



INFORME FINAL

Investigación CTP Regionalizada
Merluza de cola, 2009

SUBPESCA / Marzo 2009



INFORME FINAL

Investigación CTP Regionalizada
Merluza de cola, 2009

SUBPESCA / Marzo 2009

SUBPESCA

PROGRAMA DE CAPTURA TOTAL PERMISIBLE
PRINCIPALES RECURSOS PESQUERO CHILENOS

REQUIRENTE

SUBSECRETARIA DE PESCA - SUBPESCA
Subsecretario de Pesca:
Jorge Chocair Santibañez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegria

Director Ejecutivo:
Mauricio Braun Alegria

JEFE DE PROYECTO

Cristian Canales Ramírez

AUTORES

Cristian Canales R.
Patricio Galvez
Renzo Tascheri
Doris Bucarey S.
Renato Céspedes

COLABORADORES

Vilma Ojeda
Sergio Lillo



ÍNDICE GENERAL

	Página
1. RESUMEN EJECUTIVO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. ANTECEDENTES DEL RECURSO	4
4. INFORMACION EMPLEADA	11
4.1 Definición de las Pesquerías	11
4.2 Datos de entrada al modelo	11
4.2.1 Desembarques, descartes y sub-reporte	11
4.2.2 Captura por unidad de esfuerzo	12
4.2.3 Biomasa estimada por hidroacústica y área barrida	14
4.2.4 Composición de edades y longitudes	15
4.2.5 Madurez sexual y pesos medios	18
4.2.6 Crecimiento y mortalidad natural	18
4.2.7 Alimentación	19
4.3 Supuestos y parámetros	19
4.3.1 Stock y área de análisis	19
4.3.2 Desembarques y mortalidad por pesca	20
4.3.3 Reclutamientos	20
4.3.4 Selectividad	20
4.3.5 Capturabilidad	21
4.4 Modelo de evaluación	21
4.4.1 Condiciones iniciales	22
4.4.2 Dinámica de la población	22
4.4.3 Reclutamientos	22
4.4.4 Capturas	23
4.4.5 Selectividad	23
4.4.6 Composición de la captura por tamaños	24
4.4.7 Índices de biomasa	24
4.4.8 Formulación estadística	25



5.	EVALUACIÓN DE STOCK	27
5.1	Procedimiento de estimación de parámetros	27
5.2	Ajuste del modelo de evaluación	28
5.3	Resultados de la evaluación de stock	33
5.3.1	Escenarios de Evaluación	33
5.3.2	Análisis de sensibilidad de la información	37
5.3.3	Serie de CPUE de la flota de arrastre sur-austral	37
5.3.4	Importancia en las piezas de información. Hiper-priors	38
5.3.5	Evaluación de las Hipótesis relativas a procesos	41
5.3.6	Resumen del análisis de sensibilidad y supuestos	48
5.3.7	Cambios en los niveles de abundancia y su relación con la pesca	49
5.3.8	Diagnostico de la población	58
6.	SIMULACIÓN DE EFECTOS FUTUROS DE EXPLOTACIÓN	64
6.1	Proyección de la población al 2008 y 2009	64
6.2	Proyección de la población bajo distintos escenarios de captura constante --	66
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
8.	REFERENCIAS	71

ANEXOS

- ANEXO 1. Códigos modelo de evaluación merluza de cola (Malab).
- ANEXO 2. Propuesta de modelo de dinámica espacial de merluza de cola.
- ANEXO 3. Criterios en el tratamiento de datos y modelación de la CPUE de merluza de cola.
- ANEXO 4. Calificación Técnica del Pre-informe final
- ANEXO 5. Observaciones a la Calificación Técnica y propuesta de plan de trabajo



1. RESUMEN EJECUTIVO

Se realiza un análisis de la información de merluza de cola histórica recopilada desde 1970 al 2007, basado en un modelo estadístico de captura a la edad. El modelo es ajustado a información de proporción de edades y tallas en los desembarques y los cruceros hidroacústicos, así como las señales de abundancia CPUE, biomasa acústica y área barrida.

Se analizaron 17 salidas de modelos que consideraron tanto los distintos niveles de importancia de la información como los diferentes supuestos e hipótesis relativas a procesos como son el patrón de explotación, relación Stock-recluta y mortalidad natural.

Los resultados muestran que omitir la CPUE de la flota de arrastre sur austral 2002-2007 o la serie de biomasa acústica genera un aumento del 9% en la biomasa del 2007. De igual forma, el análisis determinó que la información de edades las capturas del arrastre sur austral tiene la mayor relevancia en cuanto a las estimaciones de biomasa desovante al 2007 (aumenta en un 16%), seguido de la información de arrastre centro-sur cuya exclusión genera una reducción en la biomasa del 8%. En cuanto a los supuestos relacionados con los procesos poblacionales, los mayores niveles de variación en biomasa se obtienen con el supuesto de selectividad y estimados de mortalidad natural. El primero de estos produce un aumento del 30% en la biomasa desovante 2007, en tanto que el valor de verosimilitud máxima de mortalidad natural produce un aumento del 75% en la biomasa desovante. Sin embargo, este último escenario entrega un valor de M poco relacionado con la longevidad de esta especie.

La evaluación indica que la biomasa explotable a las flotas de arrastre ha tenido una sostenida disminución desde fines de los noventa y al 2007 se ubica en torno a las 200 mil toneladas. De igual forma, la biomasa vulnerable al cerco (2 a 8 años de edad) presenta un sostenido incremento desde el 2004 y al 2007 se elevaría a valores en torno a las 527 mil toneladas y que no estarían disponibles a la zona V-IX regiones. Esta fracción poblacional ha tenido importantes fluctuaciones con dos modas identificadas en torno a los años 1986 y 1997, años que corresponden a períodos de buenos reclutamientos que habrían atravesado por la pesquería y explicarían el desarrollo de la importante pesquería pelágica que termina hacia fines de los 90s.

Los reclutamientos de la merluza de cola muestran que los años de máximos reclutamientos ocurrieron en 1986-87, 1994, 1996. Durante gran parte de los años ochenta y hasta fines de los noventa predominaron clases anuales fuertes que generaron niveles importantes de biomasa y de toda una pesquería de cerco. La reducción poblacional actual se debe en parte, al re-escalamiento de los reclutamientos los últimos 7 años. La biomasa total al 2007 se estima en 733 mil - 931 mil toneladas. Para el caso base, 360 mil toneladas comprenden la biomasa desovante y 165 mil toneladas la biomasa explotable a la actual flota de arrastre

La población total (individuos de edad 1+) muestra un período de buenos niveles poblacionales entre la segunda mitad de los ochenta y fines de los noventa, esto determinado por los buenos



reclutamientos que antes se indicara. La población adulta muestra que durante este mismo período, el número de peces de más de 6 años se mantuvo más o menos estable en el período 1985-1999. Posteriormente, la caída de esta fracción poblacional se debería al re-escalamiento de los reclutamientos y el aumento en la mortalidad por pesca.

En efecto, hasta el año 2002 las variaciones en mortalidad por pesca estuvieron determinadas principalmente por los desembarques, sin embargo, para el período 2003-2007 se observa que mientras los desembarques se han estabilizado, la mortalidad por pesca se ha incrementado como respuesta a la disminución de la fracción adulta 6+. Las tasas de explotación de la fracción 6+ muestran un sostenido incremento desde fines de los noventa y llegan al 2006-2007 a los máximos niveles con valores entre el 25% y 30% de remoción por pesca anual. El incremento en las tasas de explotación ha generado la tendencia inversa de la edad media de las capturas de la flota arrastrera sur-austral, la cual se ha reducido en el período 2004 – 2007 en un 17%.

El análisis de status de la población indica que los actuales niveles de explotación parecen adecuados para la sustentabilidad de la pesquería si considera como límite o umbral de conservación un valor de reducción poblacional al 20%. La razón de biomasa desovante señala que la población presentó una importante reducción desde fines de los 90s producto de una caída en los niveles de reclutamientos, excedentes productivos negativos y el incremento de la actividad pesquera de arrastre. Los años más recientes la reducción poblacional se ha detenido y los niveles de mortalidad por pesca son similares a los que en el largo plazo dejan por remanente el 40% de la población virginal.

Se estima que la desaparición de la actividad extractiva pelágica ha sido factor clave en la recuperación que ha tenido esta población en los últimos 3 años, no obstante se estiman valores de biomasa que pudiendo esta potencialmente vulnerable para esta flota, no se encuentran disponibles. Entre el 2005 y el 2007 la población desovante ha crecido en casi un 22% producto de excedentes mayores a los desembarques y de reclutamientos favorables. Al año 2007, la razón de biomasa desovante indica que la población se ubicaría a un 95% de confianza entre un 22% y un 53% condición virginal, sin embargo, el riesgo que la población se ubique bajo el 40% de la población virginal es $p=0,72$ lo que es elevado si se desea mantener este punto biológico de referencia.

La proyección poblacional al 2009 indica que esta debiera registrar un aumento puntual del 25% 2007-2009, crecimiento que no llega a ser estadísticamente significativo. La simulación de largo plazo bajo capturas constantes indica que, niveles superiores a 100 mil toneladas anuales generan en todos los escenarios, la reducción poblacional. En el caso base se obtiene que el riesgo de reducir la población actual ante distintos niveles de capturas, aumenta a más del 10% con capturas sostenidas por sobre las 85 mil toneladas. El análisis también indica que para reducir a un 10% el riesgo de disminuir la población respecto del 40% de una condición virginal, se logra con capturas bajo las 60 mil toneladas en el caso base y 80 mil toneladas en el caso optimista S1. A partir de esto, se concluye que capturas no superiores a 80 mil toneladas son adecuadas para la sustentabilidad del objetivo de manejo propuesto. Finalmente y como valor de compromiso para los dos escenarios considerados y en base a un objetivo de conservar el 40% de la biomasa desovante, se recomienda que la captura del año 2009 sea establecida en torno a 70 mil toneladas.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Establecer el estado actual del recurso merluza de cola (*Macroronus magellanicus*) entre la V y la XII Región y recomendar la Captura Total Permisible (CTP) para cada unidad de pesquería, para el año 2009.

2.2 Objetivos específicos

- Definir e implementar una metodología robusta para conocer el estatus del recurso en toda el área de sus unidades de pesquería, mediante el uso eficaz de toda la información pertinente y confiable disponible.
- Estimar la biomasa, abundancia y su composición total y por unidad de pesquería, incluyendo la incertidumbre asociada a estas estimaciones.
- Diseñar e implementar una metodología para el análisis y la evaluación de estrategias de explotación sustentables para estas unidades de pesquería, en horizontes de corto, mediano y largo plazo.
- Recomendar los niveles de explotación biológicamente sustentables (CTP) para el año 2009 en cada unidad de pesquería, considerando un adecuado tratamiento de la incertidumbre y consecuente análisis de riesgo.



3. ANTECEDENTES DEL RECURSO

El área del estudio se extiende entre V y XII Región, en el área de la pesquería en donde se realizan las actividades extractivas de la flota industrial de cerco (V a X Regiones) y arrastre (V a XII Regiones).

- **Unidad de Stock y dinámica poblacional**

Las siguientes consideraciones relacionadas con el modelo de la dinámica de merluza de cola provienen de los estudios desarrollados por Aranís *et al.* (2004a, 2004b y 2005); Balbontín y Bravo (1997), Barbieri *et al.* (2003); Céspedes *et al.* (2003, 2004 y 2005); Cubillos *et al.* (1998); Galleguillos *et al.* (1999); Lillo *et al.* (1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004a, 2004b y 2005); Payá *et al.* (2002); Rubilar *et al.* (2005); Tascheri *et al.* (2005); y Young *et al.* (1998).

La dinámica poblacional se basa en la existencia de una sola unidad de stock, antecedente descrito por Galleguillos *et al.* (1999) en un estudio dirigido a confirmar la existencia de uno o más stocks en esta especie. En este estudio fueron empleadas las tres técnicas tradicionales para evaluar la existencia de más de una unidad de stock: genética, parasitología y morfometría; estas tres técnicas coincidieron en su resultado, es decir la existencia de una sola unidad de stock en el área de distribución de esta especie.

El ciclo de vida que se deriva de los estudios realizados y la actividad pesquera que se desarrolla, señalaría que esta especie se concentra para desovar entre junio y agosto en las inmediaciones de las Islas Guafo y Guamblin (43°-47° LS). Por su parte, los individuos juveniles se distribuyen a lo largo de toda la costa central y sur austral, constituyendo principal presa de merluza del sur y presentando grandes concentraciones con fines tróficos en la zona centro-sur entre octubre y enero. Además de lo anterior, existe una segregación por tamaño en la columna de agua, encontrándose los juveniles y adultos jóvenes preferentemente a menores profundidades, por lo cual son vulnerables en la zona centro sur al arte de cerco. Por su parte los adultos se encuentran a profundidades superiores a los 200 metros y son capturados con el arte de arrastre tanto en la zona centro-sur como sur-austral (Figura 1).

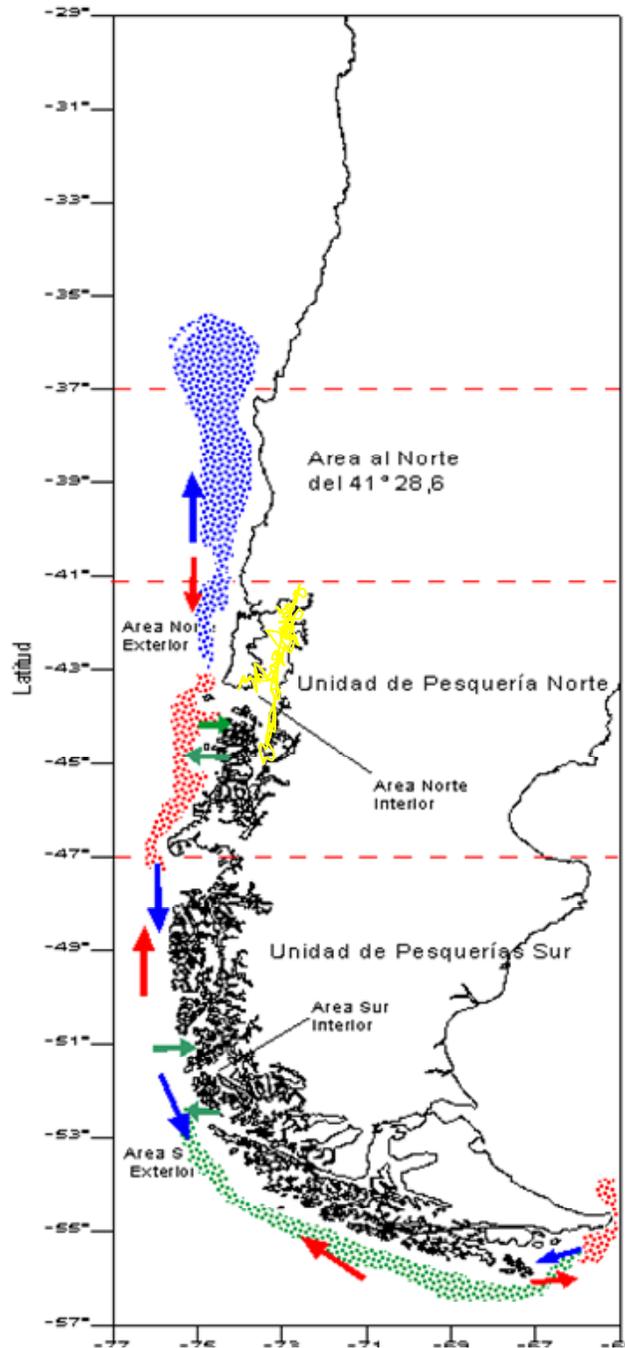


Figura 1. Esquema migratorio de merluza de cola en la zona de distribuci3n chilena. Fuente IFOP. Rojo indica concentraci3n reproductiva de adultos; azul zona de alimentaci3n y alta concentraci3n de juveniles; verde zona de alimentaci3n; amarillo zona alimentaci3n y concentraci3n de juveniles de edades tempranas (edad 0, 1 y 2); flecha roja migraci3n por reproducci3n, flecha azul migraci3n por alimentaci3n post desove; flecha verde flujo de huevos y larvas entre aguas exteriores e interiores.



- **Fracción adulta**

La merluza de cola es un desovador sincrónico, cuyo desove se realiza regularmente entre la Isla Guafo y la Península de Taitao en el mes de agosto de cada año; los principales focos de desove se encontrarían asociados a la existencia de cañones submarinos, el Cañón Guablín (45°10' S), el Cañón Guafo (44°10' S) y Cañón Taitao (46°20' S) (**Figura 1**); Lo anterior genera una concentración de la flota orientada a pescar merluza de cola en dicha área, con altas capturas y rendimientos de pesca, altos índices reproductivos (IGS) y cambios en las tallas de la captura, desde estructuras de tallas juveniles a peces adultos.

Inmediatamente posterior al desove, los peces adultos retornarían a zonas de alimentación, localizadas al norte (36° - 40° S) y sur de esa área, principalmente en aguas exteriores. Este comportamiento del recurso genera una caída de los rendimientos de pesca en el área de desove.

Sobre la zona norte de alimentación se desarrolla la operación comercial de la flota arrastrera demersal Centro Sur, que captura generalmente ejemplares adultos. Las operaciones de pesca se realizan entre los meses de octubre y mayo del año siguiente, con rendimientos de pesca decrecientes desde abril en adelante (**Figura 2**). Lo anterior, junto con una operación que progresivamente se desplaza al sur (**Figura 3**), evidencia una migración de la fracción adulta del recurso al área de desove, retomando la dinámica reproductiva anteriormente descrita.

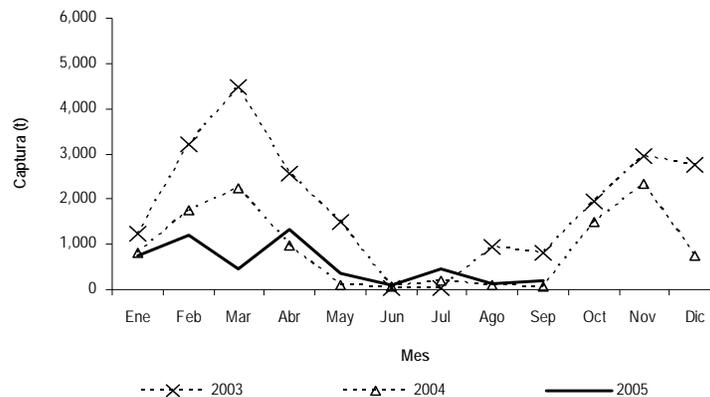
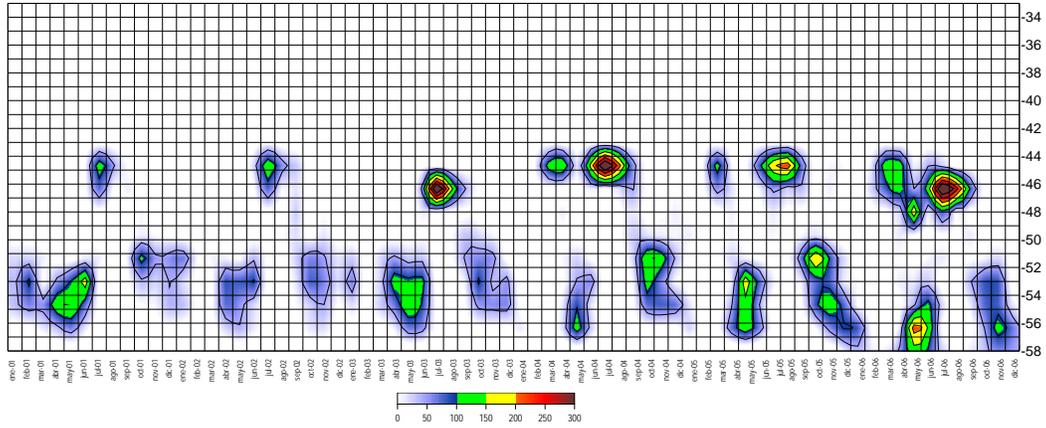


Figura 2. Estacionalidad de las capturas de la flota arrastrera en la pesquería de merluza de cola en la zona centro sur 2003-2005.

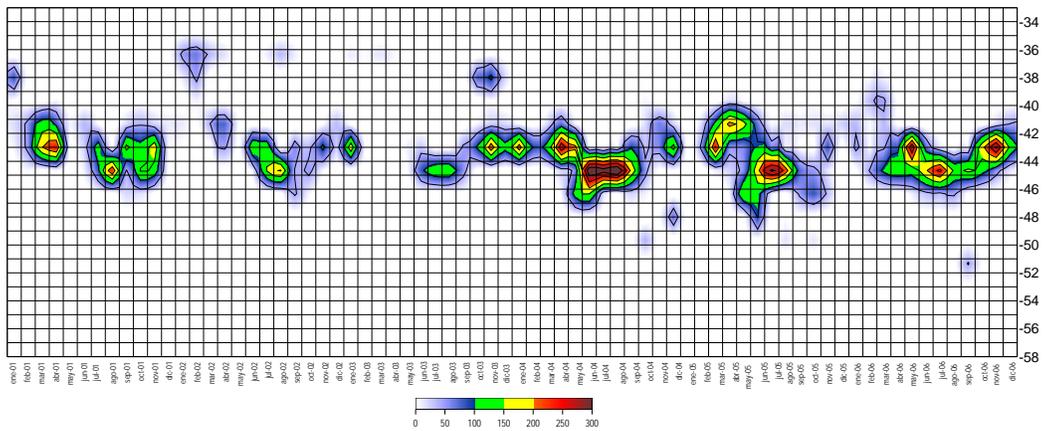
Las otras dos áreas de alimentación (área sur) se localizarían frente a la Isla de Chiloé y al sur del paralelo 49°S. La primera de estas áreas es justificada porque entre noviembre y mayo del año siguiente opera la flota arrastrera hielera de la pesquería demersal austral (**Figura 4**). Estos peces retornarían al área de desove en los meses de máxima actividad reproductiva. La segunda área de alimentación se localizaría al sur del paralelo 49°S, en aguas exteriores del extremo austral de Chile. En esta zona, se observan entre octubre y marzo del año siguiente rendimientos de pesca, en general, inferiores al período reproductivo.



Arrastre F3brica



Arrastre hielero



Arrastre hielero centro-sur

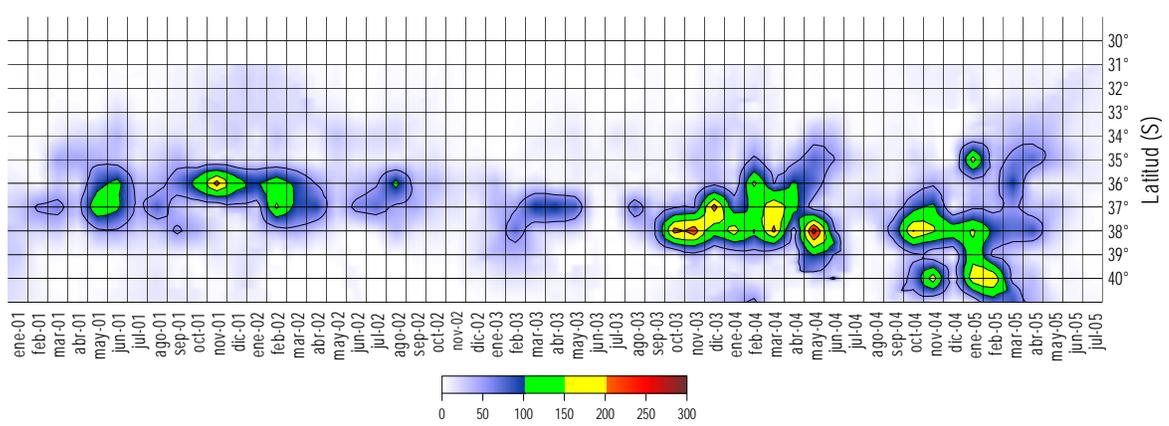


Figura 3. Distribuci3n espacio-temporal del esfuerzo de pesca de la flota arrastrera

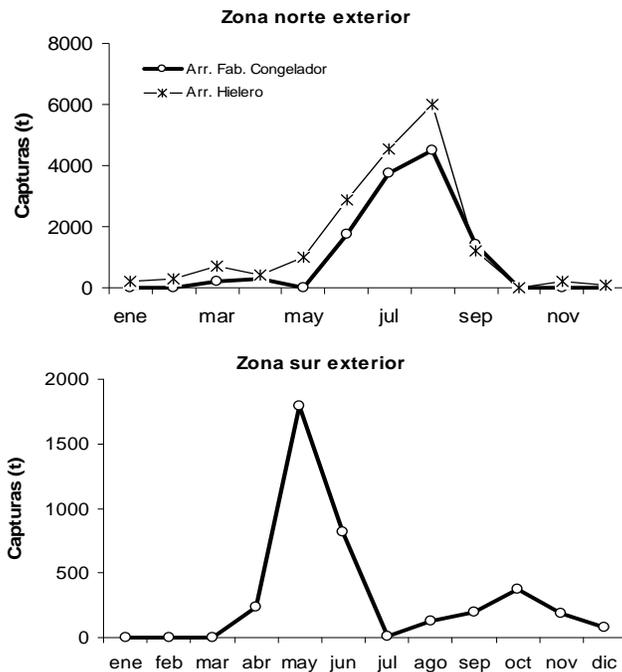


Figura 4. Estacionalidad de las capturas de la flota arrastrera en la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral.

Cabe señalar que de acuerdo con estudios efectuados en la zona atlántica de distribución del recurso, no se han encontrado áreas o focos de desove (com. pers. Dr. Otto Wohler, INIDEP) y se ha postulado la posibilidad de que exista otro foco de desove en el extremo austral de Chile (53°-57° S).

En este sentido y no obstante observarse entre los meses de mayo y parte de julio un incremento de la actividad gonádica de las hembras de merluza de cola, la información disponible del monitoreo de la pesquería, más que confirmar el proceso de desove en dicha área (extremo austral de Chile), sugieren un desplazamiento del recurso desde el extremo austral hacia latitudes menores, en dirección al foco principal de desove registrado entre la Isla Guafo y la Península de Taitao.

• Huevos y larvas

Los pocos antecedentes existentes sobre la distribución de huevos y larvas de este recurso, señalan su presencia en el área principal del foco de desove, mantenidos en el área y sus alrededores debido a los flujos de aguas presentes en la zona. En aguas interiores de la X y XI Región también se ha registrado presencia de huevos y larvas de esta especie, que podrían provenir del área de desove hacia aguas interiores por las corrientes marinas; como posiblemente también, en menor proporción, de desoves producidos en aguas interiores.



- **Fracción juvenil**

En esta especie se ha descrito la existencia de una segregación espacial entre la fracción adulta y juvenil, en donde la llegada de altas concentraciones de ejemplares adultos, desplazan a los cardúmenes de juveniles hacia otras áreas, tanto en sentido latitudinal, longitudinal, como batimétrico.

A la fecha, se reconocen dos áreas importantes de reclutamiento. La primera, entre los 36°- 39° S, que corresponde al área en la cual se desarrolló la pesquería de cerco sobre esta especie y que explicó en la década de los 90, las mayores capturas históricas del recurso.

La segunda, ubicada en aguas interiores de la X y XI y confirmada por los cruceros de investigación efectuados a partir del año 2003, registra ejemplares juveniles de merluza de cola de edades tempranas (edad 0, 1 y 2) con tallas entre 5 y 30 cm. Esta fracción juvenil podría provenir de huevos y larvas del desove de aguas exteriores, que debido a las corrientes ingresan a aguas interiores, llevándose a cabo una importante fase de su desarrollo en dicha zona; al parecer con un comportamiento muy residente. Sin embargo, cuando estos juveniles alcanzan tallas entre 40 y 55 cm, una importante fracción migraría hacia aguas exteriores para unirse a la fracción de la población juvenil y adulta de aguas exteriores. Esto último se explica por la ausencia de importantes modas de estos juveniles y de adultos en los muestreos de los cruceros de investigación realizados.

Cabe señalar que la información obtenida de la actividad comercial arrastrera es sesgada, debido a que esa flota dirige su actividad a peces adultos. Sin embargo, se registran concentraciones de juveniles entre los 53° y 57° S, como también entre los 47° y 51° y frente a las costas de Chiloé

En el área de desove, entre los meses de abril y junio se ha descrito la presencia de juveniles (30 - 50 cm) los que durante los meses de máxima actividad de desove se desplazarían hacia el norte y sur de dicha área, debido a la llegada de altas concentraciones de la fracción adulta. Este desplazamiento podría explicar la alta concentración de juveniles registrados en las capturas realizadas por la flota de cerco frente a las costas de la VIII Región.

- **Aspectos reproductivos**

En términos de los aspectos reproductivos, en la **Figura 5** se destaca la notable regularidad que tiene el recurso en términos de la intensidad y temporalidad del proceso del desove, concentrándose entre mayo y octubre y registrando una máxima durante el mes de agosto. Complementariamente, un elemento destacable a través del cual se postula que la zona centro sur no constituye área de desove es la alta presencia de ejemplares inmaduros como también la presencia de ejemplares adultos con bajo nivel de actividad reproductiva IGS (**Figura 6**). De acuerdo con la información recopilada por IFOP a través del programa de seguimiento de las pesquerías de la zona centro-sur, el IGS 2001-2005 ha sido errático y de bajos valores, lo cual sugiere la nula existencia de actividad reproductiva en la zona.

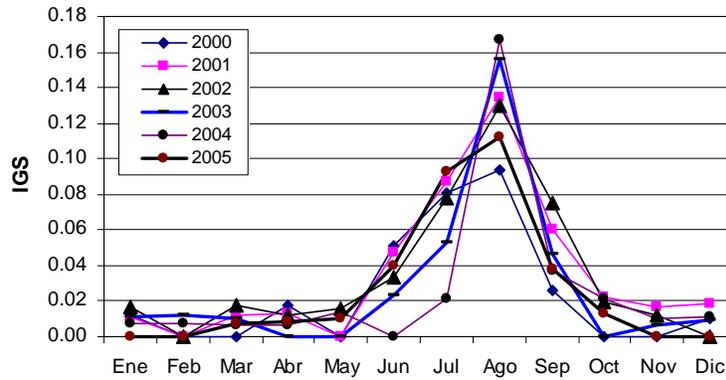


Figura 5. Perfil mensual del indice gonadosomático (IGS) de merluza de cola en la zona norte exterior.

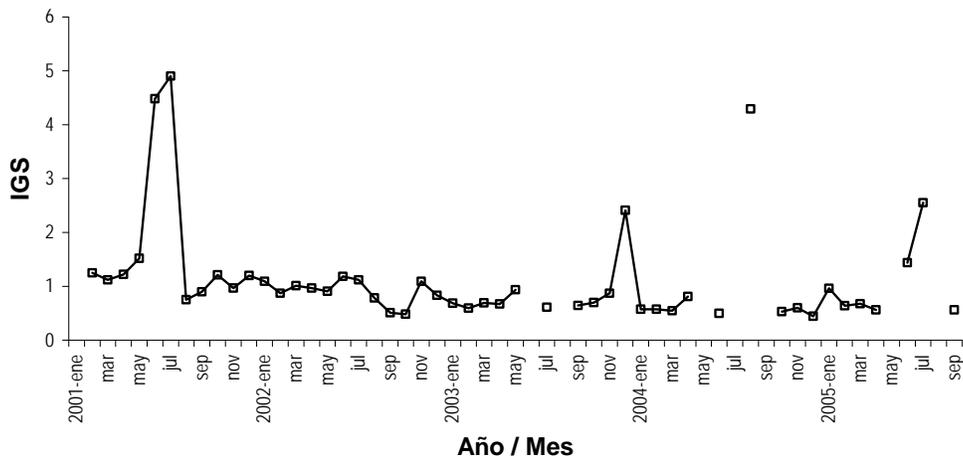


Figura 6. Variaci3n mensual del índice gonadosomático (IGS), de hembras de merluza de cola en la pesquería demersal centro sur (PDCS). Serie 2001-2005.



4. INFORMACIÓN EMPLEADA

4.1 Definición de las Pesquerías

La pesca sobre merluza de cola (*macroroums magellanicus*) esta constituida por dos unidades de pesquería: V a la X Regiones, y XI a la XII Regiones, las cuales se encuentran declaradas en régimen de plena explotación y sometidas a la medida de administración denominada Límites Máximos de Capturas por Armador, y por ende esta sujeta a cuotas anuales de capturas según se indica en el artículo 3° de la Ley 19.713. La actividad es industrial y es desarrollada por dos flotas arrastreras (V-X y XI-XII Regiones) y una flota cerquera que distribuida entre la V y X operó hasta el 2002. La Cuota Global de Captura para el 2008 (D.E. N°1781/07) asignada para la macrozona V-X regiones alcanza a 104,6 mil t, mientras que la CGC asignada a la macrozona XI-XII alcanza a 45,0 mil t; el 100% de la cuota corresponde a la fracción industrial.

Los desembarques acumulados al primer semestre en el área comprendida entre la V y X regiones alcanzan a 16 mil t, con un alza de 37,7% respecto a lo registrado a igual periodo del 2007, alcanzando su participación dentro de los desembarques totales de pelágicos al 1,0%. Para la unidad de pesquería comprendida entre las regiones XI y XII se registran 22,2 mil t, un 1,0% superior al registrado en julio de 2007.

4.2 Datos de entrada al modelo

El período de evaluación considera la serie 1970-2007. La información utilizada en la presente evaluación corresponde a la siguiente:

- Estimaciones previas de parámetros de vida: crecimiento, madurez y mortalidad natural
- Pesos medios a la edad
- Serie de desembarques por flota (arrastre sur austral, arrastre centro sur, y cerco) 1970-2007
- Composiciones de edades y tallas de las capturas 1988-2007 y las registradas en los cruceros de evaluación hidroacústica (1999-2007).
- Series de CPUE estandarizada de la flota arrastrera sur-austral 1979-2007
- Series de CPUE estandarizada de la flota cerquera centro-sur 1987-2001
- Serie de biomasa estimadas a través de cruceros hidroacústicos 1999-2007
- Biomasa estimada por área barrida en 1970

4.2.1 Desembarques, descartes y sub-reporte

Los datos de desembarques corresponden a las estadísticas oficiales provistas por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) en el período de análisis. En el presente trabajo no se considera el efecto de descarte porque no se dispone de información validada en este sentido, sin embargo, se



sostiene que un masivo descarte de ejemplares pre-reclutas se debiera manifestar en un bajo nivel de reclutas a la pesquería que el modelo y las estructuras de edades debieran advertir. Por otro lado, tampoco se dispone de estimados de subreporte que permitan corregir las estadísticas oficiales de los desembarques.

