

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRAFICAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA**



**INFORME FINAL**

**PROYECTO DEL FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA  
Nº 2006-14**

**“FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
ENFOQUE METODOLÓGICO DE EVALUACIÓN DE  
STOCK EN MERLUZA DE COLA”**

**CONCEPCION, MAYO DE 2009**



## Resumen Ejecutivo

Formulamos, implementamos y validamos un modelo de evaluación de stock de la merluza de cola de Chile, considerando datos de captura a la edad de dos flotas, una cerquera y otra arrastrera, en el periodo 1988 a 2005. Para formular el modelo, realizamos una extensiva revisión de informes nacionales y literatura científica internacional, de tal manera de construir un modelo conceptual sobre el cual basar el modelo de evaluación de stock. Este modelo conceptual considera el funcionamiento y estructura espacial del stock, las migraciones intra-anales, y la biología básica del stock, así como la dinámica de la flotas y los datos generados por la pesquería. El modelo de evaluación de stock formulado tiene un nivel intermedio de complejidad. Construimos un modelo operativo que simula el funcionamiento del stock y la pesquería, desde este modelo operativo generamos datos sujetos a tres fuentes de incerteza, y aplicamos el modelo de evaluación de stock a los datos simulados. En estas simulaciones las verdaderas tasas de mortalidad, biomasa desovantes, y reclutamientos fueron conocidas, de tal manera que fue posible verificar que el modelo de stock estimaba bien todos estos procesos bio-pesqueros.

Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier habitan la plataforma continental y talud en las costas templadas del Hemisferio Sur, excepto Africa, formando stocks relativamente abundantes, de cientos de miles o unos pocos millones de toneladas. Presentan un estructura de edad que abarca cerca de 15 clases anuales, con una longevidad máxima que puede llegar a alrededor de 20 años, tendiendo a tamaños asintóticos cercanos al metro de longitud, y maduran sexualmente entre los 3 y 5 años. Tienen circuitos migratorios que pueden ser complejos, con varias áreas de desove, áreas de alimentación de adultos, y áreas de alimentación y crecimiento de juveniles. A pesar de ser un pez principalmente demersal la merluza de cola y el hoki tienen un reclutamiento altamente variable, como el de un pez pelágico. En Nueva Zelandia existe una fracción importante de peces adultos que no desovan en algunos años, que presentan intermitencia en el desove.

La merluza de cola de Chile fue capturada por largo tiempo como fauna incidental en la pesquería demersal austral. Siguiendo el ejemplo de Nueva Zelandia, el sector pesquero nacional comenzó en 1998 a exportar filete congelado y de esta manera pasó a ser una especie objetivo. Actualmente es la principal pesquería demersal de arrastre. En 2001 además la pesca de arrastre se extendió a la zona centro-sur. Actualmente la pesca se extiende todo el año pero se concentra en el período de desove de invierno. El descarte se redujo en 1995 en una de las flotas arrastreras y en 2001 en la otra, pero puede continuar siendo importante esta vez debido a 'highgrading', descarte de individuos de menor talla.

Considerando resultados de estudios realizados en Argentina y en la Islas Falklands se puede suponer de manera provisoria que los stocks de merluza de cola Pacífico y Atlántico son esencialmente autonomos en sus procesos reproductivos. Esto coincide con todos los estudios previos que hacen la misma presunción, lo que permite plantear un modelo conceptual que es esencialmente el mismo de estudios previos, en particular del proyecto FIP 2004-12. Sin embargo un punto no aclarado es la posible existencia de intermitencia en el desove en la meluza de cola de Chile. Bases de datos de proyectos FIP consultadas sugieren que de hecho tal fenómeno puede estarse dando y puede ser cuantificado.

El modelo de evaluación de stock formulado fue el modelo eXtended Survivor Analysis (XSA) de amplio uso en Europa. Este modelo fue aplicado a los datos históricos reales de captura a la edad de 1988 a 2005 y los datos de series de abundancia relativa de la flota cerquera y de arrastre, bajo dos hipótesis: con y sin intermitencia. Los resultados muestran un stock en recuperación de su biomasa desovante y en menor medida del reclutamiento durante los 2000, pero el grado de recuperación de la primera y su magnitud dependen mucho de si es cierta o no la hipótesis de intermitencia.

Para validar el modelo formulado, consideramos a las estimaciones del XSA como la población base. A partir de ella creamos 100 poblaciones históricas similares y las proyectamos cinco años hacia el futuro. Cada una de estas 100 poblaciones fue considerada como una población 'real', de biomasa y reclutamientos conocidos. Desde ellas generamos datos sujetos a error de observación tanto en los índices de abundancia como en la matrices de captura a la edad. Además consideramos error en la especificación de procesos biológicos y error de implementación en las medidas de manejo. Sobre estos datos aplicamos

el modelo XSA y lo validamos, verificando que las estimaciones obtenidas en gran medida coinciden con las de las poblaciones reales.

El ejercicio de validación sirvió además para proyectar la evolución del stock bajo cuatro escenarios: con y sin intermitencia, y con una CTP de 154000 toneladas o de 45000 toneladas. Estos escenarios corresponden a la incógnita de la existencia o no de intermitencia, y al hecho que existe una cuota importante, de 109000 toneladas, destinadas a las flotas de la zona centro sur, principalmente cerquera. Esta parte de la cuota de hecho no ha sido obtenida en los últimos años, por falta de disponibilidad del recurso. Los escenarios en que se mantiene la CTP de 154000 toneladas y en que esta es de hecho capturada, conducen a un riesgo alto de reducir la biomasa desovante excesivamente. Los escenarios en que la CTP se reduce para destinarla sólo a las flotas arrastreras, producen proyecciones en que el stock no alcanza altas abundancias pero tampoco baja a niveles riesgosos.

## Índice General

Listado de Autores, Funciones, y Horas de Dedicación Efectiva por Objetivo Específico	1
Antecedentes	2
Capítulo 1. Objetivo Específico 1	3
Sección 1.1. Condiciones biológicas	3
Sección 1.2. Condiciones bio-oceanográficas	10
Sección 1.3. Desarrollo de la pesquería chilena de merluza de cola	12
Sección 1.4. La Unidad de Pesquería Norte y la pesquería demersal centro sur	20
Sección 1.5. La Unidad de Pesquería Sur y la pesquería demersal austral	27
Sección 1.6. Conclusiones	39
Capítulo 2. Objetivo Específico 2	41
Sección 2.1. Modelo de Ciclo Vital y Dinámica	41
Sección 2.2. Hipótesis de Intermitencia	48
Sección 2.3. Tasa de Mortalidad Natural	51
Sección 2.4. Conclusiones	52
Capítulo 3. Objetivo Específico 3	53
Sección 3.1. Introducción	53
Sección 3.2. Metodología	54
Subsección 3.2.1. Construcción de Índice de Abundancia Relativa de la Flota Arrastrera	54
Subsección 3.2.2. Análisis Exploratorios de Datos Bío-Pesqueros	55
Subsección 3.2.3. Evaluación de Stock: Formulación e Implementación del Modelo	55
Subsección 3.2.4. Modelo Operativo: Validación del Modelo de Evaluación de Stock y Proyección del Stock	58
Sección 3.3. Resultados	60
Subsección 3.3.1. Índice de Abundancia Relativa Flota de Arrastre	60
Subsección 3.3.2. Análisis Exploratorio	60
Subsección 3.3.3. Evaluación de Stock	65
Subsección 3.3.4. Validación del Modelo de Evaluación de Stock y Proyección del Stock	72
Sección 3.4. Conclusiones	86
Capítulo 4. Taller Final de Difusión y Discusión de Resultados	87
Sección 4.1. Introducción	87
Sección 4.2. Primera Presentación: Biología básica del recurso, útil a la evaluación de stock	88
Sección 4.3. Segunda Presentación: Modelo conceptual de funcionamiento del stock	89
Sección 4.4. Tercera Presentación: Análisis exploratorio de datos biopesqueros en el paquete FLEDA de FLR	91
Sección 4.5. Cuarta Presentación: Evaluación de stock y proyección poblacional bajo cuatro escenarios utilizando FLR	92
Sección 4.6. Conclusiones	95
Capítulo 5. Discusión General	96
Capítulo 6. Conclusiones	99
Referencias	102
Anexo – Evaluación del Pre-Informe Final y Respuestas a la evaluación	110

## Índice de Tablas

Tabla 1.3.1. Composición de la flota de arrastre Chilena que participó en la pesquería de merluza de cola entre los años 1979 y 2007	19
Tabla 2.2.1.- Fuentes de datos de madurez sexual de merluza de cola.	48
Tabla 2.2.2.- Estados de madurez en la bases de datos conjunta de los proyectos de la Tabla 2.2.1.	48
Tabla 3.2.1. Factores y niveles del modelo lineal generalizado ajustado para obtener un índice de abundancia relativa de merluza de cola desde la operación de la flota de arrastre.	54
Tabla 3.3.1. Estimaciones del modelo lineal generalizado para el ajuste de un índice de abundancia relativa de la flota de arrastre.	61
Tabla 3.3.2. Parámetros estimados por el model XSA ajustado a las capturas y los dos índices de abundancia relativa.	66
Tabla 3.3.3. Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento en las proyecciones, escenario 1.	73
Tabla 3.3.4. Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento en las proyecciones, escenario 2.	76
Tabla 3.3.5. Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento en las proyecciones, escenario 3.	80
Tabla 3.3.6. Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento en las proyecciones, escenario 4.	83

## Índice de Figuras

Figura 1.1.1. Localización de áreas con actividad reproductiva de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental.	7
Figura 1.1.2. Modelo de dispersión de partículas originadas en la costa oeste de Tasmania.	8
Figura 1.1.3. Mapa de Nueva Zelanda mostrando las principales áreas de distribución de hoki.	9
Figura 1.1.4. Puntos de localización del stock desovante oeste en South Island, Nueva Zelanda	10
Figura 1.4.1. (A) Unidad de pesquería norte (UPN: 32°10'23" – 43°44'17" S) y unidad de pesquería sur (UPS: 43°44'17" – 57°00'00" S), indicando los límites de las sub-áreas norte exterior y sur exterior; (B) ampliación de la zona norte exterior.	20
Figura 1.4.2. Ciclo anual medio de la captura de merluza de cola en la pesquería demersal centro sur de los años 2001 a 2007.	24
Figura 1.4.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal de la pesquería de arrastre de merluza de cola.	25

Figura 1.4.4. Distribución latitudinal del esfuerzo de pesca dirigido a capturar merluza de cola en la zona centro sur de Chile, entre los años 2001 y 2007.	26
Figura 1.5.1. Captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola y posición espacial de los lances de pesca de la flota de arrastreros hieleros de la PDA en el área y estación de reproducción entre junio y agosto y entre los años 2001 y 2007.	30
Figura 1.5.2. Panel superior: Ciclo anual del índice gonadosomático de merluza de cola (años 1995 a 2007); Panel inferior: ciclo anual de la captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola de los barcos arrastreros hieleros en la zona norte exterior, 2002 a 2007.	31
Figura 1.5.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal de merluza común y merluza de cola en la zona centro sur de Chile y esfuerzo de la flota arrastrera hielera de la PDA en la zona norte exterior entre los años 2001 y 2007.	31
Figura 1.5.4. Distribución latitudinal media del esfuerzo de pesca mensual dirigido a merluza de cola en la PDA, entre los años 1979 y 2001.	33
Figura 1.5.5. Distribución latitudinal media del esfuerzo de pesca mensual dirigido a merluza de cola en la PDA, entre los años 2003 y 2007.	33
Figura 1.5.6. Captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola y posición espacial de los lances de pesca de la flota de barcos fábrica congelador en el área y estación de reproducción de esta especie (junio a agosto) en los años 2002 a 2007.	34
Figura 1.5.7. Panel superior: Ciclo anual del índice gonadosomático de merluza de cola (años 1995 a 2007); Panel inferior: ciclo anual de la captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola de los barcos fábrica congelador en la zona norte exterior, 2002 a 2007.	35
Figura 2.1.1. Distribución de la merluza de cola en aguas del cono sur de América.	41
Figura 2.1.2. Distribución de la merluza de cola en aguas de Nueva Zelanda	42
Figura 2.1.3. Estructura espacial de los procesos del ciclo vital de hoki en aguas de Nueva Zelanda.	43
Figura 2.1.4. Estructura espacial de los procesos del ciclo vital de merluza de cola en Sud América.	44
Figura 2.1.5.- Migraciones de hoki adultos para desovar en invierno y de regreso a los 'homes' en primavera.	44
Figura 2.1.6.- Migraciones de los adultos de merluza de cola para desovar en invierno y de regreso a las áreas de alimentación en primavera.	45
Figura 2.1.7.- Migraciones de las larvas y juveniles de hoki en Nueva Zelanda.	45
Figura 2.1.8.- Migraciones de las larvas y juveniles de merluza de cola en Sud América.	46
Figura 2.2.1.- Observaciones de proporción de hembras aptas para desovar desde las bases de datos de los proyectos FIP 2001-19, 2002-19, 2003-09, 2004-07, y 2005-04.	50
Figura 2.2.2.- Datos de longitud total y edad, curva de crecimiento ajustada, y curva de crecimiento de Chong et al. (2007) basada en retro-cálculo.	50

Figura 2.2.3.- Ogivas de madurez sexual a la edad de hembras sin intermitencia y con intermitencia.	51
Figura 3.2.1. Diagrama de flujo general de proceso de evaluación de stock y validación del modelo de evaluación de merluza de cola.	56
Figura 3.2.2. Diagrama de flujo general del la evaluación mediante eXtended Survivor Analysis.	56
Figura 3.3.1. Índices de abundancia relativa de la flota arrastrera y cerquera de merluza de cola.	61
Figura 3.3.2. Desembarque nacional de merluza de cola y su tendencia.	62
Figura 3.3.3. Desembarque nacional de las fracciones juvenil y madura de merluza de cola.	62
Figura 3.3.4. Pesos medios a la edad (1 a 14) de merluza de cola..	63
Figura 3.3.5. Fuerza relativa de las clases de edad presentes en el desembarque nacional de merluza de cola.	63
Figura 3.3.6. Correlación entre los dos índices de abundancia relativa (cerquero y arrastre) para cada edad y año en que los índices ocurrieron simultáneamente.	64
Figura 3.3.7. Correlación entre los índices edad-específicos de la flota de arrastre.	64
Figura 3.3.8. Correlación entre los índices edad-específicos de la flota de cerco.	65
Figura 3.3.9. Distribución de los residuos de los índices de abundancia a la edad respecto de los índices predichos por el XSA.	67
Figura 3.3.10. Evolución de la biomasa desovante, el reclutamiento (millones), y la mortalidad por pesca de merluza de cola bajo la hipótesis de intermitencia.	68
Figura 3.3.11. Estimación de la relación desovantes-reclutamiento tipo Ricker (DR-R) con los datos de la población base bajo la hipótesis de intermitencia.	69
Figura 3.3.12. Frecuencia de la biomasa desovante cuando se aplican puntos biológicos de referencia FMRS, Fmax, y F0.1 bajo la hipótesis de intermitencia.	69
Figura 3.3.13. Evolución de la biomasa desovante, el reclutamiento (millones), y la mortalidad por pesca de merluza de cola cuando no hay intermitencia.	70
Figura 3.3.14. Estimación de la relación desovantes-reclutamiento tipo Ricker (DR-R) con los datos de la población base cuando no hay intermitencia.	71
Figura 3.3.15. Frecuencia de la biomasa desovante cuando se aplican puntos biológicos de referencia FMRS, Fmax, y F0.1 sin intermitencia.	71
Figura 3.3.16a. Evolución histórica y proyectada de la población y pesquería de merluza de cola y su observación estocástica y estimación a través del XSA, escenario 1. Mortalidad por pesca.	72

Figura 3.3.16b. Reclutamiento.	74
Figura 3.3.16c. Biomasa desovante.	74
Figura 3.3.16d. Captura real y observada	75
Figura 3.3.17a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 2. Mortalidad por pesca.	77
Figura 3.3.17b. Reclutamiento.	77
Figura 3.3.17c. Biomasa desovante.	78
Figura 3.3.17d. Captura real y observada	78
Figura 3.3.18a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 3. Mortalidad por pesca.	79
Figura 3.3.18b. Reclutamiento.	81
Figura 3.3.18c. Biomasa desovante.	81
Figura 3.3.18d. Captura real y observada	82
Figura 3.3.19a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 4. Mortalidad por pesca.	84
Figura 3.3.19b. Reclutamiento.	84
Figura 3.3.19c. Biomasa desovante.	85
Figura 3.3.19d. Captura real y observada	85

## Listado de Autores, Funciones, y Horas de Dedicación Efectiva por Objetivo Específico

### Objetivo Específico 1.

**Revisar y analizar los antecedentes e información biológica, ecológica, pesquera y oceanográfica disponible referidas a las características de esta especie y su hábitat, desde la perspectiva de la dinámica de poblaciones**

Autor	Horas de Dedicación Efectiva	Función
Renzo Tascheri Oyanedel	120	Tesista <i>ad honorem</i> , autor
Billy Ernst Elizalde	25	Co-Investigador, autor
Patrick Cordue	20	Consultor, autor
Rubén Roa Ureta	30	Jefe de Proyecto, autor

### Objetivo Específico 2.

**Formular un modelo conceptual del ciclo vital y de la dinámica de merluza de cola en su actual distribución geográfica en Chile con los antecedentes disponibles.**

Autor	Horas de Dedicación Efectiva	Función
Rubén Roa Ureta	50	Jefe de Proyecto, autor
Patrick Cordue	35	Consultor, autor
Billy Ernst Elizalde	50	Co-Investigador, autor

### Objetivo Específico 3.

**Formular, implementar y validar un modelo cuantitativo de evaluación del stock de merluza de cola aplicándolo a un caso de estudio basado en la información disponible.**

Autor	Horas de Dedicación Efectiva	Función
Rubén Roa Ureta	250	Jefe de Proyecto, autor
Billy Ernst Elizalde	15	Co-Investigador, construcción de bases de datos

### **Objetivo General**

Formular e implementar un enfoque metodológico de evaluación de stock en merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) en toda su distribución geográfica actual en aguas nacionales.

### **Objetivos Específicos**

- 1 Revisar y analizar los antecedentes e información biológica, ecológica, pesquera y oceanográfica disponible referidas a las características de esta especie y su hábitat, desde la perspectiva de la dinámica de poblaciones.
- 2 Formular un modelo conceptual del ciclo vital y de la dinámica de merluza de cola en su actual distribución geográfica en Chile con los antecedentes disponibles.
- 3 Formular, implementar y validar un modelo cuantitativo de evaluación del stock de merluza de cola aplicándolo a un caso de estudio basado en la información disponible.

### **Antecedentes**

Desde los inicios de la pesquería demersal sur austral (PDA), las capturas de merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) constituyeron parte de la fauna acompañante de merluza del sur, registrándose importantes niveles de descarte en aquellos buques fábricas que no contaban con planta de harina. Sin embargo, debido a la caída en la pesquería de merluza del sur y la apertura de nuevos mercados (filete congelado de merluza de cola), a partir de 1998 la flota arrastrera reorienta parte importante de su esfuerzo a capturar esta especie, llegando el año 2004 a un máximo de 44 mil ton. Actualmente, la merluza de cola es la principal especie capturada en la PDA y sustenta prácticamente la actividad anual de la mayoría de la flotas arrastreras.

De igual forma, desde mediados de los ochenta y toda la década de los noventa, el recurso fue explotado como recurso alternativo en la pesquería de cerco en la zona centro sur (V-X Regiones), llegando a explicar del 90% de los máximos desembarques nacionales de este recurso registrados entre 1995 y 1999 (300 mil toneladas). A partir del año 2000 se incorpora en esta área (centro-sur) la flota arrastrera hielera industrial con desembarques incrementales alcanzando las 45 mil toneladas el año 2003, período en el cual decae significativamente la pesquería de cerco.

La pesquería de merluza de cola se encuentra administrativamente dividida en dos Unidades de Pesquería, entre la V y X Región y entre la XI y XII Región, y ambas están sometidas al régimen de plena explotación, y por tanto se establecen cuotas anuales de captura para cada una de las unidades de pesquerías. En este sentido, dichas estimaciones exigen de un sistema de seguimiento y evaluación de stock lo suficientemente exigente que permita mitigar los efectos de la incertidumbre por falta de conocimiento de procesos.

En este mismo sentido y considerando por una parte, que las investigaciones en este recurso en los años mas recientes han estado supeditadas a evaluaciones directas, seguimiento de la pesquería y a la aproximación cuantitativa de evaluación indirecta, y por otra, que resulta relevante aunar capacidades en post de establecer un marco de trabajo, análisis e hipótesis, que técnicamente permitan dar con un procedimiento de evaluación de stock funcional con el manejo de este recurso, se hace necesario realizar este estudio que contribuya en la administración de su pesquería.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera correspondiente al año 2006.

## Capítulo 1

Autores: Renzo Tascheri Oyanedel, Billy Ernst Elizalde, Patrick Cordue y Rubén Roa Ureta

**Objetivo Específico 1. Revisar y analizar los antecedentes e información biológica, ecológica, pesquera y oceanográfica disponible referidas a las características de esta especie y su hábitat, desde la perspectiva de la dinámica de poblaciones.**

### Sección 1.1.- Condiciones Biológicas

La merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lönnber, 1907, se distribuye en aguas profundas por sobre la plataforma y talud continental de América del Sur entre Chile y Argentina. En el Pacífico Sur Oriental se encuentra entre aproximadamente los 30°S y 57°S (Lillo et al., 1997), aún cuando también se ha reportado su captura asociada al talud continental de la zona de Coquimbo (29°16'S) y en el Bajo O'Higgins (32°30'S-73°30'W) (Lillo & Paillamán, 1996; Lillo et al., 1997). En el Atlántico Sur Occidental en tanto habita entre los 33°S y 57°S (Giussi et al., 2002).

#### Pacífico Sur:

Al interior de la Zona Económica Exclusiva de Chile, la merluza de cola ha sostenido históricamente tres pesquerías, una demersal asociada a la pesquería demersal sur-austral, una pelágica en la zona centro-sur que se extendió por 16 años, hasta 2001, y una demersal centro-sur que comenzó en 2000. La pesquería demersal sur-austral se desarrolla al sur de la latitud 41°28,6'S hasta los 57°00' L.S., donde la merluza de cola es capturada con sistemas de pesca de arrastre (fondo y media-agua) (Barbieri et al., 2003). La pesquería pelágica de merluza de cola centro-sur desarrolló su actividad extractiva entre los límites de la VI y X regiones, encontrándose en la VIII Región su principal centro de operaciones (Serra et al., 1999 fide Barbieri et al., 2003); en esta pesquería la captura es realizada mediante el sistema de pesca de cerco. La pesquería demersal centro-sur se desarrolla entre la V y X regiones.

Históricamente, los desembarques de merluza de cola provenientes de la pesquería demersal sur-austral se han mantenido relativamente constantes con valores en torno a las 20 mil toneladas, aún cuando se debe tener en consideración que durante gran parte del desarrollo de la pesquería no existió intencionalidad de pesca sobre el recurso y, además, estos niveles de desembarque se encuentran subestimados por el descarte que se efectúa a bordo de los buques y que no siempre es registrado en la bitácora de pesca (Young et al., 1998). En la pesquería pelágica se presentaron fuertes fluctuaciones interanuales, con niveles de desembarque que han fluctuado entre 70 mil y 360 mil toneladas, condición que se ha tratado de explicar en parte debido a la variación en la fuerza de las clases anuales (Arancibia et al., 1994). La pesquería pelágica de merluza de cola surgió como recurso alternativo al jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el período estival, cuando los desembarques de este último disminuyen significativamente debido a fuertes cambios en su disponibilidad a consecuencia de sus procesos reproductivos. Actualmente la pesquería demersal centro-sur es de igual importancia en términos de volumen de desembarque que la pesquería demersal sur-austral, con desembarques de alrededor de 20 mil toneladas desde 2004.

Las evaluaciones directas e indirectas realizadas sobre merluza de cola en las zonas donde se desarrollan las tres pesquerías sugieren, en general, que una fracción juvenil de la población puede colonizar el ambiente pelágico hacia el norte del área de distribución en períodos expansivos, de alto reclutamiento, en tanto que la fracción adulta ocupa los hábitats demersales tanto de la zona centro sur como de la zona sur austral (Arancibia et al., 1994; Young et al., 1998; Lillo et al., 2003, Ernst et al. 2005). La estructura de edades de la captura de merluza de cola obtenida por la pesquería demersal está compuesta por aproximadamente 14 grupos de edad, que van desde los 2 a 15 años. De estos, los grupos de edad 5 a 9 son los que aparecen más representados en la captura dando cuenta de aproximadamente un 79% de la abundancia en número para el año 1996 (Young et al., 1998). En cambio, en la pesquería de cerco centro-sur, la estructura de edades de la captura estuvo representada por los grupos 1 a 14, de los cuales las edades 1 a 4 dan cuenta desde 65% a un 100% de la abundancia.

Una fracción importante de las actividades extractivas de la pesquería demersal sur-austral tienen lugar en la Zona Norte del área de operación de la pesquería, ubicada entre 43°00'-50°00' LS, la cual es visitada por la flota hacia fines del primer semestre, concentrándose en ella durante el invierno. Al interior de esta zona la merluza de cola inicia en mayo su proceso de maduración sexual, alcanzando su madurez en julio para luego culminar con un corto período de desove durante los meses de agosto y septiembre de cada año (Young et al., 1998), aún cuando se han observado variaciones temporales en el período en que se alcanza la mayor actividad reproductiva (Lillo et al., 2004). Durante este proceso de maduración se ha observado la presencia de una moda amplia de ovocitos que crece en forma sincrónica, la que junto a la existencia de ovocitos inactivos durante todo el período de desarrollo permite señalar para esta especie un desove de tipo grupo sincrónico (Young et al., 1998). Las observaciones de índices reproductivos tales como Índice Gonadosomático y escalas de madurez macroscópicas señalan la ausencia de actividad reproductiva en los ejemplares de merluza de cola capturados por la flota pesquera de cerco que operó en la zona centro-sur (Arancibia et al., 1994; Lillo et al., 2000), lo cual concuerda con la idea de una importante zona de reproducción en el área sur de distribución de merluza de cola de acuerdo con los antecedentes antes señalados.

De esta forma, la estacionalidad y desfase en las capturas y desembarques de merluza de cola registradas en las pesquerías demersal sur-austral y cerco centro-sur, las diferencias encontradas en los grupos de edad disponibles, vulnerables y capturables entre ambas pesquerías y los distintos estados de madurez reproductiva asociados a estos grupos de edad, junto con la ausencia de diferencias morfométricas, parasitarias y genéticas establecidas entre ejemplares provenientes de ambas pesquerías (Galleguillos et al., 1999), han llevado a adoptar la hipótesis de una sola población de merluza de cola en toda el área de distribución de la especie en aguas del Pacífico Sur Oriental, la cual presentaría patrones migratorios latitudinales asociados a procesos reproductivos y de alimentación.

### **Atlántico Sur:**

En la plataforma y talud continental del Mar Argentino existe desde los 80 una importante pesquería demersal sobre merluza de cola, la que en sus inicios fue explotada principalmente por embarcaciones extranjeras que operaban alrededor de las Islas Malvinas y fuera de la Zona Económica Exclusiva de Argentina. Desde 1993 a la fecha el recurso es extraído por embarcaciones factoría, congeladoras, fresqueras y surimeras argentinas como recurso alternativo a la disminuida pesquería de merluza común (*M. hubbsi*), con niveles de captura que entre 1998 y 2003 de en promedio 145 mil ton anuales (Wöhler & Giussi, 2004).

Al interior del área donde opera la pesquería argentina las capturas están compuestas por ejemplares juveniles y adultos desde las edades 1 a 12+, sin que exista una marcada segregación espacial entre grupos de edades. Las edades que dan cuenta desde un 72% a 99% de las capturas en número corresponden a los grupos 2 a 8, aún cuando en ciertos años se ha observado un significativo aporte del grupo de edad 1, como es el caso de los años 1995 y 2000 en los que las clases anuales de 1994 y 1999 representaron el 25% y 22% de la captura en número, respectivamente. La importancia de la fuerza de estas clases anuales reclutadas a la pesquería a la edad 1 se mantuvo durante cuatro años, lo que indica que una fracción de la población se mantiene de forma permanente en aguas de la plataforma y talud continental argentinos, aunque al interior de esta zona el recurso puede realizar migraciones estacionales, tal como ha sido señalado a partir de la observación de cambios temporales en la estructura de tallas en una misma área geográfica (Giussi et al., 2003).

A partir de cruceros de prospección, campañas de investigación realizadas por el INIDEP y de las capturas de la flota comercial a lo largo del ciclo anual, Wöhler & Giussi (2002) proponen un esquema migratorio para la especie de acuerdo al cual, al menos una parte del efectivo adulto que se localiza sobre la plataforma austral durante el verano (principalmente entre 48°S y 54°S) se desplazaría, posiblemente con fines reproductivos, hacia latitudes menores en aguas del talud a finales de otoño para retornar a la plataforma intermedia durante la primavera. Hansen & Wöhler (2003) apoyan este patrón de migración a partir de la evolución mensual de la CPUE, según el cual los rendimientos de pesca al norte de los 48°S son menores que los de la zona sur durante el primer semestre de cada año, pero mayores en el segundo. Durante un estudio de la maduración ovárica de merluza de cola entre junio y octubre de 2002, Pájaro et al. (2003) (fide Pájaro et al., 2004) concluyeron que existió un patrón de migración en la región del talud, al norte de los 49°S, caracterizado por la presencia de una elevada proporción de individuos juveniles en el mes de junio, y por el arribo de un significativo número de individuos adultos durante agosto y septiembre.

Si bien la presencia de ejemplares adultos, aunque en escaso número, con gónadas en maduración y en post-puesta, señalan la existencia de actividad reproductiva entre fines de otoño y mediados de primavera en el área de la plataforma y talud continental argentino (Pájaro et al., 2002), no se han detectado agregaciones en el momento de la puesta (Scarlatto & Wöhler, 2001) ni importantes zonas de desove, a excepción de dos áreas cercanas al talud continental, interesantes desde el punto de vista reproductivo, una norte a los 44°S y 60°W y otra sur a los 55°S y 64°30'W (Figura 1.1.1) (Pájaro et al., 2002).

Para explicar la ausencia de zonas de desove se han planteado principalmente cuatro causas posibles: i) el período de puesta de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental sería relativamente corto; ii) no todos los ejemplares adultos desovan en un determinado año; iii) el área de puesta es pequeña y poco explorada por la flota comercial argentina en la zona del talud continental; iv) no todos los grupos de edad desovan en el Mar Argentino.

Las dos primeras causas posibles se sustentan en observaciones sobre el símil de merluza de cola en aguas de Nueva Zelanda, *Macruronus novaezelandiae*, que presenta un acotado aunque no corto período de desove, durante el cual sólo una fracción de individuos por grupo de edad inicia y concluye su desarrollo reproductivo cada año (Livingston et al., 1997).

Respecto a la tercera explicación, Pájaro et al. (2004) plantean como hipótesis que el grupo poblacional que habita las aguas de la plataforma probablemente se reproduzca en aguas más profundas en el sector más austral, por fuera de la plataforma continental e insular argentina y el talud adyacente, no explorada por los buques comerciales y de investigación argentinos.

Finalmente, se ha planteado la posibilidad de que una determinada fracción de la población adulta migre hacia la zona de desove en el Pacífico Sur Oriental, no quedando claro si posteriormente al desove aquella fracción poblacional migra nuevamente hacia la zona argentina o si permanece en el área colindante a la zona de puesta reclutando a la pesquería demersal sur-austral en Chile. La principal objeción a esta hipótesis radica en la diferencia de biomasa estimadas para ambos stocks, Pacífico y Atlántico. Según Pájaro et al. (2004) parece poco probable que la biomasa estimada para el stock desovante en el área de puesta del Golfo de Penas, Chile (574 mil ton en 2003), sea capaz de sostener la biomasa que se encuentra en el sector del Atlántico Sudoccidental (1,6 a 2,1 millones ton en 2003) más la biomasa de juveniles ubicada en la zona centro-sur de Chile (287 mil ton en 2001).

### **Australia y Nueva Zelanda:**

El “hoki”, *Macruronus novaezelandiae* Hector, también conocido como “blue grenadier”, es un pez de hábitos pelágicos y demersales que se distribuye sobre la plataforma y talud continental de Australia, Tasmania y Nueva Zelanda desde los 50 a 800 m de profundidad (Lloris et al., 2003). En aguas australianas el “blue grenadier” se encuentra desde New South Wales hasta el sur de Australia Oeste, incluyendo las costas de Tasmania. Al interior de esta área de distribución se ha identificado la existencia de un solo stock (Milton & Shaklee, 1987) el cual es capturado por medio de varios tipos de artes de pesca. La pesquería puede ser dividida en dos subpesquerías, una subpesquería “desovante” que opera sobre la fracción adulta de la población en condición reproductiva durante el invierno (junio-agosto) en el oeste de Tasmania y una subpesquería “no desovante” que incluye todas las capturas realizadas en la Pesquería Sur Este. La principal área de desove de la especie en aguas australianas se ubica en la costa oeste de Tasmania entre 41°S y 43°30'S (Gunn et al., 1989), aún cuando existe evidencia de una segunda área de desove de menor importancia en el sureste de Australia (Thresher et al., 1988; Bruce et al., 2001).

De acuerdo a los resultados informados por Punt et al. (2001), en la subpesquería “no-desovante” son capturados ejemplares desde el grupo de edad 1 a 15+, con una estructura conformada principalmente por individuos juveniles y adultos jóvenes de 3 a 8 años de edad. En algunos años la estructura de edades es fuertemente unimodal con un claro predominio de peces jóvenes, no obstante que en otros se observa la presencia de dos modas importantes, una juvenil y otra de adultos. En la subpesquería “desovante” en cambio, se capturan peces de 3 a 15+ años, siendo los individuos adultos los que presentan una mayor proporción en las capturas. En esta pesquería la estructura de edades presenta a lo menos 2 o 3 modas principales, y en algunos años predomina el grupo de edad 15+.

Bruce et al. (2001), sobre la base de un modelo de transporte advectivo y análisis de otolitos provenientes de larvas de “blue grenadier” obtenidas a lo largo de la costa suroeste de Tasmania y en aguas de la plataforma frente a New South Wale-Victoria, establecieron que las larvas originadas en el área de desove de Tasmania oeste son transportadas a lo largo de la costa alcanzando la región sureste de esta isla, pero con pocas posibilidades de llegar a la zona sureste de Australia (Figura 1.1.2). Estos antecedentes no sólo permiten soportar la existencia de una segunda zona de desove de “blue grenadier” en aguas de Australia sureste, sino que junto con la estructura de edades observadas en las capturas de ambas subpesquerías, se puede inferir que los individuos generados en la principal área de desove permanecen en aguas de la costa este de Tasmania durante los primeros 2 años de vida, luego de lo cual migrarían nuevamente hacia la zona de puesta pudiendo reclutar a la subpesquería “desovante” a partir de lo 4 años (Gunn et al., 1989).



Figura 1.1.1. Localización de áreas con actividad reproductiva de merluza de cola en el área de distribución Atlántico Sudoccidental.

La población de *M. novaezelandiae* distribuida en aguas de Australia y Tasmania se distingue genéticamente de la encontrada en Nueva Zelanda (denominada “hoki”), aunque son la misma especie. En Nueva Zelanda el hoki sustenta una de las pesquerías comerciales más importantes de ese país, con capturas anuales que desde 1987 a la fecha han fluctuado entre 160 mil y 270 mil ton (Francis, 2004). Sobre la base de diferencias morfométricas y tasas de crecimiento se distinguen dos stocks distintos de esta especie en el área de distribución de Nueva Zelanda, uno oeste y otro este (Livingston & Schofield, 1996). El Stock Oeste reside principalmente sobre Campbell Plateau, sur de Nueva Zelanda, y desova en la costa oeste de South Island; mientras que el Stock Este habita sobre Chatham Rise y desova en Cook Strait (Figura 1.1.3).

La distribución espacio-temporal de ambos stocks es compleja y para conocerla se han llevado a cabo una serie de cruceros ictioplanctónicos, evaluaciones acústicas y monitoreo de las capturas, así como estudios morfométricos, genéticos y de crecimiento (Patchell et al., 1987; Murdoch & Chapman, 1989; Coombs & Cordue, 1995; Vignaux, 1996; Livingston et al., 1997; Zeldis et al., 1998; Bull & Livingston, 2001; Francis, 2004).

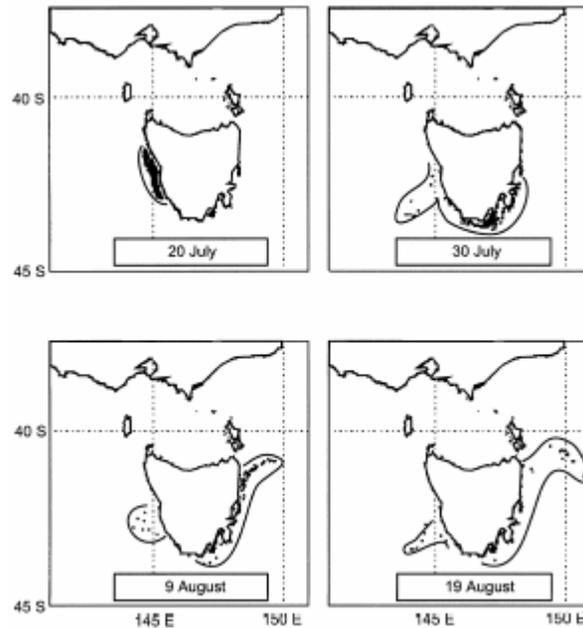


Figura 1.1.2. Modelo de dispersión de partículas originadas desde la costa oeste de Tasmania. Las líneas denotan el rango de cobertura de las partículas y su distribución luego de 10, 20 y 30 días de ser originadas. (Extraído de Bruce et al., 2001).

El Stock Oeste ubicado sobre Campbell Plateau (denominada también región sub-Antártica) inicia su migración con fines reproductivos hacia la costa oeste de South Island desde fines de mayo a inicios de junio, desovando durante julio y agosto (Livingston et al., 1997). Durante la estación de puesta las agregaciones reproductivas se concentran mayoritariamente en la región de Hokitika Canyon a fines de junio y julio (Figura 1.1.4); y posteriormente, a mediados de agosto el stock desovante se encuentra al noroeste de Westport (Hurst, 1987 fide Zeldis et al., 1998). Además, durante este período se produce una renovación continua del stock desovante (O'Driscoll, 2004), permaneciendo los peces en estado de puesta entre 20 y 27 días, luego de lo cual abandonan el área de desove. Al término del período de puesta los peces migran de vuelta hacia la zona de alimentación, proceso que ocurre principalmente durante septiembre. En esta región los huevos son desovados entre 250 y 750 m de profundidad a lo largo de la plataforma y talud continental, y las larvas son transportadas advectivamente hacia la costa (Zeldis, 1993; Zeldis et al., 1998).

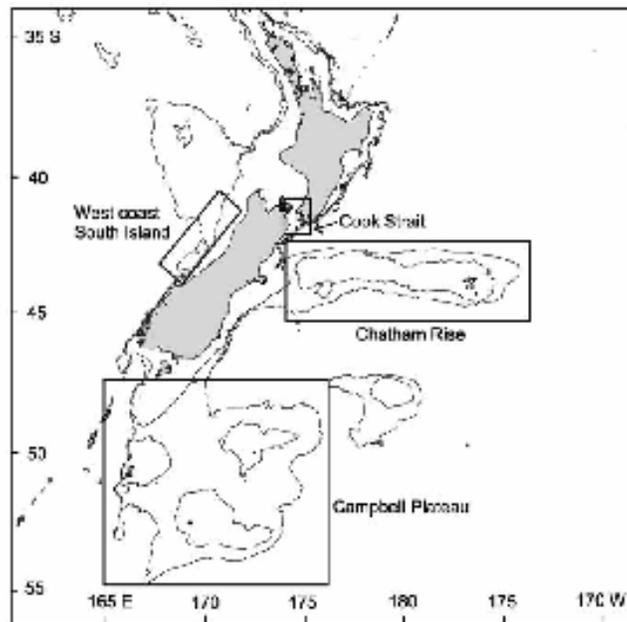


Figura 1.1.3. Mapa de Nueva Zelanda mostrando las principales áreas de distribución de “hoki”, *M. novaezelandiae*. (Extraído de O’Driscoll, 2004).

El Stock Este localizado sobre Chatham Rise migra hacia su área de desove en Cook Strait, aproximadamente durante el mismo período que el stock oeste (Francis, 2004). En esta región también sucede un reemplazo de la fracción desovante en la época de puesta, julio-agosto (O’Driscoll, 2004). Sin embargo, a diferencia de lo observado en la costa oeste de South Island, en Cook Strait los huevos y larvas de “hoki” son encontrados en aguas más someras (Murdoch & Chapman, 1989), por lo que no queda claro si el desove en esta región ocurre a una mayor profundidad.

Los ejemplares juveniles de los stocks Oeste y Este migran hacia la región de aguas someras de Chatham Rise (Bull & Livingston, 2001), reclutando a esa área de crianza entre 1 y 2 años de edad (Livingston & Schoefield, 1996; Livingston et al, 1997). A medida que los peces en esta región crecen y maduran se mueven hacia aguas más profundas; el stock este permanece en Chatham Rise, mientras que el stock oeste se desplaza hacia la zona sub-antártica (Bull & Livingston, 2001), proceso que ocurre a medida que los grupos de edad se desarrollan entre los 3 y 8 años (Livingston et al., 1997).

Sobre la base de la información antes señalada, para las evaluaciones del “hoki” en Nueva Zelanda se trabaja sobre el siguiente modelo de migraciones (Francis, 2004):

“Durante octubre y noviembre el stock oeste migra desde la costa oeste de South Island hacia el área sub-Antártica (grupo 8+) y el stock este lo hace desde Cook Strait hacia Chatham Rise. Desde diciembre a marzo se produce el reclutamiento de los individuos de edad 1+ hacia Chatham Rise (ambos stocks), ocurriendo la pesquería sobre el “hoki” no desovante de ambos stocks. Desde abril a junio el stock oeste (individuos 8+) migra desde Chatham Rise hacia el área sub-Antártica, ocurriendo en esta zona la pesquería sobre individuos no desovantes del stock oeste. A fines de junio se produce la migración reproductiva del stock oeste desde el área su-Antártica hacia la costa oeste de South Island, mientras que el stock este lo hace desde Chatham Rise hacia Cook Strait. Finalmente, desde julio a septiembre se produce la pesquería sobre ambos stocks desovantes”.

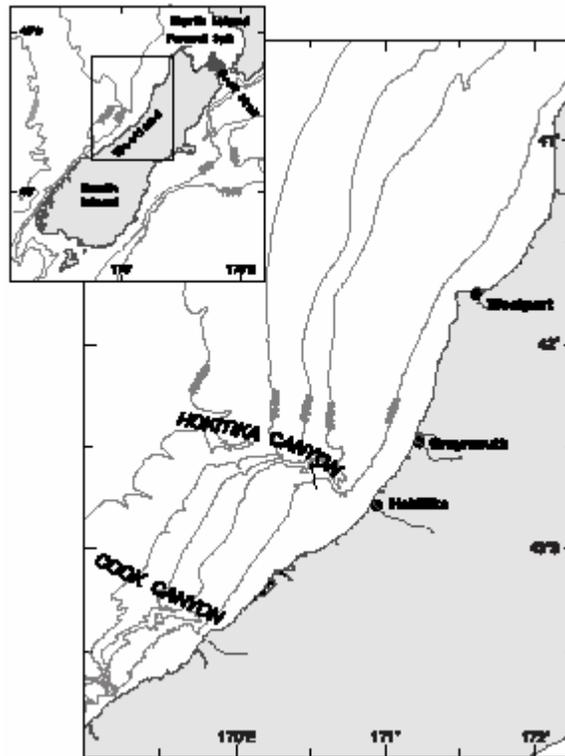


Figura 1.1.4. Puntos de localización del stock desovante oste en South Island, Nueva Zelanda (Extraído de Zeldis et al., 1998).

## Sección 1.2. Condiciones Bio-Oceanográficas

### Nueva Zelanda:

La circulación general alrededor de Nueva Zelanda está dominada por un flujo de corrientes que va desde el oeste, cruzando el Mar de Tasmania, en dirección hacia Nueva Zelanda (Carter et al., 1998 fide Livingston, 2000). En esta zona el Frente Subtropical separa las aguas superficiales de origen Subtropical de aquellas de origen Subantártico, divergencia que tiene lugar en la costa oeste de *South Island* (Livingston, 2000). Otra característica de esta región es que el clima de gran escala esta influenciado por el fenómeno de la Oscilación del Sur/El Niño. Durante eventos El Niño, cuando el Índice de Oscilación del Sur es negativo, las temperaturas del aire y superficial del mar son más bajas que el promedio (Greig et al., 1988).

Debido a que el “hoki” se distribuye en aguas frías de Nueva Zelanda, donde la mayor parte de la biomasa se encuentra asociada con aguas de origen Subantártico; que las temperaturas superficiales del mar más frías están asociadas con Índices de Oscilación del Sur negativos; y, que ha sido demostrado para muchas especies de peces la unión entre la sobrevivencia larval o post-larval y condiciones hidrográficas (Houde, 1987); varios autores han buscado identificar factores ambientales que estén unidos directamente a la variación del reclutamiento del “hoki” en Nueva Zelanda (ver revisión de Livingston, 2000).

Livingston (2000) y Bull & Livingston (2001), estudiaron la relación entre la fuerza del reclutamiento del “hoki” y variables climáticas incluyendo la temperatura superficial del mar (TSM), el Índice de Oscilación del Sur (IOS), patrones sinópticos del tiempo, intensidad de vientos, y la profundidad de la capa de mezcla en la costa oeste de South Island (WCSI; Westland), Cook Strait y Chatham Rise. La fuerza de la clase anual (FCA) del stock oeste estuvo negativamente correlacionada con años El Niño, bajas temperaturas en la costa oeste de South Island (Westland) y patrones de tiempo noroeste en primavera. A su vez, se demostró una correlación positiva con los patrones de tiempo noroeste en verano y suroeste en invierno, y la profundidad de la capa de mezcla durante julio. En el caso del stock este, la FCA se correlacionó negativamente con el patrón de tiempo sureste en invierno y bajas temperaturas sobre Chatham Rise también en la temporada invernal. Por el contrario, la FCA resultó positivamente correlacionada con los patrones de tiempo noroeste y suroeste en invierno, y la intensidad del viento oeste, suroeste y noroeste, todos durante el invierno.

Sin embargo, los análisis de regresión posterior indicaron que solamente las anomalías negativas del Índice de Oscilación del Sur en otoño, las temperaturas superficiales frías del mar en primavera, la profundidad de la capa de mezcla en julio y los patrones de tiempo noroeste en primavera, fueron variables abióticas importantes para el reclutamiento del stock oeste. De estas variables, el Índice de Oscilación del Sur dio cuenta de la mayor parte de la varianza. Respecto al stock este, las variables climáticas más importantes para el reclutamiento fueron los patrones de tiempo y la intensidad del viento suroeste, de las cuales sólo el patrón de tiempo suroeste explicó la mayor parte de la varianza del modelo.

A partir de estos resultados, Livingston (2000) y Bull & Livingston (2001) concluyen que cuando se presentan anomalías negativas en el Índice de Oscilación del Sur durante otoño se producen condiciones favorables para la sobrevivencia larval del stock oeste de “hoki”, las que incluyen entre otras flujo hacia el oeste, temperaturas frías y extensión de la capa de mezcla. Estas variables, a su vez, tienen efectos sobre otros factores.

El flujo hacia el oeste produce surgencia costera, lo que proporciona un medio de transporte para las larvas desde las áreas de puesta hacia aguas costeras más someras, y un aumento en la productividad (Bradford, 1983). La extensión de la capa de mezcla en invierno, la cual se presenta por fuera de la plataforma y en el quiebre de la plataforma en la costa oeste de South Island, durante los meses de julio y agosto, favorecería el crecimiento de especies zooplánctónicas importantes en la dieta de larvas de “hoki” (Bradford-Grieve et al., 1996), tales como fitoplancton, tintínidos y copépodos (Murdoch, 1990).

En Cook Strait, bajo condiciones moderadas de viento se produce surgencia costera, condición que permite el transporte de larvas de “hoki” desde el sitio de desove hacia aguas de la costa noreste de South Island (Cloudy Bay; Murdoch et al., 1990), demostrando que la surgencia en esta zona puede jugar un papel importante en el destino inicial de las larvas desde las áreas de desove (Bull & Livingston, 2001).

De esta forma, la fuerza en las clases anuales del “hoki” depende indirectamente de condiciones climáticas que favorecen el transporte de los productos del desove hacia áreas productivas más cercanas a la costa, donde aumenta la tasa de sobrevivencia larval.

### **Pacífico Sur:**

Ernst et al. (2005) analizaron las bases de datos de 24 proyectos de diversas fuentes, principalmente FIP y CIMAR pero también FONDECYT, con el objetivo general de estudiar la relación entre ambiente oceanográfico y abundancia de huevos y larvas de merluza de cola. En los proyectos realizados en la corriente de Humboldt, zona centro sur de Chile, no se observaron larvas ni huevos del recurso. En cambio, en los cruceros realizados entre la X y XII Regiones, mar interior, sí se observaron huevos y larvas

de merluza de cola en todo el rango latitudinal y en los cuatro meses cubiertos por los distintos cruceros (Agosto a Noviembre). Las mayores abundancias larvales fueron observadas en Agosto y luego decayeron hacia Noviembre.

Es destacable que Ernst et al. (2005) encontraron máximas abundancias larvales en la zona sur de la XII Región, al norte del Estrecho de Magallanes, aunque también obtuvieron altas abundancias en varias estaciones de la X Región.

El análisis de las abundancias de huevos y larvas en el mar interior en relación con variables hidrográficas tales como temperatura y salinidad, condujo a Ernst et al. (2005) a postular la hipótesis que hay una tendencia ontogenética hacia aguas de características más oceánicas, lo que es consistente con la idea que los juveniles van a reclutar eventualmente en las áreas de mar exterior.

