar son  $F_{alto}$  y  $F_{bajo}$ , correspondientes a los percentiles del 90% y 10%, respectivamente. El primero, es más un valor referencial que una política recomendable de explotación, pero es útil para fijar una cota superior a la explotación, cumpliendo un rol parecido al que ha desempeñado  $F_{max}$  en el análisis de rendimiento por recluta. Bajo la estrategia  $F_{alto}$  el stock disminuirá en promedio su tamaño, pues se espera que en el 90% de los casos las clases anuales que ingresan a la pesquería no compensarán la biomasa desovante de sus padres.  $F_{bajo}$  también tiene un valor referencial, pero puede eventualmente constituirse en un política recomendable de explotación cuando el stock está severamente sobre-explotado y es necesario restaurarlo, ésto por cuanto, bajo



esta estrategia la probabilidad de crecimiento del stock es alta. En efecto, según este criterio se espera que en el 90% de los casos las clases anuales serán más fuertes que las cohortes que les dieron origen.

Aunque,  $F_{med}$ ,  $F_{alto}$  y  $F_{bajo}$  no requieren una identificación de la función stock-reclutas, la corta serie de datos disponible de estimaciones de reclutamiento y stock desovante (5 años) impiden calcular valores confiables. Esa es la razón por la cual no se han comprometido entre los PBR a evaluar.

$F_{mrs}$ , la tasa instantánea de mortalidad que produce el máximo rendimiento sostenido, es evidentemente otra estrategia a considerar. Este PBR integra en un sólo concepto de sobrepesca biológica, la sobrepesca por crecimiento y reclutamiento; sin embargo la dificultad que por ahora existe para identificar la función de denso-dependencia entre el stock y el reclutamiento, mencionada precedentemente, impiden calcularla.

Finalmente, para ampliar la gama de estrategias a examinar, se ha incluido  $F_{F=M}$  atendiendo a la evidencia empírica que muestran numerosas pesquerías sujetas a alta variabilidad ambiental, principalmente de peces pelágicos pequeños, donde se ha comprobado que el comienzo del colapso de estos stocks se produce cuando las tasas de mortalidad por pesca han sobrepasado la tasa de mortalidad natural.

**EL CÁLCULO DE LOS PBR ANALIZADOS SE PRESENTAN EN LA SECCIÓN SIGUIENTE.**

- **CÁLCULO DE LOS PBR**

Los análisis de rendimiento por recluta ( $Y/R$ ) y stock desovante por recluta ( $S/R$ ) que sirven de base al cálculo de los PBR, con excepción de  $F_{F=M}$ , utilizan el modelo de Thompson y Bell (1934). Según este modelo, el  $Y/R$  se calcula mediante la ecuación:





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

donde:

- $F$  : Tasa de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas.
- $r_t$  : Patrón de explotación a la edad  $t$ .
- $M$  : Tasa de mortalidad natural.
- $t_r$  : Edad de reclutamiento.
- $t_{max}$  : Edad máxima de sobrevivencia considerada,
- $w_t$  : Peso promedio a la edad  $t$  dado por la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy1

$$w_t = W_{\infty} \left(1 - e^{-K_w(t-t_{0w})}\right)^b$$

En la ecuación anterior, el coeficiente  $K$  de Brody y la constante  $t_0$  del crecimiento se ha presumido que se obtienen ajustando directamente los datos de peso a la edad. Por esa razón, se les agregó el subíndice  $w$  para distinguirlos de los mismos parámetros estimados a partir de los datos de talla a la edad, mencionados más adelante.

El cálculo del  $Y/R$  se obtiene reemplazando en la ecuación correspondiente los valores específicos de los parámetros de crecimiento, patrón de explotación,  $M$ ,  $t_r$  y  $t_{max}$ .

Si se adopta la hipótesis de la dominancia de las hembras (Beverton y Holt, 1957, sección 6.1.2), según la cual el éxito de la reproducción sólo depende de la disponibilidad de las hembras,  $S/R$  se calcula mediante la ecuación:



$$S / R = \sum_{t=t_r}^{t_{max}} \frac{(1 - e^{-(F \cdot r_t + M)})}{F \cdot r_t + M} \cdot e^{-\sum_{i=t_r}^{t-1} F \cdot r_i + M} \cdot w_t \cdot m_t$$

donde,  $m_t$  es la proporción de hembras maduras a la edad  $t$  que se obtiene a partir de la ojiva de madurez a la talla

$$m_t = m(l(t)) = \frac{l}{l + e^{a_m - b_m \cdot C \cdot D \cdot O \cdot T(l(t))}}$$

y la ecuación de crecimiento en talla.

$$l(t) = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

De acuerdo con las definiciones previas, los PBR se calculan de la siguiente manera :

$F_{max}$  es tal que

$$F_{max} = \max_F [Y / R(F)]$$

El problema se resuelve numéricamente usando alguno de los algoritmos de maximización (o minimización) conocidos, por ejemplo el simplex de Nelder Mead.

$F_{0,1}$  se obtiene resolviendo numéricamente la ecuación

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

mediante un algoritmo de búsqueda a partir de un valor tentativo.



$F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$  se calculan, resolviendo las ecuaciones

$$S / R(F_{2/3}) - \frac{2}{3} S / R(0) = 0.2$$

y

$$S / R(F_{1/3}) - \frac{1}{3} S / R(0) = 0.3$$

respectivamente, usando un procedimiento similar al empleado para obtener  $F_{0.1}$ .

Para completar esta revisión, y dado que no suelen ser muy difundidos sus cálculos, se incluyen también  $F_{med}$ ,  $F_{alto}$  y  $F_{bajo}$ . Con ese fin, se debe proceder en primer lugar a calcular las razones  $R/S$  para la serie de pares de datos ( $R$ ,  $S$ ) obtenidos del Análisis Secuencial de la Población. Luego, se calcula la mediana y los percentiles al 90% y 10% de las razones  $R/S$  y sus valores recíprocos. Finalmente, las mortalidades por pesca correspondientes a los valores de  $(R/S)^{-1}$  se calculan resolviendo las ecuaciones

$$S / R(F) - [R / S(F_{med})]^{-1} = 0.4,$$

$$S / R(F) - [R / S(F_{alto})]^{-1} = 0.5, \text{ y}$$

$$S / R(F) - [R / S(F_{bajo})]^{-1} = 0$$

de la manera usual, mediante un algoritmo de búsqueda numérica.



#### 4.3. OBJETIVO ESPECIFICO 2.2.4

- EVALUACIÓN DE STOCK

Es este documento previo al análisis de las incertezas de los parámetros básicos que rigen la dinámica de la sardina común y anchoveta, fue necesario incluir la metodología de la evaluación de stock. Sin este análisis retrospectivo no se pueden ponderar adecuadamente los resultados del modelo de proyección y es necesario tener un conocimiento acabado de los principales indicadores de la evaluación de stock. Por este motivo, se incluyó la metodología *in extenso* en este objetivo específico.

Por otra, parte es necesario tener la diagnosis del recurso, sin lo cual no se pueden ponderar adecuadamente las estrategias de explotación. Este argumento fue el que obligó a incorporar la evaluación de stock previo a los procedimientos numéricos que posibilitan el cálculo de las incertezas de los parámetros, en la cual se analizarán las variaciones de la mortalidad natural. En el caso de la sardina común,  $M$  varió entre 1,0-1,4 y en anchoveta  $M$  fluctuó entre 0,6 - 0,8.

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

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



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

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

Los datos de la sardina común y de anchoveta provienen del programa de "Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales" y del "Seguimiento de las pesquerías pelágicas" que mantiene IFOP y fueron obtenidos del muestreo del desembarque de la flota cerquera pelágica con base en los puertos de San Antonio y Talcahuano. Las matrices de capturas y pesos cubren el rango de edades entre 0 y 3 años en sardina común y 0 a 4 años en anchoveta del período 1990-1996. Existe para cada recurso un índice de abundancia disponible, que es la captura por unidad de esfuerzo de la flota cerquera industrial, con estimaciones de su precisión (Tabla 8 y 16).

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



edad en la captura. Cabe mencionar que la CPUE de la sardina común cubre todo el rango de edades desde la 0 a la 3 y en el caso de la anchoveta este índice se aplica para todas las edades, desde la 0 a la 4.

## ADAPT

ADAPT no es un modelo; es una integración del ASP con un procedimiento de búsqueda por mínimos cuadrados no lineales para estimar los parámetros de cuyo modelo se basa el ASP. Es un esquema versátil que puede "adaptarse" a cualquier formulación de modelo. En su formulación general, ADAPT, evalúa las discrepancias entre conjuntos de observaciones sobre ciertas variables (por ejemplo, cpue de la flota comercial, índices de abundancia de cruceros de prospección acústica, de huevos y larvas, etc.) y las predicciones de esas variables en base a los resultados del ASP y ciertos parámetros que intervienen en la calibración de las predicciones. Estas discrepancias, llamadas también residuales, son usadas para construir una función objetivo mediante la cual es posible encontrar la mejor estimación de la matriz de abundancia y parámetros del ASP, según el criterio de minimizar la suma de cuadrados residuales totales. Es decir,

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

donde,  $\Pi$  : la matriz de abundancia de la población

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



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

### Escenario B

Supone que las capturas están medidas sin error. Dado que sólo las cpue están sujetas a error, la ecuación 2 contiene únicamente los residuales de la cpue ponderado por su error estándar.

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

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

$$N_{it} = N_{i+1,t+1} e^M + C_{it} e^{\frac{M}{2}}$$

La matriz de parámetros  $\Pi$  estimables directamente se reduce a  $[F_{i,96}]$  ( $i=0, \dots, 4$ ) o  $[N_{i,97}]$  ( $i=0, \dots, 4$ ). Cuando se parte con las  $F$  terminales del año más reciente, el retrocálculo a partir de ese año no puede comenzar inmediatamente aplicando la ecuación 3. Primero, se debe calcular la abundancia por edades a comienzo del año mediante la ecuación de captura, tal como se hace normalmente en el Análisis de cohortes cuando la pesca se considera completa a la edad.

$$N_{i,96} = \frac{C_{i,96}(F_{i,96} + M)}{F_{i,96}(1 - e^{-F_{i,96} - M})} \quad i = 0, \dots, 4$$



En cambio, cuando el proceso se inicia con las abundancias a fines del año más reciente, el retrocálculo de las cohortes presentes ese año puede comenzar inmediatamente con la ecuación 3.

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

$$N_{4,t} = \frac{C_{4,t}(F_{4,t} + M)}{F_{4,t}(1 - e^{-F_{4,t} - M})} \quad t = 90, \dots, 96$$

donde las  $F$  terminales se obtienen endógenamente mediante

$$F_{4,t} = \ln \left( \frac{\sum_{i=1}^2 N_{it}}{\sum_{i=2}^3 N_{i,t+1}} \right) - M \quad t = 90, \dots, 96$$

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

Los coeficientes de calibración  $q_i$  son parámetros auxiliares que estorban y no tienen importancia directa para la evaluación de stock<sup>4</sup>. Por esa razón, es preferible estimarlos analíticamente por mínimos cuadrados y luego sustituirlos en la suma de cuadrados de la ecuación 2. Al hacer ésto la ecuación 2 se transforma en:

$$\sum_{i=0}^4 \sum_{t=90}^{96} \frac{1}{U_i S_{it}^2} \left( \ln U_{it} - \overline{\ln U_i} + \overline{\ln N_i} - \ln \overline{N_{it}} \right)^2$$

<sup>4</sup> En la terminología técnica se les denomina en inglés "nuisance parameters".





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

Con el propósito de comparar las evaluaciones de stock de sardina común y anchoveta de la zona centro-sur, se analizan dos métodos de aproximación a la ecuación de captura, el método de Pope (1972) y de MacCall (1986). La aproximación de Pope (1972) es útil para efectuar análisis matemáticos y estadísticos del comportamiento del análisis de población secuencial (ASP), puesto que la resolución de la ecuación de captura es intratable y debe obtenerse por métodos numéricos. La aproximación de MacCall (1986) también pertenece a la familia de fórmulas de aproximación a la ecuación de captura y es similar al concepto del análisis de cohorte de Pope. Esta aproximación se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$N_t = N_{t+1} e^M + C_t M / (1 - e^{-M})$$

y es más precisa en el caso de pesquerías continuas especialmente si la tasa de mortalidad natural (M) es grande. Para efectuar la comparación entre ambos métodos se estimó el error relativo de la estimación del método de Mac Call (1986) con respecto al de Pope (1972).

#### 4.4 OBJETIVO ESPECIFICO 2.2.5

El procedimiento utilizado es una combinación de Bootstrap Condicional Noparamétrico (BCN) y Monte Carlo. El método se basa en el remuestreo de los residuales que resultan de la diferencia entre la cpue observada por edades y las predicciones realizadas a partir de las abundancias medias explotables obtenidas mediante el Análisis de Cohortes. Los residuales son utilizados para construir nuevas observaciones a las cuales se les aplica ADAPT resultando un conjunto de



parámetros y variables que sirven para iniciar la proyección y generar los reclutamientos y patrones de explotación futuros. Los pasos principales del procedimiento son:

1. Ejecución de una corrida básica de ADAPT para obtener residuales ( $e$ ) y las predicciones ( $\hat{y}$ ) de las observaciones ( $\ln U_{ij}$ ):

$$y = \ln U_{ij} \xrightarrow{ADAPT} e = y - \hat{y}$$

2. Remuestreo de los residuales al interior de cada intervalo de edad:

$$e \xrightarrow{\text{Remuestreo}} e^{boot} \quad boot = 1, \dots, nboot$$

3. Generación de nuevas observaciones ( $y^{boot}$ ):

$$y^{boot} = \exp(\hat{y} + e^{boot}) \quad boot = 1, \dots, nboot$$

4. Aplicación de ADAPT a cada vector de observaciones  $y^{boot}$  para obtener  $R_{mg}^{boot}$ ,  $N_{96}^{boot}$  y  $\sigma_R^{2 boot}$ :

$$y^{boot} \xrightarrow{ADAPT} \left[ R_{mg}^{boot}, N_{96}^{boot}, \sigma_R^{2 boot} \right] \quad boot = 1, \dots, nboot$$

Estos resultados son almacenados en un arreglo para ser usados en los pasos siguientes.



5. El reclutamiento del año 1996 ( $N_{0,96}$ ) obtenido mediante ADAPT es muy incierto debido a que depende de la solución de la ecuación de captura para una sola edad. Por tal razón se prefirió calcularlo mediante:

$$N_{0,96} = R_{mg}^{boot} \exp(e_{96}^{boot})$$

donde, el reclutamiento se supone sigue una distribución lognormal, tal que,

$$e_j^{boot} \sim Normal(0, \sigma_R^{2boot})$$

$$R_{mg}^{boot} = \left[ \prod_{j=90}^{95} R_j^{boot} \right]^{\frac{1}{6}}$$

$$\sigma_R^{2boot} = \frac{\sum_{j=90}^{95} (\ln R_j^{boot} - \ln R_{mg}^{boot})^2}{6}$$

Consistentemente con la gran incertidumbre del reclutamiento del último año a que se hace mención, la media geométrica y la varianza del reclutamiento de la serie temporal fue calculada descartando el año 1996.

6. Para el segundo año de la proyección el stock al primero de enero fue calculado usando la ecuación

$$N_{i,97}^{boot} = \begin{cases} R_{97}^{boot} & i = 0 \\ \left( N_{i-1,96}^{boot} \exp\left(-\frac{M^{boot}}{2}\right) - C_{i-1,96} \right) \exp\left(-\frac{M^{boot}}{2}\right) & i = 1,2,3,4 \end{cases}$$



7. El stock de los restantes años se obtuvo mediante

$$N_{ij}^{boot} = \begin{cases} R_j^{boot} & i = 0 \\ N_{i-1,j-1}^{boot} \exp(-r_{ij}^{boot} F - M^{boot}) & i = 1,2,3,4 \end{cases}$$

El reclutamiento desde el segundo año en adelante se calculó mediante una función tipo rampa; una versión más simple que la ecuación de Beverton & Holt propuesta originalmente y que responde mejor a la corta serie de datos disponible,

$$R_j^{boot} = \begin{cases} R_{mg}^{boot} \exp(e_j^{boot}) & \text{si } D_{j-1}^{boot} \geq D_{cr} \\ \left( \frac{R_{mg}^{boot}}{D_{cr} S_0^{boot}} \right) S_{j-1}^{boot} \exp(e_j^{boot}) & \text{si } D_{j-1}^{boot} < D_{cr} \end{cases}$$

El parámetro  $D_{cr}$  es la proporción de la biomasa del stock desovante virginal  $S_0$  que se admite como umbral crítico bajo el cual el reclutamiento responde proporcionalmente al tamaño del stock desovante y por lo tanto el stock se considera en sobrepesca por reclutamiento. Asimismo,

$$D_j^{boot} = \frac{S_j^{boot}}{S_0^{boot}}$$

donde,

$$S_0^{boot} = R_{mg}^{boot} \exp\left(\frac{\sigma_R^{boot}}{2}\right) \sum_{i=0}^4 \exp(-M^{boot}(i + \frac{8}{12})) \bar{w}_i m_i$$



es la biomasa desovante promedio sin explotación, y

$$S_j^{boot} = \begin{cases} \sum_{i=0}^4 \left( N_{ij}^{boot} \exp\left(-\frac{M^{boot}}{2}\right) - C_{ij} \right) \exp\left(-\frac{2M^{boot}}{12}\right) \bar{w}_i m_i & j = 96 \\ \sum_{i=0}^4 N_{ij}^{boot} \exp\left(-\left(r_{ij}^{boot} F + M^{boot}\right) \frac{8}{12}\right) \bar{w}_i m_i & j = 97, \dots, 2016 \end{cases}$$

Las variables  $\bar{w}_i$  y  $m_i$  son el peso promedio y la proporción de hembras maduras a la edad. La fracción 8/12 del exponente es para ajustar la abundancia al momento del desove que ocurre en el mes de agosto de cada año.

La mortalidad natural fue generada como una variable uniforme en el intervalo [0,6; 0,8] y el patrón de explotación como una variable lognormal tal que,

$$r_{ij}^{boot} = r_{mg,i}^{boot} \exp(\varepsilon_{ij}^{boot})$$

$i=0,1,2,3,4$

donde:

$$\varepsilon_{ij}^{boot} \sim Normal(0, \sigma_{r,i}^{2 boot}).$$

La media geométrica del patrón de explotación y su varianza a la edad se calcularon usando expresiones análogas a las presentadas en el paso 5.

El parámetro  $F$  de la ecuación de sobrevivientes que aparece en el paso 7, es el valor de la estrategia de explotación utilizada. El efecto de cada estrategia de explotación fue evaluado adoptando un valor fijo durante un período de 20 años a contar del año 1997. Las simulaciones bajo cada estrategia se realizaron con la misma secuencia de números aleatorios para hacerlas comparables.



## Estrategias de explotación

Las estrategias de explotación propuestas para el análisis fueron  $F_{max}$ ,  $F_{0.1}$ ,  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{F=M}$ .

La estrategia  $F_{max}$  fue descartada por los resultados obvios que implica el análisis de los elevados valores obtenidos en ambas especies. En su reemplazo se incluyó la estrategia  $F_{rep}$  correspondiente a un S/R cuyo recíproco es igual a la pendiente en el origen de la relación stock-recluta. Esta estrategia proporciona un extremo superior de mortalidad por pesca, el cual si es sobrepasado conduce a la extinción del stock (Shepherd, 1982).

Los valores de las estrategias para ambos recursos se entregan en la Tabla 35 a la 38.

## Indices de riesgo

Los resultados de las proyecciones se resumen en cinco índices del desempeño de las estrategias:

1. Captura promedio durante el período de proyección.
2. Mediana de la razón entre la biomasa del stock desovante al final del período de proyección y la biomasa desovante inicial (virginal) ( $S_T/S_0$ ).
3. Mediana de la razón entre la biomasa explotable al final del período y la biomasa explotable actual ( $BE_T/BE_{96}$ ).
4. Probabilidad que la biomasa del stock desovante durante el período de proyección sea menor que un 20% de la biomasa del stock desovante inicial ( $p(S_t \leq 0,20S_0)$ ).



y tres trayectorias de tamaños del stock:

1. Biomasa del stock desovante.
2. Biomasa del stock explotable.
4. Biomasa del stock total.

### **Variantes del Análisis de Riesgo**

Las variantes del Análisis de Riesgo consideradas fueron:

- A. evaluación de cada estrategia utilizando las mejores estimaciones puntuales de  $R_{mg}$ ,  $N_{96}$ ,  $\sigma_R^2$ ,  $M$  y patrón de explotación obtenidas mediante ADAPT.
- B. evaluación de cada estrategia utilizando proyecciones con valores remuestreados de  $R_{mg}$ ,  $N_{96}$ ,  $\sigma_R^2$  y  $M$  según el método descrito y la mejor estimación puntual del patrón de explotación.
- C. igual que la Variante B, pero con patrón de explotación distribuido lognormalmente en torno a la media geométrica a la edad y con coeficiente de variación obtenido del remuestreo.



## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 DESEMBARQUE HISTÓRICO, PERÍODO 1970-1996

El patrón histórico de la captura de la sardina común y anchoveta para la Zona Centro-Sur presenta dos pulsos de abundancia que son similares a los desembarques de recursos pelágicos de la Zona Norte de Chile; así como también del Perú. Por lo tanto, estos aumentos de abundancia que se encuentran sincronizados temporalmente dan origen a una hipótesis de trabajo, que consiste en que los cambios físicos en el sistema Humbolt genera pulsos de abundancia en estas poblaciones de peces pelágicos.

El patrón temporal del desembarque de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta muestra un aumento importante en el período 1970-1975, un fase con bajos niveles que se mantuvo desde 1976 a 1983, es decir un período de 8 años. Cabe mencionar que al finalizar ese período se registró el fenómeno el Niño más fuerte del siglo (Fig. 1). En los años siguientes los desembarques se incrementaron a partir de 1984, siendo notable el aumento en 1989 desde 100 mil t. hasta 500 mil t.

El desembarque de 1990, representa el nivel inferior de las oscilaciones observados en el período 1990-1996, en donde se vuelven aumentar las capturas hasta magnitudes de 830 mil t.. Cabe mencionar que en este período se observan oscilaciones regulares de 400 mil t. de variación.

Otra característica importante del desembarque de la pesquería mixta de la sardina común y anchoveta, es que en el primer pulso predominó la sardina común en las capturas y en menor proporción se observa la anchoveta. Este mismo patrón se registra en el segundo pulso de abundancia, en la cual la anchoveta y la sardina común se alterna en las capturas, manteniendo en conjunto el mismo nivel con





amplias oscilaciones regulares. Lo interesante de este fenómeno son los incrementos sincrónicos en ambas especies, es decir, ambas aumentan en forma equivalente. El origen de estas oscilaciones está asociado a pulsos de reclutamiento que aumenta la abundancia de ambos recursos .

Al analizar el patrón de desembarque de manera independiente, es decir por recurso, se aprecia en sardina común en el primer pulso un incremento desde 50 mil hasta 150 mil t. Las capturas tuvieron oscilaciones con un nivel inferior de 125 mil t y superior de 200 mil t. A partir de 1975 la captura inició un descenso, registrándose en el período 1976-1988 magnitudes inferiores a los 50 mil t. (Fig. 1).

En 1989 los desembarques de sardina común se incrementan en forma significativa hasta 1991, año en que se registra el valor máximo de 600 mil t.; en los años siguientes hasta 1995, se aprecia una tendencia descendente oscilante. El desembarque a fines de ese período registra 150 mil t, no obstante en 1996, éstos se recuperarán notablemente llegando a las 450 mil t.

Respecto a la actividad extractiva por tipo de flota, se puede mencionar que durante el primer pulso de abundancia, este recurso fue explotado por la flota industrial. Sin embargo, después de su disminución en el período 1981-1987, se incrementó la captura artesanal. Durante el segundo pulso en el período 1988-1992, la flota industrial capturó la mayor proporción de la sardina común. En estos últimos años, la pesquería mixta de sardina común y anchoveta se caracteriza por el aumento de la flota artesanal en los niveles de desembarque y en menor proporción la flota industrial.

El patrón de desembarque de la anchoveta en la Zona Centro-Sur presenta un patrón similar a la sardina común, con un nivel de captura de 40 mil t para el período 1970-1974. En los años siguientes se registra un descenso significativo, donde no se



capturó anchoveta. Al igual que en sardina común, los niveles de desembarque fueron obtenidos por la flota industrial. En 1984 la flota artesanal comienza a capturar anchoveta y en el período 1989-1996 mantiene una tendencia creciente y oscilante, en los cuales se observa una competencia con la flota industrial con magnitudes de desembarque equivalentes.

En general, se puede apreciar en el desembarque de ambos recursos, dos pulsos de abundancia, en el segundo caso se manifiesta con mayores niveles de captura lo cual se asocia al aumento del esfuerzo pesquero ejercido por la flota cerquera industrial y el desarrollo alcanzado por la pesca artesanal en el país.

## **5.2 ESTACIONALIDAD DEL DESEMBARQUE DE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA**

El desembarque de la sardina común presenta una fuerte componente estacional, debido a que su abundancia se encuentra asociada al pulso de reclutamiento. Este proceso ocurre en esta especie entre los meses de diciembre a marzo y es donde se registran las mayores desembarques cuyo máximo se presenta en el mes de enero; con 75 mil toneladas mensuales (Fig. 4, Tabla 2). Los desembarques comienzan a disminuir en abril y desde mayo a octubre, la pesquería obtiene niveles menores a las 14 mil toneladas. En noviembre se observa una recuperación de la actividad extractiva y mejoran notablemente las capturas por el ingreso del reclutamiento. En el período correspondiente de diciembre a abril, se captura el 72% del desembarque anual de sardina común.

El desembarque de la anchoveta al igual que la sardina común, presenta una fuerte componente estacional, debido a que la actividad extractiva se encuentra asociada al ingreso de reclutas a la pesquería. En esta especie el proceso de reclutamiento comienza en diciembre y finaliza en marzo. El desembarque máximo se presenta en



febrero; siendo importante la contribución de marzo con 53 mil toneladas mensuales. Los desembarques de la flota artesanal e industrial disminuyen en abril y mayo, iniciándose un período de bajos desde junio a noviembre con registros inferiores a las 13 mil toneladas (Fig. 4, Tabla 2).

En el período correspondiente de diciembre a abril, se captura el 73% del desembarque anual de la anchoveta.

### **5.3 DESEMBARQUE DE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA, PERÍODO 1990 - 1996**

El desembarque total de sardina común en la zona Centro-Sur de Chile, tiene una tendencia descendente y oscilante en el período 1991-1995; sin embargo, en el último año se observa un incremento considerable de 444 mil t (Fig. 5, Tabla 1). En el período 1990-1996 el mayor desembarque de sardina común se registró en 1991 con 559 mil t. Los desembarques analizados por área de pesca, indican que la flota de Talcahuano, industrial y artesanal, representa más de 90% y en forma secundaria las embarcaciones de San Antonio.

Respecto al desembarque de la anchoveta en la zona Centro-Sur, en el período 1990-1996, se observa una tendencia ascendente y oscilante. En 1994 se registra el mayor volumen desembarcado de anchoveta con 474 mil t.

Los desembarques de anchoveta analizados por área de pesca señalan que las flotas de Talcahuano industrial y artesanal predominan en los volúmenes, y en forma secundaria se registran las embarcaciones de San Antonio. Cabe destacar que la flota de San Antonio industrial y artesanal registra una actividad extractiva que oscila entre los 37 mil y 123 mil t.



#### 5.4 CAPTURA DE LA FLOTA INDUSTRIAL DE SARDINA COMÚN

La captura de sardina común en la zona Centro-Sur de Chile, por parte de la flota cerquera industrial presenta fuertes variaciones interanuales en el período 1990-1996 (Fig. 7). La máxima captura fué en 1991 con 295 mil t, en los años siguientes presentó un descenso importante registrándose en 1995 un volúmen de 26 mil t. En los dos últimos años, la captura se ha incrementado notablemente y durante 1996 se obtuvieron 86 mil toneladas.

Respecto a la estructura de la flota cerquera en el período 1990-1994 operaron barcos desde 50 hasta 600 m<sup>3</sup> de CB; en los dos últimos años se detecta la presencia de barcos de mayor capacidad de bodega, constatándose embarcaciones mayores a los 900 m<sup>3</sup>, los cuales capturan en la zona de Valdivia (Tabla 4). En 1996 en la zona Centro-Sur operaron 178 embarcaciones industriales, cuya eslora promedio fue de 43 metros y con una capacidad 649 m<sup>3</sup> CB. El puerto de San Antonio registra 39 embarcaciones cuya eslora promedio es de 39,5 metros, las cuales poseen en promedio 526 m<sup>3</sup> de CB. El puerto de Talcahuano tiene 51 embarcaciones industriales, las cuales tienen en promedio 38 metros de eslora y una capacidad de 540 m<sup>3</sup> de CB. El puerto de San Vicente contabiliza 52 embarcaciones, las cuales tienen en promedio 47 metros de eslora y una capacidad promedio 775 m<sup>3</sup> de CB. Finalmente, el puerto de Coronel, posee 36 embarcaciones que en promedio tienen 48 metros de eslora y una capacidad de 752 m<sup>3</sup> de CB.