La actividad extractiva sobre merluza de cola es antigua y se remonta a mediados del 70s junto con el desarrollo de la pesquería demersal sur-austral (PDA). En estos años, la merluza de cola no era especie objetivo y fue objeto de descarte, no obstante capturas reportadas en el orden de las 20 mil toneladas anuales. Años más tarde se desarrolla la pesquería pelágica como complemento estival de la pesquería del jurel, y genera un récord con poco mas de 300 mil toneladas durante la segunda mitad de los noventa. Posteriormente, junto con la reducción de los desembarques de merluza de cola capturada por la flota de cerco en el 2003, se registra un incremento sostenido de los desembarques de la flota arrastrera en las dos unidades de pesquería. Este explosivo aumento, que duplicó las estadísticas en el período 2000-2007, se explica por la apertura de nuevos mercados para el poder exportador, y en menor medida a la reorientación del esfuerzo orientado a la merluza austral (Figura 7).

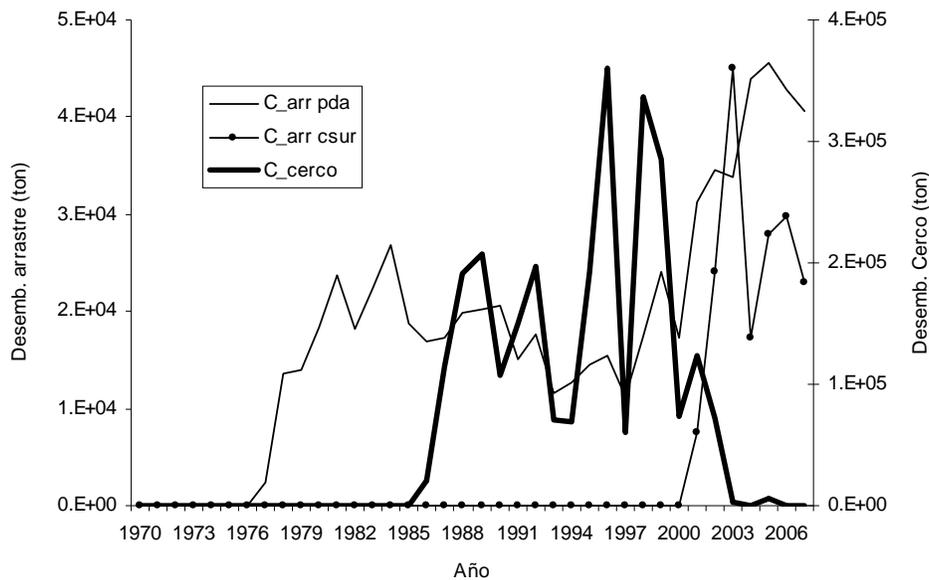


Figura 7. Desembarques oficial de merluza de cola por flota 1970-2007.

4.2.2 Captura por unidad de esfuerzo

La captura por unidad de esfuerzo es un indicador de biomasa relevante en este tipo de estudios. Sus variaciones guardan relación con cambios estructurales de la población que simultáneamente con la información de edades de las capturas debieran recoger de manera consistente la dinámica



del stock. Se dispuso de 3 series de CPUE ajustadas a través de GLM pero donde la variable por explicar obedece a distinta naturaleza estocástica. Las variables se modelaron respectivamente a través de funciones de enlace lognormal, poisson y tweedie y se consideran informáticas de manera independientes. Estas señales de abundancia relativa son comparadas con el crucero de evaluación hidroacústica, único índice independientes de la pesquería basado en un diseño formal de evaluación.

Las tres señales muestran un período en el cual la merluza de cola fue especie complementaria al desarrollo de la pesquería PDA. Este período llega hasta mediados de los noventa, y luego se identifica un período de aprendizaje y desarrollo, consolidándose a partir del 2002 como una pesquería específica (**Figura 8**). A partir del 2003, los tres índices sugieren una sostenida reducción que es consistente con la señal mostrada por los cruceros hidroacústicos.

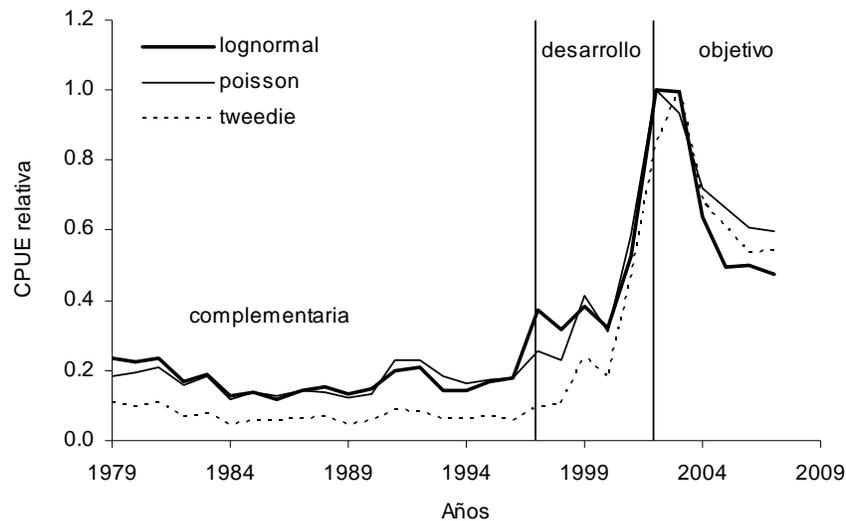


Figura 8. Índices de abundancia relativa de merluza de cola (CPUE) para la flota arrastrera sur austral.

Otra señal de abundancia relativa incorporada al modelo corresponde a la CPUE de la flota de cerco que fuera incluida en la evaluación de stock del año recién pasado (Canales et al, 2008). Esta señal está asociada a las clases anuales más jóvenes de la población y muestra una reducción entre 1988 y 1997 seguido de un incremento hacia el 2000-2001 que se contradice con lo ocurrido en la pesquería (**Figura 9**).

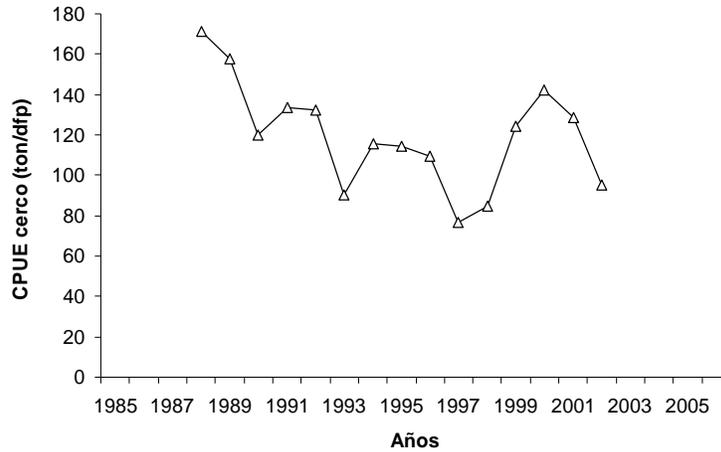


Figura 9. Serie de CPUE estival estimada para la flota de cerco entre 1988 y el 2002.

4.2.3 Biomasa estimada por hidroacústica y área barrida

Además de los 7 cruceros hidroacústicos, realizados con el fin de evaluar la biomasa desovante en la zona de máxima concentración reproductiva (43° y 47° LS), se han realizado otros dos cruceros en la zona centro-sur y dos en aguas interiores de la X-XI Regiones. Los resultados de todos los cruceros son consistentes en cuanto a la señal de reducción de biomasa de merluza de cola desde el año 2000 al 2005 (Figura 10). Más recientemente, la biomasa estimada el 2007 sugiere que dicha reducción se ha detenido.

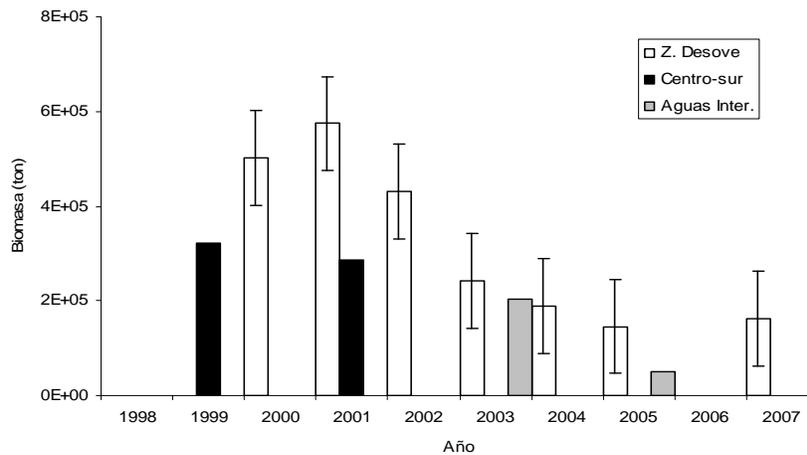


Figura 10. Biomasa hidroacústica de merluza de cola estimada en cruceros de zona de desove (43°-47°LS), zona centro sur y aguas interiores de la X-XI Regiones.



Por otra parte, durante el verano de 1970 se realizó la primera prospección de recursos demersales de la zona sur austral del País determinándose un “standing stock” de merluza de cola de 740 mil toneladas (Pantoja et al, 1973) y se interpreta como biomasa explotable al arrastre. Esta estimación para los efectos del estudio es supuesta informativa de la condición virginal que tenía la población explotable al arrastre (mas detalles ver modelo).

4.2.4 Composición de edades y longitudes

Las composiciones de edades de las capturas corresponden a las series históricas que dispone IFOP, las cuales han sido elaboradas a partir del muestreo de longitudes periódico de las capturas y los cruceros, y su posterior transformación a edad a través de las claves trimestrales y semestrales generadas de la lectura de otolitos. La información de estructuras esta compuesta por matrices de capturas a la edad (1 – 14 años) para las principales flotas de pesca, y la información de composición de longitudes (20-80 cm) que la flota de cerco reportó entre 1988 y 1996.

La información proveniente de la flota de arrastre sur-austral es la más consistente en la identificación de cohortes importantes como las ocurridas los años 1994 y 1996. La composición de edades de la flota de cerco es parcial y solo muestra la presencia de ejemplares mayoritariamente inmaduros, al igual que las composiciones de tamaños de la misma flota en años previos. Esta última sugiere importantes cambios en el patrón de explotación que parecieran confundirse con el patrón de crecimiento de esta especie, haciendo imposible la identificación y seguimiento de una cohorte a través de la pesquería. Mayores detalles en las Figuras 11, 12, 13, 14 y 15.

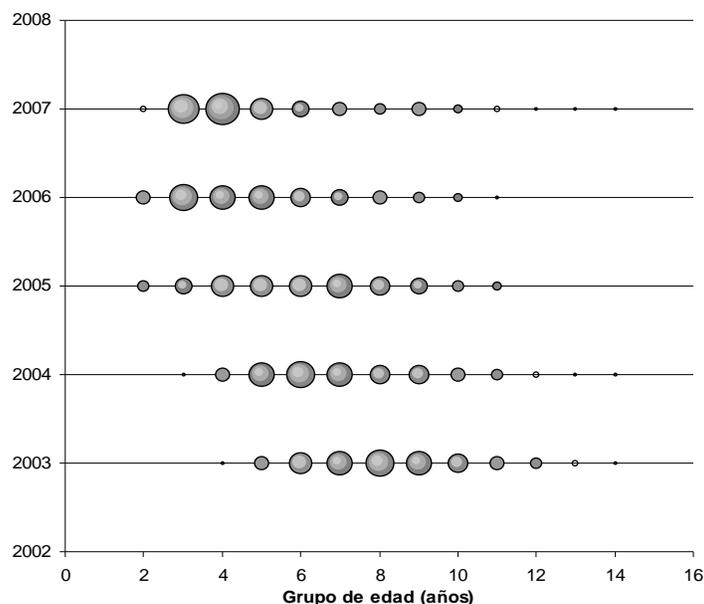


Figura 11. Composición de edades en las capturas de arrastre centro-sur merluza de cola 2003-2006.

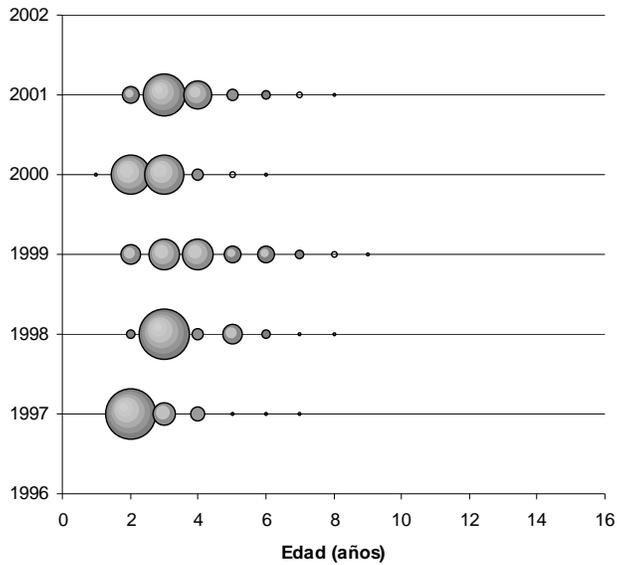


Figura 12. Composici3n de edades en las capturas de cerco centro-sur merluza de cola 2003-2006.

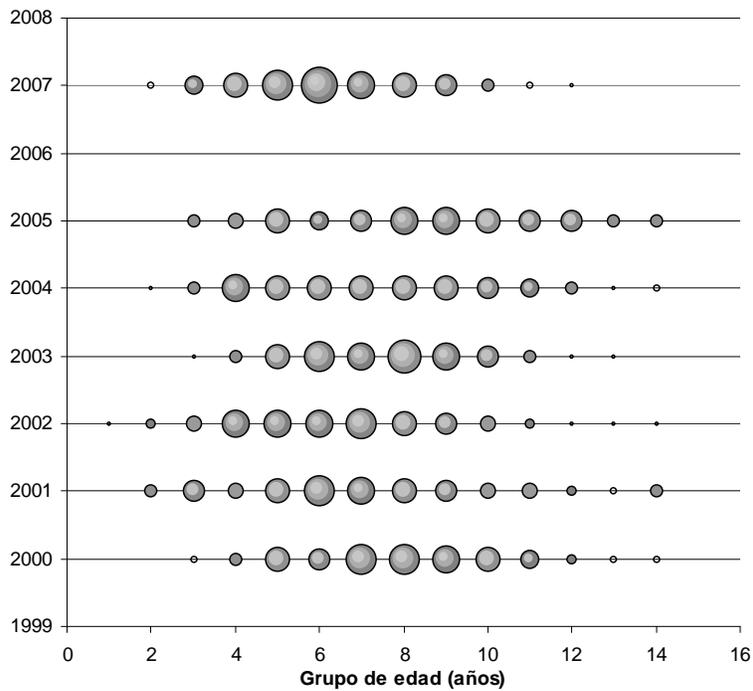


Figura 13. Composici3n de edades en los cruceros zona de desove merluza de cola 2000-2007.

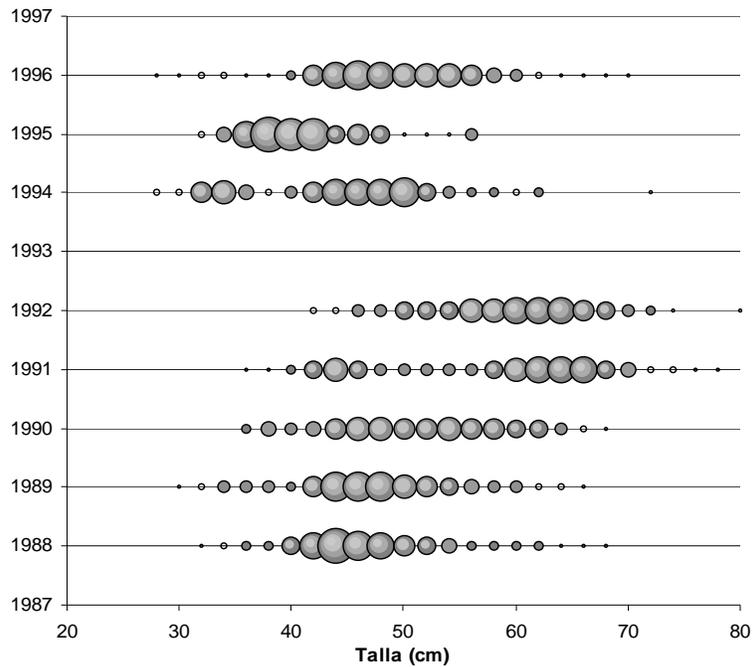


Figura 14. Composición de longitudes en las capturas de cerco centro-sur merluza de cola 1988-1996.

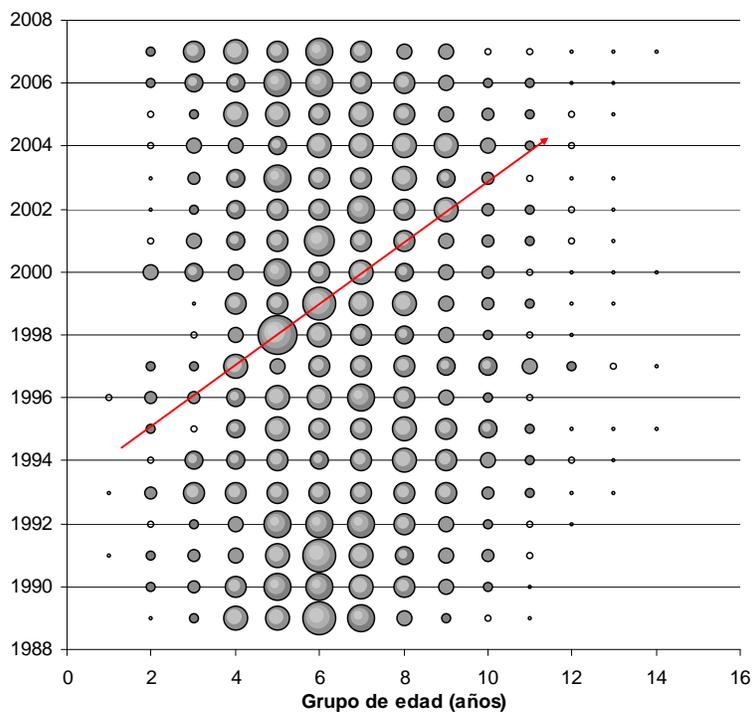


Figura 15. Composición de edades en las capturas de arrastre sur-austral de merluza de cola 2003-2007



4.2.5 Madurez sexual y pesos medios

La edad de primera madurez sexual de la merluza de cola est1 entre los 3 y 4 a1os de edad, en tanto que por sobre los 9 a1os se encuentra en mas de un 95% sexualmente madura. De igual forma, la informaci3n de pesos medios anuales a la edad es elaborada a partir de las relaciones peso-talla anuales, y su posterior transformaci3n a trav3s de la matriz clave talla-edad antes mencionada. Esta informaci3n cubre muestreos mensuales desde 1989 a la fecha. Para efectos del modelo, se sugiere el empleo de un vector de pesos medios te3ricos a la edad que corresponde al promedio del per3odo de an1lisis (C. Francis *com pers.*)

Tabla 1.
Madurez sexual y pesos medios a la edad de merluza de cola

Edad (a1os)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Madurez	0.045	0.156	0.362	0.587	0.751	0.848	0.902	0.933	0.951	0.963	0.970	0.975	0.978	0.981
Peso medio (gr)	105	195	338	526	714	873	1053	1231	1373	1575	1845	2099	2105	2692

4.2.6 Crecimiento y mortalidad natural

La edad m1xima observada en la captura comercial es de 18 a1os, mientras que las tallas m1ximas observadas han sido de 110 cm para machos y de 120 cm para hembras. Esta especie presenta crecimiento diferencial por sexo, sin embargo para los fines de la evaluaci3n, se consideran los sexos combinados debido a que existen limitaciones de datos hist3ricos para realizar los an1lisis separados por sexo.

La informaci3n de composici3n de tallas del desembarque de la flota de cerco requiere un adecuado an1lisis estad3stico a objeto de ser incorporada en el modelo de evaluaci3n. Dicho an1lisis se sustenta en la estimaci3n de una matriz de transformaci3n estoc1stica de captura a la edad a captura a la talla, siendo para ello necesario disponer de los par1metros de crecimiento. Se dispone de informaci3n de crecimiento y mortalidad recopilados a partir de estudios nacionales (proyectos FIP) y de un an1lisis posterior (Canales et al, 2007) basado en modelos bio-anal3gicos para determinar el valor de M. En el presente trabajo se emplea un valor de $M=0,35$ y par1metros de crecimiento definidos por $L_{\infty}=97,4$ cm, $k=0,20$, $t_0= - 0.452$. Sin perjuicio de esto, se realiza un escenario de evaluaci3n con M estimado por el modelo, esto con el objeto de advertir si la informaci3n analizada contiene suficiente contraste para determinar un valor de M consistente con la biolog3a de esta especie.



4.2.7 Alimentaci3n

La alimentaci3n de la merluza de cola se encuentra constituida principalmente por peces como merluza de cola, merluza de tres aletas y pejerratas, algunos crust3ceos como euf3sidos y camarones, y calamares. En la zona sur austral, en algunas 3reas y 3pocas del a3o, se han encontrado niveles altos de canibalismo, lo que podr3a explicar la segregaci3n espacial entre juveniles y adultos (Pool et al., 1997).

4.3 Supuestos y par3metros

4.3.1 Stock y 3rea de an3lisis

La hip3tesis de trabajo considera que existe una sola unidad de stock que habita la zona centro-sur y sur-austral (Galleguillos op. cit.). El 3rea de estudio considera como l3mite el paralelo 35 S por el norte y el Cabo de Hornos (56 S) por el sur.

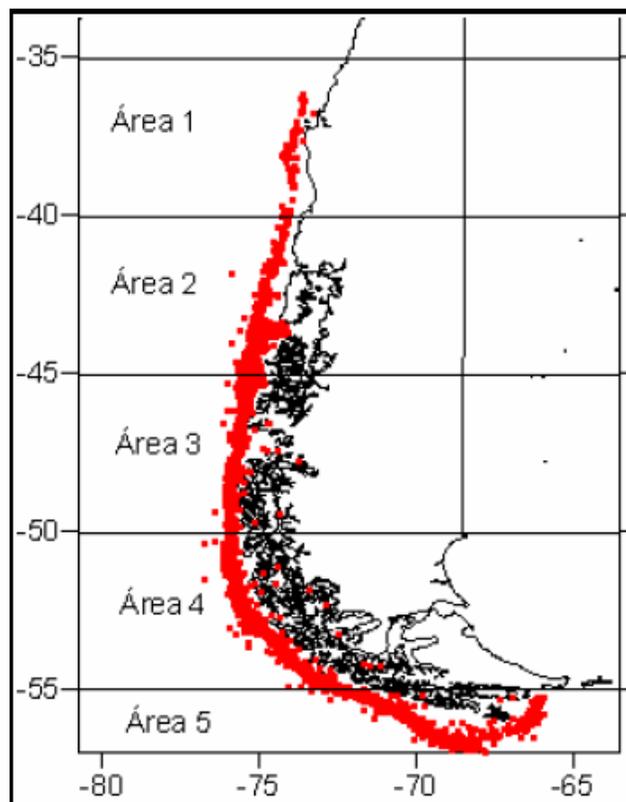


Figura 16. Delimitaci3n espacial de la unidad de stock de merluza de cola en base a la informaci3n hist3rica generada en la pesquer3a.



4.3.2 Desembarques y mortalidad por pesca

El modelo propuesto asume que los desembarques oficiales no presentan error respecto de las demás piezas de información, expresando la sobrevivencia en términos discretos en base a la ecuación de balance con retardo de Pope (1972) proyectada en el futuro. Al igual que el modelo de Canales (2007) y Payá (2006), este modelo reduce considerablemente el número de parámetros respecto de un modelo que considere la mortalidad por pesca F y le otorga más fuerza a la información de estructuras de edades de las capturas y los cruceros. La mortalidad por pesca se modela secuencial en el tiempo al interior del año, siendo la flota arrastrera centro sur quien primero vulnera el recurso, previo a la migración reproductiva, luego la flota arrastrera sur-austral que opera sobre el stock parental previo al desove (agosto), y finalmente una flota de cerco que concentra su esfuerzo de pesca hacia fines de año.

4.3.3 Reclutamientos

Los reclutamientos corresponden a individuos de 1 año de edad y son relacionados estocásticamente con la biomasa desovante del año inmediatamente anterior. El proceso de reclutamiento ocurre a inicios de cada año de manera instantánea. El modelo supone que los reclutamientos son variables aleatorias distribuidas en torno a un modelo stock reclutamiento Beverthon y Holt reparametrizado a la pendiente original ("Stepness") y sujeto a error de proceso. Lo anterior se modela con una distribución log-normal con desviación $cv=0,7$.

4.3.4 Selectividad

Dada la notable diferenciación de las composiciones de edades en las capturas de las flotas arrastreras y cerquera, el análisis supone efectos selectivos distintos lo cual corresponde a asumir que la mortalidad por pesca afecta de manera distinta a los grupos etarios de la población, según la flota que lo vulnera.

En el modelo base, el efecto de mortalidad edad-específico después de 1992 sigue una función logística tanto para las dos flotas arrastreras (centro-sur y sur-austral) como para el crucero de invierno en la zona de desove, en tanto que para la flota de cerco supone un patrón del tipo "dome-shape" modelado a través de una distribución doble-normal, la cual supone que los peces alcanzado su completo reclutamiento a la pesquería se hacen menos vulnerables a la flota cerquera en un proceso gradual de reclutamiento al stock desovante y/o stock adulto, el cual es explotado por el arte de arrastre de fondo. En todos los casos y previo a 1992, la selectividad del arrastre se supuso tipo "domo". Un análisis complementario es llevado a cabo con el objeto de evaluar el desempeño del modelo con un patrón de explotación "dome-shape" para todas las flotas hasta el año más reciente.



4.3.5 Capturabilidad

El coeficiente de capturabilidad corresponde a un factor de escala que vincula los datos de CPUE y Biomasa acústica medidos con error, respecto de la biomasa explotable de cada flota según el instante de tiempo al interior del año. En el presente trabajo se supone que la biomasa identificada por los cruceros es proporcional con la biomasa la que potencialmente pudiera ser vulnerada por la red de arrastre. El coeficiente de capturabilidad o factor de proporcionalidad es estimado en el proceso de evaluación a través de un estimador de máxima verosimilitud. Para el caso de la biomasa vulnerable estimada en el crucero de 1970, esta se supone de capturabilidad $q=1.0$, es decir, como valor absoluto sujeto a error de observación.

4.4 Modelo de evaluación

El modelo empleado permite interpretar las distintas piezas de información disponibles bajo una premisa estadística, y por ende los resultados obtenidos están condicionados tanto a las distintas hipótesis asumidas como a la estructura del modelo de evaluación. El término "estadístico" indica que el método reconoce implícitamente que los datos provenientes de pesquerías no representan perfectamente la población; hay incertidumbre en los conocimientos de la dinámica del sistema y de la relación entre los datos observados y la población real (Holey y Maunder, 2005).

El modelo estadístico de captura a la edad es ajustado a información de proporción de edades/tamaños en el desembarque y los cruceros hidroacústicos, así como las señales de abundancia CPUE por flota, biomasa acústica y de área barrida. El modelo es resuelto a través de técnicas bayesianas en cuanto maximizar la distribución a posteriori de los parámetros de interés. Las distribuciones a priori recaen en el error de proceso referido con el reclutamiento.

Se estimaron los siguientes parámetros para la evaluación actual del stock de merluza de cola:

- Reclutamientos anuales a la pesquería correspondientes a individuos de 1 años de edad
- Coeficiente de capturabilidad de cada flota para relacionar la CPUE con la respectiva biomasa explotable.
- Coeficiente de capturabilidad para relacionar las estimaciones de biomasa hidroacústicas y de área barrida respecto de la biomasa disponible al crucero.
- Parámetros de las curvas de selectividad edad-específico de la flota y los cruceros acústicos.
- Tamaños por grupos de edades iniciales de la población a 1970.
- Coeficiente de variación de la talla media por grupo de edad



4.4.1 Condiciones iniciales

El vector de abundancia a la edad ($a=1-14$) a inicios del primer año se supone edad-estable en condiciones virginales y se estima de la forma:

$$N_{a,y=1} = R_0 e^{-M(a-1)}$$

4.4.2 Dinámica de la población

El proceso de mortalidad es secuencial intra-anualmente. La abundancia es determinada por el período y flota que la explota al interior del año en IV segmentos del año:

$$\begin{aligned} \text{i.} \quad & N_{a,t_1,y} = N_{a,t_0,y} e^{-\frac{3}{12}M} \\ \text{ii.} \quad & N_{a,t_2,y} = N_{a,t_1,y} \{1 - \mu_{a,y}^{acs}\} e^{-\frac{4}{12}M} \\ \text{iii.} \quad & N_{a,t_3,y} = N_{a,t_2,y} \{1 - \mu_{a,y}^{asa}\} e^{-\frac{3}{12}M} \\ \text{iv.} \quad & N_{a,t_4,y} = N_{a,t_3,y} \{1 - \mu_{a,y}^{pcs}\} e^{-\frac{2}{12}M} \end{aligned}$$

Finalmente, la población a inicios del año siguiente ($y+1$) queda determinada por

$$N_{a+1,y+1} = \begin{cases} R_{y+1} & a = 1 \\ N_{a,t_4,y} & a > 1 \end{cases}$$

donde *acs* caracteriza al arrastre centro-sur, *asa* al arrastre sur austral y *pcs* a la flota cerquera centro-sur.

4.4.3 Reclutamientos

Los reclutamientos son estimados por el modelo en torno a una relación stock recluta B-H

$$R_y = \frac{\alpha SB_{y-1}}{\beta + SB_{y-1}} e^{-\varepsilon_y}$$

$$\text{con } \alpha = \frac{4hR_0}{5h-1}, \quad \beta = \frac{SB_0(1-h)}{5h-1}, \quad h=0.75, \text{ y } \varepsilon \sim N(0,0.7^2)$$



donde la biomasa desovante se estima a inicios de agosto como:

$$SB_y = \sum_a N_{a,t_2,y} O_a w_{a,y}$$

siendo O la ojiva de madurez sexual a la edad y y w el peso medio

4.4.4 Capturas

Las capturas son modeladas en términos proporcionales con el stock a inicios de cada período en la forma:

$$C_{a,y}^f = \mu_{a,y}^f N_{a,t,y}$$

$$\mu_{a,y}^f = \mu_y^f S_a^f$$

$$\mu_y^f = \frac{D_y^f}{BV_{t,y}^f} = \frac{D_y^f}{\sum_a N_{a,t,y} S_a^f w_{a,y}}$$

donde f indexa a la flota, a la edad, y el año y t el período al interior del año. Asimismo, μ es la tasa de explotación, D es el desembarque observado, w el peso medio y S el efecto edad-específico modelado según la flota en los siguientes términos:

4.4.5 Selectividad

Acogiendo recomendaciones formulada en el seno del Comité Técnico, en cuanto a que la operación de pesca sobre merluza de cola previo a 1993 se sustentaba en capturas incidentales de merluza del sur, el efecto selectivo de la flota arrastrera sur austral es modelada considerando dos situaciones: tipo dome-shape previo a 1993, y logística desde 1994 a la fecha.

- flotas de arrastre sur-austral y arrastre centro-sur

$$S_a^f = \left[1 + e^{-\ln(19) \frac{a-a_{50\%}^f}{\Delta f}} \right]^{-1}$$



- flota cerquera centro-sur y arrastre sur austral previo a 1993.

$$S_a^f = \begin{cases} e^{-\frac{1}{2s_1^2}(a-\mu)^2} & a \leq \mu \\ e^{-\frac{1}{2s_2^2}(a-\mu)^2} & a > \mu \end{cases}$$

4.4.6 Composición de la captura por tamaños

La información de captura a la talla de la flota cerquera es incluida al análisis, modelándose una transformación de edad a talla en los siguientes términos

$$\begin{aligned} \bar{L}_a &= L_{\infty}(1 - e^{-k(a-t_0)}) \\ s_a &= \phi \bar{L}_a \\ P_{l,a} &\approx N(\bar{L}_a, s_a^2) \end{aligned}$$

Entonces, la captura a la talla es predicha por el producto matricial:

$$C_l^f = \bar{P}_{l,a} C_l^f$$

4.4.7 Índices de biomasa

- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota arrastrera sur-austral y cerco

$$CPUE_y^f = q^f \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^f \bar{w}_{a,y}$$

siendo q^f el coeficiente de capturabilidad de la flota determinado a través de su estimador máximo-verosímil;

$$q^f = \exp \left[\frac{1}{n_1} \sum_y \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{q^f \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^f \bar{w}_{a,y}} \right) \right]$$

n_1 es el número de años con información de CPUE



- Biomasa estimada en cruceros hidroacústicos

$$Bha_y = q^c \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^c \bar{w}_{a,y}$$

q^c el coeficiente de capturabilidad en cruceros hidroacústicos:

$$q^c = \exp \left[\frac{1}{n_2} \sum_y \ln \left(\frac{Bha_y}{q^f \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^c \bar{w}_{a,y}} \right) \right]$$

donde n_2 es el número de años con información de cruceros hidroacústicos

- Biomasa estimada en crucero área barrida sur austral

$$B\hat{V}_y = q^a \sum_a N_{a,y} S_a^{asa} \bar{w}_{a,y}$$

q^a el coeficiente de capturabilidad asumido igual a 1.0.

4.4.8 Formulación estadística

La componente estadística del modelo se relaciona con los supuestos realizados respecto de los errores de observación y procesos. El detalle es el siguiente:

- Proporción de captura a la edad y talla en los desembarques

$$\ln L_{p^f} = n \sum_{a,y} p_{a,y}^f \ln(\hat{p}_{a,y}^f)$$

Donde
$$p_{a,y}^f = \frac{C_{a,y}^f}{\sum_a C_{a,y}^f}$$

n=35 arrastre sur austral; n=10 arrastre centro-sur; n=20 edades cerco centro sur; n=5 tallas cerco centro sur.



- Proporción de captura a la edad en los cruceros

$$-\ln L_{p^c} = n p_{a,y}^c \ln(\hat{p}_{a,y}^c)$$

Donde $p_{a,y}^c = \frac{N_{a,y}^c}{\sum_a N_{a,y}^c}$ y $\hat{p}_{a,y}^c = \frac{N_{a,t_2,y} S_a^c}{\sum_a N_{a,t_2,y} S_a^c}$, siendo N^c la abundancia observada en los cruceros y $n=5$ (tamaño de muestra efectivo).