### Sección 1.3. Desarrollo de la pesquería chilena de merluza de cola

La pesquería de arrastre se inició en Chile con la pesquería de merluza común en 1938 (Yañez, *et al.*, 1985), creciendo posteriormente con el inicio de la pesquería de crustáceos, alrededor de 1960. Entonces el límite sur de la operación de la flota alcanzaba el Golfo de Arauco, con algunos intentos de explotación del área cercana a Corral (40°S), entre los años 1962 y 1965 (Bahamonde, 1978).

En cuanto al desarrollo de la pesquería de merluza de cola, su inicio se encuentra estrechamente ligado a la exploración, descubrimiento y posterior explotación de los recursos pesqueros demersales encontrados al sur del paralelo 40°S, actividades que luego darían origen a la pesquería sur austral (Corral al cabo de Hornos, 40° - 57° S).

En este texto se describe el desarrollo de esta pesquería, dividiéndolo en cinco etapas o períodos, organización arbitraria que fue adoptada de las descripciones del origen y posterior desarrollo de la pesquería sur austral provistas por Avilés y Zuleta (1979), Zuleta (1979) y Capurro (1979). En este recuento, se complementa con datos adicionales (con énfasis en la pesquería de merluza de cola) la cuarta y última etapa encontrada en estas referencias y se agrega una quinta etapa, que describe el desarrollo más reciente de esta pesquería. Para un mayor detalle respecto de las condiciones que hicieron posible y dieron forma a la actual pesquería sur austral se recomienda al lector consultar a Correa (1985).

#### Primer período: 1964 – 1969

A partir de 1964 el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, creado en 1963) ejecutó una serie de cruceros de exploración con el fin de investigar los recursos de peces demersales, camarones y langostinos, que pudiera haber frente a la costa chilena y determinar la factibilidad de extender hacia el sur las pesquerías ya establecidas de merluza común, camarón, langostino, sardina y anchoveta.

Estas prospecciones se efectuaron a bordo de las embarcaciones: B/M South Pacific, el B/I Carlos Darwin de IFOP, el buque pesquero Andalién, propiedad de la entonces Compañía Pesquera de Alimentos Marinos de San Vicente y el B/I Tiberiades de la Universidad Católica de Valparaíso.

Los estudios se efectuaron inicialmente en el área de San Vicente-Isla Mocha (Fulton, 1964 *vide* Trujillo, 1972) y en el área de Talcahuano-Valdivia (Vestnes, Ström y Villegas, 1965 *vide* Trujillo, 1972). Además entre 1965 y 1969, se efectuaron 13 cruceros en el área comprendida entre Tal-Tal (25°02'S) y la Isla Diego de Almagro (51°30'S) (Ström *et al.*, 1966; IFOP, 1968; Trujillo, 1972).

Sin embargo estos cruceros no cubrieron el mismo rango geográfico y batimétrico, lo que dificultó la integración posterior de los resultados. Sin perjuicio de esto, Trujillo (1972) analizó conjuntamente los datos de pesca de arrastre (efectuados con redes camaroneras) de los cruceros exploratorios conducidos entre los años 1964 y 1969. En su informe este autor reporta que la distribución de la merluza de cola se

extendía de Talcahuano hasta los Fiordos y que ésta se encontraba en abundancia en prácticamente todas las estaciones de esta región. Trujillo también observó que los cambios intra-anales de las zonas en donde las mayores densidades fueron observadas, sugerían movimientos migratorios en la dirección norte-sur. La merluza del sur, en cambio, distribuida entre Valdivia y los Fiordos, se halló en menor cantidad en cada estación, en tanto que la merluza común se observó desde Coquimbo a la Isla Guafo, pero su biomasa parecía concentrarse mayormente entre Coquimbo y Valdivia.

### **Segundo período: 1972 – 1973**

En una segunda etapa de investigación de los recursos de la zona austral, un convenio entre el Gobierno de Chile y el Ministerio de Pesquerías de la Unión Soviética dió lugar al proyecto “Pesca Exploratoria de la Plataforma y Talud Continentales entre Corral y la Zona Austral”, en el que investigadores del IFOP efectuaron dos cruceros a bordo del B/I Akademik Knipovich con el propósito de evaluar cuantitativamente la biomasa de los recursos demersales entre Corral (40°00' S) y el Golfo de Penas (47°32' S), empleando el método de área barrida (Pantoja *et al*, 1973; Bahamonde, 1977).

En el primer crucero ejecutado el verano de 1972, la biomasa total de recursos demersales fue estimada en 1.091.000 t, 68% de la cual correspondió a merluza de cola. Los mejores rendimientos de este recurso se obtuvieron entre los 150 y 300 m de profundidad.

En el crucero efectuado entre marzo y abril de 1973, se concluyó que la merluza de cola era la especie más abundante en todas las zonas evaluadas, con las mayores biomásas distribuidas entre los paralelos 41°40' – 43°50' S (84 mil t), 43°50' – 45°16' S (57 mil t) y 46°54' – 47°32' S (65 mil t). El intervalo de profundidad con mayor captura por hora de arrastre estuvo comprendido entre los 251 y 300 m (Bahamonde, 1977).

Durante este período, también se inicia la captura comercial incipiente en la zona sur austral, con la operación de tres embarcaciones fábrica soviéticas (Melo y Castillo, 1979).

### **Tercer período: 1974 – 1979**

Las investigaciones llevadas a cabo en los períodos previos dieron paso a la explotación pesquera de la zona austral. Sin embargo, los barcos que conformaban la flota de arrastre Chilena durante este período, eran inadecuados a las condiciones de operación de la zona sur austral y entonces la explotación de los recursos demersales al sur del paralelo 37°00'S se inició con la promulgación del Decreto Ley 500 el 3 de junio de 1974, que dió acceso a barcos de bandera extranjera para operar en faenas de pesca en aguas bajo jurisdicción nacional al sur del paralelo 37°S y hasta las 200 millas náuticas hacia el oeste<sup>1</sup>. Como consecuencia de esto, un importante esfuerzo de pesca se desarrolló entre los años 1975 y 1979, período en que operaron un máximo de 17 barcos fábrica distribuidos en 5 países de origen (Alemania, Corea, España, Japón y Portugal) y en que llegaron a operar simultáneamente un total de 14 barcos (Zuleta, 1979).

De las 64 especies potencialmente vulnerables al arte de arrastre en la región de la plataforma al sur del paralelo 37°00'S, sólo 5 de ellas registraron una intencionalidad de pesca como para considerarlas especies objetivo, merluza común, merluza del sur, cojinoba (2 especies) y jurel. El congrio y la cabrilla mostraron un perfil de baja intencionalidad (especies incidentales), mientras que la merluza de cola mostró una intencionalidad intermedia. Las intencionalidades de pesca, presentaron además una tendencia estacional (Zuleta, 1979). De este modo, la flota de largo rango se caracterizaba por actuar sobre un conglomerado de especies, concentrando su esfuerzo en aquellas que resultan más convenientes económicamente. El resto de las especies se catalogaban como secundarias y se canalizaba a través de una combinación de productos alternativos (Bahamonde y Pavéz, 1979). De acuerdo con estos autores, la

<sup>1</sup> Exceptuando el meridiano 74°W entre los paralelos 37°S y 40°S.

merluza del sur presentaba una mayor abundancia relativa entre la Isla Guafo y el sur del Cabo de Hornos, mientras que su importancia era casi nula en la zona exterior de Corral. Para este recurso la intencionalidad de captura era clara a juzgar por su mayor proporción en las capturas. La merluza de cola sin embargo, a pesar de que era la especie más abundante, estaba poco representada en las capturas, lo que revelaba su intencionalidad intermedia de captura (Bahamonde y Pavéz, 1979; Sandoval, 1979; Zuleta, 1979). En el caso de algunas empresas en particular, la merluza de cola claramente no era de interés comercial (Sandoval, 1979).

Durante la vigencia del D.L. 500 se observaron tres zonas de operación Zona 1: 38°30'S (Sur de la Isla Mocha) – 43°30'S (Boca del Guafo); Zona 2: 43°30'S- 46°30'S (Golfo de Penas); Zona 3: 46°30'S – 55°00'S. En la Zona 1 se encontraba preferentemente a la merluza común y el jurel; en la Zona 2, la merluza del sur, la cojinoba, el congrio dorado y la merluza de cola; en la Zona 3 se encontraba preferentemente la merluza del sur, cojinoba del sur y la merluza de tres aletas (Zuleta, 1979).

Un hito relevante de este período tiene lugar en septiembre de 1977, cuando el Instituto de Fomento Pesquero suscribe un convenio de acción conjunta con el Centro de Investigaciones Marinas de Japón (JAMARC), para realizar evaluaciones directas de los recursos demersales distribuidos entre los paralelos 40°S y 57° S. Estas investigaciones se materializaron en cuatro cruceros estacionales, que llegaron a su término en agosto de 1978 (Capurro, 1979). De acuerdo a los resultados de los cruceros IFOP-JAMARC conducidos entre 1977 y 1979 con el B/P Akebono Maru 72, la especie más abundante entre los paralelos 41°40' S y 52°00' S era la merluza de cola, al norte del paralelo 41°40' S la merluza común, mientras que al sur del paralelo 52°00' S, la merluza del sur y la merluza de tres aletas eran las más abundantes (Bahamonde y Pavéz, 1979; Bahamonde, 1978; Zuleta, 1979).

La biomasa total evaluada fue mayor entre los paralelos 40° - 47° S, distribución que se mantuvo en los dos años en que se efectuaron estos cruceros (Bahamonde y Pavéz, 1979). En ellos también se efectuó una caracterización de los fondos, concluyéndose que las zonas arrastrables eran muy limitadas y que esto producía un efecto de concentración del esfuerzo de pesca comercial (Bahamonde y Pavéz, 1979). Los estimados de biomasa de estos cruceros, mostraron un evidente movimiento latitudinal de merluza de cola dentro de la zona sur austral (Bahamonde y Pavéz, 1979).

#### Cuarto período: 1979 – 1997

El 31 de diciembre de 1978 caducó el D.L. 500 (Capurro, 1979) y durante un corto período la operación de los buques extranjeros quedó regulada por el D.L. 130/59 (Ministerio de Agricultura), promulgado con motivo de la llegada de flotas de barcos pesqueros extranjeros para realizar actividades de pesca en aguas de jurisdicción nacional<sup>2</sup> (Correa, 1985).

La fase siguiente en el desarrollo de esta pesquería, fue la constitución de sociedades pesqueras en el marco del D.L. 600/74 (MINECOM), también conocido como “Estatuto de Inversión Extranjera”<sup>3</sup> y se procedió entonces a la autorización de inversión extranjera en el sector pesquero a sociedades que operarían con buques fábrica (A este estatuto se acogió gran parte de las empresas que ya estaban operando en la zona bajo el D.L. 500), celebrando un contrato entre el Estado de Chile y el Inversor Extranjero<sup>4</sup>.

En estas sociedades pesqueras un inversionista nacional, quien era representante legal de la empresa receptora que se constituía en Chile, se asociaba a la empresa extranjera (este en casi todos los casos era un ejecutivo de la misma empresa extranjera, que posteriormente se desempeñaba como Gerente General de la sociedad receptora)<sup>5</sup> y los aportes de inversión se canalizaban en la forma de bienes (buques fábrica y

2 Este decreto autorizaba la operación de buques fábrica hasta por períodos de 100 días.

3 Modificado por el D.L. 1.748/77.

4 La estructura de estas sociedades se encuentra descrita con mayor detalle en Correa (1985).

5 Esto porque el estatuto de inversión extranjera permitía al inversor actuar en Chile, ya sea asociado con inversionistas locales o no

equipos). Correa (1985), lista 8 sociedades pesqueras que se constituyeron bajo este marco legal (4 japonesas, 3 españolas y una coreana), algunas de las cuales aún se encuentran operando en la pesquería austral.

Una vez constituida la sociedad en Chile, las empresas en virtud de la legislación Chilena pasaban a entenderse como nacionales y la Subsecretaría de Pesca otorgaba el permiso respectivo para operar los buques fábrica bajo bandera nacional, al sur del paralelo 43° S (conforme a lo dispuesto en los Decretos Ley, 453/63, 340/78, 432/79 y 175/80 (MINECOM). Para cumplir con el requerimiento del permiso, las sociedades debieron matricular sus naves en Chile de acuerdo a lo especificado en el D.L. 2.222 (Ley de navegación).

La organización de todas estas empresas era similar, la mayoría dependía de empresas multinacionales (compañía matriz) ubicadas en el país de origen, las cuales les brindaban soporte en diversas áreas. La comercialización de los productos consistía en su venta a la casa matriz, o a otras compañías del mismo tipo, de modo que la cantidad y tipo de productos procesados por los buques fábrica, dependía de las condiciones de mercado detectadas por la casa matriz y de la disponibilidad de recursos pesqueros, de tal forma que las compañías filiales contaban de antemano con un mercado para los productos que exportaban (Correa, 1985).

La constitución de las sociedades pesqueras nacionales que operaban buques fábrica, marca el inicio de la pesquería demersal austral chilena (PDA). Posteriormente, se desarrollarían otros eventos que le dieron las características que hoy observamos, sin embargo varios de los rasgos distintivos de esta pesquería se definieron en esta etapa.

La primera cuota de captura se fijó en 1979, autorizando una captura máxima permisible de 70 mil toneladas agregada para todas las especies, que fue distribuida en cantidades fijas por trimestre (Anon, 1987). En 1980 se fijó en 130 milímetros el tamaño de malla para los artes de arrastre que se empleaban en la captura de peces en el área al sur del paralelo 43°S, prohibiéndose además el uso de cubrecopos (D.L. N° 144/80). A partir de 1991 se comienza la aplicación de vedas reproductivas, primero en el área aledaña a Guamblin y a partir de 1996, entre los paralelos 41°28,6 y 57° S (D.Ex. 149/96, SUBPESCA). Hasta 1983 la pesquería se desarrolló sólo con barcos factoría que operaban entre las latitudes 43° y 57° S y a partir de 1984 se inició la operación sistemática de barcos hieleros (aún cuando su operación esporádica ya se venía observando desde 1980; Galeno, 1990)<sup>6</sup> que conjuntamente con la pesquería artesanal<sup>2</sup> proveían de materia prima a plantas de proceso instaladas en tierra. La dificultad del sector artesanal para proveer en forma regular de materia prima a este tipo de empresas, condujo eventualmente a las grandes firmas de la X Región a adquirir embarcaciones hieleras. (Aguayo et al., 1986).

La pesquería presentaba una clara intencionalidad de pesca sobre las especies objetivo merluza del sur, congrio dorado y cojinobas, recursos sobre los cuales existía preferencia en el mercado. Lo anterior, sumado a que la merluza de cola era uno de los recursos más abundantes en el área de la pesquería, determinaban que la composición específica de las capturas estuviese dada principalmente por: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado, cojinobas, brótula, merluza de tres aletas y jurel. Durante este período la merluza de cola era un recurso incidental en la captura (Aguayo *et al.*, 1986).

Similar al patrón operacional observado durante la vigencia del D.L. 500 (Zuleta, 1979), en este período la actividad de la flota de barcos factoría, comenzaba preferentemente hacia fines de marzo (debido a los bajos rendimientos que se obtienen en los meses de verano), intensificándose de mayo a

---

(situación que sólo ocurrió en dos casos en los cuales el monto aportado por el inversionista nacional no superaba el 20% del capital). Por lo tanto los inversionistas extranjeros tenían en todos los casos el control de la empresa en Chile.

<sup>6</sup> A partir de 1984 y con la incorporación del espinel horizontal se inició el desarrollo de la pesquería artesanal dedicada principalmente a la extracción de merluza del sur en el mar interior de Chiloé. Luego a partir de 1986-1987 se desarrollan las flotas espinelera hielera y espinelera fábrica, ambas orientadas a la merluza del sur y congrio dorado como captura objetivo, las primera en aguas exteriores entre los paralelos 40°30'S y 46°00'S y los segundos entre los 44°30'S y 57°00'S. A partir de 1991 estas flotas orientarían su esfuerzo principalmente a la captura de bacalao de profundidad (Aguayo *et al.*, 1993). La merluza de cola está prácticamente ausente de las capturas en el espinel industrial y artesanal (Aguayo *et al.*, 1991).

noviembre, de acuerdo a la mayor disponibilidad de merluza del sur, la especie objetivo principal (Aguayo *et al.*, 1986, Young *et al.*, 1998).

Durante los primeros cinco años de la pesquería, la zona comprendida aproximadamente entre los paralelos 43°00'S y 47°00'S (con una concentración del esfuerzo entre los paralelos 44°30' y 46°30' S, la zona de operación de los barcos hieleros) fue una de las más explotadas, luego su importancia comenzó disminuir en la medida que la flota se fue desplazando hacia el sur en busca de nuevas y mejores zonas de pesca. (Aguayo *et al.*, 1986). En estos primeros años se observó un desplazamiento gradual de la flota hacia el sur (52°01'S 57°00'S), en una primera etapa debido a las restricciones administrativas y luego motivado por la búsqueda de mejores caladeros (Aguayo *et al.*, 1986). En esta zona el esfuerzo se intensificaba en mayo-julio y octubre-noviembre, cuando la abundancia de merluza del sur era mayor en el área. La zona comprendida entre los paralelos 47°41' – 52° S era menos explotada, debido a los reducidos fondos arrastrables en el área.

Posteriormente, el patrón espacial de operación de la flota arrastrera adoptó una forma característica. En el caso de la flota fábrica, durante el primer semestre el esfuerzo de pesca se concentraba en la zona sur exterior (al sur de la latitud 50° S) (capturando ejemplares grandes con bajo nivel de desarrollo sexual), luego entre julio y septiembre los barcos se desplazaban a la zona norte exterior (al área principal de desove, aproximadamente entre la Isla Guafo y Pta. Taitao (la talla promedio de los ejemplares era aquí más baja y el nivel de actividad sexual era mayor), para posteriormente finalizar el año pescando en la zona sur (Céspedes *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1998). De modo característico, los mayores rendimientos de pesca de merluza del sur y merluza de cola se lograban en la zona norte exterior, coincidiendo con el período reproductivo de la población (Céspedes *et al.*, 1997, Young *et al.*, 1998).

Los barcos hieleros en cambio, iniciaban el año operando principalmente al norte del 41°28,6' S, y desde mayo en adelante, el esfuerzo se concentraba en la zona norte exterior (excepto en agosto debido a la veda reproductiva de merluza del sur). No obstante, esta flota también presentaba actividad en la zona sur exterior (Céspedes *et al.*, 1997).

Ya en 1985 se produjo el ingreso a la pesquería de embarcaciones que pertenecían a empresas con capital de origen nacional (Aguayo *et al.*, 1986). El arte de pesca empleado en esta etapa de la pesquería, era una red de fondo con portalones, cuyo diseño básico equivalía a una red japonesa de 6 paneles (Aguayo *et al.*, 1986).

Durante este período, la flota de buques factoría empleaba como base de operaciones el puerto de Punta Arenas, donde transferían el producto de su captura a buques frigoríficos. Ocasionalmente algunas de estas embarcaciones recalaban en el puerto de Valparaíso. Los arrastreros hieleros en cambio, operaban con puerto base en Chonchi o Puerto Chacabuco<sup>7</sup> (Aguayo *et al.*, 1986).

La flota arrastrera fábrica capturaba merluza de cola en cantidades significativas, siendo ésta la captura incidental más importante (Céspedes *et al.*, 1997), en la flota arrastrera hielera en cambio, la merluza de cola prácticamente no se desembarcaba (Aguayo *et al.*, 1986; Young *et al.*, 1998), muy probablemente debido a la falta de mercado y al rápido deterioro de la calidad que experimentan las capturas de merluza de cola (Quick Frozen Foods International, 1990).

En los buques fábrica la merluza de cola era destinada a las dos líneas de elaboración posibles, productos congelados (HG y filete) (Zuleta 1979; Correa, 1985) y harina de pescado, en aquellos casos en que el buque estaba dotado de planta de harina (para procesar desechos y especies sin interés). El tipo de línea de elaboración era determinado por el mercado (Correa, 1985). Aguayo *et al.* (1991) señalan que entre 1979 y 1990, la harina de pescado era la principal línea de elaboración de este recurso y en la década de los 80's, la merluza de cola representaba alrededor del 30% de la captura total de la flota arrastrera fábrica (Aguayo *et al.*, 1986, 1989, 1990).

En 1984 se inició el desarrollo de una importante pesquería de cerco de merluza de cola en la zona

<sup>7</sup> Con el tiempo Puerto Chacabuco se convertiría en el principal puerto base de la flota hielera en la pesquería austral, sin embargo, estos barcos no estaban restringidos al área de la pesquería austral y eventualmente podían recalcar en puertos de la zona centro sur

centro sur de Chile ( $29^{\circ}10,58' S$  -  $41^{\circ} 28,6' S$ ), la que entre los años 1986 y 2000 produjo desembarques del orden de 70 mil a 360 mil toneladas anuales. De modo característico, ésta pesquería explotaba la fracción juvenil del stock (distribuidos entre la superficie y los 70 m) y presentaba una temporada de pesca restringida al período primavera-verano, como resultado de la baja que exhibía en este período la disponibilidad de jurel, principal recurso objetivo de la flota de cerco (Cubillos *et al.*, 1998).

A partir de 1990, la merluza de cola representaba alrededor del 40% del desembarque de la flota arrastrera fábrica y entre mayo y julio su importancia relativa ascendía a un 50% a 70% de la captura total de esta flota (Aguayo *et al.*, 1991, 1992, 1993, 1994). En la flota arrastrera hielera en cambio, no se registran en este período desembarques de merluza de cola, sino más bien un incremento en las capturas de merluza común, recurso que la flota hielera de la PDA explotaba en el límite sur de su distribución (límite norte de la PDA,  $40^{\circ}00'S$  -  $44^{\circ}30'S$ )<sup>8</sup> (Aguayo *et al.*, 1994).

La mayor importancia relativa de las capturas de merluza de cola en la flota arrastrera fábrica y de merluza común en la flota de barcos hieleros que operaban en la PDA, coincide con el estado de deterioro en que se encontraban los stocks de merluza del sur y congrio dorado al final de la década de los 80's (Aguayo *et al.*, 1991).

El nivel de explotación de la merluza del sur en toda el área de la pesquería, especialmente desde 1986, producto de la notable intensificación del esfuerzo pesquero en aguas interiores y de las capturas de la flota arrastrera fábrica en el caladero de Guamblín ( $44^{\circ}30'S$  -  $46^{\circ}30'S$ ) durante el período de reproducción de la especie (julio-septiembre), contribuyeron a que en 1990 este stock mostrara claros indicios de sobre-explotación (Aguayo *et al.*, 1991).

El congrio dorado, considerado como recurso incidental en los primeros años de la pesquería, fue incrementando su importancia con el tiempo (debido a un mayor conocimiento de su distribución estacional por parte de la flota pesquera) y como resultado, a partir de 1987 se produjo una evidente y sostenida disminución de la abundancia en los caladeros del mar exterior y en 1990 este stock se encontraba en una etapa de sobrepesca (Aguayo *et al.*, 1991, 1992).

Entre los años 1988 y 1993, la flota industrial estaba constituida por un gran número de buques, el que alcanzó un máximo en el año 1990 (Tabla 1.3.1). En los siguientes años, se produjo un retiro de barcos (principalmente barcos espineleros), producto de la disminución de la biomasa de merluza del sur y congrio dorado (las especies objetivos principales) y para 1995, la flota arrastrera fábrica se había reducido a la mitad del tamaño que alcanzó en los años previos a 1990 (con la consiguiente reducción en el esfuerzo y captura totales) (Tabla 1.3.1).

La flota arrastrera hielera en cambio, mantuvo un tamaño más estable que el de las demás flotas y operaba con mayor regularidad durante el año<sup>9</sup> (Céspedes *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1998, 2001).

Luego de la creación del Fondo de Investigación Pesquera (FIP) por la Ley General de Pesca y Acuicultura en 1991 (LGPA), el FIP financió en este cuarto período cuatro cruceros de evaluación directa de recursos demersales, entre los cuales el ejecutado en 1995 se orientó específicamente a la evaluación acústica del stock de merluza de cola (Lillo *et al.*, 1997).

Estudios de pescas de investigación iniciados en 1993, con la operación en la zona austral de un barco arrastrero fábrica equipado con una red de media agua, dieron origen a la pesquería de merluza de tres aletas destinada a la producción de surimi, en donde también se captura y procesa merluza de cola (Aguayo *et al.*, 1994; Céspedes *et al.*, 1997).

---

<sup>8</sup> La excepción fue el año 1992, cuando se registró una recuperación transitoria de los rendimientos de la flota hielera durante el primer semestre, causada por una concentración inusual de merluza del sur en ésta área (Aguayo *et al.*, 1994).

<sup>9</sup> La flota espinelera fue la que experimentó los mayores cambios en su tamaño. A partir de 1991 ésta extendió su operación a la explotación del bacalao de profundidad, reduciendo su actividad en la pesquería de merluza del sur (Céspedes *et al.*, 1997).

Nueve años antes, dos compañías neozelandesas habían iniciado la exportación de productos congelados de merluza de cola a Estados Unidos y para 1989, 6.900 t de filetes de merluza de cola eran exportadas a este mercado (Quick Frozen Foods International, 1990).

En los 90's el mercado mundial para filetes de carne blanca de alto precio, comenzó a aceptar sustitutos de menor valor (FAO, 1999) y la merluza de cola ocupó un lugar en el mercado norteamericano junto al cod y el pollock (Quick Frozen Foods International, 1990). Una posterior reducción en las tarifas de la comunidad europea a partir de 1995, contribuyó a incrementar la fracción de las exportaciones de merluza de cola que Nueva Zelanda destinaba al mercado europeo, en donde el producto ya se beneficiaba de una creciente aceptación (FAO, 1999).

Entre 1986 y 1990, los barcos surimeros dominaban las capturas de Nueva Zelanda, pero con el desarrollo de las exportaciones a partir de 1990, el HG, el filete y la captura en fresco (para su proceso en plantas localizadas en tierra), incrementaron su importancia como productos de exportación en tanto que la producción de surimi declinó ya que estas líneas de elaboración compiten por la materia prima (Status of New Zealand of Fisheries. Hoki Plenary Documents, 2007; [www.fish.govt.nz/en-nz/](http://www.fish.govt.nz/en-nz/)).

Habiendo Nueva Zelanda abierto el mercado norteamericano y europeo para los productos congelados de merluza de cola y considerando el status que los stocks de merluza del sur y congrio dorado presentaban a inicios de los años 90, el desarrollo de una pesquería de merluza de cola sustentada en la exportación de productos congelados, era la alternativa obvia para la pesquería de arrastre desarrollada en la zona sur austral de Chile.

#### **Quinto período: 1998 al presente:**

Hasta este punto en la historia de la pesquería de merluza de cola, el uso de redes de media agua no se había extendido a toda la flota, siendo empleada regularmente sólo en la pesquería de merluza de tres aletas en donde la merluza de cola es un recurso alternativo<sup>10</sup>. Desde 1998 en adelante se observó un uso más extendido de este arte en las demás unidades de la flota arrastrera fábrica (Canales, 2007) y eventualmente también en los buques hieleros. En el período anterior ya se había desarrollado el interés por capturar merluza de cola para la elaboración de productos congelados y la red de media agua es el método más adecuado para ello ya que esta especie se distribuye en la columna de agua (Pantoja *et al.*, 1973; Lillo *et al.*, 2000, 2002), lo que reduce la efectividad de las redes de arrastre de fondo al quedar gran parte de los peces fuera de su alcance (particularmente cuando la red posee escasa abertura vertical). (Bahamonde, 1977).

En el año 2000 la pesquería de merluza de cola fue dividida en dos unidades administrativas declaradas en régimen de plena explotación, la unidad de pesquería norte (UPN) entre las Regiones V y X (32°10'23" – 43°44'17" S) (D.S. N° 683/00, MINECOM) y la unidad de pesquería sur (UPS) entre las Regiones XI y XII (43°44'17" – 57°00'00" S), excluidas las aguas interiores (D.S. N° 686/00, MINECOM) (Figura 1.3.1). De acuerdo con la LGPA, esto facultó al estado a fijar cuotas globales de captura para cada unidad de pesquería.

---

<sup>10</sup> De acuerdo con antecedentes de terreno, el uso de red de media agua en la PDA ya se había observado a partir de 1987 en los barcos fábrica congelador Kirishima y Unzen.



### Sección 1.4. La Unidad de Pesquería Norte y la pesquería demersal centro sur

El principal recurso objetivo de la pesquería demersal centro sur (PDCS) es la merluza común, de manera que sus límites geográficos están en cierto modo determinados por aquellos de la unidad de pesquería (UP) de este recurso (excluyendo claro está, la pesquería de aguas profundas) establecida entre el límite norte de la IV Región ( $29^{\circ}10'35''$  S.) y el paralelo  $41^{\circ}28,6'$  S (X Región) y hacia el oeste hasta las 60 m.n. (D.S. N°354-93, MINECOM)<sup>11</sup>. Se desprende de esto que la zona sur de la Unidad de Pesquería Norte (UPN) de merluza de cola, se encuentra en lo que se ha convenido en denominar zona norte exterior de la PDA ( $43^{\circ}00' - 47^{\circ}00'$  S) (Figura 1.4.1).

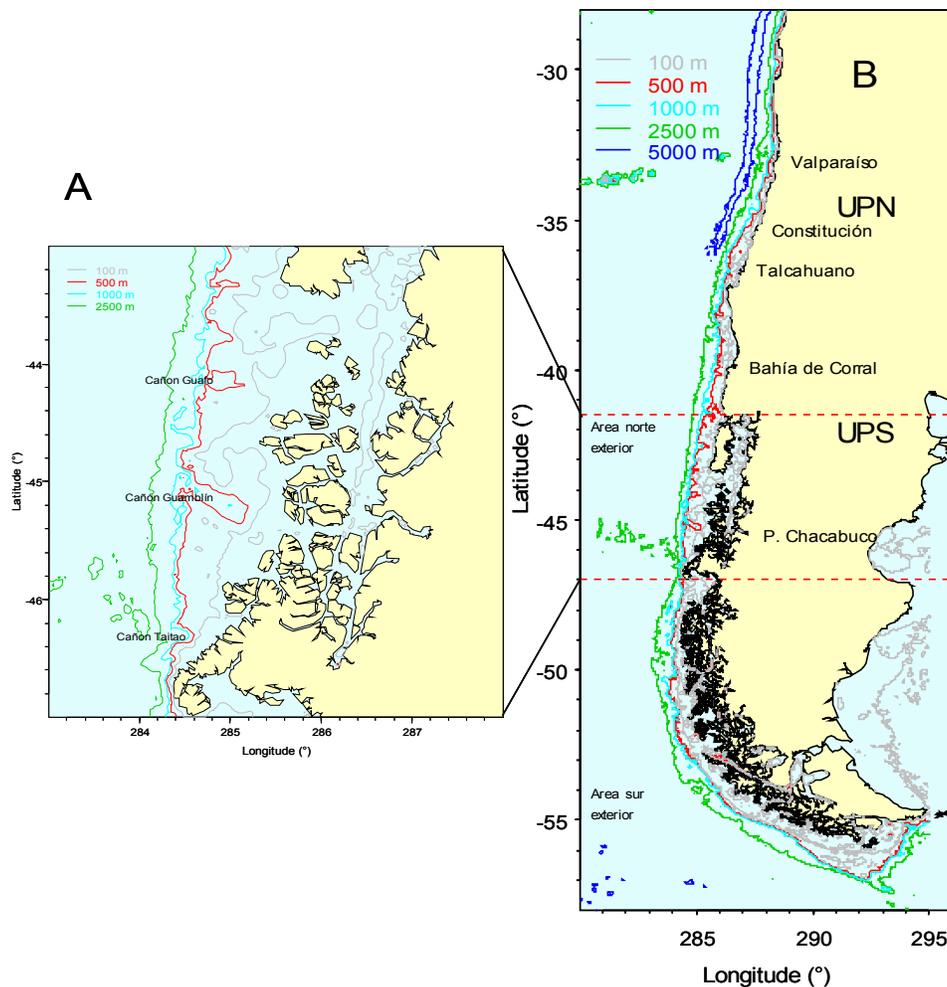


Figura 1.4.1. (A) Unidad de pesquería norte (UPN:  $32^{\circ}10'23'' - 43^{\circ}44'17''$  S) y unidad de pesquería sur (UPS:  $43^{\circ}44'17'' - 57^{\circ}00'00''$  S), indicando los límites de las sub-áreas norte exterior y sur exterior; (B) ampliación de la zona norte exterior.

<sup>11</sup> De esta definición proviene la convención no oficial de los proyectos de monitoreo de usar la latitud  $41^{\circ}28,6'$  S como el límite entre la PDCS y la pesquería demersal austral o PDA.

En 1998 se declaró la UP de orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) en Régimen de Pesquerías en Desarrollo Incipiente (D.S. N° 538/98 y D.Ex. N° 507/98, MINECON) y en 1999 se inicia la pesquería chilena de aguas profundas. A partir de este año, un número de 5 a 10 barcos hieleros (con un promedio de 6 barcos de gran poder de pesca operando regularmente) participaban en esta pesquería entre abril y septiembre de cada año, restando esfuerzo de pesca a las pesquerías desarrolladas sobre la plataforma continental (Tascheri *et al.*, 2001). Sin perjuicio de ello, estos barcos también capturaban merluza de cola en la zona de Juan Fernández o bien en el viaje de regreso de esta zona, cuando los viajes de pesca de recursos de aguas profundas no alcanzaban la captura esperada. Esta circunstancia es la causa de la mayoría de los lances de pesca efectuados en la región norte de la UPN (Tascheri *et al.*, 2003, 2004).

Entre el 13 de noviembre del 2000 y el 31 de diciembre del mismo año, la Subsecretaría de Pesca autorizó al IFOP a efectuar la “Pesca de investigación de merluza de cola entre la V y la X Regiones” (Res. N° 2.455/00, SUBPESCA) por fuera del área de reserva artesanal. En esta pesca de investigación participaron 36 armadores, los que conformaron una flota de 45 embarcaciones, 37 de las cuales eran barcos de la flota de cerco y 8 eran barcos arrastreros. Hasta esa fecha, la pesquería centro sur de merluza de cola prácticamente había sido una pesquería de cerco, de modo que esta pesca de investigación marca el inicio de la pesquería de arrastre de merluza de cola en la zona centro sur.

Durante los últimos meses del año 2000 e inicios del 2001, el fraccionamiento mensual de la cuota global anual de captura fijada para el año 2000 (D.Ex. 318/02, SUBPESCA) y la discusión de la ley de límites máximos de captura por armador (LMCA, bajo la cual la historia previa de captura de cada armadores determinaba sus derechos de extracción, Res. 172/01, SUBPESCA) sostenida en el senado durante este período, promovió en la zona centro sur una intensa carrera por capturar merluza común. La alta capacidad de extracción de la flota industrial, que superaba las cuotas mensuales autorizadas, produjo entre septiembre y diciembre de 2000, una duración extremadamente corta de los períodos de pesca de merluza común, situación a la que la flota se adaptó buscando y extrayendo otros recursos. Se presume que este fue un período de “aprendizaje” para los barcos hieleros que operaban en la pesquería de arrastre de la zona centro sur, en donde se desarrollaron las tácticas de pesca (Tascheri *et al.*, 2001, 2005). Este proceso continuó en la pesca de investigación que tuvo lugar en noviembre y diciembre del mismo año.

Es importante notar aquí que en 1995, alrededor del 60% de la inversión en la PDCS radicaba en las empresas que elaboraban harina de pescado, Pero en 1997, luego de una importante disminución del capital invertido la mayor cantidad del capital se destinó a la rama industrial para consumo humano. Las inversiones efectuadas en 1997-98 respondieron a la adquisición de maquinarias e instalaciones para mejorar la detección de los recursos y para la mantención de la calidad de la materia prima a bordo (Tascheri *et al.*, 2001).

El establecimiento de cuotas individuales en el año 2001 (LMCA; Ley 19.713/01, MINECOM), terminó con la carrera por capturar merluza común (zona centro sur) o merluza del sur (zona sur austral) promovida por la existencia de una cuota global de captura anual y por esta razón en los años que siguieron los barcos hieleros modificaron su patrón operacional.

El esfuerzo de pesca fue entonces distribuido, capturando por lo general varias especies objetivo en un mismo viaje de pesca (como merluza del sur, merluza común, merluza de cola, congrio dorado, besugo, orange roughy y alfonsino). Esta modalidad de operación tenía por objetivo general mantener un suministro constante de materia prima, haciendo un uso gradual de las cuotas individuales de captura (Tascheri *et al.*, 2001, 2004). Como consecuencia de este modo de operación la duración de los viajes de pesca se incrementó (Tascheri *et al.*, 2004).

Iniciada en el año 2001, la pesquería de arrastre de merluza de cola en la zona centro sur estaba conformada por barcos arrastreros hieleros, tanto de los armadores que operaban regularmente en la pesquería austral (con base en Puerto Chacabuco, pero que en determinados períodos también operaron desde Lirquén y Talcahuano) como de las empresas que operan con regularidad en la zona centro sur (con puerto base en Talcahuano y San Vicente) (Tascheri *et al.*, 2001, 2004). La pesquería de merluza de cola desarrollada por estos arrastreros hieleros, estaba asociada a la plataforma y talud continental de la UPN.

Los lances de pesca efectuados por los barcos hieleros equipados con red de arrastre de fondo, estaban dirigidos a capturar especies objetivo como merluza común, merluza del sur o besugo y en estas capturas, la merluza de cola era una especie incidental (Tascheri *et al.*, 2003, 2004), pero en los lances dirigidos a capturar merluza de cola, el arte de pesca empleado era una red de arrastre de media agua (Tascheri *et al.*, 2001, 2003; Caballero *et al.*, 2003) y la mayor parte de las veces, en un mismo viaje de pesca la red era cambiada en función de la pesca objetivo. En este período, la intencionalidad de captura de los barcos hieleros también variaba mensualmente según la firma y el barco, siendo posible observar buques que capturaban exclusivamente merluza de cola en todos o algunos de los viajes de pesca (Tascheri *et al.*, 2005). En estos años también se observó una serie de precauciones tendientes a mejorar la calidad de la captura (disminución de la duración de los lances de pesca, uso de una mayor cantidad de hielo en las cajas, menor número de ejemplares almacenados por caja, extracción de merluza de cola en los últimos lances de cada viaje, atendiendo a su menor tiempo de conservación) (Tascheri *et al.*, 2001). Entre los años 2002 y 2003, se registraron también cambios en las redes de media agua empleadas en esta pesquería, las que se hicieron más cortas, con el propósito de evitar comprimir la captura en el copo y conservar así su calidad (Tascheri *et al.*, 2003, 2004).

Las precauciones citadas eran consecuentes con el incremento que experimentó en este período la producción de congelados para consumo humano. Entre estos productos, las principales líneas de elaboración de la merluza de cola eran filete, HG y fish block (Tascheri *et al.*, 2003, 2005).

Las capturas más significativas se lograban en lances efectuados entre las 22:00 hr y las 07:00 hr, con una profundidad media de trabajo de aproximadamente 550 m (Tascheri *et al.*, 2005). Melo *et al.*, (2002) indican que en la zona centro sur, los lances entre las 18:00 hr y 6:00 hr, encontraban a la merluza de cola cerca del fondo y las capturas retenían una fracción menor de merluza común.

Al respecto, las resoluciones N° 1.557/95, N° 119/96 y N° 120/96 de la Subsecretaría de Pesca, establecen que el arte de pesca autorizado para la captura de merluza común es la red de arrastre de fondo, de modo que la captura de merluza de cola empleando una red de media agua tiene una implicancia legal si simultáneamente se capturan cantidades importantes de merluza común<sup>12</sup>. Por esta razón la Subsecretaría de Pesca autorizó una pesca de investigación con el propósito de evaluar la factibilidad técnica de desarrollar la pesquería de merluza de cola con red de arrastre de media agua. La primera fase de este estudio se ejecutó entre octubre de 2001 y febrero de 2002 y la segunda, entre febrero y diciembre de 2003 (Res. N°10801/01 y Res. N°438/02, SUBPESCA; Melo *et al.*, 2002, 2004). En ambas investigaciones participaron dos arrastreros hieleros y dos barcos mixtos<sup>13</sup>. Los barcos mixtos registraron tasas de captura significativamente mayores.

En este período había un total de 4 barcos mixtos en condiciones de participar en una pesquería de arrastre de media agua. El objetivo administrativo era desarrollar una pesquería que diera mayor valor agregado a los productos derivados de la merluza de cola, en donde no sólo participarían los barcos arrastreros hieleros (que ya se encontraban operando y que contaban con autorización para la extracción de merluza común en su UP), sino también barcos mixtos, que no contasen con autorización de pesca de merluza común en su UP (Res.Ex. N°2.481/04<sup>14</sup>, SUBPESCA, 2004a). En algunas firmas se hicieron inversiones en tecnología e infraestructura, incentivadas por expectativas originadas en esta pesquería.

El año siguiente, la Resolución N°1.298/05, dejaría sin efecto la Resolución N° 2.481/04, en virtud de una sentencia de la Corte Suprema con fecha 30 de diciembre de 2004 recaída en el recurso de protección rol N° 5.827/04 y la operación de barcos mixtos quedo reducida a los viajes de pesca efectuados en el marco de pesca de investigación. De hecho, estos fueron los únicos barcos de la flota de cerco que participaron en la pesquería de merluza de cola en el año 2003, lo que hicieron operando redes de arrastre de media agua.

Ya en el año 2002 todos los indicadores operacionales de la flota de cerco, que en la década de los 90 produjo los mayores desembarques de este recurso, presentaron una fuerte reducción respecto del promedio histórico (Caballero *et al.*, 2003), lo que ha sido atribuido a la fuerte explotación de reclutas por parte de esta flota en la UPN durante la segunda mitad de los noventa<sup>15</sup> y a una reducción en los reclutamientos durante la segunda mitad de la década de los 90's e inicios del año 2000 (Canales *et al.*, 2008; SUBPESCA, 2004b). A partir del año 2003, los ejemplares juveniles no han estado disponibles a la flota de cerco en la UPN (SUBPESCA, 2004b).

---

12 En la UP de merluza común se da una interacción tecnológica entre una pesquería de arrastre de media agua de merluza de cola y una de merluza común de arrastre de fondo. Entre los años 2001 y 2003 se efectuó una pesca de investigación para evaluar su magnitud.

13 Las embarcaciones mixtas son barcos pesqueros que tienen la capacidad de operar tanto la red de cerco como la red de arrastre de media agua.

14 La Resolución exenta N°2.481/04 autorizó el uso de redes de arrastre de media agua en la pesca dirigida a merluza de cola, a las naves que contaran con la autorización para capturar este recurso con dicho arte de pesca y que no contasen con autorización de merluza común en su UP. La autorización regía para el área marítima comprendida entre los paralelos 34°30'S y 41°28,6'S al oeste de una línea imaginaria trazada en el veril de los 300 m y requería el uso de equipamiento acústico adecuado para discriminar las agregaciones de merluza de cola y las agregaciones de otros recursos.

15 Fracción de la población que sustentaba esta pesquería (Caballero *et al.*, 2003; Canales *et al.*, 2008).

En el año 2003, junto con la reducción de los desembarques de merluza de cola producidos por la flota de cerco, se registró un incremento sostenido de los desembarques de la flota arrastrera en las dos unidades de pesquería, duplicando las estadísticas del período 2000-2006, lo que se explica por el incremento en las exportaciones<sup>16</sup> y en menor medida por la reorientación del esfuerzo antes destinado a la merluza austral en la UPS y merluza común en la UPN (Canales *et al.*, 2008).

La captura y rendimiento de pesca de la merluza de cola en la PDCS tendían a presentar incrementos durante la segunda mitad del año, inicialmente en septiembre, coincidiendo con la reincorporación a las pesquerías de plataforma de los barcos que se encontraban operando en la pesquería de orange roughy y luego en noviembre y diciembre, debido al agotamiento de la cuota de captura de merluza común (Tascheri *et al.*, 2003). El incremento de los desembarques en la PDCS durante el último trimestre del año, se producía también por el ingreso de buques hieleros desde la PDA, una vez agotadas las cuotas de captura de merluza del sur. Este incremento en el desembarque de merluza de cola a fines de año, se vio acentuado con la caída de la abundancia de merluza común posterior al año 2004 (Tascheri *et al.*, 2005).

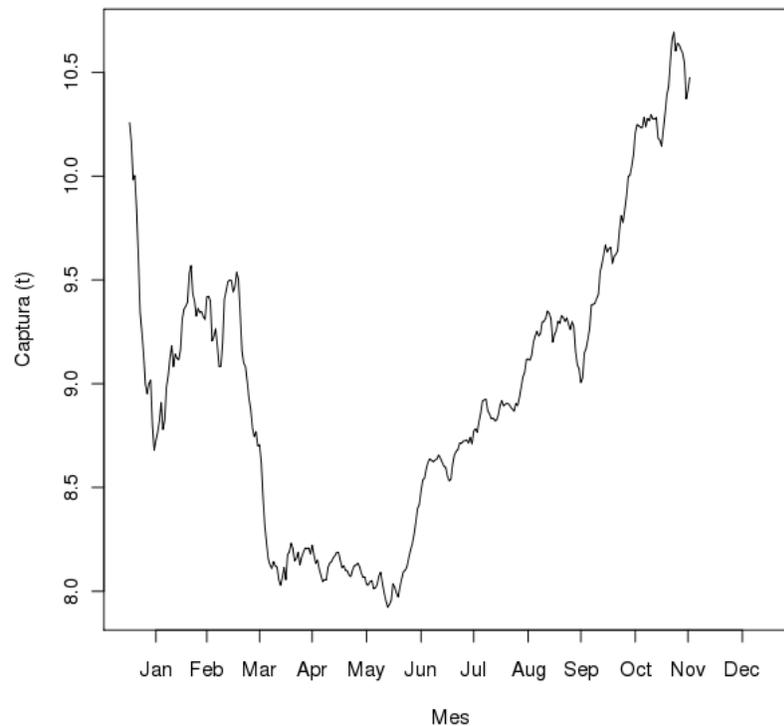


Figura 1.4.2. Ciclo anual medio de la captura de merluza de cola en la pesquería demersal centro sur de los años 2001 a 2007. El ciclo fue identificado empleando una media móvil con una ventana de 90 días.

<sup>16</sup> Conjuntamente con la apertura hacia nuevos mercados, se apreció el efecto de los tratados de libre comercio en la oferta nacional, donde se incrementa la venta de productos hacia la Unión Europea (Caballero *et al.*, 2003), en particular a Francia, España y Alemania (Tascheri *et al.*, 2003, 2005), no obstante que uno de los principales mercados era el de Japón (Tascheri *et al.*, 2003, 2005).

Este régimen de operación en la PDCS, producía un patrón temporal en la captura de merluza de cola, la que tendía a incrementarse entre el segundo semestre y mayo del siguiente año (Canales *et al.*, 2006) (Fig. 1.4.2).

Los rendimientos de la flota arrastrera hielera que operaba en la zona centro sur ( $32^{\circ}10,38' - 41^{\circ}28,6'$ ), se incrementaron entre los años 2001 y 2003 (Figura 1.4.3). Entonces, la pesquería de arrastre de merluza de cola se desarrollaba en la zona centro sur entre Valparaíso  $33^{\circ}02'$  S. y Valdivia  $39^{\circ}48'$ , pero las zonas de pesca más visitadas por la flota se localizaban entre Pta Nugurne y Talcahuano ( $36^{\circ}00' - 36^{\circ}41'$  S.), entre el Golfo de Arauco e Isla Mocha ( $37^{\circ}14' - 38^{\circ} 23'$  S.) y en el área ubicada entre el sur de la Isla Mocha y Valdivia (Tascheri *et al.*, 2003, 2004). Los barcos sólo tendieron a operar hacia el norte de la UPN en los años 2000, 2001 y 2002 (Tascheri *et al.*, 2005) (Figura 1.4.4).

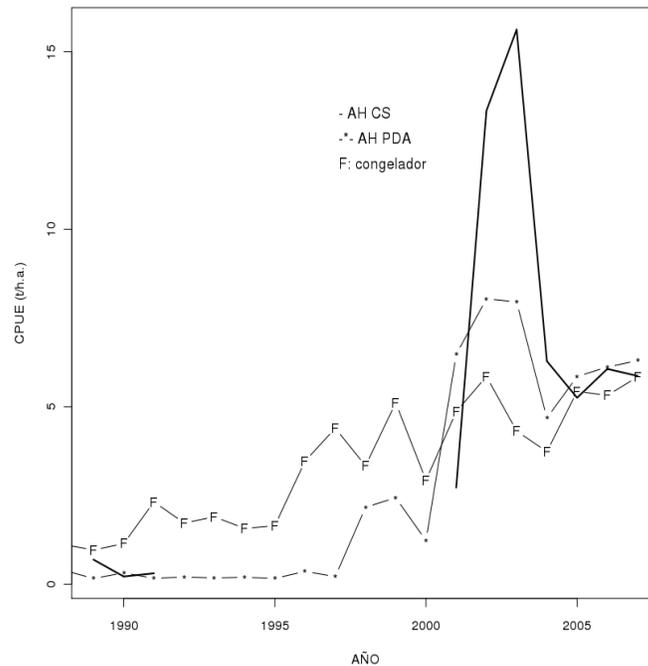


Figura 1.4.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal de la pesquería de arrastre de merluza de cola. AH CS: flota de de arrastreros hileros de la zona centros sur de Chile; AH PDA: flota de arrastreros hieleros de la pesquería demersal austral; F: flota de barcos arrastreros fábrica congelador.