Respecto a las captura de sardina común por zona pesca existen grandes diferencias; Talcahuano registra las mayores capturas de esta especie y sigue el patrón de captura descrito anteriormente para la zona Centro-Sur (Fig. 6, Tablas 3 y 4). Sin embargo, la zona de San Antonio, no se caracteriza por grandes capturas de anchoveta y el valor máximo registrado 1991 fue de 19 mil t. La flota industrial está constituida por embarcaciones menores en relación a los puertos de Coronel y San Vicente y predominan barcos entre 50 y 400 m<sup>3</sup> de CB.



La zona de Talcahuano que incorpora geográficamente los puertos de San Vicente, Talcahuano y Coronel, presenta una flota cerquera con embarcaciones desde 50 hasta 800 m<sup>3</sup> de CB (Tabla 4). La zona de Valdivia en el período 1990-1994 tiene volúmenes de captura inferiores a las 1500 t, pero en los dos últimos años presenta un incremento exponencial, registrándose 12 mil y 44 mil t, respectivamente. Cabe mencionar que en esta zona de pesca operan embarcaciones de gran tonelaje desde 200 hasta 850 m<sup>3</sup> de CB, las cuales provienen preferentemente de los puertos de Coronel y San Vicente (Tabla 4).

#### **5.5 ESFUERZO NOMINAL DE LA FLOTA INDUSTRIAL QUE CAPTURÓ SARDINA COMÚN**

La flota cerquera industrial que capturó sardina común en la zona Centro-Sur, presenta una fuerte asociación entre el esfuerzo nominal con los niveles de captura.

En esta zona el esfuerzo máximo se registró en 1991 con un total 4053 viajes totales (VT); en los años siguiente mantiene una reducción sostenida del esfuerzo contabilizándose en 1996 un total de 903 VT (Fig. 7, Tabla 5). La zona de Talcahuano tiene el mismo patrón temporal del esfuerzo correspondiente a la zona Centro-Sur.

En San Antonio en el período 1990-1996, se produjo una severa reducción del esfuerzo pesquero donde no se registra actividad extractiva de las embarcaciones desde 50 a 200 m<sup>3</sup> CB (Fig. 6).

En el período 1990-1994, la flota industrial que operó en la zona de Valdivia tuvo una escasa actividad extractiva sobre la sardina común y no se contabilizaron más de 6 VT; esta situación cambió radicalmente en los dos últimos años donde se contabiliza una gran actividad con 654 y 216 VT, respectivamente (Fig. 7, Tabla 5).



## 5.6 RENDIMIENTO DE LA FLOTA INDUSTRIAL QUE CAPTURÓ SARDINA COMÚN

Los rendimientos de la flota cerquera industrial en la zona Centro-Sur expresado en toneladas/viajes totales (t/VT); indican un máximo secundario en 1991 de 73 t/VT y en los años siguientes muestra una tendencia declinante hasta 1995 (Fig. 8, Tablas 3 y 6).

En 1996, se observa un incremento sustancial de los rendimientos de pesca de sardina común, del orden de 96 t/VT. En el último año, este valor está influenciado por tres factores que son los siguientes: el coeficiente de capturabilidad, el esfuerzo pesquero y la abundancia. Al respecto, el esfuerzo pesquero indica que en la flota cerquera se han incorporado barcos de mayor tonelaje, y también puede atribuirse este incremento por un aumento del reclutamiento. No existen evidencias fundadas para un cambio en el coeficiente de capturabilidad por efectos denso-dependientes.

Respecto a los rendimientos de sardina común por zona de pesca, la flota de San Antonio presenta en general valores menores a excepción de 1993 y 1995, en que obtuvieron 84 t/VT y 63 t/VT, respectivamente (Tabla 3 y 6). En la zona de Valdivia, los rendimientos en general son altos, mayores a 146 t/VT y se debe fundamentalmente a dos causas: en primer lugar opera una flota cerquera cuyas embarcaciones poseen entre 200 y 950 m<sup>3</sup> CB; y en segundo término, estas incursiones esporádicas generan altos rendimientos hacia los bordes de la zona de pesca (Fig. 8).



## 5.7 ESTANDARIZACIÓN DE LA CPUE DE SARDINA COMÚN CON EL MODELO LINEAL GENERALIZADO (GLIM)

Para la estandarización del esfuerzo pesquero de la sardina común con el propósito de obtener una CPUE corregida se utilizó el método de Gavaris (1980). En primer término, se formuló un modelo multiplicativo acorde al problema, en que los factores considerados fueron año, barco y zona. Este modelo multiplicativo fue transformado logarítmicamente para dar origen a un Análisis de Varianza (ANOVA), cuyos resultados se entregan en la Tabla 7. El ANOVA se utiliza para probar la hipótesis sobre la significancia de los factores considerados en el modelo. En éste caso particular, los factores de mayor importancia que fueron altamente significativos ( $P < 0.01$ ), fueron la zona de pesca y el factor barco (capacidad de bodega de las embarcaciones).

Para el ajuste del modelo multiplicativo, se tomó como barco de referencia, las embarcaciones de 301-350 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega de la zona de Talcahuano en 1990.

El modelo multiplicativo tuvo una constante igual a 3,9465, valor que corresponde al logaritmo de la CPUE del barco de referencia. Las variables  $\alpha_i$ ,  $i=1, \dots, 7$  representan la variación interanual de la abundancia de la sardina común. Este índice relativo es multiplicado por la constante para la estimación de los logaritmos de la CPUE corregida (Tablas 8 y 10).

Las variables  $\beta_j$ ;  $j= 1, \dots, 15$ , corresponden a un índice relativo del poder de pesca de las embarcaciones de diferentes capacidades de bodega. El signo negativo significa que todas tienen un poder de pesca inferior a la de referencia. Los estratos de 50-100; 101-150; 351-400 y 800-850 de CB los cuales presentan un poder de pesca inferior a la clase patrón (Tablas 10).



Las variables  $\delta_k$  ( $k= 1$  y  $2$ ), señalan el efecto de la zona de pesca. En particular, la zona de San Antonio presenta rendimientos inferiores en un 30,5%, en relación a la zona de Talcahuano. Sin embargo, la zona de Valdivia es superior en un 100% (Tabla 9).

Para la estimación de la matriz de varianzas, se tuvo que efectuar la regresión entre las variables de la matriz de diseño del modelo GLIM, cuyos resultados se utilizan en los cálculos de la CPUE estandarizada y sus varianzas (ANOVA) para la sardina común se entregan en la Tabla 8. Cabe mencionar que los coeficientes de la regresión lineal  $\alpha_i$ , se utilizan para estimar el  $\ln$  (CPUE estandarizado) (columna 4, Tabla 8). La CPUE estandarizada corresponde al antilogaritmo en base neperiana.

El error estándar del  $\ln$  (CPUE estandarizado) se obtiene corrigiendo por varianza total del modelo lineal generalizado, y de esta manera es posible obtener el error estándar y coeficiente de varianza de la CPUE estandarizada.

Es importante señalar que la CPUE estándar exhibe mayor variación, debido a que incorpora las variaciones interanuales de la abundancia en años sucesivos, situación que se atribuye en este recurso a la fortaleza del reclutamiento. Respecto a la tendencia la CPUE estándar mantiene una tendencia descendente.

Las variables años, zonas de pesca y categoría de barco, constituyen fuentes significativas de variabilidad de la CPUE (Tabla 7). El efecto zona de pesca fue el principal componente de la variabilidad de la CPUE, seguida del factor categoría barco. La covariante año, aporta con un 10%. En conjunto todos los factores considerados explican el 51% de la variabilidad de la CPUE.

Los valores estandarizados de la CPUE, para el factor año, muestran un incremento en el período 1990-92 desde 70 a 100 t/VT st., en los años siguientes se aprecia un





descenso con oscilaciones interanuales (Tabla 8, Figura 9). En esta serie se observa un elevado coeficiente de variación interanual de 38 a un 44% para los mayoría de los años.

Respecto a los factores la zona de pesca presenta grandes diferencias en relación a los otros factores considerados. Esto se refleja en el valor de los coeficientes, los cuales están en relación a la zona de referencia y el valor de la CPUE por zona (Tabla 9, Figura 9). El aporte de este factor a la varianza total de la CPUE es de un 16%.

En la pesquería de sardina común, el factor categoría de barco explica el 11% de la varianza total. Los poderes de pesca estimados (Tabla 10, Figura 9) indican que las categorías de 201-205 tienen mejores rendimientos entre las embarcaciones menores. Sin embargo, el poder de pesca aumenta de acuerdo a la capacidad de bodega.

## 5.8 CAPTURA DE LA FLOTA INDUSTRIAL DE ANCHOVETA

La captura de anchoveta en la zona Centro-Sur, por parte de la flota cerquera industrial, presenta una tendencia creciente con fuertes variaciones interanuales en el período 1990-1996 (Fig. 11, Tabla 11). La máxima captura de anchoveta de registró en 1994 con 229 mil t, al año siguiente tuvo un descenso significativo de 88 mil t y nuevamente repuntó en 1996 con 218 mil t.

Respecto a la estructura de la flota cerquero industrial, en el período 1990-1994, operaron embarcaciones desde 50 hasta 650 m<sup>3</sup> de CB y en los dos últimos años se detecta la presencia de barcos de hasta 1000 m<sup>3</sup>, los cuales capturan anchoveta preferentemente en Valdivia y Talcahuano (Tabla 12).



Las capturas de anchoveta por zona de pesca presentan grandes diferencias; Talcahuano tiene las mayores capturas y sigue el patrón temporal descrito anteriormente para la zona Centro-Sur. En el período 1990-1993 las capturas se incrementaron en forma sostenida, logrando al final del período un máximo secundario de 66 mil t. En los años siguientes las capturas disminuyen en un 50 % y en 1996 la captura fue máxima con 102 mil t (Fig. 10, Tablas 11 y 12).

En San Antonio, las capturas también exhiben una tendencia creciente en el período 1990-1994. En este último año, se obtiene la captura máxima de 191 mil t y en los dos últimos años desciende a menos de un 40% la actividad extractiva (Fig. 10, Tablas 11 y 12).

En la zona Centro-Sur, la zona de Valdivia tiene una menor contribución al desembarque de la anchoveta, sin embargo, en los dos últimos años es notable el incremento de sus capturas. En particular en 1996 se obtuvieron 63 mil t superando a la zona de San Antonio. Cabe mencionar que la estructura de la flota cerquera que operó en Valdivia, está constituida por embarcaciones de 200 hasta 950 m<sup>3</sup> CB; siendo las más frecuentes barcos de 400 a 500 m<sup>3</sup> CB.

#### **5.9 ESFUERZO NOMINAL DE LA FLOTA INDUSTRIAL QUE CAPTURÓ ANCHOVETA**

El esfuerzo nominal de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta en la zona Centro-Sur, presenta una fuerte asociación con la captura, situación que se observa en la totalidad de las zonas de pesca (Fig. 10 y 11, Tablas 11 y 13).

El esfuerzo pesquero presenta una tendencia ascendente desde 1990, hasta 1994, donde se registra el máximo número de 2.737 VT. En 1995, se redujo el esfuerzo pesquero, debido a que la flota se orientó preferentemente a la captura del jurel y en 1996, vuelve a incrementarse el esfuerzo con 1.662 VT (Fig. 11, Tabla 13).



La zonas de San Antonio, Talcahuano y Valdivia presenta una estrecha asociación del esfuerzo con la captura. Sin embargo, los valores máximos del esfuerzo presentan diferencias especiales. En 1993, se registró el mayor esfuerzo en la zona de Talcahuano 1083 VT. Situación que aconteció al año siguiente en San Antonio (2182 VT) y en 1996 se registró en Valdivia 327 VT (Tablas 11, 12 y 13).

#### **5.10 RENDIMIENTO DE LA FLOTA INDUSTRIAL QUE CAPTURO ANCHOVETA**

Los rendimientos de la flota cerquera industrial en la zona Centro-Sur expresadas en (t/VT); indican una tendencia creciente con oscilaciones periódicas. Esta tendencia ascendente del rendimiento se debe a la estructura de la flota cerquera, en la cual se han incorporado unidades de mayor capacidad desde 50 hasta 1000m<sup>3</sup> CB. En 1990 los rendimientos fueron de 36 t/VT, mientras que en 1996 fueron de 131 t/VT.

Respecto de los rendimientos de anchoveta por zona de pesca, la flota de San Antonio tiene mayor rendimiento que la de Talcahuano, a excepción de 1994; no obstante la estructura de la flota que captura anchoveta era de mayor CB, en los últimos años son equivalentes.

La flota cerquera industrial que operó en Valdivia tiene los mayores rendimientos y en los últimos dos años tuvo valores superiores a los 175 t/VT. Esto se debe por la estructura de la flota y por la operación en los bordes del área de pesca, donde generalmente se incrementan los rendimientos (Fig. 12, Tablas 11 y 14).



### 5.11 ESTANDARIZACIÓN DE LA CPUE DE ANCHOVETA, CON EL MODELO LINEAL GENERALIZADO

Las variables año, zona de pesca y categoría de barco constituyen fuentes significativas de variabilidad de la CPUE (Tabla 15). El efecto de la categoría de barco fue el componente principal de la variabilidad de la CPUE de anchoveta, seguido de factor zona de pesca. La covarianza año aporta con un 7,0%. En conjunto, todos los factores considerados explican 54% de toda la variabilidad de la CPUE.

Los valores estandarizados de la CPUE, para el factor año, muestran una tendencia general ascendente para el período 1990-1996, desde 75,2 a 134 t/VT st. respectivamente. Sin embargo, existe un descenso importante en 1993, registrándose 73,7 t/VT st. el cual es el menor valor de la serie analizada (Tabla 16, Figura 13 ). En la serie de CPUE se observa un elevado coeficiente de variación interanual fluctuando entre 23 y 28% para la mayoría de los años, siendo éste de menor magnitud que en sardina común.

En relación a la CPUE por zona de pesca, existen grandes diferencias entre las zonas de Talcahuano y Valdivia. En esta última zona se registran los mayores rendimientos superiores en 1,48%. Sin embargo, la zona de San Antonio exhibe un rendimiento equivalente a Talcahuano (Tabla 17, Figura 13).

En la pesquería de la anchoveta, el factor categoría de barco es el más importante en términos de explicar los cambios de la CPUE. Estos cambios se reflejan en el valor de los coeficientes, en relación a la categoría de referencia 301-350 m<sup>3</sup> CB y en valor del poder de pesca relativo ( Figura 13).



El aporte del factor categoría de barco a la varianza total de la CPUE es de un 23%. Referente a la actividad extractiva en la flota artesanal, no se pudo caracterizar de manera adecuada, debido a que se tiene información fragmentaria y no se tiene una buena medida del esfuerzo pesquero. Solamente se ha utilizado la información del desembarque artesanal que se registra en el Anuario Estadístico de Pesca editado por el Servicio Nacional de Pesca, período 1990-1996.

### **Ciclo de vida**

Referente al ciclo de vida de estas especies, se caracterizan por sus pequeños tamaños (< 20 cm longitud total). Posee un rápido crecimiento corporal el cual está influenciado por las variaciones estacionales. En relación a las variaciones del crecimiento estacional, Cubillo y Arancibia (1993) señalan que ambos tienen diferencias en la amplitud de la oscilación anual; para sardina común disminuye el crecimiento corporal en mayo y en anchoveta durante el mes de junio; lo cual debería estar relacionado con el período reproductivo y el índice de surgencia. Además, ambas especies poseen un ciclo de vida corto con longevidades máximas de 3 a 4 años para sardina común y anchoveta, respectivamente.

Desde el punto de vista de su distribución espacial, estos peces son neríticos y sus capturas son altamente estacionales, las cuales son efectuadas por la flota cerquera industrial y artesanal preferentemente dentro de las 10 mn de la costa. Las capturas de estos recursos están estrechamente asociadas a la magnitud del reclutamiento, proceso que acontece entre noviembre a marzo en sardina común y de diciembre-abril en anchoveta. Referente al proceso reproductivo, la sardina común tiene un periodo de desove corto en agosto y la anchoveta tiene un período más extenso desde agosto a diciembre (Cubillos y Arancibia, 1993). En términos de la ojiva de madurez ambas especies presentan una longitud de primera madurez (L 50%) de 11 cm; no existen antecedentes de la fecundidad parcial para ambas especies en la



zona Centro-Sur de Chile. Es importante destacar que la anchoveta madura a una edad más temprana que la sardina común y su distribución geográfica es más extensa.

#### 5.12 PUNTOS BIOLÓGICOS DE REFERENCIA DE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA

En este proyecto se consideraron los siguientes puntos biológicos de referencia:  $F_{0.1}$ ,  $F_{máx}$ ,  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F=M$ . Donde las estrategias de explotación de  $F_{1/3}$  y  $F_{2/3}$ , corresponden a biomásas por recluta de 1/3 y 2/3 de la biomasa por recluta virginal, respectivamente.

Para calcular los puntos biológicos de referencia, excepto en el último, se efectuó un análisis del rendimiento y biomasa desovante por recluta mediante el modelo de Thompson y Bell (1934), incluyendo en los cálculos todas las edades. La edad máxima en sardina común es de  $t_{máx}=3$  y en anchoveta  $t_{máx}=4$ .

Se emplearon en los cálculos los pesos medios de la serie 1990-96, el patrón de explotación y las ojivas de madurez correspondientes a ambos recursos (Tablas 26 y 34).

Los puntos biológicos de referencia obtenidos del rendimiento por recluta y porcentaje de la biomasa desovante para sardina común y anchoveta se ven en las Figuras 14 y 15.

Los valores de las diferentes estrategias de explotación se sintetizan en el siguiente cuadro:



**Cuadro 2.** Estimaciones de los puntos biológicos de referencia para la sardina común y anchoveta

Puntos biológicos de referencia	Sardina común	Anchoveta
$F_{0,1}$	1,578	1,111
$F_{m\acute{a}x}$	4,671	28,953
$F_{2/3}$	0,278	0,450
$F_{1/3}$	0,807	2,603
$F=M$	1,200	0,700

En sardina común, las estrategias de explotación que evitan la sobrepesca por crecimiento como  $F_{0,1}=1,578$  y  $F_{m\acute{a}x}=4,671$  son magnitudes que generan una sobrepesca del stock y conducen a una reducción de la pesquería, debido a que superan el nivel actual de explotación.

En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento como  $F_{2/3}=0,278$  y  $F_{1/3}=0,807$  son más conservadoras del stock. Estas se analizan en detalle en el próximo objetivo específico. La estrategia de explotación de  $F=M=1,2$  es una magnitud excesiva y también genera una declinación del stock.

En anchoveta, las estrategias de explotación que evitan la sobrepesca por crecimiento como  $F_{0,1}=1,111$  y  $F_{m\acute{a}x}=28,95$  son magnitudes superiores a las que ha soportado el stock y pueden generar una sobrepesca del stock. Por lo tanto, no son estrategias recomendables de adoptar; en particular  $F_{m\acute{a}x}$  se debe descartar por su elevada magnitud.



En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento, el  $F_{2/3}=0,450$  es más conservador del stock y corresponde aproximadamente el nivel actual de explotación de éste. Esta magnitud no frena el crecimiento poblacional de la anchoveta, sino más bien incrementaría el stock en el corto plazo y mantiene los actuales niveles de captura en el lapso del tiempo generacional de la anchoveta.

La estrategia de explotación  $F_{1/3}= 2,603$  es un nivel superior al experimentado por el stock de anchoveta e inclusive a  $F_{0,1}$ . Todas estas estrategias se analizan en detalle en el próximo objetivo específico. La estrategia de explotación de  $F=M =0,7$  es una magnitud que ha soportado el stock de anchoveta y no es un nivel excesivo de mortalidad por pesca, la cual permite mantener los actuales niveles de captura.

Varios autores se han preguntado por el nivel de biomasa desovante por recluta que corresponde a la tasa máxima de mortalidad por pesca que un stock puede sustentar, sin que sea conducido a la extinción. Shepherd (1982) señaló que un stock puede llevarse a la extinción si la biomasa desovante por recluta se reduce bajo un nivel igual al recíproco de la pendiente en el origen de la relación de stock - reclutamiento. Sissenwine y Shepherd (1987) denominaron el nivel de mortalidad por pesca de reemplazo  $F_{rep}$ , y han promocionado su uso para definir la sobrepesca en los consejos de manejo pesquero regional de USA. Mace y Sissenwine (1993) efectuaron un catastro de un gran número de stock marinos sobre datos de relación desovantes - reclutas y estimaron los niveles umbrales mínimos de biomasa desovante por recluta, llegaron a la recomendación de un 20-30% del nivel no capturado, evitaría la sobrepesca de los stock cuando se desconoce la relación desovantes-reclutas. También Clark (1993), postula que una estrategia robusta es aplicar una tasa de mortalidad por pesca que reduzca la biomasa desovante por recluta en un 35% del valor no capturado (virginal). Esta tasa de mortalidad por





pesca se denota  $F_{35\%}$ ; al realizar esta equivalencia, nuestro valor  $F_{2/3}$  correspondería a  $F_{66\%}$  en la terminología de Clark *op.cit.*

Thompson (1993) recomienda el 30% del nivel no capturado como apropiado en aquellos casos en que la relación de desovantes-reclutas se desconoce. Los resultados de este informe refuerzan estas conclusiones y la pesquería mixta de sardina común y anchoveta no manifestaría problemas de sobrepesca al adoptarse esta estrategia de explotación de  $F_{2/3}$ . Esta magnitud es muy superior a  $F_{35\%}$  que ha sido adoptado como una tasa de mortalidad por pesca objetivo para realizar recomendaciones de cuotas en un gran número de stock de Alaska y en la costa del Pacífico en los Estados Unidos (Clark, 1993).

### **Estimación de variación de los parámetros básicos y de los puntos biológicos de referencia**

Se generó una variación de la mortalidad natural para ver su efecto en el cálculo de los puntos biológicos de referencia. En el caso de la sardina común, la mortalidad natural varió entre  $M= 1,0-1,4$  y en anchoveta  $M= 0,6-0,8$ .

Para el stock de sardina común la variación de la mortalidad natural representa el 16,6% y el impacto en los valores de  $F_{0.1}$  fluctúa entre +58% a -25%; el efecto es asimétrico, debido a que el rendimiento por recluta es una función no lineal (Fig. 16A).

Respecto al impacto de la variación de la mortalidad natural de un 16,6% en los estimados de  $F_{SSB2/3}$ , este parámetro cambió desde -41,4% a +71,1% y en  $F_{SSB1/3}$  corresponde a -39,2% y +66,6%. Esta disminución en la variación de  $F_{SSB\%}$  se produce por la convergencia de las curvas a diferentes tasas de mortalidad natural (Fig. 16B). En la figura se puede observar que a menor mortalidad natural es mayor



el tamaño del stock desovante por recluta. Es decir, a una menor mortalidad natural es mayor la descendencia que genera un recluta en condiciones de equilibrio; también se observa el efecto contrario a mayor mortalidad natural.

En relación al stock de anchoveta, la variación de la mortalidad natural que representa un 14,2% y su impacto en  $F_{0,1}$  fluctuó entre +30,6% a -4,5%. También se observó el efecto asimétrico a medida que aumenta la mortalidad natural se incrementa el valor de  $F_{0,1}$  (Fig. 17A).

Referente al impacto de la variación de la mortalidad natural de un 14,2%, en los estimados de  $F_{SSB\ 2/3}$  cambió desde -19,7% a +25,8% y en  $F_{SSB\ 1/3}$  corresponde -14,1% a +16,9%. También se observa la convergencia de las curvas a diferentes tasas de mortalidad natural (Fig. 17B). Cabe mencionar que es factible fijar el % SSB mediante una línea vertical para diferentes tasas de mortalidad natural.

### 5.13 EVALUACIÓN DE STOCK DE SARDINA COMÚN

Los resultados de ADAPT se entregan en la Tabla 19 donde es posible observar las estimaciones de la  $F$  para 1996; estos valores son equivalentes a la última columna de la Tabla 24. La tasa de mortalidad natural utilizada en esta evaluación es  $M=1,2$  (método de Höening), la suma de cuadrados totales de los residuos de la función objetivo, fue equivalente a 14 y el cuadrado medio 0,57.

Los resultados de la evaluación de stock de sardina común son estimaciones de abundancia en número, biomasa al 1º de enero de cada año, biomasa explotable al 1º de enero, biomasa desovante, mortalidad por pesca, tasa de explotación, patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio las cuales se entregan en las Tablas 19 a la 26.



Las estimaciones de abundancia en número al 1° de enero en sardina común presenta en general una tendencia descendente en el período 1990-1996; sin embargo, existen incrementos importantes durante 1995. En relación al reclutamiento en el período 1990-1994 y posteriormente una severa disminución en 1994 atribuida por el descenso de la biomasa parental. Sin embargo, al reclutamiento es fluctuante en los últimos años.

El mismo patrón exhibe el reclutamiento en peso con magnitudes de 900 mil toneladas en promedio para el período 1990-1996. Sin embargo, en los tres últimos años se ha incrementado la variación del reclutamiento (Tabla 21). El stock desovante también presenta variaciones desde 268 mil toneladas en 1990 hasta 24 mil toneladas en 1992; sin embargo, se ha estabilizado en promedio para el período 1994-1996 en 120 mil toneladas (Tabla 23).

La biomasa total del stock de sardina común al 1° de enero presenta una tendencia general descendente en el período 1990-1996. La máxima biomasa se obtuvo en 1991 con 2,4 millones de toneladas y en 1996 presenta niveles de 1,4 millones de toneladas. Es importante indicar que el reclutamiento aporta más del 50% de la biomasa total; lo cual caracteriza esta pesquería que es altamente estacional en el período noviembre-marzo (Tabla 21).

La biomasa explotable de sardina común presenta una estabilidad interanual del orden de 800 mil toneladas, cifra equivalente en el período de inicio de año. Las discrepancias que pueden surgir en relación a la captura se deben a que esta biomasa disminuye fuertemente por efecto de la mortalidad natural  $M=1,2$  y no se distribuyen en forma exponencial en el transcurso del año como la ecuación de Baranov, debido a un fuerte comportamiento estacional (Tabla 22).

La biomasa desovante del stock de sardina común tuvo un drástico descenso en el período 1990-1993; registrando su valor más bajo a fines de ese período con 24 mil



toneladas. Es importante mencionar que la sardina común presenta un stock desovante en la cual no aporta el grupo de edad 0 y el grupo de edad 1, lo hace una escasa proporción 0,12%. El resto de las edades 2 y 3 tiene una contribución importante a pesar de estar poco representada en el stock (Tabla 23). Este aspecto es importante de considerar debido a que el ciclo vital de ésta especie es diferente a la anchoveta.

La tasa de mortalidad de pesca del stock de sardina común, indica que los grupos de edad 1 y 2 presenta altas tasas de mortalidad; ésto se refleja en la estructura de la captura. Por otra parte al asociar el desembarque con la mortalidad por pesca del stock se advierte una gran correlación ( $r= 0,75$ ), lo cual indica que el efecto de la pesca es importante en la estructura del stock (Tabla 24, Figura 19). Otra característica de la matriz F de mortalidad por pesca, es que en los grupos de edades mayores disminuye considerablemente, situación que se atribuye a que existe segregación especial de los adultos fuera del área de pesquería y que éstos conforman cardúmenes de menor abundancia que no son importantes para la flota cerquera (efecto del tamaño de cardumen).

La matriz de la tasa de explotación señala que el grupo de edad con mayor explotación es el grupo de edad 1 y 2. En términos generales, el stock de sardina común es explotado entre un 4 y 24% anualmente. Los años con mayor explotación fueron 1991, 1992, 1994 y 1996 y se puede ver en la Tabla 25, Figura 20.

El patrón de explotación del stock de sardina común obtenido como promedio histórico tiene como edad de referencia el grupo de edad 1 y disminuye en los grupos de edad 2 y 3, por los motivos señalados (Tabla 26a, Figura 18).

Al efectuar las comparaciones de las evaluaciones de stock de sardina común por el método de Pope (1972) y MacCall (1986) se puede constatar que este último genera



menores abundancias, tasas de mortalidad por pesca y biomasa a inicio de año (Tablas 26 b, 26 c y 26 d).