- Índices de abundancia

- Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota arrastrera sur-austral y cerquera centro-sur

$$-\ln L_{CPUE_y^f} = \frac{1}{2cv_1^2} \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{q^f \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^f \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_1$$

Donde $cv_1 = 0.2$ para la flota arrastrera y $cv_1 = 0.3$ para la flota cerquera

- Biomasa proveniente de cruceros hidroacústicos

$$-\ln L_{B_y^c} = \frac{1}{2cv_2^2} \ln \left(\frac{Bha_y}{q^c \sum_a N_{a,t_2,y} S_a^c \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_2 \quad cv_2 = 0.2$$

- Biomasa proveniente de cruceros área barrida 1970

$$-\ln L_{B_y^{asa}} = \frac{1}{2cv_3^2} \ln \left(\frac{BV_y}{q^c N_{a,y} S_a^{asa} \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_3 \quad cv_3 = 0.2$$



5. EVALUACI3N DE STOCK

5.1 Procedimiento de estimaci3n de par3metros

Para el ajuste del modelo de evaluaci3n se emple3 el programa MatLab v6.5 y sus herramientas de optimizaci3n. El ajuste del modelo es realizado en secuencias, empleando como primera aproximaci3n el algoritmo `fminsearch` y como segunda, el algoritmo `fminunc` con par3metros iniciales obtenidos con `fminsearch`.

- `fminsearch`: es una rutina de minimizaci3n no-lineal multidimensional no restringida. Esta rutina usa el algoritmo Simplex a trav3s de una b3squeda directa sin el uso de gradientes. Sin embargo, se reconoce que esta rutina es menos eficiente que `fminunc` para problemas de orden mayor a dos. Sin embargo, cuando el problema tiene regiones de discontinuidad, `fminsearch` puede ser m3s robusto.
- `fminunc`: al igual que la anterior, se trata de una rutina de minimizaci3n no-lineal multidimensional no restringida. Este algoritmo es un sub-espacio del m3todo de la regi3n de confianza y est3 basado en el m3todo de reflexi3n interna de Newton. Cada iteraci3n involucra la soluci3n aproximada de un gran sistema lineal usando el m3todo de gradientes conjugados pre-condicionados. La limitaci3n de este m3todo es que solo puede proveer soluciones locales, raz3n por la cual se recomienda probar distintos puntos de partida y evaluar la robustez en la convergencia.

El uso de la primera fase con la rutina `fminsearch` busca aproximar la soluci3n evitando zonas de indefinici3n, mientras la segunda con `fminunc` acelera la convergencia a trav3s de gradientes. En la **Figura 17** se ilustra lo mencionado anteriormente. A modo de ejemplo el modelo base de ejecut3 4 veces desde puntos de partida distintos. Las 200 primeras iteraciones corresponden a la respuesta del algoritmo `fminsearch` y las 100 restantes a la rutina `fminunc`. La convergencia a la soluci3n entre los escenarios se logra m3s o menos luego de 300 iteraciones. La soluci3n final es robusta para un modelo que consta de 50 par3metros y de esto se deduce que la soluci3n es pr3xima, en todos los casos, a un 3ptimo global. Cabe se1alar que los par3metros iniciales corresponden a los par3metros obtenidos en modelos de a1os pasados (Canales et al, 2008) y a priori se consideran como la mejor soluci3n inicial, dado que toda resoluci3n de modelos convexos requieren de par3metros de partida adecuados. En el caso en que un nuevo sub-modelo es incorporado, como por ejemplo un patr3n de explotaci3n, sus par3metros iniciales son tomados de otra flota.

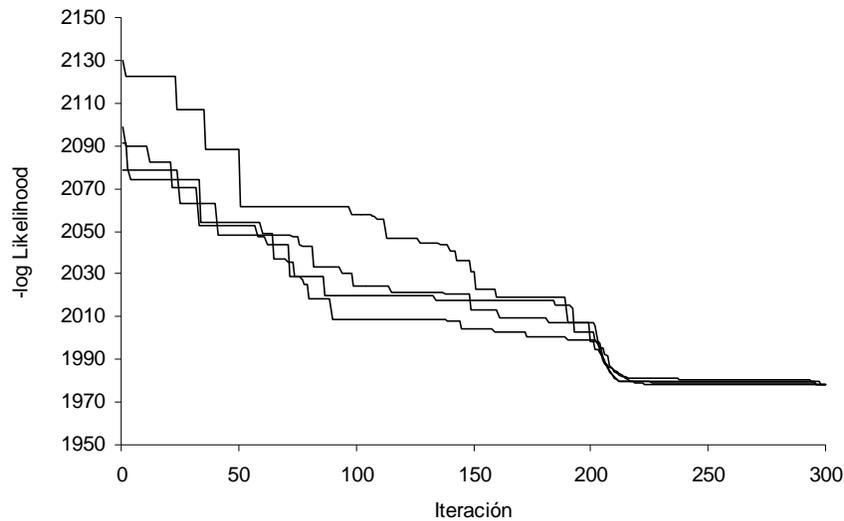


Figura 17. Perfil del $-\log$ verosimilitud (función objetivo) para distintos parámetros de partida y convergencia según número de iteraciones

5.2 Ajuste del modelo de evaluación

A continuación se informa el desempeño del ajuste estadístico del modelo base, el cual corresponde al descrito en detalle en 4.4. El modelo ajustado muestra en términos generales, que las señales de abundancia relativa fueron predichas de mejor forma respecto que las composiciones de edades y tallas de las capturas. Esto se debe principalmente a que existe gran variabilidad en la estructura de las capturas de las flotas centro-sur (arrastre y cerco) respecto de las composiciones de edades de la flota de arrastre sur-austral y los cruceros acústicos en la zona de desove (Figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23).

La señal de CPUE de la flota de arrastre sur austral fue analizada considerando tres períodos de capturabilidad indicados anteriormente: previo a 1996 en la cual la merluza fue objeto de descarte y baja intencionalidad de pesca, 1997-2001 en donde la flota arrastrera se reorienta de manera importante a la explotación de este recurso; y 2001-2007 donde la flota ha operado en plenitud de sus capacidades extractivas en cuanto a su orientación recurso-específica. La señal de biomasa acústica es ajustada y describe la tendencia a la reducción poblacional, lo cual también es reflejado por la CPUE arrastre sur-austral respecto del año 2000-2001. El ajuste de la señal de CPUE de la flota de cerco es pobre y presenta variaciones que parecen ser poco compatibles con el resto de la información incluida en el análisis. Finalmente, el modelo aproxima el valor de la biomasa vulnerable al arrastre estimada a inicios de 1970 como valor absoluto virginal, considerando al efecto un $cv=20\%$ asumido como expresión de error de observación. En este caso, el valor estimado (verdadero) alcanzó un 9% por sobre el valor observado (740 mil ton)



Cabe se1alar que en relaci3n con la evaluaci3n anterior (Canales et al, 2008), en el presente estudio se advirtieron diferencias m3nimas en la biomasa desovante en los a1os previos al 2000. Para los a1os mas recientes, los valores de biomasa desovante son similares (**Figura 24**). Las diferencias fundamentales incorporadas en la presente evaluaci3n corresponden a:

- Cambio del patr3n de explotaci3n tipo domo sim3trico, por una funci3n doble-normal, la cual destaca por ser mas flexible en describir distintos tipos de selectividades.
- Inclusi3n de la biomasa "standing-stock" estimada a inicios de los 70 (Pantoja V. et al, 1973) como valor referente de biomasa explotable virgen.
- Inclusi3n de una nueva serie de CPUE de la flota arrastrera austral y cambios en capturabilidad en tres periodos de a1os.

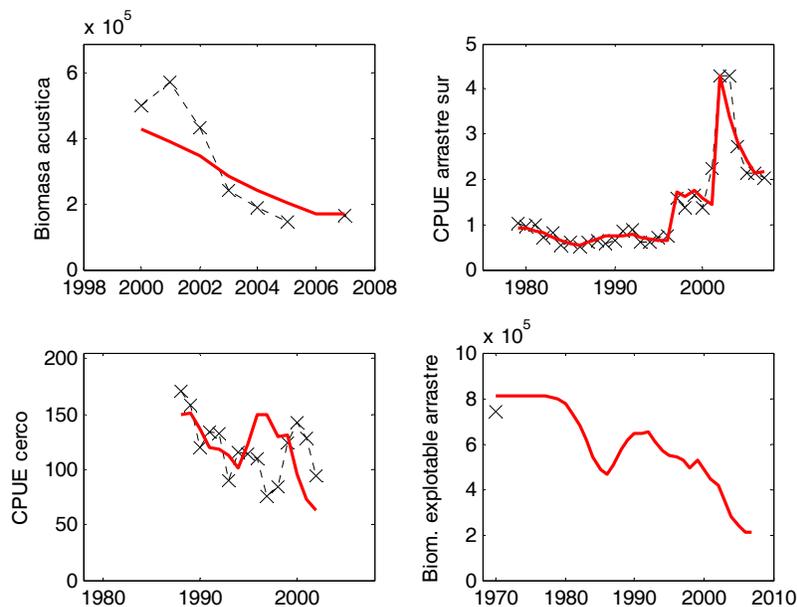


Figura 18. Indices de abundancia de merluza de cola observada (cruces) y predicha (l3nea); Biomasa ac3stica, CPUE arrastre sur-austral, CPUE cerco centro sur y Biomasa vulnerable al arrastre.

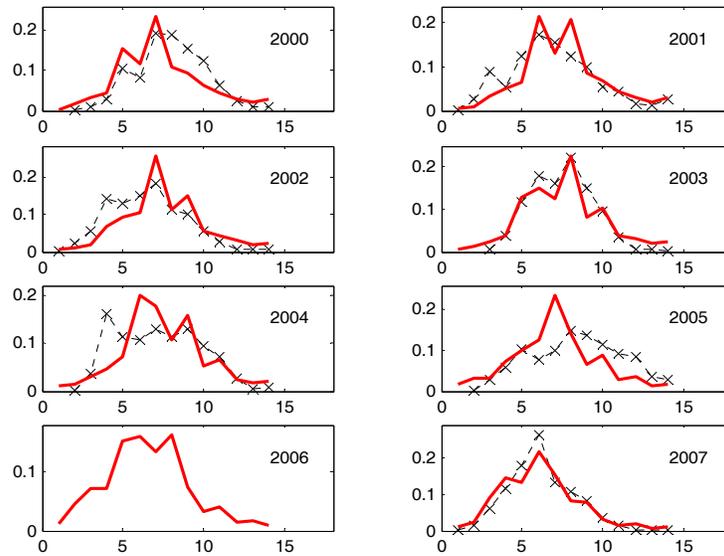


Figura 19. Composici3n de edades de los cruceros ac3sticos observados (cruces) y predichos (l3neas).

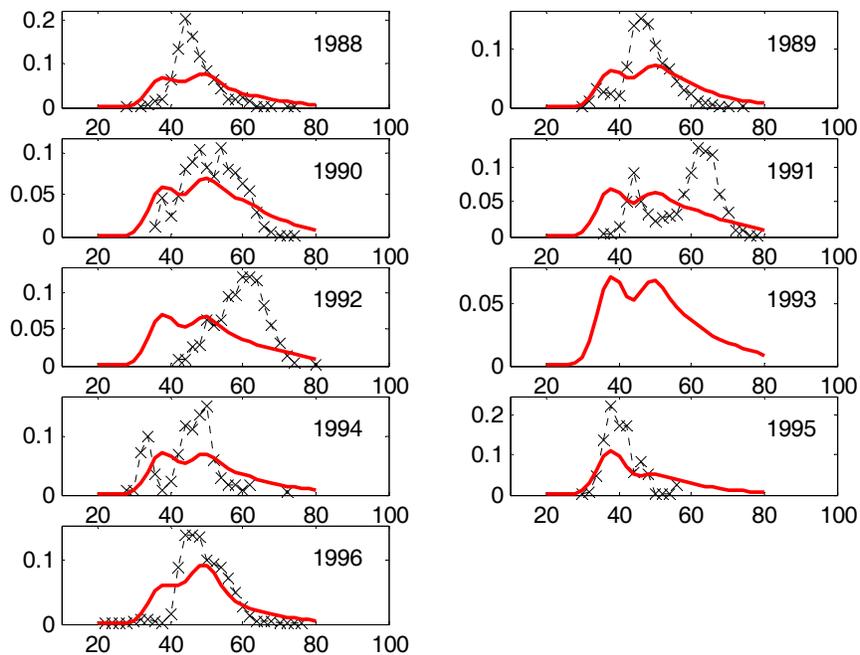


Figura 20. Composici3n de tallas de las capturas de cerco observadas (cruces) y predichos (l3neas)

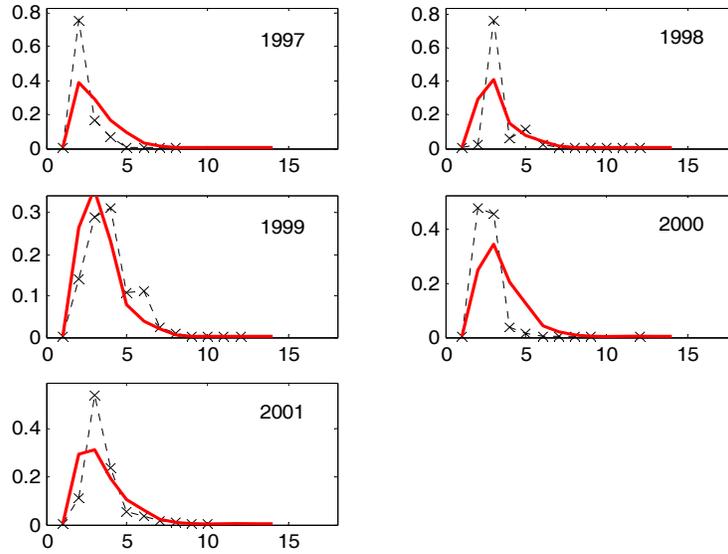


Figura 21. Composici3n de edades de las capturas de cerco observadas (cruces) y predichas (lneas)

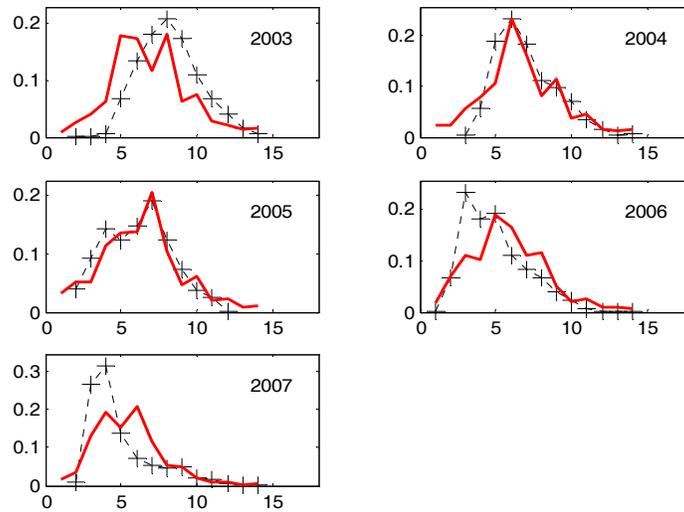


Figura 22. Composici3n de edades de las capturas de arrastre centro-sur observadas (cruces) y predichas (lneas)

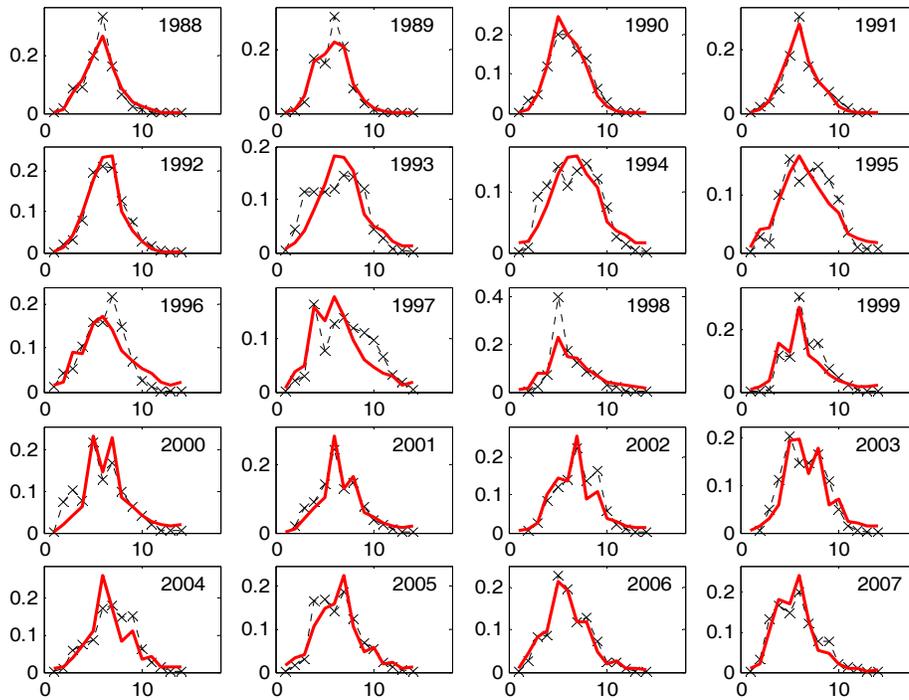


Figura 23. Composici3n de edades de las capturas de arrastre sur-austral observadas (cruces) y predichas (lneas).

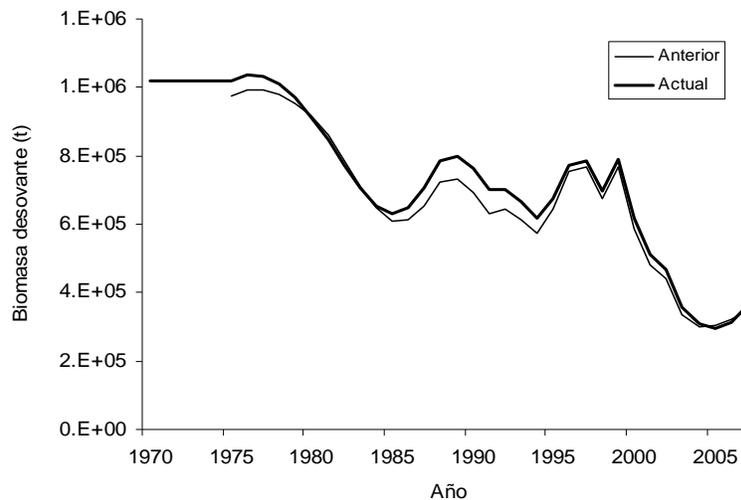


Figura 24. Comparaci3n en la trayectoria de biomasa desovante de merluza de cola respecto de la evaluaci3n anterior.



5.3. Resultados de la evaluaci3n de stock

5.3.1 Escenarios de Evaluaci3n

Adem3s del modelo base, se analizaron 16 escenarios de modelos que consideraron tanto los distintos niveles de importancia de la informaci3n como los diferentes supuestos e hip3tesis relativas a procesos como son el patr3n de explotaci3n, relaci3n Stock-recluta y mortalidad natural que se explican a continuaci3n:

Escenario	Objetivo
S1:	Cambios en selectividad: se prueban variaciones en la forma de selectividad tipo domo en la flota de arrastre.
S2-S3:	Aumento en el coeficiente de variaci3n de la CPUE de arrastre y biomasa de cruceros ac3sticos (de $cv=0,2$ a $0,3$).
S4:	Se elimina del an3lisis la serie de CPUE de arrastre entre los a3os 1979-2001.
S5:	Se elimina del an3lisis la serie de CPUE de arrastre 2002-2007.
S6:	Se elimina del an3lisis la serie de CPUE de cerco centro-sur.
S7:	Se elimina del an3lisis la serie de biomasa ac3stica.
S8-S9:	Se prueban valores alternativos de "stepness" (h)
S10-S12:	Se prueban valores distintos de M y se reduce variaci3n de reclutamientos
S13:	Se elimina del an3lisis la biomasa crucero PDA 1972
S14-S16:	Se eliminan las composiciones de edades/tallas de las capturas por flota

Para la ejecuci3n de estos escenarios o modelos, se program3 una matriz de control con todas las opciones y se la ejecut3 en un programa a trav3s de un bucle de largo 17 (**Tabla 2**). Mayores explicaciones de la interpretaci3n de esta tabla se entregan en 5.3.



Tabla 2
Tabla de control de escenarios de evaluación de stock de merluza de cola

	base	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
A sa 70-90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A sa 90-07	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A cs	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P cs	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A cru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CPUE sa 1	0.2	0.2	0.3	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CPUE sa 2	0.2	0.2	0.3	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CPUE sa 3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
CPUE cs	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Biomasa	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
C_asa	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	0	35	35
C_acs	10	10	35	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	10
C_pcs	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
C_pcsi	5	5	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
C_cru	5	5	20	30	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
cv R	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.30	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
h	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.5	0.9	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
M	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.40	0.35	-1	0.35	0.35	0.35	0.35
Bo=740 mil	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	100	0.2	0.2	0.2

A: Arrastre; sa:Sur-Austral; cs: Centro-sur; pcs: pelagico centro-sur; pcsi=pelagico centro-sur en tallas; Cru= crucero
1= dome-shape; 2= logístico

El resultado de lo anterior se resume en la **Figura 25**, la cual muestra las trayectorias de biomasa desovante desde 1970 al 2007 junto a los intervalos de credibilidad al 95% del modelo base. Los resultados entregan cierto nivel de incertidumbre en cuanto a los reales valores poblacionales del año más reciente así como de la población original. Dependiendo del escenario analizado, la biomasa desovante del año más reciente (2007) podría oscilar entre 334 mil y 635 mil toneladas. El menor valor se obtiene en el escenario S15 que corresponde a aquel donde se excluye la composición de edades del arrastre centro-sur, en tanto que el mayor valor corresponde al escenario S12 el cual corresponde a aquel donde la mortalidad natural es estimada libremente. En esta misma figura se observa que la mayoría de los escenarios evaluados están contenidos en la región de credibilidad del escenario base, escapando a la norma los escenarios con M libre estimado (S12) y el escenario con selectividad tipo domo (S1), este último particularmente en el período 1987-2005.

En relación con la biomasa virginal (1970), si se consideran todos los escenarios se obtiene que en promedio esta pudiera haberse ubicado en torno al millón de toneladas con una variación del 8%. Por su parte, la biomasa desovante del año más reciente presenta mayor incertidumbre entre escenarios con un promedio en torno a las 395 mil toneladas y una variación del 18% (**Figura 26**). No obstante la incertidumbre en los niveles de la población, todos los casos indican que con posterioridad a 1999, la biomasa de merluza de cola decayó significativamente producto del incremento en los niveles de capturas y del re-escalamiento en los reclutamientos.

Al igual que las biomásas, los reclutamientos entre escenarios muestran distintos niveles pero se advierte que todos los escenarios indican similar variación en la escala inter-anual. La información empleada indica que los años 1986, 1994, 1996 y 2005 fueron años con buenas clases anuales, y que la escala de los reclutamientos en el período 2000-2007 es poco menos de la mitad de la escala



de reclutas registrada en el periodo 1983-1999. La serie con mayor valor de reclutamientos corresponde al escenario S12 en el cual la mortalidad natural se estima libremente en el modelo.

Por otro lado, la estimaci3n de reducci3n poblacional parece ser m1s robusta que las estimaciones de biomasa y reclutamientos. Exceptuando el escenario S12, el resto de los casos indica que la poblaci3n al a1o 2007 se ubica entre un 32% y un 42% de la poblaci3n virginal al a1o 1970 (**Figura 27**). El 32% se obtiene en el escenario S4 cuando la pendiente S&R es menor ($h=0,5$) y el 42% en el escenario S10 cuando el valor de mortalidad natural se eleva a $M=0,40$. El escenario S12 es atípico y corresponde al escenario donde la mortalidad natural fue estimada por el modelo. En este caso, y si la mortalidad natural corresponde a una estimaci3n de verosimilitud m1xima, la reducci3n poblacional podr1a alcanzar el 52%.

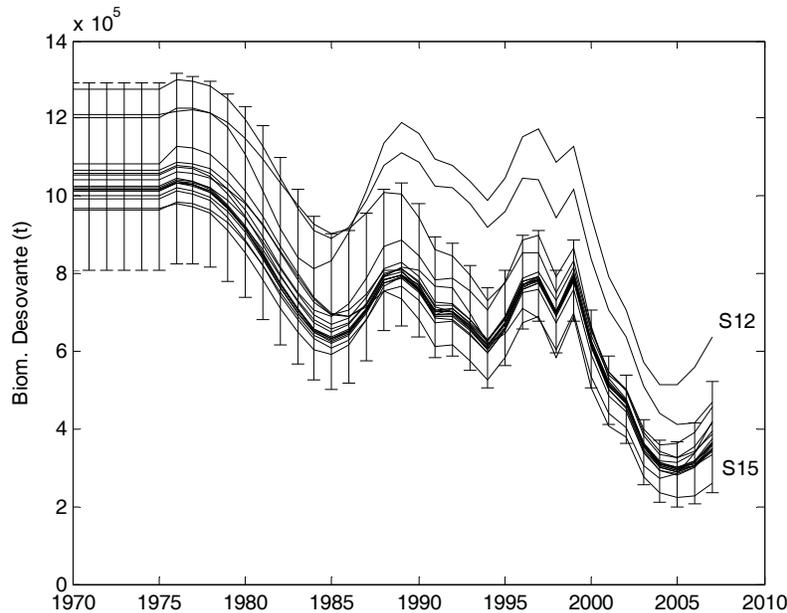


Figura 25. Biomasa desovante de merluza de cola de acuerdo con 17 escenarios de evaluaci3n. Las barras de error corresponden a los intervalos de confianza al 95% del escenario base

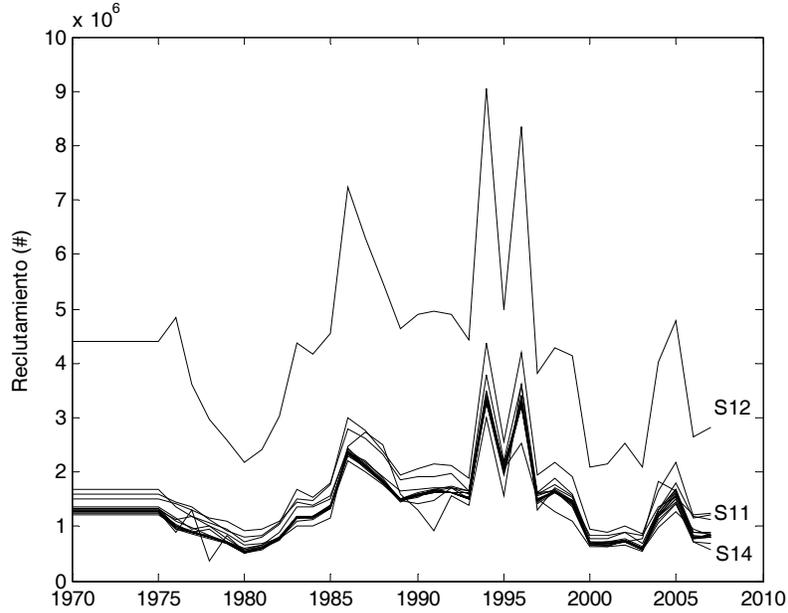


Figura 26. Reclutamientos de merluza de cola de acuerdo con 17 escenarios de evaluaci3n

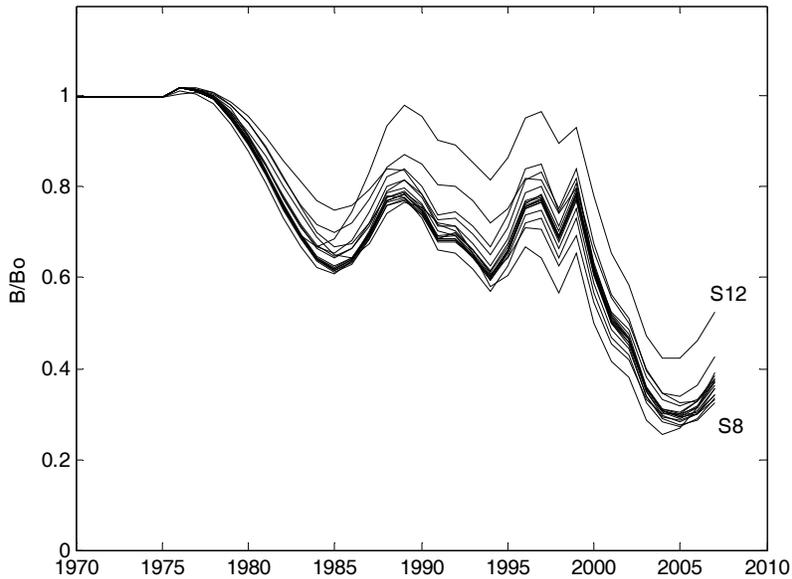


Figura 27. Reducci3n de la biomasa desovante virginal de merluza de cola de acuerdo con 17 escenarios de evaluaci3n

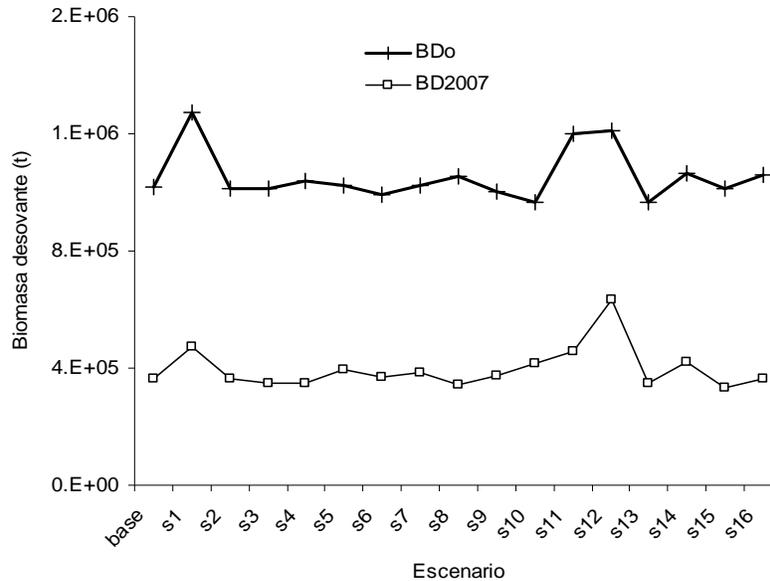


Figura 28. Biomasa desovante virginal (1970) y al 2007 según escenario de evaluación de merluza de cola

5.3.2 Análisis de sensibilidad de la información

La información empleada condiciona la calidad del modelo de evaluación, mas cuando el modelo empleado considera esencialmente un enfoque de máxima verosimilitud como es el presente caso. Gran cantidad de información consistente proveerá estimaciones mas precisas, luego es necesario asegurar no solo volumen de información sino consistencia.

Al respecto, esta sección es desarrollada considerando primero, la influencia en la evaluación tres señales de CPUE independientes para la misma pesquería (arrastre sur austral), y en segundo término, diferentes niveles de importancia de las fuentes de datos considerados, los que esencialmente corresponden a diferentes valores del coeficiente de variación de las funciones de log-verosimilitud de los índices de abundancia y diferentes tamaños muestrales para las funciones de log-verosimilitud de las composiciones de edad/longitud.

5.3.3 Serie de CPUE de la flota de arrastre sur-austral

Se dispone de tres señales estandarizadas de CPUE modeladas a través de distintas funciones de probabilidad: log-Normal, Poisson y Tweedy. A priori no se tiene preferencia por alguna de estas, de manera que un análisis de verosimilitud y el contraste de la información debieran indicar cual de las tres señales de CPUE es la más consistente con resto de la información analizada.



El ejercicio de probar el modelo con tres distintas se~ales de CPUE genera una respuesta estadística medida en t~rminos de la funci3n de $-\log$ -verosimilitud. En la **Tabla 2** se entrega el desempe~o de la biomasa desovante frente a las tres series de CPUE disponibles, y se resume lo anterior en t~rminos de indicadores poblacionales y estadísticos. El modelo ajustado correspondi3 a la base y los resultados indican que la CPUE logNormal genera los menores estimados de biomasa para el 2007 (362 mil toneladas) en tanto que el modelo Poisson los mayores (413 mil toneladas). La comparaci3n en $-\log$ -verosimilitud indica que la CPUE logNormal presenta un mejor ajuste por el modelo respecto de las otras dos se~ales de abundancia relativa. Esta evidencia permite seleccionar el índice de abundancia CPUE log-normal para el resto del análisis.

Tabla 2
Biomasa desovante de merluza de cola 2007 y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con tres series de CPUE de la flota arrastre sur austral

	BD ₂₀₀₇	$-\log$ Like
logNormal	362,230	1,978
Poisson	413,340	1,986
Twedy	386,980	2,000

5.3.4 Importancia en las piezas de informaci3n. Hiper-priors

El peso de la informaci3n como contribuci3n en la funci3n objetivo es un tema no resuelto y de controversia. Al respecto, es un estado del arte internacional considerar un coeficiente de variaci3n menor al 30% para modelar el desvío de los indicadores de abundancia, mientras el tama~o de muestra empleado en la distribuci3n de probabilidades multinomial varía dependiendo del autor entre 5 y 250 individuos.

Se analiza el desempe~o del modelo de evaluaci3n en relaci3n con la importancia dada *a priori* a la informaci3n empleada. Valores de CV mayores a 0,3 es indicatriz de alta incertidumbre y por ende de baja contribuci3n como contribuci3n marginal. En este caso, se fijan valores de CV=100 cuando se desea omitir esta informaci3n del modelo de evaluaci3n. De forma contraria, para el análisis de las composiciones de edades/tallas un incremento del tama~o muestral implica mayor importancia de esa fuente de datos. *A priori* se debiera considerar como primer elemento para seleccionar los factores de importancia, el peso que tiene una determinada flota en los desembarques totales. Como contra-ejemplo de esto, la pesquería pelágica domin3 los desembarques por varios años pero la informaci3n de composici3n de tama~os parece ser errática y poco informativa en cuanto a los reclutamientos. La relaci3n de coeficientes de variaci3n y tama~os muestrales es el siguiente:



Tabla 3

Coeficientes de variación y tamaños muestrales efectivos empleados en las funciones de error del modelo de evaluación de stock de merluza de cola

Fuente	Base	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S13
Coeficiente variación								
Upda_1	0.2	0.3	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2
Upda_2	0.2	0.3	0.2	100	0.2	0.2	0.2	0.2
Upda_3	0.2	0.2	0.2	0.2	100	0.2	0.2	0.2
Upcs	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	100	0.3	0.3
Bcru	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	100	0.2
Bo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	100
Tamaño muestral								
CEpda	35	35	35	35	35	35	35	35
CEacs	10	35	10	10	10	10	10	10
CEpcs	20	20	20	20	20	20	20	20
CLpcs	5	20	5	5	5	5	5	5
CEcru	5	20	30	5	5	5	5	5

Upda: CPUE flota arrastre sur-austral; Upcs: CPUE cerco; Bcru: Biomasa acustica; Bo: Biomasa standing-stock 70's; CE: Composición de edades; CL: Composición de longitudes

El escenario S2 eleva en 4 veces la importancia de las composiciones de edad y tallas de los cruceros y de la flota pelágica centro-sur, lo cual busca evaluar de manera explícita las composiciones de edades/tallas menos ponderadas en el modelo. Por su parte, el escenario S3 incrementa en 6 veces el peso de la composición de edades de los cruceros. El escenario S4 reduce la importancia de la CPUE de la flota arrastrera PDA previa a 2002. Lo mismo el escenario S5 con la CPUE de la flota PDA posterior al 2002. Los escenarios S6 y S7 excluyen la información de la CPUE de la flota pelágica y la de los cruceros, respectivamente. Finalmente, el escenario S13 no considera la biomasa de crucero del año 1970.