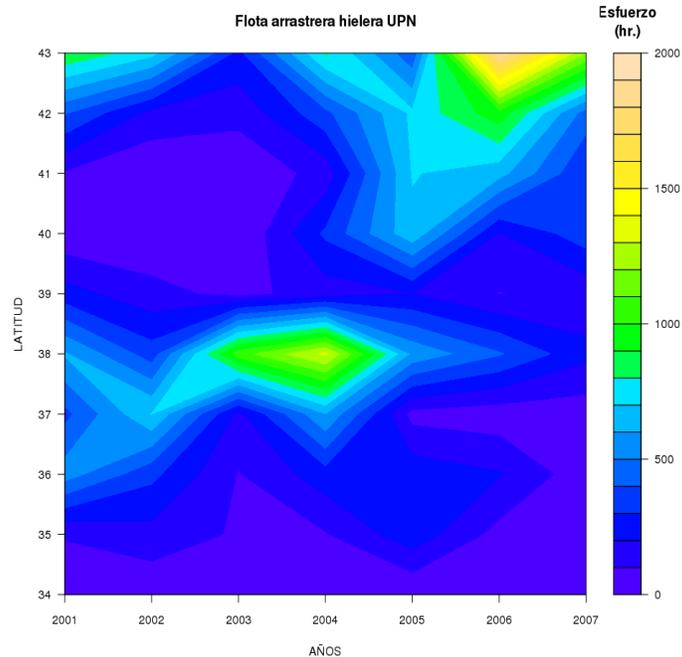


Figura 1.4.4. Distribución latitudinal del esfuerzo de pesca dirigido a capturar merluza de cola en la zona centro sur de Chile, entre los años 2001 y 2007 (fuente: bitácoras de pesca recopiladas por IFOP).

A partir del año 2004 siguió una significativa declinación de los rendimientos de merluza de cola en la PDCS (Figura 1.4.3), la pesquería mostró un incremento de la operación primero al sur del paralelo 37° y posteriormente al sur de la latitud 40, en otras palabras, la pesquería de merluza de cola desarrollada en la PDCS se desplazó a la región sur de la UPN (Tascheri *et al.*, 2005; Escobar *et al.*, 2007) (Figura 1.4.4).

Entre los años 2003 y 2004 se produjo una significativa baja en los rendimientos de pesca de merluza común, observándose escasos focos de alta abundancia, situación que se agudizó en el último año, asociado a una reducción en el tamaño del stock y a una predominancia de juveniles en su estructura de edades (Lillo *et al.*, 2005). Entonces el bajo nivel de captura obtenido por la flota de arrastre en esta pesquería, se constituyó en un fuerte incentivo para operar en la pesquería de merluza de cola (Tascheri *et al.*, 2005).

Hitos recientes en la PDCS son la veda reproductiva bajo la que ha permanecido la pesquería de orange roughy entre los años 2006 y 2008 (D.Ex. 1.592/05, 289/07 y 164/08, SUBPESCA) y la veda biológica dispuesta en la pesquería de merluza común entre agosto y septiembre de cada año (vigente hasta el año 2010; D.Ex. 959-06, SUBPESCA). Ambas medidas contribuyen a mantener una importante presión de pesca sobre la merluza de cola, más aún considerando el proceso de sobre-explotación que experimenta actualmente la población de merluza común (Canales *et al.*, 2007).

### Sección 1.5. La Unidad de Pesquería Sur y la pesquería demersal austral

En la pesquería demersal austral chilena (PDA) definida entre el paralelo 41°28,6' y el extremo sur del país (hasta las 80 millas), participan tres flotas de arrastre: (i) fábrica congelador (barcos de 64 a 105 m de eslora, que participan en la PDA desde sus inicios en 1979), (ii) fábrica surimera (barco de 98 m de eslora que inició operaciones en la PDA en 1993 y que fue reemplazado en el año 2004 por otro de 104 m) y (iii) la flota de barcos hieleros (buques de 43 a 66 m de eslora, que ingresaron a la pesquería en 1984).

Al inicio de este período, la flota arrastrera hielera daba cuenta del mayor esfuerzo de la pesquería, dado que operaba prácticamente durante todo el año, le seguían en el aporte de horas de arrastre, la flota arrastrera fábrica congelador y el barco surimero (Céspedes *et al.*, 2000, 2001).

Intencionalidad de pesca:

A partir de 1998 la intencionalidad de captura de la flota arrastrera experimentó un cambio en la PDA al registrarse un incremento de la importancia relativa de merluza de cola en la captura total (Canales, 2007), particularmente en la flota fábrica congelador, la que entre los años 1998 y 2000, era la responsable de la mayor fracción de los desembarques de este (Céspedes *et al.*, 2000, 2001). En la pesquería de surimi en tanto, las capturas de merluza de cola no fueron significativas sino a partir del año 2000 (Céspedes *et al.*, 2000, 2001, 2002).

Por otro lado, al inicio de este período los barcos arrastreros hieleros se dedicaban principalmente a pescar merluza del sur y la merluza de cola era un recurso incidental en las capturas. Esta situación se modificaba en agosto de cada año, a causa de la veda de merluza del sur, que era cuando la merluza de cola se convertía en el principal recurso objetivo de esta flota (Céspedes *et al.*, 2000, 2001).

En la flota espinelera (fábrica y hielera), la merluza de cola es capturada de forma incidental y consecuentemente sus valores de rendimiento son en estos barcos muy inferiores a los que registran la merluza del sur o congrio dorado (Céspedes *et al.*, 2000, 2002).

El establecimiento de cuotas de captura de merluza del sur al norte del paralelo 41°28,6' a partir del año 2000 y de LMCA en el año 2001, contribuyeron en los años sucesivos a incrementar la participación de la flota arrastrera hielera en la captura de merluza de cola y estos barcos que hasta el año 1999 mostraban una operación estable en el área de la PDA, con breves incursiones al norte del paralelo 41°28,6' S (a inicios y fines de cada año), comenzaron a operar con mayor frecuencia en la zona centro sur, capturando merluza de cola junto a otros recursos como merluza común, merluza del sur y congrio dorado. La operación de la flota arrastrera hielera sobre merluza de cola también se incrementó en la PDA, dirigiendo a este recurso esfuerzo que antes era destinado a capturar merluza del sur (Céspedes *et al.*, 2002).

Algunos de los barcos de esta flota también comenzaron a operar con regularidad en la recién iniciada pesquería de aguas profundas, en donde capturaban orange roughy y alfonsino.

Como consecuencia de estos cambios administrativos y de la existencia de una demanda por productos congelados de merluza de cola, a partir del año 2001 el aporte de esta especie a la captura total de la flota arrastrera hielera superó al de merluza del sur, convirtiéndola en uno de los principales recursos objetivo de esta flota, el que inicialmente alcanzó desembarques y rendimientos superiores a los obtenidos por la flota fábrica congelador. Como resultado de ello, en el año 2001 la captura total de merluza de cola en la PDA se distribuyó en proporciones iguales entre las tres flotas de arrastre (fábrica congelador, fábrica surimera y hielera) (Céspedes *et al.*, 2002).

A partir del año 2003, la flota arrastrera fábrica congelador presentó un cambio importante en su poder de pesca debido al reemplazo e ingreso de barcos, en tanto que la mayoría de los buques nuevos fueron destinados a la pesca de merluza de cola, recurso que dominaba las capturas en este período (Céspedes *et al.*, 2006).

El incremento en el número de barcos, su reemplazo por otros más eficientes y la marcada intencionalidad de pesca hacia merluza de cola (motivada por la demanda de productos elaborados a partir de este recurso), produjo un incremento del esfuerzo y la captura en esta pesquería, que fue facilitado a partir del año 2004 por el aumento de las cuotas de captura de los armadores de la XI-XII Regiones, a pesar de la disminución en la cuota global que tuvo lugar entre los años 2001 y 2007 (Céspedes *et al.*, 2006, 2007).

Este incremento en la captura de merluza de cola en la PDA, fue acompañado de una ampliación en la escala de producción de productos congelados elaborados a partir de este recurso, principalmente en la forma de filete (Céspedes *et al.*, 2002).

Simultáneamente, este cambio en la intencionalidad de captura de la flota arrastrera, inició un período de crecimiento de los rendimientos de merluza de cola, a partir del año 1998 en la flota fábrica congelador y a partir del año 2001 en la flota hielera<sup>17</sup> (Céspedes *et al.*, 2000, 2001, 2002). Los rendimientos de la flota surimera en cambio, se mantuvieron estables durante este período (Céspedes *et al.*, 2002), aún cuando a mediados de los años 2000 reducciones en las cuotas de captura de merluza de tres aletas produjeron incrementos graduales en la captura de merluza de cola (Céspedes *et al.*, 2006).

A partir de la adopción del sistema de cuotas individuales (LMCA) en el año 2001, los armadores buscaron optimizar los rendimientos de pesca en la PDA, distribuyendo el esfuerzo en cortos períodos de tiempo y en zonas de pesca determinadas cuando y donde los recursos se encuentran más disponibles, con ello se pretendía alcanzar las cuotas de pesca de cada especie extendiendo al mismo tiempo la operación de los buques durante la mayor parte del año (particularmente en el caso de los buques arrastreros fábrica congelador) (Céspedes *et al.*, 2001, 2002, 2006, 2007). La optimización en el uso de la cuota, incluía prácticas de descarte (high grading) y subreporte de la captura (Céspedes *et al.*, 2002).

Dado que la flota arrastrera hielera ostenta cuotas de captura para la extracción de una mayor gama de especies objetivo, tiene mayores posibilidades para distribuir el esfuerzo anual, lo que da cuenta de las variaciones en el esfuerzo monitoreado en cada pesquería y es la razón por la que esta flota registra operación durante la mayor parte del año (Céspedes *et al.*, 2007).

---

<sup>17</sup> Entre los años 1998 y 2000 esta flota también exhibió una mayor intencionalidad de captura de merluza de cola, capturándola en los períodos de veda de merluza del sur (agosto) o a fines de año, cuando la cuota de captura de merluza del sur se agotaba. Sin embargo, en ese período la captura de merluza de cola era significativamente inferior a la registrada en los buques arrastreros fábrica congelador (Céspedes, *et al.*, 2001).

Luego del término de la pesquería de cerco de la zona centro sur en el año 2002, la mayor parte de la captura nacional de merluza de cola provenía de la zona norte exterior de la PDA, la que era extraída en su gran mayoría durante el período de mayor disponibilidad del recurso (Céspedes *et al.*, 2007).

Estacionalidad y zonas de pesca de la flota de arrastre:

Entre los años 1998 y 1999, la flota arrastrera hielera capturaba merluza del sur y secundariamente congrio dorado, distribuyendo su esfuerzo entre la zona norte exterior ( $43^{\circ}00'$  -  $47^{\circ}00'$  S) y la zona centro sur (principalmente entre las latitudes  $38^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  S) (Céspedes *et al.*, 2000, 2001; Young *et al.*, 2001). En los primeros meses del año esta flota operaba entre las latitudes  $38^{\circ}$  y  $43^{\circ}$  S, luego alrededor del período reproductivo de merluza del sur (junio a septiembre) esta flota operaba entre los paralelos  $41^{\circ}$  y  $46^{\circ}$  S para posteriormente terminar el año pescando entre las latitudes  $38^{\circ}$  y  $43^{\circ}$  S, en donde se dedicaba a capturar merluza común y merluza del sur, una vez agotadas en la PDA las cuotas de captura de merluza del sur y congrio dorado (Céspedes *et al.*, 2000).

Luego del inicio de la pesquería de aguas profundas en 1999, entre mayo y agosto de cada año, algunos barcos de esta flota participaban en la pesquería de orange roughy y alfonsino, cuyos caladeros se encuentran asociados a montes submarinos en la zona centro sur (Céspedes *et al.*, 2000, 2001, 2002, 2003; Tascheri *et al.*, 2002).

Debido al establecimiento de cuotas de captura de merluza del sur al norte del paralelo  $41^{\circ}28,6$  a partir del año 2000 (las que se capturaban a inicio de año), en los años siguientes, el esfuerzo de pesca de la flota arrastrera hielera entre los paralelos  $38^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  S disminuyó. (Céspedes *et al.*, 2002). Esta flota mostró marcadas variaciones en la operación anual, distribuyendo el esfuerzo hacia especies objetivo en la zona centro sur, trasladando la pesca de merluza del sur a los primeros meses del año e incrementando la actividad sobre merluza de cola entre mayo y septiembre (Céspedes *et al.*, 2002, 2003).

Con el incremento del esfuerzo en la pesquería de merluza de cola a partir del año 2001, la mayor parte de la merluza del sur y merluza de cola capturada por la flota arrastrera hielera de la PDA (con base en Puerto Chacabuco) provenía de la zona norte exterior (Céspedes *et al.*, 2002, 2003) (Figura 1.5.1), en donde obtenía los mejores rendimientos pescando en la región de los cañones submarinos, Guafo ( $44^{\circ}10'$  S), Guamblín ( $45^{\circ}10'$  S) y Taitao ( $46^{\circ}20'$  S), durante la estación reproductiva de ambas especies (entre junio y agosto de cada año; Céspedes *et al.*, 2006, 2007) (Figura 1.5.2).

A partir del año 2003, se produjo un retorno de los buques hieleros al área de la PDA causado por la baja en los rendimientos de merluza común y merluza de cola en la PDCS, lo que produjo un incremento del esfuerzo de pesca en la zona norte exterior (Céspedes *et al.*, 2006, 2007) (Figura 1.5.3). Consecuentemente, el año 2004 se registró un descenso del desembarque total de merluza de cola, originado por la caída de las capturas en la UPN (Céspedes *et al.*, 2006, 2007).

Luego de estos cambios, el patrón espacial y temporal de distribución del esfuerzo de esta flota se desarrolló con un incremento entre los paralelos  $41^{\circ}00'$  y  $44^{\circ}00'$  S (Chiloe e Isla Guafo) entre enero y junio (orientado principalmente a capturar merluza del sur), un desplazamiento del esfuerzo a la zona entre los paralelos  $44^{\circ}00'$  y  $47^{\circ}00'$  S (al área de desove de merluza de cola y merluza del sur), en donde la operación se extendía hasta octubre

(principalmente con la intención de capturar merluza de cola) y un retorno de los barcos a la zona entre las latitudes 41°00' y 44°00' S (finalizado ya el período de desove, con la intencionalidad dirigida a merluza del sur, principalmente; Céspedes *et al*, 2006, 2007).

Durante los años 2006 a 2008, la pesquería de orange roughy permaneció bajo una veda reproductiva (D.Ex. 1.592/05, 289/07 y 164/08, SUBPESCA) y el esfuerzo de los buques hieleros que participaban en esta pesquería se ha dirigido desde entonces hacia la captura de las principales especies objetivo de la PDA.

De los antecedentes disponibles, se desprende que a partir del año 2001 los barcos arrastreros hieleros de la PDA han capturado principalmente merluza de cola, intensificando con los años su operación en la zona norte exterior y concentrando el esfuerzo de pesca en torno al período y área de reproducción de la especie. Esto produce que gran parte de la captura sea extraída a mitad de año, en un período aproximadamente de cuatro meses (junio a septiembre) (Céspedes *et al*, 2007). Contribuyendo a que actualmente el principal aporte al desembarque total en esta pesquería sea originado en la UPS.

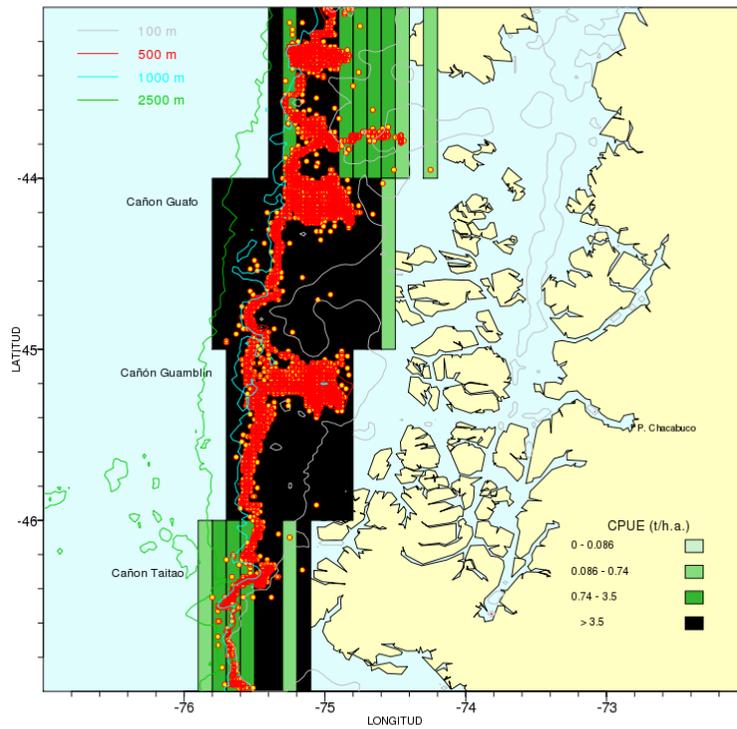


Figura 1.5.1. Captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola y posición espacial de los lances de pesca de la flota de arrastreros hieleros de la PDA en el área y estación de reproducción entre junio y agosto y entre los años 2001 y 2007 (datos de bitácoras de pesca recopiladas por IFOP).

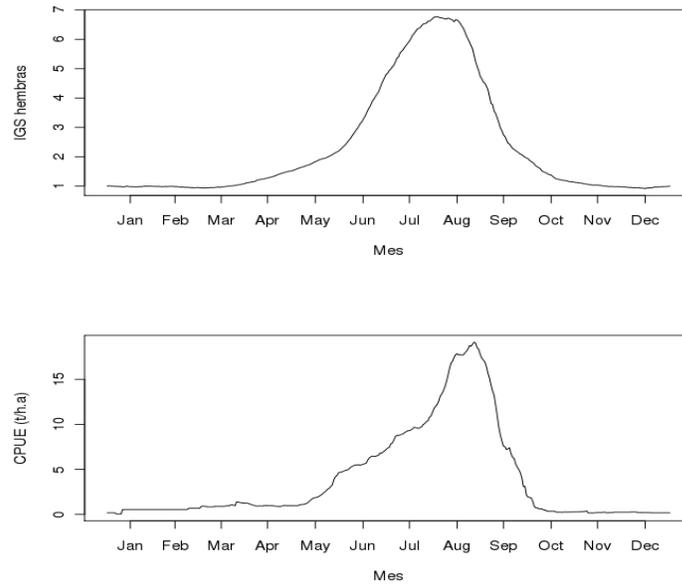


Figura 1.5.2. Panel superior: Ciclo anual del índice gonadosomático de merluza de cola (años 1995 a 2007); Panel inferior: ciclo anual de la captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola de los barcos arrastreros hieleros en la zona norte exterior para los años 2002 a 2007.

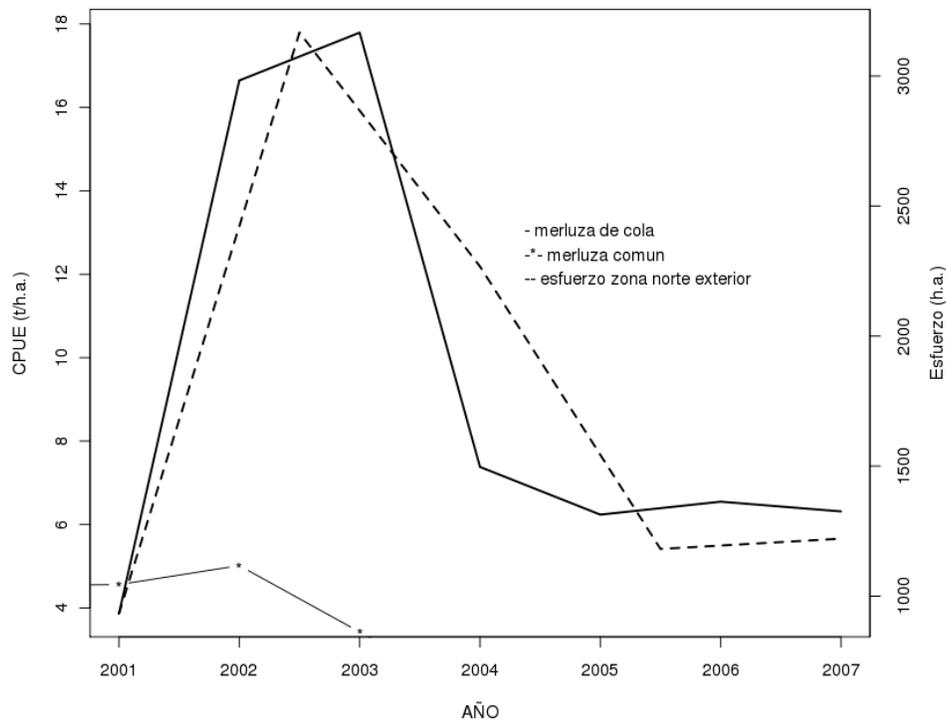


Figura 1.5.3. Captura por unidad de esfuerzo nominal de merluza común y merluza de cola en la zona centro sur de Chile y esfuerzo de la flota arrastrera hielera de la PDA en la zona norte exterior entre los años 2001 y 2007 (datos de bitácoras de pesca recopilados por IFOP).

A inicios de este período (1998 al presente), la flota fábrica congelador comenzó a incrementar sus capturas y rendimientos de merluza de cola. Estos barcos que se orientaba principalmente a capturar merluza del sur, comienzan a procesar mayores cantidades de merluza de cola, en asociación al creciente interés en la producción de congelados de este recurso (Céspedes *et al.*, 2000, 2001). En consecuencia, en 2000 esta flota era la principal responsable del desembarque de merluza de cola de la flota de arrastre (Céspedes *et al.*, 2001).

La flota arrastrera fábrica congelador desarrollaba el mayor esfuerzo de pesca y lograba las mayores capturas de merluza de cola en la zona sur exterior (51° y 57° S), principalmente entre abril y junio. La zona norte exterior (44° y 47° S) era visitada por la flota entre julio y agosto, donde se registraban los mayores rendimientos de pesca asociados al período reproductivo de la especie (Céspedes *et al.*, 2000, 2001, 2002) (Figura 1.5.4). El esfuerzo era dirigido principalmente a merluza del sur, el que se re-orientaba a merluza de cola en agosto, como consecuencia de la veda reproductiva vigente la primera (D.Ex. 140/96, SUBPESCA). Entre septiembre y diciembre de cada año (una vez extraída la cuota de merluza del sur), el esfuerzo de la flota se dirigía nuevamente a merluza de cola, esta vez de regreso en la zona sur exterior (51° a 57° S.) (Céspedes *et al.*, 2000) (Figura 1.5.4).

El establecimiento de LMCA en el año 2001, contribuyó a extender la operación de esta flota hasta fin de año, pero la distribución espacial y temporal del esfuerzo anual se mantuvo sin variación. Por otro lado, esta medida sí contribuyó a acrecentar la intencionalidad de captura de merluza de cola y con ello las capturas y rendimientos de esta especie (Céspedes *et al.*, 2002).

Con la mayor explotación de la merluza de cola a partir del año 2002, también creció la importancia relativa de la zona norte exterior, con relación a la captura total de esta especie, no obstante que en ese año en particular la distribución intra-anual del esfuerzo no mostró variaciones (Céspedes *et al.*, 2003).

Posterior al año 2002, la flota fábrica congelador modificó la distribución espacial y temporal de su esfuerzo anual, iniciando las temporadas de pesca en marzo operando en la zona norte exterior entre las latitudes 44° y 46° S (capturando aquí merluza del sur y merluza de cola), para luego entre abril y junio desplazarse a la zona sur exterior y pescar entre los paralelos 52° y 57° S (Figura 1.5.5). Entre julio y septiembre, la flota regresaba a la zona norte exterior (a pescar principalmente merluza de cola en el área de los cañones Guafo, Guablín y Taitao) y posteriormente volvía a la zona sur, en donde permanecía operando durante el resto del año (capturando merluza de cola y merluza del sur, entre otros recursos; Céspedes *et al.*, 2006, 2007) (Figura 1.5.5).

Los antecedentes muestran que a partir de 1998, la flota de arrastre congelador incrementó notablemente su intencionalidad de captura sobre la merluza de cola, incentivada por el surgimiento de una pesquería centrada en la producción de congelados de este recurso. Entonces el esfuerzo de esta pesquería comenzó a crecer y en el año 2001 la merluza de cola se convirtió en la especie objetivo principal. Este esfuerzo (sumado con el de los barcos arrastreros hieleros) se ha concentrado en la área de los cañones en la zona norte exterior y en el período reproductivo de las principales especies objetivo, lo que es causal de que la mayor parte de la captura de este recurso a escala nacional se extraiga entre junio y septiembre de cada año (Figuras 1.5.6 y 1.5.7).

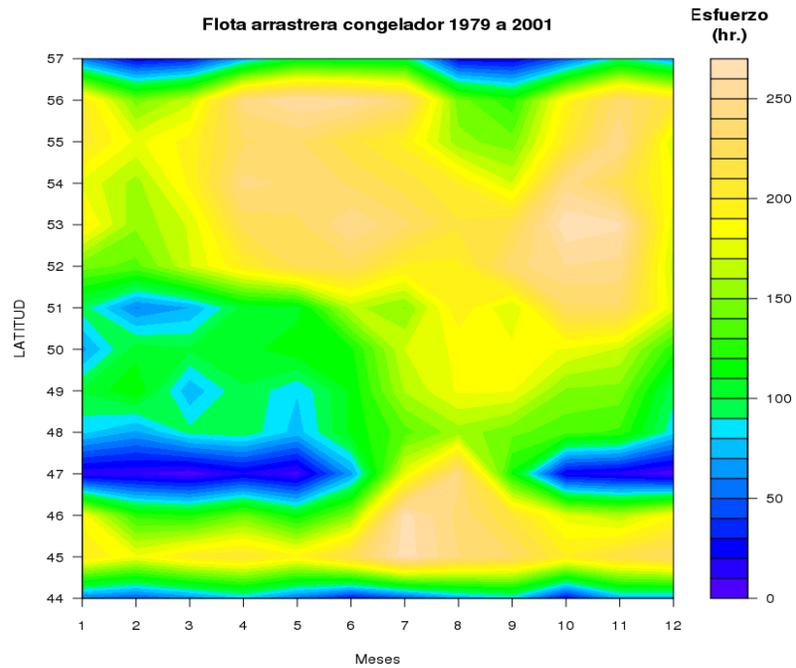


Figura 1.5.4. Distribución latitudinal media del esfuerzo de pesca mensual dirigido a merluza de cola en la PDA, entre los años 1979 y 2001 (fuente: bitácoras de pesca recopiladas por IFOP).

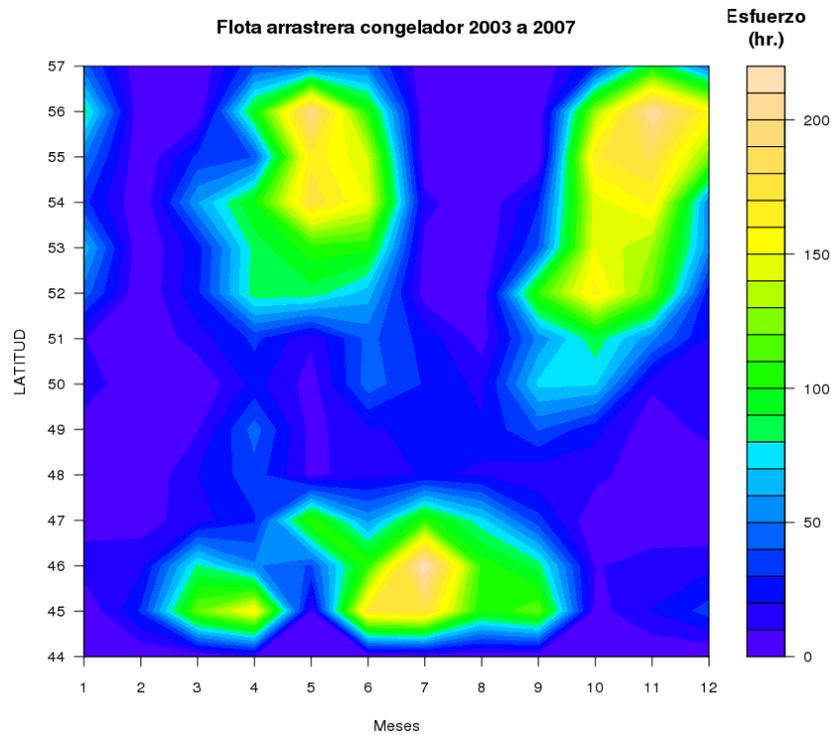


Figura 1.5.5. Distribución latitudinal media del esfuerzo de pesca mensual dirigido a merluza de cola en la PDA, entre los años 2003 y 2007 (fuente: bitácoras de pesca recopiladas por IFOP).

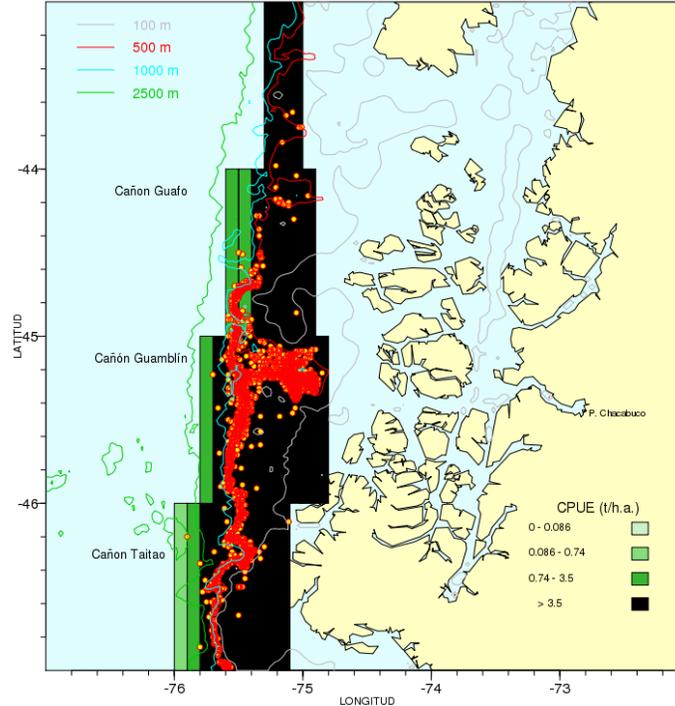


Figura 1.5.6. Captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola y posición espacial de los lances de pesca de la flota de barcos fábrica congelador en el área y estación de reproducción de esta especie (junio a agosto) en los años 2002 a 2007 (datos de bitácoras de pesca recopiladas por IFOP).

Desde el inicio de esta pesquería, la flota fábrica surimera ha estado compuesta solamente por un barco, el cual entre los años 1998 y 2003 capturaba principalmente merluza de tres aletas y secundariamente merluza de cola. La captura de merluza de cola se iniciaba en abril al sur del paralelo 53°, donde se extendía hasta junio (marzo a mayo en algunas temporadas) y se reducía significativamente entre junio y noviembre, cuando este barco cambiaba su especie objetivo a merluza de tres aletas (Céspedes *et al.*, 2001, 2003) y seguía su migración hasta la latitud 47° S aproximadamente (donde esta especie se concentra a desovar) y en donde desarrollaba una actividad importante de pesca entre las latitudes 47° y 49° S (Céspedes *et al.*, 2006).

Los cambios administrativos que tuvieron lugar entre los años 2000 y 2001 (D.S. N° 686/00, MINECOM y LMCA), no afectaron mayormente el patrón estacional de operación de esta flota (Céspedes *et al.*, 2001, 2002), pero aportes significativos a los desembarques de merluza de cola comenzaron a ser monitoreados en esta pesquería a partir del año 2000 en adelante (Céspedes *et al.*, 2000, 2001). Los rendimientos en la pesquería de surimi eran significativamente mayores a aquellos registrados en la flota arrastrera fábrica congelador y hielera (Céspedes *et al.*, 2003).

Posterior al año 2003, el barco surimero fue reemplazado por uno de mayor poder de pesca, el que mantuvo el patrón espacio temporal del esfuerzo anual, pero la pesca de merluza de cola fue extendida hasta julio. Con este barco los rendimientos continuaron siendo mayores a los registrados en la flota arrastrera congelador, los que tendían a estar localizados en zonas cercanas al límite con Argentina (Céspedes *et al.*, 2006, 2007).

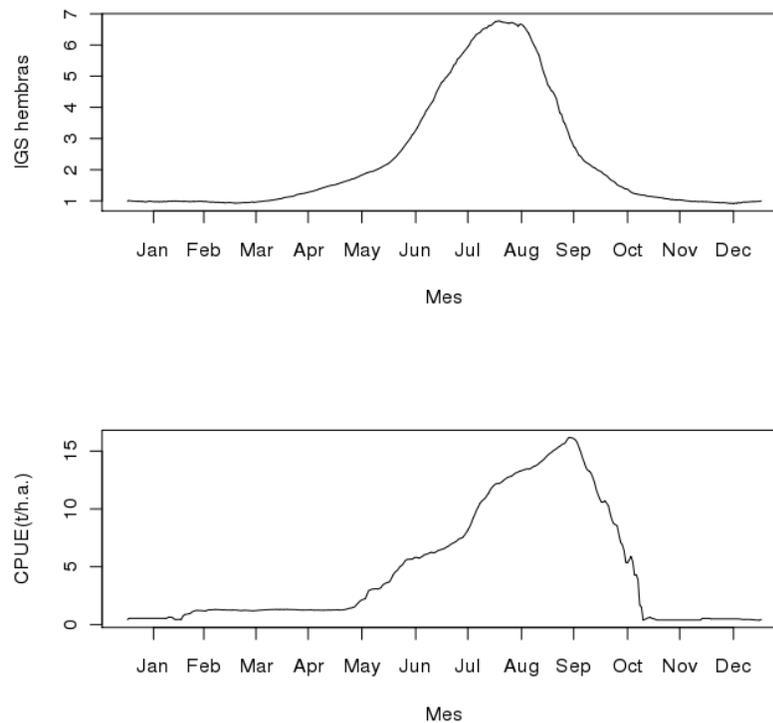


Figura 1.5.7. Panel superior: Ciclo anual del índice gonadosomático de merluza de cola (años 1995 a 2007); Panel inferior: ciclo anual de la captura por unidad de esfuerzo de merluza de cola de los barcos fábrica congelador en la zona norte exterior para los años 2002 a 2007.

#### Tamaño de la flota:

Durante el período más reciente del desarrollo de la pesquería de merluza de cola (1998 al presente), tuvo lugar el ingreso, sustitución y retiro de barcos, lo que modificó la composición de las flotas y su poder de pesca (Céspedes, *et al.*, 2007). Entre los años 2003 y

2007, el número de barcos que componían la flota arrastrera fábrica se incrementó de 2 a 5, llegando en el año 2004 a operar simultáneamente un total de 6 buques<sup>18</sup>. En el año 2006, la conversión de uno de estos barcos a la flota hielera, dejó un balance de 4 buques arrastreros fábrica congelador y un surimero (Tabla 1.1.1). La mayoría de estos barcos produjeron filetes congelados de merluza de cola. (Céspedes *et al.*, 2006, 2007). Por su parte, entre los años 2005 y 2007 la flota arrastrera hielera con puerto base en la PDA se redujo de 7 a 4 barcos, sin perjuicio de que en el año 2007 sólo 3 barcos operaron durante todo el año (Céspedes *et al.*, 2006, 2007) (Tabla 1.1.1). Como consecuencia de estos cambios, el esfuerzo de pesca y la captura de la flota congelador se incrementó, en tanto que el esfuerzo de la flota hielera se redujo (Céspedes *et al.*, 2007).

Como se puede anticipar, estos cambios en la flota tuvieron un motivo económico. Al respecto, es importante notar que el armador distribuye la cuota de captura entre los barcos de su propiedad y un objetivo central en esto es mantenerlos operando durante la mayor parte del año (Céspedes *et al.*, 2007).

Descartes:

Desde los inicios de la explotación pesquera en aguas exteriores al sur del paralelo 37°S, la intencionalidad de pesca se orientó a cinco especies objetivo, merluza común, merluza del sur, cojinoba (2 especies) y jurel. La merluza de cola estaba poco representada en los desembarques (Bahamonde y Pavéz, 1979; Sandoval, 1979; Zuleta, 1979), a pesar de ser la especie más abundante entre los paralelos 41°40' y 52° S (Bahamonde, 1977, 1978).

La alta abundancia de merluza de cola hacía frecuente su captura pero su bajo valor como especie objetivo de la flota arrastrera en el inicio de la PDA, implicó que entre 1978 y el año 1999 existieran descartes<sup>19</sup>, los que no fueron registrados en las bitácoras de pesca, en las cifras oficiales de desembarque, o cuantificados mediante otro procedimiento.

Aparte del hecho de que la merluza de cola era un componente frecuente de la fauna acompañante (aún cuando existía poco interés en su captura; Aguayo *et al.*, 1986), el descarte entre 1979 y 2000 sólo es referido explícitamente en algunos reportes en que se analizaron datos de captura y esfuerzo recopilados en la PDA durante ese período.

En estos reportes se señala, que los niveles de captura de merluza de cola están subestimados por el descarte que se efectuaba a bordo de los buques, el que no siempre era reportado en la bitácora de pesca o bien en ocasiones, era registrado bajo un ítem “otras especies” (Young *et al.*, 1998, 2001; Céspedes *et al.*, 2000). Además, el descarte entre 1985 y 1998 debió ser necesariamente mayor en los barcos hieleros, dada la baja incidencia de merluza de cola en los reportes de captura de esta flota durante este período, (Young *et al.*, 1998).

El estado de deterioro de los stocks de merluza del sur y congrio dorado a inicios de la década de los 90's (Aguayo *et al.*, 1991; Young *et al.*, 1998), condujo a un incremento de la captura de merluza de cola por parte de la flota arrastrera fábrica congelador y para 1995, la merluza de cola representaba el 48% de las capturas de la PDA, lo que simultáneamente significó una reducción del descarte sistemático de esta especie (Young *et al.*, 1998).

---

<sup>18</sup> En el año 2006 también operaron 6 barcos pero no simultáneamente, ya que en ese año el barco Diego Ramirez sustituyó al Betanzos (Céspedes *et al.*, 2007).

<sup>19</sup> Alverson *et al.* (1994), define que el descarte es la fracción de la captura que es devuelta al mar como consecuencia de consideraciones, legales o económicas (esta fracción puede incluir especies con y sin valor comercial).

Con relación a ésta década, en varios de los informes del proyecto de monitoreo de la PDA (Céspedes *et al.*, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006 y 2007), se proporcionan estimaciones por especie objetivo de descartes que fueron efectuados por barcos de la PDA en años posteriores a 1999.

En este último período (1998 al presente) y de acuerdo con Céspedes *et al.* (2002, 2006, 2007), la finalidad general de los descartes era extender la duración de las cuotas de captura, los que se tenían lugar bajo tres circunstancias: i) cuando la cuota de captura de los recursos se agotaba y los excedentes eran devueltos al mar; ii) cuando se requería de calibres específicos para las diferentes líneas de elaboración, descartando por lo general los ejemplares pequeños<sup>20</sup> iii) para extender el período de operación de otro barco del mismo armador.

El procedimiento general para estimar la captura total en el proyecto de monitoreo de la PDA, es la observación visual del grado de llenado del copo de la red y/o del nivel que alcanza la captura en los pozos del barco. La estimación de la proporción de especies de la captura también se efectúa visualmente o a través de la proporción que resulta del llenado al azar de 10 cajas (25 ~ 30 lt.) (Céspedes *et al.*, 2006).

En este proyecto la captura total observada por especie (bitácora del observador a bordo) se compara con la captura oficial (registro del control de la cuota) y/o la bitácora del armador. La estructura de los estimadores (diseño del muestreo) se puede encontrar en el Anexo 3 en Céspedes *et al.*, (2006). En estas estimaciones no se distingue entre descarte y sub-reporte.

Entre los años 2001 y 2007, el descarte/sub-reporte de la captura de las principales especies objetivo de la PDA, fue observado en todos los viajes de pesca de la flota arrastrera (congelador, hielera y surimera) que contaron con un técnico de IFOP abordo embarcado (Céspedes *et al.*, 2007).

De acuerdo con estas observaciones, la composición relativa de especies objetivo descartadas anualmente en la PDA por la flota de arrastre, es dominada por la merluza de cola, seguida de la merluza del sur, merluza de tres aletas y el congrio dorado (Céspedes *et al.*, 2006, 2007).

La magnitud del descarte/sub-reporte de las especies objetivo de la PDA es determinada por la intencionalidad de pesca. Una especie objetivo dada, es menos descartada/sub-reportada en los períodos (o viajes de pesca) en donde el esfuerzo se dirige a su captura y su descarte/sub-reporte se incrementa cuando éste no es dirigido a su captura (Céspedes *et al.*, 2006, 2007).

Por ejemplo durante el año 2006, en la flota arrastrera fábrica congelador el descarte/sub-reporte de merluza de cola registró un patrón opuesto al de merluza del sur. Con un menor descarte/sub-reporte entre julio-septiembre que aquel registrado fuera de este período, cuando la intencionalidad de pesca fue dirigida a capturar merluza del sur (Céspedes *et al.*, 2007).

---

<sup>20</sup> Esto es una forma de high grading : El descarte de una especie comercial con el objeto de retener la fracción de la misma especie con mayor talla o precio, otra forma es: El descarte de una especie comercial con el objeto de retener otra especie de mayor valor (Alverson *et al.*, 1994).

En términos generales, en la flota de arrastre (congelador, hielera y surimera), el descarte/sub-reporte de merluza de cola puede fluctuar entre un 30% y 90% de la captura total anual (Céspedes *et al.*, 2006).

En particular y de acuerdo con el proyecto de monitoreo de la PDA, en la flota arrastrera congelador los descartes de merluza de cola en el año 2005 fluctuaron entre 5% y 4% anual, entre un 19% y 20% en la flota arrastrera hielera y entre 60% y 90% anual en flota surimera (dependiendo del tipo de estimador considerado; Céspedes *et al.*, 2006). Los coeficientes de variación de estas estimaciones fluctuaron entre 23% y 37% en el caso de la flota arrastre congelador, 16% a 18% en la flota de arrastreros hieleros y entre 8% y 29% en la flota fábrica surimera (Céspedes *et al.*, 2006).

De acuerdo con Céspedes *et al.*, (2006), el descarte/sub-reporte de especies objetivo en la PDA tendió a disminuir entre los años 2001 y 2005, en particular en las flotas arrastrera congeladora y arrastrera hielera y a incrementarse nuevamente posterior a este último año (Céspedes *et al.*, 2007).

De los antecedentes disponibles acerca del descarte de merluza de cola en la PDA, se desprende que los descartes de esta especie fueron significativos desde el inicio de la pesquería; que su magnitud debió reducirse en algún grado en los barcos congeladores posterior al año 1995 y posterior al año 2001, en los barcos hieleros; que esta práctica (descarte/sub-reporte) continuó siendo importante, a pesar del incremento en la escala de producción de alimentos congelados elaborados a partir de merluza de cola (posterior al año 2001), pero con un patrón temporal vinculado a la intencionalidad de pesca y fuertemente orientado a los individuos de tamaño inferior al requerido por los mercados (high-grading).

Por otro lado, se carece de información detallada que permita establecer la magnitud y/o la tendencia temporal de los descartes, necesarios para implementar una corrección de los datos de captura registrados en las bitácoras de pesca. Más aún, sólo a partir del año 2006 se cuenta con estimaciones de la incertidumbre asociada a las cuantificaciones de descarte.

En el caso de la PDCS, de acuerdo con los observadores embarcados por el proyecto de monitoreo de esta pesquería, en el caso de la merluza de cola siempre se ha registrado un descarte sistemático, que afecta a los individuos que no alcanzan la talla adecuada a las líneas de elaboración de los desembarques y en último término para los mercados de destino del producto final (Tascheri *et al.*, 2001, 2003). También existen antecedentes de que la talla de referencia bajo la cual se descarta la captura experimenta variaciones en el tiempo, por ejemplo entre los años 2000 y 2002 ésta posiblemente varió entre 50 cm LT y 65 cm LT (Tascheri *et al.*, 2001, 2003).

Dado que a partir del año 2001 la pesquería de merluza de cola está sometida a LMCA, el riesgo de que existan descartes de una fracción de las capturas de este recurso es alto, porque la medida crea un incentivo para retener sólo la captura de mayor valor para el mercado (high grading). Esto se observa en la PDCS, pero se desconoce su magnitud y variación estacional.

Una consideración general comúnmente asociada con las estimaciones del descarte, son los problemas que enfrentan los programas de monitoreo para una adecuada cobertura de la flota, los que se originan en aspectos tales como problemas de acceso a embarques en todos o algunos de los barcos de la flota (particularmente cuando el embarque de observadores no es obligatorio) (Stratoudakis *et al.*, 1998; Hall, 1999) y la insuficiencia de presupuesto. Estos factores se combinan para producir coberturas que pueden ser del orden

del 0,1% al 0,2% anual, medidos tanto en términos del esfuerzo de pesca o del desembarque total anual (Stratoudakis *et al.*, 1999), lo que significa que sólo un pequeño número de viajes de pesca es monitoreado y que generalmente se deba aceptar un nivel significativo de variabilidad en los muestreos (Cotter *et al.*, 2002).

### Sección 1.6. Conclusiones

1. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier habitan la plataforma continental y talud en las costas templadas del Hemisferio Sur, excepto África, formando stocks relativamente abundantes, de cientos de miles o unos pocos millones de toneladas.
2. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier presentan un estructura de edad que abarca cerca de 15 clases anuales, con una longevidad máxima que puede llegar a alrededor de 20 años, tendiendo a tamaños asintóticos cercanos al metro de longitud.
3. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier maduran sexualmente entre los tres y los cinco años de edad, cuando han alcanzado aproximadamente la mitad de su talla asintótica.
4. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier presentan circuitos migratorios ontogenéticos complejos, con varias áreas de desove, y juveniles de 1 y 2 años que no co-habitan con el stock adulto, ocupando fondos más someros y costeros, y/o el hábitat pelágico.
5. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier son desovantes sincrónicos que desovan en invierno durante un período relativamente breve, de un mes, o dos meses como máximo.
6. En el Pacífico Sur, la merluza de cola tiene varias áreas de desove en la zona sur austral de Chile, aunque las más importantes son aquellas sobre los cañones submarinos entre el sur de Chiloe y la Península de Taitao.
7. En el hoki de Nueva Zelanda existe una fracción del stock adulto que no desova en todas las temporadas reproductivas anuales.
8. En el hoki de Nueva Zelanda, el reclutamiento es muy variables y depende de ciertas características críticas del ambiente oceanográfico, y existen indicios que lo mismo sucede en la merluza de cola del Pacífico Sur.
9. Los dos stocks de merluza de cola de Sudamérica, el Pacífico y el Atlántico, pueden estar conectados pero se considera que ambos stocks funcionan a partir de áreas de desove diferentes, lo que significa que en gran medida son autónomos.
10. El estado de sobre-explotación en que se encontraban los stocks de merluza del sur y congrio dorado a fines de la década de los años 80, con la consiguiente reducción en las tasas de captura de estas pesquerías, produjo al inicio de la década de los 90, un incremento en la intencionalidad de captura de merluza de cola de la flota arrastrera fábrica congelador.
11. Con la apertura del mercado de productos congelados, a partir de 1998, la importancia relativa de la merluza de cola en la cartera de especies objetivo de la flota arrastrera fábrica congelador se incrementó considerablemente.

12. En 2001, la pesquería de arrastre de merluza de cola se extendió hacia la zona centro-sur, y en esta flota participan tanto buques de la pesquería demersal austral, como buques de la pesquería de arrastre centro-sur.
13. La pesquería de aguas profundas tuvo un efecto regulador en el esfuerzo de pesca que los barcos hieleros dedicaban a capturar merluza de cola y por esta razón la veda reproductiva de orange roughy, vigente a partir del año 2006, contribuyó al incremento del esfuerzo en esta pesquería.
14. Las flotas de barcos arrastreros hieleros de la PDA y la PDCS, así como la flota de arrastreros fábrica congelador y surimero, han desarrollado separadamente patrones intra-anales de distribución espacial y temporal del esfuerzo, los que han sufrido cambios en el tiempo debido a factores tales como, restricciones administrativas, disponibilidad de los recursos objetivo, localización de los puertos base y las cuotas autorizadas a los diferentes tipos de barcos que capturan merluza de cola.
15. En los últimos años el esfuerzo en esta pesquería se encuentra fuertemente concentrado en la área de los cañones de la zona norte exterior y en el período reproductivo de las principales especies objetivo.
16. Se han producido cambios tanto en los niveles de esfuerzo como en el poder de pesca de la flota, como resultado del retiro, ingreso y reemplazo de barcos. Especialmente en dos períodos, 1990-1995 y 2003-2007.
17. Los descartes de merluza de cola fueron significativos desde el inicio de la pesquería, pero parece no existir evidencia alguna para evaluarlos por un período prolongado de tiempo.
18. Debido a un incremento en la intencionalidad de pesca, los descartes de merluza de cola debieron reducirse luego del año 1995, en el caso de los barcos fábrica congeladores y luego del año 2001, en los barcos hieleros.
19. Una vez consolidada en el año 2001 la pesquería de arrastre sustentada en la producción de alimentos congelados, el descarte/sub-reporte continuó siendo importante, pero con un patrón temporal vinculado a la intencionalidad de pesca y fuertemente orientado a los individuos de tamaño inferior al requerido por los mercados.

## Capítulo 2

Autores: Rubén Roa Ureta y Patrick Cordue

**Objetivo Específico 2. Formular un modelo conceptual del ciclo vital y de la dinámica de merluza de cola en su actual distribución geográfica en Chile con los antecedentes disponibles.**

### Sección 2.1.- Modelo Conceptual de Ciclo Vital y Dinámica

La merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, habita extensas regiones, tanto en el Pacífico Sudoriental y Sudoccidental como en el Atlántico Sudoccidental y en el Mar de Tasmania, en el límite entre el Océano Pacífico y el Océano Índico. En Chile su distribución geográfica abarca desde los 29° 16' a 56° S, incluida la zona de fiordos y canales (Lillo y Paillaman, 1996). También se ha reportado su presencia en áreas oceánicas como el bajo O'Higgins (32° 30' S, 78° W; Lillo et al., 1997). En el Atlántico, la merluza de cola habita extensas regiones hallándose el límite norte de su distribución entre los 33° y 34° S y su límite sur alcanza los 56° S (Angelescu & Gneri, 1960; Giussi et al., 2000; Wöhler & Giussi, 2002) (Figura 2.1.1). Considerando ambas costas de América del Sur, la merluza de cola abarca aproximadamente 22 grados de latitud. El hoki de Nueva Zelanda y Tasmania, *Macruronus novaezelandiae*, está actualmente clasificado como una especie distinta, pero esto no está completamente claro, siendo posible que se trate de una única especie en todo el Hemisferio Sur (P. Smith, National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand). En Nueva Zelanda el hoki abarca 20 grados de latitud, cubriendo la plataforma continental tanto en el lado este como oeste de las islas (Figura 2.1.2).