En términos del error relativo, se estimaron sus valores para estas tres matrices, en las cuales se puede observar que la abundancia del stock de sardina común se reduce en un 5,4% en 1990 y en un 0,4% en 1995. (Tabla 26 e). En estas Tablas se puede observar que 1996 no presenta diferencias debido a que se estima con la ecuación de captura de Baranov. También se advierte valores positivos en el grupo de edad 3 y se debe al método de cálculo descrito en la metodología.

La matriz de mortalidad por pesca y biomasa del stock al 1º de enero también muestra reducciones máximas de un 0,6% y 4,3%, respectivamente (Tablas 26 f y 26 g).

#### **5.14 DIAGNOSIS DE SARDINA COMÚN**

En el stock de sardina común de la zona centro-sur de Chile, existe una estrecha asociación entre la captura y la tasa de mortalidad por pesca ( $r=0,75$ ). Este efecto se produce en forma instantánea y no existen rezagos temporales del efecto de pesca; es decir, el stock de sardina común manifiesta su variación de abundancia en forma objetiva, debido a que forma agregaciones cuya distribución geográfica es eminentemente costera y no supera los 30m de profundidad.

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



En esta pesquería mixta de clupeoideos, el esfuerzo se orienta a las especies de mayor disponibilidad en el área de pesca. La CPUE estandarizada en este recurso presentó en el período 1990-1992 de 71,2 a 97,2 t/VT st. Sin embargo, presenta una tendencia descendente registrando en 1996 de 65,0 t/VT st.

La biomasa parental de sardina común en el período 1990-1996 presenta una tendencia general descendente con oscilaciones que provienen de las variaciones del reclutamiento en los últimos 3 años (Figura 21 y 22). En general, en el stock de sardina común el reclutamiento en peso representa el 52% del stock total. Sin embargo, en los tres últimos años el reclutamiento muestra una tendencia errática, debido al incremento simultáneo que ha tenido la mortalidad por pesca que afecta preferentemente la biomasa parental (grupos de edad 1 y 2).

Durante el período 1990-1993 el stock desovante disminuyó considerablemente por efecto de la pesca y generó un reclutamiento bajo en 1994. Sin embargo, en el reclutamiento se advierte una tendencia a la estabilidad por efecto stock dependiente. Los resultados de la evaluación de stock indican que la tasa de mortalidad de pesca en muchos años han sido superiores al valor  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0.1}$ . Esta situación indica la tasa de explotación del stock parental en la mayoría de los años (excepción 1995) supera el 31%. Por lo tanto, la acción que ejercen ambas flotas ha sobre-explotado el stock parental a niveles inferiores a 1/3 de la biomasa virginal, condición que conduce a este stock de comportarse de manera errática.

#### 5.15 EVALUACIÓN DE STOCK DE ANCHOVETA

Los resultados de ADAPT se entregan en la Tabla 27 donde es posible observar las estimaciones de las F para 1996. Estos valores son equivalentes a la última columna de la Tabla 24. La tasa de mortalidad natural utilizada en esta evaluación es  $M=0,7$ ,



obtenida a través del método de Hoening; la suma de cuadrados total de los residuos de la función objetivo fue de 55 y el cuadrado medio = 1,8.

Los resultados de la evaluación de stock de anchoveta son estimaciones de abundancia en número, biomasa explotable al 1º de enero, biomasa desovante, mortalidad por pesca, tasa de explotación, ojiva de madurez y peso promedio, las cuales se entregan en las Tablas 27 a la 34.

Las estimaciones de abundancia en número al 1º de enero en anchoveta, presentan en general una tendencia creciente en el período 1990-1996. Sin embargo, existe un descenso durante 1994 que no alteró el crecimiento del stock de anchoveta (Tabla 28).

En relación al reclutamiento, también presenta una tendencia general creciente con una racha de clases anuales fuertes que han permitido incrementar la biomasa desovante del stock. Durante 1991 el reclutamiento tuvo su nivel más bajo con 78 billones de anchoveta, pero no alteró el crecimiento del stock. Una característica de esta racha de reclutamiento es su tendencia ascendente con escasas variaciones (Tabla 28). En términos de peso, el reclutamiento de la anchoveta en el período 1990-1995 presenta niveles de 248 mil toneladas en 1990 hasta 1,4 millones de toneladas en 1995 (Tabla 29).

Entre el tamaño del stock desovante y los niveles de los reclutamiento, existe una sincronía, lo cual implica que el stock se encuentra en la fase creciente (densoindependiente)(Figura 27 ).

El stock desovante presenta una tendencia ascendente con niveles de 576 mil toneladas en 1990 hasta 1,3 millones de toneladas en 1996 (Tabla 31); sin



embargo, se ha estabilizado en el periodo 1993-1996 en 1,0 millón de toneladas (Figura 27).

La biomasa total del stock de anchoveta al 1° de enero presenta una tendencia general creciente en el período 1990-1996. En 1990, la biomasa fue de 1,2 millones de toneladas y alcanzó su máximo de 4,4 millones de toneladas en el último año de la serie analizada; sin embargo en el período 1993-1995 el stock tuvo magnitudes promedio de 2,9 millones de toneladas (Tabla 29).

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

La biomasa desovante del stock de anchoveta tiene una tendencia creciente, en la cual contribuye el grupo de edad 0 con un 13%; el resto de los grupo de edad aportan en un 100% (Tabla 31). Esta características implican que la anchoveta además de ser un desovador parcial, madura a temprana edad (10-12 meses) y los ejemplares contribuyen al stock desovante.

Los resultados de la evaluación de stock señalan que la tasa de mortalidad por pesca que el grupo de edad 0 es capturado en pequeña proporción; sin embargo, los grupos de edad parentales que más aportan en la captura, como el grupo de edad 2 tiene una mayor mortalidad por pesca. Por otra parte, al asociar el desembarque con la tasa de mortalidad por pesca del stock (Figura 20), se advierte una escasa asociación ( $r=0,17$ ).

Otra característica que presenta la mortalidad por pesca del stock de anchoveta (Tabla 32), es que las magnitudes de  $F$  disminuyen en forma importante en los grupos de edad 3 y 4, situación que se atribuye a que los cardúmenes constituidos





por ejemplares de mayor tamaño son menos abundantes y no son detectados fácilmente por barcos cerqueros y flota artesanal.

La tasa de explotación en el stock de anchoveta, indican que el grupo de edad 2 es el que tiene una mayor explotación y fluctúa entre 13 a un 42%. También es posible apreciar que en 1990 se capturó el 12% de los reclutas. Para la fracción del stock 1+, el valor más alto (27%) se alcanza en 1994, año en que se registró el mayor desembarque de anchoveta con 474 mil toneladas y estuvo constituida mayoritariamente por el stock desovante. En términos generales, el stock de anchoveta es explotado entre 7 y 12% anual. Los años con mayor nivel de explotación fueron 1990, 1991 y 1994 (Tabla 33).

El patrón de explotación del stock de anchoveta tiene como edad de referencia el grupo de edad 2 y disminuye sus valores en los grupos de edad 3 y 4, por los motivos señalados (Tabla 34, Figura 23).

Al realizar las comparaciones de las evaluaciones de stock de anchoveta por el método de Pope y MacCall (*op. cit.*), se observa una conducta similar al stock de sardina. El método de MacCall (1986) genera menores abundancias, tasas de mortalidad por pesca y biomasa (Tablas 34 b, 34 c y 34 d).

Las matrices de error relativo de abundancia en número, mortalidad por pesca y biomasa al 1° de enero del stock de anchoveta muestra que el método de MacCall entrega estimaciones menores, siendo sus valores máximos de 1,0%, 0,9% y 0,5%, respectivamente. En este recurso la aproximación de MacCall y la de Pope (1972) tienen leves diferencias.



## 5.16 DIAGNOSIS DE ANCHOVETA

En el stock de anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile, se manifiesta una débil asociación ( $r=0,17$ ) entre la captura y la mortalidad por pesca; sin embargo, se advierte que este efecto es instantáneo y no existen rezagos temporales del efecto de pesca. Una explicación es que los cardúmenes de anchoveta tienen una distribución geográfica costera y batimétrica que no supera los 30 metros de profundidad.

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

Una característica de pesquería mixta de sardina común y anchoveta es que el esfuerzo se orienta hacia las especies de mayor disponibilidad en el área de pesca. La CPUE estandarizada de anchoveta en el período 1990-1996 ha presentado una tendencia general creciente desde 75,2 t/VT st. hasta 134 t/VT st. en 1996. Durante el período 1994-1996 la anchoveta ha manifestado altos rendimientos superior a 112 t/VT st.

La biomasa total del stock de anchoveta presenta una tendencia general creciente, debido al aporte simultáneo del stock parental y del reclutamiento. Cabe mencionar que el reclutamiento tiene un aporte superior al 50% en peso y su tasa anual de crecimiento es superior a la biomasa desovante. Otra característica es la escasa variación que presenta en su tendencia creciente.

La tasa de mortalidad por pesca del stock también ha aumentado desde  $F=0,6$  en 1990 a  $F=0,14$  en 1996. Sin embargo estos niveles no han alterado las magnitudes del reclutamiento y del stock parental.



Los resultados de la evaluación del stock indican que la tasa de mortalidad por pesca en general es inferior al valor  $F_{0.1}=1,111$  y actualmente es levemente superior al valor  $F_{2/3}=0,450$ . Esta situación indica que la tasa de explotación sobre el stock parental es cercano a  $F_{2/3}$ , lo cual permite sustentar la actividad extractiva y no ha alterado la biomasa desovante que mantiene al stock con una tendencia creciente.

### **Análisis de los resultados de las evaluaciones de stock**

Al analizar los resultados de las evaluaciones de stock deben considerarse las fuentes de error que influyen en los resultados, en primer lugar nos referimos a los errores de muestreo los cuales limitan la data existente. En ambas evaluaciones de stock estan sustentadas en series de tiempo cortas. Cabe mencionar que en este proyecto se amplió en dos años la serie de tiempo respecto a la propuesta técnica. También los datos presentan deficiencias en los diferentes años respecto a la cobertura de los muestreos especialmente en la fracción de la flota artesanal los cuales no estan adecuadamente representados los primeros años de la serie, período 1990-1993. La información biológico-pesquera de la flota artesanal se tomó en forma esporádica y el actual sistema de muestreo debe corregir este déficit en el sentido de dirigida a la flota de pequeños pelágicos y debe incrementarse en términos de cobertura e intensidad del muestreo.

Otra fuente de variación en la evaluaciones de stock de sardina común y anchoveta son los errores de proceso que en le caso pueden influir en la magnitud del reclutamiento por el método de evaluación. La magnitud del reclutamiento esta influenciado en primer lugar por la magnitud de la mortalidad natural, mortalidades bajas tienden a estimar bajos reclutamientos y viciversa. El método de evaluación tambien enfrenta la dificultad de ser dependiente de una estructura de edad extremadamente corta y esta dependiente de las estimaciones de mortalidad del último año y los F terminales. Esta situación es irreductible a menos que se piense



en utilizar modelos globales de producción que pierden la estimación del proceso de reclutamiento y exigen una buena base de información de datos de captura y esfuerzo de pesca. Estos últimos modelos no parecen muy útiles para la administración de estos recursos por tener información muy gruesa.

Referente a la interacción tecnológica entre sardina común y anchoveta; se efectuó una relación entre las tasas de mortalidad por pesca de ambos stocks. Las tasas de mortalidad por pesca de sardina común no presentan relación con las tasas de mortalidad por pesca de anchoveta (Figura 28).

Este resultado indica la inexistencia de una interacción tecnológica de ambos stocks y se encuentra influenciado por el nivel espacial utilizado en la evaluación de ambos stocks. Para que exista una interacción tecnológica se debe esperar una relación entre ambas tasas de mortalidad con pendiente negativa y distinta de cero.

#### **5.17 ANÁLISIS DE RIESGO DEL STOCK DE SARDINA COMÚN BAJO DIFERENTES REGIMENES DE EXPLOTACIÓN**

##### **Análisis sin incertidumbre (Variante A)**

El análisis determinista muestra que sólo  $F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$  son estrategias sustentables en el largo plazo. La Figura 29 ilustra como bajo estas estrategias el stock desovante crece rápidamente y se sitúa sobre el umbral crítico del stock desovante. En la misma figura se puede ver también que  $F_{0,1}$  y  $F_{F=M}$ , que en anchoveta aparecen sustentables, en esta especie no lo es.



Las estrategias  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$  tienen un comportamiento muy parecido, mostrando que  $F_{0,1}$  puede llegar a ser una tasa de mortalidad extremadamente peligrosa para la sustentabilidad de este recurso.

En la Figura 30 se observa que todas las estrategias implican algún sacrificio de los niveles actuales de captura, lo cual es consistente con los altos niveles explotación estimados en la evaluación de stock mediante ADAPT. Como era previsible,  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$  alcanzan los mayores rendimientos, pero éstos no difieren casi de los que se lograrían si se adoptara la estrategia  $FF=M$ , aunque en este último caso, con un remanente mayor de stock desovante y stock explotable (ver Figura 31).

#### **Análisis con incertidumbre (Variantes B y C)**

Para efectuar las simulaciones para el análisis con incertidumbres, se obtuvieron un total de 1000 reclutamientos del stock de sardina común para un año cualquiera. Los resultados generan una distribución lognormal del reclutamiento (Figura 29a).

Lo más destacable del análisis (Tabla 35) es el elevado riesgo que presentan todas las estrategias (Indicador 4). Esto significa que con los actuales niveles de error en la evaluación de stock y la variabilidad de procesos tales como el reclutamiento, no existe ningún margen de seguridad aceptable de que con cualquiera de las estrategias consideradas se logrará sustentar la pesquería en los próximos veinte años. El comportamiento de los restantes indicadores reafirman lo ya encontrado en el análisis determinista.  $F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$  son las estrategias más robustas en cuanto a conservar niveles aceptables de stock desovante y hacer más probable el incremento de la fracción explotable del stock del cual depende la estabilidad de la pesca (Indicadores 2, 3 y 5).  $F_{0,1}$ ,  $F_{rep}$  y  $FF=M$  son las estrategias que exhiben expectativas de mayores capturas a expensas del tamaño de los stocks a futuros y la



seguridad de reducir la biomasa bajo el umbral crítico, pudiendo llegar esta reducción, en el caso de  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$ , a valores muy cercanos a la extinción (Indicador 2).

La incorporación de variabilidad en el patrón de explotación acentúa levemente el comportamiento de los indicadores, pero no modifica ninguna de las conclusiones de los análisis anteriores (Tabla 36).

#### 5.18 ANÁLISIS DE RIESGO DEL STOCK DE ANCHOVETA BAJO DIFERENTES REGÍMENES DE EXPLOTACIÓN

##### Análisis sin incertidumbre (Variante A)

Este análisis muestra que todas las estrategias evaluadas, excepto  $F_{rep}$ , alcanzan en el largo plazo tamaños de stock desovante mayores que el umbral crítico, fijado en un 20% del stock desovante en ausencia de explotación (Figura 32). La estrategia  $F_{rep}$  muestra un comportamiento oscilatorio en torno al umbral crítico que no aparece en las estrategias restantes. No es evidente el mecanismo que produce este fenómeno, sin embargo, si este comportamiento obedece a procesos reales que pueden afectar la dinámica del stock y no meramente a propiedades implícitas en los supuestos del modelo, sería un aspecto importante de tener en cuenta pues implicaría que ciertos niveles de mortalidad por pesca elevados podrían crear condiciones desestabilizadoras para el stock e inducir fluctuaciones en las capturas como las que se observan en la Figura 33.

El análisis muestra también que la aplicación de cualquier estrategia, excepto  $F_{2/3}$ , producirá un aumento de las capturas que será mayor en corto plazo y especialmente notable bajo  $F_{1/3}$  y  $F_{rep}$ . Sin embargo, estas estrategias son también las que reducen más los niveles de stock desovante. Las estrategias  $F_{0,1}$  y  $F_{F=M}$  se sitúan en una



situación intermedia respecto a las anteriores. Implican incrementos importantes de las capturas, pero lo hacen salvaguardando una mayor cantidad de stock desovante.

Entre las estrategias analizadas,  $F_{2/3}$  aparece como la más conservadora de todas. Como se observa en la Figura 34, su adopción significa optar por **status quo**. Después de un incremento de corto plazo de la biomasa explotable la tendencia del stock es a situarse en un nivel muy próximo al actual.

### **Análisis con incertidumbre (Variante B)**

Para efectuar las simulaciones para el análisis con incertidumbres, se obtuvieron un total de 1000 reclutamientos del stock de anchoveta para un año cualquiera. Los resultados generan una distribución lognormal del reclutamiento (Figura 32a).

Esta variante del análisis de riesgo resumida en la Tabla 37 muestra que  $F_{rep}$  es la estrategia que obtiene evidentemente las capturas mayores. Las restantes estrategias presentan capturas proporcionales a su magnitud con incrementos marginales cada vez menores a medida que se acercan a  $F_{rep}$ . Paralelamente, los riesgos del caer por debajo del umbral crítico de stock desovante aumentan de manera correlacionada con la tendencia a lograr mayores capturas. En base a estos dos indicadores las estrategias se separan en tres grupos: uno formado por  $F_{rep}$  y  $F_{1/3}$ , el segundo constituido sólo por  $F_{0,1}$  y un tercer grupo representado principalmente por las estrategias  $F_{F=M}$  y  $F_{2/3}$ . El primer grupo muestra claramente, no obstante las mayores capturas, poseer niveles de riesgo inaceptables para alcanzar el objetivo de sustentabilidad del recurso (Indicador 4). El tercer grupo sacrifica expectativas de captura, pero al contrario muestra ser muy sustentable, con riesgos inferiores al 5% de colapso y con una probabilidad significativa de aumento de los actuales niveles de stock explotable (Indicador 5) para situarse a fines del



período en niveles medios de biomasa desovante y explotable superiores al 56% (Indicadores 2 y 3). Aspecto que contribuye a una mayor estabilidad de la actividad extractiva. La estrategia  $F_{0,1}$  se sitúa en una posición intermedia en cuanto a los rendimientos, pero con niveles de riesgo más parecidos a los del tercer grupo, cuya magnitud está muy cerca del umbral del riesgo aceptable utilizado por algunas agencias de manejo (10%).

### **Análisis con incertidumbre (Variante C)**

Este análisis resumido en la Tabla 38, muestra tendencias y magnitudes de los indicadores 1), 2), 3) y 5) parecidas a la variante anterior que no hacen variar la evaluación de las estrategias del grupo uno y tres. Sin embargo, lo más notable que se observa es el aumento considerable del riesgo de caer por debajo del umbral crítico de stock desovante en la estrategia  $F_{0,1}$ . Según el análisis este riesgo se sitúa en un 28%, un valor muy alto desde un punto de vista de lo que aconsejaría un manejo precautorio del recurso.

### **Análisis del modelo de simulación**

El modelo de simulación empleado para ambos recursos es estructurado por edades y presenta una fuerte dependencia del vector inicial (estructura del stock), sin embargo esta limitante es más fuerte en los análisis de corto plazo y no influye en los análisis de largo plazo de este proyecto. También el modelo de simulación presenta las mismas limitantes que el modelo de evaluación empleado, estas son la dependencia de la mortalidad natural y la corta estructura por edades. Respecto a la mortalidad natural influye en forma directa en la magnitud de descenso de las cohortes y la corta estructura de edad hace que los resultados de la simulación sean fuertemente dependiente de la magnitud anual del reclutamiento. El modelo de





simulación incluye un modelo de stock-reclutamiento tipo rampa la cual supone que a magnitudes inferiores al stock desovante crítico, los reclutamientos están gobernados por influencia del ambiente (período denso-independiente) y sobre éste nivel crítico los reclutamientos tienden a ser constantes equivalente a la capacidad de carga del ecosistema. A pesar que el modelo de stock-reclutamiento incluye un ruido aleatorio esta variabilidad en la fase denso-independiente es menor que en los datos observados. Los reclutamientos son importantes en especies de vida corta ya que pueden restaurar un stock deprimido con dos años de buenos reclutamientos y viceversa. Al respecto la incertidumbre sobre la magnitud del reclutamiento es la que enfrenta el administrador de recursos para una pesquería altamente variable, la solución al respecto es disponer de información de un sistema de monitoreo permanente, asociado a evaluaciones directas del stock desovante y reclutamiento. Además se deben efectuar re-estimaciones de las capturas totales permisibles al interior del año, como las efectuadas en el stock de anchoveta en Sudáfrica.

#### **5.19 BENEFICIOS PARA LA ADMINISTRACIÓN PESQUERA DE APLICAR UNA POLÍTICA DE UN PORCENTAJE DE LA BIOMASA DESOVANTE EN EL STOCK DE SARDINA COMÚN Y ANCHOVETA**

Los beneficios para la Administración Pesquera de aplicar una política de cautelar un stock desovante mínimo son varias y se fundamentan en lo siguiente. Los lineamientos para establecer los planes de manejo en las pesquerías de los Estados Unidos de América (USA), establecen que en una pesquería puede ser permisible algún tipo de sobrepesca por crecimiento en un pulso localizado, pero el manejo debe ser cauteloso respecto a la sobrepesca por reclutamiento.



La expresión de SSB/R señala el valor esperado del potencial reproductivo a lo largo de toda la vida de un recluta promedio, por lo tanto es una expresión importante para determinar el crecimiento potencial de una población. Por lo tanto, cuando se efectúa una razón entre la magnitud del SSB/R virginal y cualquier nivel de mortalidad por pesca, se está midiendo el impacto de la pesca sobre el potencial productivo del stock (Goodyear, 1993).

El uso corriente que se le da a esta razón de stock desovante por recluta ha emergido como consecuencia de desarrollar un concepto para cuantificar la compensación que requiere de una población para su persistencia dado el incremento de la mortalidad y la productividad de las pesquerías. El concepto de SSB/R es ampliamente usado en el manejo y conservación de las pesquerías de USA, bajo el **Acta Magnuson**, que postula que un porcentaje del SSB/R no debe ser capturado. La implementación de un %SSB/R intenta que el riesgo sea adverso a través de la selección de un nivel mínimo de stock desovante sobre el cual los stocks mantienen una productividad aceptable.

En tal sentido, Mace y Sissenwine(1993) realizaron un estudio y notaron que la mayoría de las definiciones de sobrepesca por reclutamiento estaban basadas sobre un nivel umbral de un porcentaje del stock desovante por recluta (%SSB/R). Estos niveles umbrales habían sido elegidos arbitrariamente a partir de un rango que fluctuaba entre 20 a un 35% del stock desovante virginal.

Los niveles umbrales de reemplazo pueden ser estimados con datos de stock-reclutamiento, usando la hipótesis conservativa de que la mediana de las razones de los sobrevivientes observados es un estimado de la tasa de sobrevivencia promedio máxima. En una investigación realizada en recursos pesqueros de Europa y USA indican que el nivel umbral del %SSB/R es levemente menor que el 20%. En algunas especies como por ejemplo el bacalao del Atlántico y la mayoría de los



peces planos tienen bajos niveles umbrales 20%, lo cual implica una alta resiliencia a la pesca; mientras que los gádidos y muchas otras especies pelágicas tienen valores más altos que fluctúan entre un 40 y 60%, por lo tanto tienen baja resiliencia. Mace y Sissenwine (1993) en la tabla 3 de su artículo mencionan que para 10 stock de peces pelágicos el %SSB/R de reemplazo tuvo un valor promedio de 37,5% y una mediana de 37,6 % y el rango fluctuó entre 6,8 y 65,4%.

En este sentido los valores que se obtuvieron tanto para sardina común y anchoveta concuerdan con este análisis en el sentido que aplicar una política de mortalidad por pesca de  $F_{1/3}$  que significa dejar un remanente de un 33,3 %SSB/R del stock virginal conduce en ambos casos a la sobrepesca por reclutamiento y no es recomendable. En cambio aplicar en ambos stock una política de  $F_{2/3}$  que traducidos en términos de un %SSB/R representa un 66.6%, es sustentable y además recomendable.

Existen otras consideraciones respecto a la aplicación de este %SSB/R debido a que esta variable se correlaciona positivamente con la mortalidad natural interespecífica, es decir peces con una alta mortalidad natural como la sardina común ( $M=1,2$ ) y la anchoveta ( $M=0,7$ ) tienen umbrales altos de %SSB/R, mientras que los que tienen mortalidad natural baja presentan umbrales menores.

También se ha establecido que el %SSB/R se correlaciona negativamente con el peso promedio máximo de los peces y con el peso promedio del pez al 50% de desove. En el caso de sardina común y anchoveta el peso promedio máximo y el peso del pez al 50% al desove son bajos comparados con otros grupos taxonómicos de peces, lo cual nuevamente sustenta el hecho de tener niveles umbrales altos.

El nivel de mortalidad por pesca  $F_{1/3}$  puede definirse como un nivel apropiado de explotar los stocks de sardina común y anchoveta y consecuentemente se evitaría el riesgo de sobrepesca por reclutamiento. Cabe señalar que en aquellas pesquerías



que no se dispone de información de stock-reclutamiento se recomienda seleccionar como una estimación preliminar un nivel umbral de %SSB/R considerando la similitud taxonómica y los parámetros del ciclo vital de la especie en estudio.



## 6. CONCLUSIONES

En estos últimos años, la pesquería mixta de sardina común y anchoveta se caracterizó por el aumento de la participación de la flota artesanal en los niveles de desembarque, superando a la flota industrial. El desembarque de sardina común y anchoveta presenta un fuerte componente estacional debido a los pulsos del reclutamiento.

La estandarización de la CPUE de la sardina común y anchoveta se llevó a cabo con un modelo multiplicativo que consideró los factores año, zona de pesca y categoría de embarcación. Los valores de la CPUE estándar calculados por el modelo son considerados adecuados y se utilizan como información auxiliar para fines de evaluación de stock. El modelo multiplicativo fue estadísticamente significativo y explica el 50% de la variación de la CPUE en sardina común y un 54% de la variación en la anchoveta.

El análisis multiplicativo muestra que en la pesquería de sardina común se ha producido una disminución paulatina de la CPUE estándar, particularmente desde 1993 a 1996. En este caso particular, las variaciones se explican por el factor zona de pesca y categoría de los barcos siendo menor el efecto año.

En relación a la CPUE estándar de la anchoveta, el análisis multiplicativo muestra una tendencia general creciente en el período 1990-1996. En este caso, las variaciones de la CPUE se explican por el efecto de categoría de los barco, zona de pesca y finalmente el efecto año.

La evaluación del stock de la sardina común indica que la biomasa parental presenta una tendencia general descendente, con oscilaciones que provienen de variaciones



del reclutamiento. Sin embargo, en los últimos años el reclutamiento muestra una tendencia errática, debido al incremento de la mortalidad por pesca que afecta preferentemente a la biomasa parental (grupo de edad 1 y 2). La tasa de mortalidad por pesca, en general, ha sido superior al valor de  $F_{1/3}$ ,  $F_{2/3}$  y  $F_{0,1}$ .

Esta situación señala que la pesca que realiza la flota industrial y artesanal, ha sobre-explotado el stock parental reduciéndolo a nivel inferior a 1/3 de la biomasa virginal, condición que ha provocado que el stock se comporte de manera errática. Otro aspecto interesante es que la talla de primera madurez de la sardina común se alcanza tardíamente al 1º año. Esto significa que el patrón de explotación está bajo la ojiva de madurez; por lo tanto se debe evitar una sobre-pesca por crecimiento que reduce la posibilidad que nuevos reclutamientos se integren al stock parental. Por otra parte, el stock parental se encuentra con elevadas tasas de explotación y presenta sobre-explotación por reclutamiento. Esta última descripción implica que se debe adoptar una estrategia de explotación basada en la protección de un stock desovante mínimo.

Los resultados de ADAPT muestran que el nivel actual de explotación supera las estrategias de explotación de  $F_{2/3}$  y  $F_{0,1}$ . Por otra parte, la política de  $F_{\text{máx}}$  se obtiene con niveles de mortalidad por pesca mayores y en la realidad no es factible aplicar. Aunque los resultados de la evaluación de stock muestra tasas de explotación elevadas y de ser efectiva la notable disminución del stock parental por una sobrepesca intensa, se debe recomendar medidas de administración tendientes a reducir la mortalidad por pesca y proteger un stock desovante mínimo.

La evaluación del stock de anchoveta, señala que la biomasa total, la biomasa desovante y el reclutamiento presenta una tendencia general creciente, con escasas oscilaciones. La tasa de mortalidad por pesca en general es levemente superior a  $F_{2/3}$  y cercano al valor  $F_{F=M}$  y no ha detenido el incremento de stock. Esta situación



implica que la pesca de la flota cerquera industrial y artesanal no ha sobre-explotado el stock y no se advierten síntomas de sobre-explotación por crecimiento y/o reclutamiento. Por otra parte, la anchoveta alcanza la talla de primera madurez entre los 10 a 12 meses de vida; ésto implica que el patrón de explotación se sobrepone con la ojiva de madurez; por lo tanto, no se espera una sobrepesca por crecimiento, sino más bien debiera ocurrir la sobrepesca por reclutamiento (reducción de stock parental). Esto último conduce a que se puede adoptar estrategias de explotación tales como: tasa de explotación constante, tasa de explotación variable o biomasa de escape. En general, para los stock de peces pelágicos se recomienda proteger un stock desovante mínimo.