A menudo las evaluaciones de stock están influenciadas por el peso de la información de entrada al modelo. Acentuar la contribución de verosimilitud marginal de alguna pieza de información puede generar importantes variaciones en las estimaciones de biomasa de los años más recientes y con ello las expectativas de corto plazo.

a) Índices de abundancia

Se analiza la respuesta del modelo a las señales de abundancia relativa como son la CPUE y las biomásas estimadas por hidroacústica y área barrida. Cambios en los niveles de importancia de esta información producen variaciones de hasta un 5% en la biomasa virgen y de hasta un 9% en la biomasa desovante del 2007. La exclusión de la CPUE de la flota de arrastre Sur Austral antes del 2002 (escenario S4) incrementa la importancia de esta flota en la serie de CPUE 2003-2007 y la biomasa desovante 2007 resulta menor en un 4% respecto de la situación base. Lo contrario sucede cuando solo



se excluye la CPUE de arrastre sur austral 2003-2007 cobrando m3s importancia la Biomasa ac3stica en este mismo per3odo. Esto produce un aumento del 9% de la biomasa 2007 (escenario S5).

Por otro lado, excluir la CPUE de cerco centro sur (escenario S6) no tiene mayor impacto en la evaluaci3n debido a que la biomasa 2007 incrementa en apenas un 1%. Un mayor impacto lo presenta prescindir de la biomasa ac3stica (escenario S7). Su exclusi3n del an3lisis produce un aumento en biomasa para el a3o m3s reciente del 7%. Lo contrario ocurre al no considerar la biomasa estimada por 3rea barrida estimada a inicios de los 70s (escenario S13). Esta biomasa genera un leve aumento en la biomasa virginal (5%) y menor impacto en la biomasa 2007 (3% menor) si este dato no se considera en la evaluaci3n de stock de merluza de cola.

En relaci3n con la condici3n de la biomasa 2007 en relaci3n con la biomasa virginal, las estimaciones son m3s robustas en cuanto a que la reducci3n de stock se encontrar3a entre un 33% y un 38% de la biomasa de 1970. Cabe se3alar que en este an3lisis, los valores de $-\log\text{Like}$ no son comparables debido a los cambios en las desviaciones est3andar.

Tabla 4

Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, raz3n de biomasa y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de ponderaci3n de 3ndices de abundancia

Escenario	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/BDo	$-\log\text{Like}$
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s4	1,040,400	347,880	0.334	1,970
s5	1,023,400	394,350	0.385	1,977
s6	993,570	366,240	0.369	1,969
s7	1,025,700	386,440	0.377	1,973
s13	965,730	350,260	0.363	1,978

b) Composici3n de edades/tallas en las capturas

Las composiciones de edades/tallas de las capturas son relevantes para identificar la fuerza de las clases anuales, as3 como para describir el efecto de la pesca sobre la estructura poblacional (selectividad). Se analiza la respuesta del modelo a variaciones en el nivel de importancia de cada flota. El modelo base asume alto nivel de error para las composiciones de tallas de la flota de cerco (n=5) y de edad en los cruceros acusticos (n=5), as3 como las composiciones de edad de la flota de arrastre centro-sur (n=10). El escenario S2 eleva la importancia en estas flota a valores equivalente a la flota de arrastre sur austral (n=30) y de edades de la flota de cerco (n=20), lo cual no produce mayor efecto en los estimados de biomasa. Si solo se eleva la importancia de la composici3n de edad de los cruceros (n=30), el escenario S3 genera una biomasa desovante un 4% menor. En todos estos casos, la condici3n de la poblaci3n no tiene mayor variaci3n respecto del escenario base (0,34-0,35).



Los resultados tambi3n muestran que omitir la composici3n de edades en las capturas sur austral (S14) genera un aumento en la biomasa 2007 del 16%, y que omitir la informaci3n de captura a la edad del arrastre centro-sur (S15) tiene un impacto de reducci3n del 8% de la biomasa 2007. Por su parte, omitir la informaci3n de captura a la edad de la flota de cerco no genera mayor impacto en las estimaciones de biomasa m3s reciente (S16).

Tabla 5

Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, raz3n de biomasa y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de ponderaci3n de 3ndices de abundancia y composiciones de edades/tallas de las capturas

	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/BDo	$-\log$ Like
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s2	1,014,600	362,330	0.357	2,843
s3	1,015,300	347,410	0.342	2,385
s14	1,066,400	418,900	0.393	461
s15	1,012,600	334,890	0.331	1,869
s16	1,057,300	363,280	0.344	1,841

5.3.5 Evaluaci3n de las Hip3tesis relativas a procesos

Se tiene desconocimiento de c3mo ciertos par3metros funcionales o sub-modelos estructurales puedan afectar la evaluaci3n de la poblaci3n de merluza de cola. En este sentido, los modelos funcionales de selectividad son parte de un importante proceso de acci3n de la pesca sobre la poblaci3n del cual no se tiene certidumbre. Otro aspecto es la relaci3n funcional de reclutamientos y desovantes tanto en cuanto al valor de la pendiente h ("stepness") y en la desviaci3n asumida en el modelo de error de proceso. Finalmente, se realiza un an3lisis relacionado con el incremento de la mortalidad natural y si la informaci3n permite su estimaci3n dentro del modelo.

Para estos efectos se han identificados como fuentes de incertidumbre las siguientes:

- La relaci3n funcional del patr3n de selectividad de las flotas involucradas (log3stico o dome-shape). El modelo base considera para la flota arrastrera austral un patr3n de explotaci3n dome previo a 1992 y log3stico para el per3odo m3s reciente.
- Dos valores de pendiente h del modelo S/R parametrizado a B_0 y R_0 ($h=0,5-0,9$). El modelo base emplea como valor $h=0,75$ (Francis *com pers*, 2007).
- Tres valores de mortalidad natural; dos valores fijos ($M=0,35-0,4$) y un escenario en el cual es un par3metro por estimar. El modelo base emplea como valor $M=0,35$ (Canales et al, 2007).



Tabla 6
Escenarios de selectividad, reclutamientos y mortalidad natural en la evaluaci3n de stock de Merluza de cola

Fuente	base	S1	S8	S9	S10	S11	S12
S pda_1	Domo						
S pda_2	Logistico	Domo	Logistico	Logistico	Logistico	Logistico	Logistico
S acs	Logistico	Domo	Logistico	Logistico	Logistico	Logistico	Logistico
S pcs	Domo						
S cru	Logistico						
cv (R)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.30	0.70
h	0.75	0.75	0.5	0.9	0.75	0.75	0.75
M	0.35	0.35	0.35	0.35	0.40	0.35	Estimado

S: Selectividad; pda_1: flota arrastre sur-austral hasta 1992; pda_2: flota arrastre sur-austral desde 1993; acs: arrastre centro-sur; pcs: cerco centro-sur; cru: crucero.

a) Patr3n de explotaci3n

La evaluaci3n de stock realizada durante el 2007 consider3 la selectividad de la flota arrastrera sur austral en dos per3odos de tiempo; previo a 1993 con un efecto dome-shape a trav3s de una funci3n sim3trica (nomal) y log3stico para los a3os mas recientes. Esto se basa en la idea que la flota previo a este a3o no explotaba con intencionalidad la merluza de cola, y que por ende las composiciones de tama3os que se obten3an reflejaban mas bien la dieta talla-espec3fica de la merluza austral. En el presente an3lisis se considera una funci3n doble-normal con lo cual se consigue mas diversidad en las formas funcionales de la selectividad. En este sentido, el escenario base considera un efecto dome-shape para el periodo previo a 1993 y log3stico para el per3odo mas reciente. El escenario S1 considera modelo dome-shape para todo el periodo de operaci3n de arrastre y ambas flotas (centro-sur y sur-austral).

El resultado concreto es una significativa mejora en la bondad de ajuste del modelo (-logLike=1,962) y un aumento en la biomasa desovante en toda la serie. La biomasa virginal y del a3o 2007 aumentan en un 25% y 30%, respectivamente respecto del caso base. La condici3n de explotaci3n (reducci3n) de la pobaci3n mejora de 0,35 a 0,37.

Tabla 7
Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, raz3n de biomاسas y -log verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de patr3n de explotaci3n

Escenario	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/BDo	-logLike
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s1	1,274,100	470,740	0.369	1,962



Los efectos selectivos en este caso revelan importantes diferencias, as3 mientras para el arrastre ambos escenarios consideran un patr3n tipo "domo" previo a 1992, para el per3odo siguiente el escenario base (log3stico) indicaría que los ejemplares mayores a 8 a3os se encuentran 100% reclutados al arrastre en tanto que el escenario S1 se3ala que por sobre esta edad, los individuos presentan un escape gradual que es mas acentuado en la zona sur-austral respecto de la zona centro-sur. En t3rminos agregados, el patr3n de explotaci3n total estuvo claramente dominado por un efecto "domo" mientras oper3 la flota de cerco en las d3cadas de los 80s y 90s. Cabe destacar para el escenario S1, que la selectividad del arrastre centro-sur tiene mayor impacto sobre los ejemplares adultos 8+ respecto de la flota arrastrera sur-austral, lo cual en t3rminos de conservaci3n debiera exigir pol3ticas de capturas mas restrictivas para la flota centro-sur.

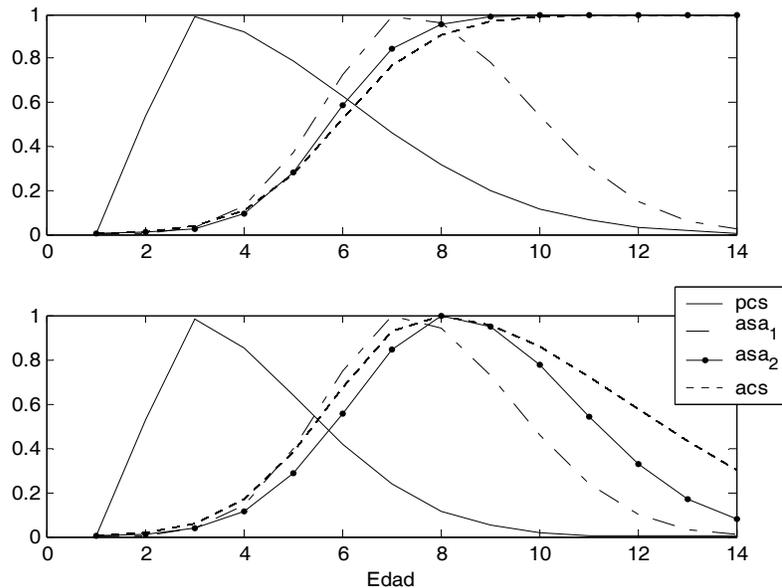


Figura 29. Patrones de explotaci3n por flota seg3n escenario de an3lisis: arriba caso base, abajo escenario S1. (pcs: pel3gico centro sur; asa₁: arrastre sur austral 1970-1992; asa₂: arrastre sur-austral 1993-2007; acs: arrastre centro-sur)

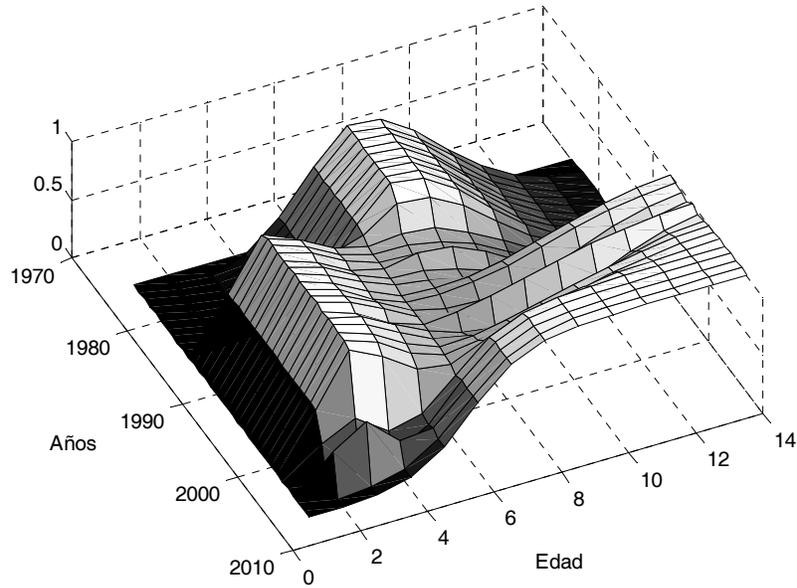


Figura 30. Patrones de explotaci3n anuales totales seg3n caso base

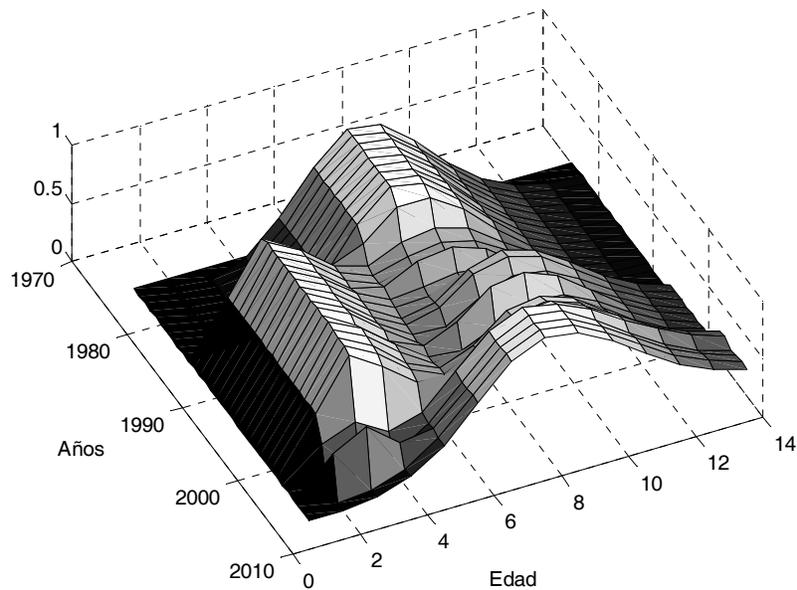


Figura 31. Patrones de explotaci3n anuales totales seg3n caso S1



b) Denso-dependencia y aleatoriedad en los reclutamientos

En el modelo de procesos, se supone que el reclutamiento de merluza de cola está determinada por eventos estocásticos en torno a una relación funcional tipo Beverton y Holt. Se analiza el impacto que tiene modificar estas priors. El modelo base asume que la relación B&H está parametrizada a un valor de $h=0,75$. Los escenarios S8 y S9 modifican esta base a valores de $h=0,5$ y $h=0,9$, lo cual en términos concretos genera variaciones menores al 5% en los niveles de biomasa. La función de verosimilitud no cambia y esto implica que distintos estados de naturaleza tienen igual probabilidad e indica de manera indirecta, que no existe solución óptima para el parámetro h .

Así se tiene que, a menor pendiente, lo cual implica mayor dependencia de reclutas con desovantes, la biomasa al 2007 es un 5% menor y la condición de explotación empeora levemente a 0,32. Por el otro lado, una mayor independencia de reclutas respecto de desovantes ($h=0,9$) genera un valor de biomasa un 3% mayor y una mejora en la condición poblacional a un 0,37.

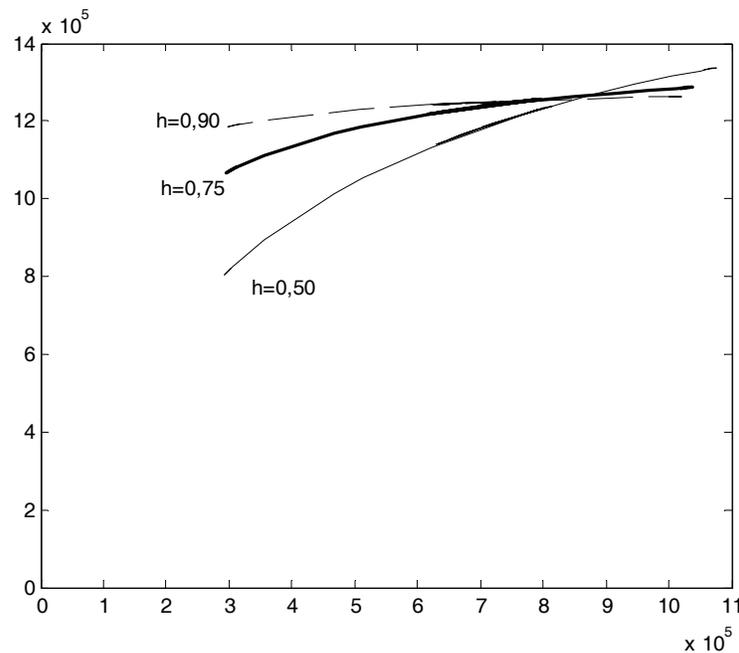


Figura 32. Pendientes en las relaciones stock/recluta analizadas en la evaluación de stock de Merluza de cola

Tabla 8

Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, razón de biomasa y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de pendientes en relación S&R

	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/Bdo	$-\log$ Like
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s8 ($h=0,5$)	1,055,200	343,480	0.326	1,978
s9 ($h=0,9$)	1,000,400	372,650	0.373	1,978

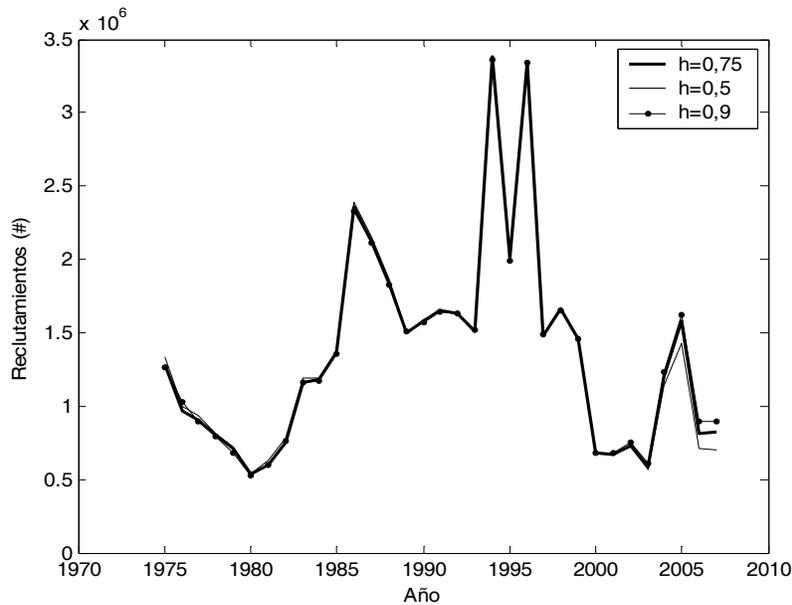


Figura 33. Variabilidad hist3rica de reclutas de Merluza de cola respecto de las pendientes S&R consideradas

Otro tipo de an3lisis corresponde al valor de la desviaci3n de los reclutamientos en torno al modelo B&H. En el modelo base se asume una desviaci3n de 0,7, y se la compara con un valor de desviaci3n menor de 0,3 (Escenario S11). El resultado es significativo. La biomasa virginal y al 2007 incrementan en un 18% y 25%, respectivamente, mejorando la condici3n de explotaci3n de 0,35 a 0,37. Sin embargo, se genera una mayor p3rdida en la bondad de ajuste del modelo.

Tambi3n se obtiene que los niveles de reclutamientos mas bajos son menos variables y un mayores en el escenario S11 ($cv=0,3$) respecto del caso base ($cv=0,7$). Lo anterior produce mayores niveles poblacionales de merluza de cola en todos los a3os de an3lisis.

Tabla 9

Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, raz3n de biomasa y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de coeficientes de variaci3n en el error de proceso S&R.

	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/Bdo	$-\log$ Like
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s11 ($cv=0,3$)	1,202,300	454,570	0.378	2,001

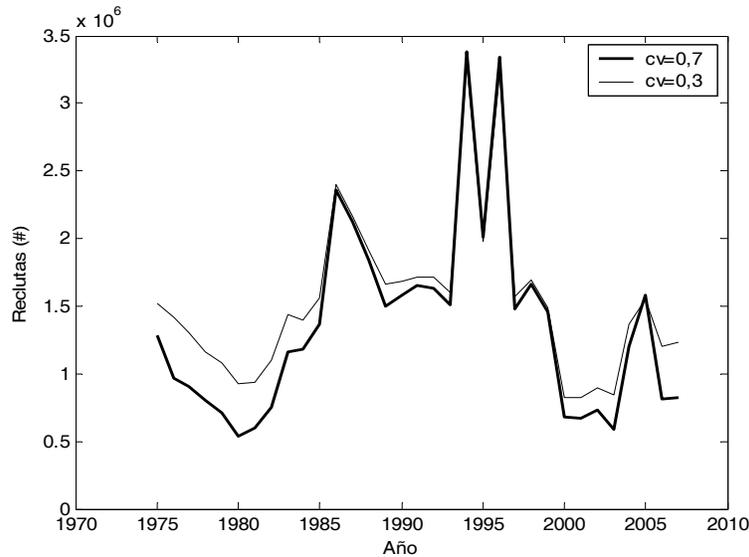


Figura 34. Reclutamientos de merluza de cola en relaci3n con los desvıos del modelo S/R. Caso base (cv=0,7). Caso S11 (cv=0,3)

c) Mortalidad natural (M)

En una evaluaci3n de stock, a menudo la mortalidad natural es un par3metro supuesto conocido pero tiene un alto impacto en los niveles de estimados poblacionales. En este trabajo se prueban dos casos; uno donde $M=0,40$ (S10) y otro en donde M es parte del vector de par3metros por resolver (S12). Un valor de $M=0,4$ genera un aumento de biomasa de un 24% el 2007 pero una leve perdida en la funci3n de $-\log$ verosimilitud. Por otro lado, el valor estimado de $M=0,52$ aparentemente resulta biol3gicamente elevado seg3n la historia de vida que se conoce de esta especie. En este escenario se consigue el m3ximo valor de biomasa al 2007 (incremento del 75%) y una significativa mejora en el ajuste del modelo. La situaci3n de reducci3n de stock es la mejor y ubicar3a a la poblaci3n en niveles de sub-explotaci3n (0,52) si se considera como referente un 40% de la biomasa virginal.

Tabla 9

Biomasa desovante de merluza de cola virginal y al 2007, raz3n de biomasa y $-\log$ verosimilitud de acuerdo con distintos escenarios de mortalidad natural

	BDo	BD ₂₀₀₇	BD/BDo	$-\log$ Like
Base	1,017,600	362,230	0.356	1,978
s10 (M=0,4)	968,500	413,580	0.427	1,973
s12 (M=0,52)	1,211,600	635,450	0.524	1,967



La distribuci3n a posteriori de la mortalidad natural indica que a un 95% este par3metro se ubicar3a entre 0,45 y 0,61, intervalo que no contiene el valor de $M=0,35$ empleado en el modelo base. El valor de mortalidad natural estimado ($M=0,52$) es propio de un recurso de longevidad m3xima en torno a los 9 a3os, y por ende no es compatible con la merluza de cola que supera los 14 a3os de edad en las composiciones de edades de las capturas y cruceros.

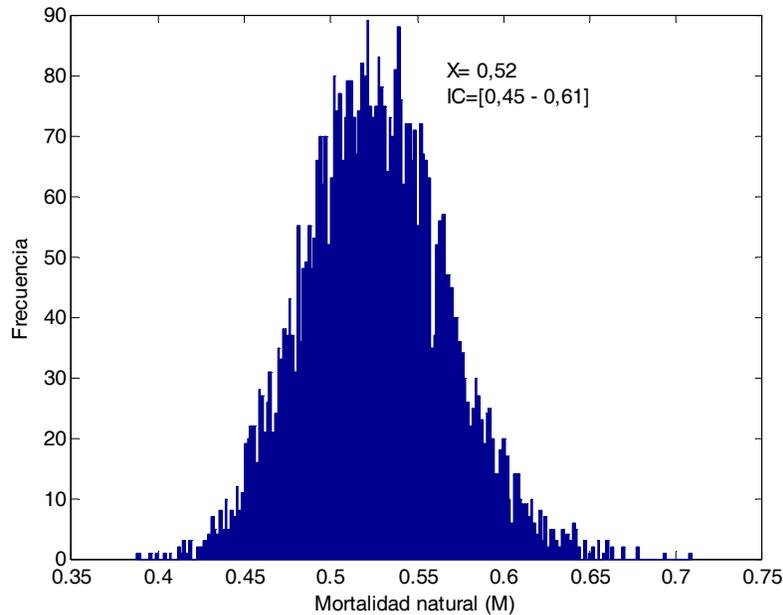


Figura 35. Distribuci3n a posteriori de la mortalidad natural de merluza de cola.

5.3.6 Resumen del an3lisis de sensibilidad y supuestos

Como corolario del an3lisis anterior, se puede indicar que de la informaci3n empleada, omitir la CPUE de la flota de arrastre sur austral 2002-2007 genera un aumento del 9% en la biomasa del 2007 respecto del escenario base, y de un 7% si solo se excluye del an3lisis la se3al de biomasa ac3stica. Es decir, estas dos se3ales act3an de manera consistente y complementaria en cuando a indicar las tendencias poblacionales de los a3os m3s recientes. Por otro lado, omitir el valor de biomasa de "3rea barrida" estimada a inicios de los 70s tiene menor impacto, ya que genera una reducci3n de la biomasa virginal y del 2007 en un 5% y 3%, respectivamente.

En relaci3n con la composici3n de edades de las capturas, el an3lisis permiti3o demostrar que la informaci3n de las capturas del arrastre sur austral tiene la mayor relevancia en cuanto a las estimaciones de biomasa desovante al 2007 (aumenta en un 16%), seguido de la informaci3n de arrastre centro-sur cuya exclusi3n genera una reducci3n en la biomasa del 8%. El resto de las composiciones de edades o tallas no parecen tener mayor relevancia.



En cuanto a los supuestos relacionados con los procesos poblacionales, cambios en la pendiente del modelo S/R generan menores variaciones de biomasa que no superan el 5% respecto del caso base. Sin embargo, los mayores niveles de variación se obtienen con el supuesto de selectividad y estimados de mortalidad natural. El primero de estos produce un aumento del 30% en la biomasa desovante 2007, en tanto que el valor de verosimilitud máxima de mortalidad natural produce un aumento del 75% en la biomasa desovante. Sin embargo, este último escenario entrega un valor de M poco relacionado con la longevidad de esta especie.

5.3.7 Cambios en los niveles de abundancia y su relación con la pesca

Con el objeto de analizar los cambios poblacionales de la merluza de cola en el período analizado, se seguirá adelante considerando el escenario base y aquel de mejor desempeño en verosimilitud que corresponde al escenario S1 (cambio en forma funcional de selectividad). Este último escenario corresponde al supuesto de efectos selectivos "dome-shape" en todas las flotas y después del escenario S12, tiene el segundo valor de biomasa desovante 2007 más alto de los casos analizados (470 mil ton).

Los escenarios considerados indican que la biomasa explotable a las flotas de arrastre ha tenido una sostenida disminución desde fines de los noventa para el caso base y desde mediados de los noventa en el escenario S1. En cualquiera de los casos, la biomasa vulnerable al arrastre se ubica en torno a las 200 mil toneladas, situación que en el caso S1 mejora en el arrastre centro-sur producto del efecto selectivo tipo domo asumido. Mientras esto sucede, en ambos escenarios la biomasa vulnerable al cerco, es decir, aquella fracción poblacional mayoritariamente de 2 a 8 años, presenta un sostenido incremento desde el 2004. La biomasa vulnerable a esta flota se elevaría a valores entre las 527 mil y 540 mil toneladas. Esto último ha generado grandes interrogantes en cuanto a la situación actual de la pesquería pelágica centro sur y sus bajos desembarques, versus los niveles de biomasa predichos. Cabe señalar que una respuesta a esto son los cambios en disponibilidad del recurso al área, lo cual aunque no se dispone de evidencias concretas que lo permitan corroborar, es la respuesta del modelo para explicar la estabilidad de la biomasa desovante en los últimos años y la compensación de los incrementos de capturas.

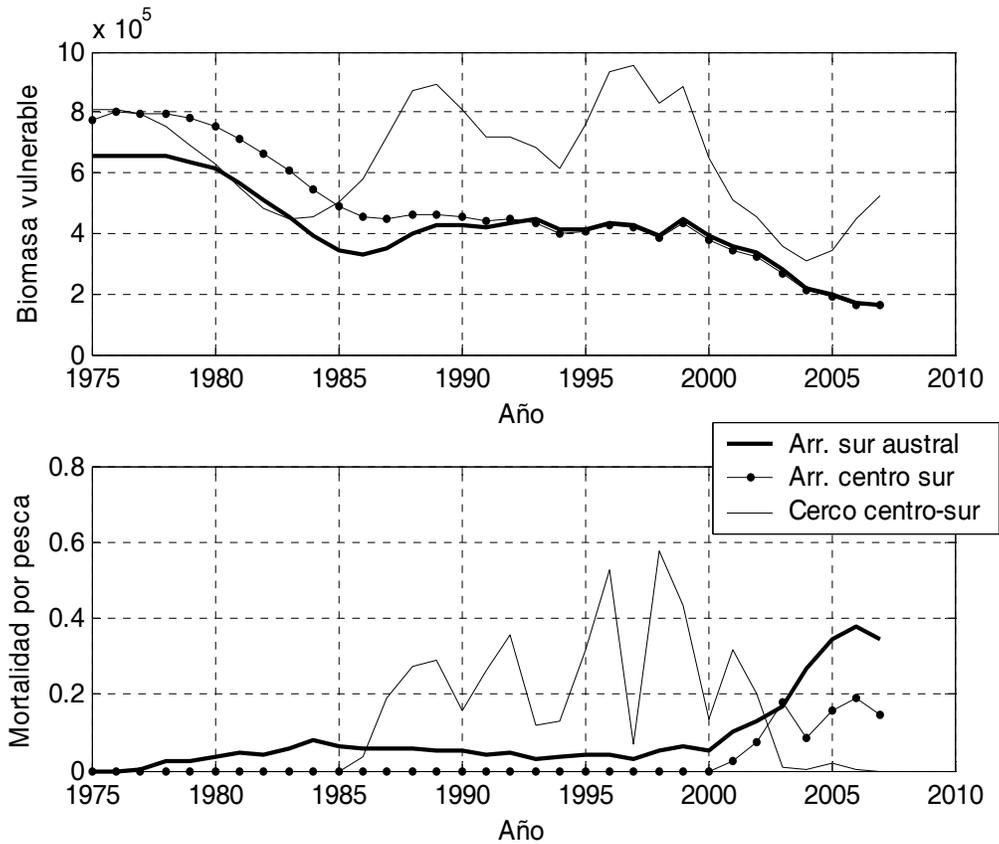


Figura 36. Biomazas vulnerables y mortalidades por pesca por flotas que operaron sobre Merluza de cola. Escenario base

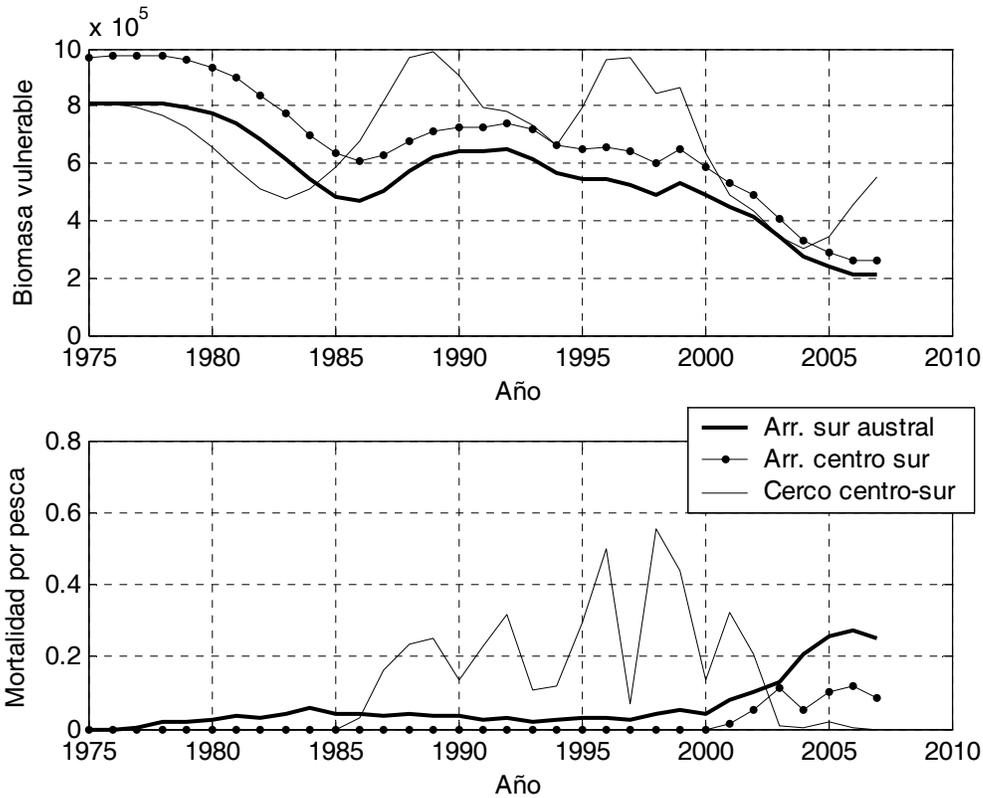


Figura 37. Biomazas vulnerables y mortalidades por pesca por flotas que operaron sobre Merluza de cola. Escenario S1.