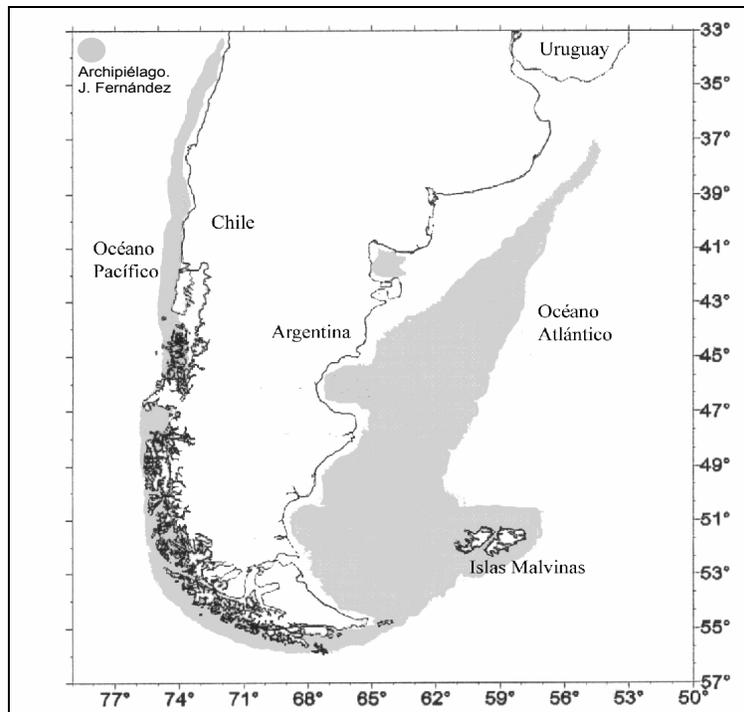


Figura 2.1.1. Distribución de la merluza de cola en aguas del cono sur de América.

En la Propuesta Técnica, en el Primer Taller de Trabajo, y en los comentarios del evaluador externo, se han definido cinco elementos o procesos poblacionales del modelo conceptual de merluza de cola: (a) migraciones anuales y reproductivas y número de áreas de desove, (b) intermitencia del desove, (c)

variabilidad del reclutamiento y su incidencia en los patrones de distribución, (d) relaciones tróficas principalmente con merluza del sur, y (e) distribuciones verticales etarias.

Por otro lado, existe un modelo conceptual mucho más desarrollado del stock de hoki de Nueva Zelanda, debido a la importancia pesquera que el stock ha tenido en el sector pesquero neozelandés. De hecho fue la industria neozelandesa la que abrió los mercados para productos de consumo humano directo derivados de hoki, y los pescadores del cono sur de Sud América siguieron el ejemplo, como se expuso en el Capítulo 1 de este informe.

Por lo tanto, la exposición que sigue considera los cinco elementos que previamente a la ejecución del proyecto fueron definidos como importantes, además de realizarla en paralelo con lo que se conoce del hoki de Nueva Zelanda.

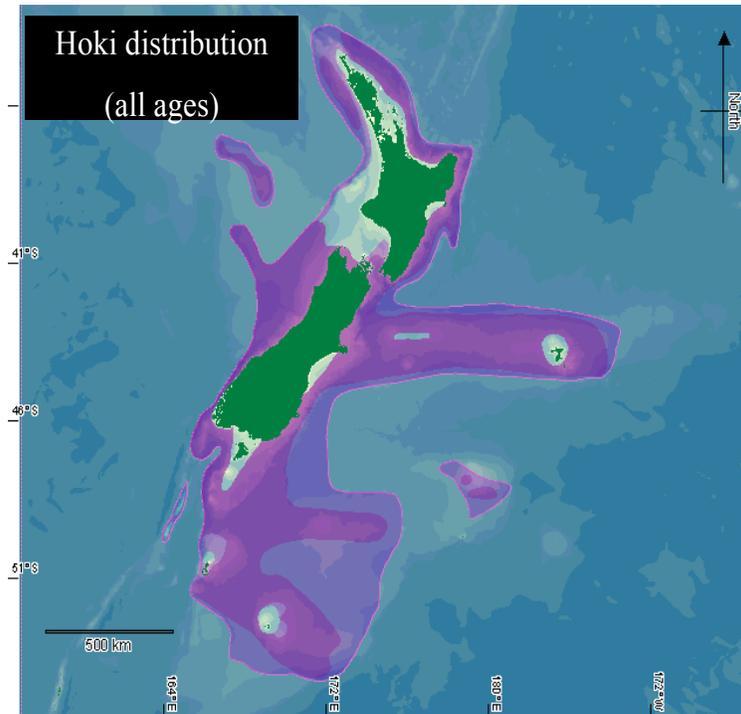


Figura 2.1.2. Distribución de la merluza de cola en aguas de Nueva Zelanda. Reproducido con permiso.

El hoki es la principal pesquería en volumen de Nueva Zelanda. Las capturas más altas ocurrieron en 1997-1998 (270 mil ton). Actualmente la cuota de captura ha sido reducida a 100 mil ton. El stock es considerado un stock abundante, demersal de plataforma y talud (hasta 600 m), con una longevidad entre 20 y 25 años, tallas asintóticas entre 90 y 100 cm de longitud total, maduración sexual que se completa entre los 3 y los 6 años, y reclutamiento altamente variable (O'Driscoll 2004).

La merluza de cola es actualmente la principal pesquería demersal de la zona austral chilena y comparte características biológicas con el hoki. Es el stock demersal más abundante al sur de los 45° tanto en el lado Pacífico como en el Atlántico (D'Amato y Carvalho 2005), tiene una longevidad cercana a los 20 años y alcanza longitudes asintóticas de 100 cm (Chong et al. 2007). La maduración sexual ocurre entre los 4 y 6 años (derivado de Córdova et al. 2006, y también reportado en D'Amato y Carvalho 2005) y el reclutamiento es altamente variable (D'Amato y Carvalho 2005; Ernst et al. 2005).

En Nueva Zelanda, el hoki tiene tres áreas de desove, dos en el lado Oeste y una en el Este, y dos áreas de alimentación, Eastern y Western Home; sin embargo los juveniles de las tres áreas de desove tiene una única zona de crecimiento, en los fondos someros del Eastern Home (Figura 2.1.3).

En Sud América, la merluza de cola presenta también dos stocks que habitan dos áreas de

alimentación, o 'homes', el home Atlántico y el home Pacífico (Figura 2.1.4). Sin embargo, las áreas de alimentación de los juveniles son diferentes para los dos stock, ocurriendo principalmente en las aguas interiores en el lado Pacífico (Ernst et al. 2005) y en la plataforma de Tierra del Fuego e Islas Falklands en el lado Atlántico (D'Amato y Carvalho 2005, Laptikhovsky 2007).

En Nueva Zelanda los adultos migran desde el Western Home a las dos área de desove del lado Oeste, y desde el Eastern Home hacia al área de desove del Cook Strait, en invierno de cada año, y regresan a los homes en primavera, extendiendo la temporada de desove por cerca de dos meses (Figura 2.1.5, y O'Driscoll 2004). Una característica resaltante es que en cada estación reproductiva no todo el stock migra a desovar: una fracción de individuos adultos -entre 1/3 y 1/5- con gónadas que no se desarrollaron en el período pre-desove, permanece tanto en el Eastern como en el Western Home (Livingston et al. 1997).

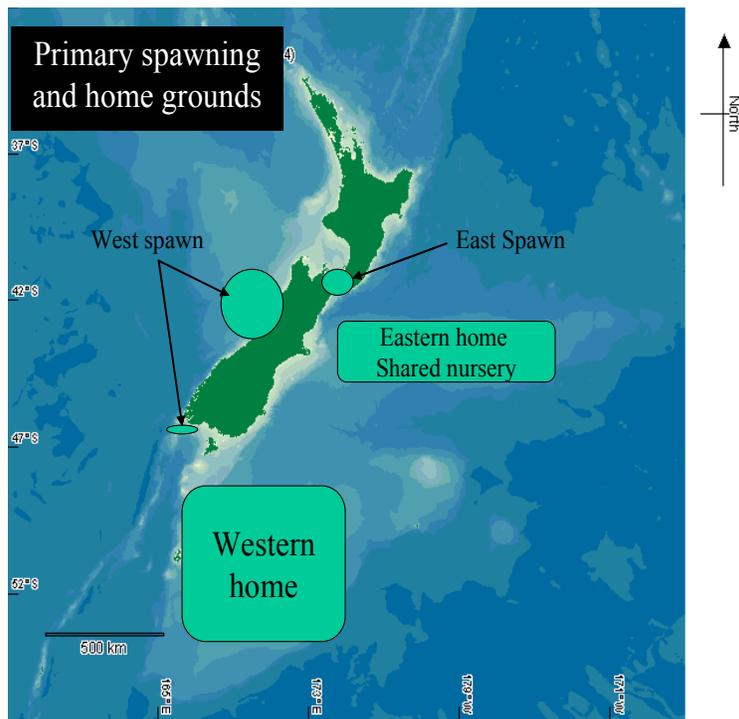


Figura 2.1.3. Estructura espacial de los procesos del ciclo vital de hoki en aguas Nueva Zelanda.

En Sud América la migración reproductiva en el lado Pacífico es principalmente hacia el norte en invierno, aunque también peces adultos de la zona centro sur migrarían hacia el sur a desovar (Ernst et al. 2005). En cambio en el lado Atlántico la migración por desove ocurriría en invierno pero de norte a sur (Fig. 2.6 y D'Amato y Carvalho 2005). No existen estudios orientados a estudiar la posible existencia de una fracción del stock desovante que deja pasar la temporada de desove.

Las migraciones de las larvas y juveniles en Nueva Zelanda involucran trayectorias que rodean la isla sur, con peces que se originan en las tres áreas de desove (Figura 2.1.7). Los peces de un año y menos se encuentra en toda la costa en los sectores mas someros. Las migraciones de las larvas y juveniles en el lado Pacífico de Sud América son más simples, pero comparten la característica que los juveniles de un año o menos se refugian en las zonas más someras, al interior de los canales (Ernst et al. 2005, Figura 2.1.8). En períodos expansivos una fracción juvenil difunde hacia el norte, cubriendo la zona centro sur, donde forman cardúmenes pelágicos. En el sector Atlántico los juveniles han sido observados en las Islas Falklands, principalmente sobre la plataforma sur (Laptikhovsky 2007). Aunque no hay observaciones directas de desove en la plataforma de Tierra del Fuego, existe consenso que el stock Atlantico tiene un área de desove en esta zona (D'Amato y Carvalho 2005, Ernst et al. 2005, Laptikhovsky 2007).

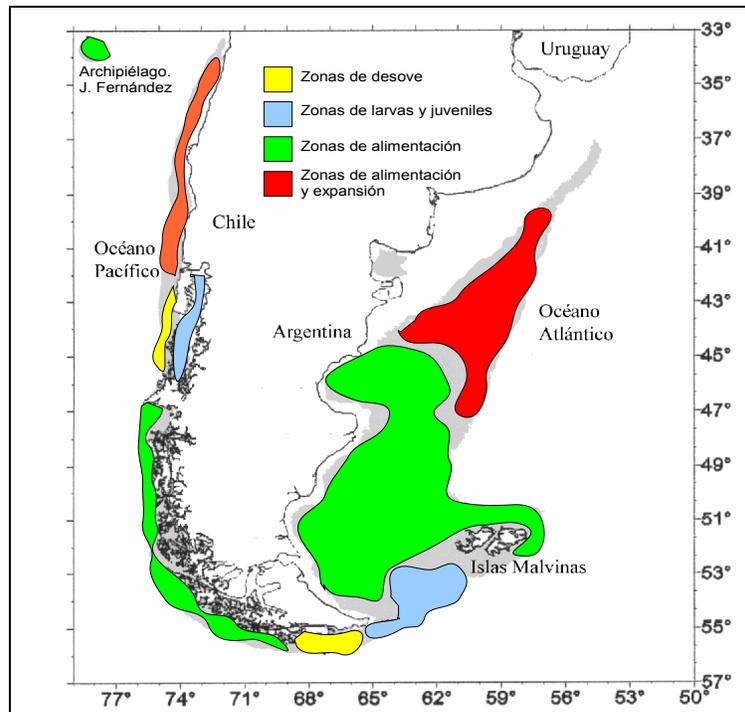


Figura 2.1.4. Estructura espacial de los procesos del ciclo vital de merluza de cola en aguas del cono sur de América. Basado en Ernst et al. (2005), D'Amato y Carvalho (2005), y Laptikhovsky (2007).

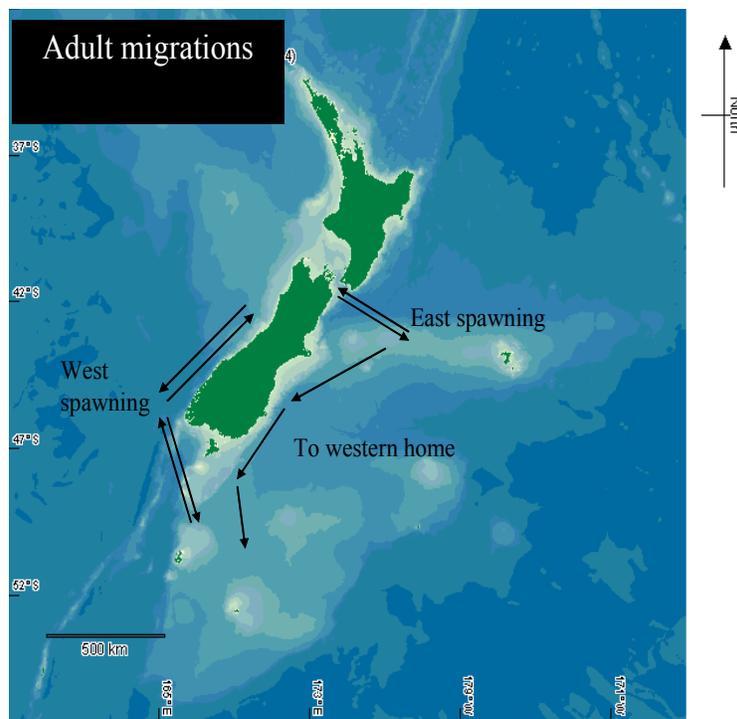


Figura 2.1.5.- Migraciones de hoki adultos para desovar en invierno y de regreso a los 'homes' en primavera.

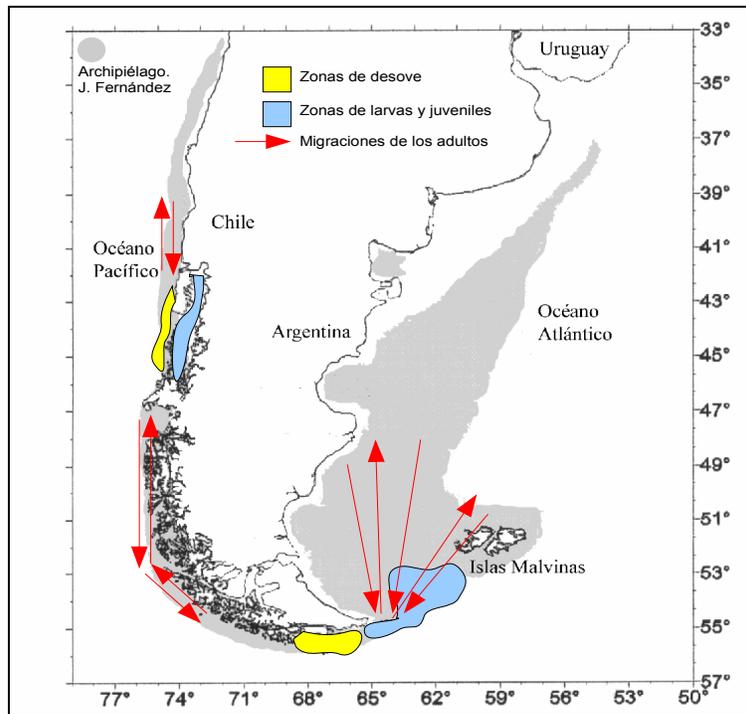


Figura 2.1.6.- Migraciones de los adultos de merluza de cola para desovar en invierno y de regreso a las áreas de alimentación en primavera.

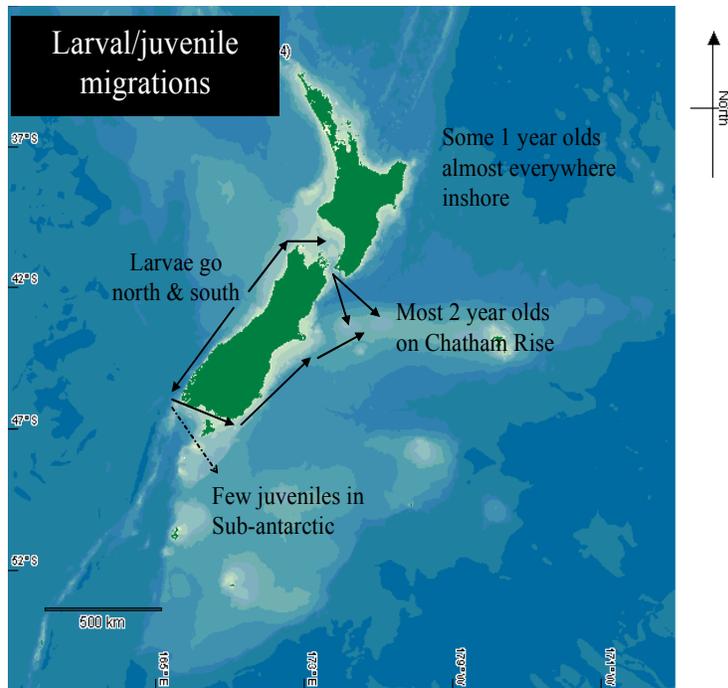


Figura 2.1.7.- Migraciones de las larvas y juveniles de hoki en Nueva Zelanda.

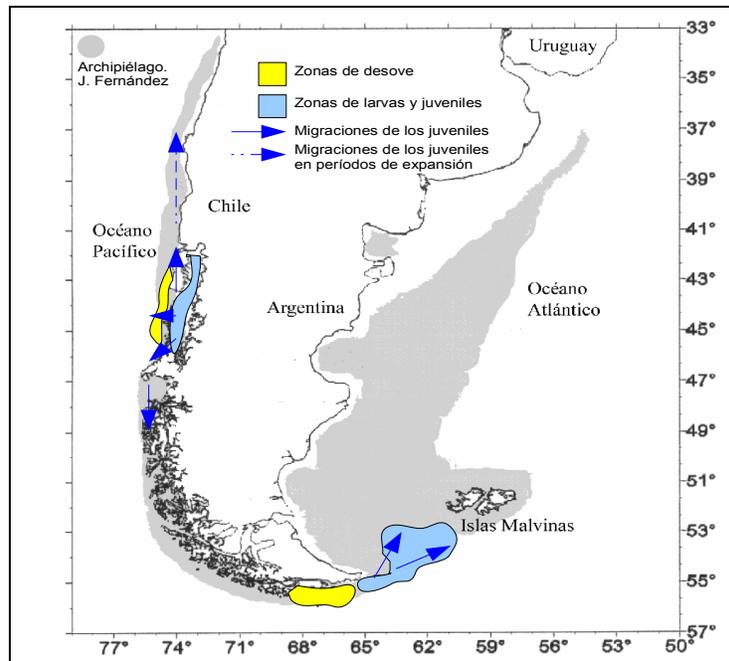


Figura 2.1.8.- Migraciones de las larvas y juveniles de merluza de cola en Sud América.

De la descripción anterior se desprenden cuatro características firmes del modelo conceptual del ciclo vital y dinámica del stock de merluza de cola en Sud América:

- 1) El stock de merluza de cola en Sud América es el stock más abundante de las latitudes altas (sur de 45°), probablemente alcanzando unos pocos millones de toneladas de abundancia en períodos de alta abundancia,
- 2) Es un stock de longevidad intermedia pero a pesar de ello su dinámica está controlada por la magnitud del reclutamiento, que puede presentar períodos de rápida expansión,
- 3) El stock está dividido en dos ramas que funcionan de manera autónoma, una es la rama Pacífico y otra es la rama Atlántico, y es posible que tal como en Nueva Zelanda, se presenten diferencias morfométricas y ecológicas entre ambas, aunque no genéticas, y
- 4) Una importante fracción del stock desovante poder dejar pasar una temporada de desove, lo que llamamos la Hipótesis de Intermitencia.

Al comparar estas cuatro características que aparecen como firmes del modelo conceptual del stock, con los cinco elementos previos a considerar para un conocimiento suficiente del modelo conceptual, arribamos a los siguientes resultados:

- A) Migraciones anuales y reproductivas y número de áreas de desove. Según característica 3), deben existir áreas de desove distintas para los stocks Pacífico y Atlántico de merluza de cola en Sud América. En el lado Atlántico la falta de observaciones directas de desove sugiere que existe sólo una gran área de desove en la plataforma de Tierra del Fuego (aunque un área muy menor ha sido observada en los 42°S). En el lado Pacífico hay varias áreas de desove entre los 42°S y los 46°S pero pueden existir otras áreas más al sur aun no reconocidas.
- B) Intermitencia del desove. Según característica 4), es posible que como con el hoki de Nueva Zelanda, una fracción importante del stock adulto pase una temporada de desove sin aportar al desove; no existen antecedentes directos que puedan negar o respaldar esta hipótesis.

- C) Variabilidad del reclutamiento y su incidencia en los patrones de distribución. Existe claridad que el stock de merluza de cola, tal como el stock de hoki, presenta alta variabilidad en el reclutamiento, y que en períodos de alto reclutamiento la distribución de los juveniles se expande hacia la zona pelágica centro-sur.
- D) Relaciones tróficas principalmente con merluza del sur. En la literatura revisada tanto respecto de merluza de cola como de hoki, no existen antecedentes que permitan esclarecer el efecto que tiene una especie, o el esfuerzo pesquero aplicado sobre una especie, sobre la estructura y dinámica de la otra. Parece probable que el efecto acumulado de la extracción pesquera sobre merluza del sur, haya contribuido a los altos reclutamientos de merluza de cola de la década de los 90, pues aparentemente la merluza del sur es un importante depredador de la merluza de cola juvenil, pero esto sólo puede sostener a nivel de hipótesis preliminar.
- E) Distribuciones verticales etarias. Tanto en hoki como en merluza de cola, los juveniles ocupan hábitats diferentes a los adultos, lo que es una conducta típica de stocks que presentan canibalismo, y en particular, las merluzas. Esto se manifiesta normalmente en hoki y merluza de cola a través de la ocupación de hábitats someros o costeros por parte de los juveniles, pero en períodos expansivos de alto reclutamiento, la segregación se produce en la dimensión vertical en la zona centro-sur.

Las características 1) a 3) y los resultados C) y E) están bien incorporadas en los esfuerzos actuales de análisis y modelación que se realizan en Chile (Canales et al. 2006, 2007, 2008, Ernst et al. 2005). Sin embargo, esto no ocurre respecto de la característica 4) y de los resultados A), B), y D). En el caso del resultado A), la falta de conocimiento cierto acerca de la presencia o ausencia de otras áreas de desove de merluza de cola provoca que los estudios de evaluación directa hidroacústica se concentren en la parte norte de la zona sur-austral, presumiendo que este stock representa a la totalidad del stock desovante.

En el caso del resultado D), la ausencia de programas continuos y sistemáticos de estudios de tasas de consumo de merluza del sur sobre juveniles de merluza de cola hace prácticamente imposible incorporar este elemento del modelo conceptual en modelación cuantitativa de la estructura y dinámica del stock de merluza de cola, aunque existen esfuerzos en marcha en estudios tales como el proyecto FIP 2008-23, que busca implementar un modelo de evaluación multiespecífico para la zona sur-austral. Sin embargo, vamos a mostrar en el Capítulo 3, subsección 3.2.1, que al menos podemos considerar el efecto de las tasas de captura de merluza del sur sobre las tasas de captura de merluza de cola al despejar la variación anual de la abundancia relativa de merluza de cola como un índice de abundancia relativa de esta última.

La característica 4) y el resultado B), la hipótesis de intermitencia del desove, son aspectos del modelo conceptual que pueden ser revisados preliminarmente de manera cuantitativa, como explicamos más abajo, en relación a sus efectos sobre la evaluación de stock, en particular en la evaluación de la biomsa desovante y de la relación entre ella y el reclutamiento. Sin embargo nuestro enfoque necesariamente va a rendir resultados preliminares, pues la evidencia directa debe venir, tal como en los estudios del hoki, de evaluaciones directas que busquen determinar qué fracción adulta permanece en las áreas de alimentación en el período de desove. Tales evaluaciones no existen.

Por lo tanto, en la formulación, implementación, y validación de un enfoque metodológico para el stock de merluza de cola de aguas chilenas, consideraremos las hipótesis de intermitencia en la definición de escenarios de modelación. Esto de ninguna manera implica que los restantes componentes del modelo conceptual, que no están aclarados, carezcan de importancia o sean relativamente menos importantes que la hipótesis de intermitencia. Simplemente hemos abordado esta última pues contamos con datos que interpretados de cierta manera (ver siguiente sección) permiten evaluar los efectos de la veracidad de tal hipótesis, mientras que las restantes incógnitas simplemente no pueden ser abordadas mientras no se

efectúen estudios específicamente orientados a obtener datos para aclararlas.

### Sección 2.2.- Hipótesis de Intermitencia

En Nueva Zelanda la existencia de una fracción de peces adultos que dejan pasar una temporada de desove fue descubierta con la realización de prospecciones de área barrida en los 'homes' justo antes de la temporada de desove (Livingston et al. 1997). No se cuenta con esa información en Chile. Sin embargo, existe información disponible en las bases de datos de los proyectos de evaluación acústica de la biomasa desovante de merluza de cola. Esta información corresponde a las determinaciones macroscópica de estados de madurez de peces obtenidos de los lances de identificación. Livingston et al. (1997) indican que la presencia de una fracción adulta no desovante puede ser observada en la ogiva de madurez, que no debe alcanzar el 100% y debe ser muy gradual, con muchos peces de edades altas con gónadas no desarrolladas. Por lo tanto, dada la disponibilidad de datos, representamos a la hipótesis de intermitencia a través de una ogiva de madurez a la edad. Para lograr esta ogiva, ajustamos un modelo de madurez a la talla, luego ajustamos un modelo de crecimiento, y finalmente utilizamos el modelo de crecimiento inverso para obtener la ogiva de madurez a la edad.

#### Metodología:

Utilizamos las bases de datos de los proyectos de evaluación hidroacústica ejecutados por IFOP (Tabla 2.2.1) con una rango de tallas entre 7 y 97 cm de longitud total.

Tabla 2.2.1.- Fuentes de datos de madurez sexual de merluza de cola.

Proyecto	FIP 2001-19	FIP 2002-19	FIP 2003-09	FIP 2004-07	FIP 2005-04
Número de Peces	567	567	860	1472	1202

En estas bases de datos están presente cinco estados de madurez (Tabla 2.2.2). En el ajuste del modelo de madurez sexual utilizamos el mismo criterio que los investigadores de IFOP: aquellos peces con estado de madurez II fueron inmaduros, y los restantes fueron maduros.

Tabla 2.2.2.- Estados de madurez en la bases de datos conjunta de los proyectos de la Tabla 2.2.1.

Sexo	Estado II	Estado III	Estado IV	Estado IV	Estado V
Machos	630	193	412	36	0
Hembras	1747	663	39	208	740

En el ajuste del modelo dependiente de la longitud, seguimos los métodos descritos en Roa et al. (1999), basados en maximizar una función de verosimilitud binomial sobre datos agrupados en categorías de longitud (de 1 cm). En el presente trabajo re-parametrizamos el modelo logístico según

$$(2.2.1) \quad \phi(l) = \begin{cases} 0 & l = 0 \\ \phi(l) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 l}} & l > 0 \end{cases}$$

$$\beta_0 + \beta_1 l(\phi) = \ln \frac{1 - \phi}{\phi}$$

$$\phi = 0.5, \rightarrow \beta_0 = -\beta_1 l_{.5}$$

$$\phi = 0.95, \rightarrow \beta_0 + \beta_1 l_{.95} = \ln(1/19), \quad \beta_1 = \frac{\ln(1/19)}{l_{.95} - l_{.5}}, \quad \beta_0 = -l_{.5} \frac{\ln(1/19)}{l_{.95} - l_{.5}}$$

donde  $\phi$  es la proporción de madurez,  $l$  es la longitud estándar,  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son parámetros, que se reemplazan por  $l_{50}$  y  $l_{95}$ , la longitud de 50% y de 95% de madurez respectivamente.

El modelo de crecimiento fue un modelo von Bertalanffy reparametrizado para incluir la longitud de nacimiento en lugar de la edad negativa a longitud cero,

$$(2.2.2) \quad l(t) = l_{\infty} \left( 1 - \left( 1 - \frac{l_0}{l_{\infty}} \right) e^{-Kt} \right)$$

con función de verosimilitud normal. La base de datos utilizada consistió en la base de edad de IFOP proveniente de varios proyectos y monitoreos estándar, entre los años 2001 y 2005, desde todas las pesquerías mayores que han operado sobre merluza de cola. En total inicialmente se contó con 29908 registros de longitud y edad. Luego de depurar la base se contó con 16530 hembras y 13365 machos.

La estimación del modelo de madurez sexual respecto de la edad se realizó utilizando las estimaciones de longitud de madurez sexual y la función de crecimiento de von Bertalanffy inversa,

$$(2.2.3) \quad a_{.x} = -\frac{1}{K} \log \frac{\left( 1 - \frac{l_{.x}}{l_{\infty}} \right)}{\left( 1 - \frac{l_0}{l_{\infty}} \right)}$$

donde  $a_{.x}$  y  $l_{.x}$  es la edad y la longitud, respectivamente, al  $x^{\circ}$  de madurez. Utilizando  $l_{50}$  y  $l_{95}$  se obtienen las correspondientes edades.

También se ha re-producido la ogiva de madurez sexual a la talla reportada por IFOP, y ésta ha sido convertida en una ogiva de madurez a la edad utilizando los procedimientos ya descritos.

### Resultados:

La ogiva de madurez dependiente de la longitud que se obtiene de las bases de datos conjuntas de los proyectos de evaluación hidroacústica ejecutados por IFOP es muy diferente a la ogiva que actualmente se considera en los estudios de dinámica poblacional del recurso (Fig. 2.2.1). En la ogiva resultante de los datos, el recurso presenta una maduración mucho más lenta, y que incluso no alcanza al 100% de proporción madura como predicción del modelo a las tallas más altas observadas. Estos son precisamente los resultados esperados bajo la hipótesis de intermitencia. Se observa una ogiva sumamente gradual que no alcanza el 100% de hembras en condiciones de desovar. Los valores de los parámetros ajustados a estos datos implicarían una madurez muy tardía, ocurriendo entre los 5 y 10 años de edad, lo que es contradictorio con lo que se conoce del hoki (Livingston et al. 1997, O'Driscoll 2004) y de la merluza de cola en el lado Atlántico (D'Amato y Carvalho 2005).

Una explicación alternativa a la hipótesis de intermitencia es que en la clasificación macroscópica de las gónadas realizada a bordo, los muestreadores biológicos de los proyectos indicados cometieron una gran cantidad de errores, asignando hembras que en realidad estaban aptas para desovar, estados de madurez III o superior, a estados inmaduros, II o menor. No es posible descartar esta explicación alternativa aunque no se ha reportado que exista particular dificultad en asignar estados de madurez sobre la base de inspección visual de la gónadas en merluza de cola. Por lo tanto vamos a suponer que los datos de estados de madurez sexual macroscópicos de hembras de los lances de identificación de los proyectos indicados, evalúan la hipótesis de intermitencia sobre la base de la ogiva de madurez. Esto nos permitirá establecer dos grupos de escenarios en la modelación del stock, y en particular, en la estimación y proyección de la biomasa desovante y en los parámetros de la relación entre biomasa desovante y reclutamiento, en el Capítulo 3 de este informe. En un grupo de escenarios consideraremos la ogiva de madurez estándar (línea roja de la Figura 2.2.1), y en otro grupo consideraremos la ogiva de madurez que surge de los datos de clasificación macroscópica (línea azul, Figura 2.2.1). El primer grupo representa la negación de la Hipótesis de Intermitencia mientras que el segundo, su afirmación.

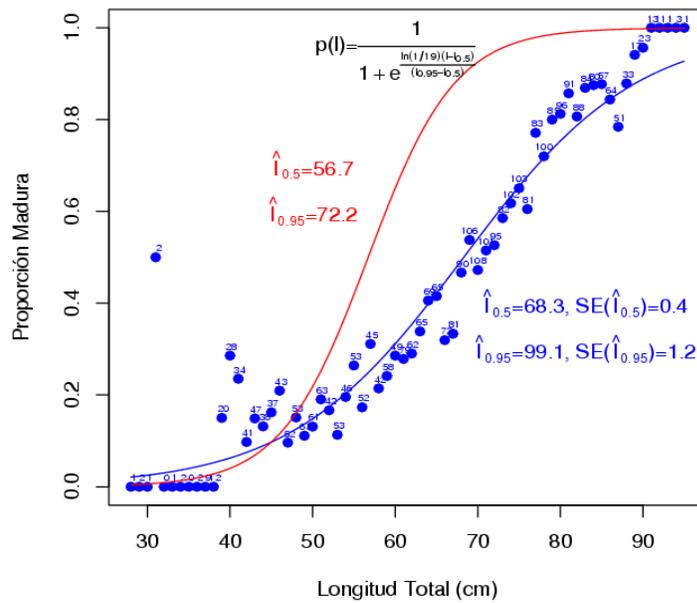


Figura 2.2.1.- Datos de proporción de hembras aptas para desovar desde las bases de datos de los proyectos FIP 2001-19, 2002-19, 2003-09, 2004-07, y 2005-04 (círculos azules) y número total de individuos (números sobre los círculos); modelo de ogiva de madurez ajustado (línea azul), estimados de los parámetros (texto azul), y ogiva ajustada por los autores del Informe Final FIP 2005-04 (en rojo) utilizando información histológica sobre una sub-muestra de peces.

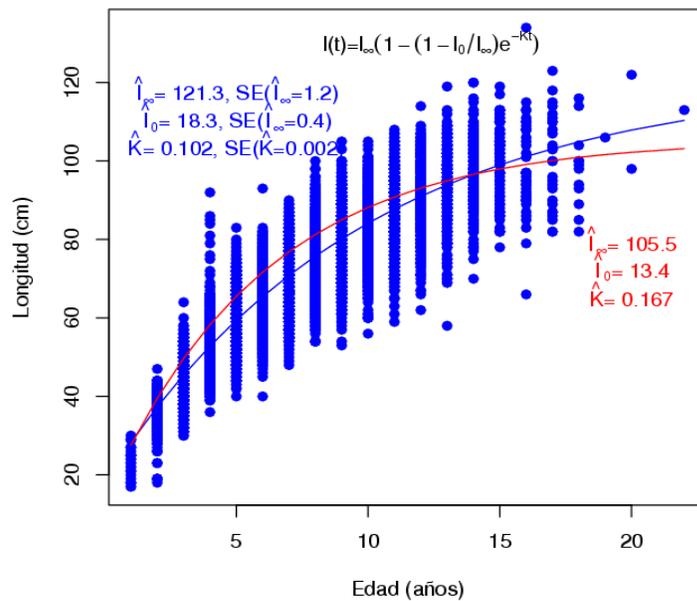


Figura 2.2.2.- Datos de longitud total y edad (círculos azules), curva de crecimiento ajustada (línea y texto azul), y curva de Chong et al. (2007) basada en retro-cálculo (línea roja y texto rojo).

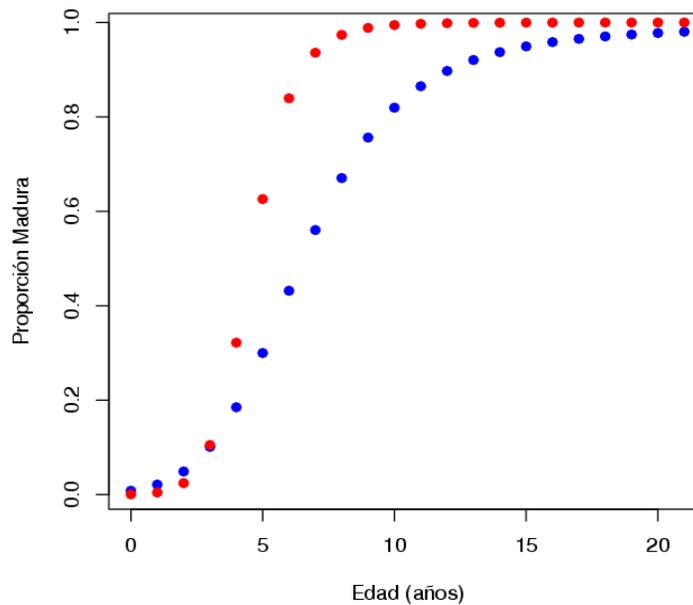


Figura 2.2.3.- Ogivas de madurez sexual a la edad de hembras sin intermitencia (círculos rojos) y con intermitencia (círculos azules).

La curva de crecimiento de las hembras que se obtiene de la base de datos de edad de IFOP es similar al modelo basado en retro-cálculo para las hembras propuesto por Chong et al., 2007 (Fig. 2.2.2). Esto significa que casi todas las diferencias que se observen en la madurez sexual de las hembras como función de la edad se deberán al modelo de madurez sexual en función de la longitud, y no al modelo de crecimiento inverso utilizado para obtener el modelo de madurez sexual a la edad.

Los parámetros obtenidos para la curva de crecimiento y la ec. (2.2.3) dan como resultados las proporciones de madurez que se indican en la Figura 2.2.3.

### Sección 2.3.- Tasa de Mortalidad Natural

La tasa de mortalidad natural es la tasa de mortalidad que sufre un stock en ausencia de pesca, es decir descontando el efecto de la pesca o cuando no hay pesca alguna. Como el interés por conocer estas tasas generalmente ocurre cuando un stock ya tiene importancia pesquera, entonces no es posible determinar mortalidad en ausencia de pesca, y además es difícil descontar el efecto de la pesca estimando la mortalidad natural dentro de un modelo poblacional. Por estos motivos generalmente la mortalidad natural de un stock se estima mediante métodos bio-analógicos, de los cuales existe una gran variedad.

Dada la definición de mortalidad natural expuesta arriba, y la necesidad de utilizar métodos bioanalógicos, es natural considerar ecuaciones que utilicen a la longevidad natural, la longevidad que alcanza el stock en condiciones de ausencia de pesca. Esto es así porque en último término, la longevidad natural es una consecuencia directa la tasa de mortalidad promedio que ha experimentado el stock a lo largo de su ontogenia.

Hewitt y Hoenig (2005) recomiendan un modelo de regresión que considera a la longevidad natural como variable dependiente. Nosotros aplicamos esta ecuación predictiva en merluza de cola considerando una longevidad natural de 22 años como promedio entre machos y hembras, de donde obtenemos una tasa de mortalidad anual de  $0.203 \text{ año}^{-1}$ .

En el lado Atlántico se adoptado un valor de  $0.305 \text{ año}^{-1}$  (Giussi y Abachian, 2004), mientras que en

Nueva Zelanda se considera un valor de 0.25 a 0.3 año<sup>-1</sup> (Ministry of Fisheries, New Zeland Government). Sobre la base de los informes disponibles no ha sido posible determinar el valor de mortalidad natural empleado en las evaluaciones de stock realizadas sobre el stock chileno. Sin embargo, Cristián Canales manifestó en el Taller de Presentación de Resultados del Proyecto (ver Cap. 4) que el valor obtenido y utilizado en este estudio, de 0.203, es muy bajo. Esto coincide con la opinión de Chong et al. (2007), que de entre los numerosos valores estimados en su trabajo, utilizando una variedad de métodos, prefieren valores altos obtenidos mediante análisis de curva de captura, valores tan altos como 0.5 a 0.7 año<sup>-1</sup>.

En este trabajo adoptamos el valor estimado mediante la regresión de Hewitt y Hoenig (2005) porque tiene un sustento teórico sólido (a mayor mortalidad natural, menor longevidad natural) y porque el valor obtenido es consistente con las tasas adoptadas en el Atlántico Sur y en Nueva Zelandia. El valor adoptado acá será considerado fijo en el Capítulo 3 y es un valor que se encuentra en el límite más bajo de los que se han empleado para modelar la dinámica de la merluza de cola.

### **Sección 2.4.- Conclusiones**

20. Los stocks de merluza de cola y hoki son stocks abundantes, de longevidad intermedia, y de dinámica controlada por el reclutamiento, que está compuesto por pulsos anuales y es altamente variable.
21. Es provisoriamente aceptable la hipótesis que los stocks de merluza de cola a ambos lados de Sudamérica son stocks en gran medida autónomos.
22. Los juveniles de los stocks de merluza de cola y hoki habitan áreas diferentes de las áreas de alimentación de adultos.
23. Una importante incógnita en la dinámica del stock de merluza de cola en aguas chilenas es si existe una fracción del stock adulto que no desova cada año, tal como ocurre con el hoki en Nueva Zelandia.
24. No existe evidencia y no es posible aun evaluar los efectos de otras importante incógnitas del modelo conceptual de merluza de cola, en particular la existencia de áreas de desove al sur de los 46°S y la relación trófica con merluza del sur.

## Capítulo 3

Autor: Rubén Roa Ureta

**Objetivo Específico 3. Formular, implementar y validar un modelo cuantitativo de evaluación del stock de merluza de cola aplicándolo a un caso de estudio basado en la información disponible.**

### Sección 3.1 Introducción

La revisión bibliográfica del Capítulo 1 y el modelo conceptual del Capítulo 2 nos permite plantear un modelo de evaluación de stock que tiene las siguientes características y supuestos:

1. Las capturas chilenas de merluza de cola corresponden a un stock autónomo y completo.
2. El stock presenta pulsos de reclutamiento anuales de magnitud variable, que dependen en cierta medida del stock desovante del año previo a través de una relación denso-dependiente.
3. El stock ha sido capturado esencialmente por dos métodos de pesca, uno basado en arrastre y otro basado en cerco.
4. Es prácticamente imposible conocer las capturas de merluza de cola durante la década de los 70 y los 80 debido al extensivo descarte de las capturas incidentales que ocurrieron durante lances de captura de otros recursos.
5. Existen dos posibles ogivas de madurez, una que representa una mayor productividad gamética y otra de menor productividad debido a intermitencia de los desovantes.

El primer punto indica que es suficiente contar las capturas chilenas solamente para modelar el stock de merluza de cola en aguas chilenas. El segundo punto indica que es válido formular un modelo edad estructurado donde el reclutamiento depende del stock desovante. Esta dependencia debe tomar la forma de un modelo de canibalismo, es decir de tipo Ricker, pues los juveniles evitan co-existir con los adultos, lo que representa evidencia de presión canibalística. Sin embargo, dada la alta variabilidad del reclutamiento, es también esperable que la dependencia no sea muy bien determinada. El tercer punto indica que el modelo de evaluación de stock debe considerar al menos dos flotas. El cuarto punto cuestiona la información contenida en las capturas de los primeros tres períodos identificados en el Capítulo 1, y parte del cuarto período. El punto quinto, finalmente, produce dos escenarios diferentes respecto de la capacidad productiva del stock con efecto directo sobre la evaluación de la biomasa desovante y la relación entre ésta y el reclutamiento.

Las Bases del proyecto y la Propuesta Técnica presentada indican que es necesario formular, implementar, y validar un modelo de evaluación de stock. La formulación y la implementación de un modelo de evaluación de stock son tareas que ya han sido realizadas para la merluza de cola (Canales et al. 2008) así como para muchos otros recursos pesqueros chilenos. La validación del modelo por otro lado, es una tarea que al parecer no ha sido emprendida para recurso alguno de los mares de Chile (A. Zuleta, Capítulo 4). La validación consiste esencialmente en generar datos pesqueros desde un modelo operativo en que el estado del stock y el funcionamiento de la pesquería son conocidos, presumiendo la existencia de varias fuentes de incertidumbre, aplicar el modelo de evaluación a los datos así generados, y verificar que los resultados que se obtienen de la aplicación del modelo de evaluación coinciden con la realidad del modelo operativo. Cabe destacar que la implementación del modelo se verá afectada por la disponibilidad de información sólo hasta 2006. La información de los años 2007 y 2008, en principio existente, no estuvo disponible, pero puede ser incorporada si existe continuidad del estudio.

Este enfoque de validación mediante simulación Monte Carlo ha sido implementado para otro problema por los autores de este informe (Roa et al. 1999), aunque en el caso de un modelo de evaluación de stock el nivel de complejidad es mucho mayor.

Reconociendo la importancia de este enfoque, la Comunidad Económica Europea a través de varias

instituciones ligadas al ICES, ha desarrollado el proyecto Fisheries Libraries for R (FLR, [www.flr-project.org](http://www.flr-project.org)), un conjunto de librerías computacionales escritas en el lenguaje abierto R (R Development Core Team, 2008) que tiene como objetivo principal la construcción estandarizada de modelos operativos para validar modelos de evaluación de stock y evaluar planes de manejo (Kell et al. 2007). Este esfuerzo ha sido apoyado y endorsado por evaluadores de stock no europeos (Schnute et al. 2007).

En este informe hemos implementado por primera vez en Chile un modelo operativo y un modelo de evaluación de stock, conjuntamente, a través del uso de librerías FLR. El autor de este capítulo ha aplicado la misma secuencia de análisis mostradas acá, al caso de la merluza del Mar del Norte, en el marco del proyecto UNCOVER de la Comunidad Económica Europea.

## Sección 3.2 Metodología

La estrategia general de modelación y validación se muestra en la Figura 3.2.1. En primer lugar, utilizamos las matrices de captura a la edad por año biológico del proyecto FIP 2004-12 (Ernst et al. 2005), actualizadas hasta el 2005-2006. En el proyecto indicado las matrices cubrían desde 1988-1989 hasta 2003-2004. El límite del año biológico 2005-2006 se debió a que las bases de datos aportadas por IFOP contuvieron información hasta 2006. De ahora en adelante nos referiremos a los años biológicos Y1-Y2 por su año de origen, es decir Y1. En esta evaluación de stock, extendimos también las series de índice de abundancia relativa derivadas de las flotas. Específicamente, definimos dos flotas, la flota cerquera y la flota de arrastre. En el caso de la primera, utilizamos la serie tal como fue considerada en Ernst et al. (2005), pues no se registraron capturas significativa de merluza de cola por parte de esta flota después de 2003. En cambio, en el caso de la serie de arrastre, realizamos un análisis nuevo (Subsección 3.2.1).

### Subsección 3.2.1. Construcción de Índice de Abundancia Relativa de la Flota Arrastrera

Para esta tarea contamos con las bases de datos de bitácoras de pesca de IFOP, proporcionadas hasta 2006 a requerimiento de este autor. En la extracción de la señal de abundancia relativa utilizamos un modelo lineal generalizado donde la variable respuesta fue la captura en kilos por día de merluza de cola para cada barco. Las variables predictoras fueron el año, el mes, la zona, el barco, y la captura de otras especies, como factores categóricos (Tabla 3.2.1), más el número de lances por día, como co-variable representativa del esfuerzo de pesca diario. El modelo fue un modelo multiplicativo.

Tabla 3.2.1. Factores y niveles del modelo lineal generalizado ajustado para obtener un índice de abundancia relativa desde la operación de la flota de arrastre. Entre paréntesis, n° de niveles de cada factor.

Factor	Niveles
Año	1988, 1989,..., 2005 (18)
Mes	Enero, Febrero,..., Diciembre (12)
Barco	Betanzos, Boston Beverly, Boston Blenheim, Unzen Maru (4)
Zona (Banda latitudinal)	Norte-40°, 40°-45°, 45°-50°, 50°-55°, 55°-Sur (5)
Desembarque otras spp. (banda ton.)	<10, 10-19.9, 20-29.9, 30-39.9, ≥40 (5)

Junto con el modelo con todos estos factores y la covariable, ajustamos modelos más simples, eliminando algunos factores, y de esa manera confirmamos mediante los valores del Índice de Información de Akaike, que el modelo completo era el modelo más aproximado al verdadero.

En el caso de la medida de esfuerzo, no consideramos a las horas de arrastre porque estudios

exploratorios mostraron que la captura de merluza de cola se correlaciona negativamente con las horas de arrastre. En el caso de número de lances, la correlación también es negativa pero menos que en el caso de horas de arrastre. Esto indica que no logramos observar una buena medida de esfuerzo nominal, y por eso hemos modelado la captura en lugar de la captura por unidad de esfuerzo. Modelar la captura es un enfoque tan válido como modelar la captura por unidad de esfuerzo, cuando la medida de esfuerzo es incluida como un offset o como co-variable (Maunder y Punt 2004).

### Subsección 3.2.2. Análisis Exploratorios de Datos Bío-Pesqueros

El análisis exploratorio de los datos fue realizado esencialmente para corroborar la consistencia de la información bio-pesquera y entre los dos índices provenientes de flotas, y las tendencias de la captura. Esta parte se realizó en el paquete FLEDA de FLR. Los análisis realizados fueron de tendencias de la captura, de las tendencias en la fuerza de las cohortes, de las correlaciones entre y dentro de los índices de abundancia relativa a la edad, de la captura de biomasa desovante, y de los pesos medios a la edad.