Los resultados del ADAPT muestran que el nivel actual de explotación es equivalente al  $F_{2/3}$  y está debajo de  $F_{0,1}$  y lejano de  $F_{máx}$ . Esta última estrategia no es factible de implementar, debido a que se logra con niveles de esfuerzo inexistentes para esta pesquería. Aunque los resultados de la evaluación de stock señalan una baja tasa de explotación, de ser efectiva esta tendencia creciente del stock de anchoveta, se deben adoptar medidas tendientes a proteger el stock desovante mínimo, debido a que el stock se encuentra en la fase denso-independiente.

El análisis comparativo de las evaluaciones de stock para la sardina común y anchoveta señala que existen diferencias máximas en la abundancia de un 5,4% y 1%, respectivamente. Para ambos stocks estas diferencias son mínimas en términos de tasa de mortalidad por pesca y biomasa (< 5%).

El análisis de riesgo de las estrategias para la sardina común señala que la estrategia de explotación que evita la sobrepesca por crecimiento como  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$  son magnitudes que generan una sobrepesca del stock y conduce al colapso de la pesquería.



En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento como  $F_{2/3}$  y  $F_{1/3}$ , ambas tienen una alta probabilidad de colapso de un 76 y 97%; por lo tanto, la estrategia de explotación recomendada debe ser inferior a  $F_{2/3}$ . La estrategia de explotación de  $F_{F=M}$  es una magnitud excesiva y también genera una declinación del stock y su colapso.

En anchoveta, las estrategias de explotación que evitan la sobrepesca por crecimiento como  $F_{0,1}$  y  $F_{rep}$  son magnitudes superiores a las que ha soportado el stock y pueden generar una sobrepesca del stock y tienen una alta probabilidad de colapso. Ambas estrategias no son recomendables de adoptar.

En relación a las estrategias de explotación que tienden a evitar la sobrepesca por reclutamiento como  $F_{2/3}$ , es la más conservadora del stock y es aproximadamente el nivel actual de explotación. Esta magnitud no frena el crecimiento poblacional de la anchoveta, sino más bien en el corto plazo aumenta y en el lapso de una generación de anchovetas mantiene las actuales capturas. Esta estrategia de explotación en un lapso de 20 años presenta una baja probabilidad de colapso del stock (2,4%) y puede mantener capturas de 389 mil toneladas anuales.

La otra estrategia de explotación que evita la sobre-pesca por crecimiento  $F_{1/3}$  es un nivel superior al experimentado por el stock de anchoveta e inclusive a  $F_{0,1}$  y no es recomendable. La estrategia de explotación  $F_{F=M}$  es una magnitud que ha soportado el stock de anchoveta, no es un nivel excesivo de mortalidad por pesca, la cual permite mantener los actuales niveles de captura y su probabilidad de colapso es bajo (4,6).





## 7. BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, M. 1980. Determinación de edad de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) de Talcahuano. En: Perspectivas de Desarrollo de las Pesquerías Nacionales. Dinámica Poblacional de sardina y anchoveta, zona de Talcahuano. Corporación de Fomento de la Producción. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile. 20-36 p. (AP 80-3).
- Aguayo, M. y S. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) en Coquimbo y Talcahuano. Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile, 27 : 55.
- Barría, P. 1996. Investigación evaluación del stock de anchoveta 1995, I y II región. Informe final. IFOP-SUBPESCA. 31 p. + 12 anexos.
- Beverton R.J.H. & S.J. Holt. 1957. *On the dynamic of exploited fish populations*. Fisheries Invesment Series 2, Vol. 19 U.K. Ministry of Agriculture and Fisheries, London.
- Butterworth, D.S., J.A.A. De Oliveira y K.L.Cochrane 1993. Current initiatives in refining the Management Procedure for the South African anchovy resoure. In : G. Krause, D.M. Eggers, R.J.Marasco, C. Pautzke and T.J. Quinn II (Eds.). Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations. Alaska Sea Grant College Program Report N° 93-02, University of Alaska Fairbanks.439- 772 pp.



- Clark L., 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. In : G. Krause, D.M. Eggers, R.J. Marasco, C. Pautzke and T.J. Quinn II (Eds.). Proceedings of the International Symposium on Management strategies for Exploited fish Populations. Alaska Sea Grant College Program Report N° 93-02, University of Alaska Fairbanks. 233-246 pp.
- Cubillos, L; H. Arancibia. 1993. Analisis de la pesquería de la sardina común (**Strangomera bentincki**) y anchoveta (**Engraulis ringens**) del área de Talcahuano, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 21:3-21.
- Cubillos, L; H. Arancibia. 1993. On the seasonal growth of common sardine (**Strangomera bentincki**) and anchovy (**Engraulis ringens**) off Talcahuano Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 28(1):43-49.
- Cubillos, L; Alarcón, R; Arancibia, H; Vilugrón L; Bucaray, D; Canales, M; Galaz, L; Hernández, A; Miranda, L; Barrueto, C; Vásquez, G; y R. Gili. 1996. Evaluación de la pesquería y del stock de sardina común en la zona Centro-Sur. Informe Final. Proyecto FIP 94-11. 97 pp + Anexos.
- Dannevig, E.H. 1933. On the age and growth of the cod (**Gadus callarias** L.) from the norwegian Skagerrack Coast. Rep. Norw. Fish and Mar. Inv. 4 (1):145, 4 láminas.
- FAO. 1993. Reference point for fishery management: their potential applications to straddling and highly migratory resources. FAO fisheries Circular N°864. 52 p. Rome.



- FAO. 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1. Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. Elaborated by Technical Consultation on the Precautionary Approach to Capture Fisheries (Including Species Introductions). Lysekil, Sweden, 6-13 June 1995 (A scientific meeting organized by the Government of Sweden in cooperation with FAO). FAO Fisheries Technical Paper. N° 350. Part 1., 47 pp. Rome.
- Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:2272-2275.
- Goodyear, C.P. 1993. Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: foundation and current use. In: Smith, S.J., J.J. Hunt, and D. Rivard (ed.) Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 120:67-82.
- Gulland, J. A. 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fishery Inves.*, Lond. Ser. 2, 20(5): 41 pp.
- Hilborn R. y C.J. Walters, 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman & Hall, New York. 570 pp.
- Holden, M.J. and D.F.S. Raitt (Eds.) 1975. **Doc.Téc.FAO Pesca** (115) Rev. 1:211 p. Manual de ciencia pesquera. Parte 2 - Métodos para investigar los recursos y su aplicación.
- Kimura, D. K. 1981. Standardized measures of relative abundance based on modelling  $\log(\text{cpue})$ , and their application to the Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 39:211-218.



- Kimura, D. K. 1988. Analyzing relative abundance indices with log-linear models. *North American Journal of Fisheries Management* 8:175-180.
- Large, P. A. 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial cpue data. *ICES J. mar. Sci.*, 49:253-261.
- Mace P.M. y M.P. Sissenwine 1993. How much spawning per recruit is enough? In: Smith, S.J., J.J. Hunt, and D. Rivard (ed.) Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 120:101-118.
- Orrego, A. H. 1993. Edad y crecimiento de la sardina común *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) (Pisces: Clupeidae) a través de los microincrementos en los otolitos sagittae. Tesis de Magister en Ciencias, mención Oceanografía, Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 84 p.
- Mac Call, A. D. 1986. Virtual population analysis (VPA) equations for nonhomogeneous populations, and a family of approximations including improvements on Pope's cohort analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:2406-2409.
- Mace, P.M. and M. P. Sissenwine. 1993. How much spawning per recruit is enough?. In: S. J. Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (Eds.) Risk evaluations and biological reference points for fisheries management. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci* 120.
- Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. Int. Comm. Northwest Atl. Fish.* 9:65-74.



- Robotham V., H. 1994. Revisión de los procedimientos estadísticos de muestreo para otolitos conducentes a la elaboración de claves talla-edad y matrices de captura. Informe Técnico. Segundo Taller IFOP-IMARPE. Estandarización de Métodos para la Determinación de la Edad y Crecimiento de anchoveta, Sardina, Jurel y Merluza. Iquique, 6 al 17 de junio de 1994.
- Robson, D. S. 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. Res. Bull. Int. Commn. N. W. Atl. Fish., 3:5-14.
- Serra, J.R., O. Rojas, M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979. Sardina común (*Clupea (Strangomera) bentincki*) En: Estado Actual de las Principales Pesquerías Nacionales. Bases para un Desarrollo Pesquero. Corporación de Fomento de la Producción. Instituto de Fomento Pesquero. Santiago, Chile. 36p (AP 79-18).
- Serra, R., Böhm, G., Nilo M. y M. Donoso 1996. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Proyecto Investigación.
- Shepherd, J. G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the constructions of sustainable yield curves. J. Cons. Int. Explor. Mer 40:67-75.
- Sissenwine M.P. & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on the recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918
- Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 1995. Informe Final, Convenio IFOP-Subsecretaría de Pesca. 68 p. 86 Anexos.



Thompson W.F. & F. H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield, and yield per unit of gear. Rep. Internat. Fish. Comm. N° 8: 23-328.

Thompson, G.G. 1993. A proposal for the shold stock size and fishing mortality rate. In: S.J. Smith, J.J. Hunt, and D. Rivard (Eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci 120.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# FIGURAS

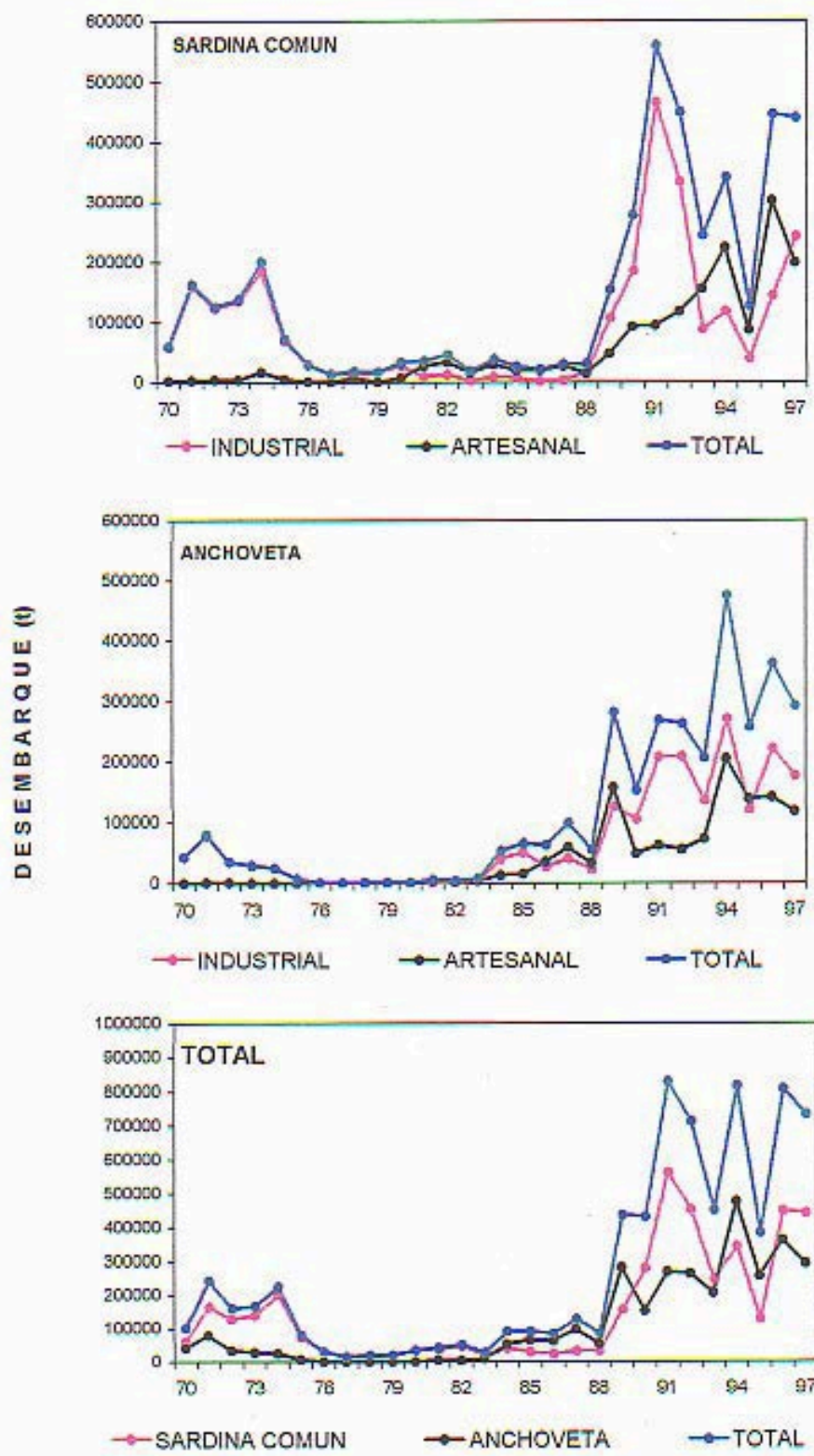


Figura 1 Desembarque de sardina común y anchoveta por tipo de flota que operó en la zona centro-Sur. Período 1990-1997.



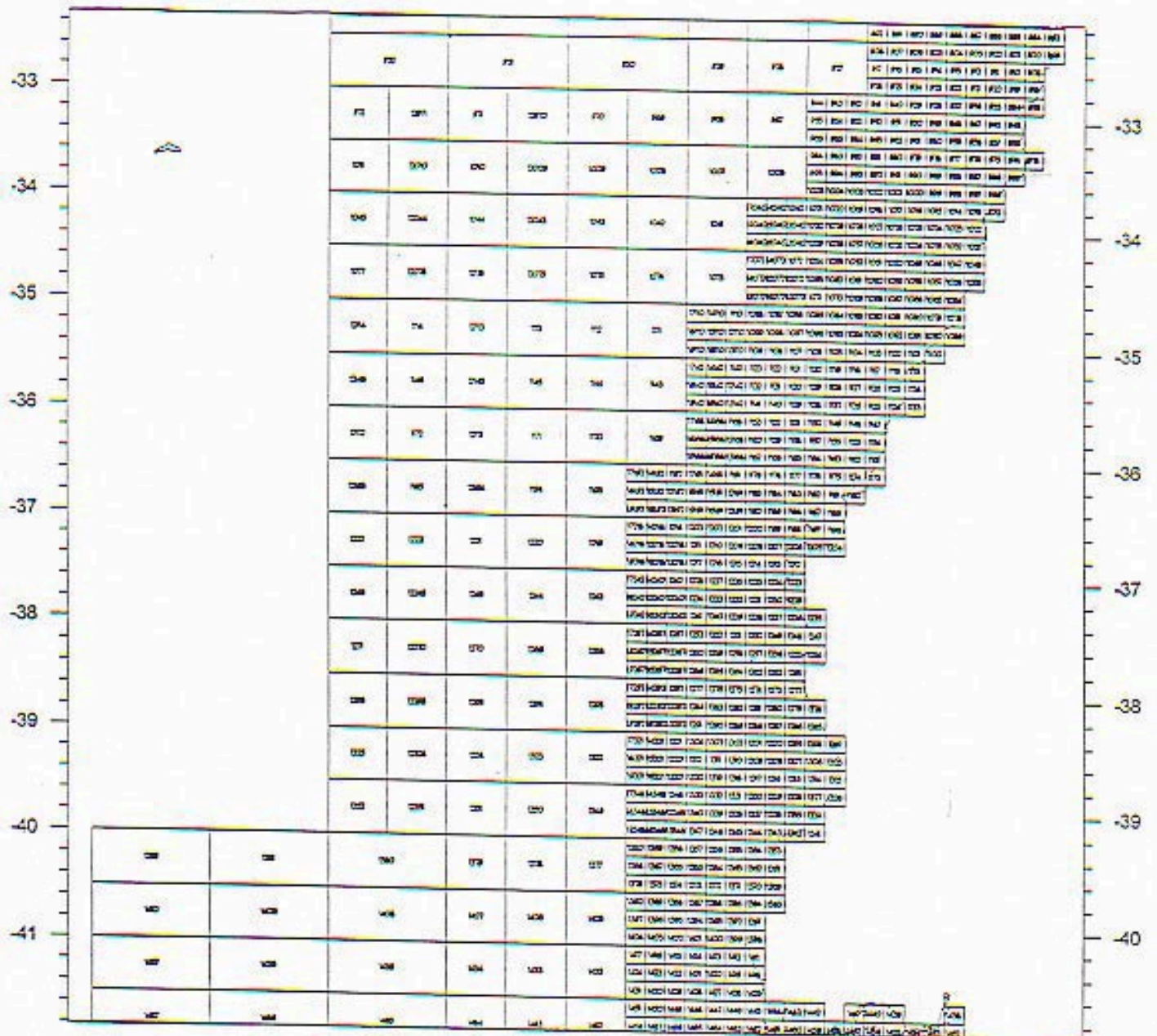


Fig. 2 : Zona de estudio de la pesquería mixta de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile

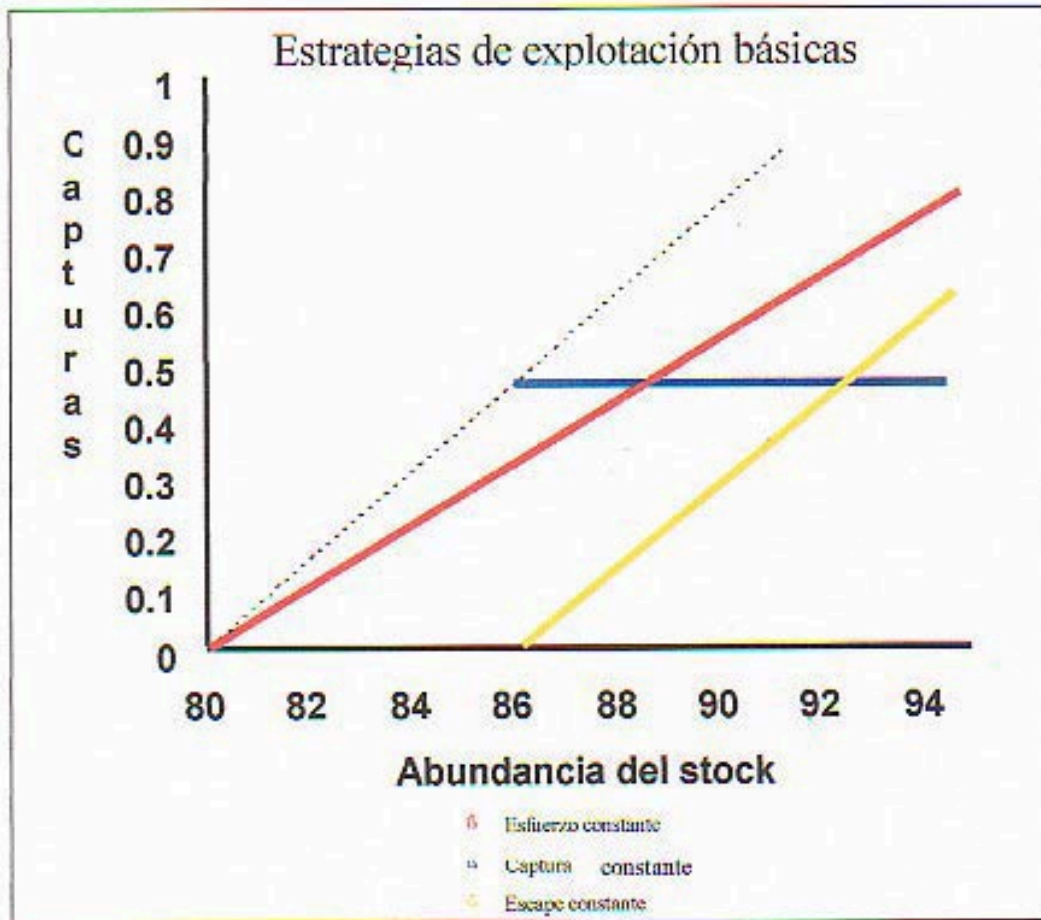


Figura 3 Estrategias de explotación básica.

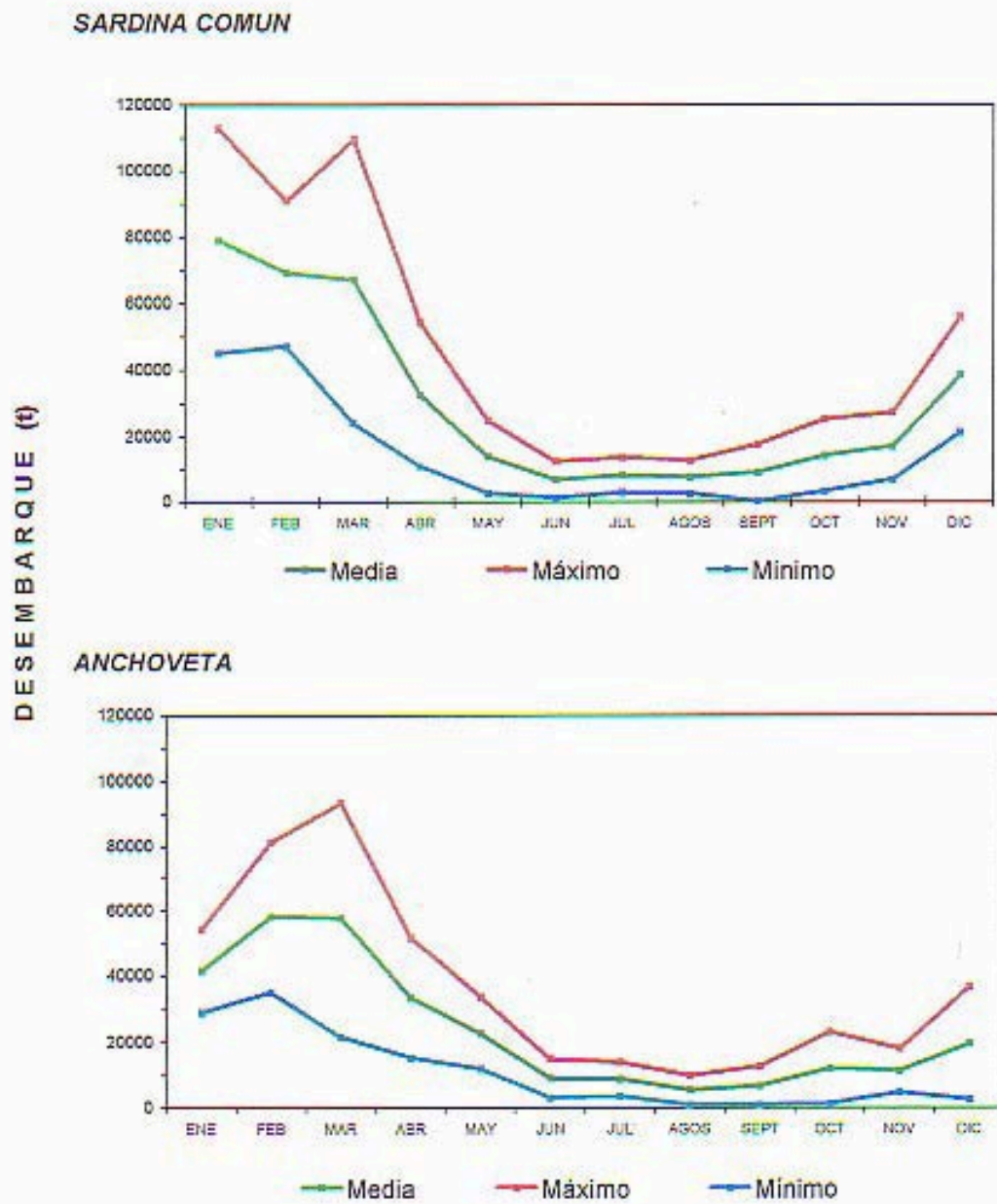
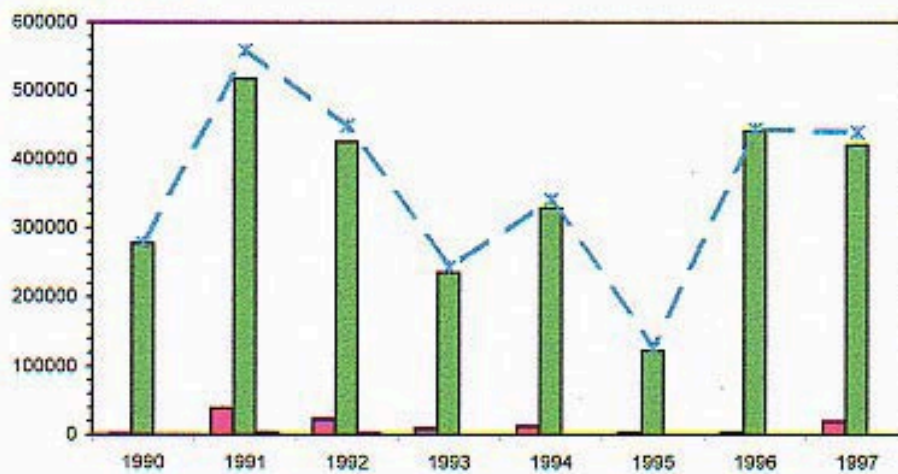


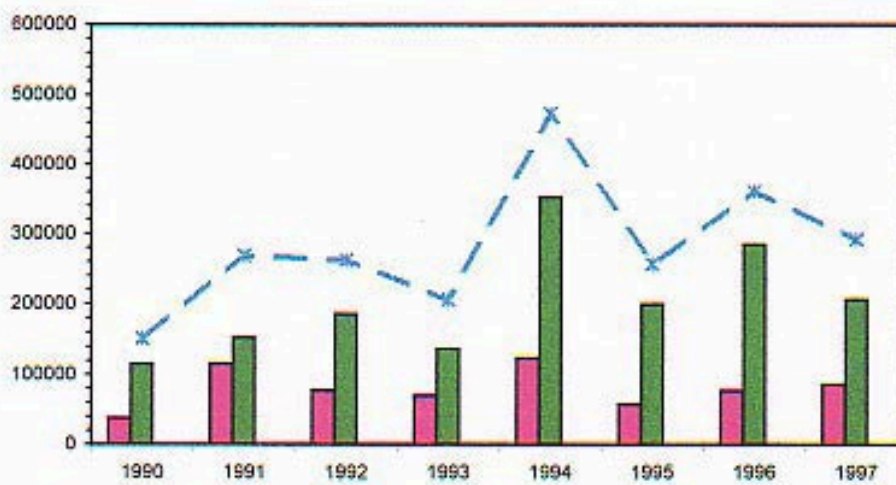
Figura 4 Estacionalidad del desembarque de sardina común y anchoveta obtenida por la flota industrial y artesanal. Periodo 1990-1997.



**SARDINA COMUN**



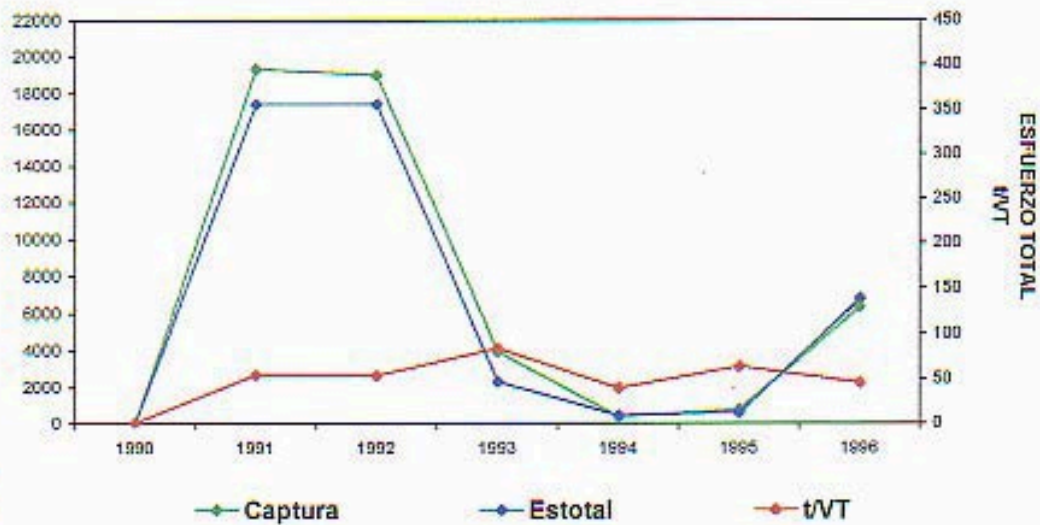
**ANCHOVETA**



San Antonio
  Talcahuano
  Valdivia
  Total

Figura 5 Desembarque total de sardina común y anchoveta por área de pesca en la zona Centro-Sur. Período 1990-1997.