La biomasa vulnerable al cerco ha tenido importantes fluctuaciones con dos modas identificadas en torno a los años 1986 y 1997, años que corresponden a períodos de buenos reclutamientos que habrían atravesado por la pesquería y explicarían el desarrollo de la importante pesquería pelágica que termina hacia fines de los 90s. Por el lado de las mortalidades por pesca por flota, se destaca que la flota cerquera dominó la mortalidad total durante la segunda mitad de los ochentas y fines de los noventas. Posteriormente, la flota de arrastre ha incrementado significativamente el esfuerzo de pesca y con ende la mortalidad. Entre escenarios, si el modelo logístico de selectividad es verdadero, la mortalidad por pesca que esta soportando el stock explotable de la flota de arrastre sur-austral es significativamente mayor respecto de considerar un efecto "domo" en la distribución de mortalidad por edad.

Los reclutamientos de la merluza de cola muestran al 95% de confianza, que los años de máximos reclutamientos ocurrieron en 1986-87, 1994, 1996. Durante gran parte de los años ochenta y hasta fines de los noventa predominaron clases anuales fuertes que generaron niveles importantes de biomazas y de toda una pesquería de cerco. La disminución de la biomasa desde fines de los noventa se asocia fuertemente con las fluctuaciones en los reclutamientos, y mas recientemente, la



estabilidad y/o crecimiento transitorio de la poblaci3n se ha debido a una clase anual importante reclutada el 2005, esto no obstante el alto nivel de incertidumbre en los reclutamientos de los 3ltimos a3os que llega al 68% de variaci3n.

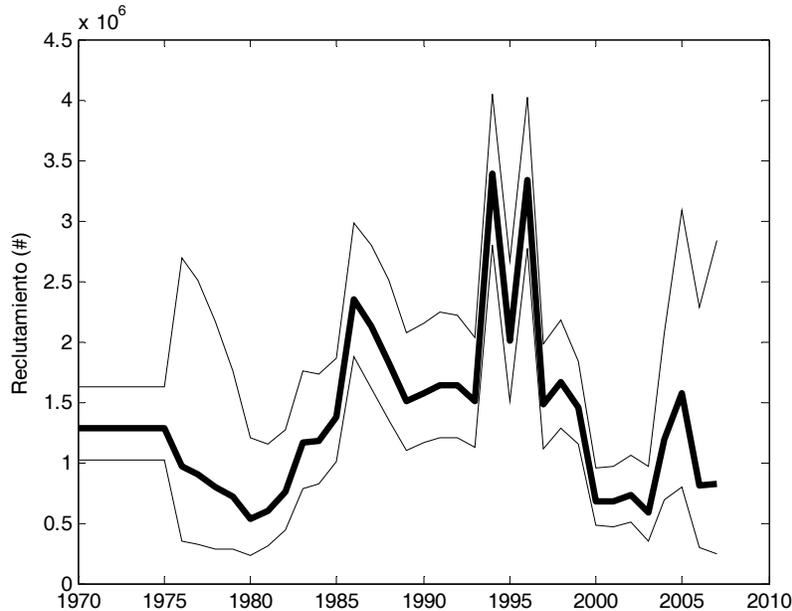


Figura 38. Variabilidad de los reclutamientos de merluza de cola al 95% de confianza 1970-2007.

La biomasa total al 2007 se estima cercana a las 733 mil toneladas en el caso base y 931 mil toneladas en el escenario S1. Para el caso base, 360 mil toneladas comprenden la biomasa desovante y 165 mil toneladas la biomasa explotable a la actual flota de arrastre. En este sentido, cabe destacar que mientras la biomasa desovante 2006-2007 parece revertir la tendencia a la reducci3n poblacional registrado desde fines de los 90s, la biomasa explotable mantiene la tendencia a la reducci3n la cual llega a un 63% respecto de 1999. Esta biomasa es el resultado del patr3n de explotaci3n total aplicado sobre la biomasa total a inicios de a3o y sus variaciones son el reflejo tanto de los cambios poblacionales como de los cambios inter-anales de selectividad.



Tabla 10.
Abundancias y biomاسas de merluza de cola segun escenario base.

Año	N 1+ (n)	N 6+ (n)	Reclutas (n)	B. Desov (t)	B. total (t)	BV asa	BV acs	BV pcs	F asa	F acs	F pcs
1975	4,316,600	723,360	1,284,300	1,017,600	1,577,400	656,800	776,400	811,630	0.000	0.000	0.000
1976	4,010,500	732,920	968,590	1,036,900	1,581,400	657,270	798,930	811,710	0.000	0.000	0.000
1977	3,721,400	732,920	902,040	1,031,200	1,546,100	657,100	798,480	794,910	0.004	0.000	0.000
1978	3,420,800	731,030	807,200	1,012,200	1,492,000	654,110	794,870	751,320	0.024	0.000	0.000
1979	3,101,800	720,830	709,880	968,960	1,409,600	638,670	778,770	691,470	0.025	0.000	0.000
1980	2,703,200	712,610	536,250	913,290	1,309,400	612,280	754,240	625,340	0.034	0.000	0.000
1981	2,480,900	648,760	598,400	846,590	1,203,500	567,240	714,520	553,630	0.048	0.000	0.000
1982	2,478,100	588,140	756,460	771,460	1,107,300	508,000	660,830	485,490	0.041	0.000	0.000
1983	2,890,100	533,040	1,165,700	705,400	1,055,800	451,650	606,180	445,440	0.057	0.000	0.000
1984	3,193,500	474,370	1,182,100	654,560	1,034,900	394,890	547,030	453,050	0.079	0.000	0.000
1985	3,588,300	400,140	1,366,800	631,320	1,050,900	346,430	489,740	505,310	0.062	0.000	0.000
1986	4,861,600	364,720	2,355,400	650,430	1,164,300	329,910	455,530	582,370	0.058	0.000	0.038
1987	5,527,300	368,670	2,122,900	706,320	1,320,500	352,060	449,130	718,250	0.056	0.000	0.190
1988	5,649,400	431,840	1,837,800	784,000	1,451,900	399,580	464,490	874,870	0.056	0.000	0.271
1989	5,118,100	430,280	1,499,400	798,070	1,427,000	424,770	461,250	891,080	0.054	0.000	0.292
1990	4,723,700	409,750	1,582,100	762,870	1,331,600	430,390	454,990	811,340	0.054	0.000	0.157
1991	4,548,000	446,270	1,648,800	702,770	1,233,300	422,240	441,190	717,090	0.040	0.000	0.261
1992	4,610,600	452,040	1,631,500	703,660	1,242,300	433,870	450,600	718,490	0.046	0.000	0.358
1993	4,405,800	418,400	1,513,700	666,370	1,184,000	445,630	431,860	680,950	0.030	0.000	0.120
1994	6,044,000	364,900	3,379,700	617,190	1,204,100	410,890	400,320	617,490	0.035	0.000	0.128
1995	6,107,200	364,610	2,009,400	673,670	1,357,300	415,610	406,790	760,940	0.040	0.000	0.315
1996	7,403,700	376,890	3,340,800	770,370	1,559,300	432,910	425,320	936,550	0.040	0.000	0.526
1997	6,096,700	371,220	1,481,400	783,680	1,523,600	424,840	418,130	954,310	0.030	0.000	0.070
1998	5,031,300	319,060	1,664,400	697,540	1,299,700	393,970	386,280	829,580	0.050	0.000	0.574
1999	4,864,200	443,010	1,456,300	788,580	1,388,800	447,080	435,410	885,810	0.061	0.000	0.435
2000	3,315,800	341,180	678,230	619,060	1,053,800	393,820	380,970	648,210	0.050	0.000	0.134
2001	2,534,600	373,470	675,260	511,610	848,810	357,540	344,440	507,720	0.104	0.022	0.319
2002	2,366,700	305,890	733,840	467,240	785,290	336,450	325,160	454,920	0.129	0.076	0.203
2003	1,989,200	254,890	586,140	356,390	641,140	279,880	270,460	358,140	0.168	0.180	0.009
2004	2,421,100	228,610	1,199,800	307,260	575,510	221,890	213,880	309,890	0.268	0.084	0.000
2005	3,229,100	181,000	1,578,900	295,750	641,360	194,640	188,900	346,980	0.343	0.158	0.018
2006	3,026,800	155,010	815,200	312,410	691,750	169,840	166,210	446,040	0.377	0.192	0.000
2007	2,870,600	163,850	824,900	362,230	733,120	165,740	162,990	527,020	0.345	0.146	0.000

asa; arrastre sur austral, acs; arrastre centro-sur, pcs; pelágico centro-sur



Tabla 11.
Abundancias y biomásas de merluza de cola según escenario S1.

Año	N 1+ (n)	N 6+ (n)	Reclutas (n)	B. Desov (t)	B. total (t)	BV asa	BV acs	BV pcs	F asa	F acs	F pcs
1975	5,404,900	905,730	1,608,100	1,274,100	1,975,100	809,100	970,140	805,820	0.000	0.000	0.000
1976	5,247,800	917,710	1,439,000	1,299,200	1,993,500	809,360	978,610	805,790	0.000	0.000	0.000
1977	5,037,700	917,710	1,348,100	1,295,900	1,971,300	809,250	978,340	796,880	0.003	0.000	0.000
1978	4,651,100	915,790	1,111,700	1,283,200	1,924,800	806,760	974,990	770,780	0.019	0.000	0.000
1979	4,176,800	905,470	919,900	1,248,900	1,841,200	793,690	959,210	723,800	0.020	0.000	0.000
1980	3,740,900	897,170	818,550	1,198,500	1,736,800	773,750	936,110	655,650	0.027	0.000	0.000
1981	3,452,700	858,430	841,170	1,128,500	1,619,500	737,710	897,410	577,420	0.036	0.000	0.000
1982	3,475,300	810,930	1,071,300	1,044,200	1,511,000	681,960	839,460	508,010	0.030	0.000	0.000
1983	4,100,600	740,670	1,675,800	968,880	1,461,400	616,850	773,490	474,070	0.042	0.000	0.000
1984	4,392,400	655,150	1,530,300	912,750	1,443,900	544,720	699,740	507,590	0.056	0.000	0.000
1985	4,854,900	574,330	1,790,800	891,970	1,469,500	484,960	634,410	590,260	0.044	0.000	0.000
1986	6,193,400	527,550	2,796,900	920,250	1,599,100	468,670	607,260	679,870	0.041	0.000	0.032
1987	6,969,300	536,050	2,628,600	987,150	1,776,800	504,310	625,020	817,150	0.038	0.000	0.162
1988	7,138,900	637,280	2,313,400	1,077,000	1,929,600	573,200	675,040	971,790	0.039	0.000	0.236
1989	6,519,400	641,410	1,857,500	1,109,700	1,922,400	620,310	710,320	990,830	0.036	0.000	0.254
1990	6,030,100	634,120	1,926,000	1,084,800	1,828,200	641,650	726,910	903,680	0.036	0.000	0.137
1991	5,701,900	686,100	1,907,100	1,025,500	1,716,700	641,910	725,590	796,810	0.026	0.000	0.227
1992	5,757,600	697,040	1,976,900	1,021,400	1,713,200	651,750	741,400	779,280	0.030	0.000	0.318
1993	5,346,900	665,110	1,653,500	979,860	1,636,800	613,370	717,270	734,510	0.021	0.000	0.109
1994	7,086,300	598,510	3,778,400	918,810	1,640,600	566,830	665,080	663,850	0.025	0.000	0.117
1995	7,021,100	580,020	2,194,800	959,300	1,771,900	547,310	651,740	793,360	0.030	0.000	0.296
1996	8,315,200	570,860	3,609,200	1,045,200	1,958,500	541,940	657,190	963,850	0.032	0.000	0.500
1997	6,872,900	562,120	1,631,600	1,041,100	1,893,700	526,550	642,750	967,090	0.024	0.000	0.068
1998	5,791,700	491,270	1,894,300	944,460	1,651,600	492,020	600,500	841,150	0.040	0.000	0.555
1999	5,538,200	619,440	1,601,600	1,017,200	1,714,200	530,550	648,240	865,590	0.051	0.000	0.441
2000	3,874,400	505,010	779,230	837,220	1,356,600	487,400	585,380	637,620	0.040	0.000	0.134
2001	3,001,600	537,600	782,920	706,700	1,113,900	447,710	528,230	491,000	0.082	0.014	0.323
2002	2,839,400	436,130	888,130	637,140	1,019,900	414,970	488,360	430,760	0.102	0.050	0.208
2003	2,398,300	370,160	678,050	507,920	851,440	346,640	408,440	342,480	0.127	0.116	0.009
2004	2,797,300	325,810	1,304,900	438,700	759,870	275,950	329,270	305,230	0.205	0.054	0.000
2005	3,700,700	257,400	1,789,000	413,030	814,490	239,960	289,750	346,200	0.258	0.100	0.017
2006	3,694,300	217,940	1,154,300	417,180	866,490	213,110	260,640	453,030	0.275	0.118	0.000
2007	3,718,800	231,070	1,203,600	470,740	931,130	210,720	262,740	549,580	0.253	0.088	0.000

asa; arrastre sur austral, acs; arrastre centro-sur, pcs; pelágico centro-sur

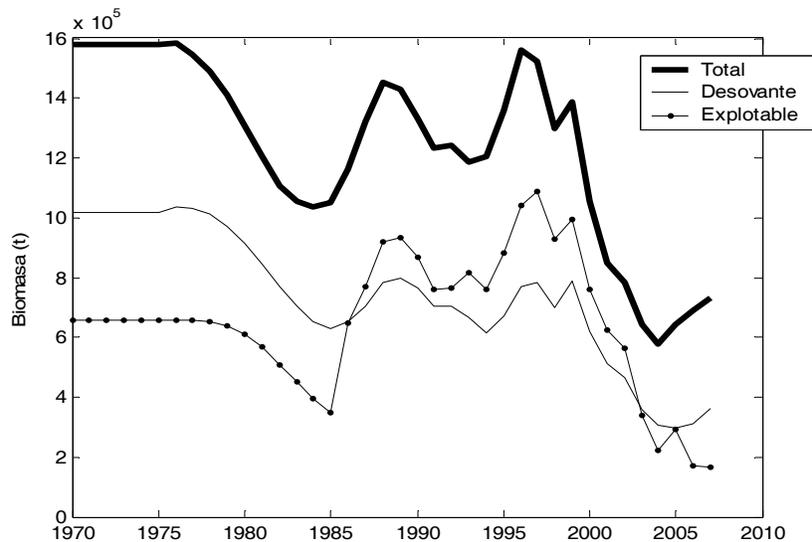


Figura 39. Biomasa total, desovante y explotable de merluza de cola.

Por su parte, la poblaci3n total (individuos de edad 1+) muestra un per3odo de buenos niveles poblacionales entre la segunda mitad de los ochenta y fines de los noventa, esto determinado por los buenos reclutamientos que antes se indicara. La poblaci3n adulta muestra que durante este mismo per3odo, el n3mero de peces de m3s de 6 a3os se mantuvo m3s o menos estable. Posteriormente, la ca3da de esta fracci3n poblacional se deber3a al re-escalamiento de los reclutamientos y el aumento en la mortalidad por pesca.

En efecto, hasta el a3o 2002 las variaciones en mortalidad por pesca estuvieron determinadas principalmente por los desembarques, sin embargo, para el per3odo 2003-2007 se observa que mientras los desembarques se han estabilizado, la mortalidad por pesca se ha incrementado como respuesta a la disminuci3n de la fracci3n adulta 6+. Las tasas de explotaci3n totales (1+) a inicios de a3o y medidas en peso y n3mero est3n influenciadas por los reclutamientos y muestran para los a3os m3s recientes una reducci3n y/o estabilidad. En cambio, las tasas de explotaci3n de la fracci3n 6+ muestran un sostenido incremento desde fines de los noventa y llegan al 2006-2007 a los m3ximos niveles con valores entre el 25% y 30% de remoci3n por pesca anual (Figura 43). El incremento en las tasas de explotaci3n ha generado la tendencia inversa de la edad media de las capturas de la flota arrastrera sur-austral, la cual se ha reducido en el per3odo 2004 – 2007 en un 17%, situaci3n que adem3s ha sido muy bien predicha por el modelo de evaluaci3n (Figura 44).

En esta 3ltima figura se observa el incremento en la edad media de las capturas desde fines de los 80s a la segunda mitad de los 90s. Esto fue el resultado del ingreso de importantes reclutamientos durante los 80s que permitieron el incremento poblacional y el desarrollo de la otrora importante pesquer3a de pel3gica de la VIII Regi3n.

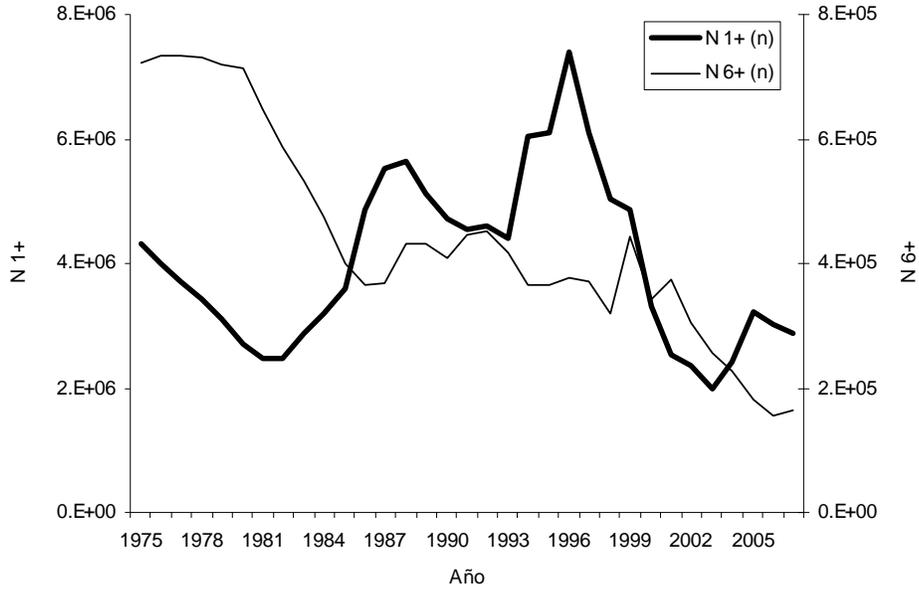


Figura 40. Abundancia total (1+) y adulta (6+) de merluza de cola.

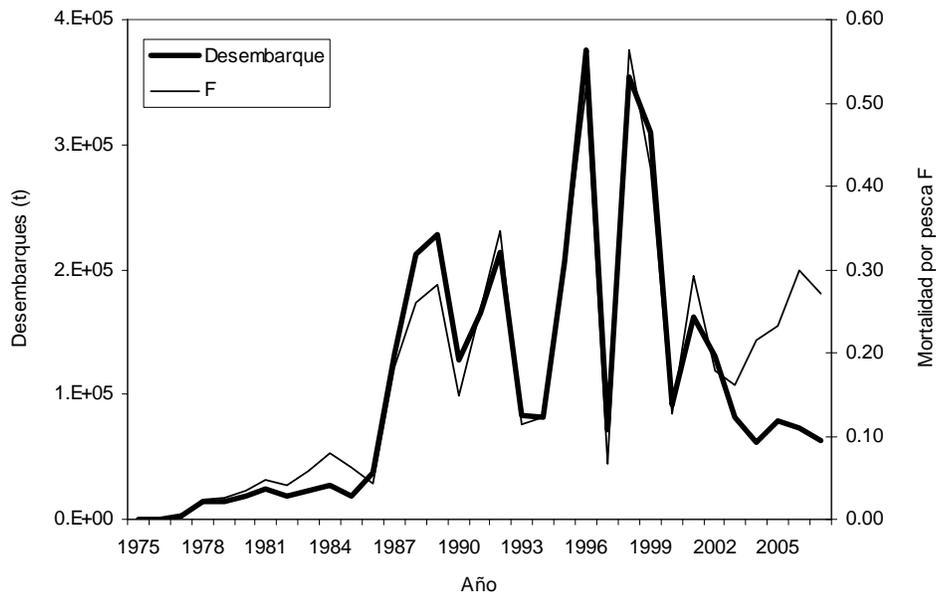


Figura 41. Desembarques y mortalidad por pesca de merluza de cola.

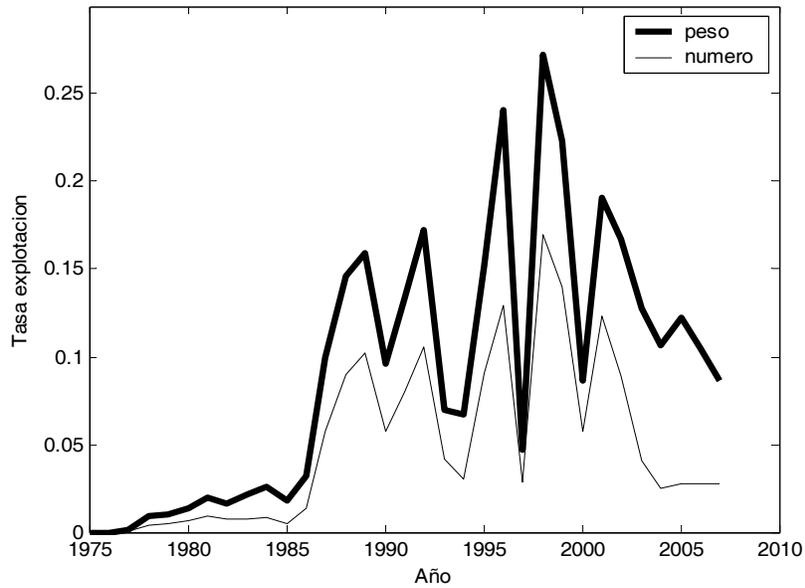


Figura 42. Tasa de explotaci3n en n3mero y peso total respecto de la poblaci3n total (1+) a inicios de a3o.

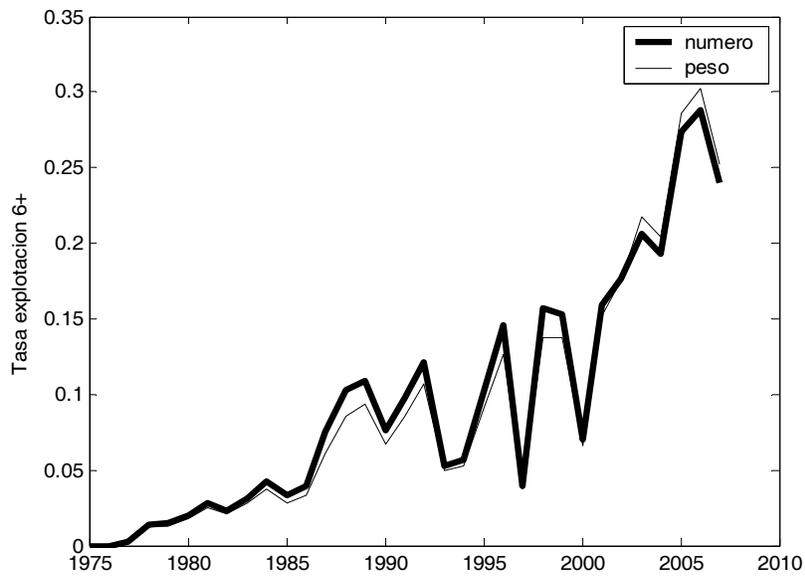


Figura 43. Tasa de explotaci3n en n3mero y peso total respecto de la poblaci3n adulta (6+) a inicios de a3o.

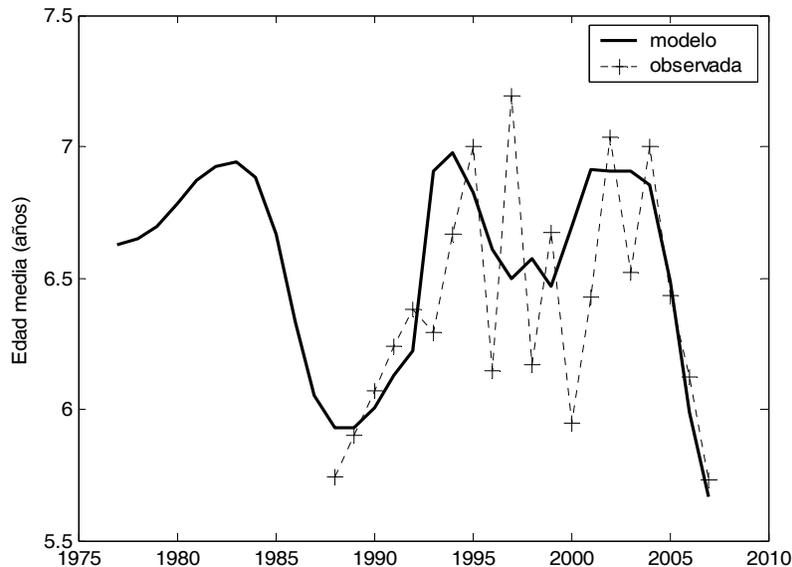


Figura 44. Edad media de las capturas de la flota de arrastre sur austral observada y estimada por el modelo de evaluaci3n.

5.3.8 Diagnostico de la poblaci3n

El diagnostico del stock de merluza de cola es establecido considerando los siguientes an3lisis:

- Tasa de explotaci3n de individuos completamente reclutados respecto de puntos biol3gicos de referencia
- Razi3n de biomasa desovante (Razon de potencial reproductivo), lo cual consiste en evaluar la biomasa desovante actual respecto de la biomasa virginal
- An3lisis de excedentes productivos

a) Tasas de explotaci3n de referencia

El an3lisis de biomasa por recluta considera una situaci3n de equilibrio en el largo plazo, en el cual los reclutamientos se estabilizan y la estructura poblacional es edad-estable. Este an3lisis considera los distintos efectos selectivos de las dos flotas de arrastre y que la flota de cerco no opera. Es decir, la condici3n de mortalidad por pesca de referencia es dependiente del efecto selectivo, y la flota cerquera tiene un impacto en mortalidad significativamente distinto a las flotas arrastreras. Para el escenario base, la tasa de explotaci3n de los individuos completamente reclutados de los 3ltimos tres a~os se ubica en torno de aquel valor que en el largo plazo genera el escape del 55% de la biomasa desovante virginal, mientras que en el escenario S1 las tasas de explotaci3n de los 3ltimos a~os indicar3an que la poblaci3n en el largo plazo podr3a llegar al 62% de su condici3n pr3stina



(Figura 45). Cabe destacar que esta interpretaci3n corresponde a la mantenci3n en el largo plazo de las actuales tasas de explotaci3n y de una trayectoria de reclutamientos estables en el tiempo.

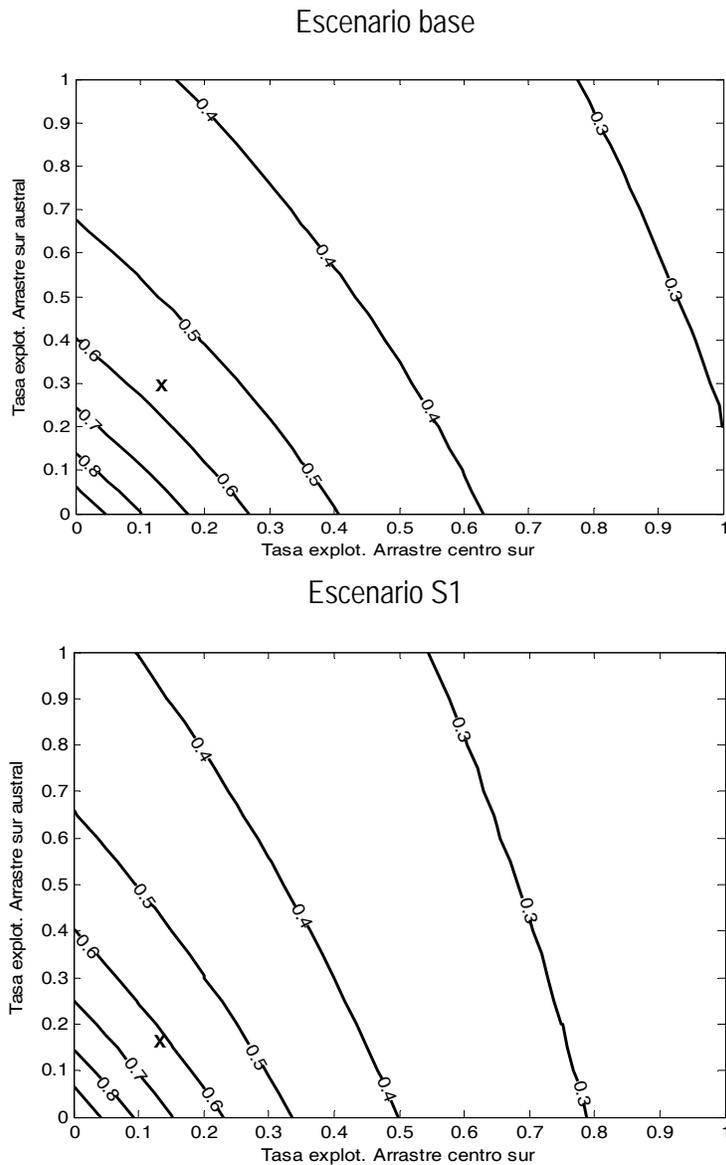


Figura 45. Reducci3n de la biomasa desovante virginal de largo plazo para distintas tasas de explotaci3n de la flota arrastrera. En cruces se indica la condici3n actual



b) Raz3n de biomasa

La raz3n de biomasa desovante potencial (RPD) es usada para evaluar el status del stock de merluza. La ecuaci3n que define esta raz3n viene dada por la raz3n entre la biomasa desovante en cualquier instante de tiempo (t) y la biomasa desovante virginal. La RPD tiene como l3mite inferior el valor de 0 que indica que la poblaci3n ha sido reducida severamente por la pesca y probablemente se encuentra sobre-explotada. Si el RPD tiene un valor cercano a 1.0, significa que la pesquer3a no ha reducido el stock desovante, y si el RPD tiene valor mayor a 1.0, es posible que el stock haya ingresado a un r3gimen de crecimiento poblacional.

El RPD ha sido empleado para definir puntos biol3gicos de referencia en muchas pesquer3as. Varios estudios (Clark 1991, Francis 1993, Thompson 1993, Mace 1994) sugieren que se pueden producir rendimientos promedios equivalentes al M3ximo Rendimiento Sostenido cuando el RPD se encuentra en el rango 0,3 – 0,5, y que muchas pesquer3as no pueden generar producci3n sostenida si el RPD se ubica por debajo de 0,2.

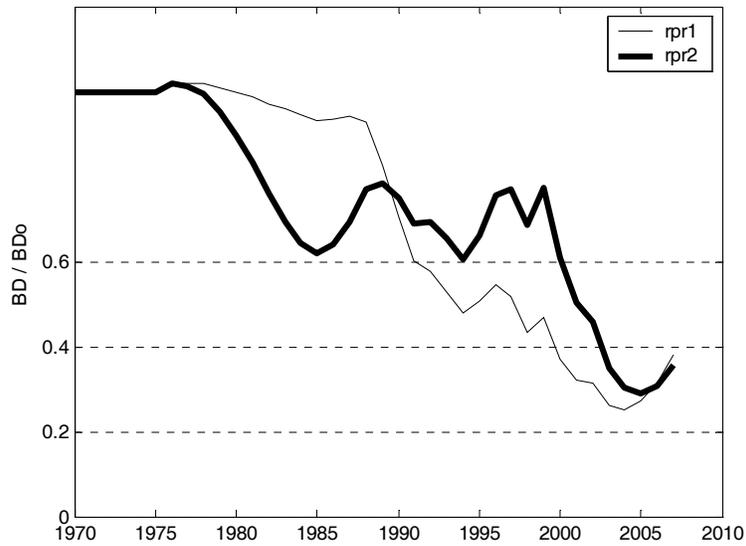
En este an3lisis se entregan dos escenarios para estimar la condici3n virginal; la primera considera los cambios en biomasa desovante sujeta a la din3mica de los reclutamientos estimados 1970-2007 bajo un escenario sin explotaci3n (rpr1), y la segunda en la cual se considera como biomasa virginal aquella estimada en 1970. La primera de estas tiene la ventaja de independizarse del estimado de biomasa inicial y recoge los cambios decadales de los distintos periodos de productividad. Los resultados obtenidos indican que en el caso base y escenario S1 existe una gran coincidencia en indicar que la condici3n de la poblaci3n progenitora del a3o mas reciente se ubica en torno al 36% de la condici3n virginal o sin pesca. En el escenario S1, la raz3n din3mica de biomasa (rpr1) ubica la condici3n actual de explotaci3n a un 44% de la condici3n sin pesca, mientras el escenario relativo a la biomasa desovante 1970, se3ala que la poblaci3n actual es un 37% de la poblaci3n a 1970 (Figura 46).

En t3rminos generales se puede concluir que la condici3n de explotaci3n de merluza de cola se ubica en torno a un objetivo de manejo deseable como es el 40% de la condici3n virginal, sin embargo y en el caso mas recurrente donde la raz3n de biomasa es en torno a un 36%-37%, a un 95% de confianza la situaci3n de reducci3n es ambigua y se ubica entre un 22% y un 53% de la poblaci3n virginal. De este modo, la probabilidad que la poblaci3n se ubique bajo el 40% del origen es elevada y llega a un valor $p=0,72$ lo cual pareciera ser excesivo para asegurar el objetivo de manejo del 40% (Figura 47).

En este tipo de an3lisis se puede destacar las notables diferencias que emergen de un modelo de equilibrio de largo plazo como el empleado para establecer la biomasa desovante por recluta, versus incorporar de manera expl3cita la din3mica de la estructura etaria de la poblaci3n. La condici3n de equilibrio es v3lida en la medida que los reclutamientos tengan variaciones aleatorias en torno a un valor asint3tico, lo cual no parece ser la situaci3n en el caso de Merluza de cola.



Escenario base



Escenario S1

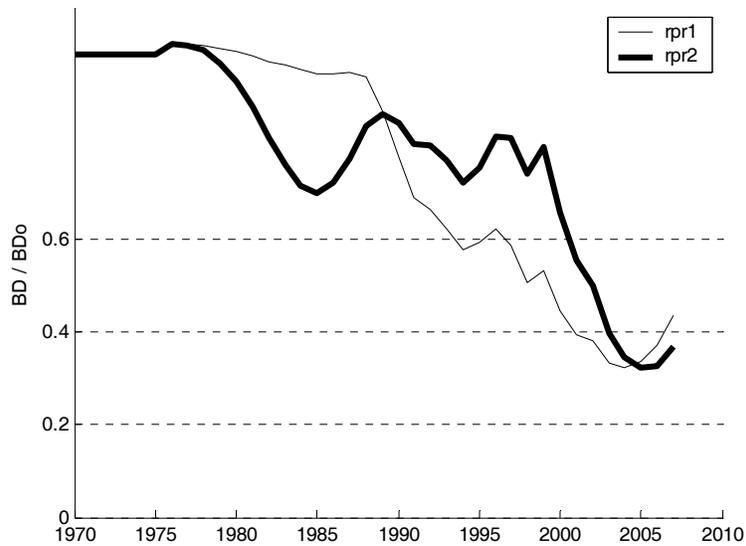


Figura 46. Reducci3n de la biomasa desovante de merluza de cola de acuerdo con dos escenarios de biomasa virgen.