### Subsección 3.2.3. Evaluación de Stock: Formulación e Implementación del Modelo

La formulación del modelo cuantitativo de evaluación de stock de merluza de cola considera un modelo de nivel de complejidad intermedio, entre un Análisis de Población Virtual sintonizado (APVS) y un modelo estadístico de captura a la edad (MECE). La metodología fue desarrollada por Shepherd (1999) quien extendió la metodología propuesta por Doubleday (1981), y se conoce como eXtended Survivor Analysis (XSA), ampliamente utilizada en el ICES. En el APVS los valores del índice de abundancia relativa del último año son tratados como valores exactos y se ignora la información sobre fuerza de las clases anuales contenida en edades menores a la edad mayor observada en cada cohorte. En el otro extremo, en los MECE tanto los valores de los índices de abundancia relativa como los valores de captura a la edad son considerados como variables aleatorias para todas las edades y años, todos ellos sujetos a estimación (con posibles modificaciones). Pero precisamente debido a su nivel de complejidad, los MECE son muy modelo-dependientes, es decir poco robustos, por lo que requieren considerable juicio y afinamiento por parte del analista (Shepherd 1999). Como el modelo que aplicamos acá tiene un nivel intermedio de complejidad, puede considerarse como robusto y flexible, robusto en el sentido que no contiene numerosos sub-modelos de procesos que pueden estar equivocados, y flexible en el sentido que se puede aplicar a muchos stocks y sus flotas sin ser exactamente diseñado para un stock y sus flotas.

En el XSA el objetivo principal es estimar la abundancia en número de los sobrevivientes de cada cohorte presente en la serie de observaciones de captura a la edad. El procedimiento general de análisis se muestra en la Figura 3.2.2. Esencialmente, el modelo contrasta predicciones de abundancia debida a la aplicación de un APV a partir de las abundancias de los sobrevivientes, versus las predicciones de abundancia debidas a los índices de abundancia relativa a la edad.

Sea  $u$  el valor del índice de abundancia relativa,  $q$  la capturabilidad,  $P^{(U)}$  el valor de abundancia al inicio del año,  $A$  una variable que proyecta a  $P^{(U)}$  hacia cualquier tiempo dentro de un año (cuando ocurrió la pesca o cuando se observó al stock en una evaluación directa), y sean  $y$ ,  $a$  y  $f$  índices de año, edad, y flota. Entonces el valor esperado de cada índice de abundancia relativa es

$$3.1 \quad u_{y,a,f} = q_{a,f} (A_{y,a,f} P_{y,a}^{(U)})$$

tanto, el valor esperado de abundancia al inicio de cada año es

$$3.2 \quad P_{y,a,f}^{(U)} = u'_{y,a,f} r_{a,f}$$

donde se supone que la capturabilidad a la edad por cada flota no cambia a través de los años. En esta relación  $u'$  es el índice de abundancia corregido al inicio del año (la ecuación 3.1 dividida por  $A$ ) y  $r$  es el recíproco de la capturabilidad. Cabe hacer notar que  $A$  tiene una forma conocida,

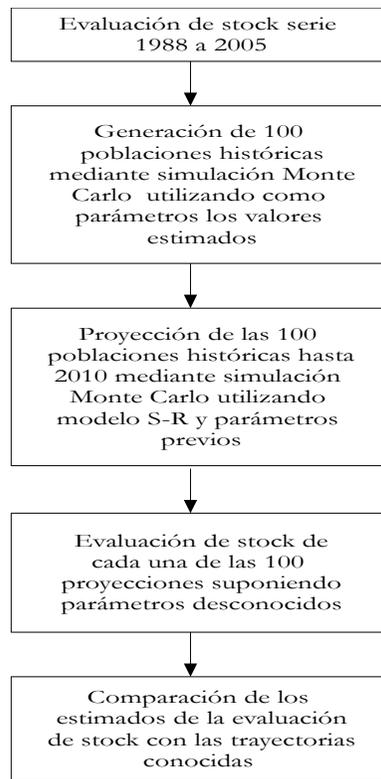


Figura 3.2.1. Diagrama de flujo general de la evaluación de stock y la validación del modelo.

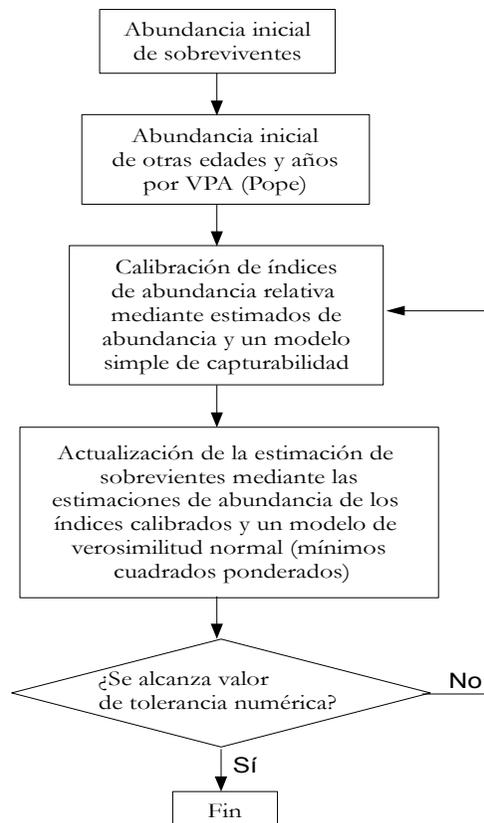


Figura 3.2.2. Diagrama de flujo general del la evaluación mediante eXtended Survivor Analysis.

$$3.3 \quad A_{y,a,f} = \frac{\exp(-\alpha Z_{y,a}) - \exp(-\beta Z_{y,a})}{(\beta - \alpha) Z_{y,a}}$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  tienen valores conocidos y corresponden a la fracción del año en que la pesca o la observación comienza y termina respectivamente. Los valores de  $Z$  son desconocidos y se actualizan durante el proceso de estimación, lo que también actualiza los valores de  $A$ . En esta cantidad,  $P^{(t)}$ , los parámetros libre son los recíprocos de las capturabilidades,  $r_{a,f}$ .

Por otro lado, los valores de abundancia poblacional provenientes del APV dependen de la tasa de mortalidad natural,  $M$ , cuyo valor se presume conocido, de las capturas a la edad,  $C_{y,a}$ , cuyos valores también son exactos y conocidos, y de las abundancias de los sobrevivientes al final del último año,  $P_k^{(t)}$ , donde  $t$  es el año terminal y  $k$  es un índice que identifica a cada cohorte. Estos estimados corresponden a

$$3.4 \quad P_{y,a}^{(APV)} = \exp\left(\sum_{i=a}^{i=a_{\max}} M_{y,a}\right) P_k^{(t)} + \sum_{i=a}^{i=a_{\max}} \exp\left(\sum_{i=a}^{i=a_{\max}} M_{k+i,i}\right) C_{k+i,i} \exp(-0.5 M_{k+i,i})$$

En esta cantidad,  $P^{(APV)}$ , los parámetros libres corresponden a las abundancias de los sobrevivientes,  $P_k^{(t)}$ .

El modelo de probabilidad corresponde a un modelo lognormal con independencia de las observaciones de índices de abundancia relativa. De esta manera, maximizar la función de soporte (logaritmo de la verosimilitud) es equivalente a minimizar las diferencias cuadráticas ponderadas,

$$3.5 \quad S = \sum_y \sum_a \sum_f \frac{(\log P_{y,a,f}^{(U)} - \log P_{y,a}^{(APV)})^2}{\sigma_{y,a,f}^2} = \sum_y \sum_a \sum_f \frac{(\log r_{a,f} - \log u'_{y,a,f} - \log P_{y,a}^{(APV)})^2}{\sigma_{a,f}^2}$$

donde la segunda igualdad se obtiene de insertar la ecuación 3.2.2 y de simplificar el parámetro indeseado  $\sigma^2$  al suponerlo constante a través de los años.

La diferencia cuadrática de la ecuación 3.2.5 tiene como dimensiones libres las capturabilidades (tantas como edades existen en la matriz de captura a la edad) y las abundancias de los sobrevivientes (tantas como cohortes existen en la matriz de captura a la edad). En la práctica, se supone que sobre cierta edad (la edad de pleno reclutamiento al arte) estas capturabilidades son constantes, lo que reduce el número de dimensiones de la minimización utilizando una presunción aparentemente trivial.

En la aplicación del XSA a la merluza de cola, presumimos que sobre la edad 4 años los peces estaban completamente reclutados, así que a partir de esta edad las capturabilidades son constantes. Además, según recomendaciones de grupos de trabajo del ICES respecto de peces demersales, reemplazamos los dos últimos años de estimaciones de reclutamiento por la media geométrica de los anteriores 15 años de reclutamientos.

La evaluación de stock por XSA permite obtener estimaciones de los reclutamientos. El uso de una ogiva de madurez y de una matriz de pesos medios también permite obtener estimaciones de biomasa desovante. Para este último fin, la matriz de pesos medios fue la misma utilizada por Ernst et al. (2005), actualizada hasta el año biológico 2005 con las bases de datos proporcionadas por IFOP. En el caso de las ogivas de madurez, tal como se indicó en el Capítulo 2, estas produjeron dos escenarios correspondientes a las dos opciones de la hipótesis de intermitencia. Además, en cada uno de estos escenarios las ogivas de madurez se consideraron constante a través de los años.

Los puntos biológicos de referencia (PBR) utilizados en la evaluación de stock fueron la tasa de mortalidad por pesca en el máximo rendimiento sostenido (FMRS), la tasa de mortalidad por pesca que maximiza el rendimiento por recluta (FMax), y la tasa de mortalidad por pesca cuando la pendiente de la curva de rendimiento por recluta es igual a un décimo de la pendiente en el origen (F0.1). En estos puntos evaluamos la biomasa desovante.

El modelo de evaluación de stock aplicado a los datos reales generó una serie máximo verosímil de abundancias, capturabilidades, tasas de mortalidad, biomasa desovante y reclutamientos entre 1988 y 2005. A esto le llamamos la “población base”. Para la validación del “modelo de evaluación de stock, es necesario

generar poblaciones y eventos de pesca repetidos tomados desde un modelo operativo (Kell et al. 2007) sobre las cuales se aplique el modelo de evaluación de stock. Existen varias maneras de realizar esta tarea. En nuestro caso, elegimos crear poblaciones/pescas históricas (1988 a 2005) repetidas, y proyectar cada una de ellas hacia el futuro (2010). Para realizar esto, introducimos una presunción de proceso aleatorio multiplicativo en los índices de abundancia relativa a la edad (ver ecuación 3.2.2) y re-muestreamos desde ese proceso aleatorio, específicamente un bootstrap de los residuales del modelo de series de índices de abundancia relativa. Esto generó 100 series de índices de abundancia relativa a la edad, los que junto con la matriz de captura a la edad (constante), permitió aplicar 100 veces el XSA. Esta parte histórica de las simulaciones está directamente condicionada en los datos disponibles.

### Subsección 3.2.4. Modelo Operativo: Validación del Modelo de Evaluación de Stock y Proyección del Stock

La simulación está dividida en dos partes, la parte histórica (1988 a 2005) y la parte proyectada (2006 a 2010). La parte histórica está directamente condicionada en los datos y no existe un proceso de manejo, mientras que en la parte proyectada tanto el proceso de manejo, como la población, la pesquería, la evaluación, las reglas de cosecha, y la implementación de estas reglas. Esto último significa que aunque exista por ejemplo una CTP, existe un error en su implementación que conduce a una captura diferente a la establecida. Como reglas de cosecha definimos dos escenarios de Captura Total Permisible (CTP). La actual, que considera cuotas para la pesquería demersal austral y para la pesquería centro-sur, y un escenario alternativo, en que sólo se aplica la CTP actual para la pesquería demersal austral pero aplicada a toda la flota demersal, incluyendo la flota demersal centro-sur. Este escenario alternativo se justifica en el hecho que la CTP de la pesquería centro-sur no ha sido obtenida por la flota en los años recientes. Por el contrario, las capturas han sido una fracción baja de la CTP en esta pesquería.

El modelo operativo simula una población edad estructurada y una pesquería de dos flotas. La última edad se supone que es un grupo de edades acumuladas (14 años y superior). Existen varias maneras de implementar un modelo operativo. En nuestro caso implementamos la menos demandante en términos de datos, la primera opción de Kell et al. (2007) que consiste en considerar que el modelo operativo es idéntico al mejor resultado de la evaluación de stock. Esto significa que el modelo operativo corresponde a los estimadores que maximizan la verosimilitud de los datos alimentados al XSA para el período 1988 a 2005.

Por otro lado, existen varios enfoques probabilísticos para generar repeticiones desde un modelo operativo. En nuestro estudio, para la parte histórica, realizamos un bootstrap de los residuales del modelo multiplicativo para los índices de abundancia relativa, manteniendo constante la matriz de captura a la edad. El bootstrap generó 100 distintas realizaciones de los índices de abundancia relativa a la edad, lo que a su vez, por aplicación a cada una de ellas del algoritmo XSA, produjo 100 trayectorias históricas de abundancia. Estas 100 trayectorias son consideradas como poblaciones “reales” en la parte siguiente, de proyección del stock.

Para parametrizar las capturabilidades de las flotas en las repeticiones del modelo operativo durante el período histórico, obtuvimos la mortalidad por pesca total mediante el modelo de evaluación de stock y luego la dividimos entre las dos flotas utilizando las proporciones históricas de capturas de cada flota para cada año. Las mortalidades por pesca de cada flota permitieron obtener las capturabilidades en cada una de las repeticiones a través de la relación

$$3.6 \quad F_{a,y,i} = \sum_{f=1}^2 q_{a,y,f,i} e_{y,f,i}$$

donde  $e$  es el esfuerzo efectivo y el índice  $f$  representa a la flota. En este cálculo se consideraron los esfuerzos efectivos observados de las flotas.

En la parte proyectada, la población es proyectada utilizando (1) la función desovantes-reclutas tipo Ricker (DR-R), ajustada con los resultados de la evaluación de stock y la ogiva de madurez adoptada, (2) las ecuaciones de decaimiento exponencial de las cohortes, y (3) las ecuaciones de captura tipo Baranov. Se introduce aleatoriedad de proceso en la función DR-R al elegir los dos parámetros estructurales de la función (se excluye la varianza) desde una distribución normal bivariada definida por la estimación de la función DR-R desde los datos de la parte histórica. Además, los reclutamientos resultantes son multiplicados por un variable aleatoria de distribución lognormal con media igual a 1 y varianza igual a la varianza de los reclutamientos históricos.

En la parte proyectada también hemos incluido aleatoriedad en la matriz de los pesos medios a la edad. Para esto hemos aplicado un re-muestreo basado en los datos históricos, que consistió en para cada año de la proyección tomar al azar uno de los vectores de pesos medios a la edad de los años históricos.

La mortalidad por pesca total es condicionada para producir una captura similar a la CTP, considerando error de implementación en la CTP. No obstante, se establece un nivel de mortalidad por pesca precautorio  $F_{PA}$  de 0.7, una mortalidad por pesca límite  $F_{LIM}$  de 0.75, y una mortalidad por pesca objetivo,  $F_{Target}$ , de 0.6, todas ellas como referencia para la mortalidades por pesca realizadas. La mortalidad por pesca total es distribuida entre las flotas presumiendo que se preserva la proporción de mortalidad por pesca entre las flotas de los últimos 3 años del período histórico. En la práctica esto significa que la parte proyectada sólo considera actividad de la flota demersal y no de la flota cerquera. Este fuerte supuesto es inevitable porque es imposible predecir si, cuándo, y con qué intensidad podría eventualmente la flota cerquera centro-sur volver a operar sobre la fracción juvenil pelágica de merluza de cola si llegaran a producirse fuertes reclutamientos nuevamente. Un ejercicio de predicción de este eventual regreso de la flota cerquera ante eventuales fuertes reclutamientos es considerado demasiado especulativo.

Además de los niveles de mortalidad por pesca permisibles dado el error de implementación, también se establecen niveles de biomasa mínimos de 300.000 toneladas de nivel precautorio ( $B_{PA}$ ) y de 250.000 toneladas de mínimo ( $B_{Lim}$ ).

En la parte proyectada, las capturabilidades se consideran iguales al promedio de los últimos tres años de la serie histórica, y el esfuerzo es obtenido de la relación

$$3.7 \quad \frac{e_{f,y,i}}{e_{f,y-1,i}} = \frac{F_{y,i}}{F_{y-1,i}}$$

que esencialmente es una presunción de linealidad entre las mortalidades por pesca y los esfuerzos efectivos.

La población proyectada es observada a través de los índices de abundancia relativa y las matrices de captura a la edad. Los índices están dados por

$$3.8 \quad I_{a,y,i} = q_{a,y,i} N_{a,y,i} \epsilon_i$$

donde  $\epsilon_i$  es un error multiplicativo de distribución lognormal de media 1 y de varianza edad-dependiente que varía con cada iteración. En tanto, las matrices de captura a la edad contienen error de asignación de edad de distribución multinomial, con parámetros  $\{p_a\}$  correspondientes a las proporciones observadas de las edades en los últimos tres años de la población histórica.

En la población proyectada también consideramos error de implementación. Este simplemente consistió en introducir un número aleatorio  $v_{y,i} \sim \text{Uniforme}(0.75, 1.25)$  que provoca que en la iteración  $i$  y el año  $y$  la captura no alcance o supere la CTP en un  $v\%$ .

La implementación también consiste en el modelo de evaluación de stock (XSA) aplicado sobre los datos generados por la observación de la simulación pesquera. Se supone que en el año  $y$  se realiza la evaluación comprendiendo desde el año inicial de la simulación (1988) hasta el año  $y-1$ , mientras que la pesca en el año  $y$  aun está ocurriendo.

En resumen, el proceso de simulación, validación, y proyección poblacional basado en el modelo operativo contiene las siguientes fuentes de incerteza:

- Error de proceso, representado por la distribución de los reclutamientos proyectados y por los vectores de pesos medios a la edad,
- Error de observación, representado por los índices de abundancia relativa y las matrices de captura a la edad,
- Error de implementación, representado por el alcance sólo aproximado de la CTP.

Tanto en la evaluación de stock como en la generación de las poblaciones y en las proyecciones, utilizamos paquetes de librerías del proyecto Fisheries Libraries for R (FLR, Kell et al. 2007). En la evaluación de stock utilizamos el paquete FLXSA, en la estimación del modelos stock desovante y reclutamiento utilizamos FLSR, y en la generación de poblaciones históricas y de las proyecciones utilizamos el paquete FLMSSim (Dorleta García, AZTI-Tecnalia). Adicionalmente, utilizamos los paquetes FLEDA y FLBRP para realizar análisis exploratorios y para obtener estimaciones de puntos biológicos de referencia, respectivamente. Todos estos paquetes están disponibles libremente, junto con lecciones detalladas, ejemplos de aplicaciones y cursos realizados, en la página internet del proyecto FLR ([flr-project.org](http://flr-project.org)).

### Sección 3.3 Resultados

#### Subsección 3.3.1. Índice de Abundancia Relativa Flota de Arrastre

Hubo efectos muy significativos de los niveles de mes, barco y desembarque de otras especies; en particular el efecto año no fue significativo en ninguno de sus niveles (Tabla 3.3.1). Esto no tiene importancia, por supuesto, para el propósito de obtener el índice de abundancia relativa (Maunder y Punt, 2007). La captura aumenta en los meses de invierno, disminuye en la zona centro sur, y aumenta junto con la captura de otras spp; el número de lances es una covariable significativa pero tiene un efecto negativo sobre la captura, y este efecto es muy leve (Tabla 3.3.1).

El índice de abundancia de la flota arrastrera revela un período de incremento durante la década de los 90 para luego decaer durante los 2000 (Figura 3.3.1). Parece haber una leve recuperación en el último año de la serie pero aun no es posible determinar si este incremento se sostiene con la base de datos que hemos tenido disponible. En general este índice es consistente con el modelo conceptual que reconoce un incremento de la abundancia a mediados de los 90 debido a fuertes reclutamientos.

El índice de abundancia de la flota cerquera fue tomado directamente de Ernst et al. (2005), sin ser modificado en este estudio. Tiene en general una variación opuesta al de la flota arrastrera hasta el año 2000, y parece tomar la misma tendencia decreciente del índice de la flota arrastrera en el último año, 2001. Sin embargo, debido a la diferentes estructura de edad de ambos desembarques, es preciso separar los índices por edad para poder compararlos. Esto lo hacemos en la siguiente subsección.

#### Subsección 3.3.2. Análisis Exploratorio

Las tendencias del desembarque son decrecientes en la última parte del período (Figura 3.3.2), probablemente debido a la caída de los reclutamientos desde los altos niveles de mediados de los 90. No obstante, la fracción juvenil y la desovante han seguido una tendencia declinante similar (Figura 3.3.3).

Los pesos medios a la edad se han mantenido relativamente estables en el período cubierto por el estudio pero se observan variaciones relativamente fuertes en las edades más altas probablemente debido a aleatoriedad observacional (Figura 3.3.4).

Los datos de proporciones a la edad en el desembarque muestran reclutamientos fuertes durante los 90, en particular en 1992, 1994 y 1997 (Figura 3.3.5). No aparece evidencia de la entrada de nuevas cohortes fuertes durante los 2000. Durante los 80 también parecen haber existido reclutamientos fuertes pero en este período el descarte fue muy cuantioso como para asegurar una interpretación.

Tabla 3.3.1. Estimaciones del modelo lineal generalizado para el ajuste de un índice de abundancia relativa de la flota de arrastre. Zrub es la zona y tot.bin es la captura de otras spp.

Coefficientes	Estimado	Error Estándar	t de Student	Valor p
(Intercept)	2.18	5	0.44	0.66
as.ordered(año)1989	1.59	4.91	0.32	0.75
as.ordered(año)1990	1.18	4.91	0.24	0.81
as.ordered(año)1991	1.79	4.91	0.36	0.72
as.ordered(año)1992	1.7	4.91	0.35	0.73
as.ordered(año)1993	1.95	4.91	0.4	0.69
as.ordered(año)1994	1.87	4.91	0.38	0.7
as.ordered(año)1995	1.83	4.91	0.37	0.71
as.ordered(año)1996	1.88	4.91	0.38	0.7
as.ordered(año)1997	2.05	4.91	0.42	0.68
as.ordered(año)1998	1.92	4.91	0.39	0.7
as.ordered(año)1999	2.13	4.91	0.43	0.66
as.ordered(año)2000	1.72	4.91	0.35	0.73
as.ordered(año)2001	1.91	4.91	0.39	0.7
as.ordered(año)2002	1.81	4.91	0.37	0.71
as.ordered(año)2003	1.79	4.91	0.37	0.72
as.ordered(año)2004	2.5	4.97	0.5	0.61
as.ordered(año)2005	1.69	4.91	0.34	0.73
as.ordered(mes)2	0.5	0.2	2.44	0.01
as.ordered(mes)3	0.62	0.18	3.4	<0.000001
as.ordered(mes)4	1.19	0.17	6.96	<0.000001
as.ordered(mes)5	1.57	0.17	9.4	<0.000001
as.ordered(mes)6	1.59	0.17	9.49	<0.000001
as.ordered(mes)7	1.45	0.17	8.6	<0.000001
as.ordered(mes)8	1.47	0.17	8.71	<0.000001
as.ordered(mes)9	1.01	0.17	5.94	<0.000001
as.ordered(mes)10	0.52	0.18	2.95	<0.000001
as.ordered(mes)11	0.38	0.19	2.02	0.04
as.ordered(mes)12	0.02	0.31	0.08	0.94
as.factor(barco)BOSTON BEVERLY	0.47	0.04	12.71	<0.000001
as.factor(barco)BOSTON BLENHEI	0.59	0.03	17.33	<0.000001
as.factor(barco)UNZEN MARU	0.44	0.03	16.69	<0.000001
as.factor(ZRub)2	1.17	0.77	1.52	0.13
as.factor(ZRub)3	1.18	0.77	1.53	0.13
as.factor(ZRub)4	0.98	0.77	1.27	0.2
as.factor(ZRub)5	1.23	0.77	1.59	0.11
as.ordered(tot.bin)2	1.93	0.53	3.61	<0.000001
as.ordered(tot.bin)3	2.73	0.52	5.23	<0.000001
as.ordered(tot.bin)4	3.17	0.52	6.08	<0.000001
as.ordered(tot.bin)5	3.99	0.52	7.67	<0.000001
lances	-0.01	0	-5.97	<0.000001

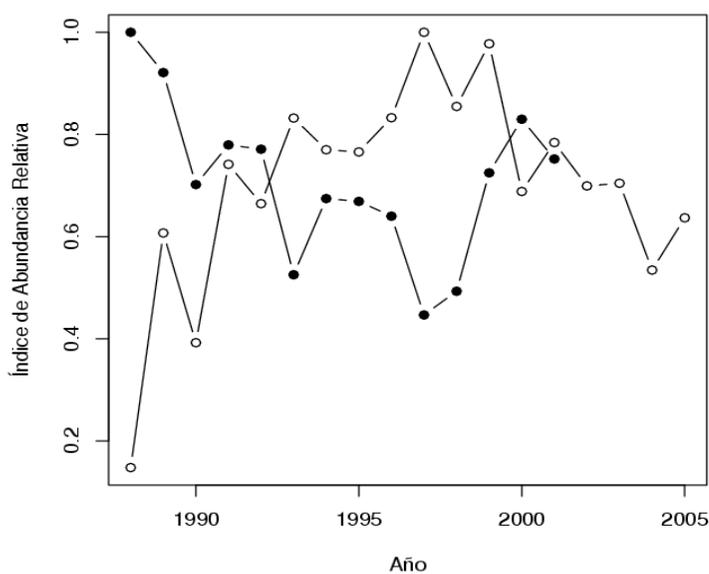


Figura 3.3.1. Índices de abundancia relativa de la flota arrastrera de merluza de cola (círculos vacíos) y de la flota cerquera (círculos llenos), divididos por su máximo para llevarlos a la misma escala.

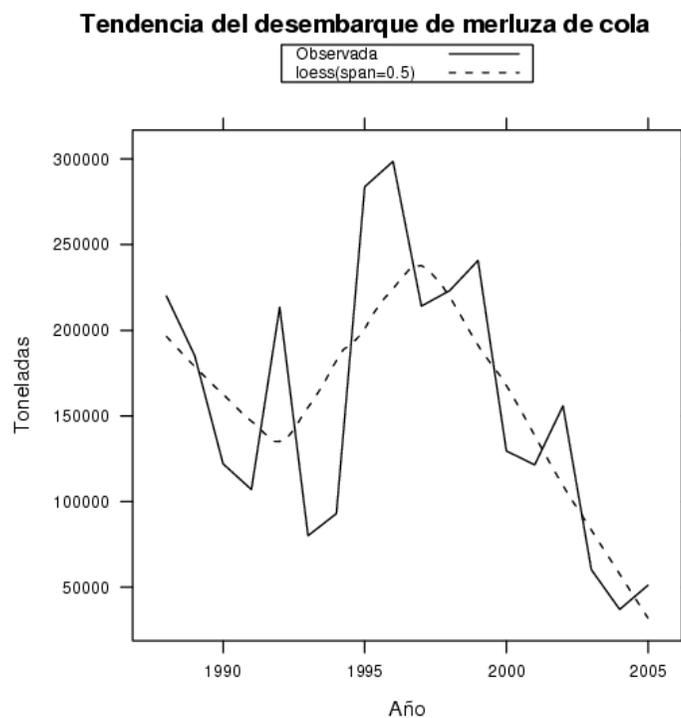


Figura 3.3.2. Desembarque nacional de merluza de cola y su tendencia en el período cubierto por este estudio.

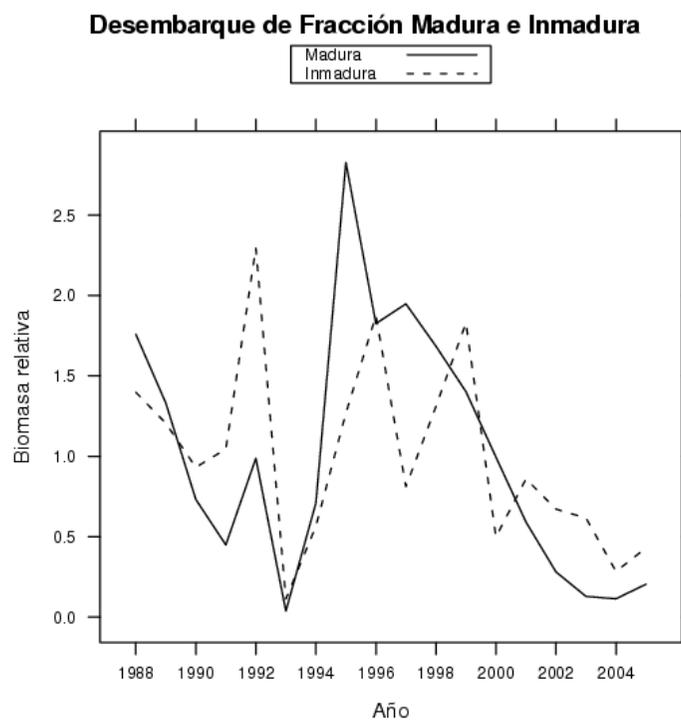


Figura 3.3.3. Desembarque nacional de las fracciones juvenil y madura de merluza de cola en el período cubierto por este estudio.

**Peso medio a la edad en el desembarque (kg)**

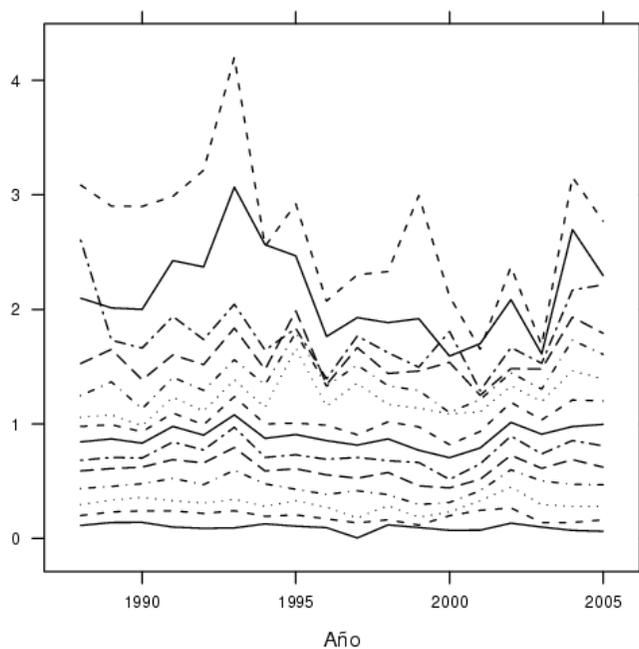


Figura 3.3.4. Pesos medios a la edad (1 a 14) de merluza de cola en el período cubierto por este estudio.

**Proporción de Desembarque a la Edad**

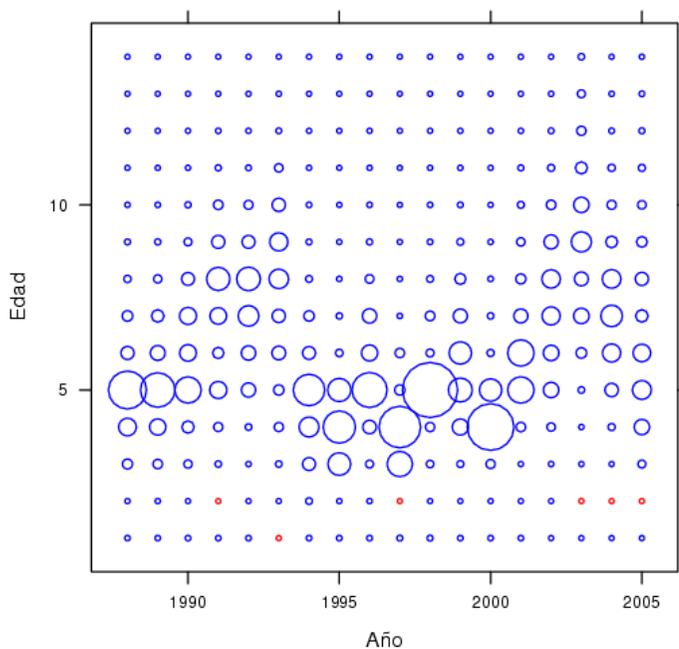


Figura 3.3.5. Fuerza relativa de las clases de edad presentes en el desembarque nacional de merluza de cola durante el período cubierto por este estudio.

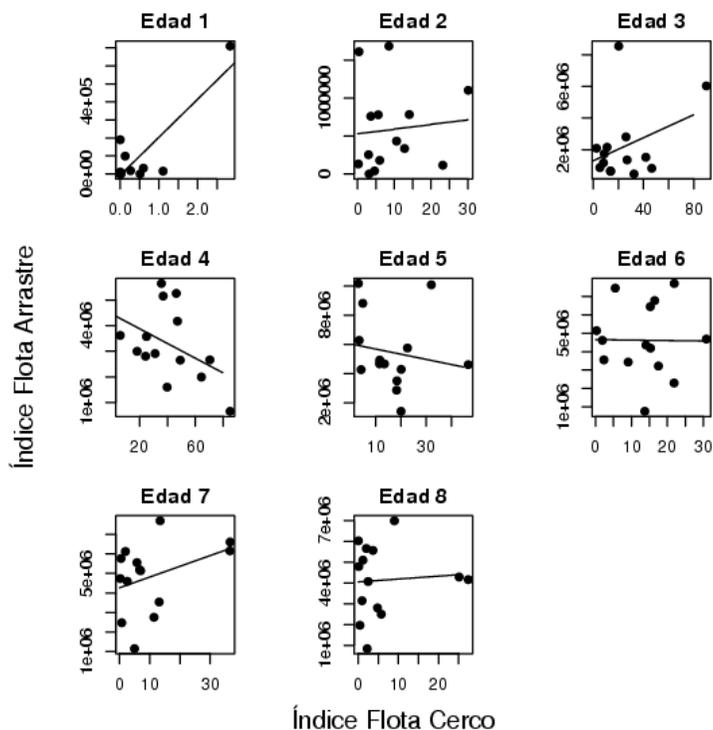


Figura 3.3.6. Correlación entre los dos índices de abundancia relativa (cerquero y arrastre) para cada edad y año en que los índices ocurrieron simultáneamente.

#### Correlación entre índices edad-específicos flota arrastre

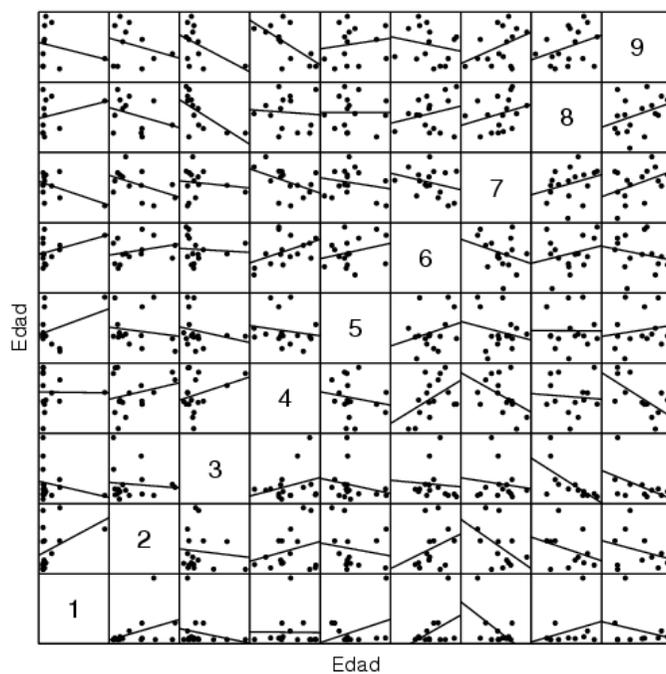


Figura 3.3.7. Correlación entre los índices edad-específicos de la flota de arrastre.

La correlación entre los índices de abundancia relativa es consistente en las edades menores (1 a 3) mientras que se des-acopla en las edades mayores (Figura 3.3.6). Esto es una buena señal respecto de las series pues se supone que deben coincidir en las edades menores si la bonanza de los 90 fue debida a fuertes reclutamientos que se expandieron desde la zona austral hacia la zona centro sur.

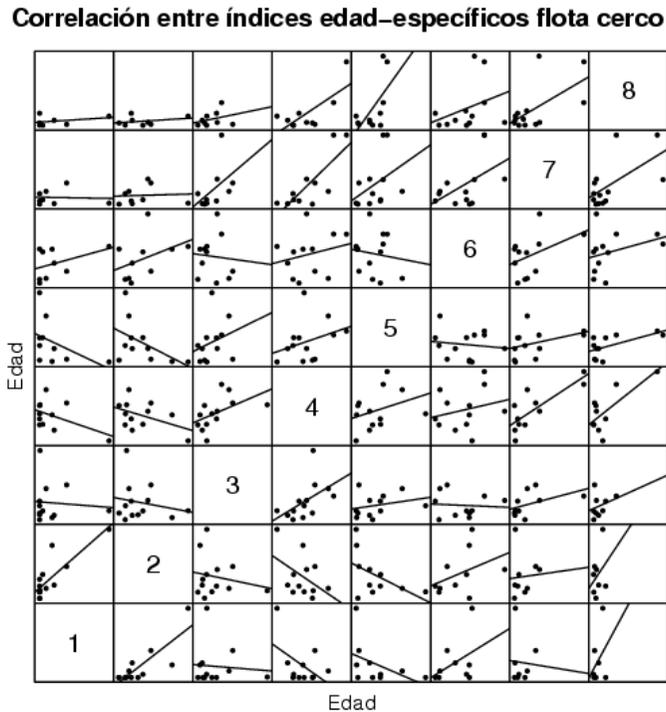


Figura 3.3.8. Correlación entre los índices edad-específicos de la flota de cerco.

La correlación entre valores del índice dentro de la flota de arrastre muestra que en edades contiguas en general se observan correlaciones positivas (5 de 8 correlaciones) o neutras (2 de 8); sólo entre las edades 6 y 7 existe una clara correlación negativa (Figura 3.3.7). En los índices de la flota de cerco las correlaciones positivas se dan en 5 de 7 edades, y en las restantes dos edades son levemente negativas (Figura 3.3.8). En general, y tomando en cuenta la aleatoriedad muestral que afecta a estas observaciones, los índices disponible se observan relativamente consistentes.

### Subsección 3.3.3. Evaluación de Stock

#### Parámetros Estimados y Diagnóstico del Modelo

Los parámetros estimados por el modelo XSA son las capturabilidades a la edad por índice y el número de sobrevivientes por edad y por año. La Tabla 3.3.2 muestra que las capturabilidades son órdenes de magnitud mayores para la flota pelágica que para la flota demersal. Este resultado refleja el hecho que las capturas fueron muchos mayores por unidad de esfuerzo para la flota pelágica que para la flota demersal.

El diagnóstico del modelo se estudia a través de la distribución de los residuos de los índices de abundancia a la edad respecto del tiempo (Figura 3.3.9). A pesar de la existencia de sesgos en edades menos representadas, no se aprecian tendencias fuertes en la distribución de los residuos, que se supone aleatoria y normal.

Tabla 3.3.2. Parámetros estimados por el model XSA ajustado a las capturas y los dos índices de abundancia relativa. Desde la edad 4 se supuso constancia de la capturabilidad para ambas flotas, es decir reclutamiento completo a ambos artes de pesca.

Capturabilidad	Edad (años)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Demersal Pelágico	6.23E-009 2.21E-007	1.59E-007 4.99E-006	2.23E-006 2.39E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006 6.34E-005	6.31E-006				
Sobrevivientes (miles)	1988	417906	379407	613586	861283	766087	320967	147654	54610	20032	6319	1605	463	29	27
	1989	479504	337583	308967	454598	586557	321947	187097	69747	23706	7947	2328	405	90	8
	1990	950021	388630	273881	222446	295286	281319	196636	102136	35288	11852	3565	931	66	31
	1991	1614943	773532	317219	211638	154178	161948	186167	115565	54161	18226	5455	2081	575	36
	1992	2639544	1317266	631417	255924	164210	100017	118840	127310	55751	26982	5417	2200	743	218
	1993	1560482	2152152	1075167	513756	201277	88195	34969	19279	11478	5944	2353	579	263	75
	1994	3212366	1273787	1756750	877400	418716	163451	70582	27226	13412	7257	3525	1371	356	159
	1995	1481589	2620059	1033482	1403814	659772	241568	103346	37119	15187	7640	3803	2251	882	211
	1996	1155173	1199859	2136156	556084	702186	241370	156004	64329	23251	9549	4682	2364	1395	547
	1997	1536739	937002	976373	1716251	370580	280227	87782	35159	16501	8360	3804	2094	1033	569
	1998	1312377	1242151	764855	512621	887793	228128	167743	67063	24589	10655	5642	2117	992	607
	1999	1080894	1064523	1013818	603279	381628	289334	160926	96509	38754	14671	5304	3222	979	541
	2000	364361	877929	868811	811246	397457	151555	88801	54529	26828	15769	5441	2027	1235	393
	2001	523075	293942	716634	678298	345242	192413	107400	61810	40134	19429	11879	3461	1314	864
	2002	753102	425621	239937	584503	539239	212150	87505	58116	33877	21861	9844	6863	1769	723
	2003	808736	614740	347418	195400	472984	427289	160102	55121	30801	16211	12255	5572	4573	1001
	2004	9086705	660153	501799	283505	159274	384889	344483	122539	38115	13453	5164	4486	1262	1486
2005	1	7417280	538869	409598	230368	125833	307656	273019	93276	27709	8959	3071	3345	859	
2006	0	1	6054646	437116	324215	174511	90388	243768	214839	70457	19222	5372	1605	2163	

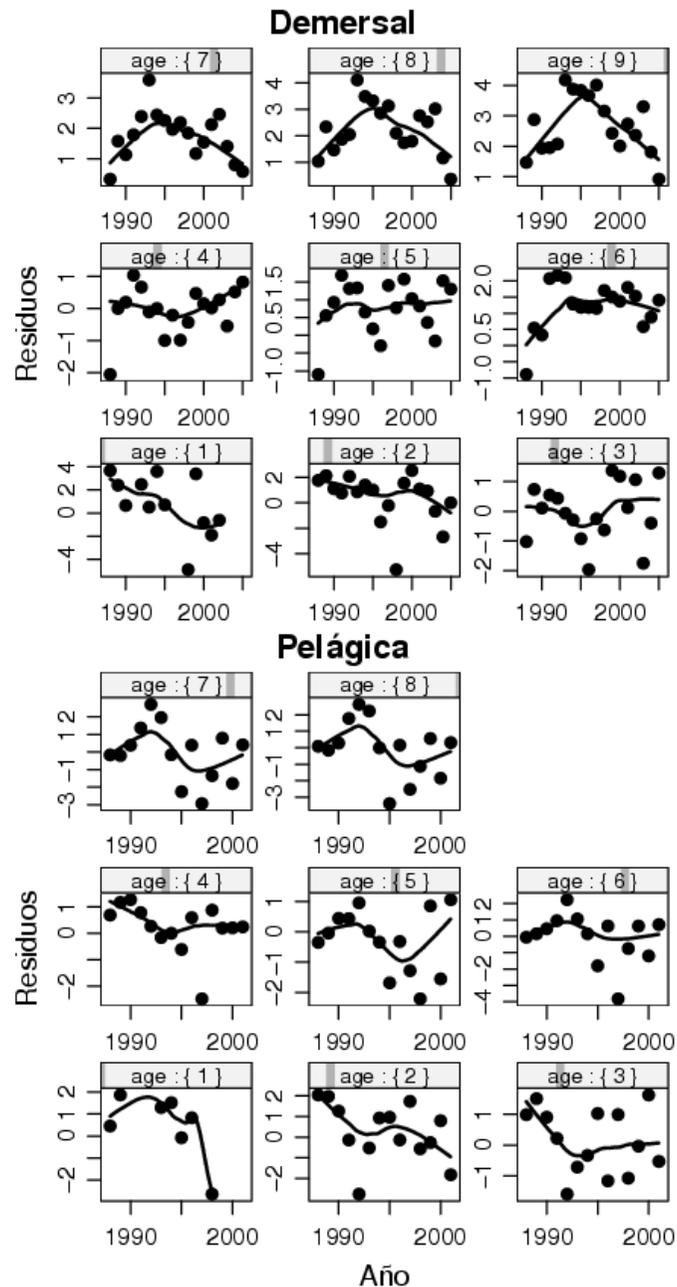


Figura 3.3.9.- Distribución de los residuos de los índices de abundancia (círculos negros) y tendencia predicha por una regresión local polinomial con parámetro 0.75 (función *loess* de R).

#### Ogiva de Madurez Fraccional de Hipótesis de Intermitencia

Según el modelo X la biomasa desovante alcanzó un mínimo en 1993 y en 2000 (Figura 3.3.10), lo que coincide con mínimos de la serie de abundancia relativa de la flota cerquera y de la flota arrastrera, respectivamente (Figura 3.3.1). Sin embargo en los últimos años la biomasa desovante tiende a subir (con incremento de la incerteza) mientras que el índice de la flota arrastrera disminuye.

Los reclutamientos altos de 1992, 1994, y 1997 observados en el análisis exploratorio son reproducidos por el modelo (Figura 3.3.10). Durante los 2000 el reclutamiento ha sido bajo, pero ha

subido en los dos últimos años de la serie, esto último con alta precisión, como indican las barras de los cuantiles del 2.5 y 97.5% de la distribución de frecuencia a través de las 100 repeticiones.

La mortalidad por pesca fue relativamente alta durante la segunda mitad de los 90 y los primeros años de los 2000, pero ha sido baja en los últimos años de la serie (Figura 3.3.10). La mortalidad por pesca presentó un rango estrecho a través de las repeticiones para casi todos los años.

La estimación de la relación DR-R desde los estimados de la población base fue relativamente pobre debido a la falta de estimaciones bajas de desovantes y a la alta dispersión de los valores estimados (Figura 3.3.10). Además hay alguna evidencia de dependencia serial lo que sugiere que el reclutamiento no solo depende de los desovantes del período anterior, sino también del propio reclutamiento del período anterior, con proporcionalidad positiva. Respecto de los valores estimados de reclutamiento de y desovantes, los residuales tienen una buena conducta; asimismo, las presunciones distribucionales parecen correctas. Lamentablemente, puesto que las estimaciones de desovantes y de reclutamientos derivadas de los datos no tienen la suficiente cobertura para estimar bien la relación DR-R, entonces parece poco justificable el intentar estimar más parámetros incluyendo una relación serial. Deberá tenerse en cuenta entonces, en las proyecciones poblacionales, que un punto débil es la predicción del reclutamiento utilizando la DR-R estimada de la Figura 3.3.11.

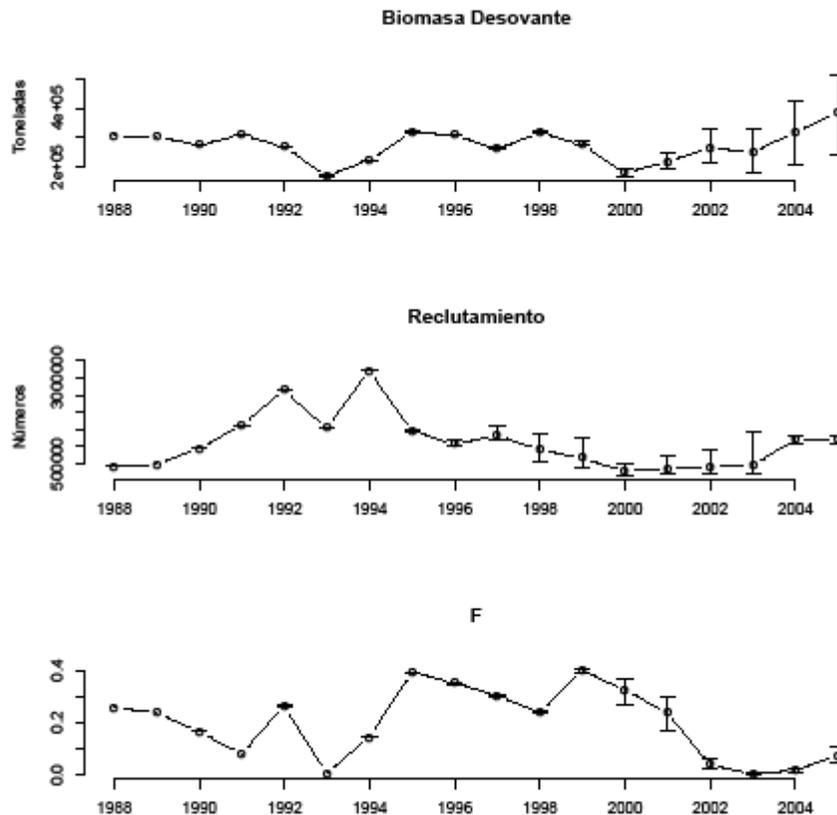


Figura 3.3.10. Evolución de la biomasa desovante, el reclutamiento (millones), y la mortalidad por pesca bajo la hipótesis de intermitencia. Cuantiles de 2.5 y 97.5% a través de 100 repeticiones (barras).

El centro de masa de la distribución de la biomasa desovante no difiere mucho cuando se aplican puntos biológicos de referencia correspondientes a FMRS, FMax, y F0.1 (Figura 3.3.12). La distribución es muy concentrada hacia los valores bajos pero con largas colas hacia la derecha, es decir que puede alcanzar valores muy altos ocasionalmente.

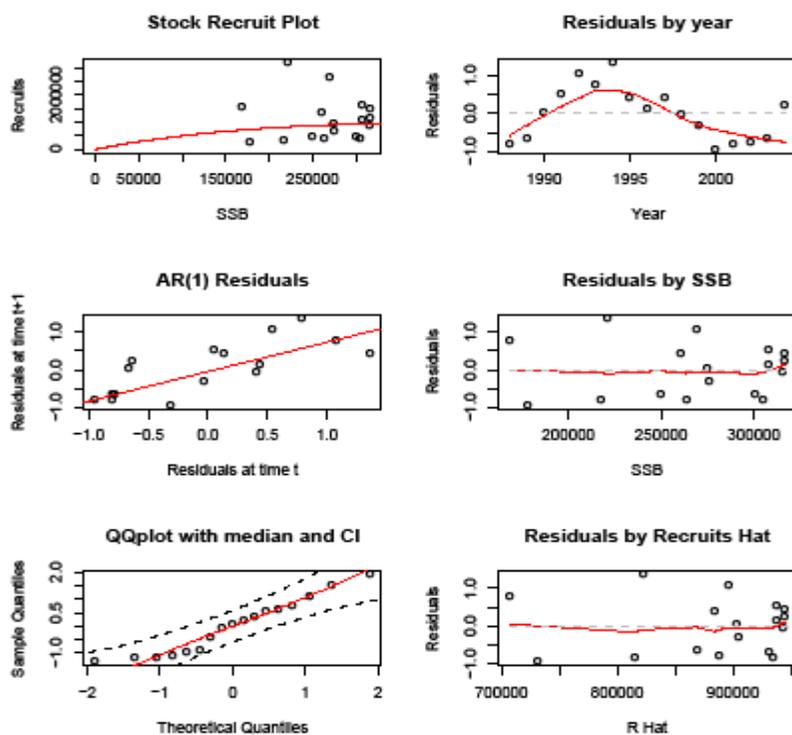


Figura 3.3.11. Estimación de la relación desovantes-reclutamiento, población base, e intermitencia.