ZONA (06) SAN ANTONIO



CAPTURA (t)

ZONA (07) TALCAHUANO

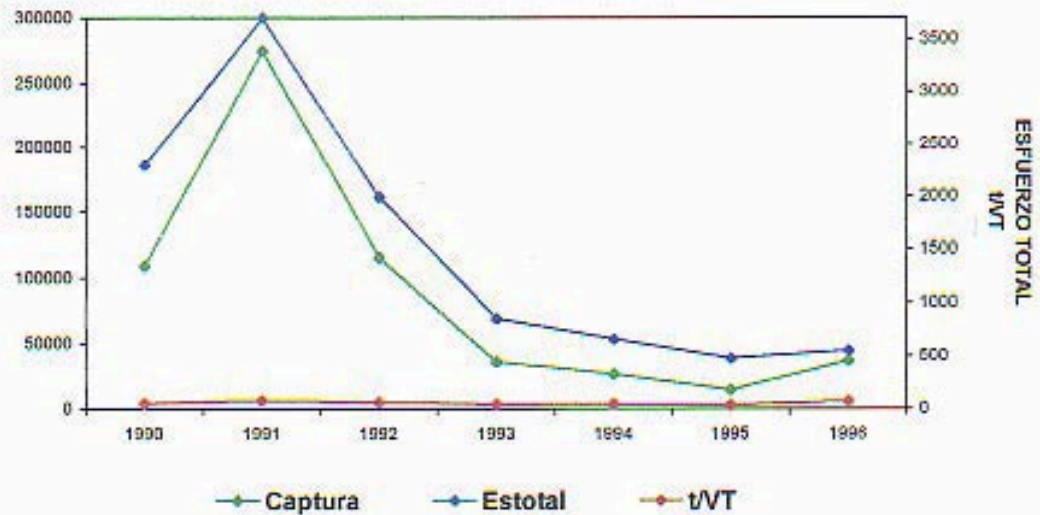


Figura 6 Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó sardina común, en la zona de San Antonio y Talcahuano. Período 1990-1996.

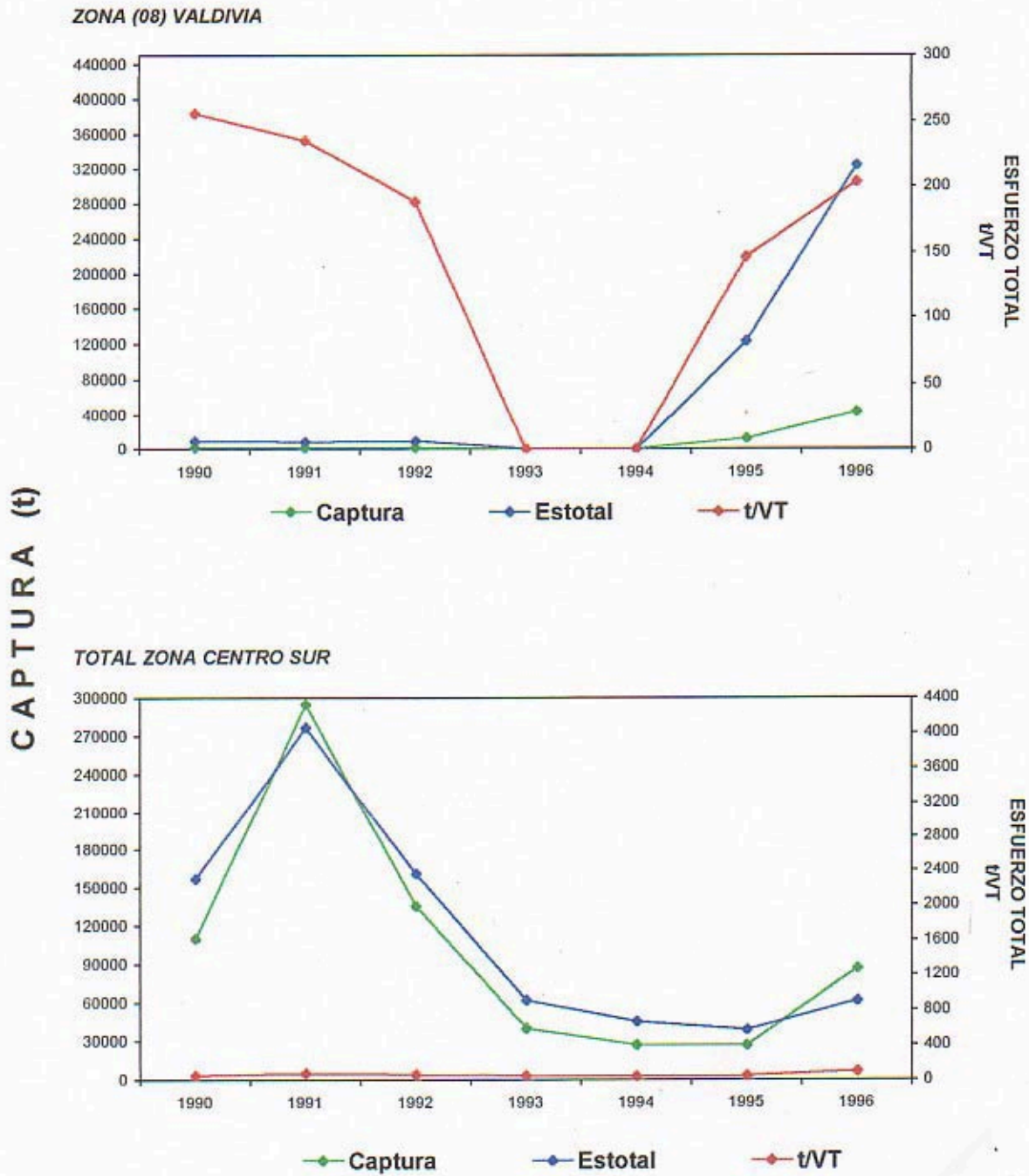


Figura 7 Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó sardina común, en la zona de Valdivia y total Centro-Sur. Período 1990-1996.

SARDINA COMUN

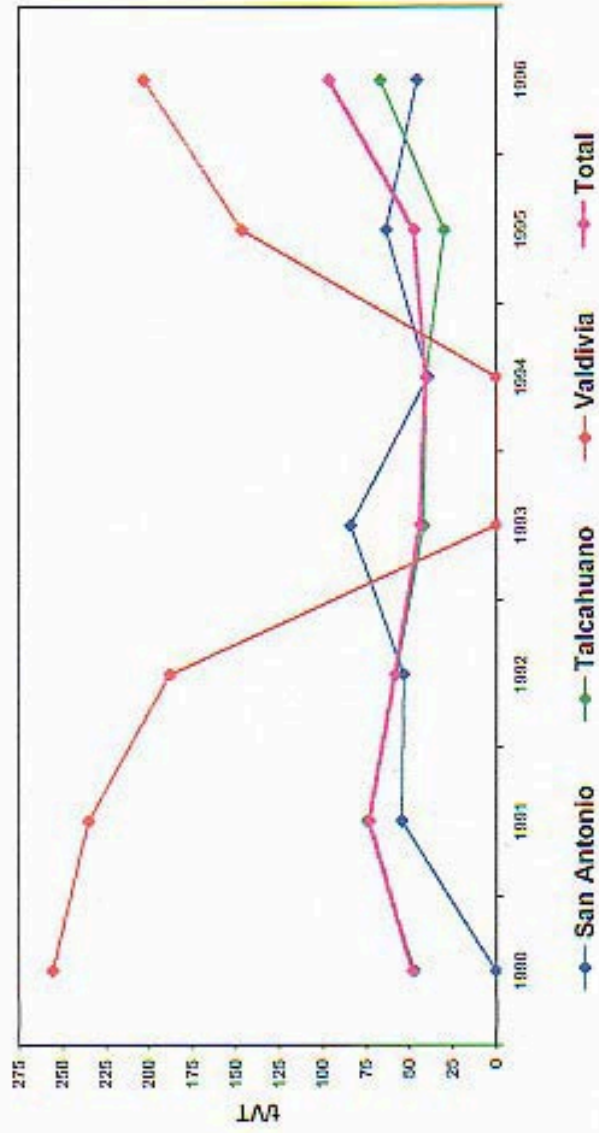


Figura 8 Rendimiento de sardina común de la flota industrial que operó en la zona Centr-Sur. Período 1990-1996.



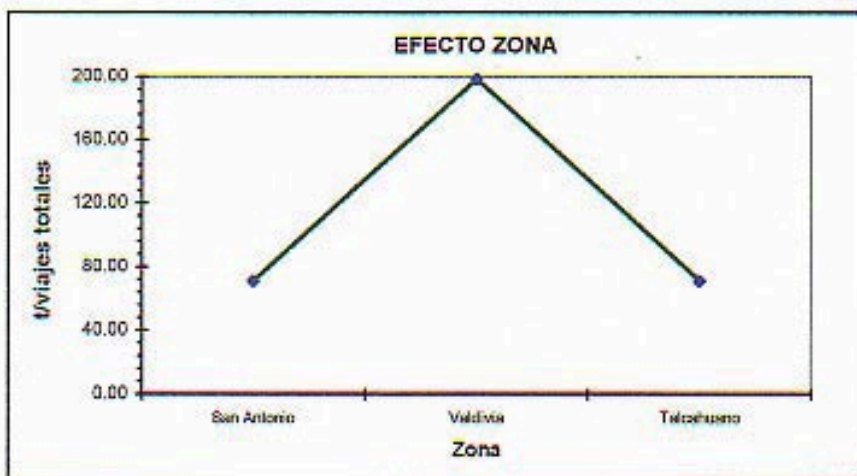
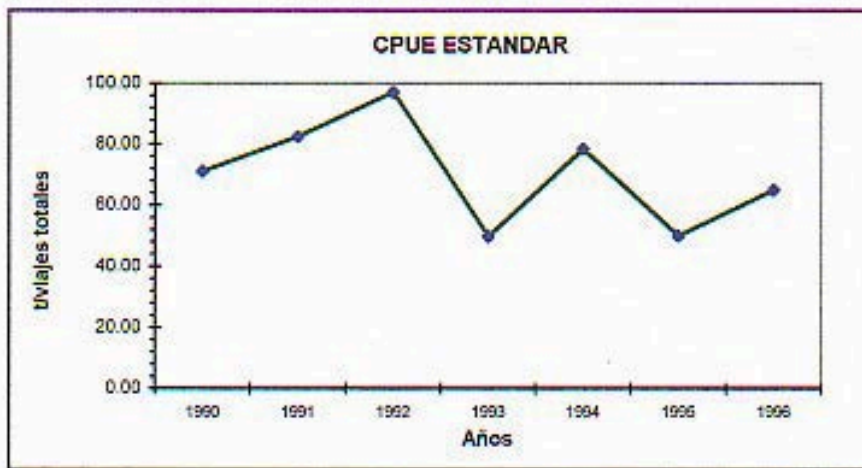
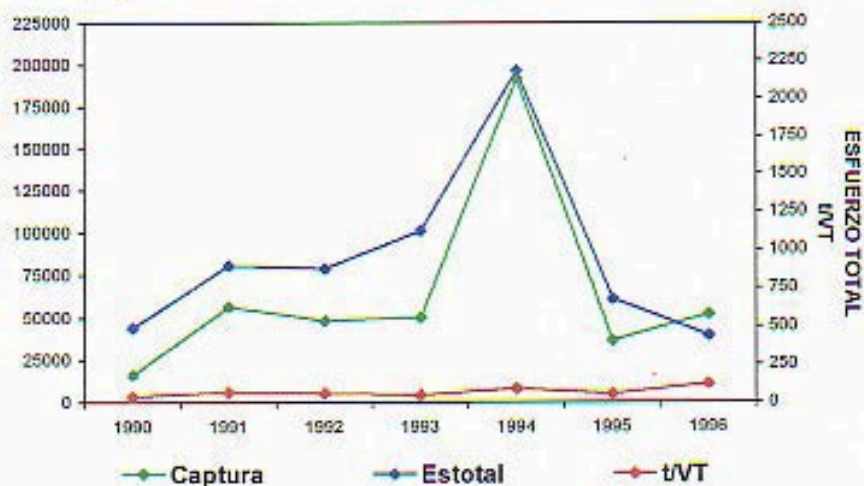


Figura 9 Tendencia de la CPUE estándar de sardina común para el período 1990-1996. Además se indica el efecto de zona y el poder de pesca por categoría de barco.



CAPTURA (t)

**ZONA (06) SAN ANTONIO**



**ZONA (07) TALCAHUANO**

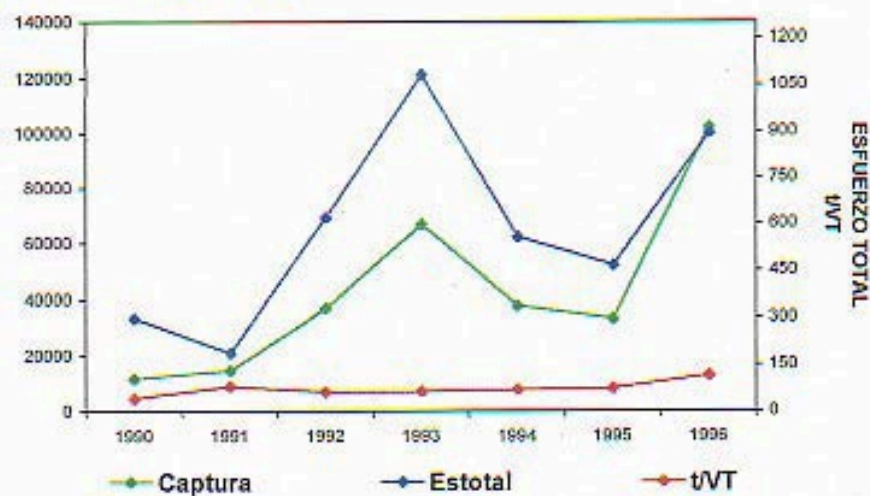


Figura 10 Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta, en la zona de San Antonio y Talcahuano. Período 1990-1996.

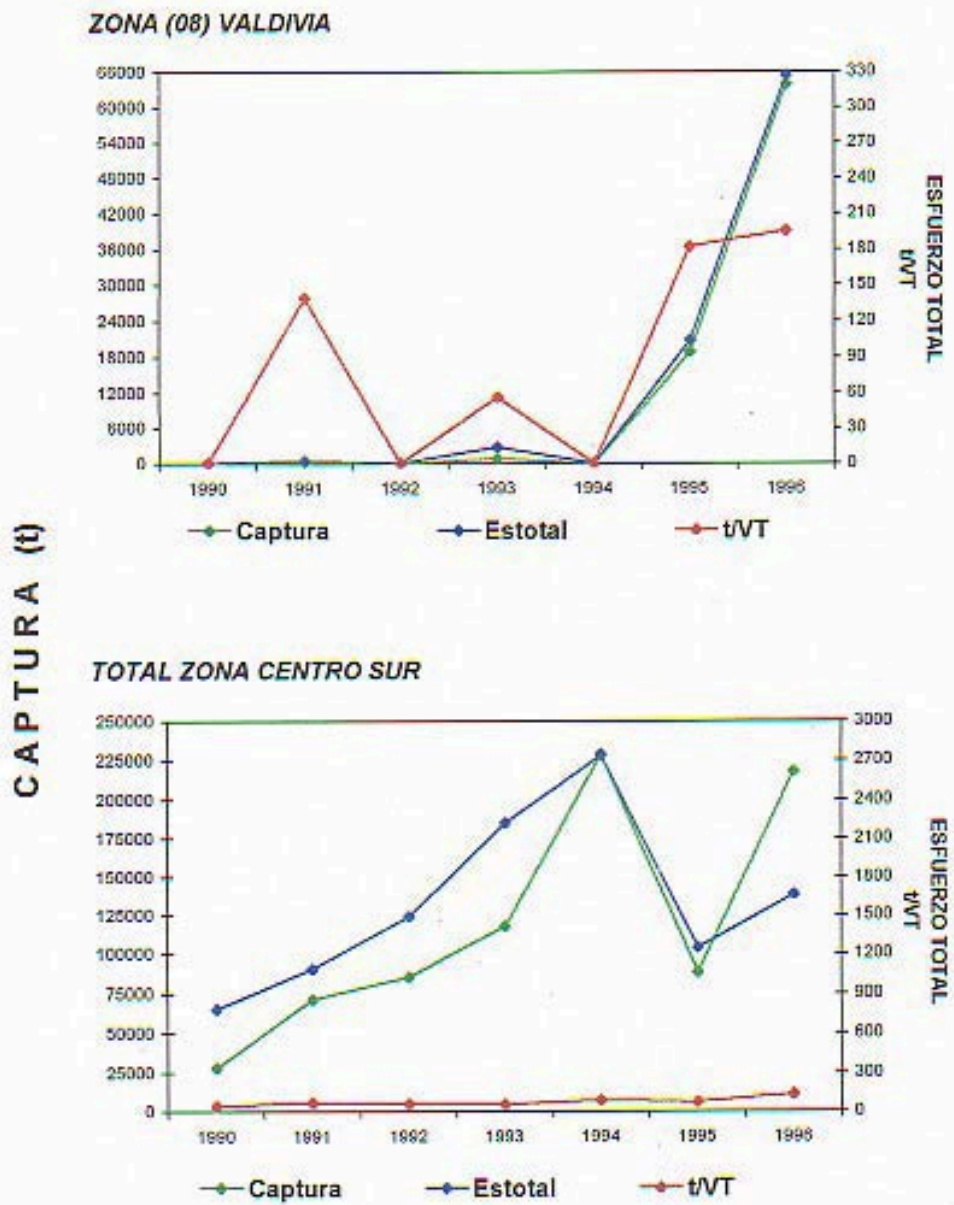


Figura 11 Captura, esfuerzo nominal y rendimiento de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta, en la zona de Valdivia y total Centro-Sur. Período 1990-1996.

ANCHOVETA

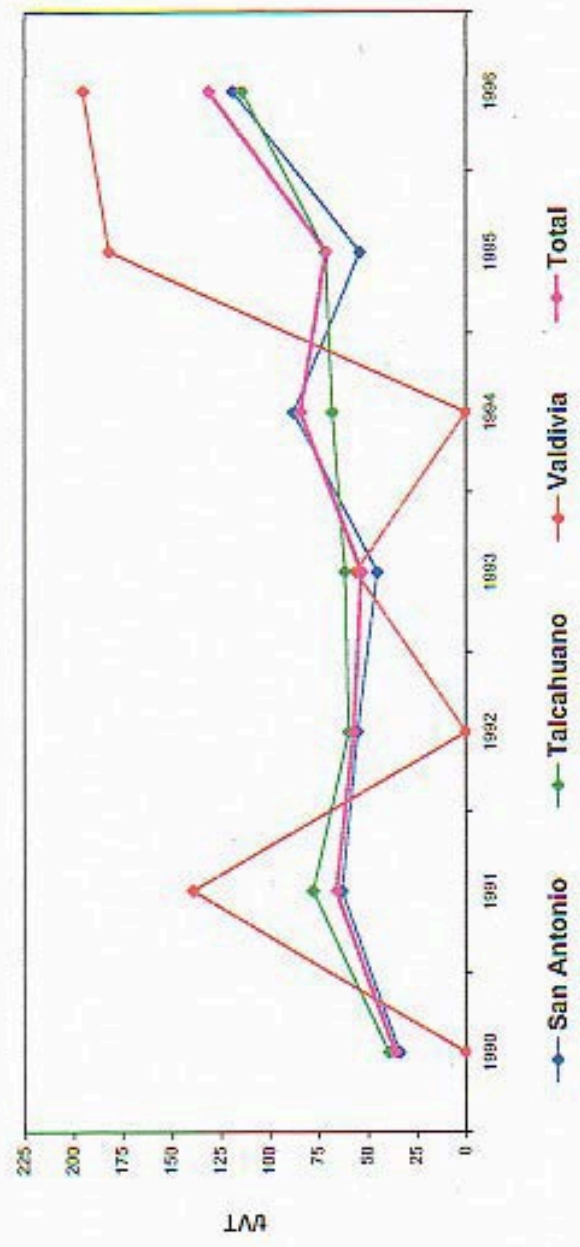


Figura 12 Rendimientos de anchoveta obtenidos por la flota cerquera industrial en la zona Centro-Sur. Periodo 1990-1996.

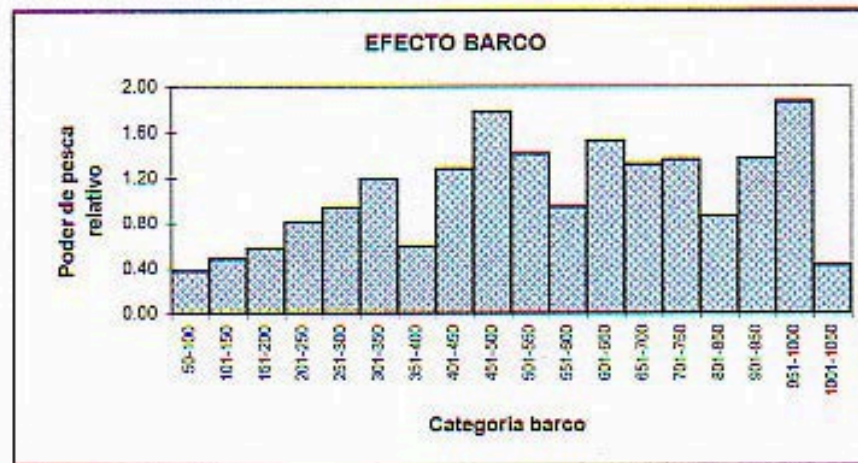
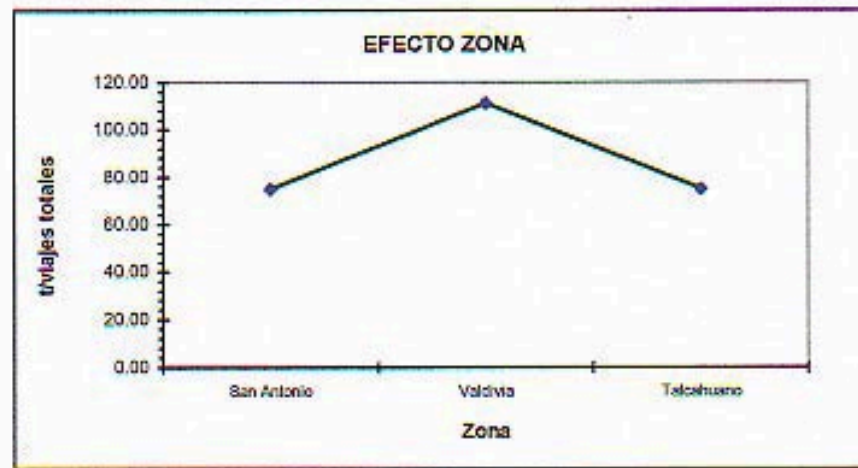
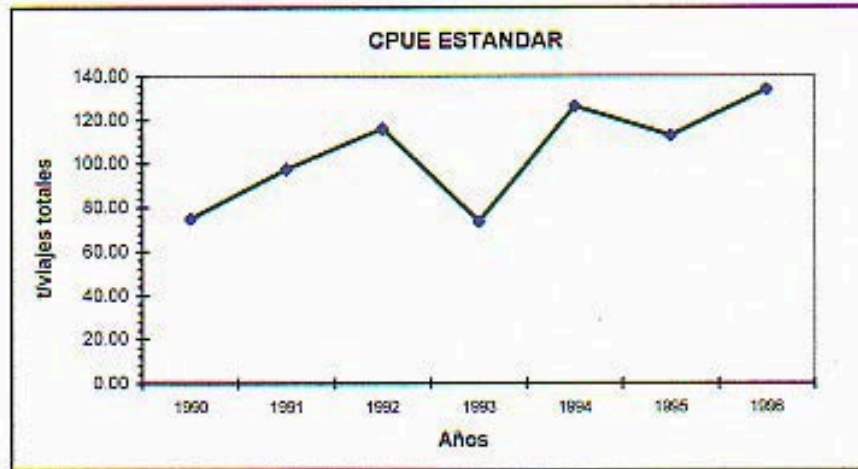


Figura 13 Tendencia de la CPUE estándar de anchoveta para el periodo 1990-1996. Además se indica el efecto de zona y el poder de pesca por categoría de barco.



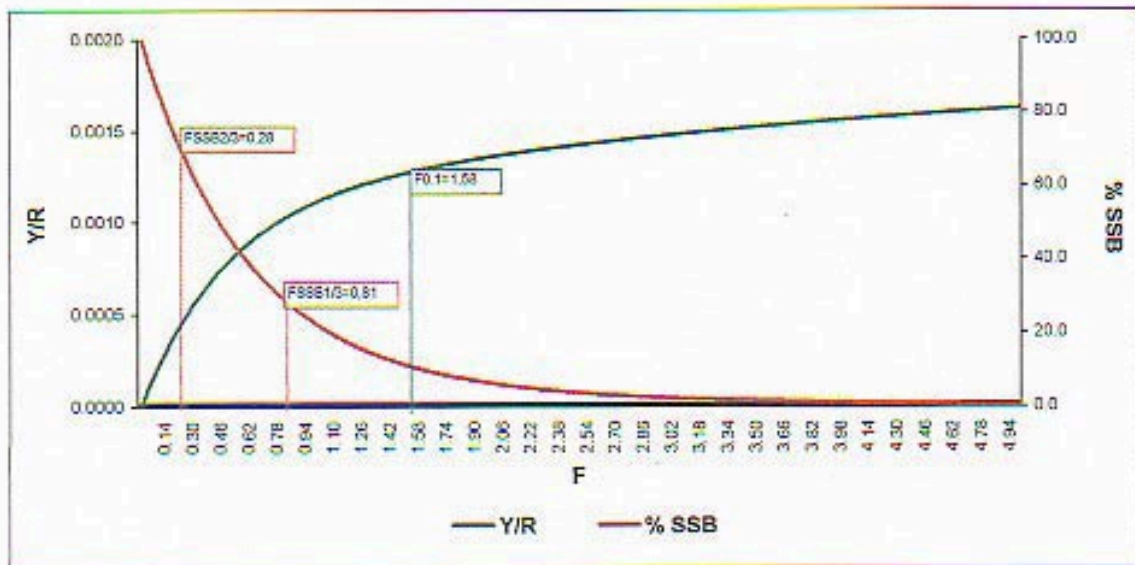


Figura 14 Cálculos de puntos biológicos de referencia para el stock de sardina común de la zona centro-Sur de Chile.

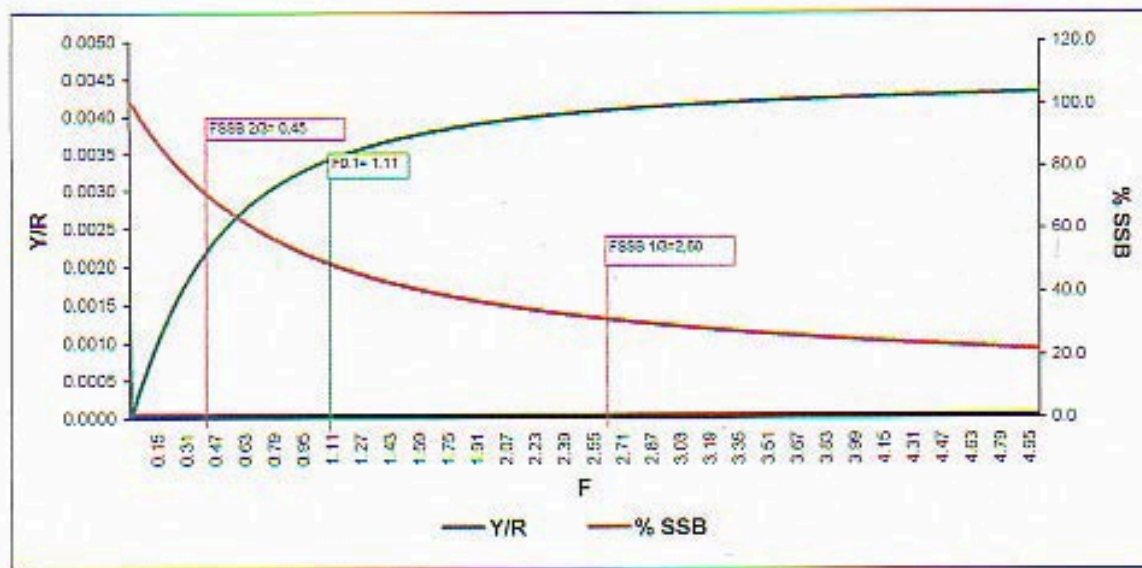


Figura 15 Cálculos de puntos biológicos de referencia para el stock de anchoveta de la zona centro-Sur de Chile.