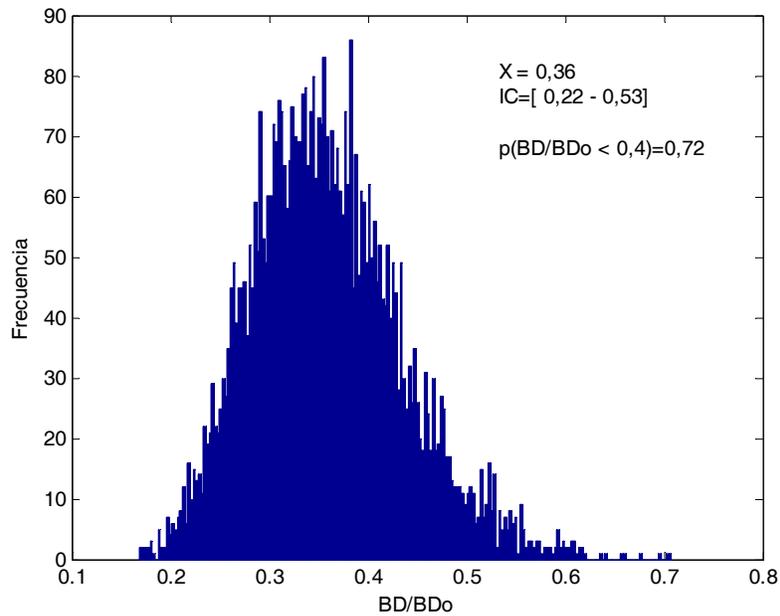


Figura 47. Distribuci3n de probabilidad de la raz3n de biomasa desovante 2007 respecto de la biomasa virginal (1970).

c) Excedentes productivos

Quinn y Deriso (1999) definen como excedente productivo el volumen de desembarque que podr3a ser tomado en un a3o determinado dejando al stock en equilibrio. En otras palabras, si la captura remueve todo el excedente se genera una poblaci3n en magnitud estable. En este an3lisis, el excedente productivo responde a la suma entre la diferencia en biomasa total entre dos a3os consecutivos m3s los desembarques.

Los desembarques de merluza de cola han estado determinados en gran medida por los reclutamientos de d3cadas pasadas. El crecimiento poblacional que registr3 la merluza de cola la segunda mitad de los ochentas corresponde a un per3odo en el cual los excedentes superaron los desembarques. La segunda mitad de los noventa fue variable y err3tica en productividad, y hacia fines de esta d3cada los desembarques superan sostenidamente los excedentes y con esto la poblaci3n disminuye y explica adem3s el t3rmino de la actividad de cerco en la zona centro-sur. A partir del 2004 se registran excedentes por sobre los desembarques y revierte la tendencia a la reducci3n poblacional. Este aumento se deber3a a la sobrevivencia de las clases anuales reclutadas los a3os 2004 y 2005.

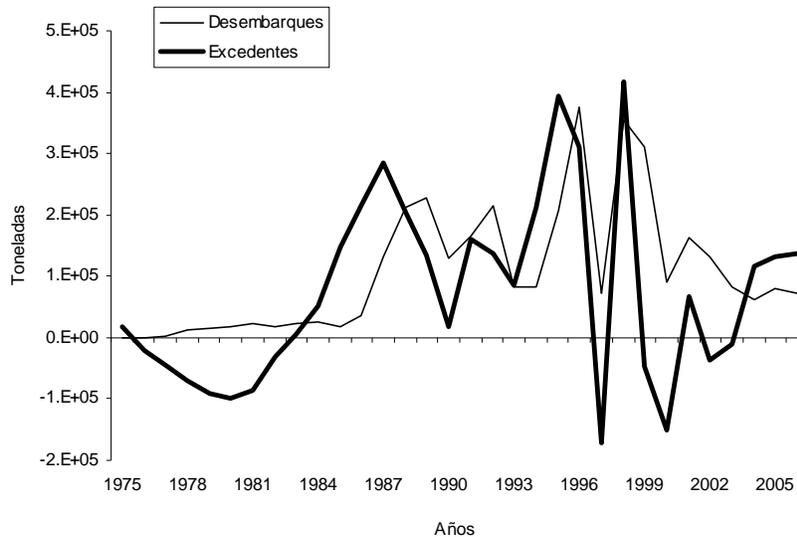


Figura 48. Evoluci3n de los excedentes productivos y desembarques de merluza de cola.

Considerando los an3lisis realizados, la primera conclusi3n es que los actuales niveles de explotaci3n parecen adecuados para la sustentabilidad de la pesquería si considera como límite o umbral de conservaci3n un valor de reducci3n poblacional al 20%. La raz3n de biomasa desovante señaala que la poblaci3n present3 una importante reducci3n desde fines de los 90s producto de una caída en los niveles de reclutamientos, excedentes productivos negativos y el incremento de la actividad pesquera de arrastre. El ańo m3s bajo correspondería al 2005 con una biomasa reducida bajo el 30% de la condici3n sin pesca. Similar conclusi3n se llega a partir de los niveles de mortalidad por pesca de largo plazo, lo cual indica que en la actualidad la presi3n de pesca es equivalente a dejar por remanente el 40% de la poblaci3n virginal.

Se estima que la desaparici3n de la actividad extractiva pel3gica ha sido factor clave en la recuperaci3n que ha tenido esta poblaci3n en los últimos 3 ańos, no obstante se estiman valores de biomasa que pudiendo esta potencialmente vulnerable para esta flota, no se encuentran disponibles. Entre el 2005 y el 2007 la poblaci3n desovante ha crecido en casi un 22% producto de excedentes mayores a los desembarques y de reclutamientos favorables. Al ańo 2007, la raz3n de biomasa desovantes indica que la poblaci3n se ubicaría a un 95% de confianza entre un 22% y un 53% de la condici3n virginal, sin embargo, el riesgo que la poblaci3n se ubique bajo el 40% de la poblaci3n virginal es $p=0,72$ lo que es elevado si se desea mantener este punto biol3gico de referencia.



6. SIMULACI3N DE EFECTOS FUTUROS DE EXPLOTACI3N

Se realiza una simulaci3n de la poblaci3n con el objeto de evaluar de como, cambios hipot3ticos en la cantidad de captura o esfuerzo de pesca ejercido por la flota podr3an afectar la poblaci3n de merluza de cola. El m3todo considera la incertidumbre en todos los par3metros del modelo. La incertidumbre en las estimaciones de par3metros del modelo fue evaluada a trav3s del algoritmo MCMC-Hasting Metropolis (Gelman et al, 1995).

Ante escasa relaci3n funcional de reclutas y desovantes (Canales, 2007), que equivalente a suponer que los reclutas tienen una variaci3n aleatoria respecto de un valor dado, la proyecci3n de reclutamientos futuros consider3 incertidumbre en torno al promedio de los 3ltimos 8 a3os consecuente con el escenario actual de productividad, donde los reclutamientos han sido m3s bajos respecto del per3odo 1985-1999. Para proyectar la poblaci3n a inicios del 2009 se consider3 que la flota de arrastre de la pesquer3a sur austral lograr3 la cuota asignada de 45 mil toneladas, en tanto que para la pesquer3a arrastrera centro-sur se estima una captura un 30% mayor a la del 2007, con lo cual podr3a alcanzar las 30 mil toneladas, cifra que resulta similar a la lograda el a3o 2006. Para la flota de cerco no se consider3 desembarque durante el 2008. La proyecci3n consider3 5 escenarios de captura constante; 60; 70; 80; 90 y 100 mil toneladas y el horizonte de simulaci3n cubri3 14 a3os (edad m3xima en las capturas) desde el 2008 al 2022.

6.1 Proyecci3n de la poblaci3n al 2008 y 2009

Las distribuciones de probabilidad de la biomasa total indican que la poblaci3n al 2009 podr3a incrementar en un 25% el valor central si se considera el escenario base y en un 23% para el escenario S1. Sin embargo, a un 95% de confianza estas variaciones no son significativas y se ubican en los mismos rangos de biomasa 2007, los que dependiendo del escenario aludido, tienen por intervalo de confianza valores que oscilan entre 0,5 millones y 1,5 millones de toneladas. (**Figura 49 y 50**).

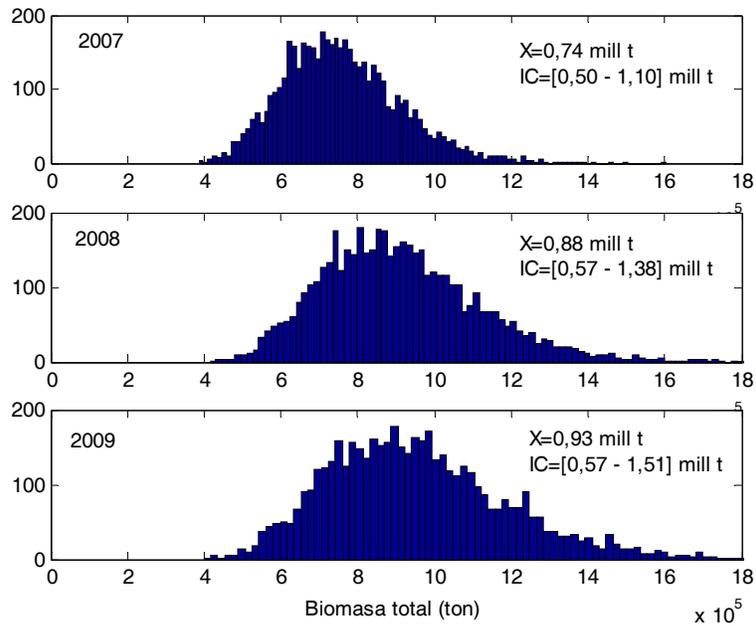


Figura 49. Proyecci3n de biomasa total de merluza de cola 2007-2009. (Escenario base)

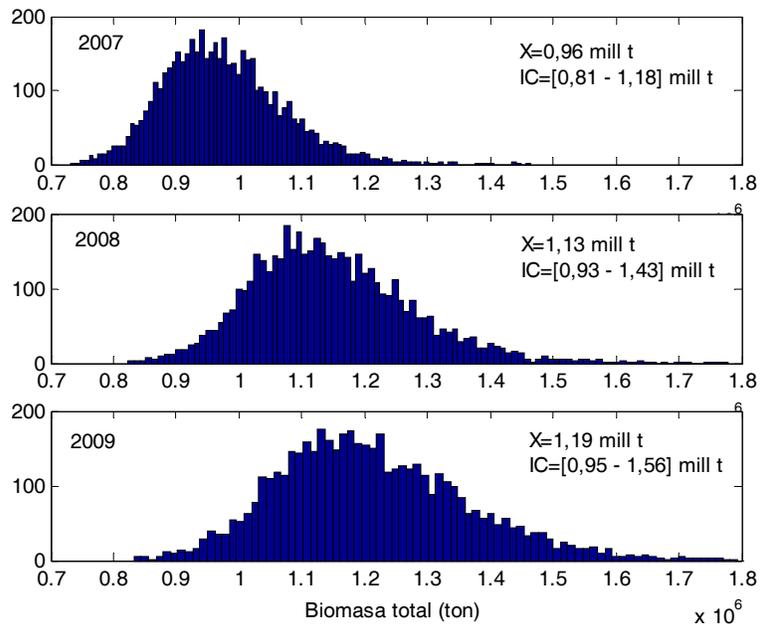


Figura 50. Proyecci3n de biomasa total de merluza de cola 2007-2009. (Escenario S1)



6.2 Proyecci3n de la poblaci3n bajo distintos escenarios de captura constante

La proyecci3n de la poblaci3n de merluza de cola bajo r3gimen de capturas constantes fue realizada para los dos escenarios considerados. La mediana de las proyecciones indica que en el largo plazo, capturas bajo las 80 mil toneladas permitir3n que la biomasa desovante se ubique por sobre el 40% de la poblaci3n original para el caso base, las que aumentan a 90 mil toneladas si se considera el escenario S1. En todos los casos y en el corto plazo, se prev3 un incremento poblacional y que solo despu3s del 2010 el impacto de distintos niveles de capturas podr3a ser m3s evidente. El crecimiento poblacional para los actuales niveles de capturas (70 mil toneladas) podr3a llegar, a lo menos a un 30% en el largo plazo ($BD/BD_{2007}=1,3$). En todos los escenarios, con capturas sostenidas de 100 mil toneladas se prev3 la reducci3n de la poblaci3n desovante en el mediano y largo plazo.

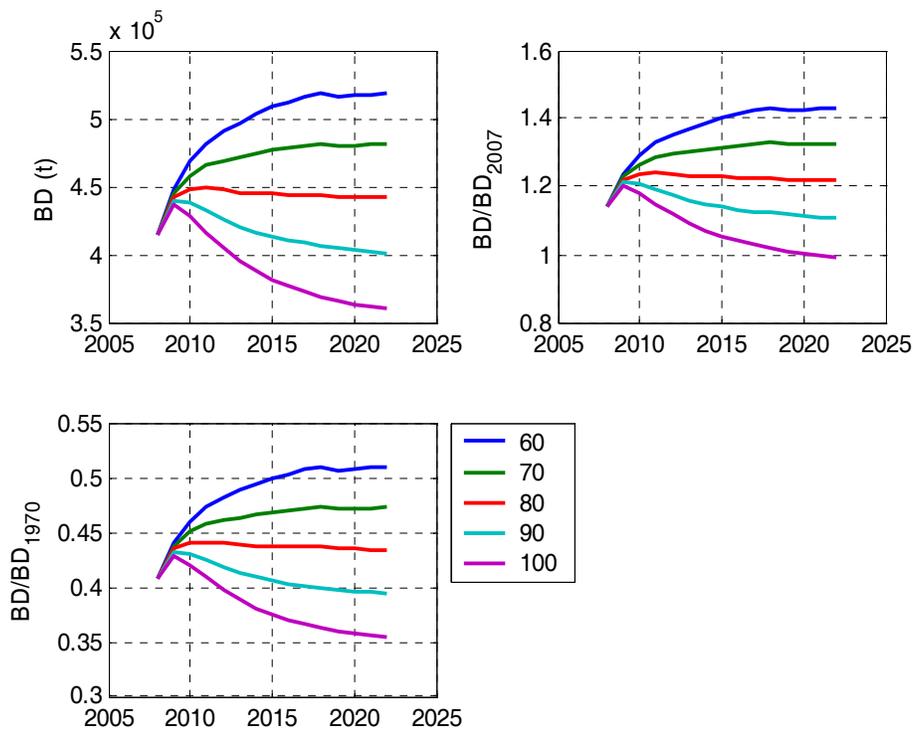


Figura 51. Proyecci3n de biomasa y desembarques futuros de merluza de cola ante distintas tasas de explotaci3n constante. Escenario base.

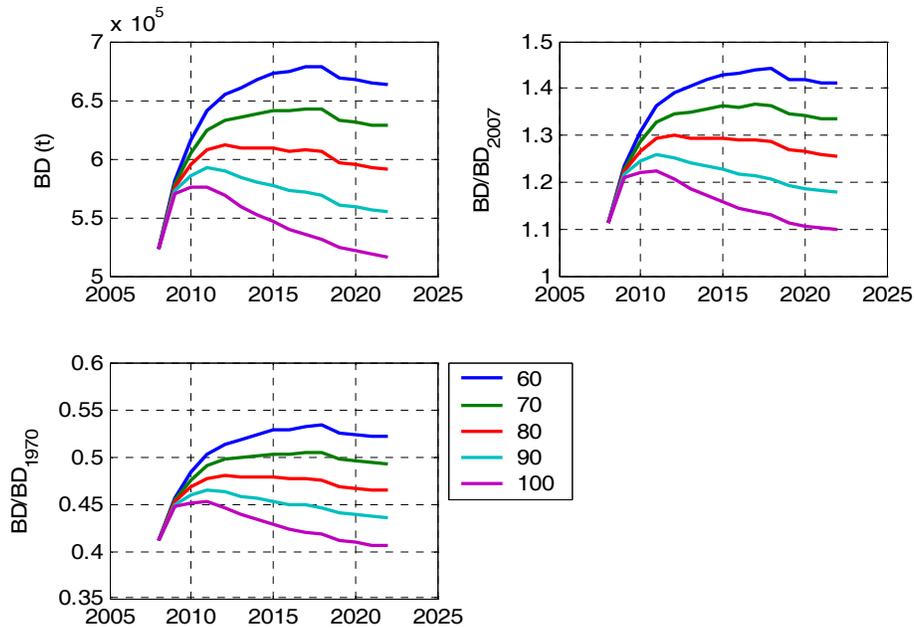


Figura 52. Proyección de biomasa y desembarques futuros de merluza de cola ante distintas tasas de explotación constante. Escenario S1

Este mismo análisis bajo condiciones de incertidumbre implica evaluar probabilidades en términos discretos, esto es, la razón entre el número de eventos objetivos y el número de eventos totales. Como evento se consideran cada una de las réplicas obtenidas del remuestreo de la distribución de parámetros. Las medidas de riesgo (evento objetivo) corresponde al número de veces en que la réplicas de biomasa en un año determinado se ubican bajo la biomasa actual, o bien, bajo el 40% de la población virginal (riesgo asociado al objetivo de manejo sugerido).

Para el escenario base, los resultados indican que el riesgo de reducir la población actual ante distintos niveles de capturas, aumenta a más del 10% con capturas sostenidas por sobre las 85 mil toneladas, y que un incremento a 100 mil toneladas de captura significa aumentar el riesgo mas de tres veces ($p=0,36$). Lo anterior implica que el riesgo aumenta exponencialmente respecto del incremento lineal en las capturas. Similar situación se obtiene al analizar el riesgo de reducir la población bajo un objetivo de manejo como es el 40% de la biomasa virgen. El análisis indica que para reducir a un 10% el riesgo de disminuir la población respecto del 40% de una condición virginal, se logra con capturas bajo las 60 mil toneladas. El riesgo de colapsar la población se obtiene con capturas mayores a las 100 mil toneladas ($p=0,067$). Para el caso del escenario mas optimista S1, un riesgo controlado del 10% de reducir la población bajo el 40% virginal se logra con capturas bajo las 80 mil toneladas. Finalmente y si la política es



reducir el riesgo que en el largo plazo la biomasa desovante disminuya, entonces capturas bajo las 85 mil - 90 mil toneladas son adecuadas para un riesgo del 10%.

Tabla 12

Probabilidad de reducci3n de biomasa bajo el objetivo de manejo y de la condici3n actual a 14 a1os plazo, ante distintos niveles de capturas constantes de merluza de cola.

Escenario base: modelo de selectividad tipo log3stico

	Captura (miles de ton)								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$p(BD_t < 0,4BD_0)$	0.129	0.170	0.211	0.262	0.314	0.368	0.422	0.480	0.538
$p(BD_t < BD_i)$	0.001	0.009	0.017	0.047	0.077	0.138	0.199	0.283	0.367
$p(BD_t < 0,2BD_0)$	0.000	0.001	0.001	0.005	0.008	0.017	0.026	0.047	0.067
BD_t / BD_0	0.541	0.523	0.505	0.486	0.468	0.447	0.427	0.407	0.386

(f= 2022; i=2007;0=1970)

Escenario S1: modelo de selectividad tipo domo

	Captura (miles de ton)								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$p(BD_t < 0,4BD_0)$	0.022	0.039	0.057	0.084	0.112	0.163	0.215	0.281	0.347
$p(BD_t < BD_i)$	0.000	0.002	0.003	0.011	0.019	0.049	0.079	0.142	0.204
$p(BD_t < 0,2BD_0)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BD_t / BD_0	0.546	0.532	0.518	0.504	0.490	0.476	0.461	0.446	0.432

(f= 2022; i=2007;0=1970)



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sobre la base del análisis realizado en el presente trabajo, relacionado con la evaluación, status y proyección del stock de merluza de cola, se puede concluir lo siguiente:

- La biomasa desovante virginal al año 1970 se estimó mayor a 1,0 millón de toneladas.
- La merluza de cola presentó reclutamientos importantes y variables entre 1985 y 1999, cuyos niveles en promedio superaron los del período 2001-2007. Los 2 reclutamientos mas grandes de la historia se generaron en los años 1994 y 1996, los cuales permitieron el incremento poblacional junto con el aumento de la actividad extractiva por parte de la flota arrastrera sur-austral.
- La reducción de los reclutamientos a partir del 2000 y junto a los altos niveles de mortalidad por pesca durante la segunda mitad de los noventa, habrían generado la reducción de la población y la desaparición de la pesquería pelágica centro sur.
- La mortalidad por pesca ha tenido una trayectoria creciente y en los últimos 3 años se ubica en torno al objetivo de manejo $F_{40\%}$.
- La biomasa total y desovante al 2007 se estiman mayores a 730 mil y 362 mil toneladas, respectivamente.
- La razón de biomasa desovante potencial de merluza indica que la población tuvo una fuerte reducción a partir de 1999 producto de bajos niveles de reclutamientos, excedentes productivos negativos y alto impacto por la presión de pesca ejercida por la otrora flota de cerco. El año más bajo correspondería al 2005 con valores de reducción poblacional que pudieron haber estado en torno al 30% de la condición sin pesca.
- La desaparición de la actividad extractiva pelágica ha sido factor clave en la recuperación del recurso en los últimos 3 años, no obstante se estiman valores de biomasa que pudiendo esta potencialmente vulnerable para esta flota, no se encontrarían disponibles.
- Entre el 2004 y el 2007 la población desovante ha crecido en casi un 22% producto de excedentes por sobre los desembarques y un régimen creciente de reclutamientos. Al año 2007, la biomasa desovante se ubicaría en torno al 36% de la población virginal, lo cual indica que este stock se encuentra cercano a un objetivo deseable de explotación como es el 40% de la biomasa virginal



- Las expectativas de mediano plazo indican que la población de merluza de cola debiera crecer al año 2009 en un 25% respecto del 2007. Sin embargo, este crecimiento no es estadísticamente significativo.
- Con los actuales niveles de explotación, la población de merluza de cola puede mantener los niveles poblacionales sin mayor compromiso para el objetivo de manejo, y eventualmente incrementarlos conforme se confirme el crecimiento poblacional. Lo anterior condicionado solo a la operación de la flota arrastrera y a la ausencia total de explotación de la actividad cerquera de la zona centro-sur.
- La simulación de capturas constantes bajo incertidumbre, indican que el riesgo de reducir a un 10% el objetivo de manejo (40% Bo) se obtiene con capturas entre 60 mil y 80 mil toneladas, dependiendo del escenario de selectividad elegido.
- Finalmente y como valor de compromiso para los dos escenarios considerados, y considerando una política sugerida de salvaguardar el 40% de la biomasa virginal, se recomienda que la captura del año 2009 sea establecida en torno a las 70 mil toneladas.



8. REFERENCIAS

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Páginas 267-281. En B.N. Petran y F. Csaki, Eds. International Symposium on Information Theory, 2nd ed. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, C. Vera, 2004b. Informe Final Fase I "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2004". Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 135 p.+Anexos.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, E. Palta, F. Cerna, C. Vera, V. Bocic, A. Gómez, G. Rosson, M. Troncoso, C. Machuca. 2005. Informe Final Fase II "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2004". Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 175 p.+Anexos.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, V. Bocic, E. Palta, M. Canales, A. Lopez, H. Hidalgo, C. Toledo, F. Cerna, Z. Young. 2004a. Informe Final "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2003". Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 164 p.+Anexos.
- Balbontín, F. y R. Bernal. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA, 20: 155-163.
- Barbieri, M. A., S. Lillo, A. Saavedra, R. Céspedes, L. Adasme, V. Ojeda, A. López, L. Cid, P. Rojas, B. Menares y V. Cataste. 2003. Evaluación de reclutamiento de merluza de cola, año 2001. Informe final. Proyecto FIP 2001-21. IFOP, 96 p. (más tablas y figures).
- Bull B., R.I.C.C. Francis, A. Dunn y D.J. Gilbert. 2002. CASAL (C++ algorithmic stock assessment laboratory): CASAL User Manual v.1.02.2002/10/21. NIWA Technical Report 117. 119 p.
- Cady J.F y J.A. Gulland. 1943. Historical patterns of fish stock. Marine Policy. 7(4). Páginas 268-269. Editores Butterworth-Heinmann.
- Canales, C, 2008. Investigación CTP Regionalizada de merluza de cola, 2007. SUBPESCA. Informe Final, IFOP, 51 p (mas anexos).
- Canales, C, P. Galvez, V. Escobar, R. Tascheri, R. Céspedes, J. Quiroz, R. Roa, 2008. Investigación CTP Regionalizada de merluza de cola, 2007. SUBPESCA. Informe Final, IFOP, 51 p (mas anexos).



- Céspedes, R., L. Adasme, M. Nilo, E. Palta, V. Ojeda, M. Montecinos, V. Espejo, Z. Young, L. Muñoz, F. Cerna, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid y L. Chong. 2003. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2002. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 224 p. (más anexos).
- Céspedes, R., L. Adasme, V. Ojeda, C. Toledo, E. Palta, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Chong, K. Hunt y F. Cerna. 2004. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2003. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 159 p. (más anexos).
- Céspedes, R., L. Adasme, V. Ojeda, C. Toledo, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Chong, y K. Hunt. 2005. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2004. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 186 p. (más anexos).
- Córdova J. y V. Ojeda 2005. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral año 2005. FIP. 2005-04. IFOP. Informe de avance.
- Coleman, T.F. and Y. Li, "An Interior, Trust Region Approach for Nonlinear Minimization Subject to Bounds," *SIAM Journal on Optimization*, Vol. 6, pp. 418-445, 1996.
- Coleman, T.F. and Y. Li, "On the Convergence of Reflective Newton Methods for Large-Scale Nonlinear Minimization Subject to Bounds," *Mathematical Programming*, Vol. 67, Number 2, pp. 189-224, 1994.
- Cubillos, L., A. Hernández, L. Vilugrón, L. Miranda, R. Alarcón, C. Pino, G. Vásquez. 1998. Estudio biológico-pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro-sur. Informe Final. Proyecto FIP N° 96-19. Instituto de Investigación Pesquera, 158 p.
- Gabriel. W.L. & P. M. Mace. 1999. A review of biological reference point in the context of the precautionary approach. NOAA. Tech. Memo, NMFS-F/SPO-40.
- Galleguillos R., R. Montoya, L. Troncoso, M. Oliva y C. Oyarzún. 1999. Identificación de unidades de stock en el recurso merluza de cola en el área de distribución de la pesquería. Informe Final. Proyecto FIP N° 96-30. U. de. Concepción, Fac. C. Naturales y Oceanografía: 81 p.
- Holey S. y M. Maunder, 2005. Status of Yellowfin tuna in the eastern pacific ocean in 2004 and outlook for 2005. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assessment Report*, 5.



- Lillo, S., M. Espejo, R. Céspedes, L. Adasme, J. Blanco, J. Letelier, M. Braun y V. Valenzuela. 1997. Evaluación directa del stock de merluza de cola en la X y XI Regiones. Informe Final (FIP 95-18). IFOP, 70 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Lillo, S., R. Céspedes, M. Barbieri, A. Saavedra y P. Gálvez. 2003. Programa temporal de evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2002. FIP N° 2002-07, IFOP, 101 p. (+ figuras, tablas y anexos).
- Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín, V. Ojeda y A. Saavedra. 2004a. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2003. Informe Final. Proyecto FIP 2003-09. IFOP, 105 p. (más figuras, tablas y anexos)
- Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín, V. Ojeda y A. Saavedra. 2004b. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, 2004. Informe Final (FIP 2004-7). Informe de avance.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, L. Adasme, M. Aguayo y A. Saavedra. 2001. Evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Informe Final (FIP 2000-14), IFOP, 64 p. (+ figuras, tablas y anexos).
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adasme y H. Hidalgo. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro-sur. Informe Final (FIP 99-15), IFOP, 52 p. (+ figuras, tablas y anexos).
- Lillo, S., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, A. Saavedra, M. espejo, M. A. Barbieri, R. Bravo, C. Vera, L. Adasme, M. Rojas, I. Céspedes, J. Olivares y H. Hidalgo. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, 2002. Informe Final. Proyecto FIP 2002-19. IFOP, 81 p. (más figuras, tablas y anexos).
- Lillo, S., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, A. Saavedra, R. Bravo, L. Adasme, y M. Rojas. 2002. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2001. Informe Final. Proyecto FIP 2001-19. IFOP, 78 p. (más figuras, tablas y anexos).
- Mace, P. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds as targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci.:51:110-122.
- Mace, P. L. Botsford, J. Collie, W. Gabriel, P. Goodyear, J. Powers, V. Restrepo, A. Rosemberg, M. Sissenwine, G. Thompson y J. Witzig. 1996. Scientific review of definitions of overfishing in U.S. fishery management plans. Supplemental report NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-21. 20 páginas.



- O'Driscoll, R.L. 2002.** Acoustic survey of spawning hoki in Cook Strait during winter 2001. NIWA Report 2002/x.13 páginas.
- Ojeda, V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo e I. Payá. 1998.** Estudio de crecimiento y construcción de claves talla-edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. IFOP-FIP97-15. 131 páginas., 52 figuras, 53 tablas y 1 anexo.
- Pantoja V., F. Orellana, E. Alarcón. 1973.** Evaluación preliminar de los recursos potencialmente explotables situados entre la Bahía Corral e Isla Guamblin. Publicación N° 53, Instituto de Fomento Pesquero, Santiago. 75 pp.
- Parma A. 2003.** Revisión de los procedimientos de Evaluación y cálculo de CTP empleados para el Análisis y manejo de las pesquerías de merluza de cola y merluza de tres aletas en Chile. Centro Nacional Patagónico, CONICET. Informe elaborado a solicitud de la Subsecretaría de Pesca de Chile.
- Payá I. 2005.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2005. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.
- Payá I. C. Canales, H. Pool y C. Montenegro. 1999.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 1999. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.
- Payá I. y P. Rubilar. 2001.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2002. 46 páginas, 52 figuras y 12 tablas.
- Payá I., L. Caballero, H. Hidalgo y M. Montecinos 2003.** Investigación Captura Total Permissible regionalizada merluza de cola 2003. 25 páginas, 47 figuras, 4 tablas y anexos. Instituto de Fomento Pesquero.
- Payá I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero.
- Payá I., P. Rubilar, H. Pool, R. Céspedes, H. Reyes, N. Ehrhardt, L. Adasme, H. Hidalgo. 2002.** Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas. FIP 2000-15. Instituto de Fomento Pesquero. 156 páginas (tomo I) y anexos (tomo II).
- Payá, 2005. Investigación CTP Regionalizada Merluza de cola 2006.** Pre-Informe Final, Proyecto SUBPESCA-IFOP.
- Rubilar, P. A. Zuleta y R. Gili. 2005.** Efectos sobre la selectividad, cpue y desempeño de la pesca comercial de las innovaciones tecnológicas y regulaciones administrativas, en la UPNE. Pesca de Investigación. Informe. Universidad Austral de Chile y CEPES (Centro de estudios Pesqueros), 74 p.

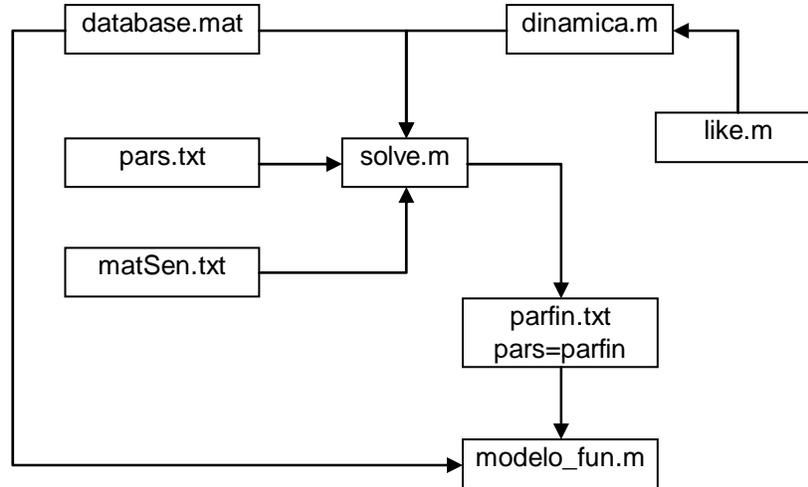


- Smith, A.D.M., Punt, A.E., Wayte, S.E., Starr, P.J., Francis, R.I.C.C., Stokes, T.K., Hilborn, y R., Langley, A. 2002.** Stock assessment of the northeast Chatham Rise orange roughy for 2001. New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/25. 30 p.
- Sparre, P y S.C. Venema. 1995.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento técnico de pesca 306/1. Rev.1. 420 p.
- Tascheri, R. J. sateler, J. González, J. Merino, V. Catasti, J. Olivares, Z. Young, J. Saavedra, C. Toledo, E. Palta y F. Contreras. 2005.** Investigación Situación Pesquería Demersal Zona Centro Sur y Aguas Profundas, 2004. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 345 p. (más anexos).
- Van der Westhuizen, A. 2001.** A decade of exploitation and mangement of the NAMibian hake stocks. S. Afr. J. mar Sci. 23:307-315.
- Young, Z., P. Gálvez, H. González, J. Chong y H. Robotham. 1998.** Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral. Informe final (FIP 96-37), IFOP: 96 p.