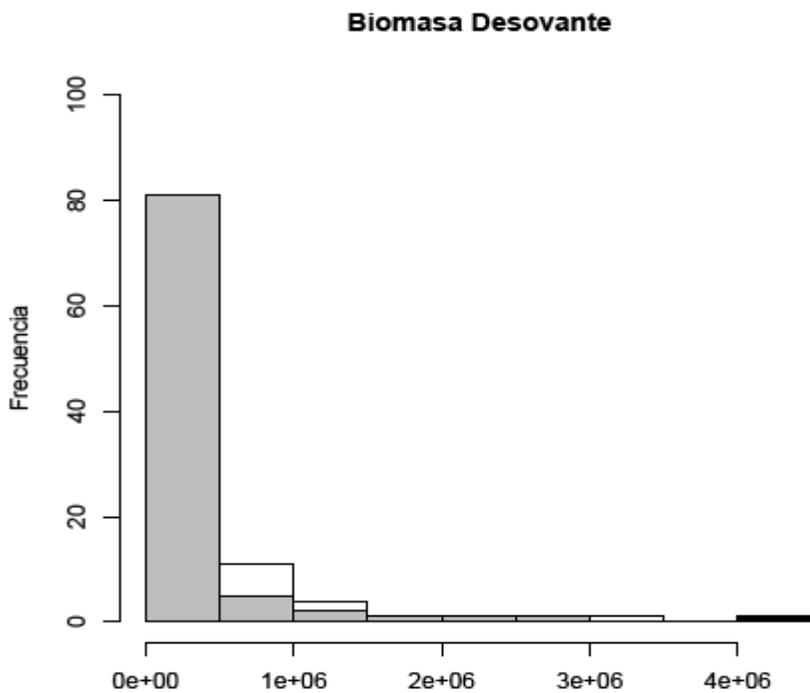


Figura 3.3.12. Frecuencia de la biomasa desovante cuando se aplican FMRS (barras blancas), Fmax (barras negras), y F0.1 (barras grises), con intermitencia.

### Ogiva de Madurez sin Intermitencia

La forma de las curvas históricas de biomasa desovante, reclutamiento, y mortalidad por pesca no cambian mucho al presumir que no ocurre intermitencia, es decir que el stock es más productivo desde el punto de vista reproductivo (Figura 3.3.13). Sin embargo, la altura de la curva de biomasa desovante sube substancialmente, hacia valores casi 50% más altos que en el caso de intermitencia. Que esto no se traduzca en mayores reclutamientos es una consecuencia del pobre acoplamiento entre desovantes y reclutamiento.

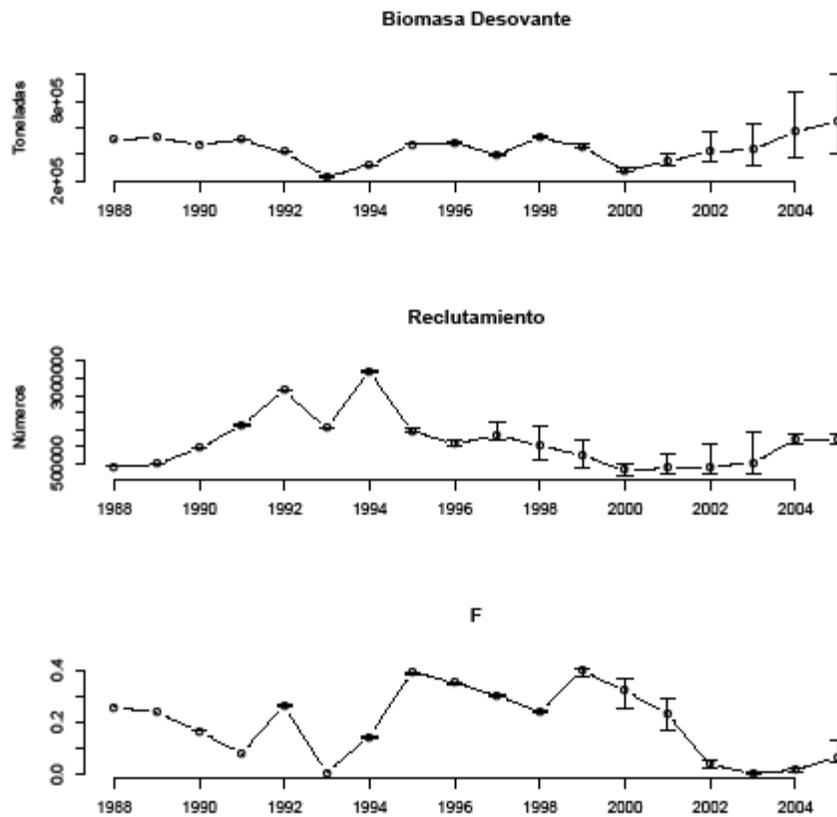


Figura 3.3.13. Evolución histórica de la biomasa desovante, el reclutamiento (millones), y la mortalidad por pesca de merluza de cola cuando no hay intermitencia. Las barras indican los cuantiles de 2.5 y 97.5% a través de las 100 repeticiones.

En efecto, en este caso la nube de puntos de la relación DR-R está un más dispersa hacia los valores bajos pero no lo suficiente para conseguir una buena determinación (Figura 3.3.14).

Interesantemente, la distribución de la biomasa desovante que ocurriría en los tres puntos biológicos de referencia cuando se supone que no existe intermitencia es muy diferente a la distribución que se obtiene bajo la hipótesis de intermitencia (Figura 3.3.15). Las distribución es mucho menos concentradas y el criterio de F0.1 claramente emerge como el más beneficioso para la mantención de la biomasa desovante.

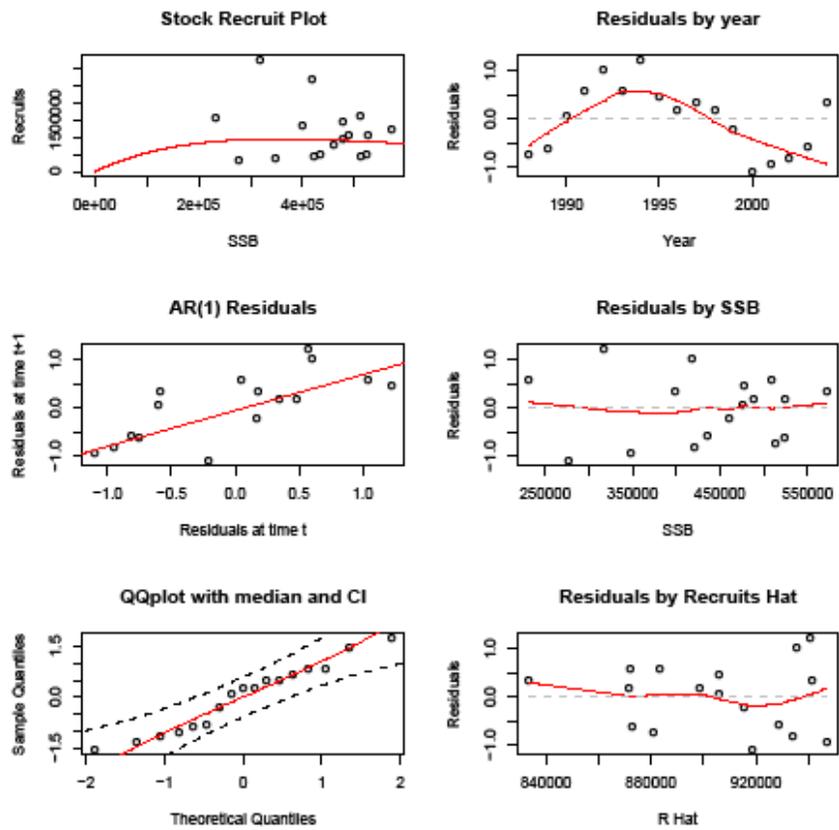


Figura 3.3.14. Idem Figura 3.3.10, sin intermitencia.

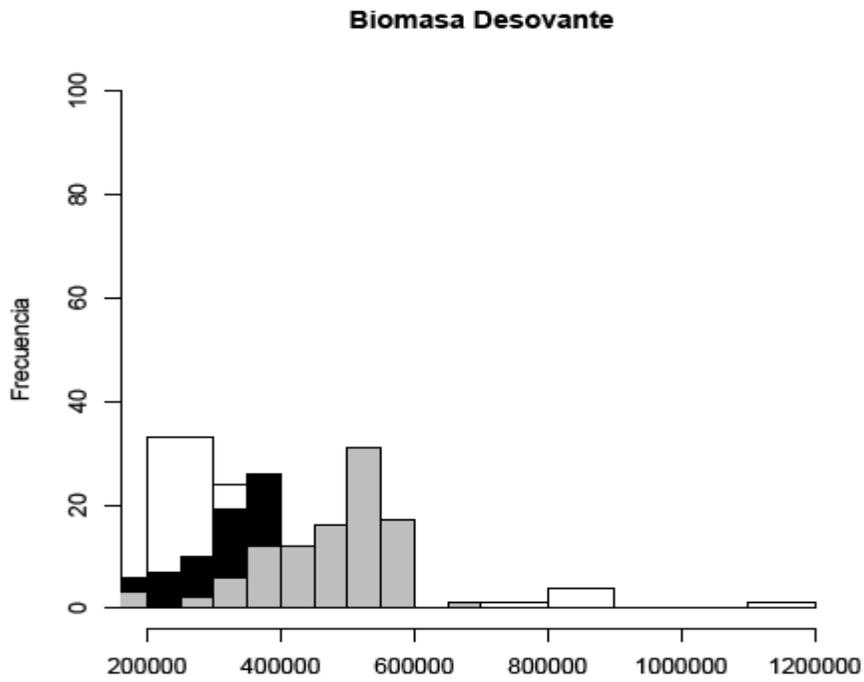


Figura 3.3.15. Idem Figura 3.3.11, sin intermitencia.

### Subsección 3.3.4. Validación del Modelo de Evaluación de Stock y Proyección del Stock

#### Escenario 1: CTP Demersal (45.000 ton), Intermitencia

En primer lugar, respecto de la validación, se observa en las Figuras 3.3.16a-c que el modelo XSA implementado en las rutinas FLR estima correctamente las mortalidades por pesca, el reclutamiento, y la biomasa desovante de las poblaciones reales proyectadas sobre la base del modelo operativo. Esto también se observa en la Tabla 3.3.3, que muestra las estadísticas básicas de las proyecciones. Como es natural los intervalos observados son en general más amplios que los reales, para las tres variables aunque existe amplia sobreposición.

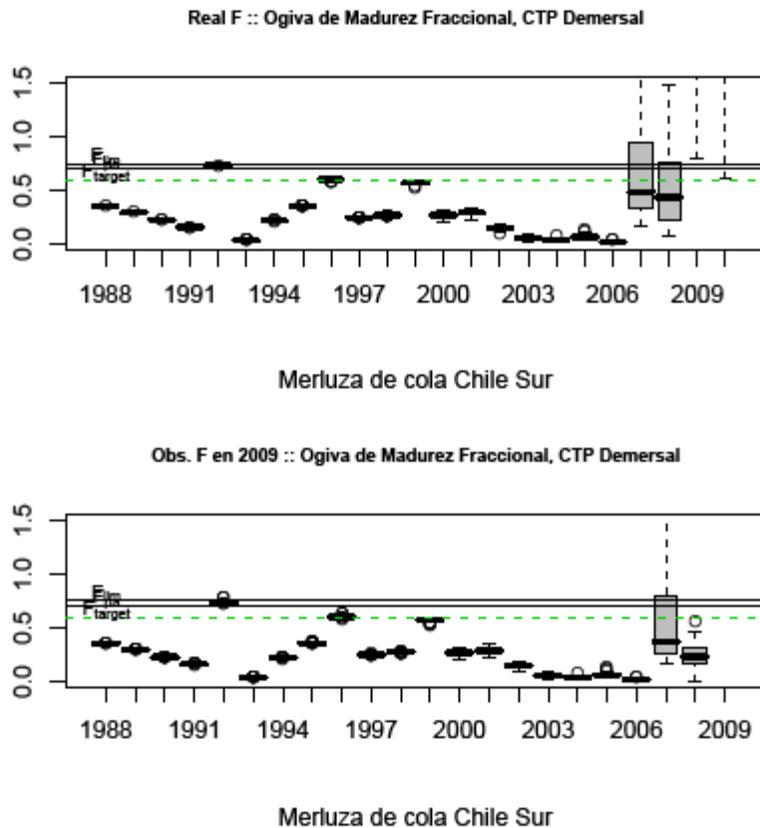


Figura 3.3.16a. Evolución histórica y proyectada de la población y pesquería de merluza de cola (panel superior) y su observación y estimación a través del XSA (panel inferior), escenario 1. Mortalidad por pesca. Las líneas horizontales corresponden a las mortalidades por pesca límites ( $F_{Lim}$ ), objetivo ( $F_{Target}$ ), y precautoria ( $F_{PA}$ ).

En segundo lugar, respecto de la proyección poblacional, el escenario de baja productividad gamética (hipótesis de intermitencia) y CTP reducida a la flota arrastrera (45000 toneladas) genera proyecciones en que la mortalidad por pesca se mantiene por debajo de los límites establecidos (Figura 3.3.16a), el reclutamiento se mantiene bajo pero estable (Figura 3.3.16b), la biomasa desovante tiende a caer en los últimos años (Figura 3.3.16c), incluso por debajo de los límites considerados como seguros, y la captura se mantiene cercana a la CTP excepto en el año 2009 (Figura 3.3.16d), donde debido al error de implementación y al incremento previo de la biomasa desovante (Figura 3.3.16c) numerosas repeticiones producen capturas más altas que la CTP. En el caso de la captura real y la observada, las distribuciones son casi idénticas (salvo por un modesto error de observación, Figura 3.3.16d).

Tabla 3.3.3.- Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento de las series proyectadas "real" y observada a través del XSA, para el Escenario 1, CIP demersal y madurez fraccional.

Biomasa Desovante Real (ton)							Biomasa Desovante Observada por XSA (ton)					
Año	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	305181	305242	305283	305288	305325	305506	303307	305268	305342	305320	305446	305779
1989	300772	300885	300959	300968	301032	301390	297989	300927	301057	301031	301237	301842
1990	274383	274562	274674	274691	274794	275432	270863	274637	274812	274798	275089	276023
1991	307049	307359	307548	307578	307763	308976	301859	307477	307765	307764	308241	309834
1992	268454	268855	269101	269149	269371	271220	262693	269011	269369	269392	269919	272071
1993	167188	167853	168273	168359	168716	172237	158915	168113	168700	168761	169633	173323
1994	219953	220656	221103	221238	221505	225681	212279	220960	221627	221662	222598	226675
1995	314953	316026	316563	316867	317355	323589	305197	316516	317371	317497	318882	325092
1996	305945	307066	307782	308097	308598	316243	297577	307632	308619	308738	310043	316658
1997	257771	259064	260227	260686	261308	271726	248493	260007	261189	261538	263238	271913
1998	311843	313547	315282	316174	317238	331892	303649	314990	316384	317462	319668	330762
1999	270712	273421	275888	276969	278501	296781	264365	275110	276849	278548	281534	297153
2000	167106	172804	177894	179475	183075	207889	167794	174588	180071	181903	186945	209735
2001	191241	203910	217292	218447	227203	272219	194570	206659	221067	222988	232842	281739
2002	198874	227465	263484	262347	285106	381765	203873	234549	270570	272303	296534	402458
2003	163952	203585	249558	246680	275490	396257	169968	212353	261799	259763	289256	426885
2004	176645	244106	316268	308578	353437	536123	184832	261446	332970	330672	379562	589187
2005	203198	297552	384537	375451	429949	651622	214882	321087	404188	407940	472181	729762
2006	220371	339650	441862	425263	494685	722418	236447	376140	463318	473095	551068	829877
2007	256025	396984	501690	491532	571771	800100	276338	457959	551106	558866	644876	942248
2008	5229	168576	223629	224694	286448	593354	27129	253257	318819	313900	376464	571798

Mortalidad por Pesca Real (año <sup>-1</sup> )							Mortalidad por Pesca Observada por XSA (año <sup>-1</sup> )					
Año	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.03	0.13	0.25	0.26	0.3	0.74
1989	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3	0.3	0.03	0.16	0.27	0.31	0.35	1.1
1990	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0	0.06	0.25	4.73	0.35	94.26
1991	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.02	0.13	0.26	0.29	0.35	0.92
1992	0.72	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.01	0.13	0.25	0.26	0.35	0.73
1993	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.14	0.26	4.38	0.36	72.51
1994	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.02	0.1	0.24	0.24	0.29	0.74
1995	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.02	0.14	0.25	0.29	0.35	1
1996	0.58	0.6	0.6	0.6	0.61	0.61	0.01	0.12	0.23	0.25	0.29	0.74
1997	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.02	0.16	0.27	0.31	0.36	1.11
1998	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.02	0.16	0.25	0.27	0.32	0.74
1999	0.53	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58	0.02	0.09	0.23	0.25	0.3	0.74
2000	0.2	0.25	0.27	0.27	0.29	0.31	0.03	0.16	0.25	0.27	0.35	0.74
2001	0.22	0.27	0.29	0.29	0.31	0.34	0.02	0.16	0.25	0.28	0.35	0.73
2002	0.1	0.14	0.15	0.15	0.17	0.19	0.02	0.14	0.23	0.25	0.29	0.73
2003	0.02	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.01	0.14	0.25	0.27	0.35	0.74
2004	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.02	0.13	0.25	0.25	0.29	0.74
2005	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.13	0.03	0.16	0.27	0.34	0.36	1.43
2006	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.11	0.24	0.24	0.29	0.73
2007	0.17	0.33	0.49	9.67	0.92	210.09	0.02	0.13	0.24	0.26	0.3	0.73
2008	0.08	0.23	0.44	158.6	0.76	7044	0.01	0.13	0.24	0.25	0.35	0.73

Reclutamiento Real (miles)							Reclutamiento Observado (miles)					
Año	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	413681	414968	415811	416136	416924	428782	405812	414942	416568	416801	417856	436995
1989	475824	477202	477690	477990	478631	482528	469389	477432	478127	478498	479556	486027
1990	945144	947251	948252	948949	950000	967085	936011	947897	949240	949596	950677	967431
1991	1605643	1607823	1609409	1611039	1611653	1628610	1594135	1608971	1611124	1612152	1614936	1632572
1992	2633534	2634830	2636099	2636594	2637808	2649067	2627515	2635341	2636260	2636950	2637838	2652166
1993	1539716	1543016	1546557	1549127	1551676	1581059	1530203	1544750	1547782	1551005	1554219	1605233
1994	3204913	3207148	3208304	3209304	3210685	3226577	3195530	3207133	3210129	3211829	3212781	3243773
1995	1445418	1454658	1459831	1464767	1468066	1550534	1446072	1456238	1461778	1467041	1471149	1560222
1996	1030442	1050895	1065364	1086260	1101362	1289410	1031896	1053524	1069613	1093787	1111609	1369140
1997	1157679	1253529	1331316	1362291	1439686	1935466	1160795	1262469	1353977	1382781	1458424	1970070
1998	464998	762792	906777	938494	1107975	1653593	478521	793359	964290	992238	1164695	2030080
1999	332041	548547	659953	738712	887075	1559149	347486	575424	699975	787104	925072	1651062
2000	132672	232596	283821	303386	342072	834428	139826	246828	316800	334150	380456	842928
2001	163569	293448	362814	406396	487218	1221077	177111	331171	456178	485710	589100	1251624
2002	118153	315762	408123	479752	610155	1351850	158145	388915	559361	615966	726820	1705311
2003	197860	337584	457303	581873	626164	4633404	184674	375065	551266	687845	800922	3979660
2004	1075676	1147771	1183012	1186329	1220796	1446977	824449	1087102	1370057	1497930	1788656	3657332
2005	1075676	1147771	1183012	1186329	1220796	1446977	372313	1026882	1285904	1393573	1665590	2764987
2006	90122	455766	650441	829290	1089392	3288155	69962	533197	926174	1202912	1618463	5356180
2007	201174	353273	597097	758103	940827	3473895	11041	431353	884482	1666021	1969549	18137648
2008	26774	274832	555821	735047	906654	4532958	10044	694988	1667635	5344419	4279884	135968202

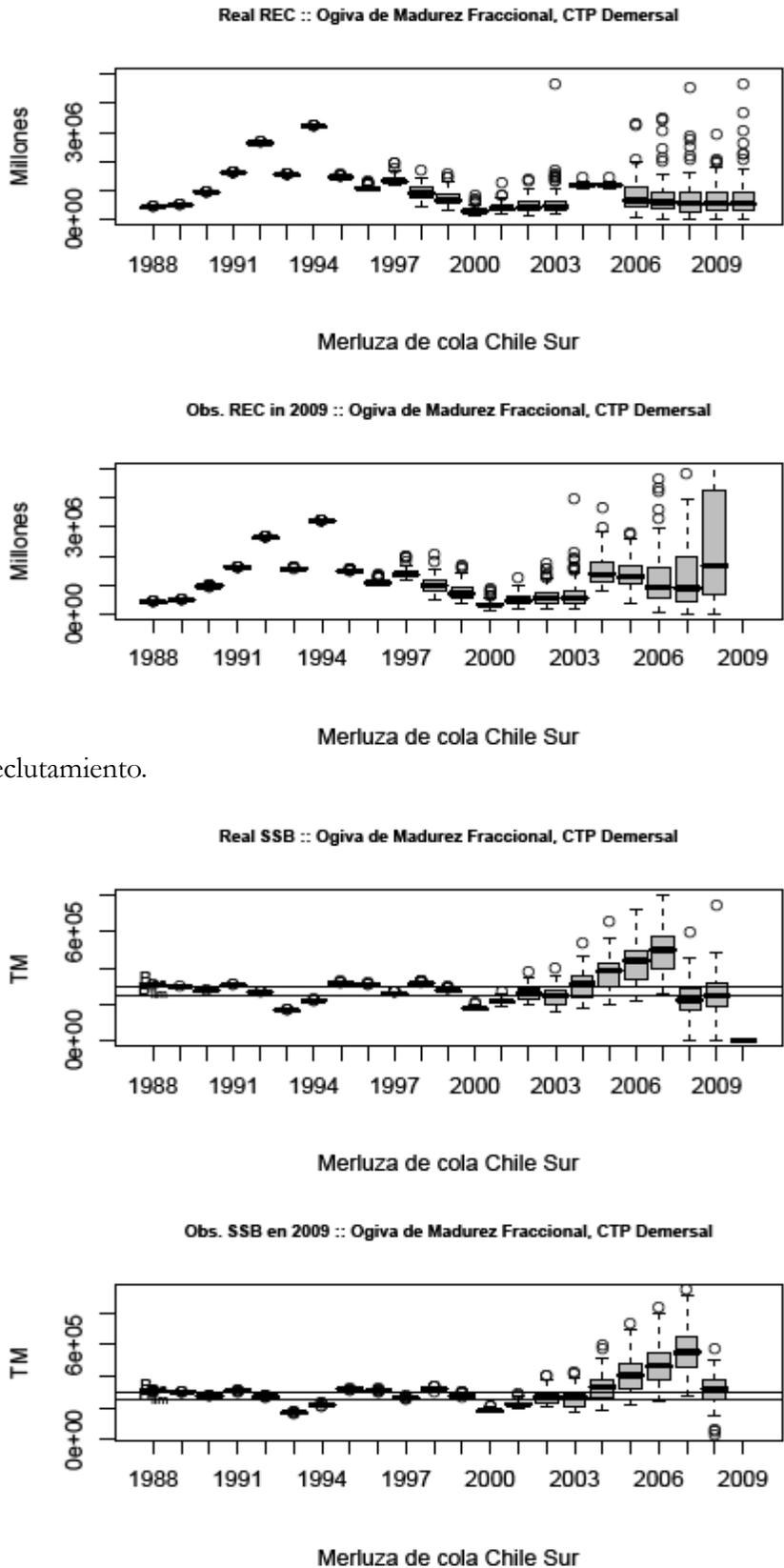


Figura 3.3.16b. Reclutamiento.

Figura 3.3.16c. Biomasa desovante Las líneas son los límites de biomasa precautoria ( $B_{PA}$ ) y límite ( $B_{lim}$ ).

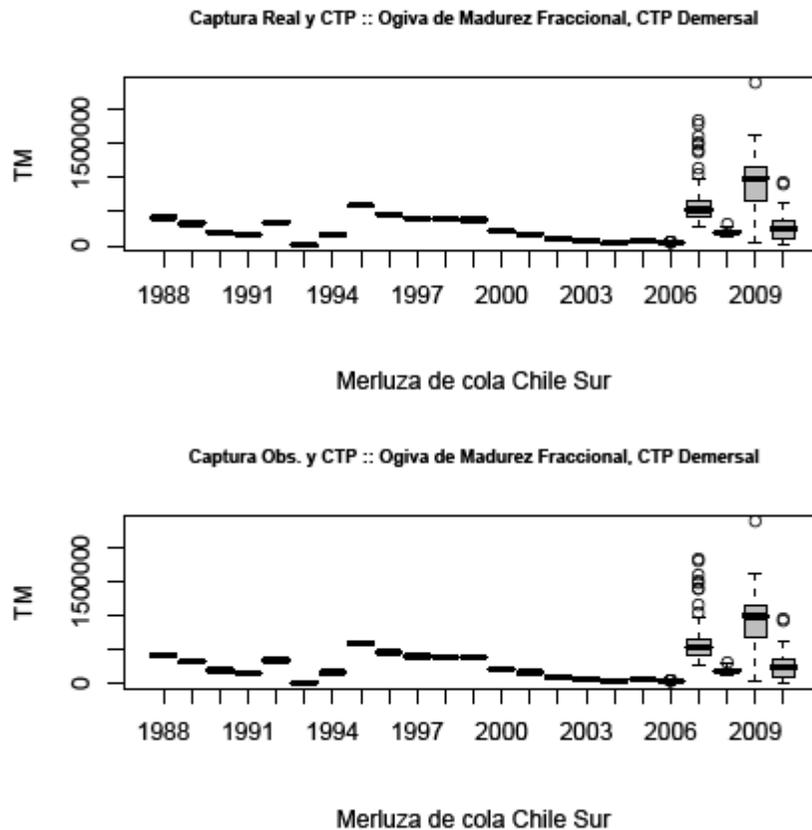


Figura 3.3.16d. Captura real (panel superior) y observada (panel inferior).

#### Escenario 2: CTP Demersal (45.000 ton), Sin Intermitencia

El escenario 2 mantiene la CTP baja, pero el stock es más productivo en términos de producción gamética. En este caso la validación sigue demostrando que el modelo XSA captura correctamente la dinámica poblacional y observacional, pero en el último año de la evaluación (2008) la mortalidad por pesca tiende a ser subestimada (Figura 3.3.17a), mientras que el reclutamiento y la biomasa desovante tienden a ser sobre-estimado (Figuras 3.3.17b, 3.3.17c).

Los intervalos y las medidas de tendencia central muestran similares tendencias a las del Escenario 1, con la diferencia que existen menores discrepancias entre la mortalidad por pesca real y observada.

Tanto la mortalidad por pesca como la biomasa desovante en los años proyectados se mantienen dentro de los límites considerados como seguros (Figuras 3.3.17a, 3.3.17c). Cabe recordar que en el escenario anterior, en que el stock es menos productivo gaméticamente, la biomasa desovante presentó una chance alta durante la proyección de caer por debajo de los límites seguros. Este resultado recalca la necesidad de aclarar la hipótesis de intermitencia, pues el estatus de la biomasa desovante del stock depende críticamente de si esta es cierta o falsa.

Este escenario, tal como el anterior, presenta una alta chance durante uno de los años de la proyección (2009) que la captura supere con mucho a la CTP (Figura 3.3.17d).

Tabla 3.3.4.- Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento de las series proyectadas "real" y observada a través del XSA, para el Escenario 2, CTP demersal y madurez total.

Año	Biomasa Desovante Real (ton)						Biomasa Desovante Observada por XSA (ton)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	513266	513326	513381	513393	513440	513634	510048	513353	513468	513450	513602	514776
1989	523526	523628	523739	523763	523850	524237	518708	523674	523889	523898	524158	526268
1990	476174	476360	476529	476577	476711	477336	470283	476451	476785	476815	477211	480491
1991	509209	509547	509775	509900	510115	511208	500951	509740	510224	510324	510887	516928
1992	417058	417470	417792	417956	418293	419791	408283	417791	418311	418524	419103	428824
1993	230497	231303	231849	232186	232792	235928	218266	231880	232659	233154	234128	252983
1994	316257	317192	317714	318259	318813	327052	305102	317742	318706	319202	320304	337985
1995	474774	476041	477017	477993	478560	503229	460582	477075	478322	479166	480551	507498
1996	485292	486651	488093	489339	489722	533306	427596	487786	489299	490399	491726	524463
1997	395736	397434	399384	401286	401629	458598	381743	398935	400961	402666	404711	447068
1998	519957	522414	525098	527681	528314	594842	506335	524333	527454	529425	531225	587395
1999	453567	457351	460648	463930	465459	532601	441505	459076	463492	466218	468643	535843
2000	262631	270027	276941	280717	285276	366717	256555	272241	280277	284226	290007	369032
2001	302776	329331	347894	352574	369510	502507	305655	333773	353362	359744	377673	516609
2002	292506	379771	421453	438148	485329	742535	296732	390465	443152	456999	503009	784476
2003	232611	367369	435277	446936	513518	812967	238447	380192	463695	474182	540361	862214
2004	248357	461791	571605	582224	680044	1069235	258707	487519	630411	627998	740466	1138806
2005	268585	514455	650173	663051	785483	1182079	286522	560854	722765	723555	855667	1289359
2006	274150	522870	678228	693690	828760	1237972	313034	589436	758622	773657	910996	1444603
2007	308815	581604	743260	766215	902238	1416737	402353	678991	850076	873557	1023675	1594142
2008	3999	259934	337315	364278	489730	865514	17443	365300	531271	Inf	643965	Inf
Año	Mortalidad por Pesca Real (año <sup>-1</sup> )						Mortalidad por Pesca Observada por XSA (año <sup>-1</sup> )					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1989	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3
1990	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1991	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1992	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.7	0.73	0.73	0.73	0.74	0.77
1993	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
1994	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.2	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
1995	0.33	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.34	0.35	0.36	0.35	0.36	0.36
1996	0.55	0.6	0.6	0.6	0.61	0.61	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.63
1997	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25
1998	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28
1999	0.49	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.48	0.56	0.57	0.56	0.57	0.59
2000	0.18	0.25	0.27	0.26	0.28	0.31	0.18	0.24	0.26	0.26	0.28	0.31
2001	0.18	0.27	0.29	0.28	0.31	0.35	0.16	0.26	0.28	0.28	0.3	0.34
2002	0.07	0.13	0.15	0.15	0.16	0.19	0.06	0.13	0.14	0.14	0.16	0.19
2003	0.02	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.09
2004	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.08	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.08
2005	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.13	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.12
2006	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.06	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05
2007	0.16	0.33	0.54	11.18	0.86	214.52	0.15	0.26	0.39	Inf	0.73	Inf
2008	0.07	0.24	0.48	42.12	0.9	1502	0	0.17	0.23	1.75	0.32	36.72
Año	Reclutamiento Real (miles)						Reclutamiento Observado (miles)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	413560	414986	415704	416132	417211	422033	405812	415267	416406	417662	418412	483869
1989	476125	477148	477666	478282	478757	484905	469389	477621	478907	479067	480197	489656
1990	945496	947035	948454	949206	950106	959946	936011	948111	949440	950563	951740	985431
1991	1604759	1607704	1610321	1616084	1614399	1883743	1594135	1609303	1611641	1614602	1615508	1694162
1992	2633223	2635118	2636241	2637410	2638194	2665904	2627515	2635331	2637041	2638229	2639440	2676207
1993	1539039	1543967	1547027	1550800	1554935	1625257	1530203	1545314	1549944	1554223	1557551	1629200
1994	3204767	3206799	3208597	3211065	3211798	3275739	3195446	3207279	3210475	3214760	3215536	3315194
1995	1448173	1454519	1461395	1469998	1473027	1624135	1449102	1455894	1463231	1473410	1475463	1674260
1996	1031047	1055748	1075846	1093974	1108876	1424385	1032580	1058931	1080108	1099995	1115379	1460732
1997	1158559	1263739	1329796	1381032	1464412	2043705	1162192	1275994	1344635	1405929	1485691	2112425
1998	470872	814671	1033930	1057674	1254692	1883191	483797	844962	1097289	1124324	1360169	1965971
1999	221169	562839	744938	762690	912990	1440795	229773	595015	793874	828138	1008844	1466183
2000	133491	240113	305054	311041	368464	584038	137651	264597	333756	342367	398327	675026
2001	151569	294268	366827	414199	472850	1646561	163150	337511	429550	484299	576539	1815148
2002	135336	299803	413282	483368	598536	1687998	189476	380661	545227	585216	694232	1618274
2003	99618	324505	516415	637847	762890	4371126	162755	413685	628718	781174	931813	4967819
2004	1055921	1142209	1189361	1203645	1246947	1463015	617930	1187781	1397920	1468277	1667022	2744699
2005	1055921	1142209	1189361	1203645	1246947	1463015	451727	1140205	1420315	1472043	1753103	4026015
2006	63273	283240	533956	669934	852371	3448531	57030	341350	711091	1060432	1414032	6789216
2007	55021	228846	412114	590264	684498	2907194	24131	354451	831804	1239479	1436287	7894547
2008	28387	192779	394436	569276	723240	3498643	2969	613186	1638881	3195669	3942450	23074263

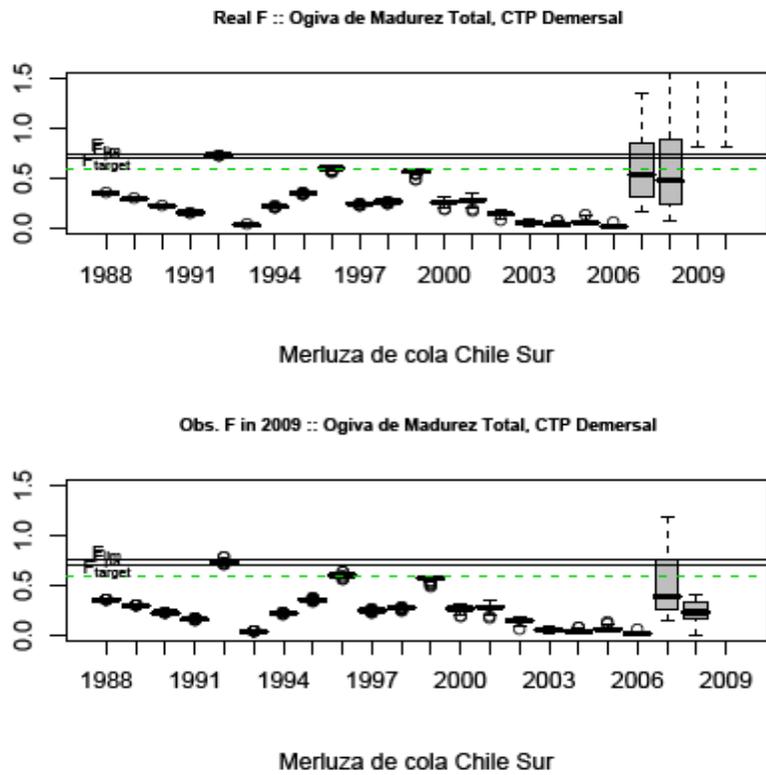


Figura 3.3.17a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 2. Mortalidad por pesca.

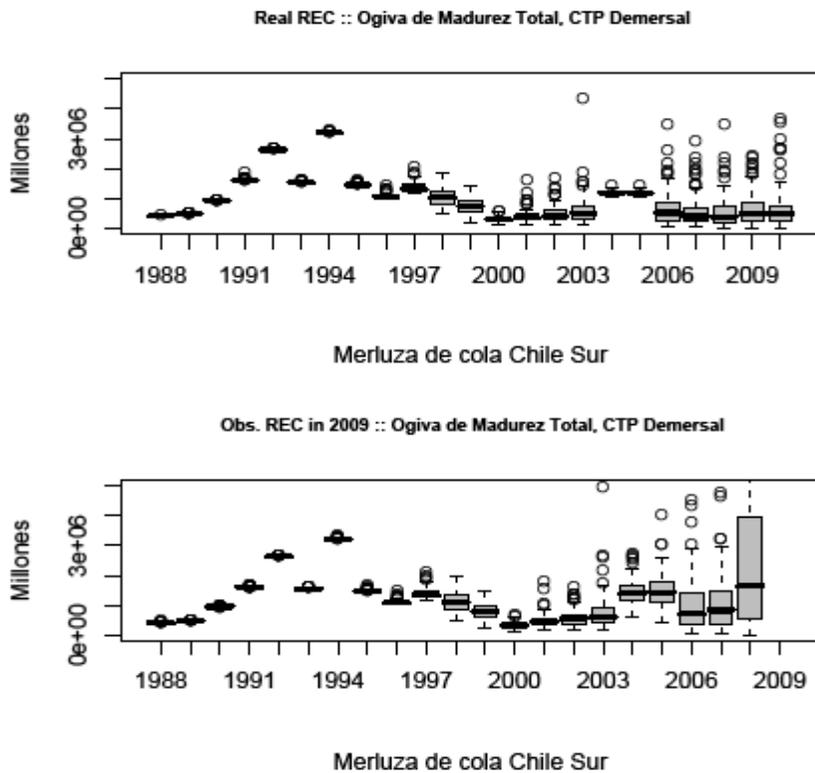


Figura 3.3.17b. Reclutamiento.

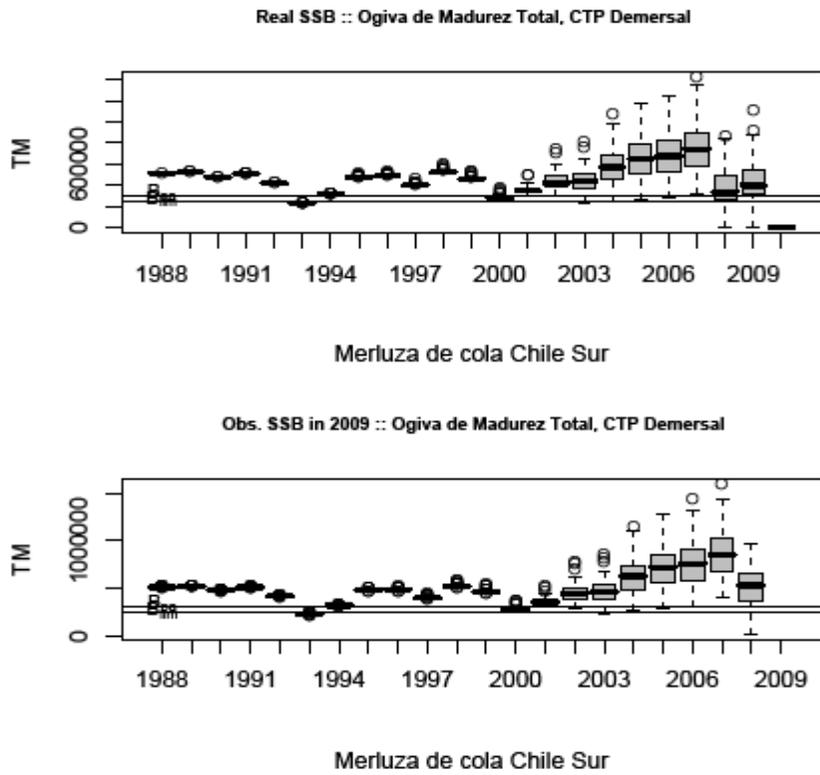


Figura 3.3.17c. Biomasa desovante.

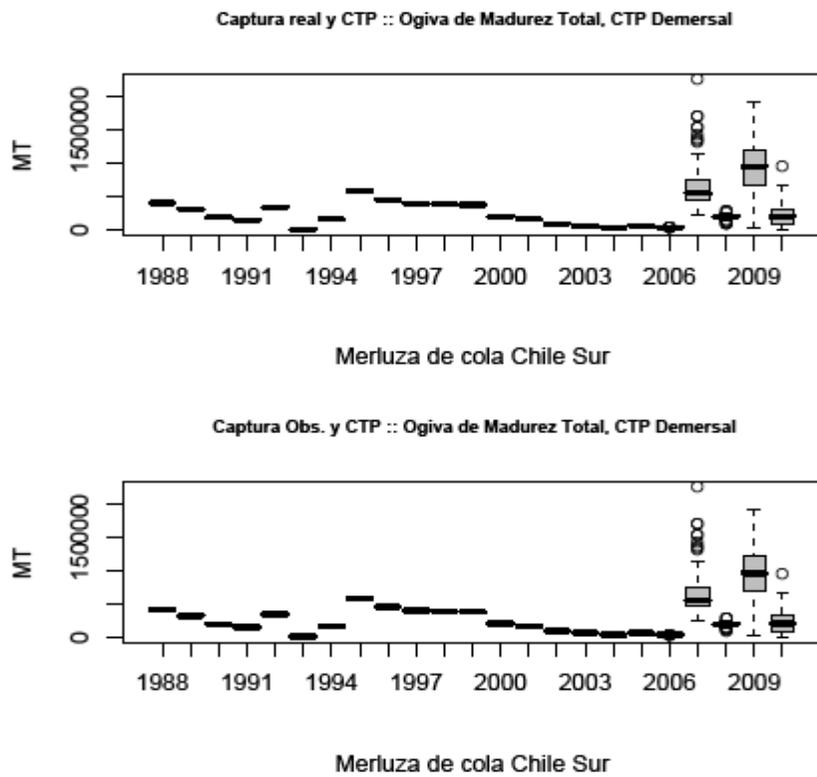


Figura 3.3.17d. Captura real y observada.

Escenario 3: CTP Total (154.000 ton), Intermitencia

El escenario 3 sube la CTP al nivel actual, que considera una cuota para la flota cerquera además de la cuota de la flota demersal, y el stock es menos productivo debido a intermitencia. Este escenario puede ser considerado *a priori* como el más riesgoso para el stock.

En este caso la validación sigue demostrando que el modelo XSA captura apropiadamente la dinámica poblacional y observacional. Los intervalos y tendencias de medida central muestran en general concordancia entre serie real y observada (Tabla 3.3.5), pero hay algunos yerros. La mortalidad por pesca en el año 2008 nuevamente tiende a ser sub-estimada (Figura 3.3.18a). En las repeticiones de la población real una gran parte de las mortalidades por pesca en los años 2007 y 2008 están por encima de los niveles establecidos como seguros, debido a la alta CTP, pero el XSA sólo advierte este fenómeno para el año 2007 (Figura 3.3.18a). Esta CTP disponible no es obtenida debido a la falta de disponibilidad de juveniles pelágicos para la flota cerquera, pero sin embargo está legalizada y por lo tanto podría ser capturada eventualmente, de presentarse eventos de reclutamientos fuertes.

El reclutamiento se mantiene constante y bajo durante la proyección y el XSA captura esta tendencia bien como promedio pero con una alta dispersión (Figura 3.3.18b). La biomasa desovante en las poblaciones reales cae por debajo de los límites seguros y el XSA alcanza a capturar este resultado en el último año de la evaluación (2008, Figura 3.3.18c). Las capturas reales y observadas reaccionan con fuerte alza en el primer año de la proyección, caen, vuelven a subir, y caen nuevamente (Figura 3.3.18d).

En general, y como era de esperar, este escenario es altamente riesgoso, aunque la realización de sus efectos negativos puede no ocurrir si la flota centro-sur sigue sin usar su CTP disponible.

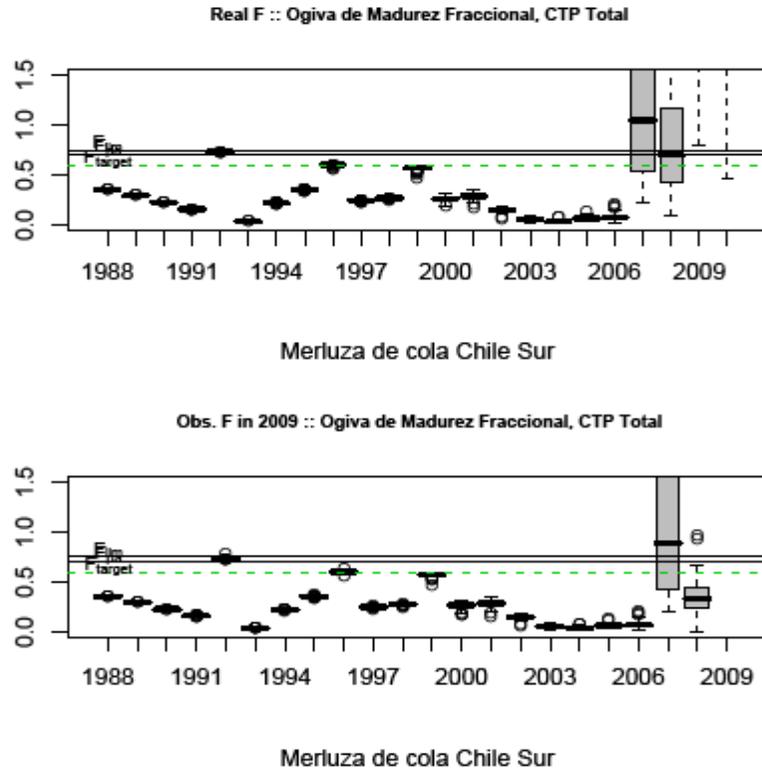


Figura 3.3.18a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 3. Mortalidad por pesca.

Tabla 3.3.5.- Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento de las series proyectadas "real" y observada a través del XSA, para el Escenario 3, CTP total y madurez fraccional.