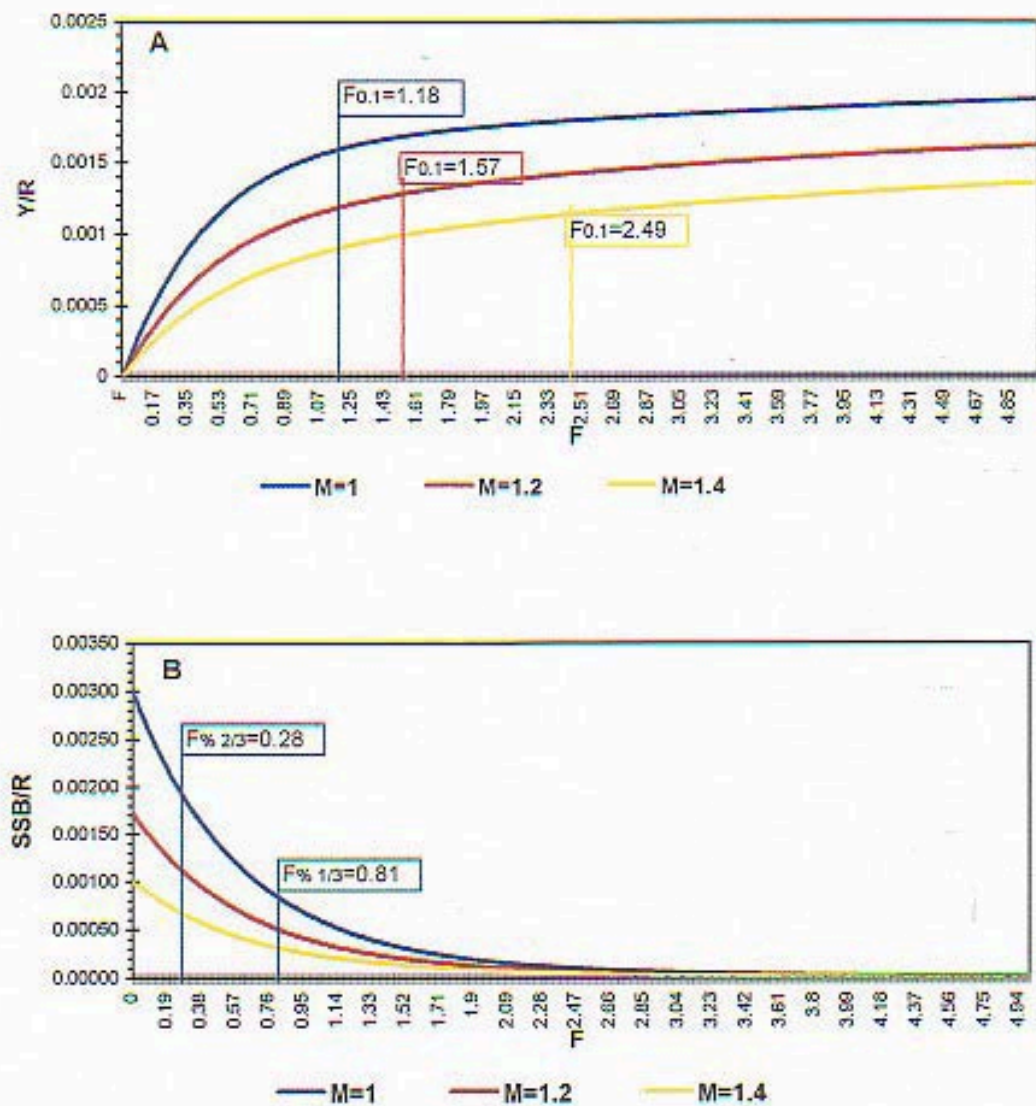


Figura 16 Análisis de sensibilidad de la mortalidad natural en la estimación de los puntos biológicos de sardina común de la zona Centro-Sur. (A) Rendimiento por recluta; (B) Stock desovante por recluta.

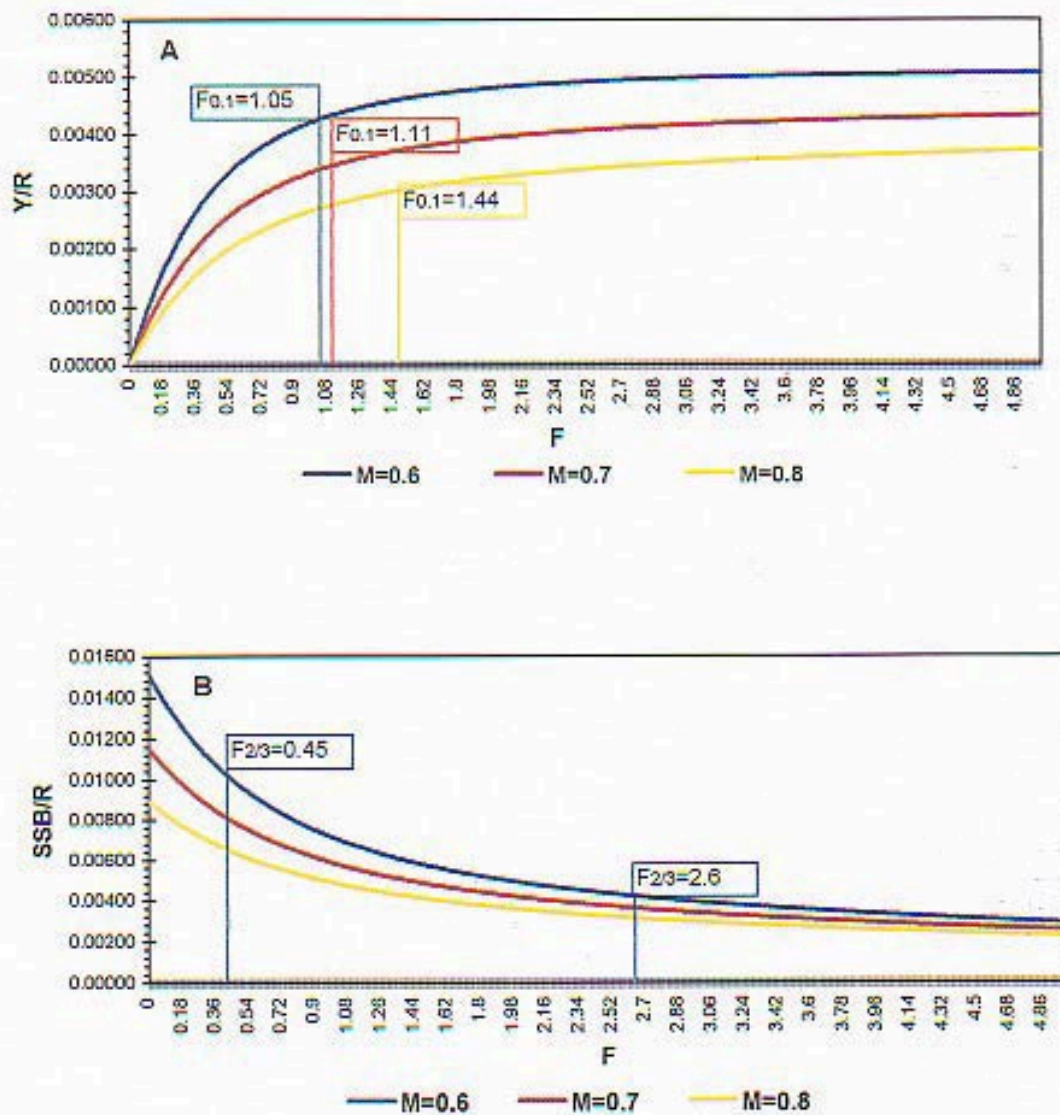


Figura 17 Análisis de sensibilidad de la mortalidad natural en la estimación de los puntos biológicos de anchoveta de la zona Centro-Sur. (A) Rendimiento por recluta; (B) Stock desovante por recluta.



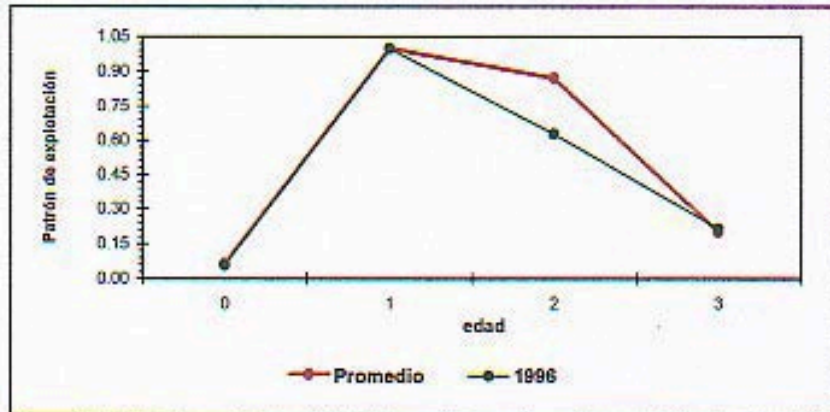


Figura 18 Patrón de explotación del stock de sardina común en la zona Centro-Sur. Promedio 1990-1996 y correspondiente a 1996.

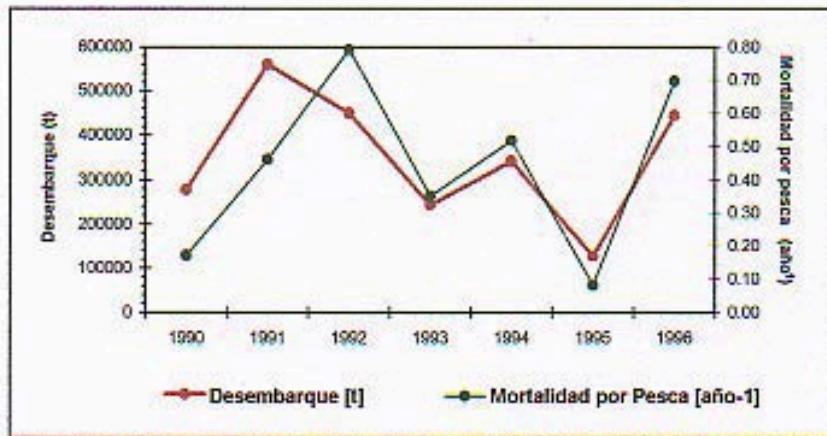


Figura 19 Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

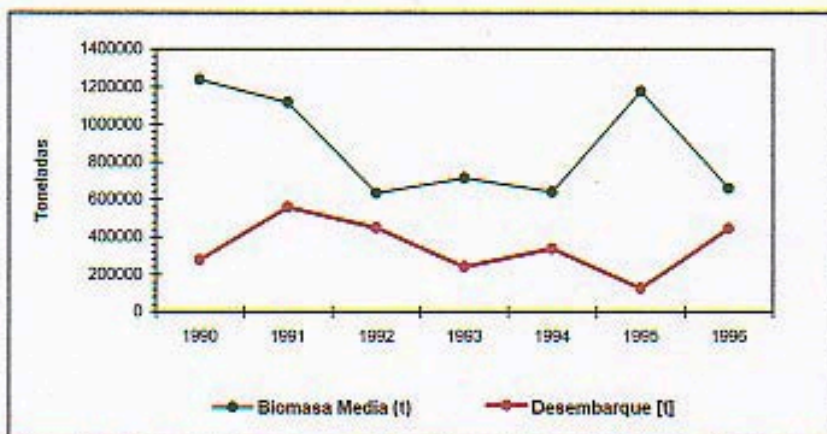


Figura 20 Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.



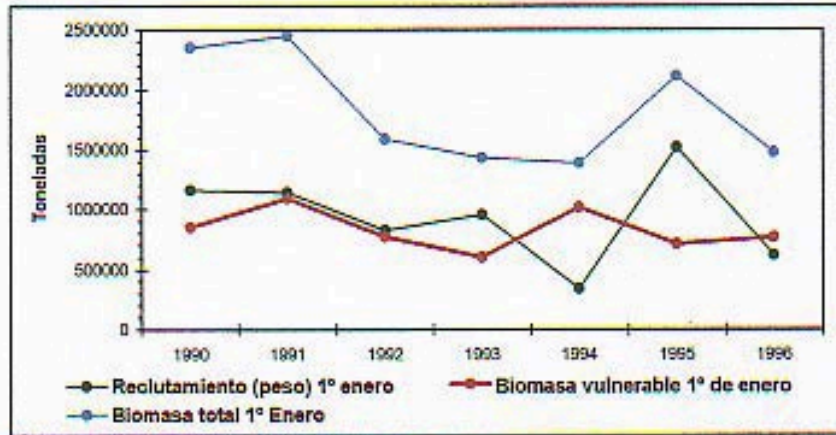


Figura 21 Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1º de enero del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

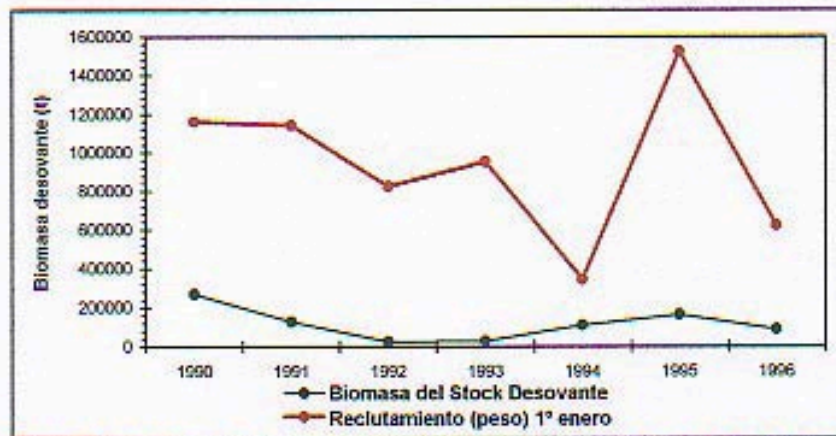


Figura 22 Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de sardina común en la zona Centro-Sur.

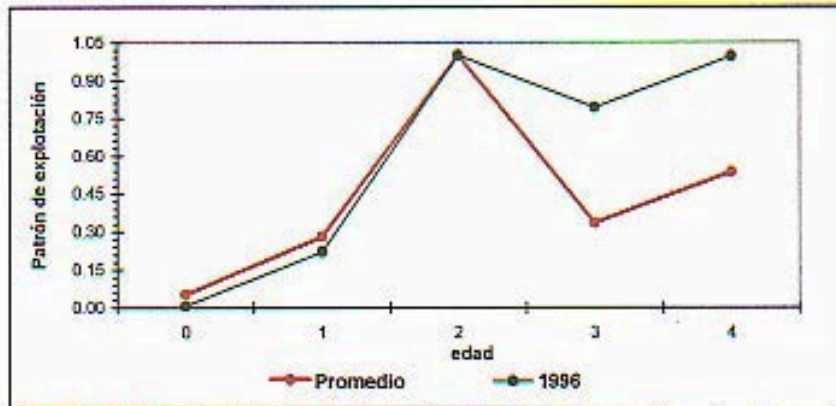


Figura 23 Patrón de explotación del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur. Promedio 1990-1996 y correspondiente a 1996.

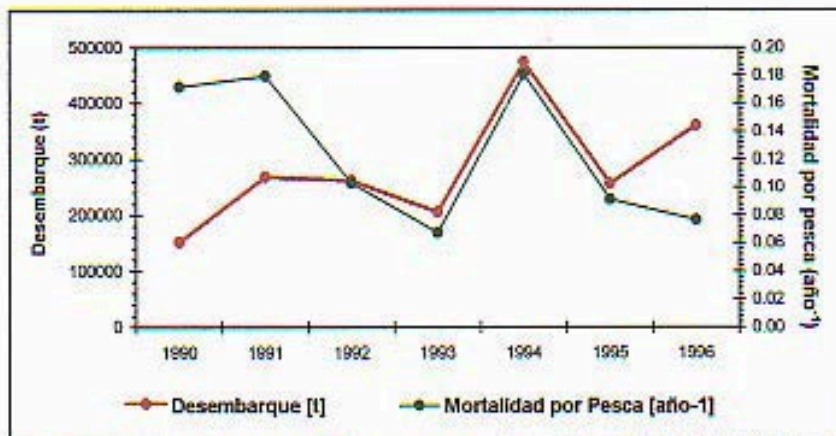


Figura 24 Relación entre la mortalidad por pesca y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

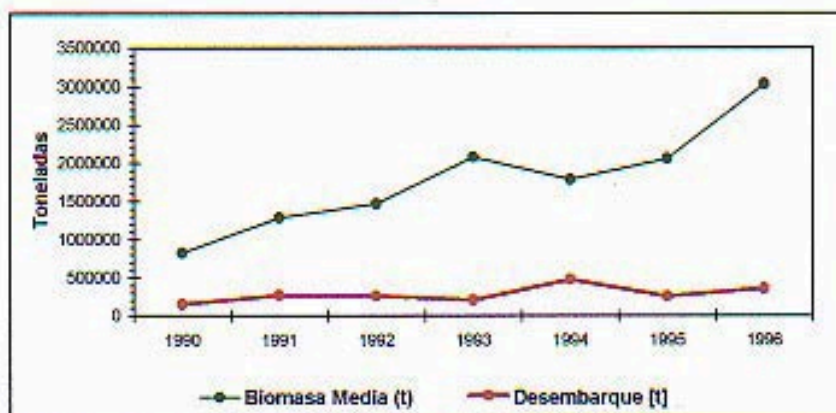


Figura 25 Relación entre la biomasa media y el desembarque del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

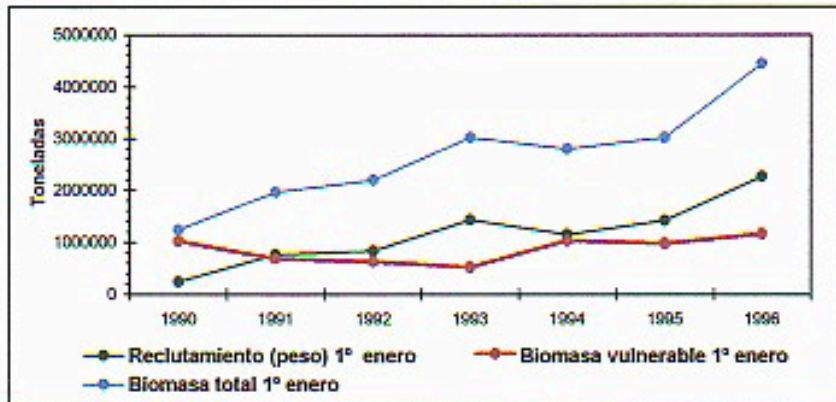


Figura 26 Reclutamiento, biomasa vulnerable y biomasa total al 1° de enero del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

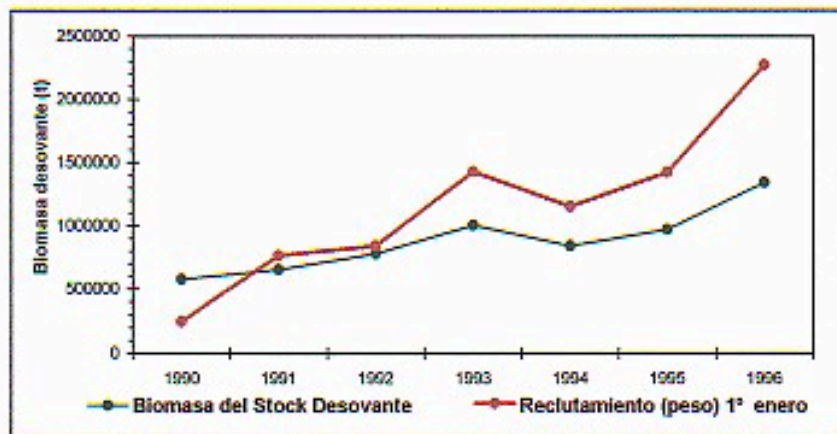


Figura 27 Relación entre la biomasa desovante y el reclutamiento del stock de anchoveta en la zona Centro-Sur.

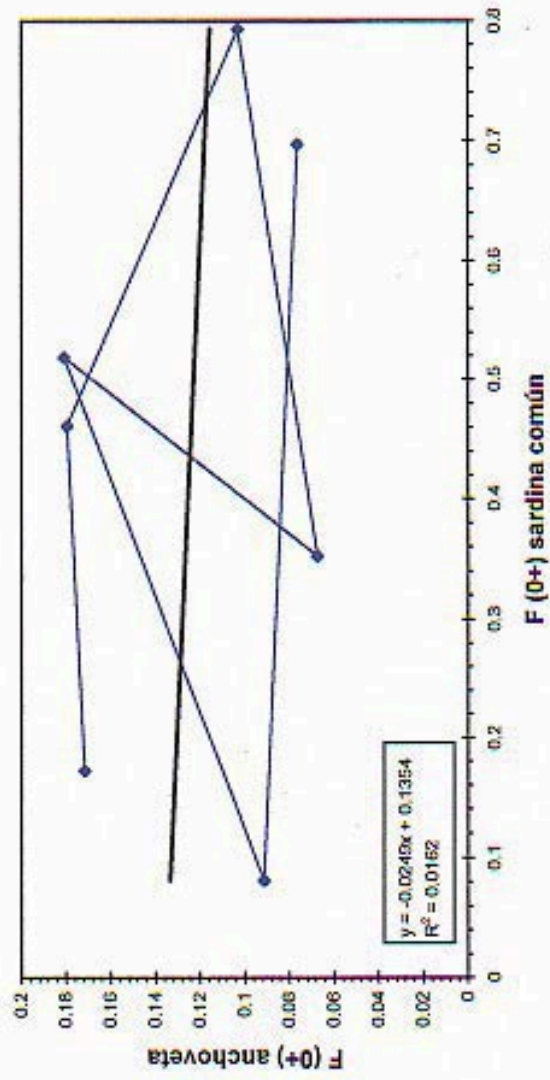


Figura 28 Relación entre la tasa de mortalidad por pesca de la sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur de Chile.



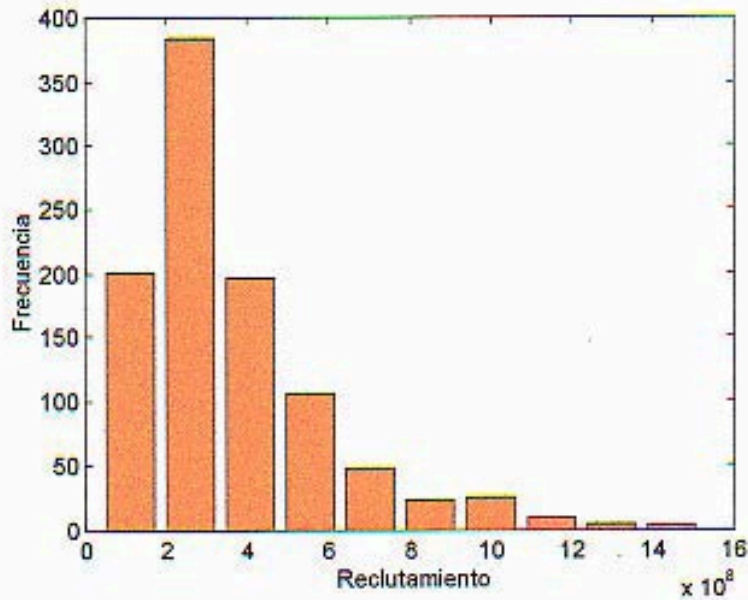


Figura 29a Gráfico de la distribución de 1000 reclutamientos de sardina común simulados para un año cualquiera de la proyección mediante un modelo representado por una media geométrica con desvíos lognormales.

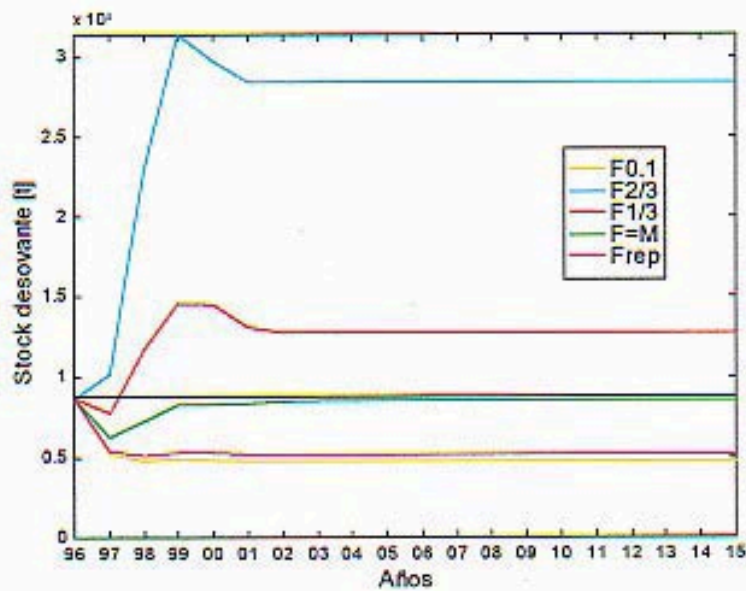


Figura 29b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante =  $0,2 \times S_0$ .

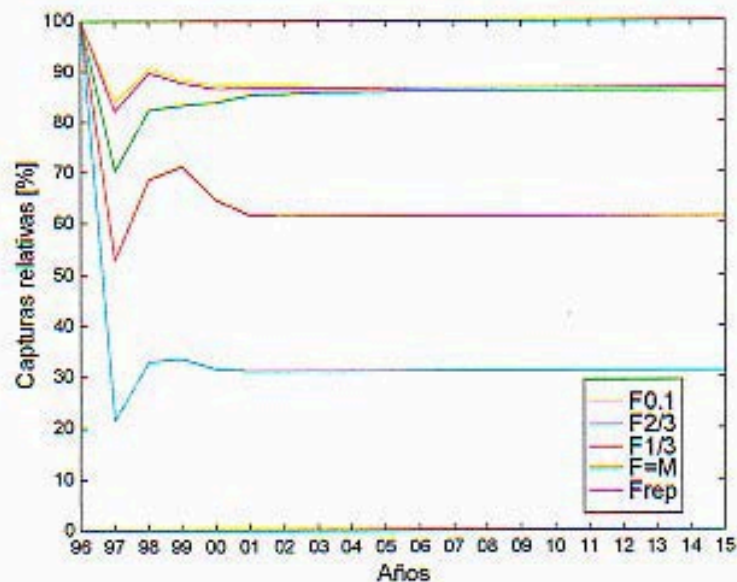


Figura 30 Efecto en las capturas de la aplicación de estrategias de explotación constantes a la pesquería de sardina común de la zona centro-Sur. Capturas expresada como porcentaje de la captura del año 1996.

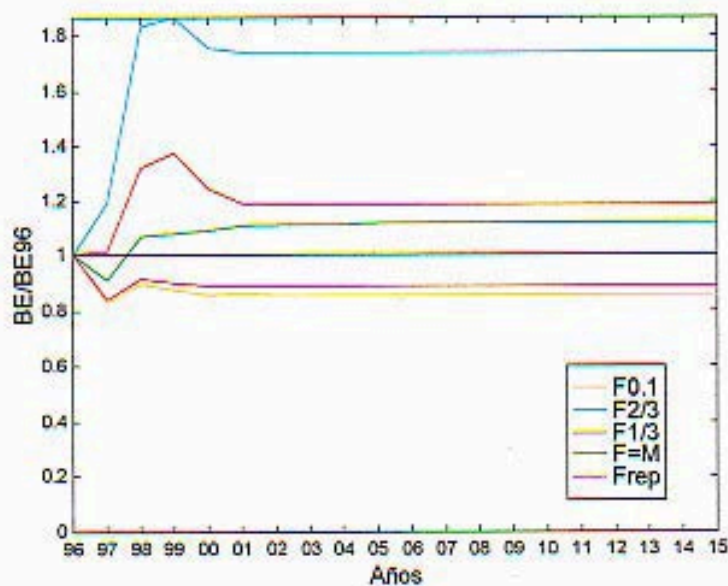


Figura 31 Efecto sobre la biomasa explotable de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la sardina común de la zona centro-Sur. La biomasa explotable de un año determinado está expresada como razón respecto de la biomasa explotable del año 1996. La línea horizontal representa el nivel de equilibrio o status quo.

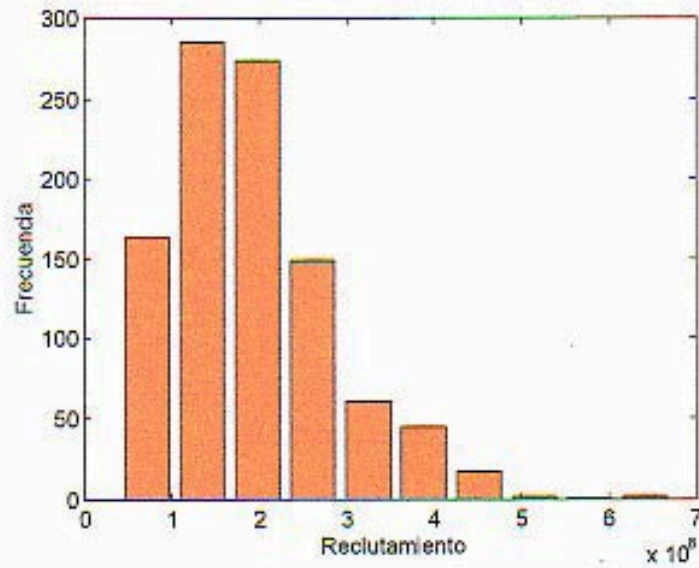


Figura 32a Distribución de 1000 reclutamientos de anchoveta remuestreados usando ADAPT correspondientes al año 1995.

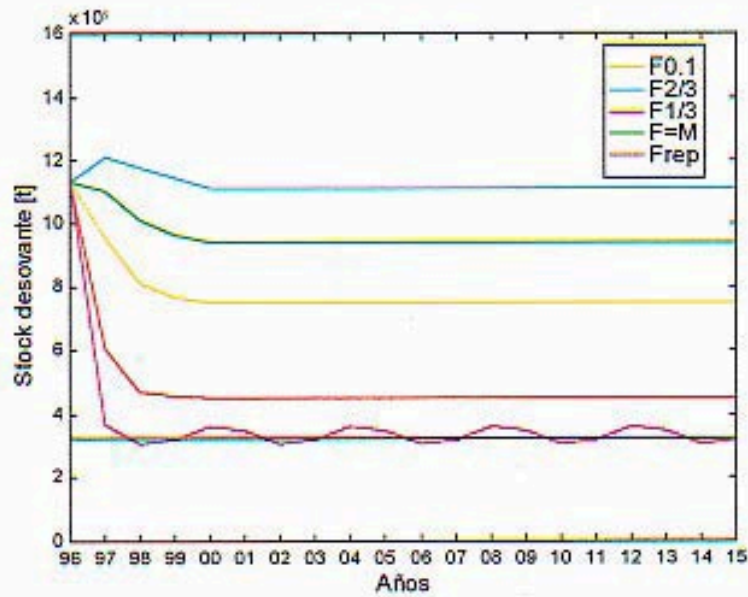


Figura 32b Efecto de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-Sur, desde la perspectiva de la biomasa desovante del stock. La línea horizontal representa el umbral crítico de stock desovante =  $0,2 \times S_0$ .



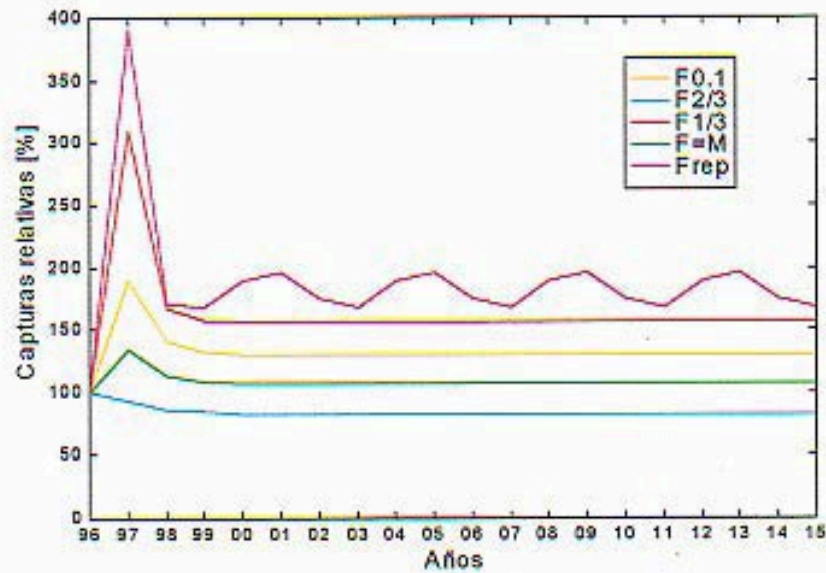


Figura 33 Efecto en las capturas de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-Sur.

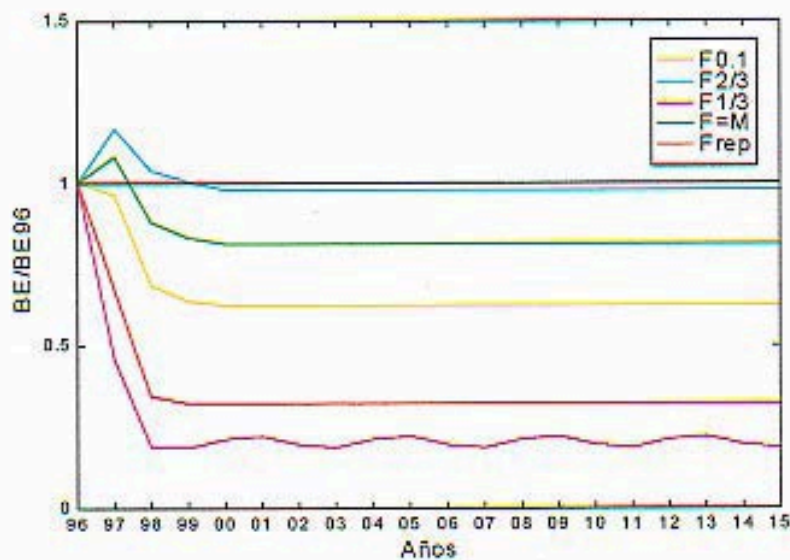


Figura 34 Efecto sobre la biomasa explotable de la aplicación de estrategias de explotación constante a la pesquería de la anchoveta de la zona centro-Sur. La biomasa explotable de un año determinado está expresada como razón respecto de la biomasa explotable del año 1996. La línea horizontal representa el nivel de equilibrio o status quo.





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# TABLAS

*Tabla 1*

*Desembarque oficial (t) de sardina común y anchoveta por área de pesca en la zona centro-Sur.*

**SARDINA COMUN**

<b>AÑOS</b>	<b>San Antonio</b>	<b>Talcahuano</b>	<b>Valdivia</b>	<b>Total</b>
1990	599	277011	180	277790
1991	39012	517294	3493	559799
1992	23063	424925	1955	449943
1993	9055	234538	0	243593
1994	12727	328246	79	341052
1995	3520	122949	201	126670
1996	3722	441062	31	444815
1997	19168	421054	33	440255

**ANCHOVETA**

<b>AÑOS</b>	<b>San Antonio</b>	<b>Talcahuano</b>	<b>Valdivia</b>	<b>Total</b>
1990	37052	114586	0	151638
1991	115668	152349	0	268017
1992	77490	184767	0	262257
1993	69356	136580	0	205936
1994	122866	351357	0	474223
1995	57295	199148	0	256443
1996	76504	284324	0	360828
1997	86371	205768	0	292139

Tabla 2

Desembarque estacional de sardina común (A) y anchoveta (B) en la zona centro-sur. Período 1990-1996.

A: SARDINA COMÚN													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	70147	71577	25605	11659	2195	3011	7796	7815	6188	10944	15779	45074	277790
1991	72826	93428	132152	67703	21962	16584	8901	17587	10527	28116	34322	55871	559979
1992	143656	73228	84848	41510	17138	1209	13571	5168	3357	4564	22476	39218	449943
1993	57495	54928	21285	19079	8388	810	1609	2917	3631	2760	28374	42417	243593
1994	80793	84468	71389	24264	9059	7343	5994	7280	2310	11089	19506	23597	341052
1995	18955	21283	4754	3448	3448	1263	1295	148	3624	8563	1700	54450	126670
1996	86355	89463	68050	28464	8697	11657	18035	11358	30106	36089	12073	46468	444815
1997	101551	62254	121197	63294	38243	10371	8658	7519	10925	11094	6900	49	440255
Total	629778	550529	533713	258727	109130	52248	64059	59772	70668	113199	135130	307144	2884097
% Captura	0.22	0.19	0.19	0.09	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.11	1
Media	78722	68816	66714	32341	13641	6531	8007	7472	8834	14150	16891	38393	349120
Des. Standard	33864	21801	42817	21671	11150	5522	5288	4966	8613	10945	10207	17245	136045
Máximo	112586	90817	109531	54012	24792	12053	13296	12437	17447	25095	27098	55638	485165
Mínimo	44858	47015	23897	10670	2491	1009	2719	2506	0	3205	6685	21148	213075

B: ANCHOVETA													
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	25068	22814	19510	22892	14470	9321	7950	1584	997	6554	6150	14328	151638
1991	43889	51631	56307	25879	14806	16429	15840	10576	7222	3636	12530	9272	268017
1992	33012	31678	76137	60089	21313	518	14168	3326	3226	738	5138	12714	262257
1993	35077	52121	15182	20980	30516	5410	7989	3278	2652	2808	14836	15087	205936
1994	32961	71971	122588	63873	47339	19178	13959	14285	5207	26497	26800	29565	474223
1995	38416	67252	18124	9339	12525	3989	3276	613	6567	26099	10107	60136	256443
1996	65254	102248	64707	26172	15633	8428	4503	5372	21260	25034	7354	14863	360828
1997	56229	63232	85899	36206	23937	6867	1335	2144	5365	4410	6454	5	292103
Total	329906	463147	458454	265430	180539	70140	69120	41178	52672	95520	89369	155970	1979342
% Captura	0.17	0.23	0.23	0.13	0.09	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.08	1
Media	41238	57893	57307	33179	22567	8768	8640	5147	6584	11940	11171	19496	282763
Des. Standard	12510	23080	35756	18031	10926	5845	5151	4501	5872	10908	6700	17143	97963
Máximo	53749	80973	93063	51209	33493	14612	13791	9649	12456	22848	17871	36639	380727
Mínimo	28728	34813	21551	15148	11641	2923	3489	646	712	1032	4471	2353	184800

Tabla 3

Captura (t), Esfuerzo nominal (viajes/totales) y rendimiento (ton/viajes totales) de la flota cerquera industrial que capturó sardina común en la zona Centro-Sur.

	ANOS	AN ANTONIO	TALCAHUANO	VALDIVIA	TOTAL
C A P T U R A	1990	0	108552	1534	110086
	1991	19324	274351	1175	294850
	1992	18984	115192	1127	135303
	1993	3949	35798	0	39747
	1994	355	26626	0	26981
	1995	760	14371	12007	27138
	1996	6345	36708	43890	86943
E S F U E R Z O	1990	0	2290	6	2296
	1991	356	3692	5	4053
	1992	356	1988	6	2350
	1993	47	856	0	903
	1994	9	657	0	666
	1995	12	478	82	572
	1996	139	548	216	903
C M T	1990	0	47	256	48
	1991	54	74	235	73
	1992	53	58	188	58
	1993	84	42	0	44
	1994	39	41	0	41
	1995	63	30	146	47
	1996	46	67	203	96

Tabla 4

Captura (t) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur. Período 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1	0	145	0	0	4	0	0	0
2	0	11302	5121	0	230	116	0	0
3	0	6778	6923	0	365	0	69	0
4	0	877	389	0	325	0	632	3879
5	0	417	5121	0	0	239	59	2332
6	0	5	1218	0	3025	0	0	34
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	232	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	19324	18884	3849	355	780	6345	

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1304	842
5	92	0	0	0	0	0	3857	3923
6	0	257	459	0	0	0	1856	8648
7	0	0	0	0	0	0	608	0
8	571	918	668	0	0	0	302	5827
9	0	0	0	0	0	0	515	9242
10	0	0	0	0	0	0	986	6867
11	871	0	0	0	0	0	2413	1330
12	0	0	0	0	0	0	314	3647
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	52	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	853
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1534	1175	1127	0	0	0	12007	43890

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1	8124	7783	3561	3056	7511	3883	2924	2924
2	28983	62038	31447	6350	13015	7809	8295	8295
3	19180	34780	14818	1247	152	0	30	30
4	0	0	0	79	30	0	314	0
5	43414	126189	32664	7742	440	1178	1603	1603
6	7072	38288	25175	18115	2832	1094	8582	8582
7	0	821	200	1203	1281	281	11	11
8	2574	4083	4509	6	276	23	3545	3545
9	54	118	2812	0	0	0	1383	0
10	98	0	0	0	989	28	2774	0
11	1045	163	0	0	0	0	0	0
12	0	78	305	0	0	0	2893	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	4398	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	265	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	108552	274351	115182	35798	26626	14371	36708	

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1	8124	7938	3561	3060	7511	3883	2924	2924
2	28983	73340	36588	6590	13131	7609	8295	8295
3	19180	41558	21842	1612	152	89	30	30
4	0	677	368	404	30	1936	5135	5135
5	43506	126606	37785	7742	679	4894	7863	7863
6	7072	38550	26852	19140	2832	2950	17264	17264
7	0	821	200	1203	1281	898	11	11
8	3145	5001	4541	6	276	325	9372	9372
9	54	118	3280	0	0	515	10625	10625
10	98	0	0	0	989	1014	9711	9711
11	1916	163	0	0	0	2413	1330	1330
12	0	78	305	0	0	314	6540	6540
13	0	0	0	0	0	0	8990	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	52	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	265	853	853
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	110888	294850	135303	38747	26981	27138	86843	

Tabla 5

Esfuerzo (viajes totales) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur. Período 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		0	5	0	1	0	0	0
2		0	253	128	7	5	0	2
3		0	76	122	8	0	3	0
4		0	10	7	8	0	7	44
5		0	11	88	0	4	2	49
6		0	1	9	23	0	0	38
7		0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	2	0	0	0	0
9		0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	0	0	0	0
11		0	0	0	0	0	0	0
12		0	0	0	0	0	0	4
13		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	0	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	2
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		0	356	356	47	9	12	139

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		239	188	128	202	200	151	101
2		804	1287	744	280	368	266	214
3		389	853	362	28	2	0	1
4		0	0	0	5	1	0	8
5		742	1138	384	118	7	19	58
6		91	378	280	177	48	28	93
7		0	9	5	35	20	9	1
8		17	28	32	1	8	3	31
9		1	4	28	0	0	0	14
10		2	0	0	0	3	1	8
11		8	1	0	0	0	0	1
12		0	4	7	0	0	0	8
13		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	0	0	0	10
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	0
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	1	0
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		2280	3692	1988	856	657	478	548

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	8
5		1	0	0	0	0	27	29
6		0	1	4	0	0	12	58
7		0	0	0	0	0	6	0
8		2	4	0	0	0	4	33
9		0	0	2	0	0	4	35
10		0	0	0	0	0	3	23
11		3	0	0	0	0	13	3
12		0	0	0	0	0	4	14
13		0	0	0	0	0	4	1
14		0	0	0	0	0	0	9
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	1	0
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	5
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		6	5	8	0	0	82	216

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		239	193	128	203	200	151	101
2		804	1540	872	287	373	266	218
3		389	729	484	36	2	3	1
4		0	10	7	13	1	15	58
5		743	1149	482	118	11	48	138
6		91	381	303	200	48	40	189
7		0	9	5	35	20	15	1
8		19	33	34	1	8	7	84
9		1	4	28	0	0	4	49
10		2	0	0	0	3	4	31
11		11	1	0	0	0	13	4
12		0	4	7	0	0	4	28
13		0	0	0	0	0	0	1
14		0	0	0	0	0	0	19
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	1	2
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	1	5
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		2286	4053	2350	903	668	572	903

Tabla 6

Rendimiento (ton/viajes totales) de sardina común obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur. Período 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1			29		4			
2			45	40	33	23		
3			89	57	46		23	
4			68	53	41		90	
5			38	58		60	30	
6			5	135	132		48	
7							1	
8				116				
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Total		0	54	53	84	39	63	46

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1996
CATEGORIA							
1							
2							
3							
4							163
5							135
6		92	257	115			155
7							101
8		286	230				76
9				334			129
10		290					264
11							329
12							443
13							186
14							79
15							
16							
17							52
18							
19							
20							171
Total		256	235	186	0	0	146

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		34	41	28	15	38	26	29
2		34	46	42	22	35	29	39
3		49	53	41	45	76		30
4					16	30		39
5		59	111	83	66	63	62	28
6		78	101	87	91	61	39	92
7			91	40	34	64	32	11
8		151	141	135	6	35	6	114
9		54	30	100				89
10		48				330	28	341
11		131	163					362
12			20	44				440
13								
14								
15								
16								
17								
18								265
19								
20								
Total		47	74	58	42	41	30	67

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1996
CATEGORIA							
1		34	41	28	15	38	26
2		34	46	42	22	35	29
3		49	57	45	45	76	23
4			88	53	31	30	129
5		59	110	78	66	62	58
6		78	101	89	96	61	74
7			91	40	34	64	11
8		166	152	134	6	35	146
9		54	30	117			129
10		48				330	217
11		174	163				313
12			20	44			333
13							252
14							
15							
16							
17							52
18							265
19							
20							171
Total		48	73	58	44	41	47

TABLA 7

Resultado del ANOVA para sardina común, considerando los factores año, zona de pesca y categoría de barco, para el período 1990-1996.

ANOVA. Regresión. Sardina común

Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	P(F>F*)
Regresión	62.83	21	2.99	4.70	<0.001
Error	60.48	95		0.637	
Total	123.31	116			

ANOVA. Efectos principales. Sardina común

Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	P(F>F*)
Año	6.55	6	1.09	1.71	>0.05
Zona	19.96	2	9.98	15.67	<0.001
Cat. barco	14.06	14	1.00	1.58	>0.05
Error	60.48	95	0.64		

TABLA 8

Resultado del ANOVA de sardina común para el factor año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de CPUE, varianza de la CPUE (VAR(CPUE)) y coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia año 1996

Nivel del factor	Valor	Est	LnCPUE	Var(LnCPUE)	CPUE	Var(CPUE)	CV(CPUE)
Constante	3.9465			0.3211			
1990	0.0000	0.0000	3.95	0.103	71.15	986.55	0.44
1991	0.1504	0.3126	4.10	0.079	82.70	1019.88	0.39
1992	0.3115	0.3206	4.26	0.082	97.15	1455.77	0.39
1993	-0.3587	0.3419	3.59	0.095	49.70	441.27	0.42
1994	0.0974	0.3468	4.04	0.104	78.43	1206.80	0.44
1995	-0.3536	0.3086	3.59	0.088	49.96	416.55	0.41
1996	-0.0904	0.2996	3.86	0.078	65.00	619.70	0.38



TABLA 9

Resultado del ANOVA de sardina común para el factor zona de pesca, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: zona Talcahuano.

Nivel del factor	Valor	Est	LnCPUE	CPUE
San Antonio	-0.3048	0.2106	3.95	71.15
Valdivia	1.0257	0.2115	4.97	198.44
Talcahuano	0.0000	0.0000	3.95	71.15

TABLA 10

Resultados del ANOVA de sardina común para el factor categoría de barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los estimados de poder de pesca. Referencia: categoría de barco 301-350 m3 CB.

Nivel del factor	Valor	Est	Poder de pesca
50-100	-0.6844	0.3440	0.69
101-150	-0.2935	0.3242	1.03
151-200	0.0500	0.3325	1.45
201-250	0.1905	0.3345	1.86
251-300	0.1443	0.2964	1.59
301-350	0.0000	0.0000	1.37
351-400	-0.2375	0.3756	1.08
401-450	0.1158	0.3137	1.54
451-500	0.2685	0.3740	1.80
501-550	0.9005	0.3985	3.38
551-600	0.8878	0.4303	3.34
601-650	0.1699	0.4210	1.63
701-750	1.5055	0.6247	6.20
801-850	-0.6674	0.8538	0.71
901-950	1.1221	0.6152	4.22

Tabla 11

Captura (t), Esfuerzo nominal (viajes totales) y rendimiento (ton/viajes totales) de la flota cerquera industrial que capturó anchoveta en la zona centro-Sur.

	ANOS	SAN ANTONIO	TALCAHUANO	VALDIVIA	TOTAL
C A P T U R A	1990	16322	11495	0	27817
	1991	56367	14585	278	71250
	1992	48314	36908	0	85222
	1993	50483	66660	777	117920
	1994	191489	37639	0	229128
	1995	36539	33165	18912	88616
	1996	52208	102272	63835	218315
E S F U E R Z O	1990	487	295	0	782
	1991	895	187	2	1084
	1992	875	618	0	1493
	1993	1124	1083	14	2221
	1994	2182	555	0	2737
	1995	678	465	104	1247
	1996	439	896	327	1662
C M T	1990	34	39	0	36
	1991	63	78	139	66
	1992	55	60	0	57
	1993	45	62	56	53
	1994	88	68	0	84
	1995	54	71	182	71
	1996	119	114	195	131

Tabla 12

Captura (t) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur. Periodo 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	CATEGORIA	0	67	0	0	0	0	0
2		8102	41358	20143	11633	12805	564	2505
3		5861	11947	5147	9216	17163	3766	0
4		1635	1476	4385	3602	22799	3634	3177
5		574	974	11337	19467	47061	13625	14658
6		0	414	1488	52	55984	11064	23983
7		0	0	85	0	7851	0	0
8		0	108	412	4161	17397	3286	2013
9		0	0	0	0	1862	0	0
10		0	15	5202	1387	6113	0	0
11		0	0	0	0	0	0	0
12		0	0	134	0	2344	278	5161
13		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	665	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	122	811
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		16322	56387	48314	50483	191489	36539	52208

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	CATEGORIA	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	31	0
3		0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	429	0	0	1113
5		0	0	0	62	0	3497	5949
6		0	0	0	167	0	4277	12303
7		0	0	0	119	0	79	0
8		0	104	0	0	0	3754	20120
9		0	174	0	0	0	1757	16530
10		0	0	0	0	0	5517	5516
11		0	0	0	0	0	0	88
12		0	0	0	0	0	0	0
13		0	0	0	0	0	0	684
14		0	0	0	0	0	0	759
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	0
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	773
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		0	278	0	777	0	18912	63835

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	CATEGORIA	185	0	1537	482	2530	399	438
2		2211	4748	10582	4260	5498	6090	12873
3		877	0	1026	784	4570	0	20
4		0	0	365	1242	3810	1331	8425
5		6986	5747	12145	26214	12757	4823	18844
6		932	2882	5796	27033	527	13669	34779
7		50	205	2097	5216	1637	3618	7100
8		254	78	3360	1284	1491	3038	14017
9		0	825	0	145	282	0	1442
10		0	0	0	0	4537	0	948
11		0	0	0	0	0	0	1038
12		0	0	0	0	0	0	613
13		0	0	0	0	0	0	258
14		0	0	0	0	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	39
16		0	0	0	0	0	0	0
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	355
20		0	0	0	0	0	0	81
Total		11495	14585	36908	66680	37639	33165	102272

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	CATEGORIA	185	97	1537	482	2530	399	438
2		10313	48104	30705	15693	18303	6695	15378
3		8838	11947	6173	10010	6173	3766	20
4		1685	1476	4750	5573	26608	4865	12715
5		7560	6721	23482	45743	58818	22145	40451
6		932	3396	7285	27252	56521	29207	70985
7		50	205	2162	5335	8568	79	2
8		254	280	3792	5425	18888	10656	29233
9		0	999	0	145	2144	4795	30547
10		0	15	5202	1387	10650	5517	8958
11		0	0	0	0	0	0	1036
12		0	0	134	0	2344	278	6199
13		0	0	0	0	0	0	1297
14		0	0	0	665	0	0	1017
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	122	850
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	773
19		0	0	0	0	0	0	355
20		0	0	0	0	0	0	81
Total		27817	71250	85222	117820	229128	86616	218315

Tabla 13

Esfuerzo (viajes totales) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur. Periodo 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		0	3	0	0	0	0	0
2		264	673	470	498	313	38	16
3		133	182	100	198	284	122	0
4		39	23	83	77	284	86	44
5		31	28	160	269	535	248	155
6		0	4	14	1	453	140	178
7		0	0	1	0	80	0	0
8		0	1	4	51	157	40	9
9		0	0	0	0	13	0	0
10		0	1	41	13	51	0	0
11		0	0	0	0	0	0	0
12		0	0	2	0	12	3	33
13		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	18	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	1	4
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		487	885	875	1124	2182	878	439

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1996	1996
CATEGORIA								
1		0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	1
3		0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	9	0	0	0
5		0	0	0	1	0	29	52
6		0	0	0	2	0	25	64
7		0	0	0	2	0	1	0
8		0	1	0	0	0	21	103
9		0	1	0	0	0	7	59
10		0	0	0	0	0	20	25
11		0	0	0	0	0	0	0
12		0	0	0	0	0	0	0
13		0	0	0	0	0	0	0
14		0	0	0	0	0	0	0
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	0
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	4
20		0	0	0	0	0	0	0
Total		0	2	0	14	0	104	327

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		4	0	56	29	63	14	28
2		78	94	305	208	143	201	280
3		39	0	18	30	78	0	1
4		0	0	7	51	56	8	53
5		150	46	117	335	132	51	189
6		21	37	58	335	9	156	207
7		1	4	25	74	29	0	1
8		4	2	30	20	17	22	51
9		0	4	0	3	4	13	58
10		0	0	0	0	24	0	6
11		0	0	0	0	0	0	7
12		0	0	0	0	0	0	4
13		0	0	0	0	0	0	3
14		0	0	0	0	0	0	2
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	0	2
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	2
Total		295	187	618	1083	555	465	898

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1996	1996
CATEGORIA								
1		4	3	56	29	63	14	28
2		360	767	775	705	456	240	298
3		172	162	118	228	382	122	1
4		59	23	90	137	340	94	108
5		181	74	277	605	867	328	396
6		21	41	72	338	462	321	449
7		1	4	28	76	109	1	1
8		4	4	34	71	174	83	163
9		0	5	0	3	17	20	117
10		0	1	41	13	75	20	31
11		0	0	0	0	0	0	8
12		0	0	2	0	12	3	37
13		0	0	0	0	0	0	9
14		0	0	0	18	0	0	4
15		0	0	0	0	0	0	0
16		0	0	0	0	0	1	6
17		0	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	4
20		0	0	0	0	0	0	2
Total		782	1084	1483	2221	2737	1247	1862

Tabla 14

Rendimiento (ton/viajes totales) de anchoveta obtenida por la flota industrial según categoría de bodega en la zona centro-sur, período 1990-1996.

ZONA SAN ANTONIO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1			32					
2		29	81	43	23	41	15	157
3		45	74	51	47	60	31	
4		43	64	53	51	80	42	72
5		19	35	71	72	88	56	95
6			104	106	52	124	79	134
7				85				
8			108	103	82	111	82	224
9						143		
10			15	127	107	120		
11								
12				67		195	83	156
13					37			
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20							122	203
Total		34	63	55	45	88	54	119

ZONA VALDIVIA		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1								
2							31	
3								
4					48			101
5					62			114
6					84			192
7					60			78
8			104					185
9			174					178
10								251
11								276
12								86
13								114
14								380
15								
16								
17								
18								
19								
20								193
Total			139		56		182	185

ZONA TALCAHUANO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		46		27	17	40	29	16
2		28	51	35	21	38	30	46
3		22		57	26	59		
4				52	24	68	166	20
5		47	125	104	78	97	95	159
6		44	81	100	81	59	89	105
7		50	51	84	70	56		168
8		64	39	113	63	88	164	2
9			206		48	71	234	139
10						189		242
11								240
12								135
13								280
14								204
15								129
16								
17								20
18								
19								
20								178
Total		39	78	60	62	68	71	114

TOTAL ZONA CENTRO-SUR		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CATEGORIA								
1		46	32	27	17	40	29	16
2		29	60	40	23	40	28	52
3		40	74	52	44	60	31	20
4		43	64	53	41	78	53	118
5		42	91	85	76	90	68	102
6		44	101	101	81	122	91	158
7		50	51	83	70	85	78	2
8		64	73	112	78	109	128	178
9			200		48	126	240	261
10			15	127	107	142	276	224
11								130
12				67				166
13								144
14					37			254
15								
16								
17								142
18								
19								183
20								178
Total		36	66	57	53	84	71	131

TABLA 15

Resultado del ANOVA para anchoveta, considerando los factores año, zona de pesca y categoría de barco, para el período 1990-1996.

ANOVA. Regresión. Anchoveta					
Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	P(F>F*)
Regresión	46.07	25	1.84	5.39	<0.001
Error	39.33	115	0.342		
Total	85.40	140			

ANOVA. Efectos principales. Anchoveta					
Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	P(F>F*)
Año	6.00	6	1.00	2.93	<0.05
Zona	9.36	2	4.68	13.68	<0.001
Cat. barco	20.83	16	1.30	3.81	<0.001
Error	39.33	115	0.34		

TABLA 16

Resultado del ANOVA de anchoveta para el factor año, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de CPUE, varianza de la CPUE (VAR(CPUE)) y coeficiente de variación de la CPUE (CV(CPUE)). Referencia año 1990

Nivel del factor	Valor	Est	LnCPUE	Var(LnCPUE)	CPUE	Var(CPUE)	CV(CPUE)
Constante	4.1488			0.2331			
1990	0.0000	0.0000	4.15	0.054	75.17	432.24	0.28
1991	0.2603	0.2344	4.41	0.045	97.52	607.84	0.25
1992	0.4342	0.2287	4.58	0.043	116.05	815.18	0.25
1993	-0.0188	0.2217	4.13	0.038	73.77	292.67	0.23
1994	0.5180	0.2238	4.67	0.040	126.19	905.63	0.24
1995	0.4061	0.2251	4.55	0.040	112.83	713.28	0.24
1996	0.5782	0.2211	4.73	0.036	134.02	912.78	0.23

TABLA 17

Resultado del ANOVA de anchoveta para el factor zona de pesca, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de captura por unidad de esfuerzo estándar (CPUE). Referencia: zona Talcahuano.

Nivel del factor	Valor	Est	LnCPUE	CPUE
San Antonio	0.0242	0.1165	4.15	75.17
Valdivia	0.3937	0.1585	4.54	111.44
Talcahuano	0.0000	0.0000	4.15	75.17

TABLA 18

Resultados del ANOVA de anchoveta para el factor categoría de barco, donde se indican los valores de los coeficientes (valor) y su desviación estándar (Est), además se muestran los valores estimados de poder de pesca. Referencia: categoría de barco 301-350 m3 CB.

Nivel del factor	Valor	Est	Poder de pesca
50-100	-1.1475	0.2691	0.38
101-150	-0.9020	0.2114	0.48
151-200	-0.7244	0.2321	0.57
201-250	-0.3882	0.2148	0.80
251-300	-0.2376	0.2040	0.94
301-350	0.0000	0.0000	1.19
351-400	-0.6946	0.2380	0.59
401-450	0.0776	0.2071	1.28
451-500	0.4042	0.2478	1.78
501-550	0.1749	0.2552	1.41
551-600	-0.2309	0.4527	0.94
601-650	0.2528	0.3077	1.53
651-700	0.1042	0.4527	1.32
701-750	0.1355	0.3753	1.36
801-850	-0.3236	0.3799	0.86
901-950	0.1434	0.6216	1.37
951-1000	0.4520	0.6149	1.86
1001-1050	-1.0256	0.6149	0.43

Tabla 19

Parámetro de ADAPT y suma de cuadrado del stock de sardina común en la zona centr-Sur.

F <sub>95</sub>	Edad	LN(F <sub>95</sub> )
0.0959	0	-2.3440
1.6338	1	0.4909
1.0275	2	0.0272
0.3527	3	-1.0421

M	1.2
---	-----

SST	14
-----	----

MS	0.6
----	-----

Tabla 20

Abundancia [Número x 10<sup>3</sup>] del stock de sardina común en la zona centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	419872309	368894786	419229071	395312209	95921410	355324465	159557749
1	99454161	124865883	105849567	110826986	102758922	25717117	101472956
2	19535207	13518350	8049123	1244567	11390237	12762082	5379493
3	3636879	3830679	674105	106406	131214	1907131	2855889
0+	542498556	511109698	533801866	507490167	210201782	395710795	269266087
1+	122626247	142214912	114572795	112177959	114280372	40386330	109708338
2+	23172086	17349028	8723228	1350973	11521450	14669213	8235382

Tabla 21

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

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	1160638	1141406	824943	955253	341306	1520297	620631
1	518086	843534	559347	446465	822630	211566	616817
2	548421	318059	181985	27706	222963	322219	139414
3	128057	148742	23317	3283	3794	61440	103336
0+	2355201	2451741	1589592	1432706	1390692	2115522	1480198
1+	1194563	1310335	764649	477453	1049386	595225	859567
2+	676478	466801	205303	30988	226756	383659	242750

Tabla 22

Biomasa explotable (t) al 1º de enero del stock de sardina común en la Zona centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	18541	30777	33180	130857	44834	222017	36445
1	518086	723112	559347	446465	822630	211566	616817
2	295820	318059	175410	27048	147774	262588	87681
3	19716	22061	2476	883	1891	12043	22309
0+	852163	1094009	770413	605254	1017129	708215	763252
1+	833622	1063232	737233	474396	972295	486198	726807
2+	315536	340120	177886	27932	149665	274631	109990



Tabla 23

*Biomasa desovante (t) del stock de sardina común en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0	0	0	0	0	0	0
1	27759	27623	5958	19891	41528	15067	19007
2	187127	43960	10472	6277	68544	119959	32049
3	53497	56496	8414	1229	1284	26546	37084
0+	268383	128079	24845	27396	111356	161572	88141
1+	268383	128079	24845	27396	111356	161572	88141
2+	240624	100456	18886	7505	69828	146505	69134

Tabla 24

*Mortalidad por pesca [año<sup>-1</sup>] del stock de sardina común en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.0127	0.0485	0.1304	0.1473	0.1164	0.0532	0.0959
1	0.7956	1.5417	3.2432	1.0752	0.8859	0.3646	1.6338
2	0.4292	1.7984	3.1261	1.0497	0.5872	0.2971	1.0275
3	0.1225	0.2667	0.3444	0.2893	0.4416	0.0715	0.3527
0+	0.1720	0.4612	0.7931	0.3522	0.5183	0.0814	0.6968
1+	0.7173	1.5317	3.2179	1.0742	0.8556	0.3294	1.5707
2+	0.3810	1.4602	2.9111	0.9898	0.5855	0.2678	0.7935

Tabla 25

*Tasa de explotación del stock de sardina común en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.0074	0.0277	0.0721	0.0809	0.0647	0.0303	0.0538
1	0.3445	0.5261	0.7213	0.4240	0.3720	0.1843	0.5426
2	0.2118	0.5699	0.7131	0.4174	0.2735	0.1540	0.4116
3	0.0679	0.1399	0.1754	0.1504	0.2169	0.0404	0.1791
0+	0.0936	0.2249	0.3437	0.1788	0.2475	0.0459	0.3122
1+	0.3191	0.5242	0.7196	0.4237	0.3630	0.1687	0.5314
2+	0.1914	0.5105	0.6965	0.4014	0.2729	0.1404	0.3438

Tabla 26a

Patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio del stock de sardina común en la zona centro-Sur.

Edades	Patrón de Explotación		Ojiva de Madurez	Peso Promedio
	Promedio	1996		
0	0.0634	0.0587	0.00	0.0031
1	1.0000	1.0000	0.20	0.0062
2	0.8716	0.6289	1.00	0.0239
3	0.1980	0.2159	1.00	0.0338

Tabla 26b

Abundancia [Númerox103] del stock de sardina común, estimada con la aproximación de Mac Call (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	395994560	348074175	403109889	378570673	93812981	354263847	159557749
1	94283212	117765999	99881315	106861035	98655289	25264797	101472956
2	19156989	12907186	7612501	1210788	11461741	12573233	5379493
3	3643275	3834970	685630	108347	135067	2016381	2855889
0+	513078037	482582330	511289335	486750843	204065078	394118259	269266087
1+	117083476	134508155	108179446	108180170	110252097	39854412	109708338
2+	22800265	16742156	8298131	1319135	11596808	14589615	8235382

Tabla 26c

Mortalidad por pesca [año-1] del stock de sardina común, estimada con la aproximación de Mac Call (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.0127	0.0484	0.1277	0.1448	0.1119	0.0502	0.0959
1	0.7885	1.5389	3.2127	1.0325	0.8601	0.3468	1.6338
2	0.4085	1.7352	3.0522	0.9933	0.5377	0.2822	1.0275
3	0.1223	0.2664	0.3378	0.2835	0.4266	0.0675	0.3527
0+	0.1708	0.4590	0.7742	0.3418	0.4977	0.0767	0.6968
1+	0.7056	1.5215	3.1832	1.0313	0.8260	0.3123	1.5707
2+	0.3628	1.3988	2.8279	0.9350	0.5364	0.2525	0.7935

Tabla 26d

Biomasa al 1° de enero (t) del stock de sardina común, obtenida con la aproximación de Mac Call (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	1094634	1076985	793224	914798	333803	1515759	620631
1	491149	795571	527808	430488	789779	207845	616817
2	537803	303679	172113	26954	224362	317451	139414
3	128282	148909	23716	3343	3905	64959	103336
0+	2251867	2325144	1516862	1375582	1351850	2106015	1480198
1+	1157234	1248159	723638	460784	1018046	590256	859567
2+	666085	452588	195829	30296	228267	382411	242750

Tabla 26e

Error relativo de la abundancia del stock de sardina común, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0569	-0.0564	-0.0384	-0.0424	-0.0220	-0.0030	0.0000
1	-0.0520	-0.0569	-0.0564	-0.0358	-0.0399	-0.0176	0.0000
2	-0.0194	-0.0452	-0.0542	-0.0271	0.0063	-0.0148	0.0000
3	0.0018	0.0011	0.0171	0.0182	0.0294	0.0573	0.0000
0+	-0.0542	-0.0558	-0.0422	-0.0409	-0.0292	-0.0040	0.0000
1+	-0.0452	-0.0542	-0.0558	-0.0356	-0.0352	-0.0132	0.0000
2+	-0.0160	-0.0350	-0.0487	-0.0236	0.0065	-0.0054	0.0000

Tabla 26f

Error relativo de la mortalidad por pesca del stock de sardina común, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0008	-0.0012	-0.0212	-0.0171	-0.0385	-0.0562	0.0000
1	-0.0090	-0.0018	-0.0094	-0.0397	-0.0292	-0.0487	0.0000
2	-0.0482	-0.0352	-0.0236	-0.0538	-0.0842	-0.0502	0.0000
3	-0.0018	-0.0012	-0.0193	-0.0201	-0.0339	-0.0557	0.0000
0+	-0.0067	-0.0048	-0.0239	-0.0294	-0.0397	-0.0574	0.0000
1+	-0.0163	-0.0067	-0.0108	-0.0399	-0.0346	-0.0519	0.0000
2+	-0.0480	-0.0421	-0.0286	-0.0554	-0.0838	-0.0569	0.0000

Tabla 26g

Error relativo de la biomasa al 1° de enero del stock de sardina común, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0569	-0.0564	-0.0384	-0.0424	-0.0220	-0.0030	0.0000
1	-0.0520	-0.0569	-0.0564	-0.0358	-0.0399	-0.0176	0.0000
2	-0.0194	-0.0452	-0.0542	-0.0271	0.0063	-0.0148	0.0000
3	0.0018	0.0011	0.0171	0.0182	0.0294	0.0573	0.0000
0+	-0.0439	-0.0516	-0.0458	-0.0399	-0.0279	-0.0045	0.0000
1+	-0.0312	-0.0475	-0.0536	-0.0349	-0.0299	-0.0083	0.0000
2+	-0.0154	-0.0304	-0.0461	-0.0223	0.0067	-0.0033	0.0000

Tabla 27

Parámetros del ADAPT y suma de cuadrados del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.

Edad	LN(F <sub>95</sub> )	F <sub>95</sub>
0	-5.4750	0.0042
1	-2.1778	0.1133
2	-0.6751	0.5091
3	-0.9088	0.4031
4	-0.6796	0.5068

M	0.7
---	-----

SST	55
-----	----

MS	1.8
----	-----

Tabla 28

Abundancia [Número x 10<sup>3</sup>] del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	135890370	78918373	127823478	142352820	171671760	212414508	313126241
1	65560497	56326988	39170489	63064358	70649796	84803577	105010792
2	13895622	28075719	23508792	17935839	29444357	25393209	34361696
3	4783512	5596144	7007844	6041461	4839878	6432243	8194200
4	2525336	1787101	2085580	2300583	2283382	1291961	2838945
0+	222655338	170704326	199596184	231695061	278889171	330335499	463531874
1+	86764967	91785953	71772706	89342241	107217412	117920990	150405633
2+	21204470	35458964	32602217	26277883	36567616	33117414	45394841

Tabla 29

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

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	248101	763216	841258	1429530	1152509	1422902	2272434
1	371289	491907	591838	923316	780666	919287	1273642
2	366855	495974	490776	389899	606996	450350	590034
3	159594	149908	198019	187936	165986	188189	225599
4	94111	61587	70160	87356	91785	42289	87919
0+	1239950	1962591	2192052	3018036	2797942	3023017	4449628
1+	991849	1199375	1350794	1588506	1645433	1600115	2177194
2+	620560	707468	758955	665190	864767	680828	903551

Tabla 30

Biomasa explotable (t) al 1° de enero del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	213969	544	8294	1344	7363	14777	18704
1	262421	124286	72885	93334	307306	433769	283426
2	366855	495974	490776	389899	606996	450350	590034
3	112798	37876	24386	18998	65339	51468	178633
4	71221	28411	27790	22883	49833	24669	87524
0+	1027264	687090	624132	526458	1036838	975033	1158321
1+	813295	686546	615838	525114	1029474	960256	1139617
2+	550875	562260	542953	431779	722169	526487	856191

Tabla 31

*Biomasa desovante (t) del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	18036	62489	68607	117038	94068	116196	185605
1	212142	276326	353432	558514	397343	506415	744614
2	201281	198448	200182	164243	222415	213477	265651
3	91186	84210	118253	113682	84483	109688	108930
4	53402	31469	37210	49528	43086	22569	39644
0+	576046	652942	777684	1003006	841395	968345	1344443
1+	558010	590453	709077	885968	747327	852149	1158838
2+	345868	314127	355644	327453	349984	345734	414224

Tabla 32

*Mortalidad por pesca [año-1] del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.1807	0.0005	0.0065	0.0006	0.0052	0.0045	0.0042
1	0.1481	0.1738	0.0811	0.0617	0.3233	0.2034	0.1133
2	0.2095	0.6879	0.6587	0.6099	0.8212	0.4311	0.5091
3	0.1481	0.1738	0.0811	0.0617	0.3233	0.1179	0.4031
4	0.1585	0.3173	0.2609	0.1598	0.4458	0.2514	0.5068
0+	0.1719	0.1797	0.1032	0.0675	0.1811	0.0915	0.0765
1+	0.1582	0.3338	0.2755	0.1742	0.4626	0.2483	0.2269
2+	0.1896	0.5881	0.5091	0.4445	0.7318	0.3632	0.4898
3+	0.1517	0.2085	0.1224	0.0887	0.3626	0.1402	0.4298

Tabla 33

*Tasa de explotación del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.*

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.1201	0.0004	0.0047	0.0004	0.0038	0.0032	0.0030
1	0.0998	0.1159	0.0563	0.0432	0.2024	0.1339	0.0775
2	0.1376	0.3719	0.3602	0.3400	0.4219	0.2581	0.2954
3	0.0998	0.1159	0.0563	0.0432	0.2024	0.0805	0.2442
4	0.1064	0.1991	0.1677	0.1072	0.2654	0.1622	0.2943
0+	0.1147	0.1195	0.0710	0.0472	0.1204	0.0632	0.0532
1+	0.1062	0.2081	0.1760	0.1162	0.2735	0.1604	0.1479
2+	0.1256	0.3306	0.2954	0.2647	0.3890	0.2236	0.2864

Tabla 34a

Patrón de explotación, ojiva de madurez y peso promedio del stock de anchoveta en la zona centro-Sur.

Edades	Patrón de Explotación		Ojiva de Madurez	Peso Promedio
	Promedio	1996		
0	0.0515	0.0082	0.13	0.0070
1	0.2813	0.2225	1.00	0.0112
2	1.0000	1.0000	1.00	0.0203
3	0.3333	0.7918	1.00	0.0301
4	0.5349	0.9955	1.00	0.0353

Tabla 34b

Abundancia [Número x 10<sup>3</sup>] del stock de anchoveta estimado por la aproximación de MacCall (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	134266598	78102447	126190283	140834367	171021038	212395412	313126241
1	64776111	55745165	38765699	62261608	69896570	84489417	105010792
2	13878275	27776394	23309688	17765334	29083413	25214223	34361696
3	4796005	5613782	6998778	6055967	4837066	6417845	8194200
4	2551462	1805146	2108296	2319820	2305011	1312937	2838945
0*	220268450	169042934	197372744	229237097	277143099	329829834	463531874
1+	86001853	90940487	71182461	88402730	106122061	117434423	150405633
2+	21225742	35195323	32416762	26141121	36225491	32945005	45394841
3+	7347467	7418929	9107074	8375787	7142078	7730782	11033145

Tabla 34c

Mortalidad por pesca [año-1] del stock de anchoveta estimada con la aproximación de Mac Call (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	0.1790	0.0005	0.0064	0.0006	0.0052	0.0044	0.0042
1	0.1468	0.1719	0.0803	0.0612	0.3196	0.1997	0.1133
2	0.2051	0.6785	0.6478	0.6009	0.8111	0.4240	0.5091
3	0.1468	0.1719	0.0803	0.0612	0.3196	0.1156	0.4031
4	0.1568	0.3137	0.2578	0.1583	0.4407	0.2470	0.5068
0*	0.1702	0.1775	0.1020	0.0668	0.1782	0.0896	0.0765
1+	0.1565	0.3294	0.2714	0.1722	0.4569	0.2438	0.2269
2+	0.1861	0.5789	0.4999	0.4366	0.7219	0.3569	0.4898
3+	0.1502	0.2064	0.1214	0.0881	0.3587	0.1380	0.4298

Tabla 34d

Biomasa al 1º de enero (t) del stock de anchoveta estimada con la aproximación de Mac Call (1986)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	245136	755325	830509	1414281	1148141	1422774	2272434
1	366847	486825	585722	911563	772343	915881	1273642
2	366397	490686	486620	386192	599555	447176	590034
3	160010	150380	197763	188387	165889	187767	225599
4	95085	62209	70924	88086	92655	42976	87919
0+	1233475	1945426	2171538	2988509	2778583	3016574	4449628
1+	988339	1190100	1341029	1574228	1630442	1593800	2177194
2+	621492	703275	755307	662666	858099	677919	903551

Tabla 34e

Error relativo de la abundancia del stock de anchoveta, al comparar la aproximación de Mac Call (Call) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0119	-0.0103	-0.0128	-0.0107	-0.0038	-0.0001	0.0000
1	-0.0120	-0.0103	-0.0103	-0.0127	-0.0107	-0.0037	0.0000
2	-0.0012	-0.0107	-0.0085	-0.0095	-0.0123	-0.0070	0.0000
3	0.0026	0.0032	-0.0013	0.0024	-0.0006	-0.0022	0.0000
4	0.0103	0.0101	0.0109	0.0084	0.0095	0.0162	0.0000
0*	-0.0107	-0.0097	-0.0111	-0.0106	-0.0063	-0.0015	0.0000
1+	-0.0088	-0.0092	-0.0082	-0.0105	-0.0102	-0.0041	0.0000
2+	0.0010	-0.0074	-0.0057	-0.0052	-0.0094	-0.0052	0.0000
3+	0.0053	0.0048	0.0015	0.0040	0.0026	0.0009	0.0000

Tabla 34f

Error relativo de la mortalidad por pesca del stock de anchoveta, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0091	-0.0099	-0.0075	-0.0096	-0.0164	-0.0201	0.0000
1	-0.0089	-0.0108	-0.0103	-0.0077	-0.0113	-0.0182	0.0000
2	-0.0210	-0.0137	-0.0166	-0.0147	-0.0123	-0.0164	0.0000
3	-0.0089	-0.0108	-0.0103	-0.0077	-0.0113	-0.0190	0.0000
4	-0.0110	-0.0115	-0.0121	-0.0089	-0.0114	-0.0178	0.0000
0*	-0.0099	-0.0126	-0.0120	-0.0116	-0.0162	-0.0206	0.0000
1+	-0.0110	-0.0132	-0.0151	-0.0118	-0.0123	-0.0181	0.0000
2+	-0.0183	-0.0155	-0.0181	-0.0176	-0.0136	-0.0175	0.0000
3+	-0.0095	-0.0102	-0.0081	-0.0070	-0.0106	-0.0162	0.0000

Tabla 34g

Error relativo de la biomasa al 1° de enero del stock de anchoveta, al comparar la aproximación de Mac Call (1986) con la de Pope (1972)

Edades	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	-0.0119	-0.0103	-0.0128	-0.0107	-0.0038	-0.0001	0.0000
1	-0.0120	-0.0103	-0.0103	-0.0127	-0.0107	-0.0037	0.0000
2	-0.0012	-0.0107	-0.0085	-0.0095	-0.0123	-0.0070	0.0000
3	0.0026	0.0032	-0.0013	0.0024	-0.0006	-0.0022	0.0000
4	0.0103	0.0101	0.0109	0.0084	0.0095	0.0162	0.0000
0+	-0.0052	-0.0087	-0.0094	-0.0098	-0.0069	-0.0021	0.0000
1+	-0.0035	-0.0077	-0.0072	-0.0090	-0.0091	-0.0039	0.0000
2+	0.0015	-0.0059	-0.0048	-0.0038	-0.0077	-0.0043	0.0000

**Tabla 35**

**Cuadro de resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante B del análisis de riesgo aplicado al stock de sardina común de la zona centro-Sur.**

Indice de desempeño	$F_{0,1}$	$F_{rep}$	$FF=M$	$F_{1/3}$	$F_{2/3}$
1) Captura promedio	507790	504800	469230	379410	199030
2) Mediana $S_T/S_0$	0.0997	0.1085	0.1693	0.2779	0.6039
3) Mediana $BE_T/BE_{96}$	0.9427	0.9757	1.1544	1.3336	1.9594
4) $P(S_t < 0,2xS_0)$	1.0000	1.0000	1.0000	0.9790	0.7600
5) $P(BE_t > BE_{96})$	0.4369	0.4628	0.6012	0.7172	0.8788

**Tabla 36**

**Cuadro de resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante C del análisis de riesgo aplicado al stock de sardina común de la zona centro-Sur.**

Indice de desempeño	$F_{0,1}$	$F_{rep}$	$FF=M$	$F_{1/3}$	$F_{2/3}$
1) Captura promedio	515060	511830	477250	388280	204150
2) Mediana $S_T/S_0$	0.0939	0.1024	0.1623	0.2678	0.5955
3) Mediana $BE_T/BE_{96}$	0.9308	0.9600	1.1367	1.3537	1.9783
4) $P(S_t < 0,2xS_0)$	1.0000	1.0000	1.0000	0.9830	0.7660
5) $P(BE_t > BE_{96})$	0.4202	0.4439	0.5780	0.6977	0.8604



Tabla 37

Cuadro de resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante B del análisis de riesgo aplicado al stock de anchoveta de la zona centro-Sur.

Indice de desempeño	$F_{rep}$	$F_{1/3}$	$F_{0,1}$	$FF=M$	$F_{2/3}$
1) Captura promedio	853.907	759.054	605.932	500.709	384.149
2) Mediana $S_T/S_0$	0.1923	0,2685	0,4395	0,5565	0,6653
3) Mediana $BE_T/BE_{96}$	0,1846	0,3013	0,5672	0,7472	0,8934
4) $P(S_t < 0,2 \times S_0)$	1,0000	0,7990	0,1110	0,0460	0,0240
5) $P(BE_t > BE_{96})$	0,0004	0,0080	0,1004	0,2368	0,3817

Tabla 38

Cuadro de resumen del desempeño de las estrategias de explotación según la variante C del análisis de riesgo aplicado al stock de anchoveta de la zona centro-Sur.

Indice de desempeño	$F_{rep}$	$F_{1/3}$	$F_{0,1}$	$FF=M$	$F_{2/3}$
1) Captura promedio	881.249	793.243	628.476	514.781	405.689
2) Mediana $S_T/S_0$	0,1679	0,2502	0,4113	0,5285	0,6343
3) Mediana $BE_T/BE_{96}$	0,1758	0,2875	0,5491	0,7115	0,8612
4) $P(S_t < 0,2 \times S_0)$	1,0000	0,9950	0,2810	0,0790	0,0280
5) $P(BE_t > BE_{96})$	0,0017	0,0137	0,1112	0,2385	0,3709



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

---

# ANEXO 1

Valparaíso, 22 de abril de 1997

**MEMORANDUM\IFOP\UPP\97\030**

**Acta reunión de trabajo sobre puntos biológicos de referencia en pesquería pelágicas.**

El lunes 21 de abril, se realizará una reunión de trabajo con el propósito de definir los puntos biológicos de referencia que se utilizará en el Proyecto FIP 96-12 "Bases biológicas para evitar la sobre-explotación de sardina común y anchoveta" y FIP 96-16 "Bases biológicas para prevenir la sobre-explotación en el recurso jurel". Ambos proyectos en su plan operativo identificaron la realización de reuniones de trabajo para definir con los usuarios (Subsecretaría de Pesca), la información que es de interés para la Administración Pesquera.

En esta reunión participaron las siguientes personas que se indican:

NÓMINA DE PARTICIPANTES	INSTITUCIÓN
1.- Sr. Rubén Pinochet .....	Subsecretaría de Pesca
2.- Sr. Cristian Bernal .....	Subsecretaría de Pesca
3.- Sr. Jorge Farías .....	Subsecretaría de Pesca
4.- Sr. Gonzálo Toabada .....	Fondo de Investigación Pesquera
5.- Sr. Alejandro Zuleta .....	Ecofish
6.- Sr. Mario Aguayo .....	IFOP
7.- Sr. Sergio Avilés .....	IFOP

- 8.- Sr. Patricio Barria .....IFOP  
9.- Sr. Rodolfo Serra .....IFOP  
10.- Sr. Humberto Pool .....IFOP

La reunión se realizó acorde a la agenda de trabajo y sus principales conclusiones y recomendaciones son las siguientes:

Política pesquera: La política pesquera en recursos pelágicos está dirigida fundamentalmente a conservar los stock en el largo plazo y a través de ellos lograr la sustentibilidad de la actividad extractiva. Es decir, es una política de conservación que tiende a evitar la sobrepesca de éstos recursos tanto por crecimiento como por desembarque.

La política pesquera en el corto plazo, tiende a minimizar los cambios en los actuales niveles de desembarque.

Política de explotación: Se considera adecuadas las estrategias de explotación que se presentaron en la propuesta técnica, en la cual se consideró de tasa de explotación constante para los recursos sardina común y anchoveta, estas son las siguientes:

Dentro esta estrategia se consideraron los siguientes puntos biológicos de referencia (PBR)

- 1.-  $F_{m\acute{a}x}$  = Tasa instantánea de mortalidad por pesca, la cual se obtiene el rendimiento por recluta máximo
- 2.-  $F_{0,1}$  = Tasa instantánea de mortalidad por pesca, donde el incremento marginal del rendimiento por recluta alcanza el 10% del incremento marginal de una pesquería incipiente.

Estos PBR se consideran adecuados desde el punto de vista del aprovechamiento eficiente del crecimiento somático, por lo tanto estos niveles de explotación permiten minimizar los efectos de sobrepesca por crecimiento

3.-  $F_{1/3}$  = Tasa instantánea de mortalidad por pesca, a la cual la biomasa del stock desovante se reduce a 1/3 de la biomasa desovante virginal.

4.-  $F_{2/3}$  = Tasa instantánea de mortalidad por pesca, a la cual la biomasa del stock desovante se reduce a 2/3 de la biomasa desovante virginal.

Estos PBR toman en cuenta los efectos de largo plazo que puede producir la pesca sobre la magnitud de las futuras generaciones, por lo tanto estos niveles de explotación permiten minimizar los efectos de sobrepesca por reclutamiento.

5.-  $F_{F=M}$  = Tasa instantánea de mortalidad por pesca igual a la tasa instantánea de mortalidad natural.

PBR definido de la evidencia empírica que muestran numerosas pesquerías sujetas a alta variabilidad ambiental.

Con respecto al jurel se consideran apropiadas analizar las tres estrategias de explotación en términos prácticos en una pesquería. En este proyecto no considera la implementación de la parte de la estrategias de explotación seleccionada.

## **TÁCTICAS.**

Implementación por parte de la Autoridad Pesqueras de una estrategia de explotación en términos prácticos en una pesquería. En este proyecto no considera la implementación de la parte táctica de la estrategia de explotación seleccionada.

## **RECOMENDACIONES.**

Se recomienda que al término del proyecto se realice un Taller denominado "Aplicación e interpretación de los puntos biológicos de referencia en los recursos sardina común, anchoveta y jurel". Al respecto IFOP debe analizar la disponibilidad efectiva de tiempo y recursos, puesto que no está contemplado en los presupuestos de estos proyectos.

Cc Sr. Mario Aguayo  
Sr. Sergio Avilés  
Sr. Rodolfo Serra  
Sr. Alejandro Zuleta  
Sr. Jorge Farías  
Sr. Gonzalo Taboada



Unidad Técnica Promoción y Ediciones

IFOP  
Valparaíso