ANEXOS

A N E X O 1

**Códigos modelo de
evaluación
Merluza de Cola (Matlab)**



1. solve.m

```
clear
```

```
load database
CPU Esa=CPU Esa_rengo(:,1);
Bacu_pda=Bacu_pda2;
```

```
Wm=Wavg*ones(1,nanos);
```

```
load matSen.txt
op=matSen;
```

```
for j=15:17
```

```
load pars.txt;
```

```
pars=pars.*unifrnd(.95,1.05,length(pars),1);
```

```
op=matSen(:,j);
M=op(18);
```

```
options=optimset('Display','iter','MaxIter',200);
```

```
[parfin,]=fminsearch('dinamica',pars,options,Bacu_pda,Casa,Cpcs,Cpcsl,Cacs,...
    Nacu_pda,Tallas,Wm,Win_avg,desemb,edades,M,CPU Esa,nanos,nm,malfec,Win,Linf,k,t0,CPU Ecs,Lt,op);
```

```
options=optimset('Display','iter','MaxIter',150);
```

```
[parfin,FVAL,EXITFLAG,OUTPUT,GRAD,Hess]=fminunc('dinamica',parfin,options,Bacu_pda,Casa,Cpcs,Cpcsl,Cacs,...
    Nacu_pda,Tallas,Wm,Win_avg,desemb,edades,M,CPU Esa,nanos,nm,malfec,Win,Linf,k,t0,CPU Ecs,Lt,op);
```



```
pars=parfin;
modelo_fun

text=['MCola_ModLog',num2str(j)];
save(text);

end
```

2. Dinamica.m

```
function [fun,BD,BT,N_t4,Spcs,Sacs,Sasa,BDpot,Nvfin,BDeq,CPUEsa_pred1]=dinamica(pars,Bacu_pda,Casa,Cpcs,Cpcsl,Cacs,...
    Nacu_pda,Tallas,Wm,Win_avg,desemb,edades,M,CPUEsa,nanos,nm,malfec,Win,Linf,k,t0,CPUEcs,Lt,op);
```

```
pars=pars(:);

% _____
a_pcs=      exp(pars(1));
b1_pcs=     exp(pars(2));
b2_pcs=     exp(pars(3));
a_acs=     exp(pars(4));
b1_acs=     exp(pars(5));
b2_acs=     exp(pars(6));
a_asa0=     exp(pars(7));
b1_asa0= exp(pars(8));
b2_asa0= exp(pars(9));
a_asa1=     exp(pars(10));
b1_asa1= exp(pars(11));
b2_asa1= exp(pars(12));
a_cru= exp(pars(13));
b1_cru=     exp(pars(14));
b2_cru=     exp(pars(15));
cv=         exp(pars(16));
R=          exp(pars(17:49));
```

```
h=op(17);

if op(18)==-1;
M=      exp(pars(50));
end
```

```
% _____
% patrones de explotacion
```

```
if op(1)==1;S_asa0=sel2norm(edades,a_asa0,b1_asa0,b2_asa0);else;S_asa0=logis2(a_asa0,b1_asa0,edades);end
if op(2)==1;S_asa1=sel2norm(edades,a_asa1,b1_asa1,b2_asa1);else;S_asa1=logis2(a_asa1,b1_asa1,edades);end
if op(3)==1;S_acs=sel2norm(edades,a_acs,b1_acs,b2_acs);else;S_acs=logis2(a_acs,b1_acs,edades);end
if op(4)==1;S_pcs=sel2norm(edades,a_pcs,b1_pcs,b2_pcs);else;S_pcs=logis2(a_pcs,b1_pcs,edades);end
if op(5)==1;S_cru=sel2norm(edades,a_cru,b1_cru,b2_cru);else;S_cru=logis2(a_cru,b1_cru,edades);end
```

```
S_pcs=S_pcs*ones(1,nanos);
S_acs=S_acs*ones(1,nanos);
S_asa=[S_asa0*ones(1,18) S_asa1*ones(1,15)];
```

```
% _____
% condicion de equilibrio
```

```
Neq(1)=R(1);
```



```
for i=2:14
Neq(i)=Neq(i-1)*exp(-M);
end

N=Neq';

No=mean(R);
for i=2:14
No(i)=No(i-1)*exp(-M);
end
Bo=sum(No*exp(-7/12*M).*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;
BDeq=sum(Neq*exp(-7/12*M).*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;

alfa=4*h*R(1)/(5*h-1);
beta=BDeq*(1-h)/(5*h-1);

%Rpred=alfa*SB./(beta+SB);

% condicion inicial poblacional

% Se llega al 1 de abril sin pesca
N_t1=N(:,1).*exp(-3/12*M);

% Opera el acs el 1 de abril y sobrevive hasta el 1 de agosto
BV_acs(1)=sum(N_t1.*S_acs(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_acs=desemb(1,3)/BV_acs(1);
Facs(1)=-log(1-uglob_acs);
u_acs(:,1)=uglob_acs*S_acs(:,1);
Cacs_pred=N_t1.*u_acs(:,1);
Yacs_pred=sum(Cacs_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t2=N_t1.*(1-u_acs(:,1)).*exp(-4/12*M);

% Opera el asa el 1 de agosto y sobrevive hasta el 1 de noviembre
BV_asa(1)=sum(N_t2.*S_asa(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_asa=desemb(1,2)/BV_asa(1);
Fasa(1)=-log(1-uglob_asa);
u_asa(:,1)=uglob_asa*S_asa(:,1);
Casa_pred=N_t2.*u_asa(:,1);
Yasa_pred=sum(Casa_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t3=(N_t2.*(1-u_asa(:,1))).*exp(-3/12*M);

% Opera el pcs el 1 de noviembre y sobrevive hasta fin de año
BV_pcs(1)=sum(N_t3.*S_pcs(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_pcs=desemb(1,1)/BV_pcs(1);
Fpcs(1)=-log(1-uglob_pcs);
u_pcs(:,1)=uglob_pcs*S_pcs(:,1);
Cpcs_pred=N_t3.*u_pcs(:,1);
Ypcs_pred=sum(Cpcs_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t4=N_t3.*(1-u_pcs(:,1)).*exp(-2/12*M);

NVcru(:,1)=N_t2.*S_cru;% abundancia acustica a inicios de agosto
BVcru(1)=sum(N_t2.*S_cru.*Wm(:,1))/1e3;% Biomasa vulnerable al crucero a inicios de agosto
BD(1)=sum(N_t2.*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;% Biomasa desovante a inicios de agosto
N2=N_t2;

% _____
% dinamica
for i=2:nanos

% Nuevos reclutas al stock a inicios de año
```



```
N(:,i)=[R(i):N_t4(1:end-1)];

N(end,i)=N(end,i)+N(end,i)*exp(-M);

% N_t3.*(1-u_pcs(:,i-1)).*exp(-2/12*M);

ubi=find(N(:,i)<0);
if length(ubi)>0
N(ubi,i)=1;
end

% Se llega al 1 de abril sin pesca
N_t1=N(:,i).*exp(-3/12*M);

% Opera el acs el 1 de abril y sobrevive hasta el 1 de agosto
BV_acs(i)=sum(N_t1.*S_acs(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_acs(i)=desemb(i,3)/BV_acs(i);
Facs(i)=-log(1-uglob_acs(i));
u_acs(:,i)=uglob_acs(i)*S_acs(:,i);
Cacs_pred(:,i)=N_t1.*u_acs(:,i);
Yacs_pred(i)=sum(Cacs_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t2=N_t1.*(1-u_acs(:,i)).*exp(-4/12*M);
N_t2(find(N_t2<0))=1;
N2(:,i)=N_t2;

% Opera el asa el 1 de agosto y sobrevive hasta el 1 de noviembre
BV_asa(i)=sum(N_t2.*S_asa(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_asa(i)=desemb(i,2)/BV_asa(i);
u_asa(:,i)=uglob_asa(i)*S_asa(:,i);
Fasa(i)=-log(1-uglob_asa(i));
Casa_pred(:,i)=N_t2.*u_asa(:,i);
Yasa_pred(i)=sum(Casa_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t3=(N_t2.*(1-u_asa(:,i))).*exp(-3/12*M);
N_t3(find(N_t3<0))=1;

% Opera el pcs el 1 de noviembre y sobrevive hasta fin de año
BV_pcs(i)=sum(N_t3.*S_pcs(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_pcs(i)=desemb(i,1)/BV_pcs(i);
Fpcs(i)=-log(1-uglob_pcs(i));
u_pcs(:,i)=uglob_pcs(i)*S_pcs(:,i);
Cpcs_pred(:,i)=N_t3.*u_pcs(:,i);
Ypcs_pred(i)=sum(Cpcs_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t4=N_t3.*(1-u_pcs(:,i-1)).*exp(-2/12*M);
N_t4(find(N_t4<0))=1;

end
%
Lt=Linf*(1-exp(-k*(edades-t0)));
sm=cv*Lt;

for i=1:length(edades)
p(:,i)=normpdf(Tallas,Lt(i),sm(i))+eps;
end
p=p./(ones(length(Tallas),1)*sum(p));

%
NVcru=N2.*(S_cru*ones(1,nanos));
BVcru=sum(NVcru.*Wm)/1e3+eps;
BD=sum(N2.*(matfec(:,1)*ones(1,nanos)).*Wm)/1e3+eps;
```



```
S0=BD(1);

alfa=4*h*R(1)/(5*h-1);
beta=S0*(1-h)/(5*h-1);

Rpred=alfa*BD(1:end-1)/(beta+BD(1:end-1));

%
% Modelo de las observaciones

% CPUE de la flota arrastrera PDA 1979-1996
CPUESA1=zeros(nanos,1);
CPUESA1(1:22)=CPUESA(1:22);
ubi=find(CPUESA1>0);
lq=log(CPUESA1(ubi)/BV_asa(ubi));
q0=exp(mean(lq));
CPUESA_pred1=q0*BVA_asa;

% CPUE de la flota arrastrera PDA 1997-2001
CPUESA2=zeros(nanos,1);
CPUESA2(23:27)=CPUESA(23:27);
ubi=find(CPUESA2>0);
lq=log(CPUESA2(ubi)/BV_asa(ubi));
q1=exp(mean(lq));
CPUESA_pred2=q1*BVA_asa;

% CPUE de la flota arrastrera PDA 2002-2007
CPUESA3=zeros(nanos,1);
CPUESA3(28:33)=CPUESA(28:33);
ubi=find(CPUESA3>0);
lq=log(CPUESA3(ubi)/BV_asa(ubi));
q2=exp(mean(lq));
CPUESA_pred3=q2*BVA_asa;

% CPUE de la flota pelagica
ubi=find(CPUecs>0);
lq=log(CPUecs(ubi)/BV_pcs(ubi));
q3=exp(mean(lq));
CPUecs_pred=q3*BVA_pcs;

% Biomasa del crucero PDA
ubi=find(Bacu_pda>0);
lq2=log(Bacu_pda(ubi)/BVCru(ubi));
q4=exp(mean(lq2));
Bacu_pred=q4*BVCru;

% Proporciones a la edad y talla
ppcs_obs=(Cpcs)/(ones(length(edades),1)*sum(Cpcs+eps));
pacs_obs=(Cacs)/(ones(length(edades),1)*sum(Cacs+eps));
pasa_obs=(Casa)/(ones(length(edades),1)*sum(Casa+eps));
pcru_obs=(Nacu_pda)/(ones(length(edades),1)*sum(Nacu_pda+eps));
ppcsl_obs=(Cpcsl)/(ones(length(Tallas),1)*sum(Cpcsl+eps));

ppcs_pred=(Cpcs_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Cpcs_pred+eps));
pacs_pred=(Cacs_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Cacs_pred+eps));
pasa_pred=(Casa_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Casa_pred+eps));
pcru_pred=(NVcru)/(ones(length(edades),1)*sum(NVcru+eps));

ppcsl_pred=(p*Cpcs_pred)/(ones(length(Tallas),1)*sum(p*Cpcs_pred+eps));

BVpcs=sum(N.*S_pcs.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BVasa=sum(N.*S_asa.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BVacs=sum(N.*S_acs.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BT=sum(N.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
```



```
% Estimadores de error
[fun,L,St]=like(ppcs_obs,pacs_obs,pasa_obs,pcru_obs,ppcs_pred,pacs_pred,pasa_pred,pcru_pred,CPUesa_pred1,CPUesa_pred2,...

CPUesa_pred3,CPUesa1,CPUesa2,CPUesa3,CPUecs,CPUecs_pred,Bacu_pred,Bacu_pda,nm,q2,R,Rpred,N(:,1),Neq,ppcsL_obs,ppcsL_pred,nanos,o
p,u_acs,u_asa,u_pcs,BVasa(1));

Nfin=N(:,end);

% Estimacion de la BD potencial
% _____
% dinamica sin pesca
Nv(:,1)=N(:,1);
for i=2:nanos
    Nv(:,i)=[R(i);Nv(1:end-1,i-1)*exp(-M)];
end
% _____

msex=matfec(:,1)*ones(1,nanos);
BDpot=sum(Nv.*exp(-7/12*M).*msex.*Wm)/1e3;% Biomasa desovante a inicios de agosto
Nvfin=Nv(:,end);

Sacs=S_acs(:,end);
Sasa=S_asa(:,end);
Spcs=S_pcs(:,end);
```

3) Like.m

```
function [fun,L,St]=like(ppcs_obs,pacs_obs,pasa_obs,pcru_obs,ppcs_pred,pacs_pred,pasa_pred,pcru_pred,CPUesa_pred1,CPUesa_pred2,...

CPUesa_pred3,CPUesa1,CPUesa2,CPUesa3,CPUecs,CPUecs_pred,Bacu_pred,Bacu_pda,nm,q2,R,Rpred,N1,Neq,ppcsL_obs,ppcsL_pred,nanos,op,
u_acs,u_asa,u_pcs,BVo);

% Estimadores de error estructuras
nm=op(13);
ubi=find(sum(ppcs_obs)>0);
L(1)=-sum(sum(nm*ppcs_obs(:,ubi).*log(ppcs_pred(:,ubi)+eps)));

ppcs_obs=ppcs_obs(:,ubi);
ppcs_pred=ppcs_pred(:,ubi);
St(1)=std(((ppcs_obs(:)-ppcs_pred(:))));

nm=op(12);
ubi=find(sum(pacs_obs)>0);
L(2)=-sum(sum(nm*pacs_obs(:,ubi).*log(pacs_pred(:,ubi)+eps)));
pacs_obs=pacs_obs(:,ubi);
pacs_pred=pacs_pred(:,ubi);
St(2)=std(((pacs_obs(:)-pacs_pred(:))));

nm=op(11);
ubi=find(sum(pasa_obs)>0);
L(3)=-sum(sum(nm*pasa_obs(:,ubi).*log(pasa_pred(:,ubi)+eps)));
pasa_obs=pasa_obs(:,ubi);
pasa_pred=pasa_pred(:,ubi);
St(3)=std(((pasa_obs(:)-pasa_pred(:))));

nm=op(15);
ubi=find(sum(pcru_obs)>0);
L(4)=-sum(sum(nm*pcru_obs(:,ubi).*log(pcru_pred(:,ubi)+eps)));
pcru_obs=pcru_obs(:,ubi);
pcru_pred=pcru_pred(:,ubi);
```



```
St(4)=std(((pcru_obs(:)-pcru_pred(:))));

nm=op(14);
ubi=find(sum(ppcsl_obs)>0);
L(5)=-sum(sum(nm*ppcsl_obs(:,ubi).*log(ppcsl_pred(:,ubi)+eps)));
ppcsl_obs=ppcsl_obs(:,ubi);
ppcsl_pred=ppcsl_pred(:,ubi);
St(5)=std(((ppcsl_obs(:)-ppcsl_pred(:))));

%-----
% Estimadores de error CPUE y Biomosas acusticas
ubi=find(Bacu_pda>0);
cv=op(10);
L(6)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(Bacu_pda(ubi)+eps)-log(Bacu_pred(ubi)+eps)).^2);
St(6)=std(log(Bacu_pda(ubi)+eps)-log(Bacu_pred(ubi)+eps));

ubi=find(CPUesa1>0);
cv=op(6);
L(7)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(CPUesa1(ubi))-log(CPUesa_pred1(ubi))).^2);
St(7)=std(log(CPUesa1(ubi))-log(CPUesa_pred1(ubi)));

ubi=find(CPUesa2>0);
cv=op(7);
L(8)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(CPUesa2(ubi))-log(CPUesa_pred2(ubi))).^2);
St(8)=std(log(CPUesa2(ubi))-log(CPUesa_pred2(ubi)));

ubi=find(CPUesa3>0);
cv=op(8);
L(9)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(CPUesa3(ubi))-log(CPUesa_pred3(ubi))).^2);
St(9)=std(log(CPUesa3(ubi))-log(CPUesa_pred3(ubi)));

ubi=find(CPUecs>0);
cv=op(9);
L(10)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(CPUecs(ubi))-log(CPUecs_pred(ubi))).^2);
St(10)=std(log(CPUecs(ubi))-log(CPUecs_pred(ubi)));

% Penalizacion de los reclutamientos
cv=op(16);

L(11)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(Rpred)-log(R(2:end))).^2);
St(11)=std(log(Rpred)-log(R(2:end)));

% Penalizacion de la biomasa vulnerable virginal
cv=op(19);

L(12)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(BVo)-log(740000)).^2);

% Penalizacion de la condicion inicial
cv=1.0;
%L(10)=sum(1./(2*cv.^2).*(log(N1)-log(Neq)).^2);

% penalizacion de tasas de explotacion >gama
cte=500;
gama=0.8;
p(1)=0;p(2)=0;p(3)=0;
if max(max(u_pcs))>gama;p(1)=cte*((exp(max(max(u_pcs))-gama).^10-1);end
if max(max(u_asa))>gama;p(2)=cte*((exp(max(max(u_asa))-gama).^10-1);end
if max(max(u_acs))>gama;p(3)=cte*((exp(max(max(u_acs))-gama).^10-1);end

fun=sum(L)+sum(p);
```



4) Modelo fun.m

```
%
a_pcs= exp(pars(1));
b1_pcs= exp(pars(2));
b2_pcs= exp(pars(3));
a_acs= exp(pars(4));
b1_acs= exp(pars(5));
b2_acs= exp(pars(6));
a_asa0= exp(pars(7));
b1_asa0= exp(pars(8));
b2_asa0= exp(pars(9));
a_asa1= exp(pars(10));
b1_asa1= exp(pars(11));
b2_asa1= exp(pars(12));
a_cru= exp(pars(13));
b1_cru= exp(pars(14));
b2_cru= exp(pars(15));
cv= exp(pars(16));
R= exp(pars(17:49));

h=op(17);
M=op(18);

if op(18)==-1;
M= exp(pars(50));
end

%
% patrones de explotacion

if op(1)==1;S_asa0=sel2norm(edades,a_asa0,b1_asa0,b2_asa0);else;S_asa0=logis2(a_asa0,b1_asa0,edades);end
if op(2)==1;S_asa1=sel2norm(edades,a_asa1,b1_asa1,b2_asa1);else;S_asa1=logis2(a_asa1,b1_asa1,edades);end
if op(3)==1;S_acs=sel2norm(edades,a_acs,b1_acs,b2_acs);else;S_acs=logis2(a_acs,b1_acs,edades);end
if op(4)==1;S_pcs=sel2norm(edades,a_pcs,b1_pcs,b2_pcs);else;S_pcs=logis2(a_pcs,b1_pcs,edades);end
if op(5)==1;S_cru=sel2norm(edades,a_cru,b1_cru,b2_cru);else;S_cru=logis2(a_cru,b1_cru,edades);end

S_pcs=S_pcs*ones(1,nanos);
S_acs=S_acs*ones(1,nanos);
S_asa=[S_asa0*ones(1,18) S_asa1*ones(1,15)];

%
% condicion de equilibrio

Neq(1)=R(1);
for i=2:14
Neq(i)=Neq(i-1)*exp(-M);
end

N=Neq';

No=mean(R);
for i=2:14
No(i)=No(i-1)*exp(-M);
end
Bo=sum(No*exp(-7/12*M).*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;
BDeq=sum(Neq*exp(-7/12*M).*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;

alfa=4*h*R(1)/(5*h-1);
beta=BDeq*(1-h)/(5*h-1);
```



```
%Rpred=alfa*SB./(beta+SB);

% condicion inicial poblacional

% Se llega al 1 de abril sin pesca
N_t1=N(:,1).*exp(-3/12*M);

% Opera el acs el 1 de abril y sobrevive hasta el 1 de agosto
BV_acs(1)=sum(N_t1.*S_acs(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_acs=desemb(1,3)/BV_acs(1);
Facs(1)=-log(1-uglob_acs);
u_acs(:,1)=uglob_acs*S_acs(:,1);
Cacs_pred=N_t1.*u_acs(:,1);
Yacs_pred=sum(Cacs_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t2=N_t1.*(1-u_acs(:,1)).*exp(-4/12*M);

% Opera el asa el 1 de agosto y sobrevive hasta el 1 de noviembre
BV_asa(1)=sum(N_t2.*S_asa(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_asa=desemb(1,2)/BV_asa(1);
Fasa(1)=-log(1-uglob_asa);
u_asa(:,1)=uglob_asa*S_asa(:,1);
Casa_pred=N_t2.*u_asa(:,1);
Yasa_pred=sum(Casa_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t3=(N_t2.*(1-u_asa(:,1))).*exp(-3/12*M);

% Opera el pcs el 1 de noviembre y sobrevive hasta fin de año
BV_pcs(1)=sum(N_t3.*S_pcs(:,1).*Wm(:,1))/1e3+eps;
uglob_pcs=desemb(1,1)/BV_pcs(1);
Fpcs(1)=-log(1-uglob_pcs);
u_pcs(:,1)=uglob_pcs*S_pcs(:,1);
Cpcs_pred=N_t3.*u_pcs(:,1);
Ypcs_pred=sum(Cpcs_pred.*Wm(:,1))/1e3;
N_t4=N_t3.*(1-u_pcs(:,1)).*exp(-2/12*M);

NVcru(:,1)=N_t2.*S_cru;% abundancia acustica a inicios de agosto
BVcru(1)=sum(N_t2.*S_cru.*Wm(:,1))/1e3;% Biomasa vulnerable al cruceo a inicios de agosto
BD(1)=sum(N_t2.*matfec(:,1).*Wm(:,1))/1e3;% Biomasa desovante a inicios de agosto
N2=N_t2;

% _____
% dinamica
for i=2:nanos

% Nuevos reclutas al stock a inicios de año
N(:,i)=[R(i):N_t4(1:end-1)];

N(end,i)=N(end,i)+N(end,i).*exp(-M);

% N_t3.*(1-u_pcs(:,i-1)).*exp(-2/12*M);

ubi=find(N(:,i)<0);
if length(ubi)>0
N(ubi,i)=1;
end

% Se llega al 1 de abril sin pesca
N_t1=N(:,i).*exp(-3/12*M);

% Opera el acs el 1 de abril y sobrevive hasta el 1 de agosto
```



```
BV_acs(i)=sum(N_t1.*S_acs(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_acs(i)=desemb(i,3)/BV_acs(i);
Facs(i)=-log(1-uglob_acs(i));
u_acs(:,i)=uglob_acs(i)*S_acs(:,i);
Cacs_pred(:,i)=N_t1.*u_acs(:,i);
Yacs_pred(i)=sum(Cacs_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t2=N_t1.*(1-u_acs(:,i)).*exp(-4/12*M);
N2(:,i)=N_t2;

% Opera el asa el 1 de agosto y sobrevive hasta el 1 de noviembre
BV_asa(i)=sum(N_t2.*S_asa(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_asa(i)=desemb(i,2)/BV_asa(i);
u_asa(:,i)=uglob_asa(i)*S_asa(:,i);
Fasa(i)=-log(1-uglob_asa(i));
Casa_pred(:,i)=N_t2.*u_asa(:,i);
Yasa_pred(i)=sum(Casa_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t3=(N_t2.*(1-u_asa(:,i))).*exp(-3/12*M);

% Opera el pcs el 1 de noviembre y sobrevive hasta fin de año
BV_pcs(i)=sum(N_t3.*S_pcs(:,i).*Wm(:,i))/1e3+eps;
uglob_pcs(i)=desemb(i,1)/BV_pcs(i);
Fpcs(i)=-log(1-uglob_pcs(i));
u_pcs(:,i)=uglob_pcs(i)*S_pcs(:,i);
Cpcs_pred(:,i)=N_t3.*u_pcs(:,i);
Ypcs_pred(i)=sum(Cpcs_pred(:,i).*Wm(:,i))/1e3;
N_t4=N_t3.*(1-u_pcs(:,i-1)).*exp(-2/12*M);

end
%
Lt=Linf*(1-exp(-k*(edades-t0)));
sm=cv*Lt;

for i=1:length(edades)
    p(:,i)=normpdf(Tallas,Lt(i),sm(i));
end
p=p./(ones(length(Tallas),1)*sum(p));

%
NVcru=N2.*(S_cru*ones(1,nanos));
BVcru=sum(NVcru.*Wm)/1e3+eps;
BD=sum(N2.*(matfec(:,1)*ones(1,nanos)).*Wm)/1e3+eps;

S0=BD(1);

alfa=4*h*R(1)/(5*h-1);
beta=S0*(1-h)/(5*h-1);

Rpred=alfa*BD(1:end-1)/(beta+BD(1:end-1));

%
% Modelo de las observaciones

% CPUE de la flota arrastrera PDA 1979-1996
CPUEsa1=zeros(nanos,1);
CPUEsa1(1:22)=CPUEsa(1:22);
ubi=find(CPUEsa1>0);
lq=log(CPUEsa1(ubi)/BV_asa(ubi));
q0=exp(mean(lq));
CPUEsa_pred1=q0*BV_asa;
```



```
% CPUE de la flota arrastrera PDA 1997-2001
CPUESA2=zeros(nanos,1);
CPUESA2(23:27)=CPUESA(23:27);
ubi=find(CPUESA2>0);
lq=log(CPUESA2(ubi)/BV_asa(ubi));
q1=exp(mean(lq));
CPUESA_pred2=q1*Bv_asa;

% CPUE de la flota arrastrera PDA 2002-2007
CPUESA3=zeros(nanos,1);
CPUESA3(28:33)=CPUESA(28:33);
ubi=find(CPUESA3>0);
lq=log(CPUESA3(ubi)/BV_asa(ubi));
q2=exp(mean(lq));
CPUESA_pred3=q2*Bv_asa;

% CPUE de la flota pelagica
ubi=find(CPUecs>0);
lq=log(CPUecs(ubi)/BV_pcs(ubi));
q3=exp(mean(lq));
CPUecs_pred=q3*Bv_pcs;

% Biomasa del crucero PDA
ubi=find(Bacu_pda>0);
lq2=log(Bacu_pda(ubi)/BVcru(ubi));
q4=exp(mean(lq2));
Bacu_pred=q4*Bv_cru;

% Proporciones a la edad y talla
ppcs_obs=(Cpcs)/(ones(length(edades),1)*sum(Cpcs+eps));
pacs_obs=(Cacs)/(ones(length(edades),1)*sum(Cacs+eps));
pasa_obs=(Casa)/(ones(length(edades),1)*sum(Casa+eps));
pcru_obs=(Nacu_pda)/(ones(length(edades),1)*sum(Nacu_pda+eps));
ppcsI_obs=(Cpcsl)/(ones(length(Tallas),1)*sum(Cpcsl+eps));

ppcs_pred=(Cpcs_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Cpcs_pred+eps));
pacs_pred=(Cacs_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Cacs_pred+eps));
pasa_pred=(Casa_pred)/(ones(length(edades),1)*sum(Casa_pred+eps));
pcru_pred=(NVcru)/(ones(length(edades),1)*sum(NVcru+eps));

ppcsI_pred=(p*Cpcs_pred)/(ones(length(Tallas),1)*sum(p*Cpcs_pred+eps));

BVpcs=sum(N.*S_pcs.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BVasa=sum(N.*S_asa.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BVacs=sum(N.*S_acs.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BT=sum(N.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;

% Estimadores de error
[fun,L,St]=like(ppcs_obs,pacs_obs,pasa_obs,pcru_obs,ppcs_pred,pacs_pred,pasa_pred,pcru_pred,CPUESA_pred1,CPUESA_pred2,...

CPUESA_pred3,CPUESA1,CPUESA2,CPUESA3,CPUecs,CPUecs_pred,Bacu_pred,Bacu_pda,nm,q2,R,Rpred,N(:,1),Neq,ppcsI_obs,ppcsI_pred,nanos,o
p,u_acs,u_asa,u_pcs,BVasa(1));

matriz=[sum(N)' sum(N(6:end,:))' N(1,:) BD' BT' [NaN; Rpred]'];
matF=[Fpcs' Fasa' Facs'];

% Estimacion de la BD potencial
% _____
% dinamica sin pesca
Nv(:,1)=N(:,1);
Nv2(:,1)=N(:,1);
```



```
for i=2:nanos
    Nv(:,i)=[R(i);Nv(1:end-1,i-1)*exp(-M)];
    Nv2(:,i)=[R(1);Nv2(1:end-1,i-1)*exp(-M)];
end

BDp=sum(Nv.*(Wavg*ones(1,33)).*exp(-7/12*M).*(matfec(:,1)*ones(1,nanos)))/1e3;
BDp2=sum(Nv2.*(Wavg*ones(1,33)).*exp(-7/12*M).*(matfec(:,1)*ones(1,nanos)))/1e3;

rpr=BD./BDp;
rpr2=BD./BD(1);
Sarr_tot=(S_acs.*Cacs_pred+S_asa.*Casa_pred)/(Cacs_pred+Casa_pred+eps);
Stot=(S_acs.*Cacs_pred+S_asa.*Casa_pred+S_pcs.*Cpcs_pred)/(Cacs_pred+Casa_pred+Cpcs_pred+eps);
Ftot=(Facs.*sum(Cacs_pred)+Fasa.*sum(Casa_pred)+Fpcs.*sum(Cpcs_pred))./sum((Cacs_pred+Casa_pred+Cpcs_pred+eps));

NE=Sarr_tot.*N.*Win;

% Biomasa vulnerabl total inicial

BVarr=sum(N.*Sarr_tot.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;
BVcerco=sum(N.*S_pcs.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;

Stot(:,1:2)=Stot(:,3);
BVtot=sum(N.*Stot.*(Win_avg*ones(1,nanos)))/1e3;

matB=[BT' BD' BVarr' BVcerco' BVtot'];

matN=[N(1,:)' sum(N)' sum(N(6:end,:))'];

Ctot_pred=Casa_pred+Cacs_pred+Cpcs_pred;
```

A N E X O 2

Propuesta de modelo de dinámica espacial de merluza de cola

Por Cristian Canales



1. Aspectos generales del modelo

El modelo conceptual señala que la merluza de cola presenta un área principal de desove entre los 43° y 47° LS, en la cual concurre principalmente la flota arrastrera que opera en la PDA. Se concibe que pudiendo existir otras zonas de desove, el modelo opera similar a una metapoblación en cuanto a que los aportes locales del desove coinciden en un pool común de reclutamiento.

El reclutamiento a su vez se distribuye en toda el área de distribución de las pesquerías, pero se supone mayoritariamente concentrado en la zona centro sur de Chile. En esta zona y hasta los 4 - 5 años de vida es vulnerado por una flota de cerco. En esta misma zona coexiste una fracción de adultos que es vulnerado por una flota arrastrera de fondo que opera en la zona centro sur hasta el límite norte de la zona de desove. Por simpleza se han identificado 2 zonas principales en cuanto a la información disponible:

Z1 (zona centro sur); en el cual se concentra mayoritariamente el reclutamiento y edades tempranas que son capturados en la superficie por una flota de cerco, junto a una fracción de la población adulta que es capturado por arrastre de fondo.

Z2 (zona PDA); en el cual se concentra mayoritariamente la fracción adulta que es capturado por arrastre de fondo.

3. Formulación matemática

3.1. Condiciones iniciales

El vector de abundancia a la edad ($a=1-12$) para el primer año de la serie es determinado en condiciones de equilibrio a partir de un reclutamiento distribuido en dos zonas

$$R_{y=0,z1} = \rho_{z1} R_{y=0}$$

$$R_{y=0,z2} = (1 - \rho_{z1}) R_{y=0}$$

Donde ρ_{z1} es la proporción del reclutamiento total que se concentra en la zona 1 y $R_{y=0}$ es el reclutamiento virginal. Para el resto de las edades (de 2 a 12) se tiene:

$$N_{a,y=0,Z_1} = N_{a-1,y=0,Z_1} e^{-M} + \theta_{2 \rightarrow 1,a-1} N_{a-1,y=0,Z_2} - \theta_{1 \rightarrow 2,a-1} N_{a-1,y=0,Z_1}$$

$$N_{a,y=0,Z_2} = N_{a-1,y=0,Z_2} e^{-M} + \theta_{1 \rightarrow 2,a-1} N_{a-1,y=0,Z_1} - \theta_{2 \rightarrow 1,a-1} N_{a-1,y=0,Z_2}$$



Donde t es el a1o, a es la edad, M la mortalidad natural, $\theta_{1 \rightarrow 2, a-1}$ es la proporci3n de migraci3n edad-específica de Z_1 a Z_2 , y $\theta_{2 \rightarrow 1, a-1}$ la proporci3n de migraci3n edad-específica de Z_2 a Z_1 . En la expresi3n anterior se ha supuesto que el proceso de migraci3n entre zonas es funci3n de la poblaci3n local del a1o inmediatamente anterior.

3.2 Dinámica de la poblaci3n

La abundancia anual responde a la sobrevivencia de la poblaci3n mas los ejemplares que inmigraron de la localidad vecina descontado los ejemplares que emigraron hacia la localidad vecina. Lo anterior se formula en los siguientes t3rminos:

$$N_{a,y,z} = \begin{cases} R_{y,z1} = \rho_{z1} R_y; \\ R_{y,z2} = (1 - \rho_{z1}) R_y \\ N_{a,y,Z_1} = N_{a-1,y-1,Z_1} e^{-M} - C_{a-1,y-1,Z_1} e^{-0.5M} + \theta_{2 \rightarrow 1, a-1} N_{a-1,y-1,Z_2} - \theta_{1 \rightarrow 2, a-1} N_{a-1,y-1,Z_1} \\ N_{a,y,Z_2} = N_{a-1,y-1,Z_2} e^{-M} - C_{a-1,y-1,Z_2} e^{-0.5M} + \theta_{1 \rightarrow 2, a-1} N_{a-1,y-1,Z_1} - \theta_{2 \rightarrow 1, a-1} N_{a-1,y-1,Z_2} \end{cases}$$

Donde los efectos de migraci3n edad-específicos se suponen constantes entre a1os y vienen determinados por formas logísticas;

$$\theta_{1 \rightarrow 2, a} = \frac{m_{12}}{1 + e^{\frac{-\log(19) \frac{a-A_1}{r_1}}}}; \theta_{2 \rightarrow 1, a} = \frac{m_{21}}{1 + e^{\frac{-\log(19) \frac{a-A_2}{r_2}}}}$$

Acá, m denota la proporci3n de ejemplares que a edades completamente reclutadas migran de una localidad a otra. Los escalares A_{12} , A_{21} , r_1 y r_2 son parámetros del modelo.