Año	Biomasa Desovante Real (ton)						Biomasa Desovante Observada por XSA (ton)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	305203	305254	305280	305292	305321	305500	303307	305286	305358	305361	305453	305821
1989	300813	300905	300950	300973	301020	301382	297989	300963	301092	301104	301269	301985
1990	274447	274591	274663	274699	274775	275429	270863	274688	274886	274910	275140	276499
1991	307151	307399	307519	307593	307720	308973	301859	307612	307879	307956	308347	311019
1992	268572	268897	269062	269172	269329	271286	262693	269236	269512	269647	270061	274385
1993	167362	167930	168230	168415	168671	172593	158915	168545	168979	169199	169740	177618
1994	220142	220753	221066	221338	221633	226589	212283	221362	221934	222146	222626	230805
1995	315225	316093	316662	317074	317457	326241	305210	317032	317884	318188	318992	328935
1996	306143	307126	307806	308425	308776	321406	297630	308283	309094	309531	310251	324471
1997	257912	259282	260325	261230	261662	280515	248641	260722	261961	262589	263404	285564
1998	311373	313825	315934	317157	317995	351248	313133	315694	317710	318981	319902	359835
1999	269839	273679	276929	278374	279852	326423	272194	275016	278594	280484	282216	338222
2000	166633	173362	179009	181614	184997	254212	167991	173478	181415	185281	190186	270149
2001	188407	206437	216948	222566	232260	352080	191029	208820	221079	229496	239478	380027
2002	193966	236262	261119	270365	295186	512715	197650	239751	268698	286059	308217	571403
2003	158470	214108	245965	256312	286818	537700	162519	220409	255945	276688	306120	616006
2004	169862	256585	306090	322375	370618	738680	176313	270892	325842	354934	406280	844001
2005	196781	311690	372016	392155	454505	876571	206931	328003	402137	437215	504478	1023083
2006	214500	351189	422182	443371	516347	965817	232372	396967	469899	504171	586904	1145717
2007	177536	338644	402072	432330	513969	990989	197751	394350	480612	513196	609869	1210784
2008	7539	132150	170917	176966	231025	411031	37781	193079	263936	272411	341721	645518

Año	Mortalidad por Pesca Real (año <sup>-1</sup> )						Mortalidad por Pesca Observada por XSA (año <sup>-1</sup> )					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1989	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3
1990	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1991	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1992	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.77
1993	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
1994	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.2	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
1995	0.34	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.34	0.35	0.36	0.35	0.36	0.36
1996	0.56	0.6	0.6	0.6	0.61	0.61	0.56	0.6	0.6	0.6	0.6	0.63
1997	0.22	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25
1998	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28
1999	0.47	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.46	0.56	0.57	0.56	0.57	0.59
2000	0.18	0.25	0.27	0.26	0.28	0.31	0.17	0.24	0.26	0.26	0.28	0.31
2001	0.16	0.27	0.29	0.29	0.31	0.35	0.15	0.26	0.29	0.28	0.3	0.34
2002	0.05	0.13	0.15	0.15	0.16	0.19	0.05	0.13	0.15	0.14	0.16	0.19
2003	0.02	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.02	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09
2004	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.08	0.01	0.03	0.03	0.04	0.04	0.07
2005	0.03	0.05	0.07	0.07	0.08	0.13	0.03	0.05	0.06	0.06	0.07	0.12
2006	0.03	0.05	0.07	0.08	0.1	0.21	0.02	0.05	0.07	0.07	0.09	0.2
2007	0.23	0.55	1.05	17.72	1.72	167.49	0.19	0.42	0.89	17.62	1.63	167.46
2008	0.09	0.43	0.7	276.2	1.16	9004	0	0.24	0.33	3.49	0.44	33.6

Año	Reclutamiento Real (miles)						Reclutamiento Real (miles)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	414086	414953	415570	416026	416650	425041	405812	415541	416535	418109	418221	480543
1989	476251	477213	477795	478242	478392	489464	469389	477570	478611	479120	480040	488810
1990	945798	947408	948345	949253	949632	970883	936011	948431	949652	950429	952103	961005
1991	1606141	1607841	1609980	1612590	1614045	1652248	1594135	1609545	1612163	1614429	1616548	1724809
1992	2633728	2634916	2636289	2637163	2637940	2668809	2627515	2635420	2636943	2637492	2638739	2657233
1993	1538656	1543424	1547529	1553401	1551752	1672121	1530203	1545682	1550050	1553805	1554011	1642465
1994	3204187	3206839	3208588	3210393	3211553	3247451	3199468	3207872	3209649	3211678	3212837	3249415
1995	1448751	1456401	1461379	1471215	1473443	1863188	1449654	1457567	1463193	1473690	1475368	1900334
1996	1031947	1050684	1074208	1090191	1102015	1403697	1032861	1053137	1078332	1098356	1115982	1447413
1997	1142217	1261558	1332189	1374939	1462459	1811206	1144256	1268318	1343354	1414259	1485040	2805796
1998	475755	763920	983447	1005814	1177990	2059046	486026	797874	1033864	1116796	1300974	3348958
1999	322345	540662	698606	729831	862667	1706601	338647	571463	742671	780156	921212	1995777
2000	138528	234309	279383	315955	373501	774169	145816	245154	299386	339247	399156	814453
2001	116853	295546	378876	412944	493881	944172	122353	315285	412364	464519	589866	1251884
2002	128996	276503	417984	455987	558902	1242106	150688	345740	500447	565408	702343	1752700
2003	142347	411550	551846	638005	782073	2144362	161567	470394	637731	784695	965351	3100638
2004	1070623	1151793	1183255	1195728	1241458	1425443	602134	1222032	1384385	1488703	1770518	3313291
2005	1070623	1151793	1183255	1195728	1241458	1425443	360259	1115776	1355630	1466382	1755555	2974697
2006	67229	387382	658790	835735	988921	4900350	79970	502199	909248	1423509	1683923	11987611
2007	29648	353288	529767	753303	858416	3684604	8410	385548	840019	1703060	1894269	18089584
2008	26288	297892	536100	669437	844644	3037684	19898	604557	1551920	7479872	3930019	172220231

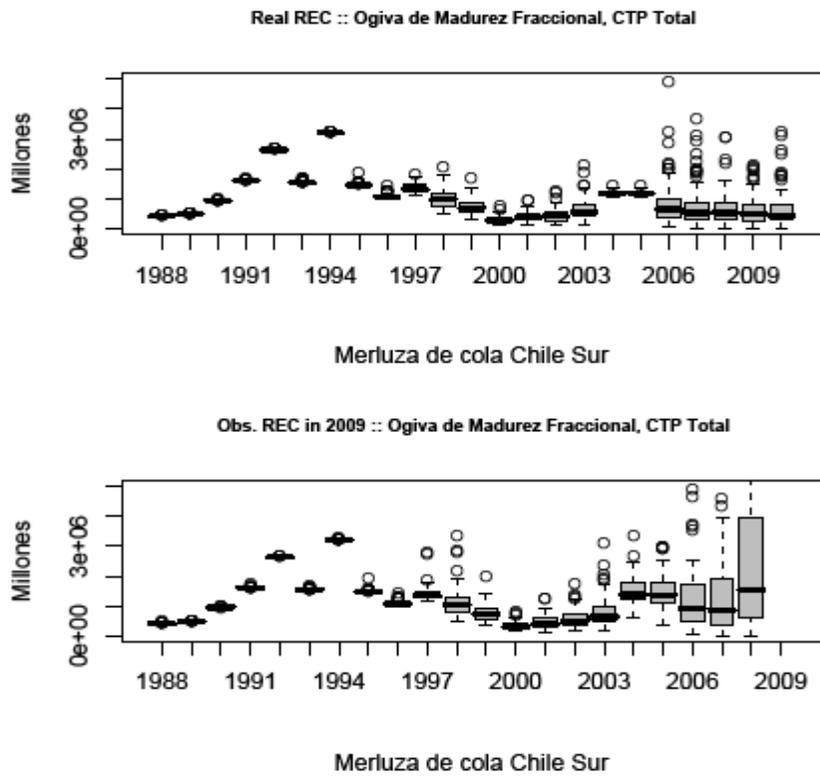


Figura 3.18b. Reclutamiento.

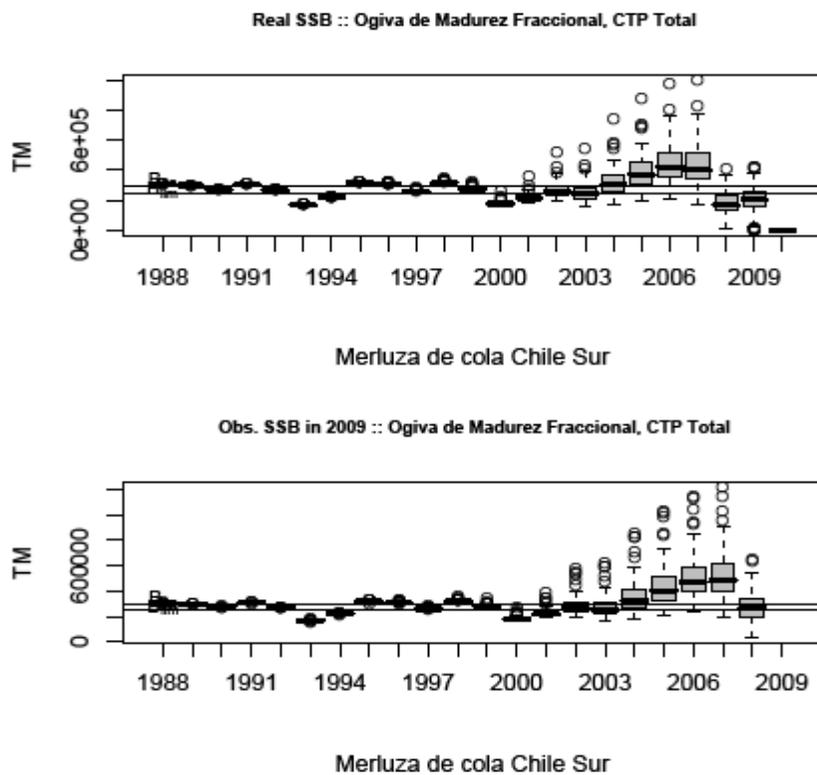


Figura 3.3.18c. Biomasa desovante.

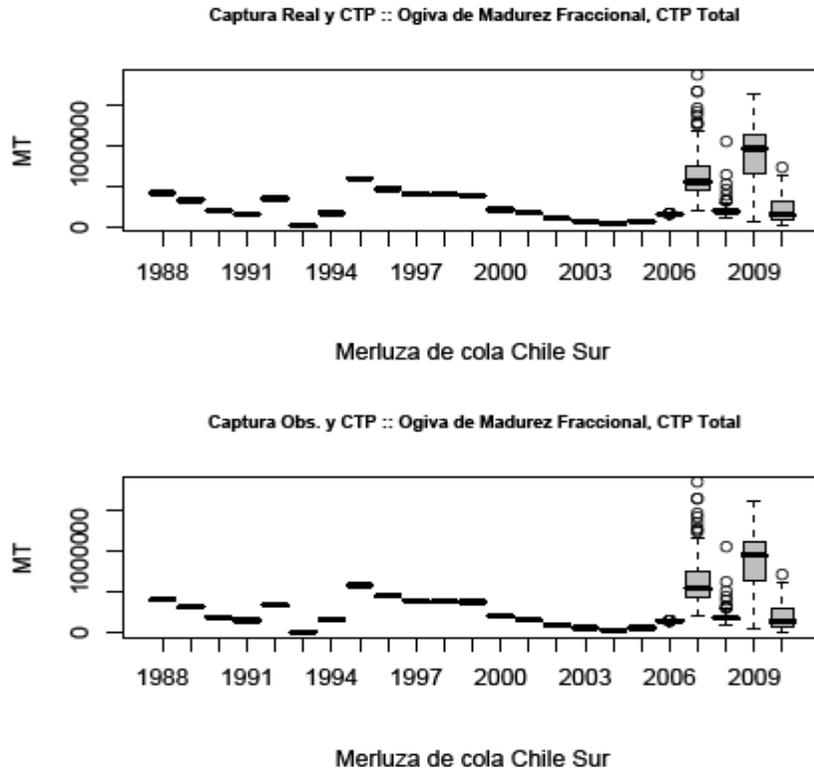


Figura 3.3.18d. Captura real y observada.

#### Escenario 4: CTP Total (154.000 ton), Sin Intermitencia

El escenario 4 mantiene la CTP alta, al nivel actual, pero el stock es más productivo debido a que no ocurre intermitencia en el desove.

En este caso la validación sigue demostrando que el modelo XSA captura correctamente la dinámica poblacional y observacional, pero con yerros similares a los del escenario 3. Los intervalos de las series observadas y reales se mantienen sobrepuestos en general, y las medidas de tendencia central tienen el mismo comportamiento que en los escenarios 2 y 3, moderadamente baja sobre-estimación de la biomasa desovante y el reclutamiento, y buen ajuste de la mortalidad por pesca.

Las discrepancias que se presentan son que las mortalidades por pesca en los últimos años superan los límites en demasiadas repeticiones de las poblaciones reales y éstas son sub-estimadas en el último año de la evaluación (Figura 3.3.19a).

El reclutamiento se mantiene constante y bajo durante la proyección y el XSA captura esta tendencia bien como promedio pero con una alta dispersión (Figura 3.3.19b), como en el escenario 3.

La biomasa desovante en las poblaciones reales no cae por debajo de los límites seguros, como en el escenario 3, pero se cae sobre los límites. El XSA logra capturar esta caída (Figura 3.3.19c).

Las capturas reales y observadas presentan la misma dinámica que en el escenario 3 (Figura 3.3.19d).

En general este escenario es casi tan riesgoso como el escenario excepto que la biomasa desovante está sobre los límites de riesgo debido a la mayor productividad gamética en ausencia de intermitencia del desove.

Tabla 3.3.6.- Intervalos y tendencias centrales de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, y el reclutamiento de las series proyectadas "real" y observada a través del XSA, para el Escenario 4, CTP total y madurez total.

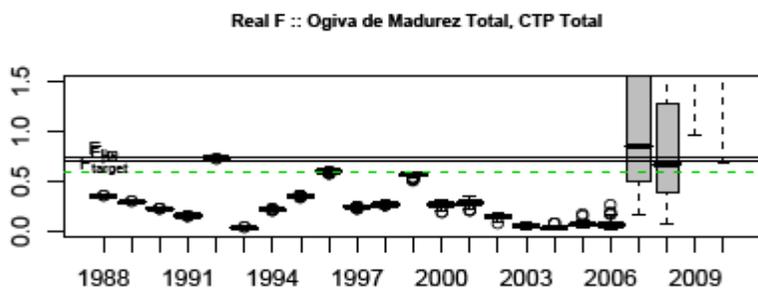
Año	Biomasa Desovante Real (ton)						Biomasa Desovante Observada por XSA (ton)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	513240	513318	513361	513377	513424	513650	510017	513333	513465	513408	513567	514110
1989	523467	523610	523691	523729	523816	524300	518675	523625	523885	523817	524056	525138
1990	476102	476330	476455	476522	476659	477491	470256	476363	476750	476696	477037	478777
1991	509111	509494	509675	509814	510038	511539	500917	509616	510204	510134	510657	513564
1992	416999	417466	417694	417872	418117	420304	408283	417637	418301	418294	418899	423150
1993	230539	231295	231726	232071	232497	236623	218266	231795	232705	232786	233774	241112
1994	316304	317113	317655	318090	318607	323366	305102	317695	318608	318845	319833	326949
1995	474694	475975	476847	477595	478181	487441	460586	476827	478161	478715	479944	496873
1996	485113	486468	487668	488737	489333	503794	472621	487887	488870	490181	491296	519430
1997	395528	397226	398848	400542	401137	424292	381873	399035	400487	402437	403755	445935
1998	519950	522230	524639	526984	527948	561959	520559	524091	526097	529443	531098	591095
1999	454001	456863	460264	463457	464755	507037	454528	458485	461961	466158	469039	540645
2000	263353	269537	275351	280494	282550	338282	264102	271642	278357	283883	290421	371808
2001	306214	328318	342256	351973	363407	461672	306922	331224	347523	357942	373381	494740
2002	302933	369324	413529	435157	470676	721813	306005	376086	426123	449330	488678	759974
2003	247462	354646	414523	442215	498809	849845	252331	362873	436879	462739	523230	906517
2004	267021	457177	535909	577427	670983	1152004	275068	475705	575394	611187	712885	1243699
2005	273652	507808	612305	656307	777238	1287753	284019	532425	653274	702824	842798	1414555
2006	245255	516469	651470	683544	806146	1292806	257917	554365	701000	749642	914165	1571271
2007	146308	451702	607528	645861	755110	1365745	159983	510788	685847	742320	897063	1728495
2008	3537	203463	272901	304431	396119	843353	25301	298611	384533	429613	520729	1271862

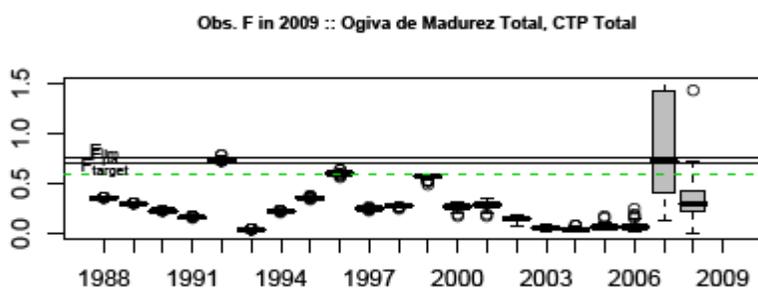
Año	Mortalidad por Pesca Real (año <sup>-1</sup> )						Mortalidad por Pesca Observada por XSA (año <sup>-1</sup> )					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1989	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.3	0.3
1990	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1991	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1992	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.71	0.73	0.74	0.73	0.74	0.77
1993	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
1994	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
1995	0.34	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.33	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36
1996	0.58	0.6	0.6	0.6	0.61	0.61	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.63
1997	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25
1998	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28
1999	0.51	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.48	0.56	0.57	0.56	0.57	0.59
2000	0.19	0.25	0.27	0.26	0.28	0.31	0.17	0.24	0.27	0.26	0.28	0.31
2001	0.2	0.27	0.29	0.28	0.31	0.35	0.17	0.26	0.28	0.28	0.3	0.35
2002	0.08	0.13	0.15	0.15	0.16	0.19	0.08	0.13	0.15	0.14	0.16	0.18
2003	0.02	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.01	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09
2004	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.08	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.08
2005	0.03	0.05	0.07	0.07	0.09	0.18	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.17
2006	0.03	0.05	0.07	0.08	0.09	0.26	0.02	0.05	0.06	0.07	0.09	0.25
2007	0.17	0.51	0.86	7.76	1.55	143.62	0.13	0.4	0.72	7.66	1.43	143.59
2008	0.07	0.4	0.68	103.7	1.27	5209	0	0.22	0.29	1.27	0.42	28.86

Año	Reclutamiento Real (miles)						Reclutamiento Real (miles)					
	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo	Mínimo	1 <sup>er</sup> Cuartil	Mediana	Media	3 <sup>er</sup> Cuartil	Máximo
1988	413804	414758	415759	416210	416842	424720	405812	415473	416678	417143	418260	429519
1989	476292	477183	477786	478185	478701	484011	469389	477615	478462	478898	479837	488491
1990	945846	947410	948586	949370	950109	968260	936011	947903	949334	949908	951931	961443
1991	1605168	1607467	1609873	1612403	1612919	1665094	1594135	1609033	1611080	1614899	1616341	1736960
1992	2633480	2634795	2635945	2637132	2637941	2648664	2627515	2635217	2636292	2637813	2638795	2656541
1993	1538440	1543431	1546285	1551953	1551418	1645535	1530203	1544968	1548146	1555143	1558757	1674323
1994	3205067	3206783	3208707	3210784	3211672	3252089	3199674	3207321	3209204	3211816	3213558	3263489
1995	1448242	1455571	1459343	1472614	1472004	1673168	1448933	1456620	1460798	1474740	1474493	1691444
1996	1034662	1049564	1068259	1096213	1127860	1280915	1035912	1051441	1071170	1102441	1139280	1300636
1997	1135100	1267865	1348261	1379661	1439547	2016779	1136623	1276857	1363001	1394571	1460067	2068541
1998	469568	710449	950802	1014404	1197204	3073834	478571	729022	1003321	1060244	1253721	3272695
1999	286124	532953	740864	794781	962940	1777223	297014	563968	780512	841199	1023270	1892988
2000	124582	216480	269164	297631	348998	634293	128920	226964	284870	320906	382431	733548
2001	135030	274038	372996	410690	519833	890110	156164	302823	433267	472648	594541	1236137
2002	107367	265503	396880	437470	541252	1477367	112647	319765	462243	553059	664340	2310682
2003	183338	399714	534154	641611	748672	2341933	127303	451012	658104	775032	940356	2394463
2004	1037760	1135160	1184896	1198993	1239222	1470981	774912	1223109	1365712	1515538	1689974	3511437
2005	1037760	1135160	1184896	1198993	1239222	1470981	506272	1140542	1414625	1529658	1833356	3523812
2006	17596	283948	481762	656325	795856	3271730	24886	375849	706744	1091068	1502329	5986297
2007	45929	252012	387155	601461	694383	2960358	12025	374910	673896	1313046	1289090	27276350
2008	36998	253666	435310	597275	702094	3274348	4229	458100	1225000	22160000	3039000	190900000

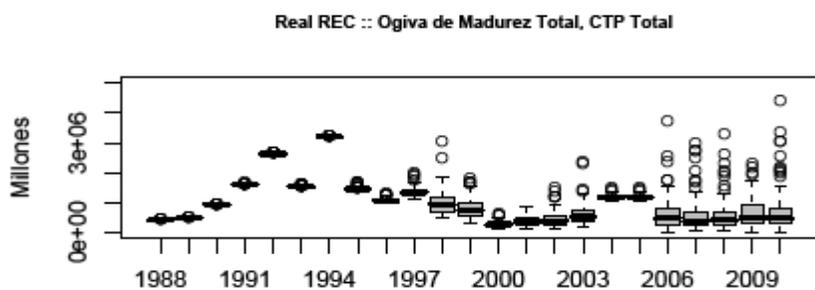


Merluza de cola Chile Sur

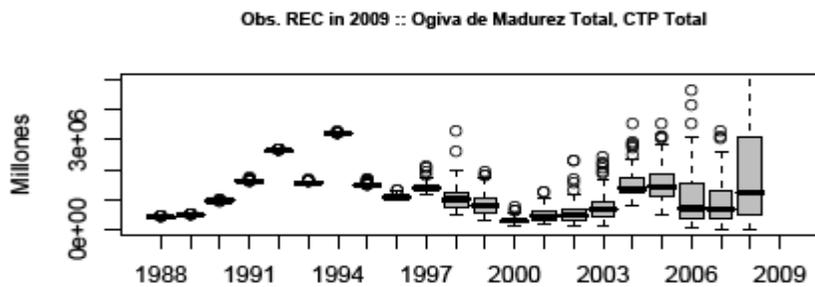


Merluza de cola Chile Sur

Figura 3.3.19a. Idem Figura 3.3.16a, escenario 4. Mortalidad por pesca.



Merluza de cola Chile Sur



Merluza de cola Chile Sur

Figura 3.3.19b. Reclutamiento.

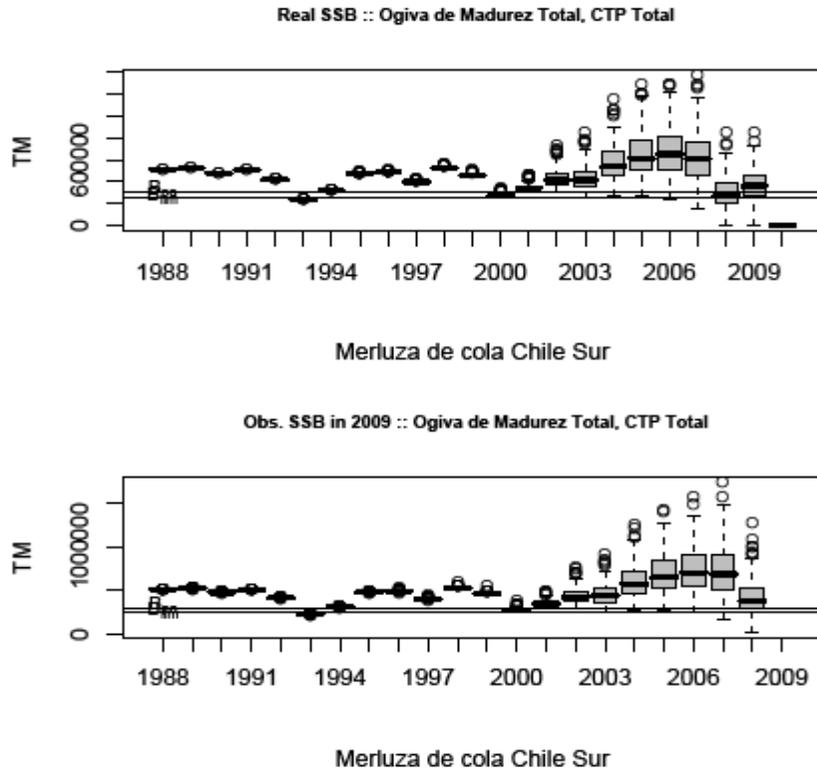


Figura 3.3.19c. Biomasa desovante.

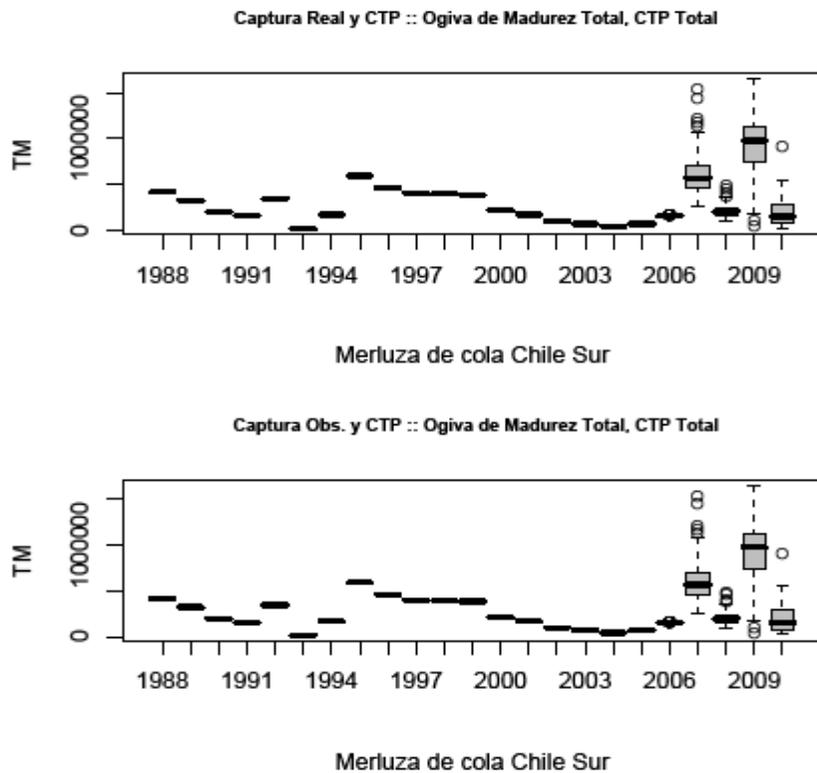


Figura 3.3.19d. Captura real y observada.

### Sección 3.4 Conclusiones

25. Un modelo de evaluación de stock basado en el algoritmo XSA de Shepherd (1999) es validado para una población edad-estructurada de merluza de cola y una pesquería de dos flotas, en presencia de aleatoriedad de proceso, de observación, y de implementación en las medidas de manejo.
26. Si la hipótesis de intermitencia es cierta y la CTP nacional se mantiene en 154.000 toneladas y es ocupada en totalidad, el stock está bajo un riesgo cierto de sobre-explotación por reducción de la biomasa desovante en el corto plazo.
27. Si la hipótesis de intermitencia es falsa pero la CTP se mantiene en 154.000 toneladas y es ocupada en totalidad, el stock aun tiene un riesgo no despreciable de excesiva reducción de la biomasa desovante en el corto plazo.
28. Si la CTP se reduce al nivel de la CTP de la zona austral (45.000 toneladas) los riesgos de excesiva reducción de la biomasa desovante en el corto plazo son bajos, incluso si la hipótesis de intermitencia fuera cierta.

## Capítulo 4

### Taller Final de Presentación y Discusión de Resultados

Relator: Renzo Tascheri; Editor: Rubén Roa Ureta

#### Sección 4.1 Introducción

El miércoles 17 de diciembre se llevo a cabo el Segundo Taller de presentación y discusión de resultados del proyecto FIP 2006-14, el que tuvo lugar en el auditorium Marcos Espejo del Instituto de Fomento Pesquero. El taller se inició a las 10:30 de la mañana y se desarrolló de acuerdo al programa.

El presente documento constituye un registro de las principales opiniones, comentarios, sugerencias y temas relacionados con el proyecto, que los asistentes consideraron relevantes de abordar durante el taller. El registro de estas opiniones, se organizó de acuerdo al título de la presentación, el tema particular bajo el cual fueron manifestadas y el nombre de quien hizo la intervención. Como referencia básica, se debe consultar las presentaciones entregadas como archivos electrónicos en el CD adjunto.

Dado que en los análisis presentados se empleó el lenguaje computacional FLR, al inicio del taller se hizo una breve introducción al proyecto FLR y las librerías que lo componen, indicando que el modelo implementado es del tipo XSA “eXtended survivor analysis”, metodología que es empleada por ICES en la modelación de especies de fondo.

Los asistentes al taller fueron:

Nº	Nombre	Institución
1	Alejandro Zuleta	Centro de Estudio Pesqueros
2	Claudia Gimenez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
3	Cristian Canales	Instituto de Fomento Pesquero
4	Dario Rivas	Subsecretaría de Pesca
5	Edwin Niklitschek	Universidad Austral de Chile
6	Francisco Contreras	Instituto de Fomento Pesquero
7	Francisco Leiva	Instituto de Fomento Pesquero
8	Fernando Espíndola	Instituto de Fomento Pesquero
9	Hector Hidalgo	Instituto de Fomento Pesquero
10	Jorge Sateler	Instituto de Fomento Pesquero
11	José Córdoba	Instituto de Fomento Pesquero
12	Liu Chong	Instituto de Fomento Pesquero
13	Lorena Álvarez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
14	Luis Adasme	Instituto de Fomento Pesquero
15	Patricio Gálvez	Instituto de Fomento Pesquero
16	Pamela Toledo	Universidad Austral de Chile
17	Pedro Rubilar	Centro de Estudio Pesqueros
18	Renato Céspedes	Instituto de Fomento Pesquero
19	Renzo Tascheri	Instituto de Fomento Pesquero
20	Sergio Lillo	Instituto de Fomento Pesquero
21	Victoria Escobar	Instituto de Fomento Pesquero
22	Vilma Ojeda	Instituto de Fomento Pesquero

## Sección 4.2 Primera Presentación: Biología básica del recurso, útil a la evaluación de stock

Expositor: Rubén Roa Ureta

### Madurez Sexual

Rubén Roa: Aclaró que una característica central del análisis efectuado, eran las hipótesis de intermitencia en el desove vs. la no intermitencia. Al respecto las intervenciones fueron las siguientes:

Edwin Niklitschek: Refirió antecedentes de la existencia de individuos que maduran a una menor talla, no es claro si estos son ejemplares jóvenes o individuos enanos (con diferente esquema de crecimiento).

La ojiva de madurez estimada para el análisis fue en un principio entendida como la postulación de un proceso más lento de madurez sexual que la inicialmente asumida para la especie (madurez tardía). Rubén Roa aclaró esto, señalando que para efectos del análisis, la ojiva fue interpretada como evidencia empírica de la existencia de intermitencia en el proceso de desove.

Cristian Canales: Al respecto de la madurez tardía en merluza de cola, señaló que la ojiva de madurez empleada en la evaluación hecha por IFOP, fue construida en edad y no convertida a partir de una estimada en función de la longitud de los individuos. Manifestó además estar de acuerdo con el análisis efectuado en el proyecto FIP, en el sentido que él también aceptaba la posibilidad de que la intermitencia en el proceso de desove es una característica que podría existir en la pesquería chilena. Cristian Canales aclaró que para que esta posibilidad tuviese impacto en la evaluación, debería existir una población importante de individuos disponibles a la pesca fuera del área de desove durante el periodo de la reproducción. Complementó, indicando que tanto las conversaciones informales con los armadores, como las observaciones provenientes de los proyectos de seguimiento, indicaban que la disponibilidad de merluza de cola fuera del área de desove durante el período reproductivo es mínima (y por la misma razón las muestras biológicas fuera de esta área y en este período son escasas).

Sergio Lillo: Aclaró que los análisis de madurez sexual hechos en el marco de los proyectos de evaluación directa, se han hecho empleando técnicas histológicas. Esto aclara porqué las bases de datos de los proyectos de evaluación directa, que contienen la clasificación macroscópica, no la histológica, rinden una ojiva de madurez que se asemeja a la de una hipótesis de intermitencia, con individuos adultos no desovantes.

Alejandro Zuleta: Hizo referencia a un proyecto de tesis, cuyos resultados daban soporte a la hipótesis de intermitencia.

Renzo Tascheri: Señaló que los datos ya disponibles de los análisis histológicos efectuados deben contener información biológica que contribuya a aclarar la hipótesis de intermitencia. En estos datos había que buscar evidencia de individuos de gran talla (edad avanzada), con gónadas inactivas sexualmente, que hayan sido capturados en la zona norte exterior durante el período de desove.

Alejandro Zuleta: Advirtió que existía un riesgo de estar sub-estimando la madurez sexual a causa de la baja representatividad de juveniles en las muestras. Además indicó, es posible que haya un grupo

adicional de individuos de desove rápido que reside en aguas interiores y que madura a menor talla (o edad). Refirió además que Fernando Balbontín<sup>1</sup> también ha mencionado la existencia de este grupo.

### Crecimiento

Las observaciones y sugerencias relacionadas a este tema se manifestaron en torno a los parámetros del modelo de crecimiento estimados. En general se discutió la pertinencia de estimar el  $l_0$  usando los mismos datos disponibles para ajustar los demás parámetros. Esta forma de proceder en el análisis se consideró poco apropiada (ya que producía un parámetro de escasa validez biológica).

Cristian Canales: Sugirió también revisar la correlación entre los parámetros. La superficie de verosimilitud de la estimación debería entregar una idea de la incertidumbre que hay en torno al valor estimado para los parámetros.

Pedro Rubilar: Sostuvo que es más válido tomar un valor desde un estudio independiente acerca este parámetro. Rubén Roa: Aclaró que esto sería ideal si tal información estuviese disponible.

Edwin Niklitschek: Complementó esta noción, advirtiendo que el hecho de que el parámetro tenga significado biológico, no implica que el valor estimado también lo tenga.

Alejandro Zuleta: Hizo referencia a un trabajo de Schnute sobre el tema, indicando que tal vez es mejor tomar  $L_1$  (de acuerdo a la nomenclatura del trabajo de Schnute), en vez de  $L_0$ , en otras palabras tomar la talla más pequeña.

Cristian Canales: Agregó que la forma de la curva de crecimiento estimada era consistente con la ojiva de madurez empleada en el análisis, es decir correspondía a un pez muy longevo de madurez tardía.

### Mortalidad Natural

Pedro Rubilar: Aclaró que la estimación de un valor diferente de  $M$  en este proyecto, constituye la proposición de una hipótesis alternativa para el recurso lo que tiene implicancias.

Nota del Editor: La tasa de mortalidad natural supuesto fue de  $0.204 \text{ año}^{-1}$ , notablemente más baja que en otros estudios chilenos pero más cercana a los estudios de Nueva Zelanda.

## **Sección 4.3 Segunda Presentación: Modelo conceptual de funcionamiento del stock**

Expositor: Rubén Roa Ureta

Rubén Roa: Sostuvo que una hipótesis importante que deriva de la interpretación de las observaciones, es que habría un grado mínimo de mezcla entre los stocks Atlántico y Pacífico de merluza de cola, los que conformarían unidades de stock prácticamente autónomas.

---

<sup>1</sup> Fernando Balbontín es un biólogo de la Universidad de Valparaíso con amplia experiencia en el estudio de la reproducción de peces demersales, incluida la merluza de cola.

Alejandro Zuleta: Sostuvo por su parte, que sobre la base de los mismos datos disponibles, él llega a la conclusión opuesta. Según su visión, existen antecedentes de la presencia de individuos maduros sexualmente en la zona sur exterior y por el contrario, poca evidencia de un foco de desove en el lado Atlántico. Esto indicó, sugiere la existencia de una población de desovantes en el sur que posiblemente ingresaría desde el lado Atlántico.

Rubén Roa: Respondió que de acuerdo con los antecedentes provistos por el proyecto de monitoreo de IFOP, durante el período de desove la flota encuentra muy baja disponibilidad de merluza de cola en la región más austral de la zona sur exterior.

Alejandro Zuleta: Pasando a otro tema, señaló que hay un componente de migración longitudinal (entre el talud y los cañones) en el área de desove (zona norte exterior), que no ha recibido la importancia que merece en los modelos conceptuales formulados para este recurso (los resultados que sustentan esta aseveración se encuentran en el FIP 2004-12).

Pedro Rubilar: Sostuvo que CEPES demostró, con un análisis documentado en el FIP 2004-12, que durante el período reproductivo hay un contingente de desovantes en la zona sur exterior.

Alejandro Zuleta: Dijo que la posibilidad de la existencia de un área de desove en la región sur exterior es una hipótesis que tiene fundamento en los datos disponibles. Consultado acerca de las implicancias que esto tendría para la administración de este recurso, indicó que en ese caso estaríamos frente a un stock diferente en la zona sur que sería compartido con el área Argentina y también la existencia de una división más marcada entre componentes de stock que desarrollan su ciclo de vida en aguas exteriores e interiores. En resumen señaló, la complejidad en la distribución espacial y temporal del stock (o los stocks) de merluza de cola a través de su ciclo vital, podría ser mayor a la que estamos dispuestos a aceptar. Agregó que existe un riesgo en asumir estrategias de explotación que podrían ser adecuadas para un componente del stock y al mismo tiempo perjudiciales para otro, sí es que estamos frente a una situación con más de un stock.

Edwin Niklitschek: Agregó que los resultados de uno de los proyectos CIMAR-FIORDO<sup>2</sup> producidos por Leonardo Castro<sup>3</sup>, reportan el hallazgo de huevos y larvas de merluza de cola frente a Puerto Edén (49°08'20" 74°27'10") y que esto es una evidencia sólida de que existe un área adicional de desove.

Pedro Rubilar: Mencionó la existencia de antecedentes de desove en la zona sur exterior que fueron reportados en el FIP 2000-15.

Alejandro Zuleta: Respecto de los reclutamientos fuertes que habrían sostenido la pesquería de cerco (según lo sostiene el modelo conceptual asumido en el estudio), preguntó si IFOP tenía antecedentes de sobre-reporte relacionados con los grandes desembarques de merluza de cola producidos por la flota de cerco en la década del los 90's, implicando que la productividad del stock podría estar sobre-estimada.

Sergio Lillo: Al respecto señaló, que existía más evidencia en favor del sub-reporte de merluza de cola que del sobre-reporte de este recurso (sub-reporte de jurel).

---

<sup>2</sup> CIMAR es un programa de investigación del Comité Oceanográfico Nacional (CONA). Entre los años 1995 y 2003 se han efectuado once campañas en la zona de fiordos y canales australes de Chile denominadas cruceros CIMAR-FIORDO.

<sup>3</sup> El Dr. Leonardo Castro es un oceanógrafo biológico de la Universidad de Concepción, con amplia experiencia en el estudio de huevos y larvas de peces marinos.

Cristian Canales: Los antecedentes soportan mejor la noción de que las capturas de merluza de cola en verdad fueron importantes. Era una pesquería alternativa al jurel en el periodo estival, por lo que ambas pesquerías no se sobreponía temporalmente, disminuyendo la posibilidad de sub-reporte de jurel (posibilidad de reporte de merluza de cola, en circunstancias de que las capturas fueron en verdad de jurel).

#### **Sección 4.4 Tercera Presentación: Análisis exploratorio de datos biopesqueros en el paquete FLEDA de FLR**

Expositor: Rubén Roa Ureta

Respecto de los análisis exploratorios presentados los comentarios fueron los siguientes:

Cristian Canales: Respecto del análisis de correlación entre los índices edad específicos de cerco y arrastre, señaló que era muy razonable el encontrar una falta de correlación positiva. Esto debido a que la flota de cerco vulneraba una fracción diferente de la estructura del stock, en un área distinta y temporalmente actuó mucho antes de que el stock fuera impactado significativamente por la flota de arrastre.

Alejandro Zuleta: Señalo respecto del análisis de correlación por edades entre los índices de abundancia de las dos flotas, que la incertidumbre de la estimación de los índices y el retardo (lag) temporal entre la acción de las dos flotas (cerco, arrastre) insertarían una variabilidad que enmascara la consistencia que se quiere ver en el gráfico.

Cristian Canales: Coincidió con esta afirmación, indicando que la incertidumbre del GLM presumiblemente empleado para estimar el índice, los errores asociados al muestreo de los datos...etc, harían poco probable el encontrar una buena correlación.

Cristian Canales: Extraño un gráfico mostrando la tendencia de la serie de CPUE. Rubén Roa respondió que esto no se mostraba porque el análisis posteriormente no ve la serie, sino un índice para cada edad (el modelo estima un  $q$  para cada edad).

Alejandro Zuleta: Encontró extraña la baja abundancia de individuos de edad 14. Rubén Roa: Señaló al respecto que no había mucha presencia de estos individuos en las muestras y que en todo caso en el modelo esta clase de edad era una clase plus (o sea 14+).

Alejandro Zuleta: Insistió en este punto, indicando que un  $M= 0,2$  era consistente con una gran longevidad (14+), pero que por esto mismo era raro ver tan poco stock desde los 14 años en adelante, porque con una mortalidad natural tan baja se esperaría que el modelo estuviera acumulando individuos en la clase de edad 14+. Esto aparece como inconsistente con los parámetros de vida empleados para el análisis, es decir no parece coherente con la hipótesis de ciclo vital propuesta en el proyecto. Una alternativa sería subir  $M$ .

Nota del editor: La mortalidad natural es la tasa de mortalidad que el stock tendría si no existiera pesca. Si no existiera pesca, la longevidad del stock sería mucho mayor a 14 años. Por lo tanto es equívoco decir que una longevidad de 14 años en condiciones de explotación pesquera es evidencia en contra de

una tasa de mortalidad de alrededor de 0.2. En este estudio la tasa de mortalidad de cerca de 0.2 fue obtenida suponiendo una longevidad natural de 22 años.

Cristian Canales: Sugirió que el valor de mortalidad natural podría ser más bien una señal media y que la mortalidad podría ser mayor para determinadas edades.

Alejandro Zuleta: Contribuyó indicando que en la convención de aguas profundas sostenida en Nueva Zelanda en el año 2003, la merluza de cola era considerada una especie de aguas profundas, es decir una especie longeva con un bajo valor de  $M$ . La baja sobrevivencia a la edad 14, sería inconsistente con esta noción. Rubén Roa: enfatizó que la hipótesis de intermitencia daba cuenta de estas aparentes inconsistencias. Aclarando que lo que el análisis está sosteniendo, no es que los individuos maduren de manera tardía, sino que el mecanismo que actúa es la intermitencia en el proceso de desove solamente.

Alejandro Zuleta: Aclarado este punto, indicó al respecto que en el análisis de CEPES de merluza de cola, el porcentaje de individuos inmaduros a la talla no era tan alto como en el análisis presentado en el taller y por esta razón sugirió que la intermitencia podría estar sobreestimada para ciertas clases de edad.

Alejandro Zuleta: Continuó preguntando ¿qué pasaría si la especie es más longeva?, en este caso, ¿dónde estaría el resto del stock? Si se aceptaba este cuestionamiento como válido, entonces un escenario alternativo era que podría haber una fracción que sobrevive (por ejemplo a grandes profundidades, ya que se sabe que sólo se está explotando una parte del talud) y que esta sería una fracción que escapa a la pesquería (¿sirviendo de buffer a la explotación?).

Cristian Canales: Coincidió de algún modo con esto, dado que la curva de crecimiento estimada sugiere la ausencia de una fracción de ejemplares más viejos. Pero cuestionó la sugerencia de que los individuos viejos faltantes (si fuera este el caso) estuvieran en algún lugar inexplorado del talud.

Cristian Canales: Continuó indicando que hay incertidumbre sobre algunas piezas importantes de la evaluación como es  $M$  y el crecimiento, esto sugiere la necesidad de analizar más casos.

Nota del Editor: El proceso de crecimiento no fue considerado en los modelos implementados, que fueron estrictamente edad-estructurados.

#### **Sección 4.5 Cuarta Presentación: Evaluación de stock y proyección poblacional bajo cuatro escenarios utilizando FLR**

Expositor: Rubén Roa Ureta

Alejandro Zuleta: Volvió sobre el tema de la inconsistencia entre el bajo valor de  $M$  y la escasa sobrevivencia a edades 14+. Al respecto indicó, que dado que el modelo XSA asume la captura como el valor inicial para la estimación de la sobrevivencia en el último año, esto implicaba que en el modelo no se empleaba un grupo plus. Pero que indudablemente esto podía ser evaluado. Rubén Roa respondió que esto se iba a revisar.

Rubén Roa: Aseveró que la hipótesis de intermitencia producía un ajuste más pobre de la relación S-R, a lo que agregó que la curva S-R está en este caso mal determinada.

Alejandro Zuleta: Con relación a esta última aseveración, complementó que esto ocurría en gran parte por la variabilidad no dependiente del stock, pero que la información para estimar  $\alpha$  (la curvatura o pendiente en el origen) esta en los datos y que por lo tanto era posible que la curva S-R no este tan mal determinada como se podría pensar. Para hacer esto se debía linealizar el modelo S-R, lo que a su juicio haría evidente la denso-dependencia o compensatoriedad que se espera. El intercepto de este modelo lo daría el  $\alpha$  y este tiene una relación con el  $F_{\text{máx}}$ , lo que a su vez proporcionaría inmediatamente una noción teórica preliminar del umbral del F máximo posible de aplicar sin llevar el stock a un colapso. Es el mismo concepto añadió, del  $\tau$  que aparece en el paper de puntos biológicos de referencia de Pamela Mace.

Cristian Canales: Pasando a otro tema indicó, que por el tipo de modelo empleado, lo relevante era la incertidumbre de los últimos años (Para este tipo de modelos no se necesita una serie larga de índices, sino sólo para los últimos cinco años). Entoces preguntó “Que opinas tu Rubén de los datos producidos por el modelo y que fueron empleados para la proyección?”, “En el fondo, que opinas respecto de la condición, el status del recurso que entregó la evaluación?”. También indicó: Como la cpue a la edad confunde información de abundancia a la edad y abundancia relativa, habría un problema estadístico, en donde se confunde una distribución log-normal (de la cpue), con la distribución multinomial (de la estructura), lo que a su juicio pudo tener influencia en la variabilidad observada en la simulación.

Cristian Canales: Puso luego en duda que el XSA como herramienta de análisis, tuviese la flexibilidad necesaria para simular la variedad de casos y situaciones observados en esta pesquería. Entonces preguntó porque se usó el XSA?.

Note del Editor: Un modelo muy detallado corre un riesgo alto de fallar en alguna de las muchas presunciones que por necesidad se deben aceptar cuando el nivel de detalle es alto, posiblemente conduciendo a estimaciones erróneas. Es decir un modelo muy detallado puede carecer de robustez. El autor es de la opinión, junto con otros autores, entre ellos Shepherd, que modelos más simples, menos ambiciosos, pueden responder de manera más robusta las preguntas básicas que se le plantean a los datos de una pesquería.

Francisco Contreras: Consultó si se habían probado otras relaciones S-R alternativas y porque se eligió la relación de Ricker ?. Rubén Roa: Respondió diciendo que el paquete de análisis presenta otras opciones que se pueden probar (Beverton y Holt o Hockey Stick), pero que se había optado por la ecuación de Ricker, porque la especie estudiada era una merluza y por ello se espera que exista algún nivel de canibalismo.

Pedro Rubilar: Observó que había una diferencia importante de magnitud entre el tamaño de la población desovante estimada asumiendo el escenario de madurez completa (aquí es mayor) que aquel estimado asumiendo la hipótesis de intermitencia, aún cuando reconoció que la tendencia en el tamaño poblacional era la misma en ambos casos.

Alejandro Zuleta: Valoró el ejercicio efectuado, porque en su opinión hay una batería de métodos alternativos (a los empleados en las evaluaciones de este recurso) y él siempre ha sugerido que estos métodos (ADAPT, XSA, etc...) no se deben dejar de lado. El análisis presentado muestra que si los datos de captura a la edad son buenos y bien estimados, este método es robusto (coincidiendo con lo señalado por Shepherd en su paper acerca del modelo XSA). Además indicó, que los resultados

presentados eran los únicos que mostraban variabilidad en la fracción desovante, lo que le parece más razonable en comparación a lo que se obtiene con los modelos que estamos empleando en las evaluaciones. El uso de modelos más parsimoniosos es a su juicio bienvenido. Rubén Roa: complementó que ésta ha sido la tendencia asumida por el ICES.

Alejandro Zuleta: Encontró además interesante y rescatable que el modelo usado se validara mediante simulación. Es muy recomendable que esto se haga en las evaluaciones del recurso y al margen del análisis mismo, esto le pareció muy destacable como aporte, indicando que dentro de su conocimiento era la primera vez que se realizaba este tipo de validación en Chile. Agregó que era muy bueno saber que el modelo de evaluación de stock hace lo que se supone debe hacer.

Pedro Rubilar: consultó respecto de la circularidad del análisis de simulación. En el sentido que la simulación se efectuaba con el mismo modelo y parámetros estimados en la evaluación.

Rubén Roa: respondió que ésta circularidad no es tal, porque se remuestrea empleando la distribución estadística de los datos y parámetros.

Alejandro Zuleta: Coincidió en que el análisis no era circular, el análisis presentado tenía la estructura típica de una simulación. En ella obviamente se asume una hipótesis, dado que se basa en el funcionamiento ya estimado para la historia previa del stock. Sí indicó que pudo haber más escenarios, pero entonces esto se habría parecido más a un estudio orientado a un procedimiento de manejo.

Darío Rivas: Hizo un recuento de las motivaciones que originaron este proyecto FIP y rescato el valor de los aportes de los expertos hechos en el taller, como por ejemplo la consideración de otros escenarios. Puso también de relieve que estos estudios son mucho más útiles cuando se hacen en la modalidad de talleres. Además destacó que entre los aportes del proyecto ahora se contaba con un conjunto de hipótesis que deberán ser testeadas.

Alejandro Zuleta: Comentó que a su parecer hubo una intencionalidad para sugerir la ejecución de este proyecto, la que de ser el caso él no compartía. Porque si la génesis del estudio iba en la dirección de validar los modelos que se puedan estar empleando en las evaluaciones actuales, entonces él estaba más de acuerdo con un razonamiento de André Punt en este sentido, en donde se indicaba que la búsqueda del “best model” no es el mejor camino para avanzar, porque produce rivalidad entre los investigadores y obstaculiza el progreso.

Nota del Editor: No hubo en ninguna fase del estudio intencionalidad de poner en juego las virtudes de otros análisis versus el modelo operativo desarrollado.

Darío Rivas: Aclaró que el contexto existente cuando se generó el proyecto era menos positivo que el actual y que estas discusiones técnicas son tema para los comités científicos, los que no han podido operar como debían. Sostuvo que los resultados eran un primer paso abordar los temas que han emergido, sobre los cuales el trabajo deberá continuar.

### Sección 4.6 Conclusiones

29. La tasa de mortalidad natural supuesta en este estudio como parte del modelo conceptual del recurso, no es compartida con comodidad por los asistentes al taller, especialmente aquellos más vinculados a la evaluación de stock, considerándola muy baja.
30. La hipótesis de intermitencia, y su consecuencia de menor productividad gamética del stock, es considerada como muy verosímil y merecedora de estudios directos.
31. La generalidad del modelo de evaluación empleado, XSA, puede ser vista como un handicap o como una ventaja, dependiendo por un lado del grado de adaptación que se desee para el modelo respecto de la realidad de la naturaleza, y por otro respecto de la robustez que el modelo debe tener para no fallar por excesivas presunciones.

## Capítulo 5

Autor: Rubén Roa Ureta

### Discusión General

El objetivo general del proyecto fue “Formular e implementar un enfoque metodológico de evaluación de stock en merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en toda su distribución geográfica actual en aguas nacionales”. Para tal fin realizamos una exhaustiva revisión de la literatura disponible, especialmente informes chilenos cuyos conceptos más relevantes para la evaluación del stock no habían sido reunidos antes en un solo documento. Además formulamos un modelo conceptual de funcionamiento del stock que en general es consistente con previos estudios nacionales (Canales et al. 2008) excepto en dos puntos clave: una tasa de mortalidad natural más baja y la adopción de un modelo de maduración sexual que admite intermitencia en el desove (Livingston et al. 1997). Tomando en cuenta todas las conclusiones de la revisión de la literatura y de la formulación del modelo conceptual, formulamos e implementamos un modelo de evaluación de stock, y lo validamos contra datos generados por un modelo operativo (Kell et al. 2007). Cabe destacar que la validación de un modelo de evaluación de stock sobre la base de un modelo operativo, es una tarea que se realiza por primera vez en Chile, y que sólo en los últimos años ha comenzado a ser realizada a nivel internacional (Kell et al. 2007, Schnute et al. 2007).

La validación de los modelos de evaluación de stock responde a la simple pregunta: ¿realiza el modelo de evaluación lo que se supone debe realizar? (A. Zuleta, Cap. 4). La única manera de responder a esta pregunta, sin tener la posibilidad de conocer la realidad de la naturaleza, es mediante simulación computacional. La construcción de un modelo de evaluación de stock es de por sí una tarea compleja. Más aun es la construcción de una población y una pesquería simuladas, que genera datos típicos, sobre los cuales se aplican el modelo de evaluación, para poder validarlo. Para simplificar esta tarea, hemos introducido en Chile el uso de las librerías FLR del lenguaje de modelación estadística R (Kell et al. 2007). Este es un aporte metodológico válido en sí mismo, pues el uso del lenguaje R se está extendiendo ampliamente entre analistas y modeladores, y puede convertirse en la *lingua franca* de la evaluación de stock (Schnute et al. 2007). Esto tiene grandes ventajas pues facilitaría enormemente la comunicación entre analistas y estimularía el intercambio de códigos y datos, para realizar evaluaciones que satisfagan a todos los expertos. En ese sentido, modestamente animamos a los expertos de gobierno y de instituciones de investigación a adoptar el lenguaje FLR como el lenguaje estándar de análisis de pesquerías, siguiendo la tendencia que actualmente se está imponiendo en Europa.

En la evaluación de stock de merluza de cola hemos elegido ignorar algunas fuentes de información. Lo más importante es que hemos ignorado las evaluaciones directas de la biomasa desovante mediante prospecciones hidroacústicas (Lillo et al. 1997, 2000, 2002, 2003, 2004). Esta decisión se basó en el hecho que si existe intermitencia en el desove y esto implica que una parte importante del stock adulto no migra para desovar en algunos años, entonces las evaluaciones hidroacústicas presentan un importante sesgo cuya magnitud es desconocida y potencialmente variable a través de los años. Este desconocimiento también afecta a las evaluaciones hidroacústicas si éstas sólo se consideran como productoras de índices de abundancia relativa, pues la densidad de los peces en las áreas de desove puede variar dependiendo de la magnitud de la fracción adulta que no acude a desovar. Estas consideraciones, y otras relacionadas con el proceso de estimación hidroacústica propiamente tal, fueron también planteadas al Jefe de Proyecto por Chriss Francis (comunicación personal) quien prefiere no incluir las evaluaciones hidroacústicas en sus evaluaciones del stock de hoki de Nueva Zelanda. En este sentido es relevante destacar la recomendación de Ernst et al. (2005) y del Comité Científico de la Pesquería Demersal Austral, reunido en la segunda mitad de 2006, que deben realizarse prospecciones de área barrida de merluza de cola, desligadas del proceso reproductivo anual. Estas prospecciones de área barrida sí pueden proporcionar índices útiles para

la evaluación de stock pues no son afectadas por las variabilidad de los procesos que influyen en la migración reproductiva.

Una importante limitación de las implicancias del presente estudio se origina simplemente en la cobertura temporal de las bases de datos disponibles, que se extendieron sólo hasta 2006, cubriendo el año biológico 2005-2006. A la fecha de redacción de este informe se cuenta con al menos 1 año más de datos (2007) y posiblemente está pronta la disponibilidad de los datos del 2008. Siendo así, sería muy interesante actualizar las bases de datos disponibles y realizar los análisis del Cap. 3 de nuevo, posiblemente con la cooperación del Instituto de Fomento Pesquero en un trabajo conjunto. Este autor está disponible para actualizar los análisis del Cap. 3 si se considera factible actualizar las bases de datos.

En los cuatro escenarios estudiados para la proyección del stock en el corto plazo (5 años) se destaca que si la CTP mantiene una fuerte fracción destinada a la flota cerquera y esta es de hecho capturada, el stock corre serio riesgo de excesiva reducción de la biomasa desovante. A nuestro juicio la existencia de una cuota de 109000 toneladas destinada a la zona centro-sur debe ser revisada. En primer lugar, esta cuota al parecer se origina en la creencia que el ambiente pelágico de la zona centro-sur es un hábitat permanente de crecimiento de juveniles de merluza de cola. El estudio de Ernst et al. (2005), este mismo informe en su Cap. 2, y la falta de observaciones de los expertos asistentes al Taller de Difusión de resultados respecto del modelo conceptual, Cap. 4, indican que esa idea ha sido abandonada, sustituida por la visión que la disponibilidad de juveniles pelágicos en la zona centro-sur se debió a eventos esporádicos de reclutamientos fuertes. Bajo esas condiciones no se justifica una cuota permanente tan alta para la flota cerquera centro-sur. Parece más indicado reducir esta cuota, destinándola a la flota arrastrera centro-sur. En segundo lugar, si la flota cerquera o la flota arrastrera de la zona centro-sur llegaran a capturar la cuota destinada, el stock con alta probabilidad entraría en un régimen de riesgosa baja biomasa desovante pocos años después.

Dos carencias resaltan en el conocimiento del estatus del stock de merluza de cola de Chile. La primera claramente es el total desconocimiento si existe intermitencia en el desove. En Nueva Zelandia este problema fue resuelto realizando prospecciones de área barrida en las zonas de los 'home' y estudios histológicos de los peces capturados justo antes de la temporada reproductiva (Livingston et al. 1997). En Chile, la existencia en las bases de datos de los proyectos FIP de evaluación hidroacústica de numerosos individuos de gran tamaño clasificados como inmaduros debido a la falta de desarrollo de sus gónadas es sugerente en el sentido que sí ocurre intermitencia. Hay efectos significativos sobre la biomasa desovante si se supone que hay intermitencia, especialmente en el caso en que la CTP se reduce al nivel de la cuota para la flota de arrastre. Proyectos de prospecciones de área barrida que se desarrollen justo antes de la temporada reproductiva, o durante ella, junto con los estudios histológicos correspondientes, son necesarios para aclarar esta incógnita.

La segunda carencia es la inexistencia de índices de abundancia independientes de la pesca y que no estén afectados por las variaciones de la migración reproductiva. La solución a esta carencia puede ser la misma que resuelve el problema de la existencia o no de intermitencia: realizar prospecciones de área barrida que cubran las zonas de alimentación del stock, antes de la migración reproductiva. Esta recomendación ya fue planteada previamente (Ernst et al. 2005) y cabe insistir en ella.

Los modelos de stock más complejos suelen incluir dos tipos de aleatoriedad: error de observación y error de proceso. Estas son fuentes de incerteza asociadas al proceso de estimación estadística. Sin embargo el manejo de stocks pesqueros involucra otras fuentes de aleatoriedad que tienen que ver con la implementación de los procedimientos y planes de manejo, y estas fuentes de aleatoriedad pueden tener un efecto notorio sobre los resultados del manejo. Por ejemplo, una CTP está concebida como el total de biomasa que debe ser extraída, sin embargo la existencia de descarte y 'highgrading' introduce un 'error de implementación' de la CTP. Incluso en ausencia de conductas de selección de la captura, hay un error de implementación porque la contabilidad de la captura no es perfecta o simplemente porque la flota no tiene la capacidad de extraer toda la captura permitida. El enfoque de modelos operativos implementados en las

librerías FLR hace factible introducir estas fuentes de incerteza (Kell et al. 2007). En este estudio hemos incluido la forma más simple de este concepto de error de implementación, lo que constituye un primer paso en la dirección de tomar en cuenta todas las fuentes de incerteza asociadas con el proceso de evaluación y manejo de stocks pesqueros.

## Capítulo 6

### Conclusiones

1. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier habitan la plataforma continental y talud en las costas templadas del Hemisferio Sur, excepto Africa, formando stocks relativamente abundantes, de cientos de miles o unos pocos millones de toneladas.
2. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier presentan un estructura de edad de que abarca cerca de 15 clases anuales, con una longevidad máxima que puede llegar a alrededor de 20 años, tendiendo a tamaños asintóticos cercanos al metro de longitud.
3. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier maduran sexualmente entre los tres y los cinco años de edad, cuando han alcanzado aproximadamente la mitad de su talla asintótica.
4. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier presentan circuitos migratorios ontogenéticos complejos, con varias áreas de desove, y juveniles de 1 y 2 años que no co-habitan con el stock adulto, ocupando fondos más someros y costeros, y/o el hábitat pelágico.
5. Los stocks de merluza de cola y hoki/blue grenadier son desovantes sincrónicos que desovan en invierno durante un período relativamente breve, de un mes, o dos meses como máximo.
6. En el Pacífico Sur, la merluza de cola tiene varias áreas de desove en la zona sur austral de Chile, aunque las más importantes son aquellas sobre los cañones submarinos entre el sur de Chiloe y la Península de Taitao.
7. En el hoki de Nueva Zelanda existe una fracción del stock adulto que no desova en todas las
8. En el hoki de Nueva Zelanda, el reclutamiento es muy variables y depende de ciertas características críticas del ambiente oceanográfico, y existen indicios que los mismo sucede en la merluza de cola del Pacífico Sur.
9. Los dos stocks de merluza de cola de Sudamérica, el Pacífico y el Atlántico, pueden estar conectados pero se considera que ambos stocks funcionan a partir de áreas de desoves diferentes, lo que significa que en gran medida son autónomos.
10. El estado de sobre-explotación en que se encontraban los stocks de merluza del sur y congrio dorado a fines de la década de los años 80, con la consiguiente reducción en las tasas de captura de estas pesquerías, produjo al inicio de la década de los 90, un incremento en la intencionalidad de captura de merluza de cola de la flota arrastrera fábrica congelador.
11. Con la apertura del mercado de productos congelados, a partir de 1998, la importancia relativa de la merluza de cola en la cartera de especies objetivo de la flota arrastrera fábrica congelador se incrementó considerablemente.
12. En 2001, la pesquería de arrastre de merluza de cola se extendió hacia la zona centro-sur, y en esta flota participan tanto buques de la pesquería demersal austral, como buques de la pesquería de arrastre centro-sur.
13. La pesquería de aguas profundas tuvo un efecto regulador en el esfuerzo de pesca que los barcos hieleros dedicaban a capturar merluza de cola y por esta razón la veda reproductiva de orange roughy, vigente a partir de el año 2006, contribuyó al incremento del esfuerzo en esta pesquería.
14. Las flotas de barcos arrastreros hieleros de la PDA y la PDCS, así como la flota de arrastreros fábrica congelador y surimero, han desarrollado separadamente patrones intra-anales de distribución espacial y temporal del esfuerzo, los que han sufrido cambios en el tiempo debido a factores tales como, restricciones administrativas, disponibilidad de los recursos objetivo, localización de los puertos base y las cuotas autorizadas a los diferentes tipos de barcos que capturan merluza de cola.
15. En los últimos años el esfuerzo en esta pesquería se encuentra fuertemente concentrado en la área de los cañones de la zona norte exterior y en el período reproductivo de las principales especies

objetivo.

16. Se han producido cambios tanto en los niveles de esfuerzo como en el poder de pesca de la flota, como resultado del retiro, ingreso y reemplazo de barcos. Especialmente en dos períodos, 1990-1995 y 2003-2007.
17. Los descartes de merluza de cola fueron significativos desde el inicio de la pesquería, pero parece no existir evidencia alguna para evaluarlos por un período prolongado de tiempo.
18. Debido a un incremento en la intencionalidad de pesca, los descartes de merluza de cola debieron reducirse luego del año 1995, en el caso de los barcos fábrica congeladores y luego del año 2001, en los barcos hieleros.
19. Una vez consolidada en el año 2001 la pesquería de arrastre sustentada en la producción de alimentos congelados, el descarte/sub-reporte continuó siendo importante, pero con un patrón temporal vinculado a la intencionalidad de pesca y fuertemente orientado a los individuos de tamaño inferior al requerido por los mercados.
20. Los stocks de merluza de cola y hoki son stocks abundantes, de longevidad intermedia, y de dinámica controlada por el reclutamiento, que está compuesto por pulsos anuales y es altamente variable.
21. Es provisoriamente aceptable la hipótesis que los stocks de merluza de cola a ambos lados de Sudamérica son stocks en gran medida autónomos.
22. Los juveniles de los stocks de merluza de cola y hoki habitan áreas diferentes de las áreas de alimentación de adultos.
23. Una importante incógnita en la dinámica del stock de merluza de cola en aguas chilenas es si existe una fracción del stock adulto que no desova cada año, tal como ocurre con el hoki en Nueva Zelanda.
24. No existe evidencia y no es posible aun evaluar los efectos de otras importante incógnitas del modelo conceptual de merluza de cola, en particular la existencia de áreas de desove al sur de los 46°S y la relación trófica con merluza del sur.
25. Un modelo de evaluación de stock basado en el algoritmo XSA de Shepherd (1999) es validado para una población edad-estructurada de merluza de cola y una pesquería de dos flotas, en presencia de aleatoriedad de proceso, de observación, y de implementación en las medidas de manejo.
26. Si la hipótesis de intermitencia es cierta y la CTP nacional se mantiene en 154.000 toneladas y es ocupada en totalidad, el stock está bajo un riesgo cierto de sobre-explotación por reducción de la biomasa desovante en el corto plazo.
27. Si la hipótesis de intermitencia es falsa pero la CTP se mantiene en 154.000 toneladas y es ocupada en totalidad, el stock aun tiene un riesgo no despreciable de excesiva reducción de la biomasa desovante en el corto plazo.
28. Si la CTP se reduce al nivel de la CTP de la zona austral (45.000 toneladas) los riesgos de excesiva reducción de la biomasa desovante en el corto plazo son bajos, incluso si la hipótesis de intermitencia fuera cierta.
28. La tasa de mortalidad natural supuesta en este estudio como parte del modelo conceptual del recurso, no es compartida con comodidad por los asistentes al Taller de Difusión de Resultados, especialmente aquellos más vinculados a la evaluación de stock, considerándola muy baja.
29. La hipótesis de intermitencia, y su consecuencia de menor productividad gamética del stock, es considerada como muy verosímil y merecedora de estudios directos por los asistentes al Taller de Difusión de Resultados.

30. La generalidad del modelo de evaluación empleado, XSA, puede ser vista como un handicap o como una ventaja, dependiendo por un lado del grado de adaptación que se desee para el modelo respecto de la realidad de la naturaleza, y por otro respecto de la robustez que el modelo debe tener para no fallar por excesivas presunciones.
31. Las dos mayores carencias en el conocimiento del stock de merluza de cola necesario para la evaluación del estatus del stock, son el desconocimiento si ocurre intermitencia, y la falta de índices de abundancia desligados de la pesca comercial e independientes de las variabilidades que afectan al proceso de migración reproductiva.

### Referencias

- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos, V. Ojeda, T. Peñailillo, R. Gili, C. Vera y H. Robotham. 1986. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Peces). 1985. Zona Sur Austral. I Estado de Situación del Recurso. CORFO-IFOP. 143 p.
- Aguayo, M., I. Paya, , R. Bustos, R. Gili, C. Vera, I. Céspedes y L. Cid. 1989. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Peces) zona Sur Austral. 1988. Estado de Situación del Recurso. CORFO-IFOP. 161 p.
- Aguayo, M., I. Paya, R. Bustos, V. Ojeda, I. Céspedes y C. Vera. 1990. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1989. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 209 p.
- Aguayo, M., I. Paya, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 83 p.
- Aguayo, M., I. Paya, R. Roa, I. Céspedes. 1992. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1991. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 89 p.
- Aguayo, M., I. Céspedes, I. Paya, E. Figueroa, V. Ojeda, y L. Muñoz. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1992. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 64 p.
- Aguayo, M., I. Céspedes, J.L. Areas. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1993. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 50 p.
- Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski and J. G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries and discards. FAO Fish. Tech. Pap. No. 339.
- Angelescu, V. & F. Gneri. 1960. Contribución al conocimiento bioecológico de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg). Actas y trabajos del Primer Congreso Sudamericano de Zoología (La Plata) 12-24/10/59 CIC. CNICT I(I). Ecología: 3-18.
- Anon. 1987. Análisis de la pesquería demersal sur-austral. Instituto de Fomento Pesquero. 64 p.
- Arancibia, H., Alarcón, R., Cubillos, L., Núñez, S., Toledo, I., Vilugrón, L., Veloso, C. & H. Peña. 1994. Evaluación indirecta del stock de merluza de cola en VIII Región. Informe Final Proyecto FIP N°93-09.
- Avilés, S y A. Zuleta. 1979. Reseña sobre alternativas de manejo en las pesquerías industriales de la zona austral. Primeras Jornadas en Pesquerías Chilenas, Tema: Las Pesquerías de la Zona Austral. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Cs. Del Mar y de los Alimentos. 161-168 p.
- Bahamonde, R. 1977. Distribución y abundancia relativa (preliminar) de los principales recursos demersales entre Corral y Golfo de Penas. Instituto de Fomento Pesquero. 46 p.

- Bahamonde, R. 1978. Distribución y abundancia relativa de los principales recursos demersales entre Corral (40° S) y el Cabo de Hornos (57° S). Instituto de Fomento Pesquero. 23 p.
- Barbieri, M.A., Lillo, S., Saavedra, A., Céspedes, R., Adasme, L., Ojeda, V., López, A., Cid, L., Rojas, P., Menares, B., & V. Catasti. 2003. Evaluación del reclutamiento de merluza de cola, año 2001. Informe Final Proyecto FIP N°2001-21.
- Bradford, J.M. 1983. Physical and chemical oceanographic observations off Westland, New Zealand, June 1979. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 20: 253-279.
- Bradford-Grieve, J.M., Murdoch, R.C., James, M.R. & J. Hall. 1996. Vertical distribution of zooplankton >39 mm in relation to the physical environment off the west coast of the South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 30: 285-300.
- Bruce, B.D., Condie, S.A. & C.A. Sutton. 2001. Larval distribution of blue grenadier (*Macruronus novaezelandiae* Hector) in south-eastern Australia: further evidence for a second spawning area. *Marine and Freshwater Research*, 52: 603-610.
- Bull, B. & M.E. Livingston. 2001. Links between climate variation and year class strength of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*): an update. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 35: 871-880.
- Caballero, L., A. Araníns, R. Céspedes, R. Tascheri, M. Nilo, J. Merino. 2003. Análisis integrado de la merluza de cola. 2003. Informe de avance. SUBPESCA - IFOP. 62 p.
- Canales, C., R. Céspedes, I. Payá y P. Gálvez. 2006. Estado de situación y niveles sustentables de explotación de la merluza de cola. Instituto de Fomento Pesquero -Subsecretaría de Pesca. 46 p.
- Canales, C., P. Gálvez y C. Montenegro. 2007. Investigación evaluación de stock y CTP merluza común, 2008. Instituto de Fomento Pesquero -Subsecretaría de Pesca. 76 p.
- Canales, C. 2007. Investigación evaluación de stock y CTP regionalizada merluza de cola, 2007. Instituto de Fomento Pesquero -Subsecretaría de Pesca. 43 p.
- Canales, C., P. Gálvez, V. Escobar, R. Tascheri, R. Céspedes y J. C. Quiroz. 2008. Investigación evaluación de stock y CTP regionalizada merluza de cola, 2008. Instituto de Fomento Pesquero -Subsecretaría de Pesca. 69 p.
- Capurro, C. 1979. Desarrollo Histórico de la Pesquería Industrial en la Zona Austral. Primeras Jornadas en Pesquerías Chilenas, Tema: Las Pesquerías de la Zona Austral. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Cs. Del Mar y de los Alimentos. 151 – 159 p.
- Céspedes, R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1998. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral. 1997. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 93 p.
- Céspedes, R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, Ojeda, G., H. Miranda y C. Vera. 2000. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral. 1999. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 90 p.
- Céspedes, R., L. Adasme, C. Vera y H. Miranda. 2001. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral. 2000. Informe Final. Parte I. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 60 p.

- Cespedes, R., L. Adasme, V. Ojeda, M. Nilo, F. Cerna, E. Palta, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Muñoz y L. Chong. 2002. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral. 2001. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 184 p.
- Cespedes, 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 zona sur austral. 2002. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. IFOP-SUBPESCA. 224 p.
- Cespedes, 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 del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. IFOP-SUBPESCA. 159 p.
- Cespedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Miranda, K. Hunt y M. Miranda. 2007. Investigación situación pesquería demersal zona sur austral, 2006. Informe Final. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. IFOP-SUBPESCA. 202 p.
- Chong, J.V., Aguayo, M., Payá, I. 2007. Estimación de edad, crecimiento y mortalidad natural de la merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907 (Macruronidae, Gadiformes) en el Océano Pacífico Suroriental. Revista de Biología Marina y Oceanografía 42:311-333.
- Coombs, R.F., & P.L. Cordue. 1995. Evolution of a stock assessment tool: acoustic surveys of spawning hoki (*Macruronus novaezelandiae*) off the West Coast of South Island, New-Zealand, 1985-91. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 29: 175-194.
- Correa, V. M. 1985. Análisis y evaluación económica de la actividad desarrollada por buques fábrica en Chile al sur del paralelo 43° S. Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Cs. Del Mar. 116 p.
- Cotter, A.J.R., G. Course, S.T. Buckland and C. Garrod. 2002. A PPS sample survey of English fishing vessels to estimate discarding and retention of North Sea cod, haddock, and whiting. Fisheries Research. 55: 25-35.
- Cubillos, L., A. Hernández, L. Vilugrón, L. Miranda, R. Alarcón, C. Pino, A. Sepúlveda, G. Vásquez. 1998. Estudio biológico pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro sur. FIP 96-19. Informe Final. Instituto de Investigación Pesquera. Depto. de Pesquerías. Fondo de Investigación Pesquera. 55p.
- D'Amato M.E., Carvalho, G.R. 2005. Population genetic structure and history of the long-tailed hake, *Macruronus magellanicus*, in the SW Atlantic as revealed by mtDNA RFLP analysis. ICES Journal of Marine Science 62: 247:255
- Doubleday, W. G. 1981. A method for estimating the abundance of survivors of an exploited fish population using commercial catch-at-age and research vessel abundance indices. Canadian Special Publication Fisheries and Aquatic Science, 58: 164-178.
- Escobar, V., P. Gálvez, J. Sateler, V. Ojeda, H. Hidalgo y Jessica. G. 2007. Investigación situación pesquería demersal centro sur y aguas profundas, 2006. Sección III: Análisis integrado de merluza de cola centro sur -sur austral. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca. 112 p.

- Ernst, B. Aedo, G., Roa, R., Cubillos, L., Rubilar, P., Zuleta, A., Castro, L., Landaeta, M. 2005. Evaluación del reclutamiento de merluza de cola entre la V y X Regiones: revisión metodológica. Informe Final FIP 2004-12.
- FAO. 1999. The state of world fisheries and aquaculture 1998. Rome. ISBN 92-5-104187-3. 114 p.
- Francis, R. 2004. Assessment of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in 2003. New Zealand Fisheries Assessment Report No. 2004/15. 95 p.
- Galeno, J. 1990. Dinámica del stock de merluza del sur (*Merluccius australis*) explotado por buques arrastreros factoria en la zona sur austral de Chile (43°S-57°S). Tesis para optar al título de Ingeniero Pesquero. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Cs. Del Mar. 82 p.
- Galleguillos, R., Montoya, R., Troncoso, L., Oliva, M. & 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.
- Giussi, A.R., García de la Rosa, S.B. & M.F. Sánchez. 2000. Distribución espacial y por tallas de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Macruronidae) entre 34° y 48°S, en el período 1997-1999, Res. IV Jorn. Nac. Cs. Mar, Puerto Madryn, 11-15 Septiembre 2000: 70.
- Giussi, A.R., Hansen, J.E. & O. Wöhler. 2002. Estimated total abundance and numbers-at-age of longtail hake (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic during the years 1987-2000. Scientia Marina, 66: 283-291.
- Giussi, A.R., Abachian, V. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2004. Inf. Téc. INIDEP N° 111. 18-10-04. 8 pp.
- Giussi, A.R., Sánchez, F., and N.R. Marí. 2003. Estimación de la abundancia, estructura de la población y otros parámetros de interés pesquero de merluza de cola entre 37° y 43° LS durante el otoño. Período 1996-2001. Informe Técnico Interno INIDEP, 68: 14 pp.
- Gunn, J.S., Bruce, B.D., Furlani, D.M., Thresher, R.E. & S.J.M. Blader. 1989. Timing and location of spawning of blue grenadier, *Macruronus novaezelandiae* (Teleostei: Merluccidae) in Australian coastal waters. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 40: 97-112.
- Hall, M. A. 1999. Estimating the ecological impacts of fisheries: What data are needed to estimate bycatches ?. Sampling an estimation of discards in multiple - species fisheries. In FAO. 1999. Proceedings of the International conference on integrated fisheries monitoring. Nolan. C . P. (Eds.) Sydney, Australia. 378 p.
- Hansen, J.E & O.C. Wöhler. 2003. La pesquería Argentina de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) entre 1995 y 2002, e índices de abundancia derivados de la flota comercial. Informe Técnico Interno INIDEP, 11: 14 pp.
- Hewitt, D.A., Hoening, J.M. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. Fishery Bulletin (U.S.) 103:433-437.
- Houde, E.D. 1987. Early life dynamics and recruitment variability. Amer. Fih. Soc. Symposium 2: 17-29.
- IFOP. 1968. Pre-Informe sobre las investigaciones exploratorias realizadas en la zona de Isla Guafo – Isla Diego de Almagro, durante enero y febrero de 1968, con el B/C Carlos Darwin. Circular N°20. Sección Distribución y Abundancia. Depto. Recursos Naturales 4 p.

- Kell, L. T., Mosqueira, I., Grosjean, P., Fromentin, J.-M., Garcia, D., Hillary, R., Jardim, E., Mardle, S., Pastoors, M. A., Poos, J. J., Scott, F., and Scott, R. D. 2007. FLR: an open-source framework for the evaluation and development of management strategies. – ICES Journal of Marine Science 64: 640–646.
- Laptikhovsky, V. 2007. Biology, Fishery and Stocks of Hoki, *Macruronus magellanicus* in Falkland Islands Conservation Zone. Fisheries Department, Falkland Islands Government. 29 pp.
- Lillo, S. & A. Paillamán. 1996. Evaluación acústica y distribución espacial del stock de merluza común. En: Informe Final Proyecto FIP 95–14. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro sur.
- 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. Final FIP 95-18. 70 p.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adarme y H. Hidalgo. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur 1999. Informe Final FIP 99-06. 55 p.
- 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 FIP 2001-19. 78 p.
- Lillo, S., Saavedra, A., Espejo, M., Barbieri, M.A., Rojas, M., Céspedes, R., Ojeda, V., Céspedes, I., Olivares, J., Hidalgo, H., Adasme, L., Balbontín, F., Bravo, R. & C. Vera. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2002. Informe Final Proyecto FIP N°2002-19.
- Lillo, S., Céspedes, R., Balbontín, F., Ojeda, V. & A. Saavedra. 2004. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2003. Informe Final Corregido Proyecto FIP N°2003-09.
- Livingston, M.E. 2000. Links between climate variation and the year class strength of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*) Hector. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 34: 55-69.
- Livingston, M.E. & K.A. Schofield. 1996. Stock discrimination of hoki (*Macruronus novaezelandiae*, Merlucciidae) in New Zealand waters using morphometrics. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 30: 197-208.
- Livingston, M.E.; Vignaux, M.; Schofield, K.A. 1997. Estimating the annual proportion of nonspawning adults in New Zealand hoki, *Macruronus novaezelandiae*. Fishery Bulletin 95: 99–113.
- Lloris, D., Matallanas, J. & P. Oliver. 2003. Merluzas del mundo (Familia Merlucciidae). Catálogo comentado e ilustrado de las merluzas conocidas. FAO Catálogo de Especies para los Fines de la Pesca. No. 2. Roma, FAO, 2003. 57p. 12 colour plates.
- Maunder, M.N., y Punt, A.E.. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approach. Fisheries Research 70:141-159.
- Melo, T. y J. Castillo. 1979. Análisis de la tecnología de explotación de la flota arrastrera operando al sur del paralelo 40°S. Primeras Jornadas en Pesquerías Chilenas, Tema: Las Pesquerías de la Zona Austral. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Cs. Del Mar y de los Alimentos. 161 – 210 p.
- Melo, T., J. Maraboli, P. Rojas, C. Hurtado, D. Queirolo, I. Montenegro, E. Gaete, A. Martínez y D. Cerda. 2002. Factibilidad técnica de desarrollar una pesquería de arrastre de media agua de merluza de cola entre la VII y VIII regiones. Primera etapa: Pesca experimental. Estudios y Documentos N°04/2002. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ciencias del Mar. 132 p.

- Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, P. Rojas. 2004. Evaluación de la interacción entre merluza de cola – merluza común con redes de arrastre de media agua en la pesquería centro-sur. *Estud. Doc.* 03/2004, Universidad Católica de Valparaíso. 104 p.
- Murdoch, R.C. 1990. Diet of hoki larvae (*Macruronus novaezelandiae*) off Westland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 24: 519-527.
- Murdoch, R.C. & B.E. Chapman. 1989. Occurrence of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) eggs and larvae in eastern Cook Strait. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 23: 61-67.
- Murdoch, R.C., Guo, R. & a. McCrone. 1990. Distribution of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) eggs and larvae in relation to hydrography in eastern Cook Strait, September 1987. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 24: 533-543.
- O'Driscoll, R.L. 2004. Estimating uncertainty associated with acoustic surveys of spawning hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in Cook Strait New Zealand. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 84-97.
- Pájaro, M., Macchi, G.J., Machinandarena, L. & N.A. Scarlato. 2002. Análisis temporal y espacial del proceso de maduración ovárica de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). *Informe Técnico Interno INIDEP*, 39: 14 pp.
- Pájaro, M., Macchi, G.J., Wöhler, O.C. & E. Leonarduzzi. 2004. Análisis de la condición de maduración ovárica y talla de primera maduración de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el período agosto-septiembre de 2003. *Informe Técnico Interno INIDEP*, 46: 14 pp.
- Pantoja, V., F. Orellana y E. Alarcón. 1973. Evaluación preliminar de los recursos potencialmente explotables situados entre la bahía de Corral e isla Guamblin. *Publicación N°53*. Instituto de Fomento Pesquero. 73 p.
- Patchell, G.J., Allen, M.S. & D.J. Dreadon. 1987. Egg and larval development of the New Zealand hoki *Macruronus novaezelandiae*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21: 301-313.
- Punt, A.E., Smith, D.C., Thomson, R.B., Haddon, M., He, X. & J. Lyle. 2001. Stock assessment of the blue grenadier *Macruronus novaezelandiae* resource off south-eastern Australia. *Marine and Freshwater Research*, 52: 701-17.
- Quick Frozen Foods International. 1990. Talking quality, price and service: or how to do the seafood hoki pokey.
- Roa, R., Ernst, B., Tapia, F. 1999. Estimation of size at sexual maturity: evaluation of analytical and resampling procedures. *Fishery Bulletin (US)* 97:570-580.
- Sandoval, F. 1979. Análisis del éxito de captura y estimación de biomasa de especies comerciales entre la latitud 41°00'S S y 45°00' S. Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesquerías. Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Cs. Del Mar y de los Alimentos. 52 p.
- Scarlato, N.A. & O.C. Wöhler. 2001. Resultados de la primera etapa de la Campaña B/P COALSA SEGUNDO 2001. Prospección pesquera y localización de áreas de reproducción de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) entre 37°15'S y 48°S, en aguas próximas al talud continental. *Informe Técnico Interno INIDEP*, 87: 27 pp.
- Schnute, J. T., Maunder, M. N., and Ianelli, J. N. 2007. Designing tools to evaluate fishery management strategies: can the scientific community deliver? – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1077–1084.
- Shepherd, J. G. 1999. Extended survivors analysis: An improved method for the analysis of catch-at-age data and abundance indices. – *ICES Journal of Marine Science*, 56: 584–591.

Stratoudakis, Y., R. Fryer and R. Cook. 1998. Discarding practices for commercial gadoids in the North Sea. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1632-1644.

Stratoudakis, Y., R. Fryer, R. Cook and G. J. Pierce. 1999. Fish discarded from Scottish demersal vessels: estimators of total discards and annual estimates for targeted gadoids. *ICES Journal of Marine Science.* 56: 592-605.

Ström, A., G. Vestnes, G. Saetersdal, L. Villegas y J. Parker. 1966. Informe sobre investigaciones exploratorias en la zona de Chiloe abril-junio 1966, realizadas con el B/I Carlos Darwin. 15 p. En: Instituto de Fomento Pesquero (Ed.). 1966. Pescas exploratorias realizadas por el Instituto de Fomento Pesquero de febrero a junio de 1966. Publicación N°19.

SUBPESCA. 2004a. Regulación de la pesca de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) con redes de arrastre de media agua. Informe Técnico R.Pesq. N°13. 19 p.

SUBPESCA. 2004b. Cuota global anual de captura de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), V-X y XI-XII Regiones, año 2005. Informe Técnico R.Pesq. N°95. 19 p.

Tascheri, R., J. Sateler, V. Ojeda, J. Olivares, R. Gili, R. Bravo, C. Vera, H. Miranda, L. Adasme y C. Bravo. 2001. Investigación situación pesquería demersal zona centro – sur, 2000. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. SUBPESCA - IFOP. 117 p.

Tascheri, R., J. Sateler, V. Ojeda, J. Olivares, R. Gili, R. Bravo, C. Vera, C. Montenegro, M. González, J. Merino y J. González. 2002. Investigación situación pesquería demersal zona centro – sur, 2001. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. SUBPESCA - IFOP. 316 p.

Tascheri, R., J. Sateler, J. Merino, O. Carrasco, J. González, E. Díaz, V. Ojeda, J. Olivares, R. Gili, R. Bravo, L. Cid. 2003. Investigación Situación Pesquería Demersal Zona Centro-Sur, 2002. Informe Final. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA – IFOP. 309 p.

Tascheri, R., J. Sateler, V. Ojeda, J. Olivares, R. Vega, R. Wiff, M. Montecinos, L. Cid, J. Merino, J. González, E. Palta, C. Toledo. 2004. Investigación Situación Pesquería Demersal Centro Sur, 2003. Informe Final. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales.. SUBPESCA – IFOP. 249 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. Pesquería Demersal Zona Centro Sur y Aguas Profundas, 2004. Informe Final. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA - IFOP. 345 p.

Thresher, R.E., Bruce, B.D., Furlani, D.M. & J.S. Gunn. 1988. Distribution, advection, and growth of larvae of the Southern temperate gadoid, *Macruronus novaezelandiae* (Teleostei: Merlucciidae), in Australian coastal waters. *Fishery Bulletin*, 87: 29-48.

Trujillo, H. 1972. Distribución y abundancia de recursos demersales capturados durante pescas exploratorias realizadas a lo largo de la costa chilena (con énfasis en las merluzas) 1964-1969. *Boletín Científico* N°17. Instituto de Fomento Pesquero. 94 p.

- Vignaux, M. 1996. Analysis of spatial structure in fish distribution using commercial catch and effort data from the New Zealand hoki fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 963-973.
- Wöhler, O.C. & A.R. Giussi. 2002. La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Mar Argentino. En: Informe Final Proyecto FIP N°2000-15 “Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas”.
- Wöhler, O.C. & A.R. Giussi. 2004. Evaluación de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental, período 1985-2003. Informe Técnico Interno INIDEP, 36: 38 pp.
- Yañez, E., L. Pizarro y M. Alberti. Dinámica del stock de merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) explotado en la zona central de Chile (30S – 40 S) entre 1960 y 1982. 67 – 74. En: Melo, T (Eds.). 1985. Estudios en Pesquerías Chilenas. Escuela de Cs. Del Mar. Universidad Católica de Valparaíso.
- Young, Z., J. Chong, H. Robotham, P. Galvez, H. Gonzalez. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral. FIP 96-37. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Fondo de Investigación Pesquera. 97 p.
- Young, Z., A. Zuleta, P. Gálvez, H. gonzález, C. Montenegro y V. Catasti. 2001. Análisis de la captura y esfuerzo de pesca industrial en la pesquería demersal sur austral. Informe Final FIP N° 99-16. IFOP-FIP. 125 p.
- Zeldis, J.R. 1993. Applicability of egg surveys for spawning-stock biomass estimation of snapper, orange roughy, and hoki in New Zealand. *Bulletin of Marine Science*, 53: 864-890.
- Zeldis, J.R., Murdoch, R.C., Cordue, P.L. & M.J. Page. 1998. Distribution of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) eggs, larvae, and adults off Westland, New Zealand, and the design of an egg production survey to estimate hoki biomass. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1682-1694.
- Zuleta, A. 1979. Análisis del desarrollo de la actividad pesquera generada a partir del D.L. 500. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo. Instituto de Fomento Pesquero. 58 p.

## Anexo Evaluación del Pre-Informe Final y Respuestas a la Evaluación

### I. ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

- a) Código proyecto: FIP 2006-14
- b) Título proyecto: “Formulación e implementación de un enfoque metodológico de evaluación de stock en merluza de cola”
- c) Tipo de informe: Informe Pre-Informe Final
- d) Unidad ejecutora: Universidad de Concepción (UDEC)
- e) Jefe de proyecto: Rubén Roa Ureta

### II. EVALUACION

#### 1) ASPECTOS FORMALES

En términos generales el informe cumple con la estructura requerida por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP), en el sentido que los resultados y conclusiones han sido expuestos por objetivos específicos.

Las bases de datos entregadas en esta versión del informe no resumen la totalidad de la información generada, desarrollada y recopilada en el proyecto. Además, las bases de datos enviadas no contienen rótulos de los campos contenidos en cada uno de los archivos de datos (archivo de índice).

**Observación menor:** Se solicita que las bases de datos se ajusten a los requerimientos del FIP y sean enviadas en un posterior informe de resultados. Por otro lado, se observan errores tipográficos y algunas citas que no han sido incluidas en el listado de referencias, los que deben ser corregidos.

#### 2) ASPECTOS DE CONTENIDO

##### a) Desarrollo del proyecto:

**Objetivo General:** *Metodología General*

A objeto de orientarse hacia los objetivos específicos y como se detallo en la propuesta técnica, el consultor realizo una detallada y minuciosa revisión biológica, ecológica, pesquera y oceanográfica referida a merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Posteriormente en base a esta revisión, planteo un modelo conceptual basado principalmente en hipótesis sobre dinámica reproductiva, dejando de lado algunos de los elementos mencionados en la propuesta técnica como aspectos fundamentales para la formulación de un modelo conceptual. Finalmente, el consultor implemento un modelo de evaluación de stock (XSA) y un modelo operativo para validar la flexibilidad y robustez del XSA a fuentes de incertidumbre. Sin embargo, se perciben deficiencias metodológicas de importancia e insuficiencia de análisis para respaldar las opiniones y/o conclusiones sobre la implementación de XSA.

**Objetivo específico N°1:** *Revisar y analizar los antecedentes e información biológica, ecológica, pesquera y oceanográfica disponible referida a las características de esta especie y su hábitat, desde la perspectiva de la dinámica de poblaciones*

Como se menciona, el consultor realizo una detallada y minuciosa revisión de antecedentes sobre la merluza de cola explotada en Chile, apoyado en literatura científica y técnica de diferentes fuentes. Sobre todo, expone una rica descripción de la pesquería en términos de su desarrollo e intervenciones por parte del manejo.

Esta revisión contemplo un escrutinio paralelo con antecedentes biológicos, poblacionales y oceanográficos de varias poblaciones de *macruronus* en aguas del atlántico sur, Australia y Nueva Zelandia, a objeto de sostener hipótesis sobre procesos biológicos y/o poblacionales que en Chile están pobremente respaldados con datos de monitoreo y/o evaluaciones directas.

**Observación menor:** Sin observación.

**Observación mayor:** Sin observación.

**Objetivo específico N°2:** *Formular un modelo conceptual de ciclo de vital y de la dinámica de merluza de cola en su actual distribución geográfica en Chile con los antecedentes disponibles*

Para dar cumplimiento a este objetivo, el consultor se preocupó por realizar un paralelismo entre el modelo de ciclo vital y dinámica descrito para el Hoki (*Macruronus novaezelandiae*) en Nueva Zelanda y los antecedentes disponibles para la merluza de cola en Chile. Los principales resultados de este paralelismo desembocaron en una hipótesis (llamada Hipótesis de Intermitencia) que tiene relación con la temporalidad del desove, que de acuerdo al consultor, una importante fracción del stock desovante puede dejar pasar una temporada de desove. Así mismo, el consultor reconoce que otros elementos básicos que caracterizan el modelo conceptual, como patrones espaciales de abundancia, variabilidad en el reclutamiento y división del stock en aguas australes, están bien incorporados en los esfuerzos actuales de análisis y modelación que se realizan en Chile.

Sin embargo, de los antecedentes que detallan este objetivo surgen dos observaciones:

1.- De acuerdo al consultor y su oferta técnica, el modelo conceptual se debería fundamentar en cinco elementos o procesos poblacionales: (i) migraciones anuales reproductivas y número de áreas de desove, (ii) sobre la no migración hacia áreas de desove y la posibilidad de no desove de una porción del stock adulto, (iii) la variabilidad en el reclutamiento y su incidencia en los patrones de distribución, (iv) relaciones tróficas en merluza de cola, principalmente con merluza del sur y (v) distribuciones verticales etaria. Sin embargo, el consultor únicamente detalla y discute los puntos (I) y (II) como elementos prioritarios a ser incluidos en un modelo cuantitativo. En este sentido, surge necesario que el consultor presente una discusión sobre los restantes elementos o procesos poblacionales que influyen en la formulación del modelo conceptual, o del por qué estos elementos no han sido considerados en el análisis, toda vez que es parte de la propuesta técnica del estudio.

2.- Existiendo algunos elementos o procesos poblacionales no discutidos en el contexto de la formulación de un modelo conceptual, no es defendible que únicamente la hipótesis de intermitencia sea el soporte para la formulación, implementación y validación de un enfoque cuantitativo que represente el modelo conceptual. Cabe recordar que en la evaluación del Informe de Avance, se comentó sobre la deficiencia del modelo conceptual por falta de información y la necesidad de opiniones expertas para plantear hipótesis alternativas, indicando que el incremento de hipótesis otorgan mayor grado de flexibilidad al modelo conceptual a objeto de incorporar escenarios alternativos que puedan ser reproducidos por el modelo cuantitativo.

**Observación menor:** El consultor debe ser explícito en explicar el por qué algunos elementos considerados cruciales (de acuerdo a la propuesta técnica) para formular el modelo conceptual, ha sido omitidos. Quizás no es oportuno incorporar otras hipótesis en el modelo cuantitativo, sin embargo, el consultor a lo menos debería dejar en sus conclusiones que existen otras hipótesis y sugerir líneas de investigación para abordarlas.

**Observación mayor:** Sin observación.

**Objetivo específico N°3:** *Formular, implementar y validar un modelo cuantitativo de evaluación del stock de merluza de cola aplicándolo a un caso de estudio basado en la información disponible.*

Para dar cumplimiento a este objetivo, el consultor en primera instancia realizó un análisis exploratorio de datos bio-pesqueros en base a los datos unificados de bitácoras de pesca provistas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en las pesquerías centro-sur y PDA. Esta labor, al margen del esfuerzo logístico y de programación, demanda un conocimiento de la pesquería y su historia. Posteriormente el ejecutor implementó varios esquemas de modelamiento (modelos lineales generalizados y mixtos) para lograr aislar un índice de abundancia relativa para merluza de cola en la zona de la PDA. Para esto, realizó un esfuerzo en incluir covariables no comúnmente

utilizadas en los procesos de estandarización (e.g. Captura o CPUE de merluza del sur) y despliegues gráficos para aislar factores espaciales que estén influenciando los cambios de CPUE. Un paso después, se formuló e implementó un modelo de evaluación de stock basado en un modelo de complejidad intermedia llamado eXtended Survivor Analysis (XSA) y los resultados de los objetivos 1 y 2. Continuando, el consultor validó el modelo de evaluación de stock y sus proyecciones utilizando un esquema de modelo operativo. Este modelo operativo, que puede estar basado en el modelo XSA como bien lo especifica el consultor en base a un excelente trabajo de Kell et al. (2007), simula diferentes trayectorias poblacionales “reales” condicionadas a diferentes fuentes de incertidumbre. La idea de validación está en el contexto de reproducir las trayectorias reales por ajustar el modelo XSA y comparar las estimaciones.

En base a este modelo operativo y los ajustes del XSA a los datos simulados, el consultor llega a concluir que el modelo XSA es un modelo de evaluación de stock válido para la merluza de cola en Chile, sin embargo existen varias insuficiencias en los análisis que objetan esta conclusión, como por ejemplo:

1.- No se realiza un análisis de diagnóstico detallado de los ajustes de los modelos, en términos de las contribuciones de las verosimilitudes, análisis de residuales y descomposición de la incertidumbre (e.g. proceso, observación, etc.). El análisis de diagnóstico debería ser una herramienta básica en todo modelo poblacional para comprobar la adecuación del modelo a un set específico de parámetros. Por ejemplo, el consultor no detalla antecedentes sobre los parámetros, sus errores estándar, verosimilitudes o suma de cuadrados.

2.- La adecuación de un modelo para describir la dinámica poblacional de una especie, pasa también por un análisis de casos o escenarios. Por ejemplo, modificaciones en la ecuación de sobrevivencia (por ejemplo modificaciones en las variables A, página 53 ecuación 3.1), exclusión o inclusión de otras fuentes de datos (e.g. índices de abundancia, composiciones de tamaños), etc., que posibiliten tener una percepción de la sensibilidad del modelo a cambios en los procesos interiorizados. Este tipo de análisis no fueron cubiertos por el consultor.

3.- La forma en que se describe el modelo operativo es únicamente en la modalidad de un simulador de datos, que posteriormente son representados por un modelo de evaluación como es el XSA. En ningún caso el consultor realizó un proceso de simulación para cuantificar que tan robusto es el modelo XSA a las diferentes fuentes de incertidumbre, y tampoco, como las estrategias de explotación evaluadas en el contexto del modelo operativo posibilitan corregir la incapacidad del modelo o sistema de manejo a fuentes de incertidumbre no explicada. No es adecuado que el consultor concluya que se implementó un modelo operativo para validar la robustez del modelo XSA a las diferentes fuentes de incertidumbre en la pesquería de merluza de cola.

4.- Bajo la sombra del simulador de datos, no es adecuado que el consultor base sus conclusiones de “validez del modelo” únicamente en el contraste cualitativo de las figuras que representan las series “reales” con las series estimadas por el XSA. Es necesario que se realicen pruebas a lo menos descriptivas de qué cantidad de escenarios están por sobre o bajo los valores “reales” y/o en qué cantidad se superponen los intervalos de confianza para cada simulación.

**Observación menor:** No existen desavenencias con la propuesta técnica, sin embargo, es necesario que el consultor evalúe la posibilidad de abordar los puntos 1, 2 y 4, a objeto de incrementar sus antecedentes para concluir sobre la validez del modelo XSA.

**Observación mayor:** Sin observación

b) **Plan de actividades:** De acuerdo a lo comprometido en la propuesta técnica, el Pre-Informe Final incluye gran parte de los resultados totales.

c) **Equipo de trabajo:** La autoría del informe sugiere la participación del grupo de trabajo indicado en la propuesta técnica.

### 3) CALIFICACION DEL INFORME

De acuerdo con la revisión del informe y sus resultados tenidos a la vista para fines de la presente evaluación técnica, se concluye que este informe es suficiente para dar cumplimiento a los contenidos en la propuesta técnica. Así mismo, se considera que las observaciones descritas en esta evaluación revisten **observaciones menores**. En consecuencia, **se recomienda aprobar** este informe.

## Respuestas a la Evaluación

### 1) ASPECTOS FORMALES

Las bases de datos han sido corregidas y completadas.

Las referencias omitidas en el Pre-Informe Final han sido incluidas en el listado de referencias del Informe Final. Hemos verificado que todas las referencias en el listado han sido citadas en el texto.

### 2) ASPECTOS DE CONTENIDO

#### a) **Desarrollo del proyecto:**

##### **Objetivo General:**

Los aspectos del modelo conceptual que fueron declarados importantes en la Propuesta Técnica y que no fueron considerados en el Pre-Informe Final, han sido discutidos e integrados en las conclusiones del trabajo relacionado con el Objetivo Específico 2. Ver p. 41-48 y 52.

La presentación de la implementación del XSA fue completada y mejorada, así como al presentación de los resultados de la validación. Ver p. 65-67, 72-83.

##### **Objetivo Específico 1:**

Sin observaciones y sin cambios.

##### **Objetivo Específico 2:**

En lugar de explicar porqué habíamos excluido algunos elementos del modelo conceptual planteados en la Propuesta Técnica, hemos incluido estos elementos en la generación del modelo conceptual, aunque debido a la falta de información, esta inclusión apunta a identificar vacíos en la investigación acerca del recurso. Por lo tanto el modelo conceptual generado es el mismo del Pre-Informe Final, pero en esta versión este modelo apunta directamente a las necesidades de investigación que persisten para mejor aclarar el modelo conceptual que debe iluminar los esfuerzos de análisis cuantitativo de la pesquería. Ver Conclusión n°24, p. 52, y texto nuevo entre p. 41-48.

##### **Objetivo Específico 3:**

Hemos considerado los puntos 1) (análisis de diagnóstico del XSA) y 4) (contraste más extenso entre proyecciones del stock real y sus observaciones a través del XSA) de las recomendaciones del evaluador, puesto que concordamos que esto mejora substancialmente la presentación de resultados. No hemos considerado el punto 2) porque implicaría realizar nuevos esfuerzos de programación y nuevas definiciones de escenarios, lo que no estaba incluido en la Propuesta Técnica, tal como señala el evaluador. En particular, no estaba ofrecido un estudio de alternativas a la dinámica poblacional del modelo propuesto, por ejemplo modificando la ec. 3.1.

Creo que el material adicional que se ha incluido a requerimiento del evaluador permiten asegurar que el enfoque metodológico formulado y aplicado aquí constituyen una herramienta válida y sólida para la evaluación de merluza de cola, y de otros recurso que tengan la misma o más completa base de datos. Los algoritmos presentados y utilizados acá son libremente disponibles y permiten hacer proyecciones de estrategias de manejo de manera eficiente y rápida, con un mínimo de codificación.