3.3 Reclutamientos

El reclutamiento anual queda determinado por un reclutamiento anual de tipo Beverthon-Holt

$$R_y = \frac{\alpha B D_{y-1}}{\beta + B D_{y-1}}$$

En tanto que los parámetros del modelo S/R se determinan como:



$$\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1}$$

$$\beta = \frac{BD_0(1-h)}{5h-1}$$

La biomasa desovante (BD) se estima como el aporte de las biomazas que desovan localmente. En términos generales esto se expresa como:

$$BD_{y,z} = \sum_a (N_{a,y,z} e^{-M} - C_{a,y,z}) e^{\frac{1}{12}M} O_a \bar{w}_a$$

$BD_y = \phi_{z1} BD_{y,z1} + (1 - \phi_{z1}) BD_{y,z2}$, con énfasis en que $\phi_{z1} \rightarrow 0$ (proporción del desove en la zona

1). Acá O es la ojiva de madurez sexual a la edad y w el peso medio

3.4 Capturas

Las capturas son modeladas en términos proporcionales con el stock explotable a mitad de año

$$C_{a,y,z}^f = \mu_{a,y,z}^f N_{a,y,z} e^{-0.5M_t}$$

$$\mu_{a,y,z}^f = \mu_{y,z}^f S_a^f$$

$$\mu_{y,z}^f = \frac{Y_y^f}{\sum_a N_{a,y,z} e^{-0.5M_t} S_a^f \bar{w}_{a,t}}$$

donde f indexa la flota la edad. El efecto edad-específico es modelado según flota en los siguientes términos:

Flota de arrastre centro-sur

$$S_a^{f1,z1} = \left[1 + e^{-\ln(19) \frac{a - A_{50\%}^{f1,z1}}{\Delta^{f1,z1}}} \right]^{-1}$$

Flota de cerco centro-sur



$$S_a^{f2,z1} = e^{-\frac{(a-A_{50\%}^{f2,z1})^2}{\Delta^{f2,z2}}}$$

Flota de arrastre sur-austral

$$S_a^{f3,z2} = \left[1 + e^{-\ln(19) \frac{a-A_{50\%}^{f3,z2}}{\Delta^{f3,z2}}} \right]^{-1}$$

A N E X O 3

Criterios en el tratamiento de datos y modelación de la CPUE de merluza de cola

Por Renzo Tascheri



Se consideraron tres series de CPUE estandarizada de rendimientos de pesca de los buques arrastreros, flota que esta compuesta por buques hieleros tanto con puerto base en la zona centros sur como sur austral (rango de eslora de 43 a 66 m y rango de potencia de motor de 1.037 a 2.360 h.p.) y por buques arrastreros fábrica (rango de eslora de 64.5 m a 105 m y un rango de potencia de motor de 1.315 a 5.202). Las series originales de CPUE comprendieron el total de los datos disponibles y que corresponden a los registros de lances de pesca de arrastre, recopilados por los proyectos de monitoreo de la pesquería demersal centro sur y sur austral que son conducidos por el IFOP (Céspedes *et al.*, 2006; Gálvez *et al.*, 2007).

La base de datos completa, cuenta con un registro total de 283.198 lances de arrastre, efectuados entre enero de 1979 y diciembre de 2007, 61% de los cuales registran captura de merluza de cola. De estos y como resultado de un proceso de revisión, limpieza y validación, se conservaron para el análisis el 93% de los datos. Todos los modelos consideraron entre los predictores un total de cuatro factores: Año, Mes, Barco y Zona y la captura por hora de arrastre como respuesta (t/h.a.) o la captura condicionada a las horas de arrastre aplicadas. Las zonas consideradas correspondieron a las áreas en que se desarrollan las pesquerías demersal centro sur y demersal sur austral, con esta última sub-dividida en dos sub-zonas (norte exterior y sur exterior):

Zona I: Pesquería centro sur (32°10'23" – 43°00'0" S); Zona II: Pesquería sur austral (norte exterior: 43°00'0" - 47°00'0" S); Zona III: Pesquería sur austral (sur exterior: 47°00'0" S – 57°00'0").

La primera serie de CPUE, correspondió a un modelo de análisis de varianza bajo un supuesto de distribución log-normal de la componente aleatoria, en tanto que las otras dos, correspondieron a modelos que permitían la inclusión de observaciones con captura cero.

Entre estos últimos, en un modelo se asumió una distribución Poisson para el componente aleatorio, pero se consideró además la sobre-dispersión, para lo cual se estimó el parámetro de escala (Venables y Dichmot, 2004), en tanto que en el otro, se asumió una distribución Poisson compuesta o Tweedie (Candy, 2004; Shono, 2008).

En el caso del modelo Poisson sobre-disperso (o quasi-Poisson), la variable respuesta correspondió al número de "cajas" capturadas de merluza de cola, las que fueron obtenidas dividiendo la captura por un valor medio del peso de una caja con producto fresco (asumido como 19 kilos).

La selección final de los datos para el análisis de estandarización y la definición de los lances no exitosos se efectuaron del modo siguiente:

En la selección de los datos para el análisis se aplicó un criterio estadístico, utilizando un modelo logístico que empleó la composición de especies observada en la captura del lance para inferir si el esfuerzo de pesca estuvo orientado o no a la captura de merluza de cola. Luego, el conjunto de lances a considerar en el análisis de cpue fue determinado como aquellos con una probabilidad por sobre un valor crítico. Este último fue seleccionado de modo que el número de predicciones incorrectas fuese mínimo (Stephens y MacCall, 2004).



Posteriormente y tomando como referencia el peso de la caja (19 k), se definió que los lances no exitosos correspondían a todos aquellos que registraron una captura de merluza de cola inferior a 100 kg (menor a 5 cajas de producto fresco entero). La selección definitiva de los datos que fueron analizados (sean estos lances exitosos o no) consideró el siguiente criterio: todos los lances de la flota arrastrera efectuados entre los paralelos 43° y 52° fueron considerados en el análisis, en tanto que el criterio probabilístico de selección fue aplicado para los lances efectuados al norte del paralelo 43° y al sur del paralelo 52°.

En ambos modelos en que se consideraron registros de pesca no exitosos, la variable respuesta correspondió a la captura (cajas o toneladas de merluza de cola, dependiendo del supuesto distribucional), mientras que las horas de arrastre fueron incluidas como un offset en cada modelo.

Finalmente, el modelo para el cual se asumió una distribución compuesta (Tweedie), correspondió además a un modelo lineal generalizado mixto que incluyó el factor buque como efecto aleatorio (Candy, 2004).

Referencias:

Candy, S. 2003. Modelling catch and effort data using generalised linear models, the Tweedie distribution, and random vessel effects: Longline fishery for Dissostichus eleginoides in CCAMLR Area 48.3. CCAMLR document WG-FSA SAM-03/12:36 p.

Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid y K. Hunt. 2006 Investigación situación pesquería demersal zona sur austral. 2005. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 159 p.

Gálvez, P., J. Sateler, V. Escobar, J. Olivares y J. González. 2007. Investigación situación pesquería demersal centro sur y aguas profundas 2006. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. Sección II: Pesquerías demersales. 130 p.

Shono, H. 2008. Application of the Tweedie distribution to zero-catch data in CPUE analysis. Fisheries Research. 93: 154-162.

Stephens, A. and MacCall, A. 2004. A multispecies approach to subsetting logbook data for purposes of estimating CPUE. Fisheries Research 70: 299-310.

Venables W. N. and C. M. Dichmont. 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. Fisheries Research. 70(2-3): 319-337.

ANEXO 4

**Calificación Técnica del Pre-
informe final**



INFORME DE CALIFICACION TECNICA N° 04 – 2009

PROYECTO	:	<i>Investigación Evaluación de Stock y CTP de Merluza de cola, 2009</i>
TIPO DE INFORMES	:	Informe Pre-Final
EJECUTANTE	:	Instituto de Fomento Pesquero
INFORMANTE	:	Departamento de Pesquerías
FECHA	:	15 de enero de 2009

1. ANTECEDENTES

Mediante la Resolución Exenta (SUBPESCA) N° 2942 de Noviembre 10 de 2008, se aprobó el convenio de prestación de servicios entre la Subsecretaría de Pesca y el Instituto de Fomento Pesquero, para la ejecución del proyecto "*Investigación Evaluación de Stock y CTP de Merluza de cola, 2009*".

Con fecha 18 de noviembre de 2008 (C.I. SUBPESCA N° 14.192 de noviembre 18 de 2008), mediante oficio IFOP/DIP/N° 310/2008 – SUBPESCA, el Director Ejecutivo del IFOP, Sr. Mauricio Braun Alegría remitió a esta Subsecretaría de Pesca tres ejemplares del Informe Pre-Final del proyecto del epígrafe para su calificación técnica, de acuerdo al procedimiento establecido por esta Subsecretaría de Pesca para estos efectos.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General

Establecer el estado actual del recurso merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) entre la V y la XII Región y recomendar la Captura Total Permisible (CTP) para cada unidad de pesquería para el año 2009.

Objetivos Específicos

- i) Definir e implementar una metodología robusta para conocer el estatus del recurso en toda el área de sus unidades de pesquería, mediante el uso eficaz de toda la información pertinente y confiable disponible.
- ii) Estimar la biomasa, abundancia y su composición total y por unidad de pesquería, incluyendo la incertidumbre asociada a esas estimaciones.
- iii) Diseñar e implementar una metodología para el análisis y la evaluación de estrategias de explotación sustentables para estas unidades de pesquería, en horizontes de corto, mediano y largo plazo.
- iv) Recomendar niveles de explotación biológicamente sustentables (CTP) para el año 2009 en cada unidad de pesquería, considerando un adecuado tratamiento de la incertidumbre y su consecuente análisis de riesgo.



3. ACTIVIDADES COMPROMETIDAS

- i) 1° Reunión Bilateral: 1) Análisis interno asesoría previa (observaciones, mejoras metodológicas y planificación) 2) Revisión nuevos antecedentes disponibles 3) Acuerdos técnicos (mejoras enfoques, metodologías, enfoques alternativos).
- ii) 1° Reunión de Comité Técnico: 1) Análisis asesoría previa (observaciones, mejoras metodológicas y planificación) 2) Revisión nuevos antecedentes disponibles 3) Acuerdos técnicos (mejoras de los enfoques, metodologías, enfoques alternativos, etc.).
- iii) 2° Reunión Bilateral: 1) Presentación de resultados preliminares del estudio: indicadores (variaciones y tendencias por stock). 2) Definición de las hipótesis y modelo (s) de evaluación de stock (procesos, observaciones, errores, función objetivo, etc.). 3) Proposición del modelo de evaluación de EE.
- iv) 3° Reunión Bilateral: 1) Presentación de indicadores, estimaciones de las variables de interés (de estado y flujo), y análisis de las EE. 2) Discusión metodológica del estudio.
- v) 3° Reunión de Comité Técnico: 1) Presentación de la evaluación y actualización del status. 2) Evaluación de EE. 3) Discusión metodológica resultados del estudio: análisis y observaciones. 4) Identificación de aspectos críticos (mejoras metodológicas, re-análisis de datos, incorporación de nuevos antecedentes, etc.).
- vi) 4° Reunión Bilateral: 1) Comunicación resultados finales del estudio: Status. 2) Análisis de las Estrategias de Explotación de corto y mediano plazo.
- vii) 4° Reunión de Comité Técnico. 1) Presentación del Status actualizado y de las EE. 2) Análisis, observaciones y discusión.
- viii) Elaboración y entrega de Informe Pre-Final, octubre de 2008.
- ix) Asesorías post-entrega del informe Pre-Final.
- x) Elaboración y entrega de informe final: 15 de diciembre de 2008.

4. ANALISIS

4.1 *Antecedentes del estudio y de sus informes*

- 4.1.1 El estudio debió haber comenzado su ejecución a fines del primer trimestre del año 2008, a más tardar, considerando el tipo de proyecto y los requerimientos administrativos del proceso de asesoría científica para el manejo de esta pesquería.
- 4.1.2 Sin embargo, inconvenientes administrativos y presupuestarios impidieron a esta Subsecretaría de Pesca materializar esas acciones oportunamente, suscribiéndose finalmente el Convenio en el mes de noviembre de 2008.
- 4.1.3 Lo anterior significó un retraso sustantivo en las actividades comprometidas del proyecto, particularmente aquellas relacionadas con los talleres y reuniones de Comité Técnico.
- 4.1.4 No obstante lo anterior, la ejecutora tuvo la disposición de comenzar a ejecutar los procedimientos técnico-metodológicos involucrados en este tipo de proyectos antes de finalizar el procedimiento administrativo de contratación del estudio, lo que permitió que esta Subsecretaría pudiese contar con los antecedentes y la asesoría dentro de los plazos requeridos por el proceso de administración de la pesquería.



- 4.1.5 Sin embargo, la etapa más sustantiva del estudio en términos metodológico-estratégicos (vinculada principalmente con los objetivos específicos 1, 3 y 4) fueron ejecutados sin la conducción ni el control de esta contraparte técnica y, por lo tanto, varios aspectos de este estudio no responden al enfoque y lineamientos estratégicos de trabajo esperados por esta Subsecretaría, lo que se refleja en las observaciones que se indican posteriormente.
- 4.1.6 El Pre-Informe final que se califica no incorpora algunas de las principales observaciones y modificaciones solicitadas anteriormente por esta contraparte para efectos de la asesoría, aunque éstas fueron transferidas al Sectorialista oportunamente. No obstante ello, la calificación las considerará realizadas.
- 4.2 Observaciones generales**
- 4.2.1 En términos globales, el informe de este estudio representa un avance respecto de sus símiles ejecutados en años anteriores, por cuanto incorpora los siguientes aspectos:
- i Inicio del análisis a comienzos de la década de los setentas, considerando la información del crucero del Akademik Knipovich (Pantoja et. al, 1973).
 - ii Sensibilización del parámetro de escarpamiento de la relación stock/recluta ("h").
 - iii Sensibilización de la tasa instantánea de mortalidad natural, considerando la longevidad del recurso ("M"), no incorporada en el informe.
- 4.2.2 Sin embargo, el estudio se considera aún muy limitado en cuanto al abordamiento general de la incertidumbre (fundamentalmente la de procesos) que deriva del escaso conocimiento de los procesos dinámicos de la especie *Mercuronus magellanicus*, lo que incide directamente en la confiabilidad del análisis, y en particular, en el status del mismo.
- 4.2.3 Otro aspecto no abordado en absoluto es la estimación de las variables de estado y flujo por unidad de pesquería, que era un objetivo específicamente requerido en este estudio (obj. Específico N° 2).
- 4.2.4 En consecuencia, todo el análisis queda limitado por el enfoque y la visión del analista, hecho que empobrece el conocimiento acerca del espectro de posibilidades de manejo del recurso, al explorar solo algunas posibles interpretaciones de la realidad del sistema natural en que se encuentra inmerso el recurso explotado, lo que restringe la visión para el manejo de las dos unidades de pesquería de este recurso, aspecto que es fundamental para esta administración.
- 4.3 Observaciones específicas al estudio**
- 4.3.1 En términos de forma, se reitera la falta de prolijidad en la edición del informe (números de páginas del índice no coinciden con el texto, falta de citas actualizadas, entre otras).
- 4.3.2 En términos históricos, este estudio ha ido mostrando avances muy paulatinos en el tiempo, en la medida que el ejecutor ha incorporado las sugerencias y propuestas que se le han transmitido en innumerables reuniones técnicas con esta contraparte, particularmente en aquellas en que se han sumado expertos internacionales.
- 4.3.3 Producto de lo anterior, el estudio ha incorporado parcialmente valiosa información que antes no era considerada, aunque aún no completamente, lo que es una primera objeción al estudio.
- 4.3.4 Por otra parte, el análisis de la calidad de la información no se ha realizado con la profundidad requerida por esta contraparte (tarea que posiblemente involucre un período de tiempo no considerado por el ejecutor para este estudio) y por lo tanto, se descartó *a priori* la revisión



exhaustiva de los datos en conjunto con otros grupos de trabajo de la misma ejecutora que la generan (e. g., seguimiento, edad y crecimiento, hidroacústica), materia que se considera muy necesaria de realizar.

- 4.3.5 Por lo anterior, las hipótesis de trabajo que se plantea el analista no responden integralmente a la incertidumbre que efectivamente involucra un estudio de esta naturaleza.
- 4.3.6 En subsidio de lo anterior, se enfrenta el análisis con un conjunto de 17 combinaciones de parámetros ("casos") lo que constituye un tratamiento puramente estadístico de las posibles combinatorias y un abordamiento muy restringido de ésta, lo cual no es sustituto de un planteamiento científico para la identificación de las hipótesis más plausibles respecto de las fuentes de incertidumbre.
- 4.3.7 Lo anterior es consecuencia del trabajo aislado cerrado del analista, carente de contraste y discusión con sus pares como se proponía en el Término Técnico de Referencia, precisamente con el fin de soslayar esta tendencia de los analistas de todos estos estudios que realiza la ejecutora a esta Subsecretaría. Esta materia estaba considerada originalmente en el TTR de este estudio, a través de numerosas reuniones, pero que producto de los inconvenientes antes señalados no pudieron realizarse en los plazos disponibles y que debe reiterarse que no es responsabilidad del ejecutor.
- 4.3.8 Los resultados de la evaluación de stock no muestran la incertidumbre que representan (esto es, sin la varianza contenida en las trayectorias de las variables de estado y flujo del stock), sino solo con una curva por realización (o "caso"), tanto en los gráficos como en las tablas, lo que restringe la percepción de la incertidumbre considerada en el estudio al lector, con la única excepción constituida por la Figura 17.
- 4.3.9 Este hecho se considera absolutamente no recomendable para fines de manejo, pues transmite una falsa impresión de exactitud y precisión del análisis, en contraste con la gran incertidumbre característica de este tipo de estudios.
- 4.3.10 A continuación se listan algunas observaciones a la evaluación:
 - i No se hace ninguna discusión sobre las condiciones y los parámetros iniciales, que fundamente el procedimiento empleado (estimación simultánea) y las hipótesis de procesos. e. g.: se considera una edad máxima de 14 años, pero ni las curvas de crecimiento ni la M empleada son consistentes con ello.
 - ii El informe no fundamenta suficientemente la selección de la "nueva serie" de cpue para la flota arrastrera austral, particularmente en la selección de los datos para la estandarización del indicador.
 - iii No se propone una hipótesis respecto de la incertidumbre del estimado de biomasa vulnerable realizado con el crucero de área barrida (Pantoja et. al, 1973).
 - iv No se aplica un protocolo especial e independiente para establecer el valor de partida de varios parámetros clave del ajuste (e. g., B_0 , h, M).
 - v No se fundamentan suficientemente los valores supuestos para la incertidumbre de los estimados de biomasa de los cruceros (CV=0.2; 0.3), con excepción del último (CV=100).
 - vi No se fundamenta suficientemente la generación y uso del indicador de abundancia relativa del cerco.



- vii No se fundamenta suficientemente el uso de las composiciones de fallas de las capturas realizadas por la flota de cerco, en consideración a todas las objeciones señaladas por un experto internacional en evaluación de stock al mismo grupo ejecutor en un taller pasado (R.I.C.C. Francis, com. pers.).
- 4.3.11 Respecto del análisis de estrategias de explotación, cabe señalar lo siguiente:
- i El análisis de incertidumbre de corto plazo (CTP) es razonable, excepto que el riesgo no recoge los principales factores de incertidumbre de procesos.
 - ii Se esperaba un mayor desarrollo del análisis de estrategias de explotación (mediano y largo plazo) y no una simple proyección de stock con reclutamientos pre-fijados que no rescatan la plasticidad dinámica de la especie.
 - iii El análisis de desempeño debiera haberse medido con relación con las biomásas presentes (total, desovante y explotable) en vez de B_0 , que no está suficientemente sustentado por la evaluación (observaciones del punto anterior).
- 4.3.12 Por todo lo anterior, se considera que los resultados presentados en el informe pre-final que se califica no alcanzan los estándares esperados de asesoría requeridos por esta administración para esta importante pesquería, en lo que respecta a la confiabilidad metodológica que sustenta el status.
- 4.3.13 Por su parte, no se realizó un desarrollo de un enfoque de análisis de estrategias de explotación que aborde la incertidumbre como se esperaba.
- 4.3.14 En consecuencia, dado el conjunto de observaciones señalados en esa calificación técnica, es opinión de esta contraparte técnica que la ejecutora no logró alcanzar el estándar requerido, aunque debe reconocerse que las condiciones en que desarrolló el estudio no fueron apropiadas para que lo hubiese logrado, conforme a los mismos términos técnicos planteados por esta Subsecretaría.

5. CONCLUSIONES

- 5.1 Del análisis del informe Pre-Final del estudio que se califica, se concluye que los resultados que se informan no satisfacen plenamente los requerimientos técnicos recomendados para el mismo.
- 5.2 No obstante, debe señalarse que la ejecutora realizó el proyecto en condiciones inapropiadas, lo que también influyó en lograr un mejor desempeño del estudio.
- 5.3 Sin menoscabo de lo anterior, persisten aspectos gruesos de enfoque y abordamiento global de este tipo de estudios que se requiere se una mejor respuesta, en el informe final.
- 5.4 En consecuencia, se aprueba el informe Pre-Final del estudio *Investigación evaluación de stock y CTP de Merluza de cola, 2009*, sujeto a que en el informe Final se atienda adecuadamente los aspectos observados y señalados en los puntos 4.2.3, 4.3.1, 4.3.4, 4.3.8, 4.3.10 y 4.3.11.



6. RECOMENDACIONES

En consideración a las conclusiones alcanzadas en el presente informe de calificación, esta Subsecretaría de Pesca aprueba el Informe Pre-Final del estudio "*Investigación evaluación de stock y CTP de Merluza de cola, 2009*".

En consecuencia, se recomienda realizar las siguientes acciones:

- a) Proceder a cancelar el monto establecido en la cláusula octava, letra b) de la Resolución Exenta N° 2942 de 2008.
- b) Adicionalmente y en atención a las observaciones señaladas en la sección de análisis, resumidas en el punto 5.4 de la sección Conclusiones de la presente calificación, se recomienda oficial a la ejecutora para que se encargue de atender las materias antes indicadas como sigue:
 - i. Realizar una revisión del estudio en conjunto con la contraparte, atendiendo especialmente a los aspectos objetados por ésta.
 - ii. Definir específicamente las materias que deberán abordarse o re-analizarse, según el procedimiento que establezca al efecto la Subsecretaría, definiendo una agenda de trabajo detallada, en la cual se atienda cada uno de los temas que se acuerde abordar, con plazos definidos.
 - iii. Ejecutar las actividades conforme a lo acordado.
 - iv. Incorporar todas las mejoras e informarlas adecuadamente en el Informe Final del estudio, las que serán condición para su aceptación y eventual aprobación.

DRA/dra
C.I. SUBPESCA N° 14.192 de 2008.

A N E X O 5

**Observaciones a la
Calificación Técnica
y propuesta de plan de
trabajo**



**Observaciones a la Calificación Técnica SUBPESCA CT/04-2009.
Pre-informe final Proyecto.
"Investigación Evaluación de Stock y CTP Merluza de cola, 2009"**

1. Principales observaciones al estudio realizado por IFOP

En el CT/04-2009 se señala como elementos objetables los siguientes

Observación	Respuesta/Propuesta
4.2.3. Falta de análisis de variables de estado por unidad de pesquería	<p>En la Tabla 10 se entregan las variables de estado; biomasa vulnerable y mortalidad por pesca, por flota/pesquería conforme a lo solicitado en los TTR y comprometido en la propuesta técnica. Además, en el anexo 2 se entrega en detalle una propuesta de modelo espacial que no ha sido revisado por SUBPESCA.</p> <p>Se propone durante el 2009 realizar análisis de simulación del modelo espacial con el objeto de dimensionar requerimientos de información</p>
4.3.4. Falta de análisis de calidad de la información con la profundidad necesaria, lo cual implica un período de tiempo no considerado por el ejecutor	<p>Se realiza un nuevo análisis a las bitácoras de pesca de arrastre y se reformula el modelo de estandarización de la CPUE, lo cual dió pie a una tesis de maestría (Msc. Sr. Renzo Tascheri. Guía Dr. Rubén Roa). Entre los capítulos 4.2.1 al 4.2.4 se indican las principales fuentes de datos y las principales observaciones a los indicadores empleados en el modelo.</p> <p>Se propone durante el 2009 realizar una sesión/taller de trabajo de "minería" de datos a objeto de establecer patrones de calidad</p>
4.3.8. No se entregan los estimados de incertidumbre de la evaluación de stock, sino a una curva por realización o "caso"	<p>Se entregan los estimados de incertidumbre de los dos años más recientes (2007-2008) junto a sus intervalos de confianza (Figura 49-50). Además, se entregan los gráficos con intervalos de confianza al 95% para la serie de reclutamientos del escenario base</p> <p>En el informe final se agregan los intervalos de credibilidad de la biomasa desovante en escenario base, sobre las 16 realizaciones de biomasa evaluadas según escenario.</p>
<p>4.3.10 i) Falta discusión de condiciones y parámetros iniciales. Ejemplo: la edad máxima es de 14 años pero tanto el crecimiento como M no son consistentes con ello</p> <p>ii) Fundamentar la nueva serie de CPUE arrastre sur-austral</p> <p>iii) Falta hipótesis respecto de la incertidumbre del estimado de biomasa 1972</p>	<p>i) Se realiza un escenario con M estimado (S12) que resulta en una moda posterior de $M=0,52$. En el informe se indica y discute precisamente que este valor es incompatible con la longevidad del recurso y por ende no es considerado en el análisis posterior.</p> <p>ii) La nueva serie de CPUE es fundamentada tanto por la metodología resumida en Anexo 3, el análisis de datos como parte de la tesis de maestría antes mencionado, y como parte de un análisis de consistencias con toda la información empleada en el modelo de evaluación. En esta serie se consideran además 3 períodos de capturabilidad y se analizan 3 modelos de CPUE en 5.3.3.</p> <p>iii) La hipótesis de biomasa de área barrida 1972 es de referente de la biomasa explotable al arrastre virginal con error de observación del $cv=0,2$, y se emplea como valor absoluto. Todo esto señalado en 4.4.7 y 5.2.</p>



<p>iv) Falta un protocolo especial para establecer valor de partida de parámetros clave como B_0, h y M</p> <p>v) Fundamentar los supuestos respecto de la incertidumbre de los cruceros (CV)</p> <p>vi) No se fundamenta el uso de indicador de abundancia relativa de cerco</p> <p>vii) No se fundamenta el uso de composiciones de tallas de la flota de cerco en consideración a las objeciones realizadas por Francis (2007)</p>	<p>iv) Los parámetros h y M (excepto hipótesis S12) no son parámetros estimados, sino supuestos, y por ende no corresponde protocolo especial de valores de partida. Por su parte, B_0 en el modelo es una variable de estado y no es parámetro</p> <p>v) La incertidumbre de los cruceros es evaluada en tres casos (base, S2 y S7). El resultado se entrega en la Tabla 4 y se advierte que el modelo es robusto a estas fuentes de incertidumbre (poco impacto en los estimados de biomasa y de status).</p> <p>vi) La inclusión de la serie de CPUE de cerco fue un requerimiento de SUBPESCA y es un dato que no se puede omitir sin un análisis adecuado. La información es cotejada de acuerdo con la dinámica de las otras piezas de información y se concluye, de acuerdo con el modelo (S6), que es poco influyente en los estimados poblacionales (5.3.4.a)</p> <p>vii) Durante el 2007 se realizó un taller de evaluación de stock de merluza de cola con la participación de Chris Francis (NIWA). El reporte de dicho taller valora la inclusión de esta información y no se ajusta con la observación de SUBPESCA, lo cual puede ser consultado en el reporte del taller presentado en el anexo del informe CTP 2008. Este indica lo siguiente:</p> <p><i>"Innovations in this version of the model with respect to last years model was the inclusion of the purse seine fleet length structure and CPUE index. Length structure for the purse seine fleet was considered important as it clearly shows the year class strengths, while the CPUE index was considered to be informative, after checking that its trend was fairly the same as the trawl series.</i></p> <p><i>One afterthought regarding the structure data for this fleet that was brought up at the final discussion day was that it seems more adequate to use the catch-at-length information only for those years where there is no catch-at-age data, since the first piece of information is used for building the second one"</i></p>
<p>4.3.11 i) El riesgo de las proyecciones no recoge los principales factores de incertidumbre de procesos</p> <p>ii) Proyección simplista de reclutamientos pre-fijados que no rescatan la plasticidad de la especie</p> <p>iii) Análisis de desempeño debería considerar las biomazas presentes en vez de B_0</p>	<p>i) Los factores de incertidumbre de procesos son considerados en las proyecciones. Se realiza un análisis de proyección bajo 2 hipótesis de procesos que tienen que ver con dos probables relaciones de selectividad. El resto de los escenarios no fueron considerados, ya sea por ser inconsistentes con la dinámica o poco influyentes en los estimados de biomasa.</p> <p>ii) Los reclutamientos rescatan la plasticidad del recurso. Los reclutamientos proyectados se basan en la dinámica acotada en el proceso de evaluación y su incertidumbre es generada a través de remuestreo de la distribución posterior bayesiana generada a través de MCMC. Se evalúa el desempeño de la población para condiciones realistas determinada por los valores estimados en los últimos años. El pronóstico de reclutamientos no es materia trivial y el trabajo dista de ser simplista y está acorde con los estándares internacionales (e.g. leer cualquier NMFS SAW Report).</p> <p>iii) El análisis de desempeño consideró tanto la biomasa presente como B_0 (Ver Figs 51, 52, y Tabla 12).</p>



2. Comentarios finales a la calificación técnica

No obstante las dudas plasmadas en la calificación técnica y de los argumentos esgrimidos para objetar la realización de ciertos pasajes del estudio, es preciso destacar que la falta de *expertis* de la contraparte en materias de evaluación de stock moderna la lleva a cometer algunos errores de interpretación de resultados y a emitir observaciones incorrectas o infundadas. El CT 04-2009 califica el trabajo realizado por IFOP como insatisfactorio para los mínimos estándares establecidos, observación no compartida en absoluto si se considera la plenitud de resultados alcanzados conforme a los Términos Técnicos de Referencia y la Propuesta Técnica, el estándar técnico desplegado, así como los fundamentos técnicos esgrimidos en contra de las observaciones emitidas por esa Subsecretaría de Estado.

Finalmente, en el punto 6 b) de recomendaciones del CT 04-2009 se solicita realizar una revisión del estudio, definir un re-análisis de datos/procesos, proponer una agenda de trabajo que atienda los puntos antes detallados, y ejecutar las actividades identificadas como parte del informe final. En este sentido, se propone que las observaciones rescatables sean programadas y realizadas durante el 2009 como parte del nuevo proceso de asesoría que se inicia.

3. Programa de trabajo para el 2010

Al inicio y durante el proceso de asesoría 2009 (proyecto CTP 2010), se realizarán dos actividades principales: determinación de estándares de calidad de la información utilizada y formulación de modelos operativos.

Taller de trabajo 1:

Nueva revisión de información de muestreos de longitudes y bitácoras de pesca. Se identificarán con la contraparte las fuentes de incertidumbre y se propondrán esquemas para evaluar su impacto.

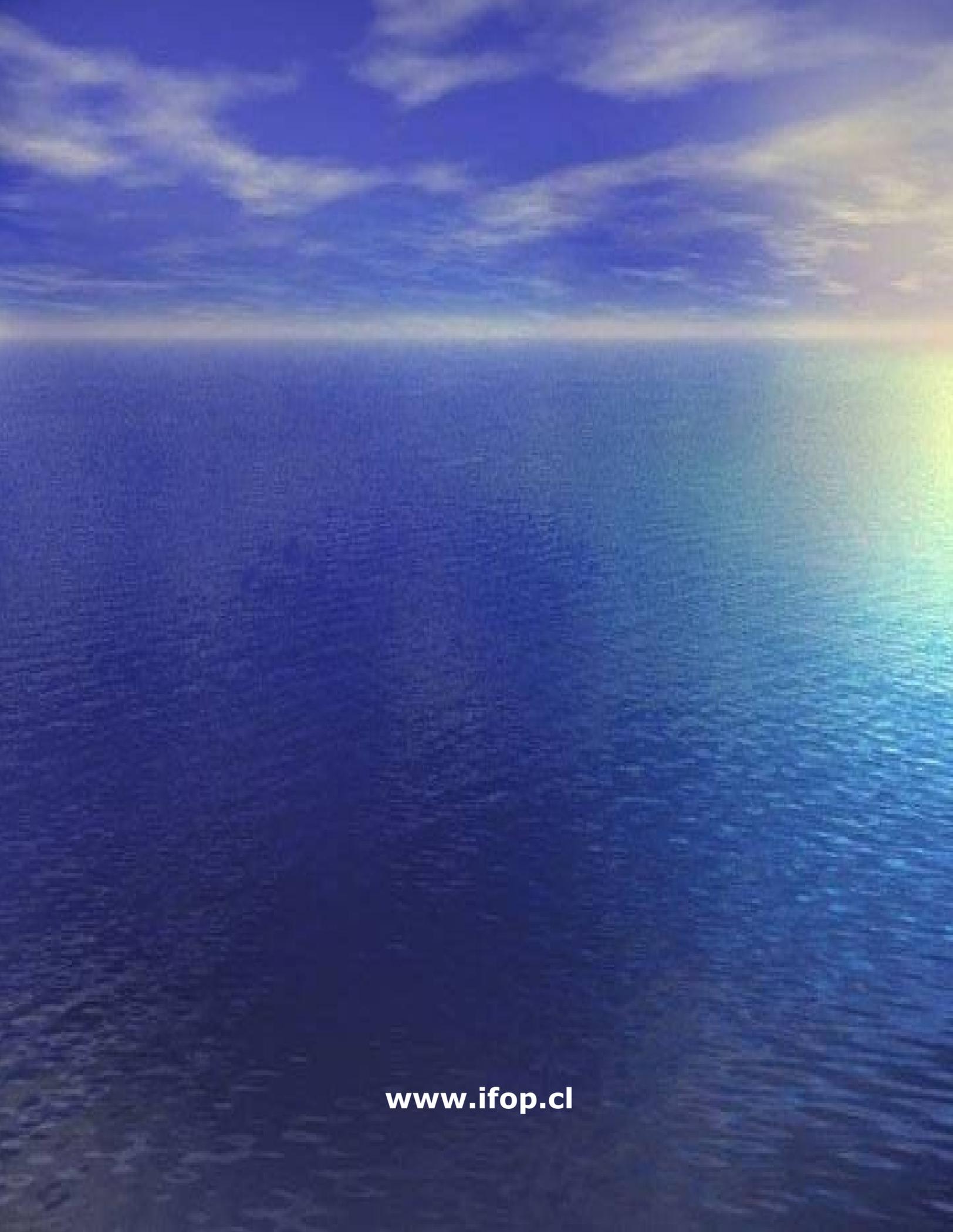
Taller de trabajo 2:

Revisión de hipótesis de la estructura poblacional. Se revisará la información y antecedentes disponibles con el objeto de implementar un modelo de dinámica poblacional de características espaciales explícitas, esto último como base de modelo operacional que permita generar escenarios de simulación y evaluar consecuencias de manejo

En este sentido y en complemento con las capacidades técnicas de IFOP, se harán los esfuerzos para contar además con la asesoría de algún experto internacional con los cuales se ha trabajado previamente, tales como Dr. Tom Polacheck de CSIRO, Australia o Dr. Mark Maunder de CIAT, USA.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Unidad de Ediciones y Producción
Blanco 839, Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl