



SEGUNDO INFORME

Convenio II: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2014"

Proyecto 2.5: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en anchoveta centro-sur, año 2014.

Anchoveta V-X Regiones 2014

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA / Septiembre 2013



SEGUNDO INFORME

Convenio II: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2014"

Proyecto 2.5: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en anchoveta centro-sur, año 2014.

Anchoveta V-X Regiones 2014
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA / Septiembre 2013

REQUIRENTE

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretario de Economía y Empresas de Menor Tamaño
Tomás Flores Jaña

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
José Luis Blanco García
Jefe División Investigación Pesquera
Jorge Castillo Pizarro

JEFE DE PROYECTO

María José Zúñiga Basualto

AUTORES

María José Zúñiga Basualto
Cristián Canales Ramírez

COLABORADORES

Antonio Aranís Rodríguez
Jorge Castillo Pizarro
Francisco Cerna



RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio contiene la actualización de la evaluación del stock y recomendación de la CBA del año 2014 para la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona centro sur. Como anexos, el informe también incluye un análisis sobre la definición de los PBR en el contexto de la nueva Ley de Pesca, el estándar de la información para fines del manejo, los informes elaborados en los talleres de revisión de datos y modelos usados en la evaluación y la base de datos y códigos considerados en la evaluación de stock.

Se realiza un análisis estructurado a la edad con información agregada en año calendario, de manera que los cruceros de verano (enero) representan la situación de la población a mitad de año y los de otoño, a la biomasa poco antes del término del período anual (mayo). Este modelo fue actualizado con información de los cruceros MDPH (2002-2012) y acústicos realizados en el verano (Reclas 2000-2013) y otoño (Pelaces 2003-2013), a los desembarques a junio 2013, y a las proporciones de edad anual estimadas del muestreo de tallas de los desembarques a 2012 y de los cruceros hidroacústicos al 2013.

La bondad de ajuste del modelo base fue adecuada y caracterizada principalmente por intervalos de error de los datos que admitieron la mayoría de los valores predichos por el modelo. Las composiciones de edades de la captura resultaron más informativas que la generada en los cruceros, no obstante algunos patrones de menor impacto en los residuales por edad y año.

El reclutamiento de anchoveta ha presentado importantes fluctuaciones, con desvíos positivos desde fines de los noventa hasta mediados de la presente década. Sin embargo, el reclutamiento detectado desde el año 2006 ha sido extremadamente débil, siendo el año 2012 el más bajo de la serie histórica. La biomasa total (0+) estimada el año más reciente es del orden de las 242 mil toneladas, un 23% menor al promedio de los últimos 5 años (años 2009 – 2013) estimado en 316 mil toneladas. La biomasa desovante estimada para el año 2013 es un 35% menor al promedio del período 2009 – 2013 estimado en 99 mil toneladas. Las mortalidades por pesca han mostrado una tendencia al alza, con altos niveles de mortalidad (por sobre el valor de mortalidad natural) que lograron su máximo el 2009 y 2010. Posteriormente estos niveles disminuyen producto de la sostenida reducción de la biomasa.

El diagrama de fase para el índice de reducción “RPR_{equilibrio}” indica que la probabilidad que la biomasa desovante de anchoveta durante el año 2013 se sitúe en la zona de colapso $p(BD < BD_{mrs})$ es un 100%. Y en términos de mortalidad (F), la probabilidad de estar en sobrepesca ($p(F_{2013} > F_{mrs})$) es del 92%.

La actualización con información del crucero realizado el verano y otoño del 2013 confirma los resultados previos en cuanto a que la población se encuentra disminuida con bajas estimaciones de biomasa a inicios del 2013 tanto por el modelo (220 - 190 mil toneladas) como del crucero de verano



(70 mil toneladas) y otoño (80 mil toneladas). El nivel de reducci3n del potencial reproductivo se encuentra bajo el 20% lo cual gatilla una condici3n de colapso del recurso.

Las proyecciones realizadas bajo diferentes estrategias de explotaci3n señalan que al aplicar el criterio tipo “rampa” el stock se lograría recuperar en un período de 2 años. Por lo tanto, las estimaciones de $CBA_{inicial}$ 2014 basadas en éste criterio entregan niveles de captura consistentemente bajos, confirmando que frente a la expectativa de pobre reclutamientos, las capturas no deberían exceder las 15 mil t.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
INDICE GENERAL	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. Sobre la pesquería	4
3.2. Aspectos legales	7
3.3. Unidad de stock.....	10
3.4. Aspectos biológicos.....	11
3.5. Clasificación del estándar de la pesquería	14
3.6. De las evaluaciones de stock	16
4. DATOS E INFORMACIÓN	18
4.1 Desembarques.....	18
4.2. Índices de abundancia.....	21
4.3. Composiciones de edad/talla de las capturas	25
4.4. Composiciones de edad/talla de los cruceros	29
4.5. Pesos a la edad.....	35
5. MODELO DE EVALUACIÓN DE STOCK	37
Modelo anual con información de edades (MAE).....	37
6. RESULTADOS	45
6.1. Desempeño del modelo.....	45
6.2. Indicadores poblacionales	59
6.3. Estatus del recurso.....	65
6.3.1. Puntos Biológicos de Referencia (PBR).....	65
6.3.2. Razón del Potencial Reproductivo (RPR) y Fases explotación	67
6.4 Capturas Sustentables y Proyecciones del Stock	71
6.4.1. Capturas Sustentables.....	71
6.4.2. Proyecciones bajo distintas estrategias de explotación	72
6.4.3. Proyección de la RPR bajo diferentes estrategias de explotación	73
7. DISCUSIÓN	76
8. CONCLUSIONES	79
9. BIBLIOGRAFÍA	80
A N E X O S:	
Anexo 1: Revisión lista de verificación para la declaración del tipo de pesquería: pesquerías pelágicas	
Anexo 2: Reportes de las reuniones de trabajo bilaterales de recursos pelágicos 2012	
Anexo 3: Sobre la definición de PBR en el contexto de la LGPA.	
Anexo 4. Reporte de reuniones de coordinación bilaterales IFOP-SUBPESCA	
Anexo 5. Base de Datos	





1. INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera en Chile se ha situado como una de las áreas que ha liderado el crecimiento de la economía nacional. Dicho proceso se ha basado tanto en los niveles de producción y exportaciones de la pesca extractiva, así como también, en el rápido desarrollo de la acuicultura.

Por mandato legal, la función pública en la gestión de la actividad pesquera y de la acuicultura le corresponde a la Subsecretaría de Pesca y al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, instituciones responsables de fijar las políticas y establecer las medidas de regulación que tienen por objetivo conformar el marco legal y normativo para brindar las condiciones más adecuadas para el desarrollo sustentable de la actividad de la pesca y la acuicultura. Para cumplir adecuadamente ese rol resulta esencial contar con fundamentos científicos y técnicos sólidos en cuanto al conocimiento del estado de conservación de los recursos biológicos y su ambiente, así como también, del desempeño de la actividad extractiva.

Consecuentemente, la autoridad sectorial ha definido la misión institucional en términos de regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, sustentadas en informes técnicos fundamentados en la investigación científica y en variables de carácter social y económico, con enfoque participativo y territorial.

Los objetivos estratégicos asociados para dar cumplimiento a esta misión son los siguientes:

- Establecer las medidas de administración sectorial para propender a la sustentabilidad de los recursos pesqueros y de la acuicultura.
- Disponer de información sectorial oportuna y pertinente que permita el diseño de las políticas sectoriales y la administración de la actividad pesquera y de acuicultura.

Con el objeto de atender la misión y sus objetivos estratégicos, la Subsecretaría de Pesca identifica y encarga al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ejecutar los programas de seguimiento y monitoreo de las pesquerías, así como también, la evaluación de stock y análisis de capturas recomendables para los principales recursos pesqueros, todos financiados con fondos sectoriales de asignación directa.

En esta última cartera de proyectos se integra el conocimiento científico generado en diversos estudios, otros proyectos y programas de investigación realizados sobre estos recursos y sus pesquerías, así como también, toda la información científica y técnica disponible a la fecha de ejecución, tales como los programas de seguimiento de las pesquerías, los cruceros de evaluación directa y antecedentes pesqueros que permiten actualizar anualmente el estatus de conservación de los recursos pesqueros nacionales y recomendar las Capturas Biológicamente Aceptables para éstos. Contribuyen también a esas funciones, otros organismos de investigación científica y técnica que ejecutan estudios financiados por el Fondo de Investigación Pesquera, que también contribuyen en el PAC que conduce anualmente esta Subsecretaría.



Cabe señalar que en los últimos 21 años, IFOP ha realizado anualmente las evaluaciones de stock y estimaciones de capturas totales permisibles de los principales recursos pesqueros de Chile. Esto ha servido de base biológica para las medidas de conservación que la Subsecretaría de Pesca ha aplicado. Las metodologías para la evaluación de stock han progresado notablemente como así mismo las capacidades de IFOP, razón por lo cual el instituto se ha consolidado a nivel nacional y latinoamericano como la única institución con la capacidad científico/técnica para desarrollar una evaluación de stock moderna en variadas especies, lo cual le ha exigido avanzar en un programa de revisión por pares independientes.

La nueva Ley de Pesca y Acuicultura estableció que sea el actual Instituto de Fomento Pesquero el ejecutor de este proyecto, mediante la asignación directa de fondos sectoriales, lo que reconoce a dicho Instituto como el organismo que provee los insumos fundamentales para el cumplimiento de la función reguladora de la Administración Pesquera del Estado.

El establecimiento del estatus de conservación de los recursos contemplados en este proyecto se realizará empleando la mejor información científica y técnica disponible sobre estos recursos. Con ese propósito, el cálculo de los Puntos Biológicos de Referencia se realizará conforme al marco biológico de referencia definido por los Comité Científico Técnicos respectivos y esta Subsecretaría, empleando los indicadores más confiables de las variables de estado (biomasa, abundancia) y flujo (mortalidad por pesca o tasas de explotación) de cada uno de los stocks de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, con su correspondiente análisis de incertidumbre.

Sobre esa base, se sustentará el cálculo de la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2014 con sus respectivos análisis de riesgo, debidamente informados en tablas de decisión, además de proyecciones de mediano plazo, cuando corresponda.

En consideración a lo dispuesto en las recientes modificaciones al texto de la Ley de Pesca y Acuicultura, la ejecución de este proyecto deberá contemplar la correcta aplicación del Enfoque Precautorio en su orientación, abordando adecuadamente el tratamiento de la incertidumbre propia de estos sistemas pesqueros (FAO, 1997).



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales y analizar sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables en horizontes de corto y mediano plazo, considerando su incertidumbre asociada.

2.2. Objetivos específicos

- Implementar procedimientos de evaluación basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura al efecto (DAP, 2013).
- Calcular los Puntos Biológicos de Referencia para cada recurso con la mejor información científica disponible, conforme a lo establecido por la Ley General de Pesca y Acuicultura, informando su incertidumbre asociada.
- Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores de estado y flujo, estimando la incertidumbre de estimación involucrada, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, acorde con los estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptable para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, al año 2014, con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado, debidamente informado en tablas de decisión, considerando las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (DAP, 2013) o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda. Analizar estocásticamente las posibilidades de explotación de estos recursos en el mediano plazo y el riesgo de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de estimación de sus indicadores y los probables estados de la naturaleza. Conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (DAP, 2013), o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
- Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente proyecto.

3. ANTECEDENTES

3.1. Sobre la pesquería

La anchoveta (*Engraulis ringens*) se caracteriza por presentar una alta variabilidad en su abundancia en cortos períodos de tiempo influenciada fuertemente por las condiciones ambientales, lo que redundaría en una alta variabilidad en los desembarques. Su pesquería se distribuye entre la V (33°S) y X (42°S) regiones, siendo los principales puertos de desembarques Talcahuano, Coronel y San Vicente. La explotación se realiza por una flota cerquera artesanal (eslora menor a 18 m) y otra industrial, operando en profundidades que no sobrepasan los 50 m y en un margen costero en promedio próximo a las 30 millas náuticas desde la costa (**Figura 1**).

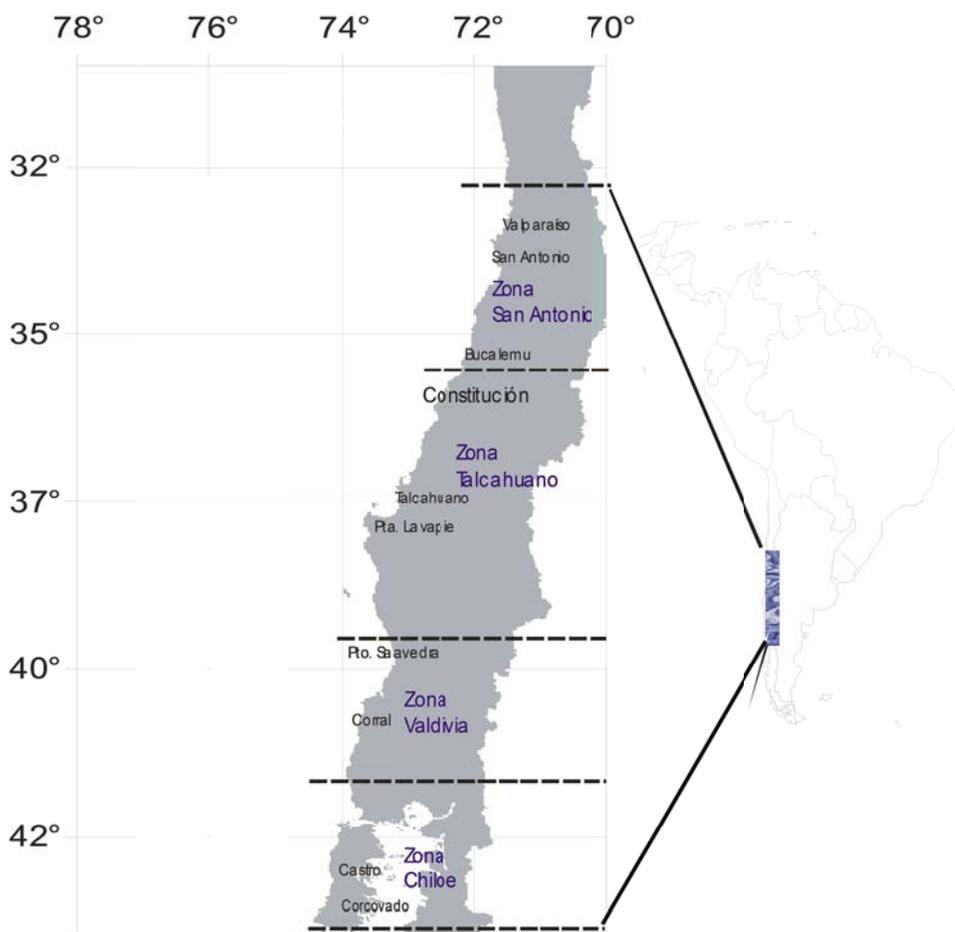


Figura 1. Distribuci3n espacial de la pesquería de anchoveta (Fuente: Aranis *et al* 2012) .



Entre sus principales aspectos biológicos destaca: i) presentar un ciclo de vida corto, alcanzando una longevidad máxima de cuatro años, ii) presentar un rápido crecimiento estacional, iii) alta fecundidad, iv) elevada tasa de mortalidad natural, (vi) ser netamente costeras, cuya distribución longitudinal no supera las 20 millas náuticas de la costa; (vii) ser neríticas, habitando profundidades menores a las 70 ó 50 m respectivamente; viii) formar cardúmenes altamente densos, y ix) ser especies marcadamente influenciadas por factores bióticos y abióticos en el reclutamiento como en la abundancia poblacional (Aguayo y Soto, 1978; Arrizaga y Veloso, 1982).

La pesquería de la anchoveta está muy asociada a la sardina común (*Strangomera bentincki*) con la cual presenta una importante interacción tecnológica y biológica. La historia de las capturas señala que su extracción a comienzos de los setenta fue de alrededor de las 200 mil toneladas, disminuyendo drásticamente hacia fines de esa década, manteniéndose en bajos niveles hasta fines de los años 80. Esta baja en las capturas ha sido asociada al cambio de régimen del ecosistema costero durante el período 1976-83, que trajo una baja productividad biológica, lo cual mantuvo al stock deprimido.

Durante la década de los noventa, la flota cerquera de la zona centro-sur incrementó significativamente sus capturas alcanzando en promedio las 400 mil toneladas por año, destacándose el año 1999 cuando alcanzo casi el millón de toneladas extraídas. Este incremento en las capturas sobre todo a fines de los noventa, respondió principalmente a la incorporación de la X Región a la actividad extractiva del recurso, y en segundo lugar debido a la reorientación del esfuerzo de pesca industrial como consecuencia de la restricción de la captura de jurel. A partir del año 2000 se implementó para la pesquería de anchoveta la regulación a través de cuotas globales de captura, la que conjuntamente con el uso obligatorio de los posicionadores satelitales para la flota industrial ocasionó una disminución de los desembarques.

En la última década los desembarques han tenido un promedio cercano a las 370 mil toneladas con una variación del 50%. Parte de esta variación se explica en el sostenido crecimiento de los desembarques desde el 2002 hasta el 2007, período en el cual las capturas totales se triplicaron en respuesta a un período de mejores niveles de abundancia de este recurso. A partir del año 2008 se observa una caída en las capturas llegando a las 74 mil toneladas el año 2012 (**Figura 2**). Los desembarques presentan una fuerte estacionalidad observándose los mayores niveles de captura en el primer semestre del año, preferentemente en abril (**Figura 3**). La fuerte disminución de las capturas en julio, estaría asociado a una menor disponibilidad del recurso, básicamente porque la flota industrial no puede acceder a la zona de reserva artesanal de las 5 mn, donde el recurso mayormente se concentra, y por efecto de las vedas.

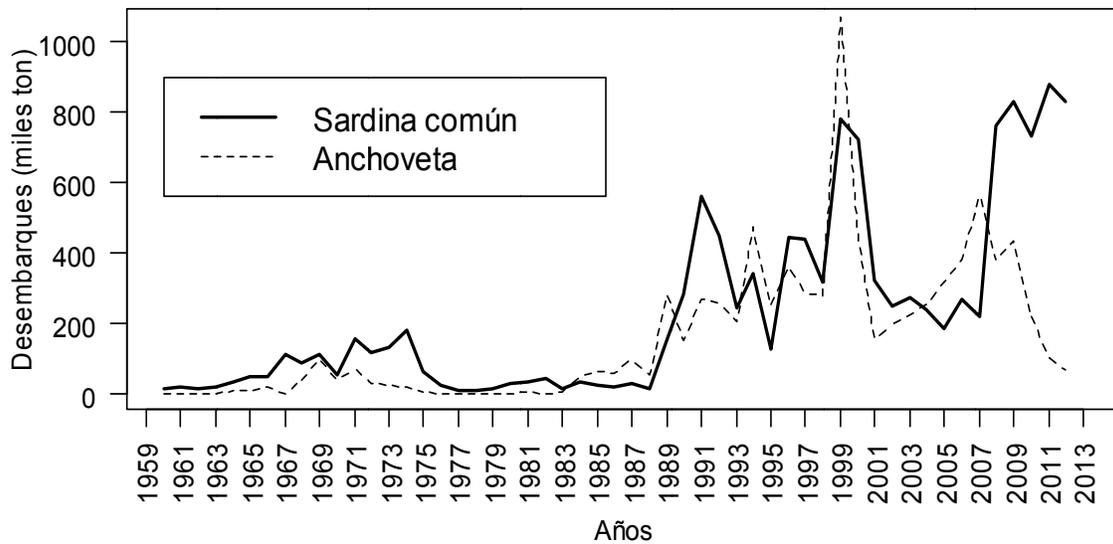


Figura 2. Desembarques anuales de sardina común y anchoqueta 1960-2012.

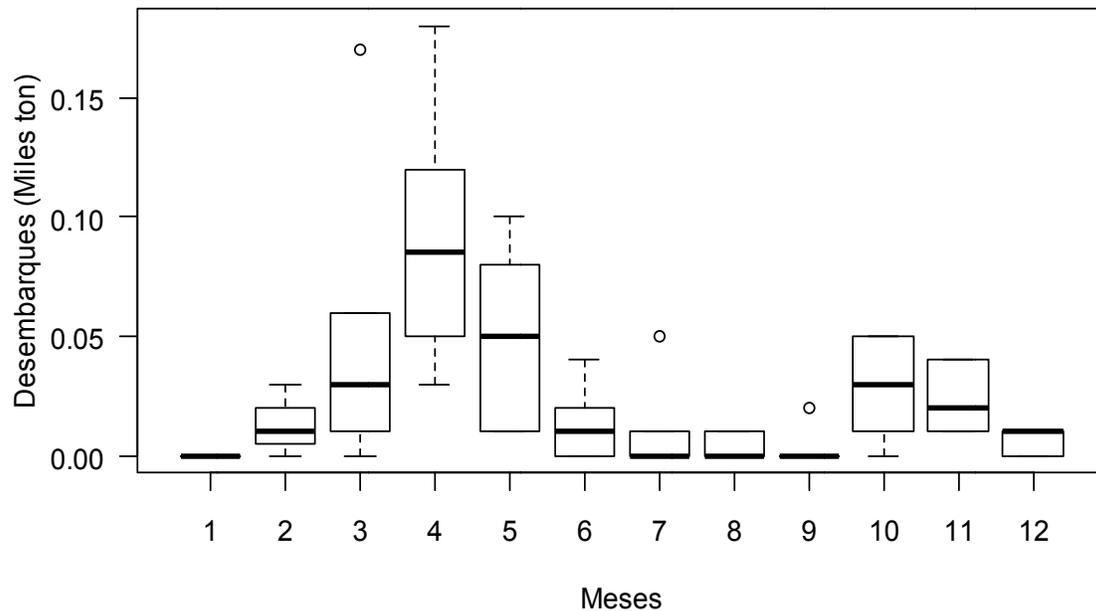


Figura 3. Capturas mensuales de las capturas de anchoqueta realizadas entre 2007-2012.



La flota industrial y artesanal Centro-Sur que ha orientado su esfuerzo a la captura de anchoveta, presentó un comportamiento operacional que manifestó una declinación sostenida de las operaciones observadas en los años 1998-2000. Posteriormente y coincidente con los cambios normativos del 2001 que afectaron principalmente a la flota industrial, la actividad se va diluyendo en el tiempo, las tres zonas que correspondían a las tradicionales áreas de operación de las unidades de pesquería focalizadas en los 32°-33°S; 35°-36°S y 38°-39,5°S hasta el 2007, posteriormente hasta el 2010, se mantiene muy precariamente la última zona, siendo evidente la involución de los desembarques desde una degradación latitudinal que se origina de norte a sur en esta macrozona (Figura 4). La distribución latitudinal de las capturas de anchoveta registrada a fines del 2011 y durante el 2012 se concentró en un 98% entre los 35° y 39°S, siendo marginal en los 33°-34°S (1,5%) y 41°-42°S (0,5%) (Aranís *et al* 2012 y 2013).

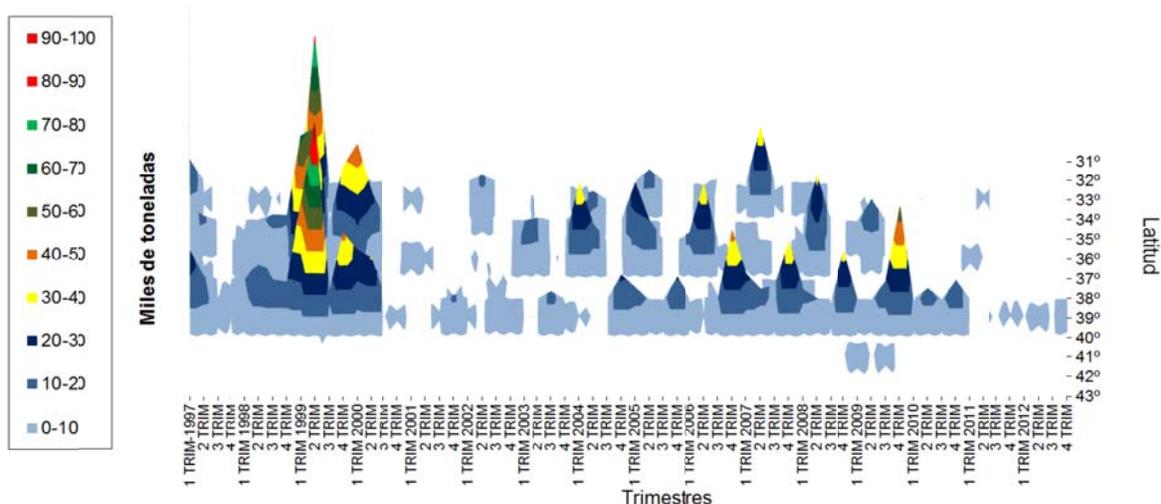


Figura 4. Distribución latitudinal de las capturas de anchoveta Centro-Sur. Trimestral 1997-2012 (Fuente: Aranís *et al.*, 2012)

3.2. Aspectos legales

Unidad de administración pesquera (fuente: SUBPESCA)

Área de pesca correspondiente al litoral comprendido entre el límite nortede la V Región hasta el límite sur de la X Región, y que se extiende longitudinalmente desde el límiteeste, fijado por el artículo 47 permanente de la LGPA o por resolución que se dicte conforme a estemismo artículo, hasta el límite oeste correspondiente a la línea imaginaria trazada a una distancia de200 millas marinas, medidas desde las líneas de bases normales.



Régimen de acceso (fuente: SUBPESCA)

En la actualidad, se mantiene suspendida la recepción de solicitudes y el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca para el sector industrial (D.Ex N°756/2012). A partir del 31 de julio 2011, y mediante RES (SUBPESCA) N° 2041/11 se suspenden transitoriamente por el lapso de un año las inscripciones en los registros artesanales categoría pescador artesanal, en las secciones de la pesquería de anchoveta y sardina común, en las regiones V a X. Suspendida transitoriamente la inscripción de la especie y su fauna acompañante en el RPA en todas sus categorías (R.Ex N° 2079/2012).

Vedas

Previo a la declaración de pesquerías en régimen de plena explotación, se habían establecido dos medidas de conservación biológicas, las cuales se mantiene vigentes en la actualidad. Ellas son: i) Veda por Reclutamiento: Para las Regiones V a IX entre el 10 de diciembre y el 5 de marzo del año siguiente (D. Ex N°323/2010. MINECON), XIV Región, entre el 1° de enero y 7 de febrero de cada año (D. Ex 1137/2011. MINECON), X Región, entre el 15 de marzo hasta el 15 de mayo de cada año (D. Ex 35/2013. MINECON) y ii) Veda Reproductiva. Para las Regiones V a XIV, entre el 8 de agosto y 21 de octubre de cada año (D.Ex 796/2012. MINECON). X Región entre el 15 de septiembre y 15 de noviembre de cada año (D. Ex 115/1998 y 1661/2009. MINECON).

Manejo

El procedimiento de manejo implementado durante los últimos años se basa en la “mejor evaluación del estatus” de anchoveta de la zona Centro-Sur. El estatus del recurso se estima utilizando un modelo de evaluación de stock que incorpora información más actualizada biológica y pesquera e índices de abundancia relativa (desembarques, cruceros de evaluación hidroacústica de verano y otoño y crucero de evaluación del stock desovante). El estatus consiste en las variables de estado representadas por abundancias, biomاسas y niveles de mortalidad por pesca relacionadas a la explotación pesquera.

Una vez definido el estatus, se efectúa un análisis de estrategias de explotación considerando las consecuencias de cambios poblacionales ante los diferentes escenarios de mortalidad por pesca constante y un horizonte de 2 años plazo. En las proyecciones los escenarios de reclutamiento se generan a partir del promedio de los valores más altos de la serie y el promedio histórico el cual considera la incertidumbre de la evaluación de stock. Cada una de las estrategias de explotación se analiza sobre niveles de riesgo (probabilidad) de no sobrepasar el criterio de conservación de la biomasa desovante. El objetivo de manejo establece un nivel de biomasa reproductiva o desovante equivalente al 60% del stock desovante en estado virginal (sin explotación) considerando, además, el establecimiento de un nivel de riesgo de no alcanzar el objetivo de conservación de un 10%. Dando pie, de esta forma a la conformación de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA).

Considerando la alta variabilidad de la abundancia y la importancia del reclutamiento en peces pelágicos pequeños, la Subsecretaría de Pesca establece un sistema dinámico de fijación de las



cuotas. El establecimiento de la Cuota Global de Captura comienza con la discusión del estatus después de la veda reproductiva, estimando una CBA inicial para establecer la Cuota Global de Captura para el año siguiente por parte de la Subsecretaría de pesca y el Consejo Nacional de Pesca, utilizando un PBR de F66% definido para resguardar la incertidumbre en el éxito de la clase anual que reclutaría a la pesquería. Una vez fijada la cuota, el crucero de evaluación hidroacústica de enero permite estimar la abundancia y biomasa de reclutas (crucero de verano Reclas). En febrero se revisa el estatus actualizando el modelo de evaluación de stock, para re-calcular la CBA utilizando un PBR de F60%. En marzo se inicia el periodo de extracción y en mayo se realiza el segundo crucero de evaluación acústica (crucero de otoño Pelaces), el cual permite monitorear la evolución de las biomásas y cuantificar el ingreso de nuevos contingentes. Con esta nueva observación, se actualiza el estatus en mayo para revisar y re-calcular una vez más la CBA utilizando un PBR de F50%.

En la actualidad, la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) establece que las pesquerías deberán alcanzar o mantenerse en torno del rendimiento máximo sostenido RMS considerando las características biológicas de los recursos explotados, para lo cual exige, se estimen los niveles límite que definen el agotamiento o colapso. En consecuencia, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Estado de Chile ha solicitado de manera expresa al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), estimar los puntos biológicos de referencia límite y aquellos basados en el RMS en el Marco de diagnóstico y Puntos biológicos de Referencia (PBR) que serán empleados en el año 2013 para el establecimiento del diagnóstico de los recursos pesqueros de Chile (Canales *et al.*, 2013). Con el objeto de discutir sobre los alcances de la Nueva ley General de Pesca y Acuicultura respecto de la definición del Marco de Referencia para el diagnóstico de los recursos pesqueros 2013, se reunieron los equipos técnicos del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) de IFOP y de la División de Administración Pesquera de la Subsecretaría de Pesca, cuyos puntos más destacables se presentan en **Anexo 4**.

Cuotas

La historia de la regulación pesquera del stock de anchoveta centro sur, señala que esta fue considerada hasta 1999 como fauna acompañante de la Pesquería del Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y por tanto bajo el régimen de acceso del jurel. El año 2000 es reconocida como Unidad de Pesquería y declarada bajo régimen de plena explotación, por lo cual es sometida a la medida de administración denominada Límite Máximo de Captura por Armador correspondiendo fijar Cuotas Globales Anuales de Captura (Ley N° 19.713, art. N° 3). La evolución histórica de las cuotas globales de captura “iniciales” de anchoveta asignadas a la unidad de pesquería V-X Regiones, entre el año 2001 y 2013 se muestran en la

Figura 5. En general, los desembarques artesanales e industriales siguen los niveles de cuota establecidos, excepto para los años 2006 y 2007 donde el desembarque artesanal supera casi 2 veces los niveles de cuota establecidos. El año 2011 y 2012 se establecieron las cuotas iniciales de anchoveta más bajas de la serie histórica. El año 2012 se recomienda establecer una cuota global total de captura de anchoveta de 120.000 toneladas.



Dicho monto considera un incremento respecto de la cuota global de captura del a1o 2011, cuyo objeto es dar viabilidad a la pesquería en su conjunto, destinando para ello, una fracci3n de la cuota correspondiente al sector artesanal de la VIII regi3n, para que sea capturada en calidad de fauna acompa1ante en la pesca dirigida a la sardina com1n, a objeto sea imputada luego que la cuota de anchoveta asignada en calidad de especie objetivo haya sido consumida en su totalidad por efectos de la pesca.

Para estos efectos, se considerar1 como fauna acompa1ante, no sobrepasar el 49% de la captura de anchoveta medido en peso respecto de la suma de las capturas de anchoveta y sardina com1n por cada viaje de pesca (RPESQ 2013).

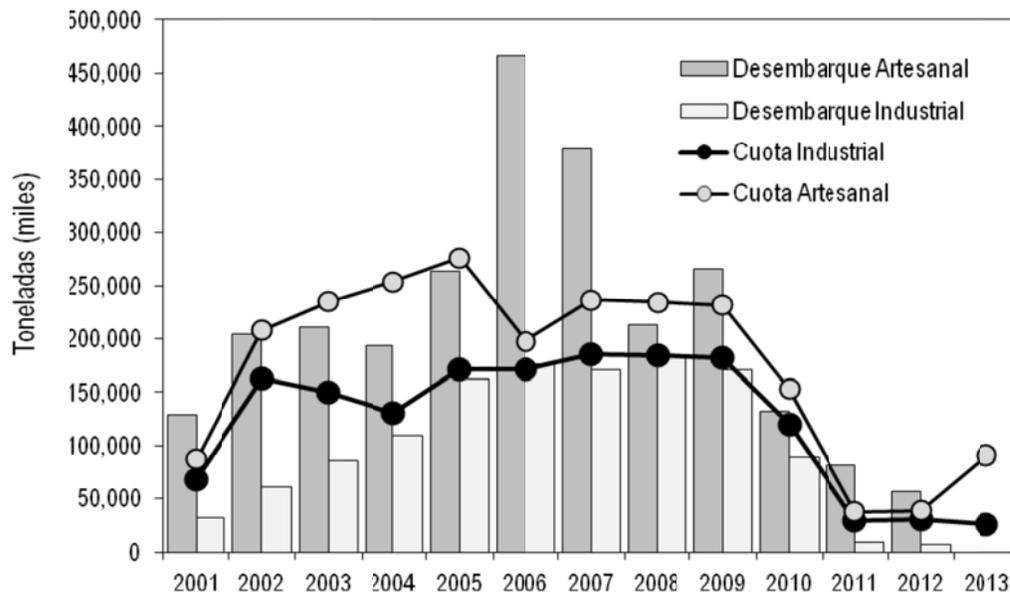


Figura 5. Relaci3n de desembarques y cuotas anuales de anchoveta por tipo de flota.

3.3. Unidad de stock

De acuerdo a un estudio realizado por Galleguillos *et al* (1994), donde analizaron unidades de stock en los recursos sardina com1n y anchoveta entre la V – IX regiones basados en la definici3n del stock como “grupo de peces que se mantienen temporalmente o espacialmente aislados unos de otros y que son genéticamente distintos, debido a su aislamiento reproductivo”. Establecieron que los resultados obtenidos no soportan la definici3n de stock adoptada. Sin embargo, los resultados no son del todo concluyentes debido a limitaciones metodol3gicas y contradicciones entre herramientas de an1lisis empleadas (genética, parasitología y morfometría). Adem1s, a1n persisten dudas sobre si la zona/pesquería mar interior/exterior frente a Chiloé constituye una unidad de stock



independiente. En este estudio se trabaja la hipótesis de una Unidad de stock entre la V y X Regiones en la cual concurren flotas artesanales e industriales.

3.4. Aspectos biológicos

Las series de índices tales como el IGS, el peso gónada y la madurez sexual de hembras de anchoveta, de la zona de San Antonio-Valdivia, presentaron a través del tiempo valores y tendencia similares en las series anuales 2001 a 2012. Ellas manifiestan un ciclo reproductivo estacional; el cual a inicios de año puede presentar leves incrementos en febrero, lo cual se ha confundido por observaciones macroscópicas con un desove secundario. Posteriormente, luego del reposo reproductivo de otoño-invierno, entre agosto y diciembre se desarrolla el desove principal, el cual en este recurso es iteróparo (parcial), con expulsión de tandas de huevos, concluyendo el ciclo en los primeros meses del año siguiente. El año 2012, presentó una tendencia similar al patrón histórico, pero con un leve anticipo del proceso y valores superiores al promedio histórico (2002-2010) que son más concordantes con el 2011, explicando una mayor intensidad reproductiva en los últimos dos años y que puede asociarse a una respuesta frente al stress de la población, aspecto destacado mayoritariamente en la zona de Valdivia a partir de octubre y que se ha mantenido hasta inicios de 2013 (Figura 6).

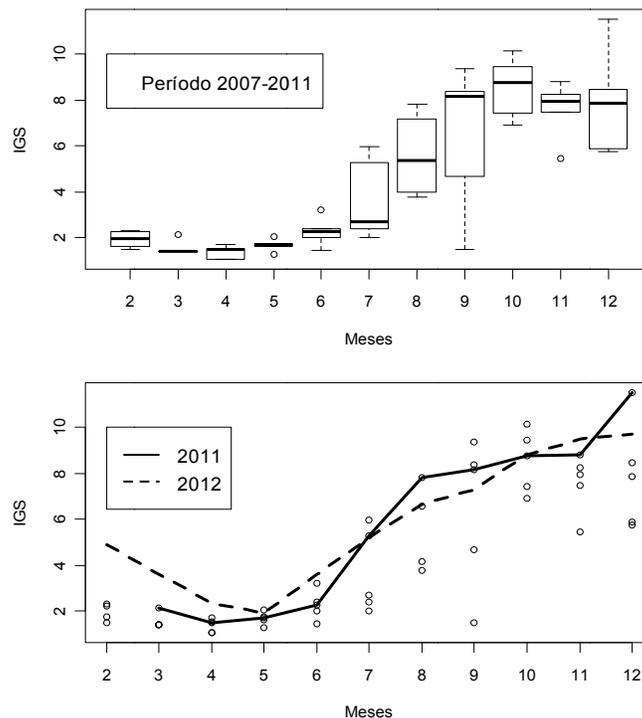


Figura 6. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de las hembras de anchoveta de la zona de San Antonio-Valdivia. El panel superior corresponde al promedio 2007-2011 y en el panel inferior el IGS de los años 2011 y 2012 (puntos IGS período 2007-2011).



Reclutamiento

Las áreas de reclutamiento se ubican principalmente frente a la VIII región, concentrándose fundamentalmente al Norte de la Isla Mocha. Las condiciones ambientales que afectan a este proceso se vinculan con ciertas masas de agua, anomalías de las variables (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, gradientes, etc.); intensidad de los vientos y el nivel de los procesos vinculados (índice de surgencia, índices de turbulencia, transporte de Ekman, etc.) (Castillo *et al.*, 2013).

De acuerdo con lo informado por Aranís *et al.*, 2013, el reclutamiento de anchoveta a través de los años ha sido variable, con contribuciones de importancia en el año 1994, 2002 y 2009, presentando declinaciones e incrementos, entre estos períodos, inversamente correlacionada con la moda principal (Figura 7).

La contribución de reclutas o juveniles en la pesquería de la zona Centro-Sur se manifiesta principalmente durante el primer trimestre, con énfasis en enero-febrero, destacando en la zona centro-sur, un bajo nivel de juveniles 16%-14% el 2010-2012, acentuado el último año y concomitante con la caída de la abundancia (Figura 8).

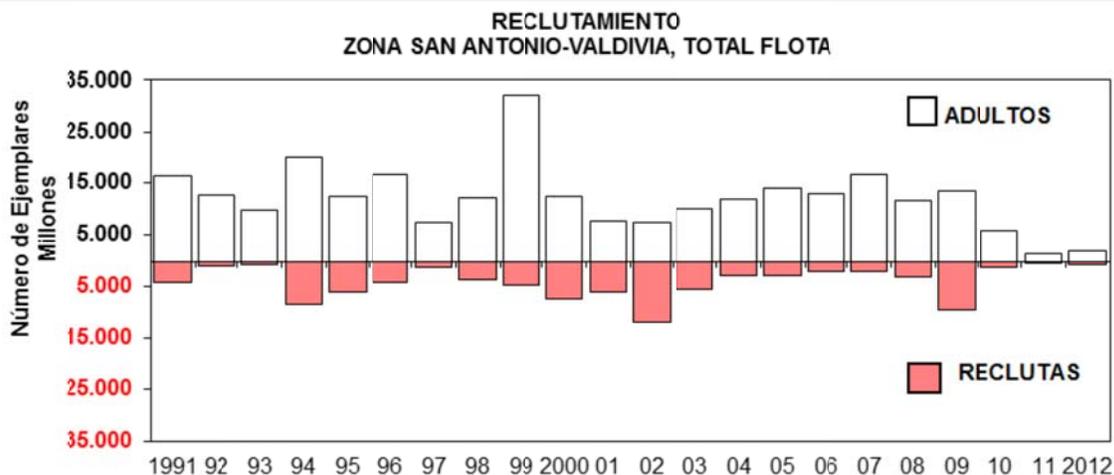


Figura 7. Reclutamiento estimado de anchoveta. Año calendario 1991 a 2012 en la zona San Antonio-Valdivia (Aranís *et al.*, 2013)

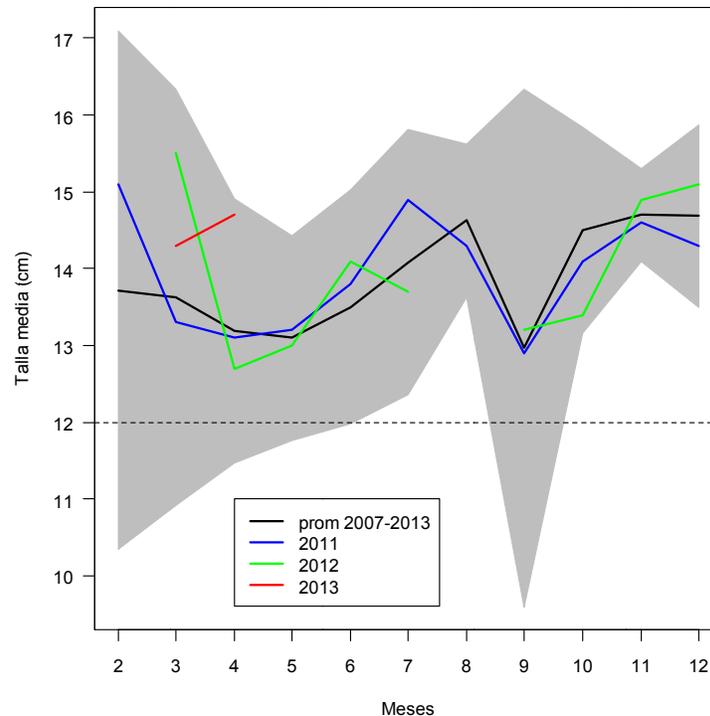


Figura 8. Talla promedio de anchoveta en la zona San Antonio-Valdivia periodo 2007-2012. La zona sombreada corresponde a la desviaci3n estandar. La l3nea segmentada representa la talla de madurez.

Parámetros biol3gicos

Los parámetros empleados hasta inicios del 2012 corresponden a los informados por Cubillos *et al* (2002) los que se basan esencialmente en el seguimiento de componentes modales (**Tabla 1**). Recientemente y en el marco de este mismo trabajo, se disponen de nuevas estimaciones de crecimiento realizadas por Cerna (2012) (**Tabla 1**). Dichas estimaciones indican una talla asint3tica ($L_{\infty}=18,05$ cm.) levemente inferior a la empleada como valor conocido, y un coeficiente de crecimiento ($k=0,73$ a ano^{-1}). Ver m3s detalle del estudio de Cerna (2012) en **Anexo 2**. Respecto del peso medio a la edad y la madurez sexual, en este an3lisis se considera que el peso a la edad es variable entre a aos , mientras que la madurez sexual es invariante entre a aos .



Tabla 1.
Estimaciones previas de los parámetros de crecimientos de anchoveta centro sur (Fuente: Cerna (2012)).

Estudio	Parámetros de crecimiento			Tipo ajuste
	Loo	K	to	
Aguayo (1976)	19,1	0,72	-0,68	vB convencional
Gili en Barría <i>et al</i> (1999)	19,6	0,46	-1,43	vB convencional
Cubillos <i>et al</i> (2001)	20,1	0,51	-0,04	vB estacional
Cerna (2011)	18,0	0,73	-0,92	vB convencional

En relación con la tasa de mortalidad natural (M), Cubillos *et al.* (1998b) utilizan los métodos de empíricos de Pauly (1980), Rickther y Efanov (1976), Alverson y Carney (1975), Taylor-Gulland, y Hoening (1983). Asimismo, los autores utilizan el método Monte Carlo para calcular varianza y límites de confianza para los estimados de M, considerando incertidumbre en los parámetros de entrada como en la predicción. De esta forma, estiman un valor de compromiso para la tasa de mortalidad natural de cada recurso, con criterios de precisión, a través de un promedio ponderando por el inverso de la varianza, lo que condujo a estimaciones de $M = 0,7 \text{ año}^{-1}$ [0,48; 0,99] para la anchoveta (Tabla 2).

Tabla 2.
Estimaciones de mortalidad natural para la anchoveta centro sur (Fuente: Cubillos *et al.* 1998b).

Método	M	$\sigma(M)$	CV(%)	M _{50%}	95% de confianza		90% de confianza	
					L _{inf}	L _{sup}	L _{inf}	L _{sup}
Pauly (1980)	0,68	0,21	30,0	0,66	0,37	1,17	0,40	1,07
Rickther y Efanov (1976)	0,93	0,19	19,9	0,91	0,61	1,34	0,66	1,26
Alverson y Carney (1975)	0,80	0,20	24,7	0,79	0,46	1,24	0,50	1,15
Taylor (1960)	0,56	0,11	20,3	0,53	0,41	0,83	0,42	0,79
Hoening (1983)	0,73	0,18	24,7	0,72	0,44	1,17	0,48	1,05

3.5. Clasificación del estándar de la pesquería

El listado de tópicos generales y específicos fue tomado y modificado desde el **Anexo 1** “Checklist for Stock Assessment” (NRC, 1998), donde se incluyen 7 tópicos con un total de 87 preguntas. El listado de los tópicos y las especies se encuentra en **Anexo 1**, la cual ha sido denominada “matriz de conocimiento”. Para cada stock, la matriz de conocimiento fue llenada de acuerdo a 4 categorías cualitativas que daban cuenta del grado de conocimiento que presentaba un tópico específico. Estas categorías son: 0- sin conocimiento, 1- existe conocimiento pero es pobre, 2-existe un conocimiento regular y 3- existe conocimiento satisfactorio. Las preguntas que no aplican a ciertas especies fueron llenadas con “NA”. Para llenar la matriz de conocimiento, se entrevistó por separado a cada investigador a cargo la evaluación de cada uno de estos stocks.



Con respecto a la colección de datos referentes a las brechas de investigación, se realizó una consulta vía e-mail a cada investigador a cargo de la evaluación de cada uno de estos stocks. Se pregunta específicamente cuáles serían las brechas de investigación identificadas en cada una de las pesquerías. Esto tomando en cuenta la experiencia de cada investigador, como también los resultados de las reuniones de datos, evaluación de stocks y diagnóstico realizados para cada pesquería. Además se pide asignar un número de importancia de la investigación entre 1 y 3, siendo el 3 prioritario y el 1 menos importante como brecha de investigación. El análisis es realizado de manera grupal para los recursos pelágicos de manera de establecer cuadros comparativos para este grupo de recursos.

A grandes rasgos, en el grupo de recursos pelágicos se identifican a partir de la matriz de conocimiento, que la formulación estadística, la bondad de ajuste y señal de los cruceros hidroacústicos se encuentran como elementos satisfactorios, mientras se considera que la señal que entrega la CPUE estandarizada es pobre y la información ambiental es nula para todas las especies. En cuanto al análisis de cuadrantes principales según cobertura y desarrollo de tópicos, se identifican solo al jurel en la calidad de “información completa”, mientras que el grueso de los recursos se clasifican en “información moderada” donde se encuentran los recursos pelágicos de la centro-sur (sardina y anchoveta) y anchovetas XV-II y III-IV Regiones. La clasificación de “información pobre” recae en el recurso sardina austral (**Figura 9**).

Respecto de las necesidades de investigación en especies pelágicas, en términos generales se identifica como prioritario realizar investigaciones en el campo de la edad-crecimiento, así como mejorar el análisis del esfuerzo de pesca y la CPUE. (**Ver Anexo 1**).

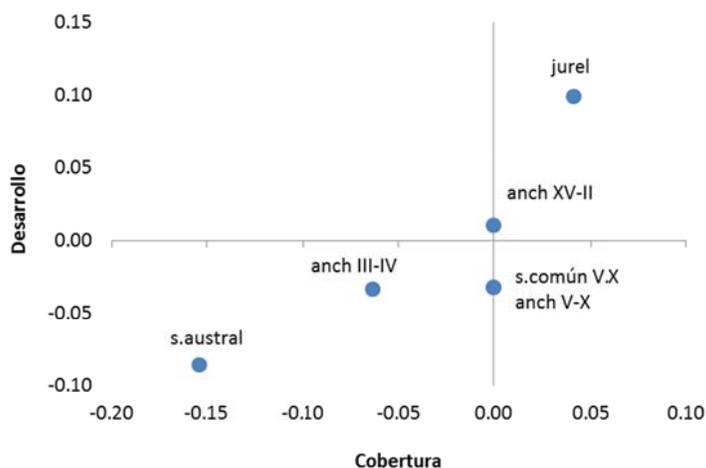


Figura 9. Cobertura versus desarrollo de los tópicos para las especies analizadas. Las unidades en ambos ejes indican la proporción de cobertura y desarrollo de los tópicos relativos al percentil del 75%, indicado en la línea de ambos ejes.



3.6. De las evaluaciones de stock

La evaluación y manejo de la pesquería de anchoveta en la zona centro-sur se ha basado en la oportuna actualización del modelo de evaluación una vez terminados los cruceros de verano y otoño, respectivamente. El modelo empleado hasta mayo del 2011 correspondió a un enfoque en edades agrupado en año calendario, cuyos resultados han servido de base tanto para precisar el diagnóstico de los recursos como para recomendar niveles de explotación. Este modelo supuso que los cruceros de otoño reflejan la biomasa explotable según el patrón de explotación de la flota y la abundancia relativa llevada a mayo de cada año.

Sin embargo, la falta de robustez del modelo frente a nueva información, su baja capacidad de respuesta debido a la naturaleza de los datos (capturas en edades) y su baja dependencia con las composiciones de edades de las capturas, han motivado la exploración de enfoques alternativos como los basados en información en tallas en escala temporal inferior al año. Canales *et al* (2010) exploraron modelos anuales y semestrales con observaciones en tallas y dinámica en edades. La última evaluación realizada para el año 2011 se empleó un modelo en edades escala semestral con observaciones en tallas (MST), esto con el objeto de reproducir de mejor forma la dinámica poblacional de este recurso (Canales *et al*, 2011). No obstante, las medidas “tradicionales” de la población tomadas en escala anual parecen ser incompatibles con el nuevo esquema de modelación el cual exige el uso de parámetros de crecimiento y mortalidad en escala semestral, modificando por ende la percepción de la productividad.

Por lo tanto, considerando que el MST no se encuentra validado aún, la actualización de la evaluación de stock y cálculo de captura permisible para el año 2012 se continúa realizando con el modelo anual con información en edades (MAE) como modelo base y como modelo alternativo el MST. En este nuevo esquema se han considerado nuevas piezas de información como son la serie de cruceros MDPH y las composiciones de edades de los cruceros acústicos de otoño (Pelaces), así como supuestos que en términos comparativos se señalan a continuación.

Parámetro o proceso	Esquema vigente	Esquema propuesto
Corrección de los registros desembarques	No se considera	Se incorpora corrección periodo 1998-2001.
Serie de biomasa MDPH	No se considera	Se considera proporcional a la biomasa desovante
Edad al 50% de selectividad de la flota y cruceros	Restringido a valores reales positivos	Sin restricción en el dominio de los número reales
Composiciones de edad cruceros de otoño (Pelaces)	No se considera	Se considera proporcional a la biomasa disponible al crucero (nueva selectividad)
Penalización de los reclutamientos más recientes	Se consideran en torno a los últimos años de la serie	Se excluye dicha penalización, de manera que se aproximarían al valor promedio



La actualizaci3n de la evaluaci3n de stock confirma la negativa tendencia poblacional de la anchoveta iniciada el 2005-2006, tendencia que en distinta escala ha sido ratificada en las 3ltimas evaluaciones de stock. Las estimaciones actualizadas ratifican el agotamiento del recurso, donde la mayor incertidumbre se refleja hacia aquellos a1os previos al 2000 en los cuales no se dispona de ndices de abundancia y tampoco haba sido incorporada la correcci3n de los desembarques (a1os 1998-2001) (Figura 10).

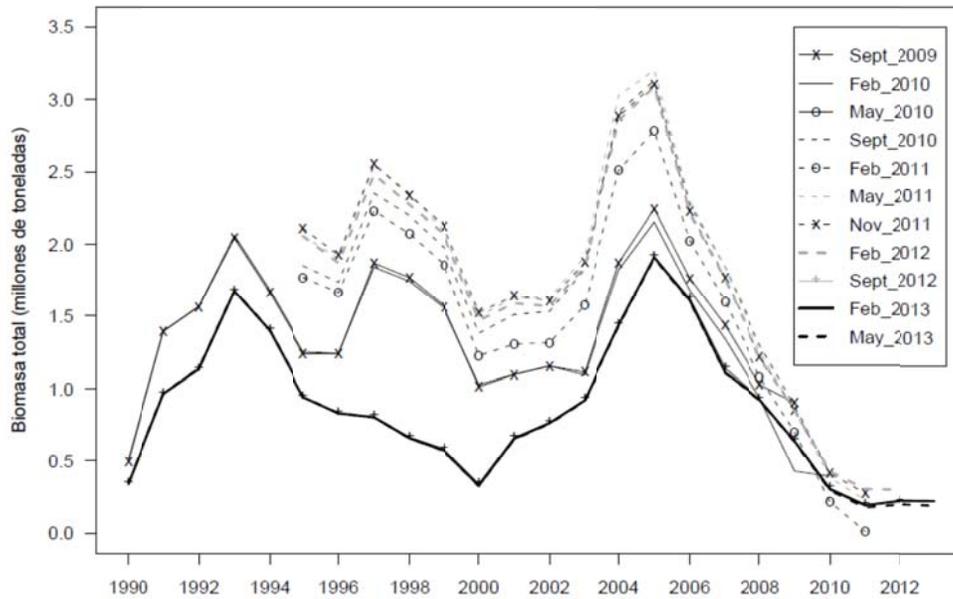


Figura 10. Comparaci3n de la biomasa total estimadas en las evaluaciones de stock de anchoveta centro-sur realizadas desde el 2009 al presente.



4. DATOS E INFORMACIÓN

El modelo de evaluación cubre el período 1990-2013 (1er semestre) y considera información en escala anual cuyos detalles se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3.
Información empleada en el modelo de evaluación de stock de anchoveta

	Desembarques	Biomاسas	Composición de edad	Composición de tallas
Flota	1990- junio 2013		1990-2012	
Crucero verano (RECLAS)		2000-2013	2001-2013	
Crucero otoño (PELACES)		2003-2013	2007,2009-2013	2003,2005-2007;2009-2013
Crucero huevos y larvas		2002-2012		

4.1. Desembarques

Los desembarques del primer semestre de los años 1999 y 2000 resultan ser muy altos para lo que en ese entonces se supone era la población de anchoveta. Arcos *et al.*, 2004 postuló que las condiciones ambientales pre El Niño y El Niño produjeron una alteración en la distribución espacial de jurel, atrapando a los juveniles de la especie en la zona centro-sur de Chile. Este marco de condiciones Niño y post-evento, generaron también la distorsión de los desembarques en los pequeños pelágicos, reflejado en elevados registros de anchoveta y sardina, especialmente durante los años 1999-2001, impulsado por evadir multas y declarar menos jurel (Aranis, 2011).

La **Tabla 4** entrega la composición original para jurel, sardina y anchoveta registrada de los desembarques, contrastado con las proporciones re-estimadas obtenidas de los muestreos pelágicos que se practicaron en ese período. Para los cuatro años analizados se visualiza un sustantivo subreporte de jurel y sobreportes de sardinas y anchoveta.



Tabla 4.
Composición de especies desembarcadas durante el período 1998-2001.

	Jurel		Sardina común		Anchoqueta	
	Original %	Corregida %	Original %	Corregida %	Original %	Corregida %
1998	75,2	90,6	11,3	1,8	13,5	5,9
1999	40,3	72,5	26,3	7,2	33,4	14,4
2000	52,0	82,2	29,2	8,4	18,8	1,8
2001	74,1	91,3	15,6	1,6	10,3	1,0

Las series de desembarques anuales oficiales fueron corregidos considerando los niveles de sobre-reportes de los años 1998-2000 según fuera advertido en la reunión de revisión de datos realizada en mayo del 2011 e informado por Canales *et al* (2012). De acuerdo a estimaciones preliminares, del total informado como anchoqueta para esos años menos del 27% correspondía efectivamente a este recurso (**Figura 11** y **Tabla 5**). La estimación de la captura se asume como un valor aproximado de la captura para el año 2013 de 50 mil t. En base a la estacionalidad de las capturas, se calculó el porcentaje promedio en torno al 70% de las capturas registradas hasta junio entre los años 2009-2012 (desembarque acumulado a junio 2013 = 35.253 t).

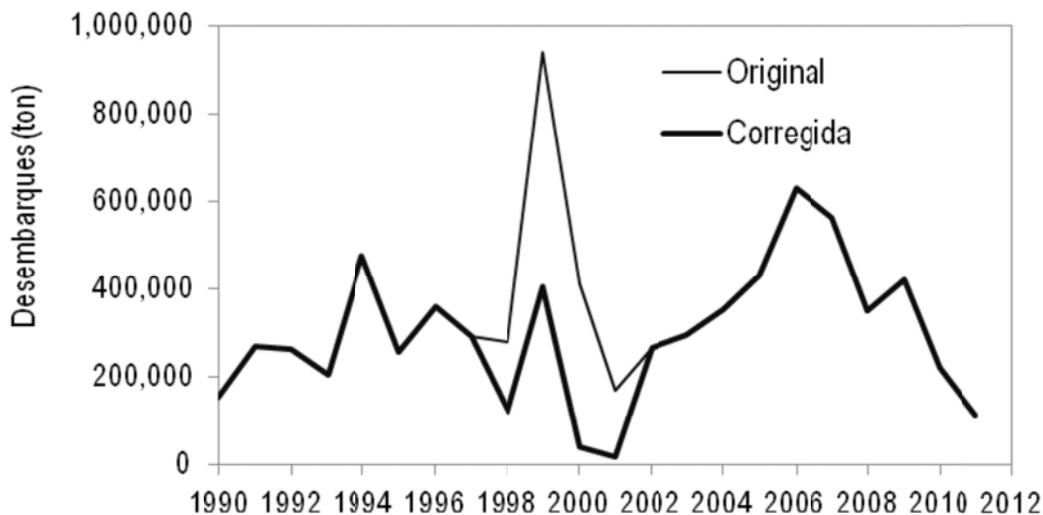


Figura 11. Serie de desembarques de anchoqueta según los registros oficiales de SERNAPESCA (original) y los registros corregidos por IFOP.



Tabla 5.
Desembarques originales y corregidos de anchoveta Centro-Sur.

	Registros oficiales	Registros oficiales corregidos
1990	151.638	151.638
1991	268.017	268.017
1992	262.257	262.257
1993	205.936	205.936
1994	474.223	474.223
1995	256.443	256.443
1996	360.828	360.828
1997	292.139	292.139
1998	277.981	121.488
1999	939.051	404.860
2000	411.302	39.380
2001	169.042	16.412
2002	266.061	266.061
2003	294.636	294.636
2004	352.498	352.498
2005	430.556	430.556
2006	629.873	629.873
2007	561.652	561.652
2008	350.624	350.624
2009	420.000	420.000
2010	220.000	220.000
2011	111.000	111.000
2012	74.513	74.513
2013	50.000	50.000



4.2. Índices de abundancia

Cruceros Acústicos

Desde el año 2000 se han venido realizando cruceros hidroacústicos en el área de estudio con el objetivo de evaluar la biomasa de pequeños pelágicos en Chile Centro Sur. Existe un programa de cruceros de verano (RECLAS) cuyo objetivo es evaluar la fuerza de los reclutamientos y otro de otoño (PELACES) cuyo objetivo es evaluar la biomasa disponible a la flota y corroborar las estimaciones del crucero de verano. La zona de evaluación corresponde a la delimitada entre los 33°30'S y 41°50'S en la cual se desarrolla la mayor parte de la pesquería (Figura 12).

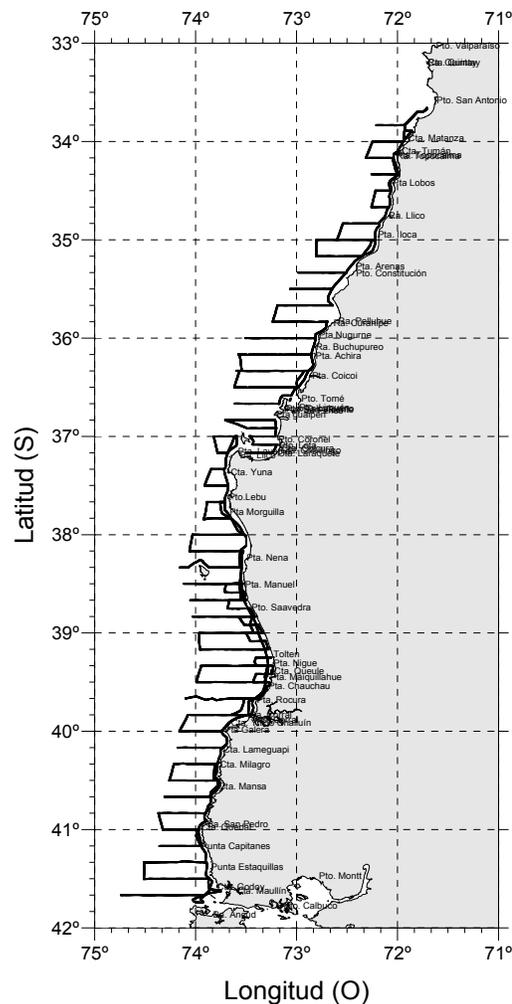


Figura 12. Distribuci3n de las transectas y delimitaci3n del área de evaluaci3n acústica. Crucero RECLAS 11-01 (Castillo *et al.*, 2010).



Las biomazas estimadas a través de los cruceros hidroacústicos son empleadas en el proceso de evaluación de stock como índices de abundancia poblacional (proporcionales a la biomasa) de verano y otoño, respectivamente. La biomasa estimada por el modelo corresponde aquella fracción de la población sujeta a la selectividad de los cruceros que son asumidos distintos entre verano y otoño, pero constantes en el tiempo.

La biomasa acústica de verano (centrado en el máximo del reclutamiento) indica un crecimiento en el período 2001-2002, hasta alcanzar el máximo cercano a 1,5 millones de t el 2002; una brusca caída el 2003; un segundo valor histórico el 2004 (1,3 millones de toneladas) y a partir de allí un leve tendencia negativa hasta el 2006, con una aparente estabilización entre el 2007 y 2008 (Castillo *et al.*, 2012). Cabe recordar que los desembarques de este recurso en los últimos 4 años se caracterizaron por una marcada y sostenida reducción con un valor promedio en torno a las 300 mil toneladas anuales debido a un tren de pobres reclutamientos advertido en los cruceros acústicos. En efecto, el valor de la biomasa estimada en el crucero de reclutas de verano (Reclas) del 2009 marca la caída poblacional que se ha mantenido hacia los años más recientes de la serie, esto sin considerar el alto nivel de biomasa observada en otoño del 2009 que probablemente corresponda a una sobreestimación producto del alto error de observación (error de $\pm 60\%$ del estimador central) que tienen estos datos. Particularmente en la anchoveta, los cruceros acústicos de verano (Reclas) y otoño (Pelaces) en los últimos 5 años se ha caracterizado por una tendencia decreciente y que en promedio las estimaciones son mayores durante el otoño (**Tabla 6**). Durante los años 2009-2011 se registraron los valores más bajos de la serie histórica, y aunque se observa un incremento el verano 2012 (100.000 t), la biomasa vuelve a caer el 2013 (71.376 t). Por otro lado, las biomazas acústicas de otoño (realizado para el seguimiento del evento de verano o capturar un eventual segundo pulso en el otoño) fueron aumentando desde el 2003 (250 mil toneladas) hasta el máximo histórico de 2,0 millones de t en el 2006, manteniéndose entre 1,5 millones de t el 2007 y 1,9 millones de t el 2009 y de allí una tendencia negativa hasta el mínimo histórico de los otoños registrado el 2013 (83.755 t) (**Figura 14 y Tabla 6**).

Cruceros Método Diario de Producción de Huevos (MDPH)

El año 2002 se aplicó por primera vez el MPDH en anchoveta y sardina común de la Zona Centro Sur de Chile (Cubillos *et al.* 2003a), generando información relevante desde el punto de vista de la dinámica reproductiva como de la distribución, abundancia, y producción de huevos (Cubillos *et al.* 2007). En general, se ha podido verificar que la expresión espacial del desove de anchoveta en la principal época de desove es costera, no superando las 20 millas náuticas de la costa, tal como ha sido observado en los cruceros realizados entre agosto y septiembre desde el 2002 al 2012. (Cubillos *et al.* 2011). La biomasa desovante se define como la razón entre la producción diaria de huevos (huevos por unidad de superficie por día) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica) en el área de desove. La producción diaria de huevos se evalúa a partir de la producción total de huevos en la época reproductiva mediante un crucero ictioplanctónico. La fecundidad específica diaria de la población se determina a partir de muestras de peces adultos obtenidos simultáneamente, y de las cuales se determina la fecundidad media poblacional, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción sexual. Estos



parámetros reproductivos, así como la producción diaria, son tasas instantáneas que permiten evaluar la biomasa desovante en un instante determinado dentro del periodo reproductivo sin la necesidad de integrar toda la producción de huevos en una estación de desove completa (Cubillos *et al.* 2011).

El área de estudio se localiza en el centro-sur de Chile (33° – $41^{\circ}20'S$), zona identificada como la principal área de desove de ambas especies (**Figura 13**). De acuerdo con Cubillos *et al.* (1999, 2001), el desove se extiende de julio a septiembre, con un pico entre agosto y septiembre, y se ha focalizado principalmente entre Lebu ($37^{\circ}33'S$) y los $39^{\circ}10'S$.

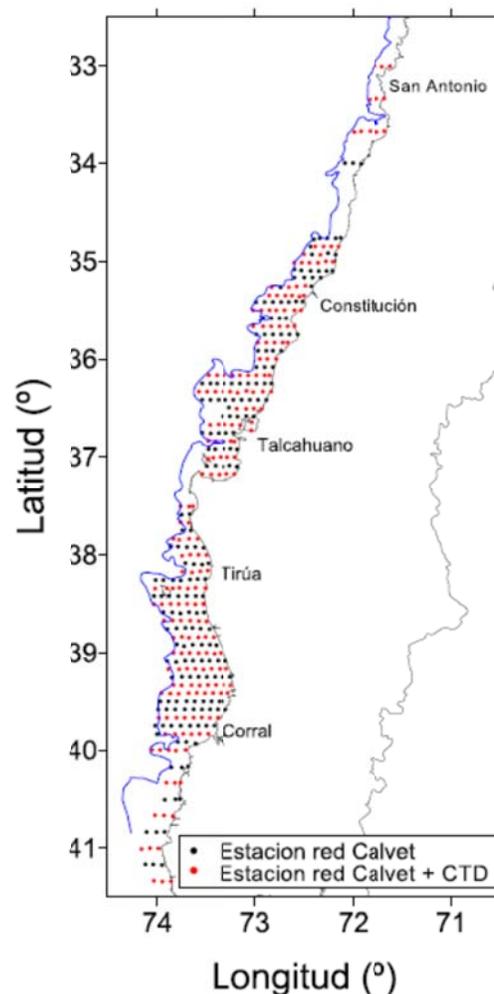


Figura 13. Grilla de muestreo de huevos de sardina y anchoveta sobre la plataforma continental. (Cubillos *et al.* 2011).



Por otra parte y en similar 3poca aunque m1s acotada en el tiempo, se dispone de informaci3n de 9 cruceros realizados desde el a1o 2002 hasta el 2012, durante el per3odo de desove de este recurso con el objeto de evaluar la densidad de huevos y con ello generar una estimaci3n o 3ndice de biomasa desovante (Cubillos *et al*, 2009) (**Tabla 6**).

Tabla 6.
Biomاسas de anchoveta evaluadas en los cruceros de Verano (Reclas), Oto1o (Pelaces) y MPDH.

	Verano (t)	Oto1o (t)	MPDH (t)
2000	370.184		
2001	412.103		
2002	1.494.267		112.323
2003	250.294	600.178	
2004	1.244.668		153.150
2005	877.801	1.224.101	637.223
2006	981.644	2.062.538	
2007	897.777	1.030.635	255.016
2008	1.040.062		313.432
2009	184.774	1.874.556	73.983
2010	17.255	323.000	77.613
2011	26.000	250.000	109.348
2012	100.000	150.000	50.772
2013	71.376	83.755	

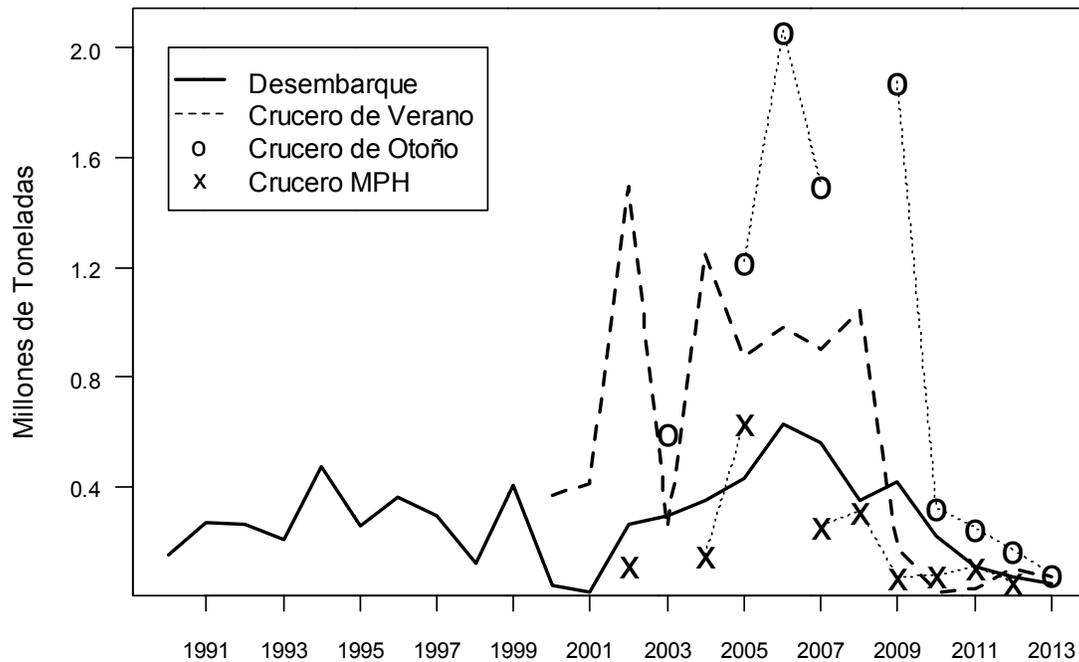


Figura 14. Desembarques y biomاسas de anchoveta estimadas en los cruceros de verano (Reclas), otoño (Pelaces) y MPH.

4.3. Composiciones de edad/talla de las capturas

Las composiciones de edades de las capturas de anchoveta son agregadas entre flotas. Esta informaci3n empleada en el proceso de evaluaci3n de stock a objeto de evaluar los supuestos de la mortalidad por pesca diferenciada por grupos de edad, adem1s de entregar se1ales de la fuerza de las clases anuales que han atravesado por la pesquer1a. En general se observa que las capturas est1n dominadas por dos grupos de edad 1 y 2 y que los grupos de edades de m1s de tres a1os tienen poco aporte a las capturas (**Figura 15** y Tabla 7).

En relaci3n a las composiciones de tallas de las capturas, durante el per1odo analizado se observa que las capturas han estado dominadas por no m1s de dos grupos modales y que los individuos no superan los 19 cm de longitud y con bajos porcentajes de reclutas (**Figura 16**).



Tabla 7.
Proporción de edades de las capturas de anchoveta

	0	1	2	3	4
1990	0,630	0,253	0,074	0,033	0,011
1991	0,002	0,361	0,561	0,056	0,020
1992	0,046	0,169	0,627	0,131	0,027
1993	0,006	0,273	0,592	0,104	0,025
1994	0,022	0,488	0,412	0,056	0,021
1995	0,036	0,590	0,336	0,027	0,011
1996	0,043	0,369	0,460	0,091	0,038
1997	0,032	0,416	0,444	0,103	0,006
1998	0,046	0,578	0,358	0,017	0,000
1999	0,003	0,516	0,404	0,074	0,003
2000	0,013	0,575	0,318	0,088	0,006
2001	0,038	0,758	0,196	0,007	0,000
2002	0,019	0,759	0,209	0,013	0,000
2003	0,079	0,666	0,242	0,013	0,000
2004	0,002	0,731	0,251	0,015	0,001
2005	0,010	0,657	0,282	0,048	0,002
2006	0,020	0,577	0,358	0,042	0,004
2007	0,013	0,434	0,453	0,094	0,007
2008	0,034	0,601	0,311	0,049	0,006
2009	0,053	0,807	0,120	0,020	0,000
2010	0,018	0,614	0,338	0,027	0,004
2011	0,006	0,722	0,259	0,012	0,000
2012	0,023	0,723	0,234	0,019	0,000
2013	0,023	0,723	0,234	0,019	0,000

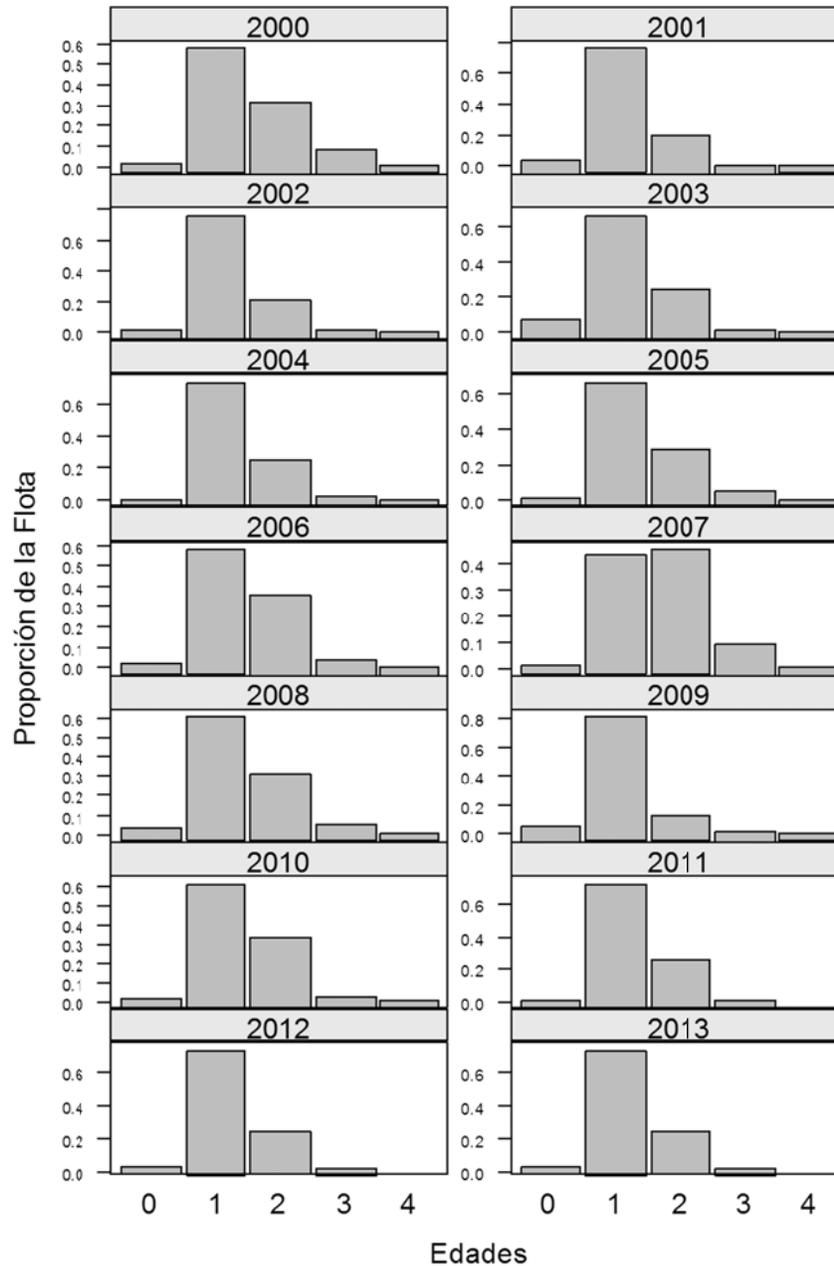


Figura 15. Proporciones de edad registrada en las capturas en a3o biol3gico de anchoveta.

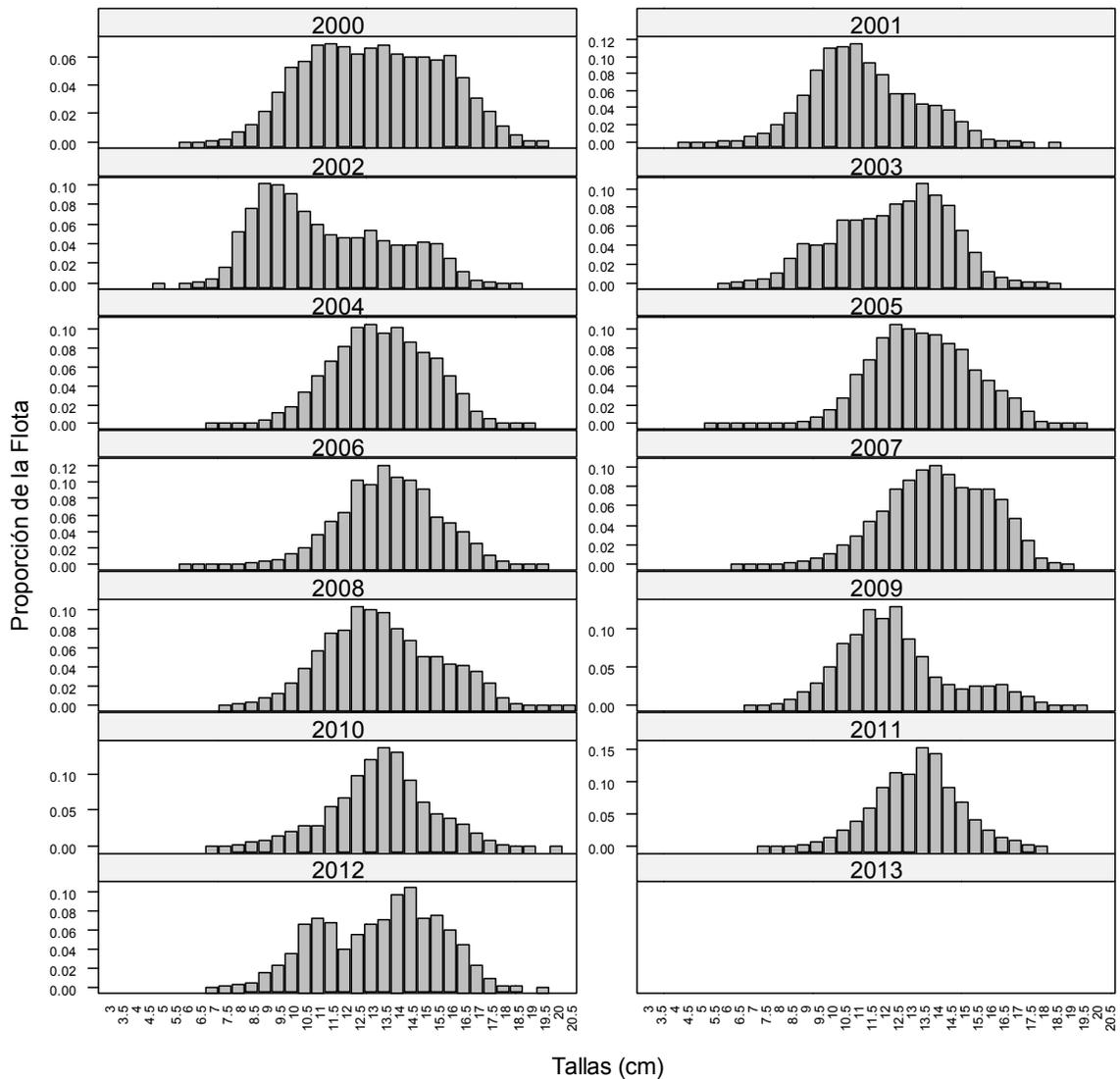


Figura 16. Composiciones de tallas de las capturas anuales de anchoveta.



4.4. Composiciones de edad/talla de los cruceros

Las composiciones de edades de los cruceros de verano son parciales en cuanto a que reflejan mayoritariamente la fracci3n de la poblaci3n m1s juvenil y no necesariamente la fuerza de la clase anual. En efecto, la 3ltima gran cohorte del a1o 2005 que se supone atraves3 por la pesquer3a no se observ3 en las composiciones de edades de RECLAS de los a1os 2005-2006 las que deber3an haber registrado un aumento en la edad modal (**Figura 17 y Tabla 8**). Esto sugiere que las clases de edades mayores a 2 a1os no son "observadas" en estos cruceros producto de una mayor presencia de reclutas en la zona.

Por otro lado, las composiciones de tallas de los cruceros de verano durante el per3odo analizado se observa que las capturas han estado dominadas por no m1s de dos grupos modales y que los individuos no superan los 19 cm de longitud (**Figura 18**). Adem1s muestran una estructura de tallas bimodal, con una primera moda de 8,5 cm aprox. y una segunda alrededor de los 15 cm de LH.

Los cruceros hidroac3sticos de oto1o en general han tenido importantes variaciones en cuanto a su dise1o metodol3gico. Desde el 2006 han seguido el mismo dise1o de los cruceros RECLAS. Las composiciones de edades de las capturas de estos cruceros no est1n completas, hasta la fecha contamos con s3lo los 3ltimos 6 a1os de datos (2007, 2009- 2013) (**Figura 19 y Tabla 9**).

Por otro lado, los cruceros de oto1o presentan una moda principal cercana a los 15 cm de LH. las capturas han estado dominadas por no m1s de dos grupos modales y que los individuos no superan los 18,5 cm de longitud (**Figura 20**).

En los cruceros de verano y oto1o 2012 se registr3 incrementos relativos de la fracci3n juvenil (<12 cm) aunque se verifica una reducci3n del 17,5% en el oto1o respecto al verano (Castillo *et al* 2012). La participaci3n de reclutas de anchoveta durante el crucero de verano 2013 (42,1%) fue inferior a la participaci3n registrada en igual per3odo de 2012 que super3 el 70% de reclutas.

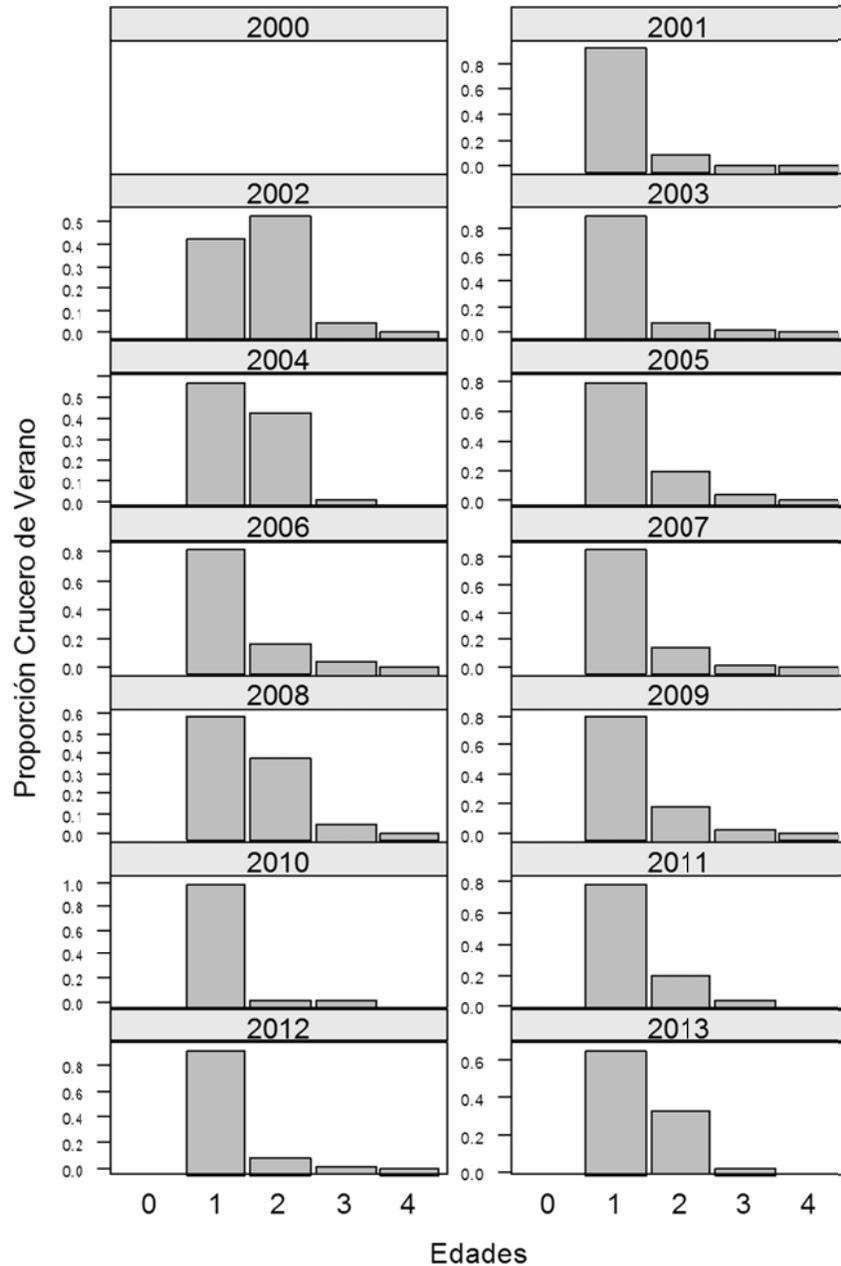


Figura 17. Composiciones de edad de las capturas estimadas en los Cruceros Acústicos de Verano de anchoveta centro-sur.

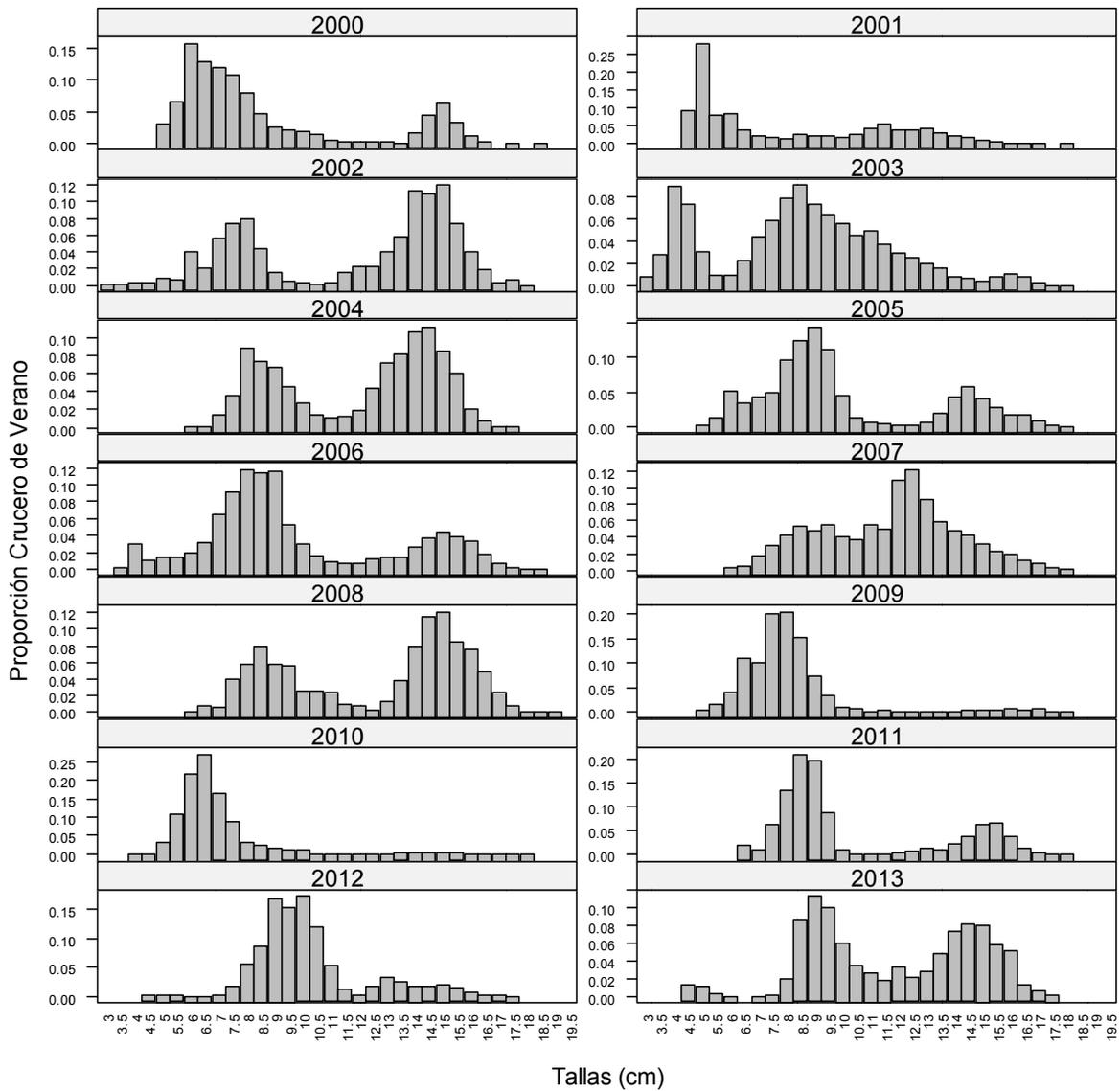


Figura 18. Composiciones de tallas de las capturas estimadas en los Cruceros Acústicos de Verano de anchoveta centro-sur.

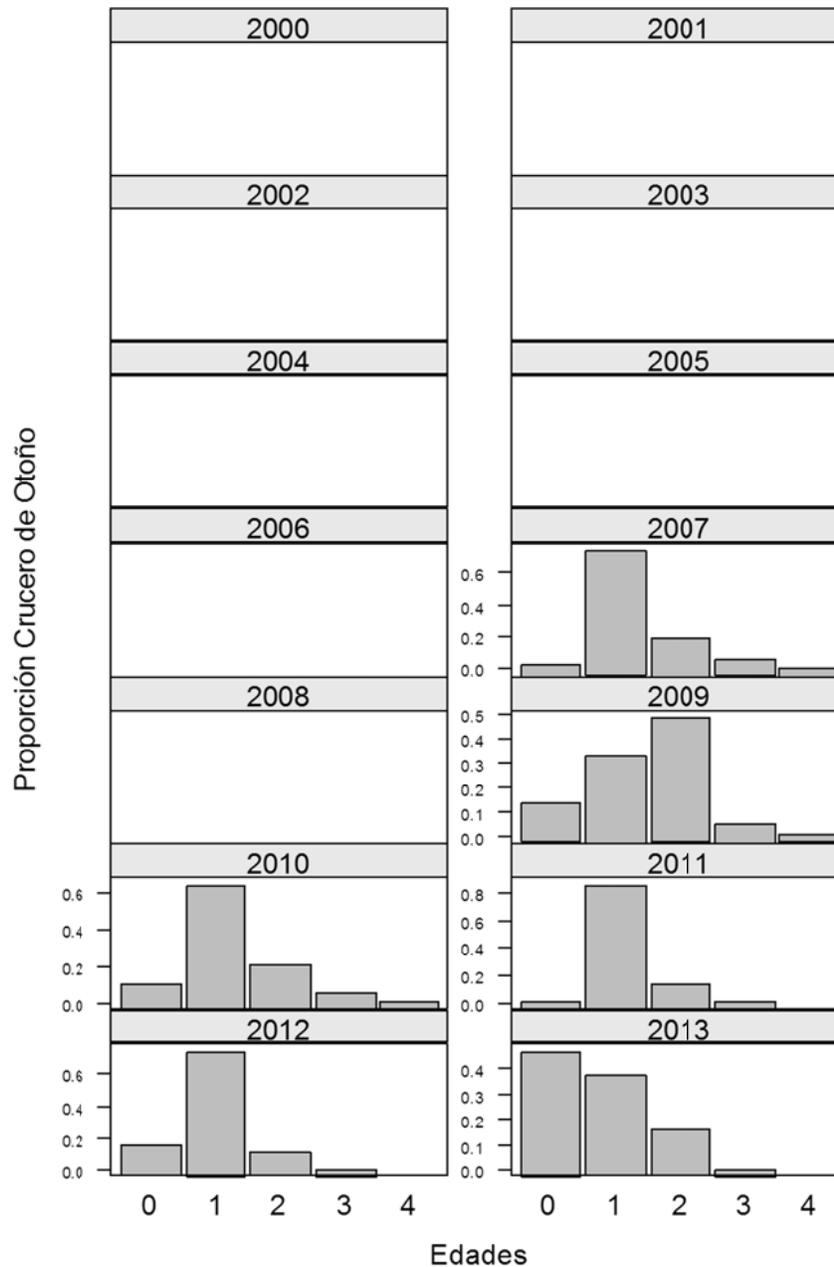


Figura 19. Composiciones de edad de las capturas estimadas en los Cruceros Acústicos de Otoño de anchoveta centro-sur.

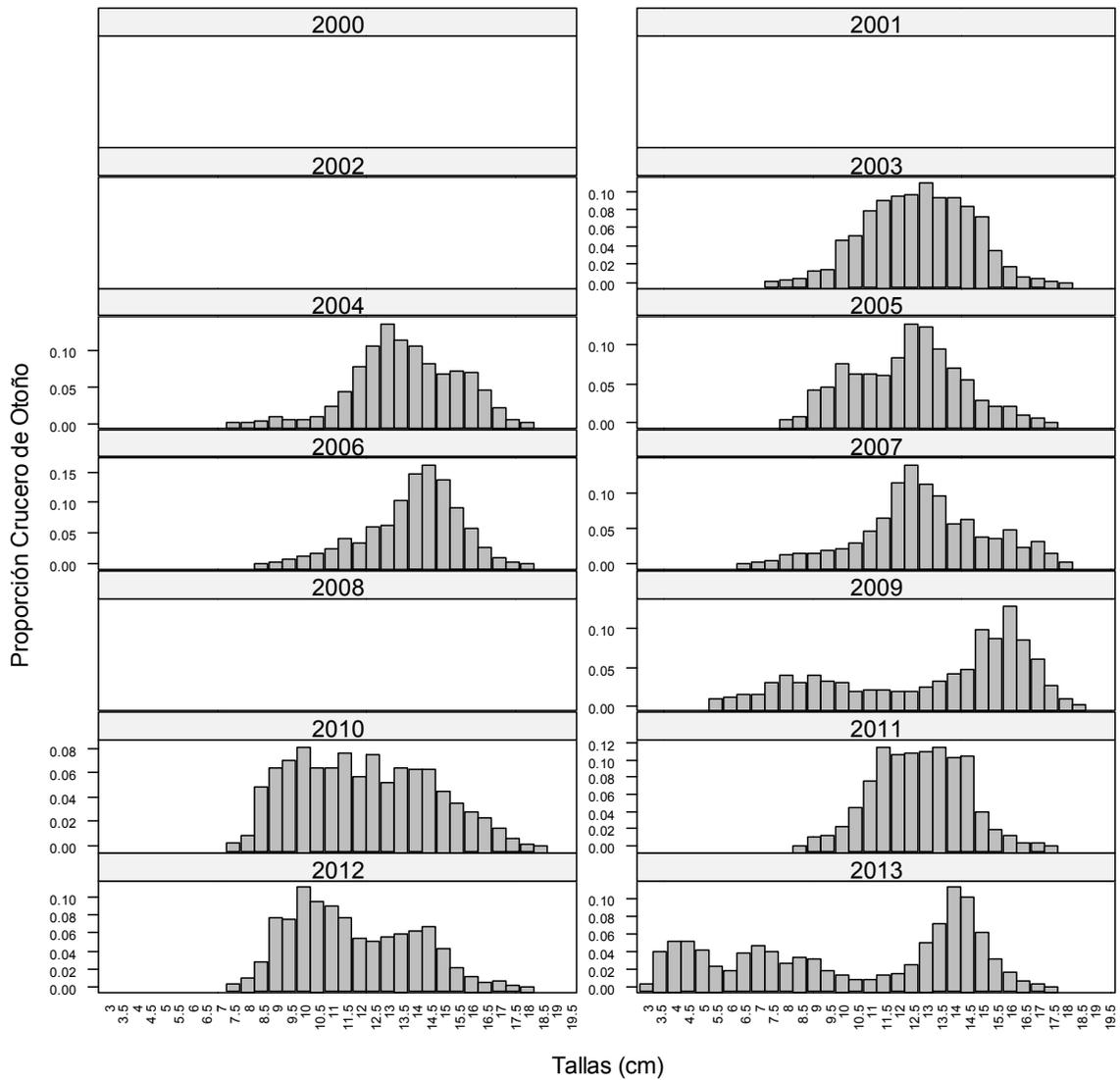


Figura 20. Composiciones de tallas de las capturas estimadas en los Cruceros Acústicos de Otoño de anchoveta centro-sur.



Tabla 8.
Proporción de edades de los cruceros acústicos de verano (RECLAS) realizados sobre anchoveta

	0	1	2	3	4
2000					
2001	0	0,911	0,084	0,005	0
2002	0	0,426	0,528	0,046	0
2003	0	0,902	0,073	0,024	0
2004	0	0,567	0,426	0,008	0
2005	0	0,789	0,183	0,028	0
2006	0	0,810	0,153	0,037	0,001
2007	0	0,852	0,140	0,007	0,001
2008	0	0,578	0,374	0,047	0,001
2009	0	0,789	0,183	0,028	0
2010	0	0,984	0,014	0,001	0
2011	0	0,777	0,189	0,034	0
2012	0	0,909	0,085	0,006	0
2013	0	0,646	0,328	0,026	0

Tabla 9.
Proporción de edades de los cruceros acústicos de otoño (PELACES) realizados sobre anchoveta

	0	1	2	3	4
2007	0,027	0,732	0,191	0,050	0,000
2008	0	0	0	0	0
2009	0,134	0,329	0,480	0,051	0,01
2010	0,103	0,636	0,207	0,051	0,00
2011	0,003	0,856	0,137	0,004	0
2012	0,154	0,735	0,107	0,005	0
2013	0,462	0,373	0,160	0,005	0



4.5. Pesos a la edad

El crecimiento intra-anual de la sardina es recogido en dos matrices de pesos medios a la edad (**Tabla 10**), las que corresponden respectivamente a las estimaciones a mitad de año luego de la lectura de edad, y las estimaciones de pesos iniciales del año (**Tabla 11**) considerando la aproximación:

$$w_{a,t}^{ini} = \sqrt{w_{a+1,t+1} * w_{a,t}}$$

El peso medio es empleado para generar las estimaciones de desembarques en el modelo, mientras el peso inicial sirve para las estimaciones de biomasa a inicios del año calendario.

Tabla 10.
Pesos promedios a la edad anchoveta estimados a mitad de la temporada de pesca

	0	1	2	3	4
1990	1,8	5,7	26,4	33,4	37,3
1991	9,7	8,7	17,7	26,8	34,5
1992	6,6	15,1	20,9	28,3	33,6
1993	10	14,6	21,7	31,1	38
1994	6,7	11,1	20,6	34,3	40,2
1995	6,7	10,8	17,7	29,3	32,7
1996	7,3	12,1	17,2	27,5	31
1997	8,3	12,5	24,2	32	42,1
1998	7,6	12,8	20,4	30,1	41,5
1999	6,2	12,7	22,1	31,2	36,8
2000	5,3	9,6	22,7	32,7	42
2001	5,9	10,6	20,2	31	35,3
2002	5,8	7,4	19,3	25,4	30,1
2003	8	11,8	17,8	24	37,4
2004	8,5	14,4	27,2	37,6	42,1
2005	9	13,7	23,1	32,6	37,5
2006	7,2	13,4	20,4	29,8	34,1
2007	5,8	13,9	23,3	33,2	40,4
2008	7	13	22,4	32,9	36,9
2009	6,9	10,6	24,3	32,6	38,2
2010	6,1	13,6	19,7	30,6	35,8
2011	7,5	14,1	21,2	30,2	37
2012	5,8	13,1	25,2	35,4	37
2013	0	0	0	0	0



Tabla 11
Pesos promedios a la edad anchoveta estimados a inicios de la temporada de pesca.

	0	1	2	3	4
1990	0,4	3,2	12,3	29,7	35,3
1991	6,2	4	10	26,6	33,9
1992	3	12,1	13,5	22,4	30
1993	9	9,8	18,1	25,5	32,8
1994	4,2	10,5	17,3	27,3	35,4
1995	3,7	8,5	14	24,6	33,5
1996	4,2	9	13,6	22,1	30,1
1997	5,4	9,5	17,1	23,4	34,1
1998	4,5	10,3	15,9	27	36,5
1999	4	9,8	16,8	25,2	33,2
2000	2,6	7,7	17	26,8	36,2
2001	4,6	7,5	13,9	26,5	33,9
2002	2,9	6,6	14,3	22,7	30,5
2003	4,4	8,3	11,5	21,5	30,8
2004	5,2	10,7	17,9	25,9	31,8
2005	6	10,8	18,3	29,8	37,6
2006	3,7	11	16,8	26,3	33,3
2007	2,6	10	17,7	26	34,7
2008	4,6	8,7	17,6	27,7	35
2009	3,5	8,6	17,8	27	35,4
2010	2,7	9,7	14,5	27,3	34,2
2011	2,7	9,1	16,4	24,6	33,1
2012	3,6	12,7	24,7	32,7	33,7
2013	3,6	12,7	24,7	32,7	33,7



5. MODELO DE EVALUACIÓN DE STOCK

La modelación de datos para fines de la evaluación de stock, diagnóstico y recomendación es realizada a través de un modelo estadístico de captura a la edad (MAE).

5.1 Modelo anual con información de edades (MAE).

- Datos observados

Se emplea información agregada en año calendario de abundancia (biomasa) de los cruceros MPDH y acústicos realizados durante verano y otoño de cada año, desembarques totales y proporciones de edad anual estimadas del muestreo de tallas de los desembarques y de los cruceros hidroacústicos.

- Supuestos del modelo

- ✓ La población de anchoveta entre la V - X Región constituye una unidad de stock en la cual las variaciones se explican por captura, reclutamientos y mortalidad.
- ✓ El reclutamiento a inicios de enero de cada año.
- ✓ La biomasa desovante ocurre en agosto.
- ✓ La mortalidad natural es constante entre años y edades.
- ✓ La captura es continua al interior del año.
- ✓ La mortalidad por pesca tiene variaciones estocásticas entre años y edades, pero estas quedan representadas por el patrón de selectividad edad-específica invariable entre años y la mortalidad por pesca anual.
- ✓ La selectividad del crucero de otoño es similar al de la flota y la estimación de su biomasa ocurre cuando ha transcurrido el 33% del año calendario.
- ✓ Los cruceros de verano (enero) representan la situación de la población a inicios de año y los de otoño, a la biomasa poco antes de la mitad del período anual (mayo).
- ✓ La capturabilidad del crucero de otoño está en torno a 1 sujeto a una distribución a priori, mientras en el crucero de verano es un parámetro que puede ser estimado libremente por el modelo.
- ✓ Las series de desembarques anuales oficiales fueron corregidos considerando los niveles de sobre-reportes.

- Ponderadores de la información

- ✓ *Coefficientes de variación:*

Los coeficientes de variación que son empleados en los distintos índices de abundancia y capturas miden el nivel de desviación que el analista supone tienen los datos respecto del valor central verdadero como parte del error de observación. El coeficiente de variación tiene relevancia en las



estimaciones pues es inversamente proporcional con el peso que tiene una determinada fuente de datos en la verosimilitud total.

Por ejemplo y como medida de referencia, para dos series de índices con igual número de observaciones, un $cv=0,1$ (ie. un IC al 95% de $\pm 20\%$ la media) tiene un peso en la verosimilitud total de 4 veces más respecto del índice que asume un $cv=0,2$. En este razonamiento a menudo se supone que el modelo representa la naturaleza de manera perfecta, lo cual ya es cuestionable y por ende el establecimiento de ponderadores es un punto de debate. Este tema ha sido recientemente discutido por Francis (2010) sin que por ahora se disponga de reglas claras para su determinación, sino más bien criterios a tomar en cuenta.

Estos factores son a menudo consensuados entre especialistas y es común asumir desviaciones que reflejen el nivel de credibilidad relativa que se tienen a ciertas piezas de información. Comúnmente se asignan bajos niveles de incertidumbre a los desembarques y mayores a los cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones directamente asociadas con la mortalidad por pesca, mientras las estimaciones de biomasa de cruceros están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones de una población “no observable”, lo que en definitiva insta a suponer que ellos tienen mayor incertidumbre y/o son tratados como medidas relativas de abundancia.

Francis (2010) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, es decir, un análisis exploratorio que considere aquel coeficiente de variación teórico que resulta de aplicar el “mejor” modelo de tendencia central a los datos aislados. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos.

Este procedimiento fue aplicado a las biomásas estimadas en los cruceros acústicos. Polinomios de orden 2 y 3 se emplearon como estimadores de tendencia central (Canales *et al*, 2012) lo que generó valores de $cv=0,99$ para el crucero de verano y un $cv=0,67$ para el crucero de otoño. Para fines de evaluación se consideró como referente este último valor aproximado a $cv=0,3$ ya que de otro modo imposibilitaría el uso de esta serie como índice de abundancia. No obstante esto, el ajuste del modelo genera estimaciones de error cuadrático medio mayores, lo que confirmó la alta variabilidad de los datos según la dinámica poblacional que ha sido modelada (**Tabla 12**). Al respecto, en el (Canales y Zúñiga, 2012) se presenta un análisis de simulación en el cual y pese a una gran variabilidad de los datos, el modelo MAE sigue las tendencias de la población pero con mayor inexactitud en las estimaciones de biomásas.



Tabla 12.

Coefficientes de variación a priori y posteriores estimados para los cruceros acústicos (RECLAS y PELACES) y MDPH.

	RECLAS	PELACES	MDPH
prior	0,30	0,30	0,30
posterior	0,99	0,67	0,44

✓ *Tamaño de muestra:*

De manera similar a los coeficiente de variación empleados para ponderar los índices de abundancia y desembarques entre sus estimadores de verosimilitud, el tamaño de muestra corresponde a una expresión proporcional a la incertidumbre que tienen las composiciones de tallas/edades de las captura empleadas en la evaluación de stock. Canales *et al* (2012) aplicaron el proceso iterativo recomendado por Gavaris y Ianelli (2002) considerándose el promedio geométrico según fuente de información

$$nm = \sqrt[n]{\prod_t \frac{\sum_a \hat{p}_{a,t} (1 - \hat{p}_{a,t})}{\sum_a (p_{a,t} - \hat{p}_{a,t})^2}}$$

Donde $p_{a,t}$ es la proporción de edades (a) de la captura en el año t. El proceso se inicia con un valor arbitrario de tamaños de muestra todos igual a $n=50$, para luego de repetidos ajustes del modelo, llegar a valores estables que son los empleados en esta evaluación de stock. A menudo es deseable verificar estas estimaciones cuando en el modelo se van integrando nuevas composiciones de edades/tallas o como estos valores pueden variar dependiendo de cambios en los supuestos del modelo.

	σ	nm
Desembarques	0,1	
Biomasa acústica verano	0,3	
Biomasa acústica otoño	0,3	
Biomasa MDPH	0,3	
Comp. Edad capturas		50
Comp. Edad Reclas		30
Comp. Edad Pelaces		5
Comp. Tallas Pelaces		2

El resultado anterior indica que las composiciones de edad de la captura son más informativas (mayor tamaño de muestra) respecto de las composiciones en los cruceros, no así las composiciones de tallas del crucero de otoño (PELACES) dado su bajo tamaño muestral.



- Fracción de año donde ocurre el desove, los cruceros y asignación de los pesos medios

El modelamiento de la dinámica de la anchoveta es en escala año calendario, vale decir que el cumpleaños ocurre a inicios de año calendario (inicios de enero) por lo cual el desove al ser establecido en agosto corresponde a 0,58 del año. De igual manera, el crucero de verano representa a la población a inicios del año supuesto a fines de enero 0,083 mientras el crucero de otoño que ocurre en mayo, ocurriría a 0,33 del año.

Por otra parte, el peso medio es empleado para generar las estimaciones tanto del crucero de otoño, MPDH y los desembarques, mientras que el peso calculado a inicios del año (inicios de enero) representaría el peso de la biomasa total y los cruceros de verano (Reclas).

- Selectividad

El patrón de explotación de la flota es asintótico y se considera constante entre años tanto a nivel de parámetros de posición (edad al 50% de explotación) como de dispersión (pendiente de la curvatura). Las justificaciones para este escenario se basan esencialmente en la invariabilidad que presentan las composiciones de edades de las capturas y en menor grado en los cruceros, como también a que en esta pesquería no se conocen procesos de escape significativos de individuos las longevos fuera de la zona donde opera la pesquería, lo que pudiera sugerir un modelo tipo “domo”. En el caso de los cruceros de verano y otoño, el patrón de explotación se supone igualmente logístico pero se estiman independientemente a los de la flota.



Tabla 13
Resumen de los atributos generales del modelo anual en edades (MAE) y de los análisis derivados.

Recurso objetivo	Anchoveta Centro-Sur																								
Modelo	MAE																								
Area geográfica	V-X Regiones																								
Período de análisis	1990-2013																								
Información a emplear	<p>Período 1990 – 2013 Series anuales de capturas</p> <p>Período 2000 – 2013 Biomاسas anuales de cruceros acústicos de verano</p> <p>Período 2003,2005-2007, 2009 – 2013 Biomاسas anuales de cruceros acústicos de otoño</p> <p>Período 2002, 2004-2005, 2007- 2012 Biomاسas anuales de cruceros biomasa desovante MDPH</p> <p>Período 1990 – 2012 Composiciones de edades de capturas anuales</p> <p>Período 2001 – 2013 Composiciones de edades cruceros acústicos verano</p> <p>Período 2007, 2009 – 2013 Composiciones de edades cruceros acústicos otoño</p> <p>Período 1990 – 2012 Peso medios a la edad de las capturas estimados a la mitad de la temporada de pesca</p> <p>Período 1990 – 2012 Peso medios a la edad de las capturas estimados a inicios de la temporada de pesca</p> <p>Constante entre años Madurez sexual a la edad</p> <p>Constante Mortalidad natural.</p>																								
Ecuación de captura	Baranov																								
Uso de ponderadores de información	<p>Los tamaños de muestra (nm) constantes entre años fueron obtenidos por procedimientos iterativos y los coeficientes de variación (σ) por ajuste de polinomio de referencia.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Datos</th> <th>σ</th> <th>nm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desembarques</td> <td>0,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Biomasa acústica verano</td> <td>0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Biomasa acústica otoño</td> <td>0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Biomasa MPH</td> <td>0,3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Comp. Edad Capturas</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Comp. Edad Reclas</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Comp. Edad Pelaces</td> <td></td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Datos	σ	nm	Desembarques	0,1		Biomasa acústica verano	0,3		Biomasa acústica otoño	0,3		Biomasa MPH	0,3		Comp. Edad Capturas		50	Comp. Edad Reclas		30	Comp. Edad Pelaces		5
Datos	σ	nm																							
Desembarques	0,1																								
Biomasa acústica verano	0,3																								
Biomasa acústica otoño	0,3																								
Biomasa MPH	0,3																								
Comp. Edad Capturas		50																							
Comp. Edad Reclas		30																							
Comp. Edad Pelaces		5																							
Plataforma de programación	ADMB																								
Condición inicial	No equilibrio																								
Reclutamientos	Desvíos aleatorios en torno a R_0 (distribuidos lognormal)																								
Incertidumbre de variables y parámetros	Error asintótico desde la matriz Hessiana (método delta) MCMC para el análisis de proyecciones																								
Diagnóstico de modelos	Diagramas “qq-plot” y Residuales estandarizados del ajuste a la edad.																								
Status del recurso	Diagrama de fase reducción de biomasa desovante vs mortalidad por pesca relativa																								



Tabla 14.
Formulación del modelo anual en edades (MAE)

Objetivos, supuestos y prior	Ecuación
<u>Sobrevivencia</u> a es la edad y t es el año. $a = [0, 1, \dots, 4]$.	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<u>Mortalidad total</u> F_t es el efecto anual de la mortalidad por pesca M es la mortalidad natural semestral	$Z_{a,t} = M + F_{s,t} \psi_{s,t}$
<u>Selectividad</u>	$\psi_a = \left(1 + \exp \left[-\ln 19 \frac{(a - A_{50\%})}{\Delta} \right] \right)^{-1}$
<u>Reclutamiento anual</u> $\varepsilon \sim N(0, \sigma_R^2)$; $\ln R_0 \sim U[a, b]$	$N_{a=0,t} = R_0 e^{\varepsilon_t + 0.5\sigma_R^2}$
<u>Población inicial</u>	$N_{0,a} = R_0 e^{-aM}$ $N_{a>0,t=1} = N_{0,a>0} e^{\varepsilon_{a>0} + 0.5\sigma_R^2}$
<u>Capturas estimadas en edad</u>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<u>Desembarques en peso</u> $w_{a,t}$ es el peso a la edad entre años	$\hat{Y}_t = \sum_a \hat{C}_{a,t} w_{a,t}$
<u>Biomasa total y desovante</u> O_a corresponde a la ojiva de madurez sexual a la edad y Δ^t es la fracción del año en la cual ocurre del desove.	$B_t = \sum_a N_{a,t} w_{a,t}$ $BD_t = \sum_a N_{a,s,t} e^{-\Delta^t Z_{a,t}} w_{a,t} O_a$
<u>Biomasa acústica y MPH</u> Δ^c es la fracción del año en la cual se realiza el crucero. q^c es la capturabilidad / disponibilidad del crucero O_a ojiva de madurez sexual a la edad	$\hat{B}_t^c = q^c \sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}} w_{a,t}$ $\hat{B}_{mph}_t = q_{mph}^c \sum_a N_{a,t} O_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}} w_{a,t}$



Proporción de la captura/abundancia a la edad cruceros	$\hat{p}_{a,t}^c = \frac{N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}{\sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}$
Proporción de la captura/abundancia a la edad flota	$\hat{p}_{a,t}^f = \frac{\hat{C}_{a,t}}{\sum_a \hat{C}_{a,t}}$

Componentes de verosimilitud

Función/fuente	-log-verosimilitud
<u>Índices de abundancia</u> σ_I es la desviación estándar del índice I en escala logarítmica	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left(\frac{\ln \hat{I}_t}{\ln I_t} \right)^2 + cte$
<u>Desembarques</u> σ_y es la desviación estándar de los desembarques en escala logarítmica	$-l(Y) = \frac{1}{2\sigma_y^2} \sum_t \left(\frac{\ln \hat{Y}_t}{\ln Y_t} \right)^2 + cte$
<u>Proporción de la captura/abundancia a la talla</u> f,c corresponde a la flota o crucero, n es el tamaño de muestra efectivo	$-l(p) = n^{f,c} p_{a,t}^{f,c} \ln \hat{p}_{a,t}^{f,c}$
<u>Priors</u> Desvíos del reclutamiento promedio Capturabilidad de cruceros	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_R^2} \sum_t (\delta_t)^2 + cte$ $-l(q) = \frac{1}{2\sigma_q^2} \log(q)^2 + cte$
<u>Función objetivo</u>	$-l(I) - l(Y) - l(p) - l(R) - l(q)$



Tabla 15.
Parámetros y *prioris* empleadas en el modelo anual en edades (MAE)

Parámetro	Prior
Mortalidad natural	$M=0,7$ (fijo)
Selectividad de la flota (2)	$A50f \sim U[-1 ; 2]$ $\log_rangof \sim U[-4 ; 0,6]$
Selectividad de los cruceros de verano (2)	$A50c \sim U[-1 ; 2]$ $\log_rangoc \sim U[-4 ; 0,6]$
Selectividad de los cruceros de otoño (2)	$A50pela \sim U[-1 ; 2]$ $\log_rangopela \sim U[-4 ; 0,6]$
Reclutamiento promedio (1)	$\log_Ro \sim U[5 ; 20]$
Mortalidad por pesca (22)	$\log_F \sim U[-6 ; 1,6]$
Desvíos de reclutamientos y estructura etaria inicial (5+22)	$\log_desv_No \sim N(0 ; \sigma_R^2)$ $\log_desv_Rt \sim N(0 ; \sigma_R^2)$
Desviación estándar de los desvíos de reclutamientos, estructura etaria inicial y capturabilidad de cruceros	$\sigma_R = 0,6$ $\sigma_q = 0,2$ (verano) $\sigma_q = 1.000$ (otoño)
Capturabilidad de cruceros (3)	Verano : $\log_qrecl \sim N(0 ; \sigma_q^2)$ Otoño : $\log_qpela \sim N(0 ; \sigma_q^2)$ MPH : $\log_qmph \sim U(-\infty ; +\infty)$

() corresponde al número de parámetros



6. RESULTADOS

6.1. Desempeño del modelo

Índices de abundancia

Los índices de abundancia contienen un importante nivel de variabilidad que se resume en la amplitud de los intervalos de confianza supuestos con coeficiente de variación $cv=0,3$. El modelo reproduce la tendencia general a la disminución que han presentado las estimaciones de cruceros, sin embargo, los valores más altos de los cruceros de verano, otoño y MPH no son ajustados de buena forma, lo cual es consistente con la distribución de probabilidades empleada lognormal que considera sesgo positivo en su distribución (**Figura 21** y **Figura 22**). Al respecto, los coeficientes de variación empleados para estas fuentes de información son $cv=0,1$ para los desembarques lo cual se refleja en un buen ajuste del modelo a los datos observados y $cv=0,3$ para los cruceros. La **Tabla 16** muestra los parámetros re-estimados en el modelo anual en edades (MAE) actualizado.

En relación a la bondad de ajuste, el diagrama QQ permite evaluar si los valores estimados se apartan significativamente del supuesto inicial, esto es, que las observaciones son una muestra aleatoria de una distribución lognormal con media y varianza conocida. Si los datos se aproximan significativamente a la relación lineal implica entonces que el supuesto es adecuado para los datos analizados. En las **Figura 23** y **Figura 24** se entrega junto a los residuales del modelo el diagrama QQ de los valores observados y predichos, y se destaca que mientras por una parte los residuales del modelo no sugieren tendencias, el diagrama QQ indica que en términos generales la linealidad en la escala log se verifica en todos los índices. Sin perjuicio de esto, la serie de cruceros RECLAS y MDPH son los que tienen mayor variabilidad y lejanía relativa respecto de la línea esperada.

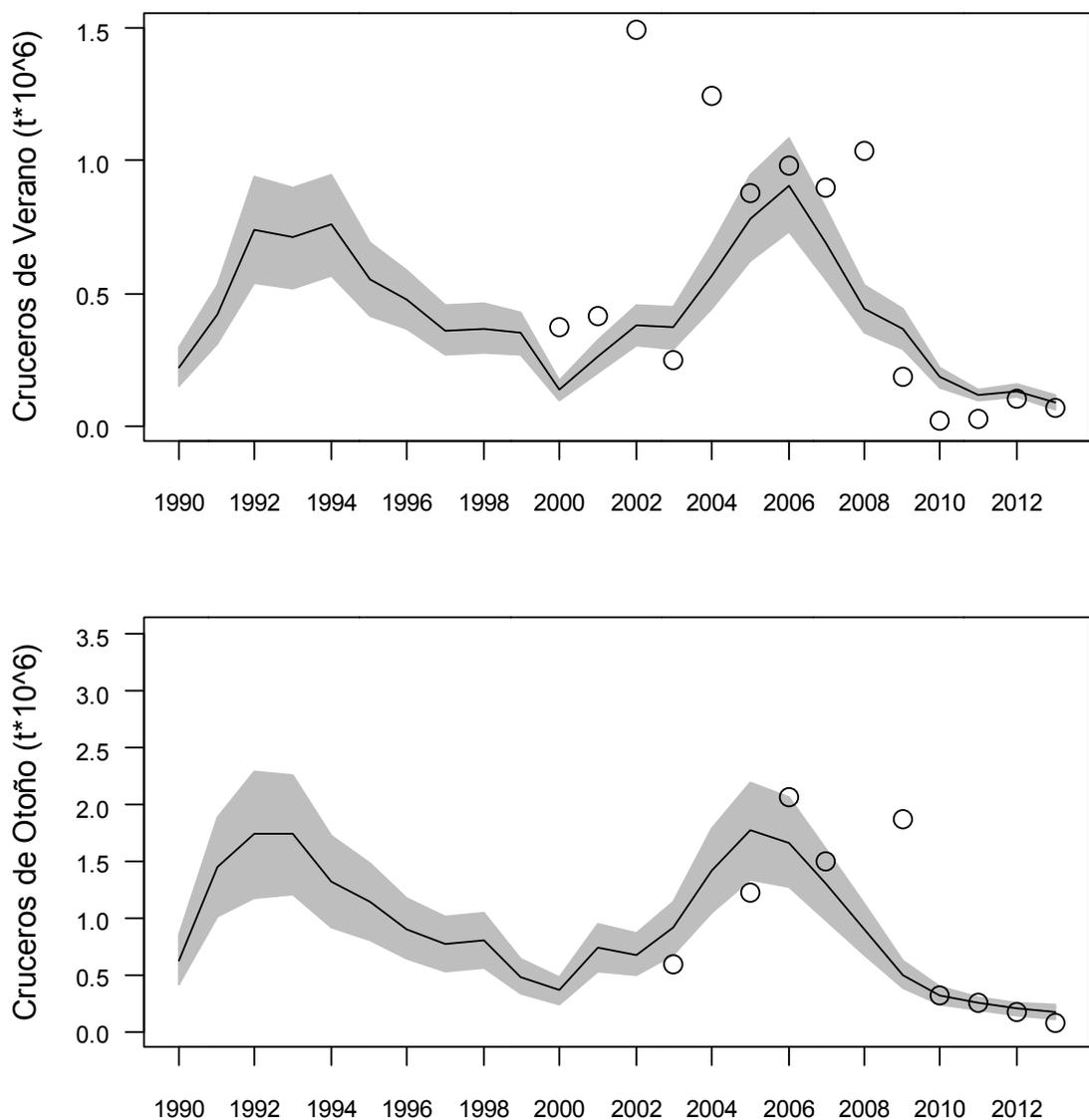


Figura 21. Ajuste del modelo anual en edades a los valores de biomazas de cruceros de verano (panel superior) y otoño (panel inferior) de anchoveta centro-sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asintótico y la línea el valor del estimador central.

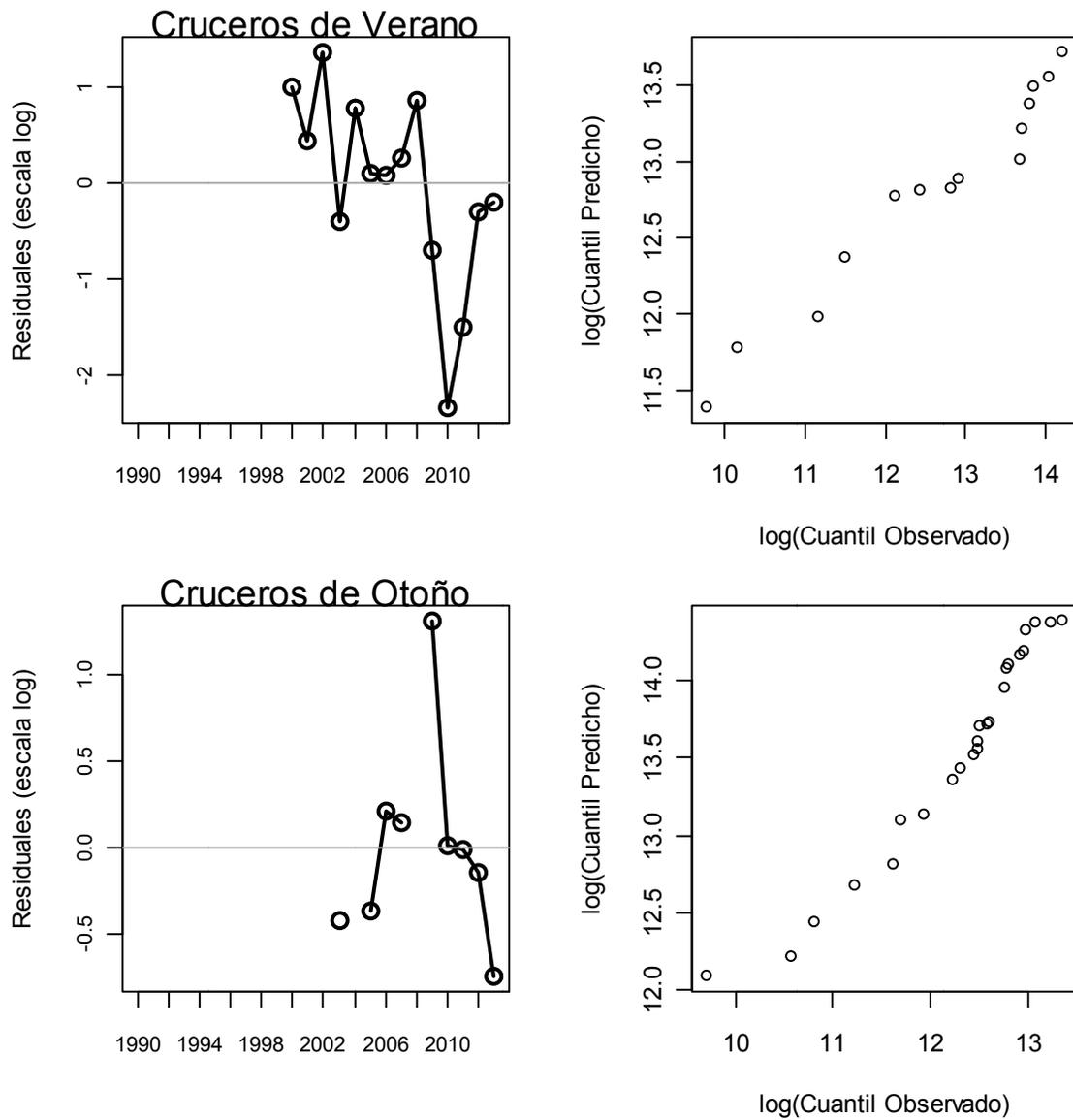


Figura 22. Residuales del ajuste biomazas Crucero de verano y otoño (derecha) y diagrama Q-Q (izquierda).

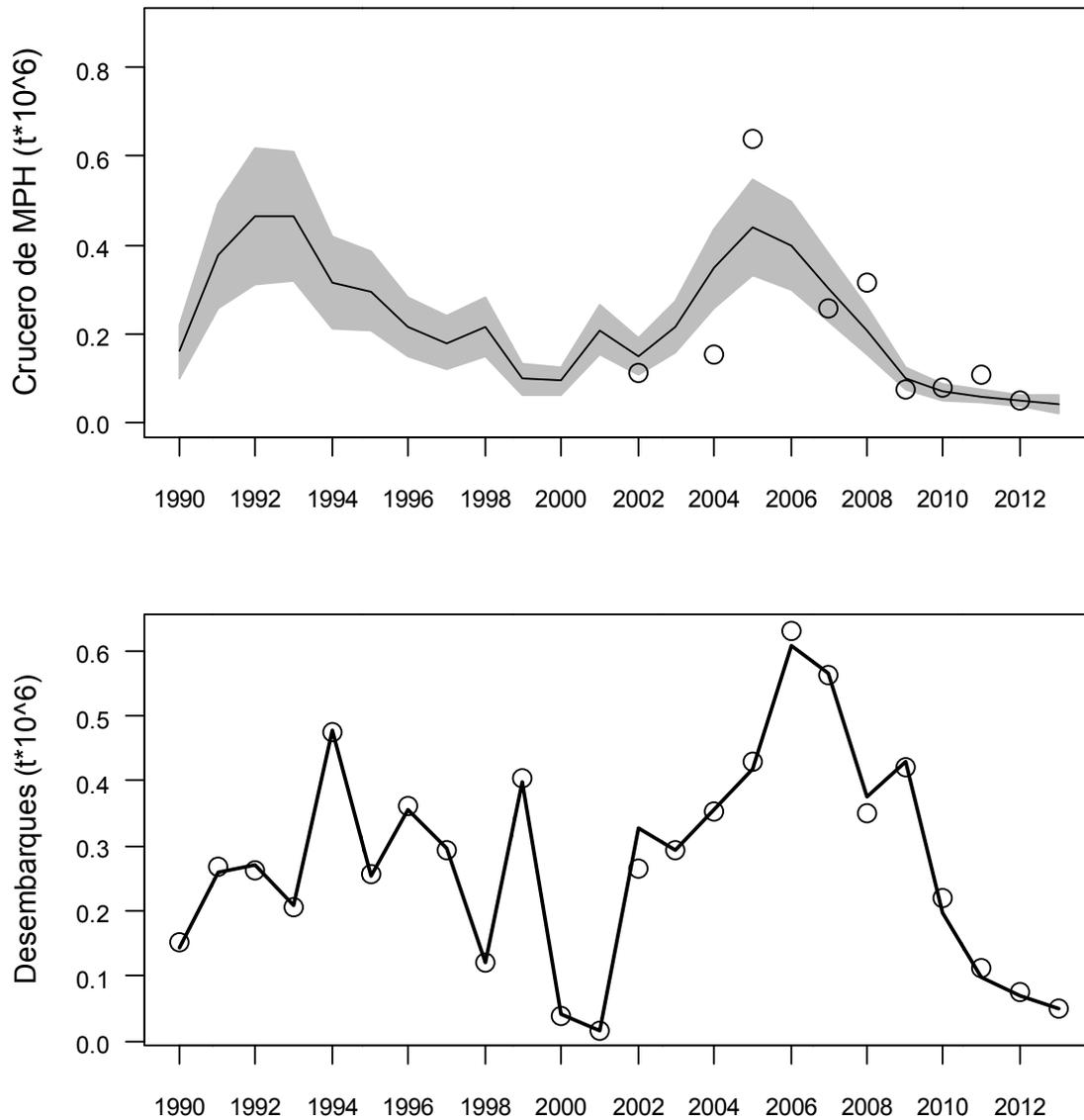


Figura 23. Ajuste del modelo anual en edades a los valores de biomazas de cruceros MPDH (panel superior) y desembarques (panel inferior) de anchoveta centro-sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asint3tico y la lnea el valor del estimador central.

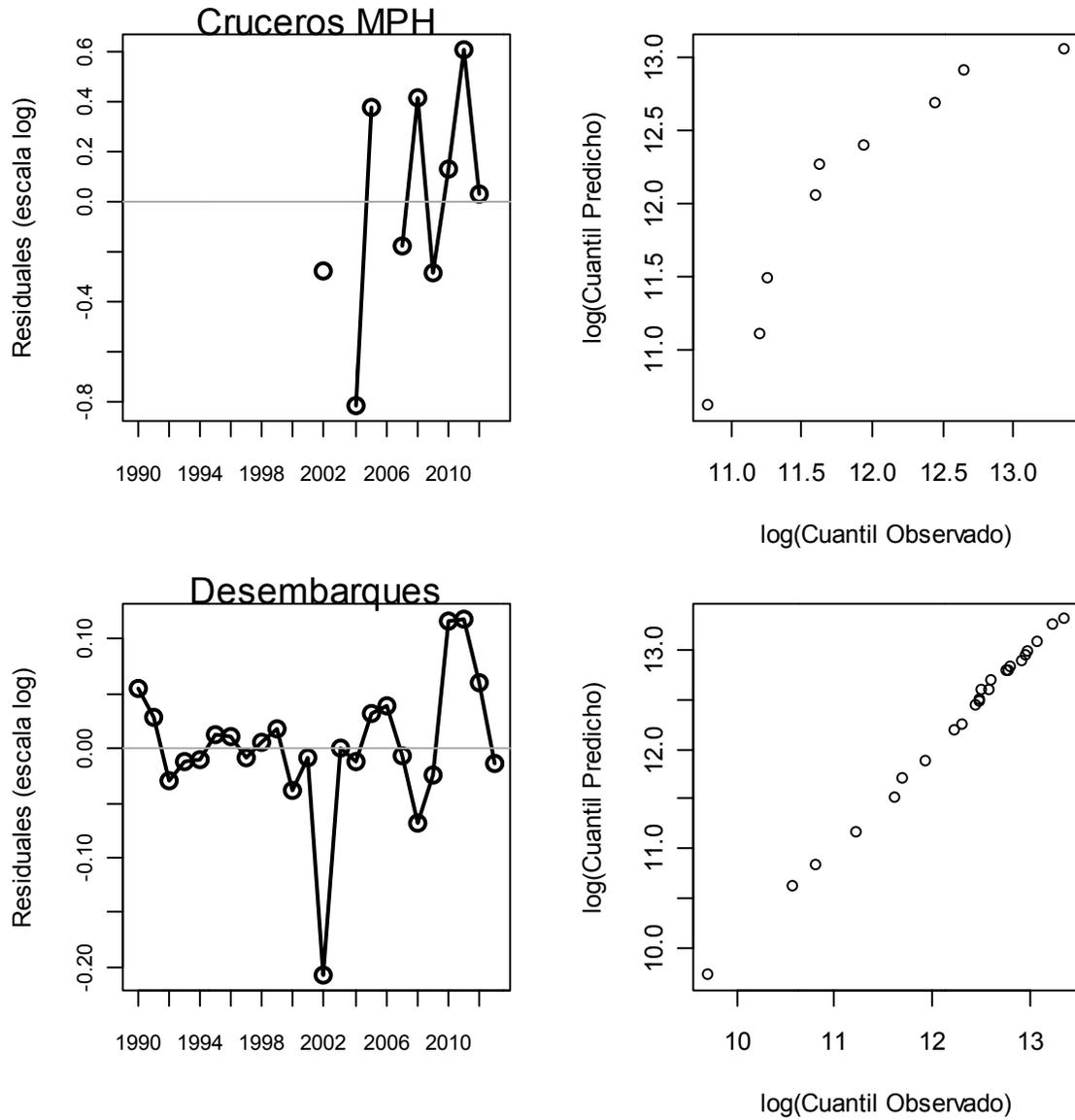


Figura 24. Residuales del ajuste biomasa crucero MPH y Desembarques (derecha) y diagrama Q-Q (izquierda).



Composición de edades

En esta evaluación se tuvo presente la actualización de la composición de edades de las capturas del primer semestre del año 2012 y la del crucero de verano y otoño 2013, la cual y como era de esperar, estuvo conformada mayoritariamente por individuos del grupo de edad uno (**Figura 25 a Figura 27**). En relación al ajuste del modelo a la información de composiciones de edades se observa al inicio de la serie histórica de las capturas el modelo no presenta un buen ajuste, excepto en los últimos años donde el ajuste mejora (**Figura 25**). El modelo presenta un buen desempeño en representar la composición de edades de los cruceros de verano (**Figura 26**). Sin embargo, en el caso de los cruceros de otoño el ajuste es poco consistente, sobreestimando en la corta serie de datos el grupo de edad de 0 (**Figura 27**).

En términos de la bondad de ajuste se entrega el cuadro de residuales por edad de las capturas y los cruceros junto a los diagramas QQ (**Figura 28 a Figura 30**). De este análisis cabe destacar la linealidad en los diagramas QQ, sólo es evidente a nivel de las composiciones de edades de las capturas y levemente en las composiciones de los cruceros de verano, mientras que los cruceros de otoño no presentan un buen ajuste principalmente en el grupo de edad 0. El comportamiento de los residuales de las composiciones de edades de los cruceros sugieren ciertos patrones que se reflejan principalmente en una tendencia a la subestimación de los grupos de edad 0. Cabe señalar que en el modelo estas últimas fuentes de información ingresan con un menor peso estadístico respecto de las composiciones de edades de las capturas (menor tamaño de muestra), situación que explicaría entonces una menor bondad de ajuste y por ende la existencia de tendencias en algunos residuales.

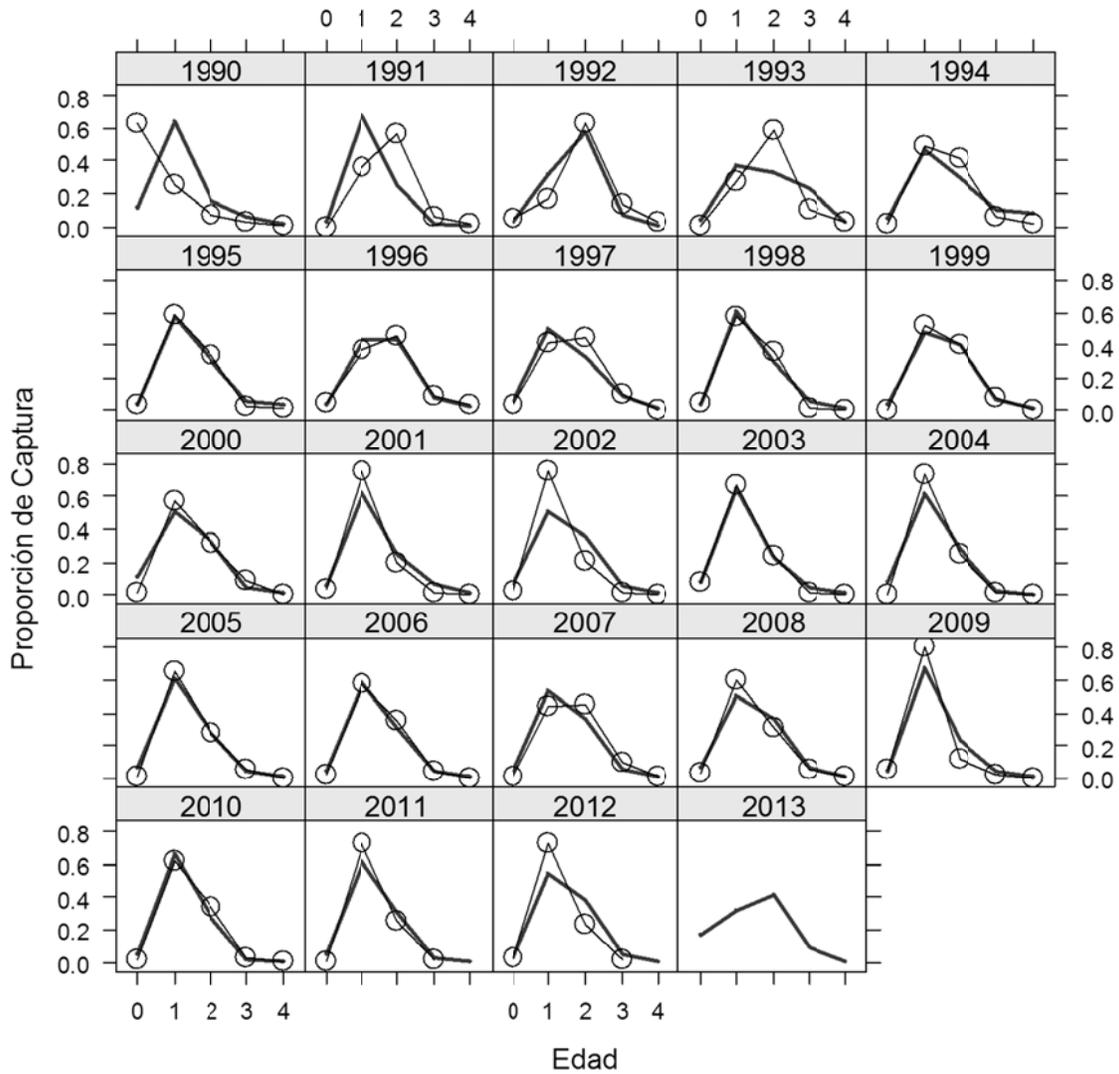


Figura 25. Ajuste del modelo en edades a las composiciones de edades de las capturas de anchoveta centro-sur.

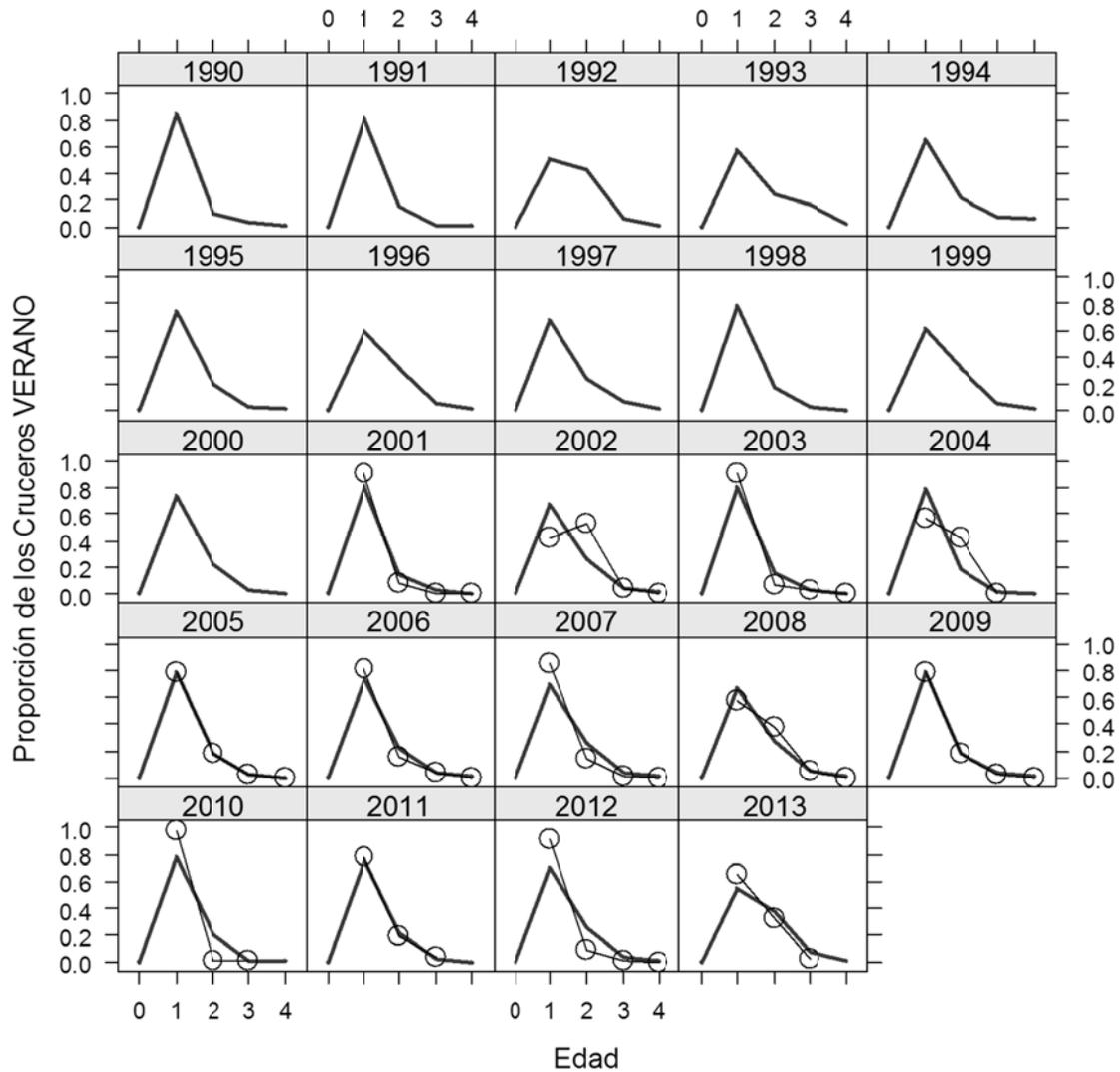


Figura 26. Ajuste del modelo en edades a las composiciones de edades de los cruceros de verano de anchoveta centro-sur.

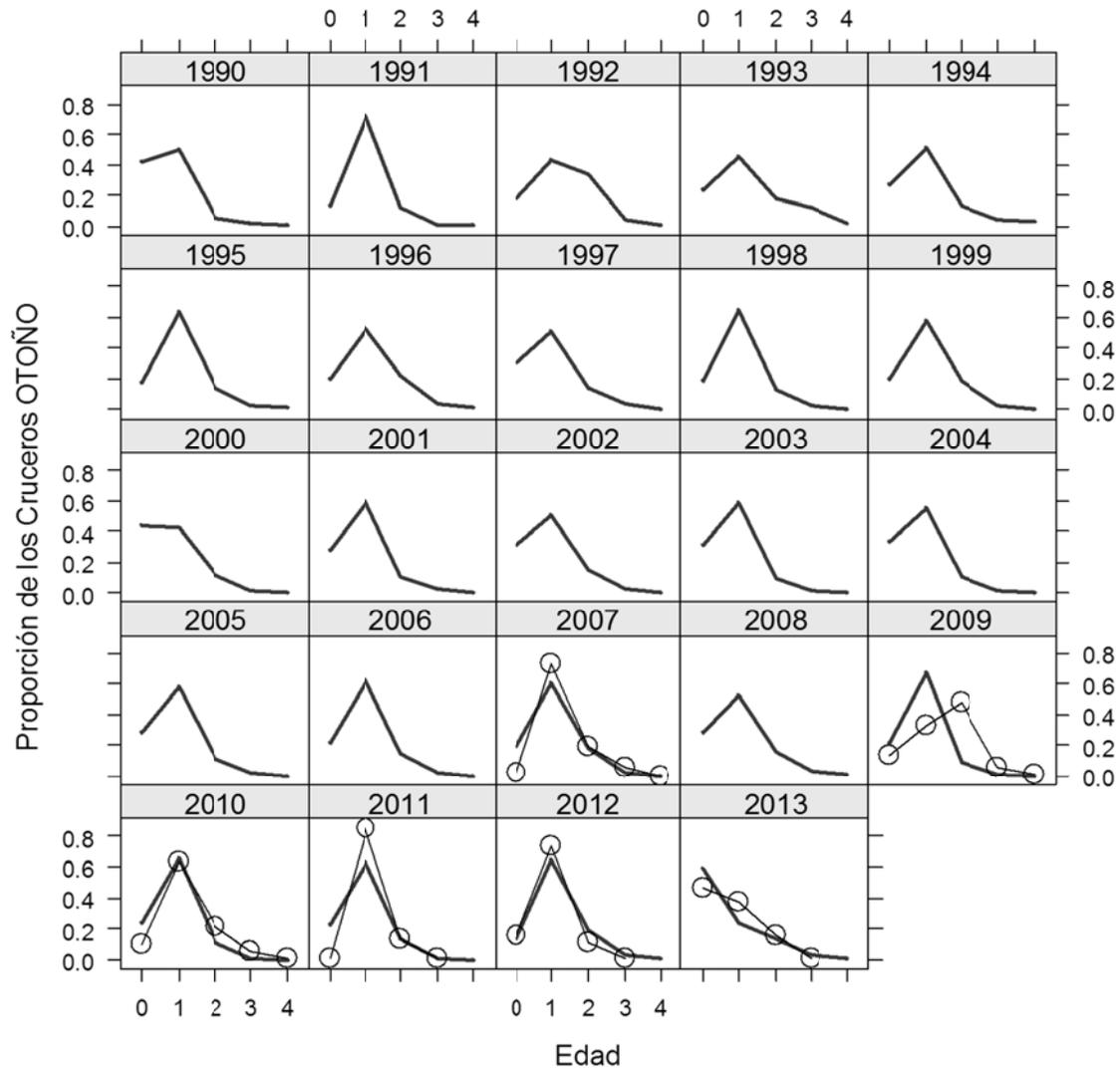


Figura 27. Ajuste del modelo en edades a las composiciones de edades de los cruceros de otoño de anchoveta centro-sur.

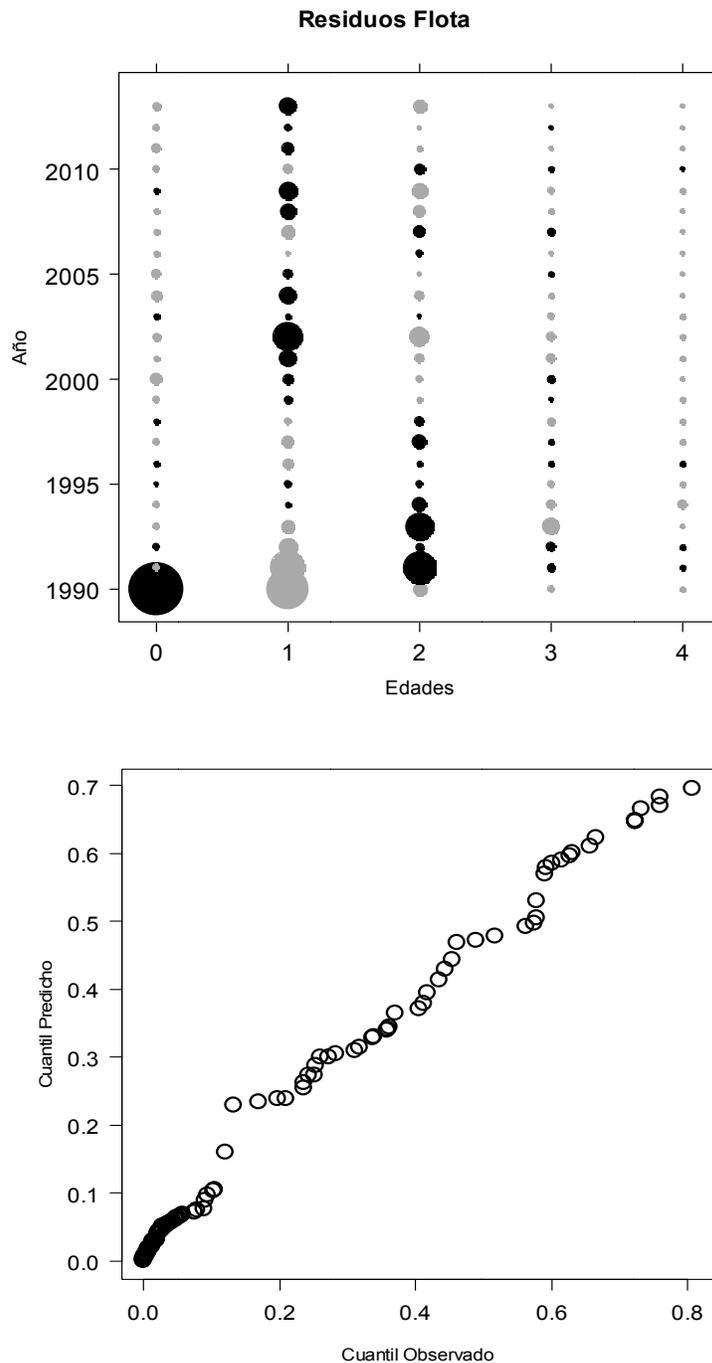


Figura 28. Residuales del modelo a las composiciones de edad de las captura por edad y año (panel superior). Diagrama Q-Q de las proporciones de edades en las capturas (panel inferior).

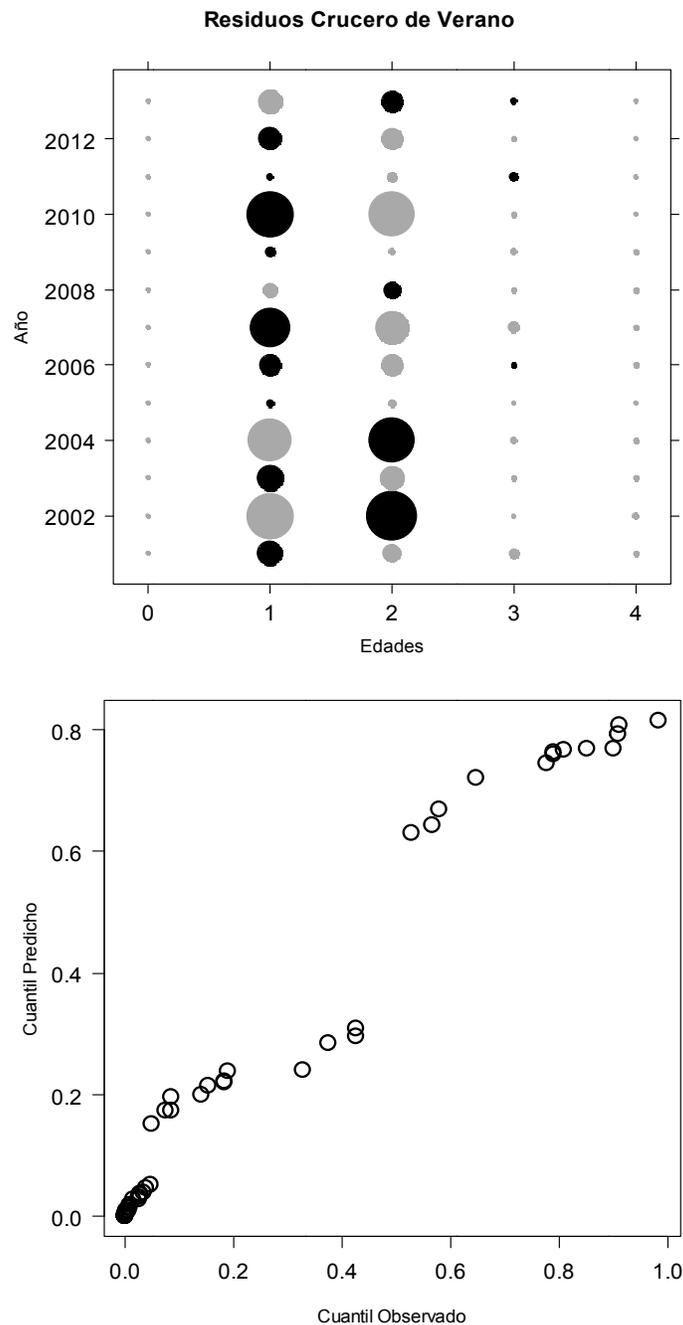


Figura 29. Residuales del modelo a las composiciones de edad de cruceros RECLAS por edad y año (panel superior). Diagrama Q-Q de las proporciones de edades en cruceros RECLAS (panel inferior).

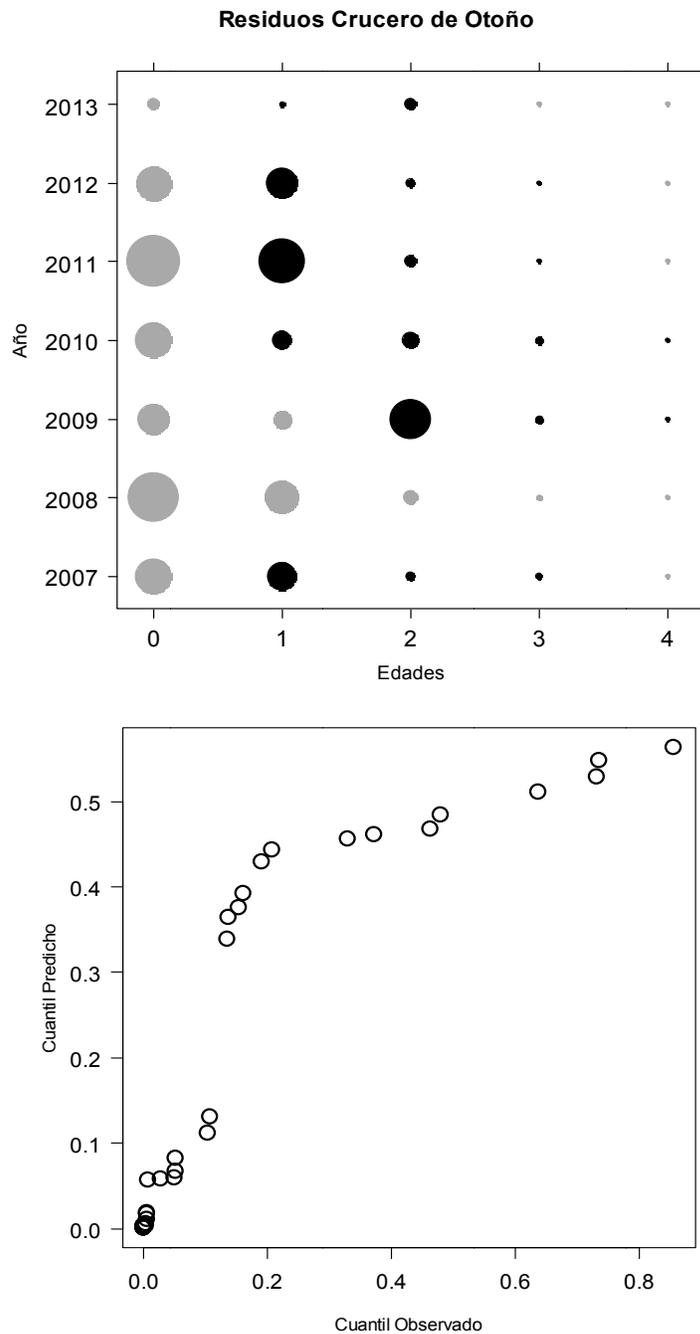


Figura 30. Residuales del modelo a las composiciones de edad de cruceros PELACES por edad y año (panel superior). Diagrama Q-Q de las proporciones de edades en cruceros PELACES (panel inferior).



Parámetros estimados modelo base

En la **Tabla 16** se muestra los parámetros estimados de la selectividad de la flota (A50f y log_rangof), del crucero de verano (A50c y log_rangoc), crucero de otoño (A50pela y log_rangopela), reclutamiento virginal (Ro), abundancias iniciales a la edad (log_desv_No), desvíos de los reclutamientos (log_desv_Rt), mortalidad por pesca anual (log_Ft), coeficiente de capturabilidad del crucero de verano (log_qrecl) y crucero mph (log_qmph).

Tabla 16.

Parámetros estimados del modelo de evaluación de anchoveta.

Objective function value = 2021,19 Maximum gradient component = 0,0000237517

Parámetros	Valores	Valores
A50f:	1,088	log_rangopela: -2,943
log_rangof:	-0,242	log_Ro: 10,778
A50c:	0,552	log_qrecl: -0,214
log_rangoc:	-2,775	log_qmph: -0,452
A50pela:	0,026	
No	<i>log_desv_No:</i>	
GE 1	0,2303	
GE 2	-1,1629	
GE 3	-1,3911	
GE 4	-2,8546	
Rt y Ft	<i>log_desv_Rt:</i>	<i>log_Ft:</i>
1990	1,0838	-0,2874
1991	0,2403	-0,3708
1992	0,2164	-0,8110
1993	0,4330	-1,0077
1994	0,5717	0,1350
1995	0,1319	-0,2648
1996	-0,1064	0,2441
1997	0,0796	0,2877
1998	-0,2768	-0,6099
1999	-0,8034	0,9195
2000	0,0531	-0,8857
2001	0,1956	-2,4908
2002	0,4093	0,4940
2003	0,5101	0,3552
2004	0,8021	0,0207
2005	0,8918	-0,0449
2006	0,5552	0,3054
2007	0,1254	0,3762
2008	0,2297	0,3795
2009	-0,4335	1,1257
2010	-0,9453	0,8956
2011	-1,3247	0,4154
2012	-2,1581	0,1160
2013	-0,4807	0,0368



Análisis retrospectivo

El análisis retrospectivo es una herramienta útil para evaluar la robustez del modelo frente a nuevas piezas de información lo que también permite validar el modelo de análisis. Se trata de una validación cruzada de naturaleza sistemática en la que es removido secuencialmente el último año de información y se evalúa su impacto en las tendencias poblacionales. El desempeño del modelo base se ilustra en las **Figura 31**, de las cuales destaca la notable consistencia en las estimaciones tanto a nivel de biomazas como reclutamientos particularmente hasta el 2007. A nivel de reclutamientos se observan algunas inconsistencias los últimos años causado principalmente por la alta variabilidad de los índices de abundancia de los cruceros de verano.

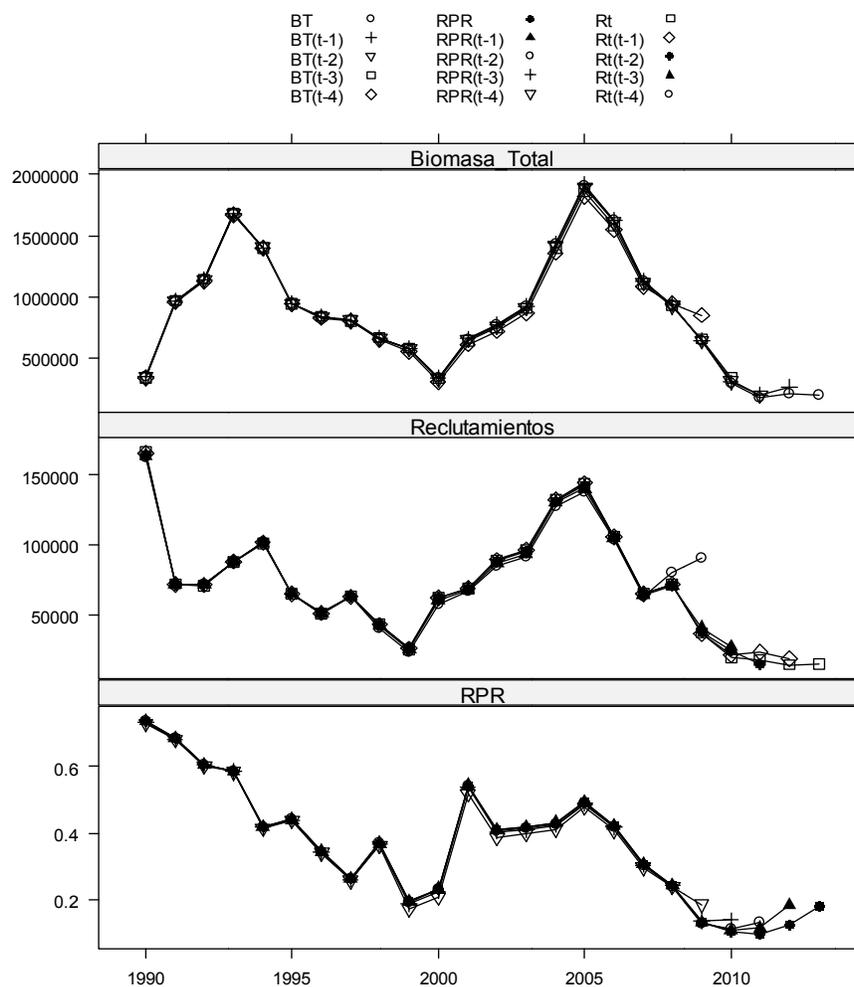


Figura 31. Análisis retrospectivo de biomasa total (t), reclutamientos y reducción del potencial reproductivo (RPR).



6.2. Indicadores poblacionales

Reclutamientos

De acuerdo con el modelo base, la población de anchoveta ha experimentado importantes fluctuaciones en los reclutamientos (edad 0) cuya magnitud alcanza a impactar los grupos de 1 y 2 años de edad. El importante nivel de mortalidad natural se traduce en una sobrevivencia del 55% en promedio de la cohorte que ingresa al término del segundo año (edad 1) y del 30% en promedio al término del tercer año (edad 2). En este sentido, los grupos de edad 3+ no revisten mayor contribución en la producción tanto a nivel de desove como de biomasa disponible a la flota (**Figura 32**).

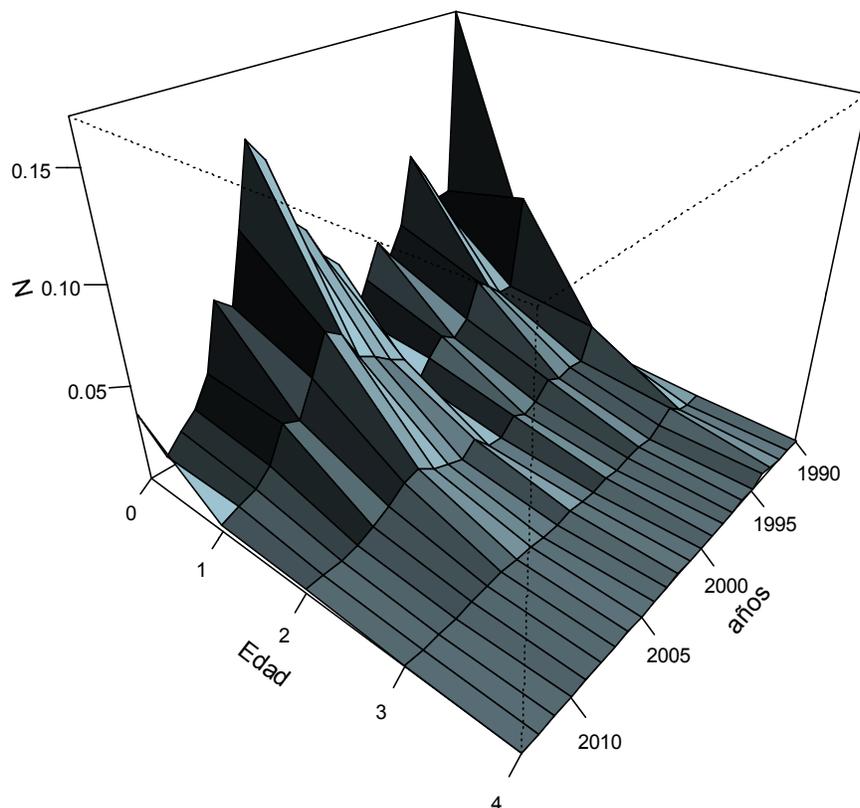


Figura 32. Composición de edades de la abundancia de anchoveta por año.



Las fluctuaciones en el reclutamiento de anchoveta han sido importantes, presentando desvíos positivos desde fines de los noventa hasta mediados de la presente década, lo que se traduce en que durante dicho período la población habría registrado una tendencia al incremento con cohortes relevantes los años 1994, 2004 y 2005 (**Figura 33**). Sin embargo, la problemática actual del stock de anchoveta de la zona centro-sur es que el reclutamiento detectado desde el año 2006 ha sido extremadamente débil, siendo el año 2012 el más bajo de la serie histórica con un incremento en el reclutamiento medio estimado para el año 2013, el cual a su vez presenta un mayor nivel de incertidumbre(**Figura 33**). Se estima que a la fecha los reclutamientos son muy bajos (menor que el reclutamiento promedio de largo plazo " R_0 "), considerado como el período más largo de reclutamientos reducidos en toda la serie histórica (años 1990 – 2013).

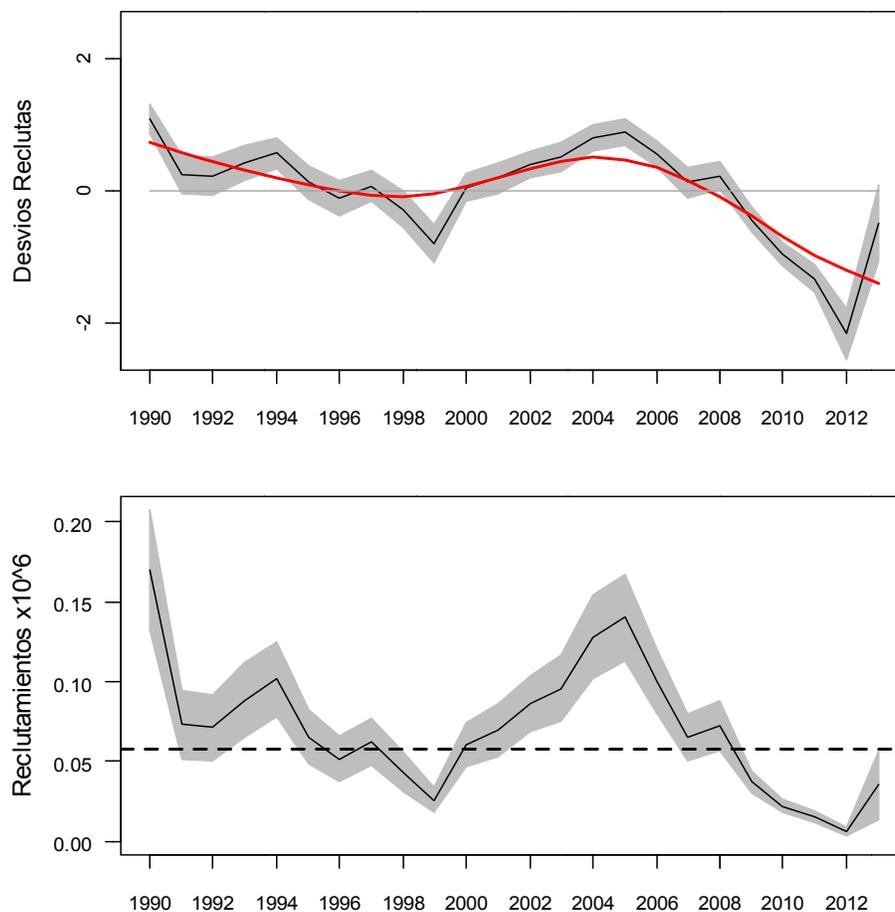


Figura 33. Anomalías logarítmicas (panel superior) y reclutamientos (panel inferior) de anchoveta centro sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asintótico y la línea el valor del estimador central. La línea segmentada representa el reclutamiento promedio de largo plazo (R_0).



Biomasa

La biomasa total del stock de este recurso, se encuentra sustentada esencialmente en los grupos de edad 0 y 1 año, lo cual provoca que cada año se produzcan clases de edad fuerte o débil que marcan de manera decisiva los niveles de biomasa. En la actualidad, la serie histórica de biomazas totales exhiben una disminución sostenida luego de un período de alta abundancia que habría terminado el año 2005-2006. La biomasa total (0+) estimada el año más reciente es del orden de las 242 mil toneladas, un 23% menor al promedio de los últimos 5 años (años 2009 – 2013) estimado en 316 mil toneladas.

Por otro lado, la biomasa del stock desovante también se ha reducido enormemente, dado que no se han incorporado suficientes individuos nuevos a la población que posibiliten su recuperación. La biomasa desovante estimada para el año 2013 es un 35% menor al promedio del período 2009 – 2013 estimado en 99 mil toneladas y un 90% menor a la Biomasa desovante virginal de largo plazo (B_0) (Tabla 17 y Figura 34).

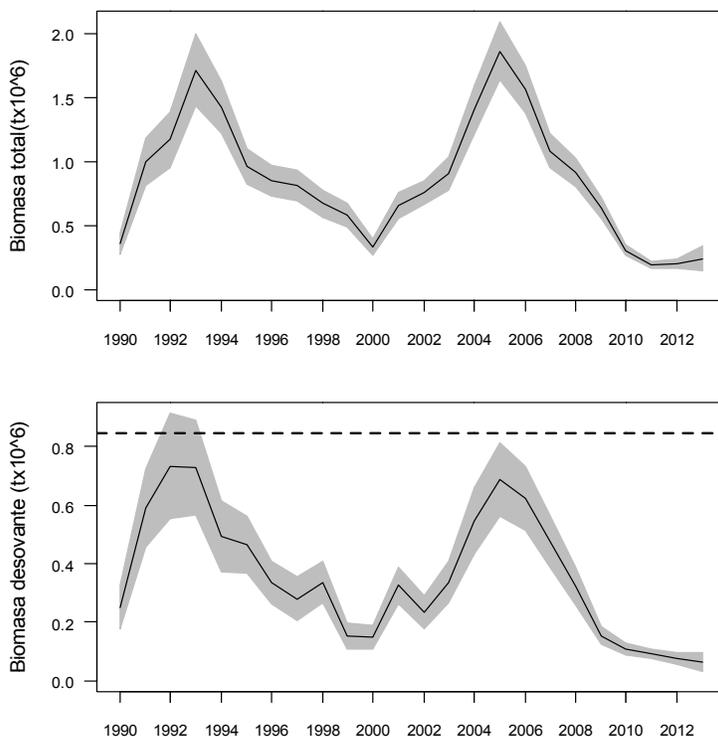


Figura 34. Intervalos de confianza de la biomasa total (panel superior) y biomasa desovante (panel inferior) de anchoveta centro-sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asintótico y la línea el valor del estimador central. La línea segmentada representa la biomasa desovante virginal (B_0) de largo plazo.



Mortalidad por pesca y selectividad

Las mortalidades por pesca de este recurso han mostrado una tendencia al alza, mostrando altos niveles de mortalidad (por sobre el valor de mortalidad natural) que lograron su máximo el 2009 y 2010. Posteriormente estos niveles disminuyen producto de la sostenida reducción de la biomasa de anchoveta en la zona de estudio la que actualmente no supera las 250 mil toneladas, reflejado en el descenso de la tasa de explotación (**Figura 35**).

Por su parte, la selectividad de la flota indica que el recurso es próximo a su completo reclutamiento a la pesquería a la edad de 2 años cuya retención es del orden del 97%, mientras que los individuos de edad 0 y 1 (reclutamientos) son vulnerados en un 2% y 40% respectivamente. Por su parte, la información de los cruceros acústicos indica leves diferencias entre los cruceros de verano y otoño, ambos comienzan a ser completamente vulnerados a partir de la edad 1, por otro lado, los cruceros de otoño presenta una retención del orden del 20% a la edad "0" (**Figura 36**), este último producto de la sobreestimación del modelo sobre el grupo de edad "0" en los datos de composición de edad.

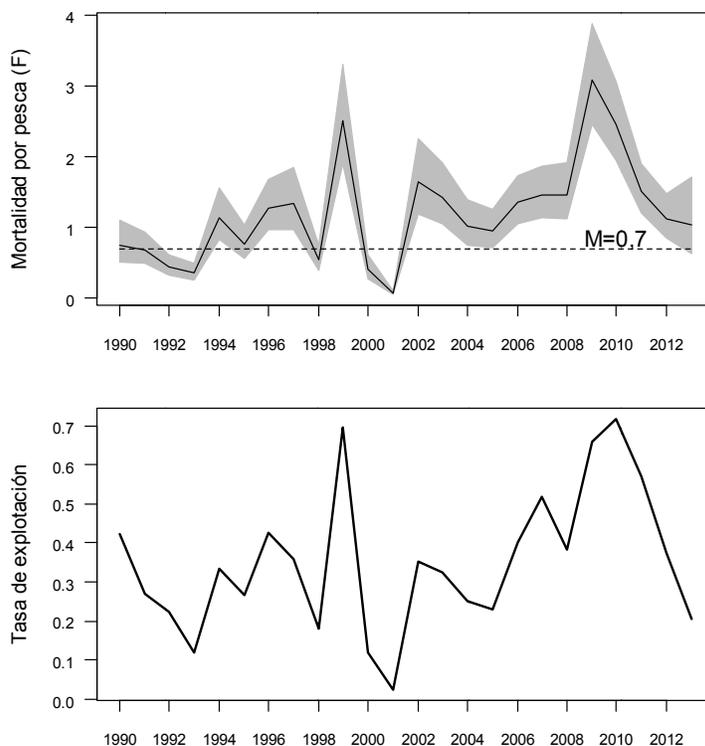


Figura 35. Variabilidad anual de la mortalidad por pesca y tasa de explotación de anchoveta centro-sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asintótico y la línea continua corresponde al valor del estimador central mortalidad por pesca. La línea segmentada corresponde al valor de mortalidad natural constante entre años.

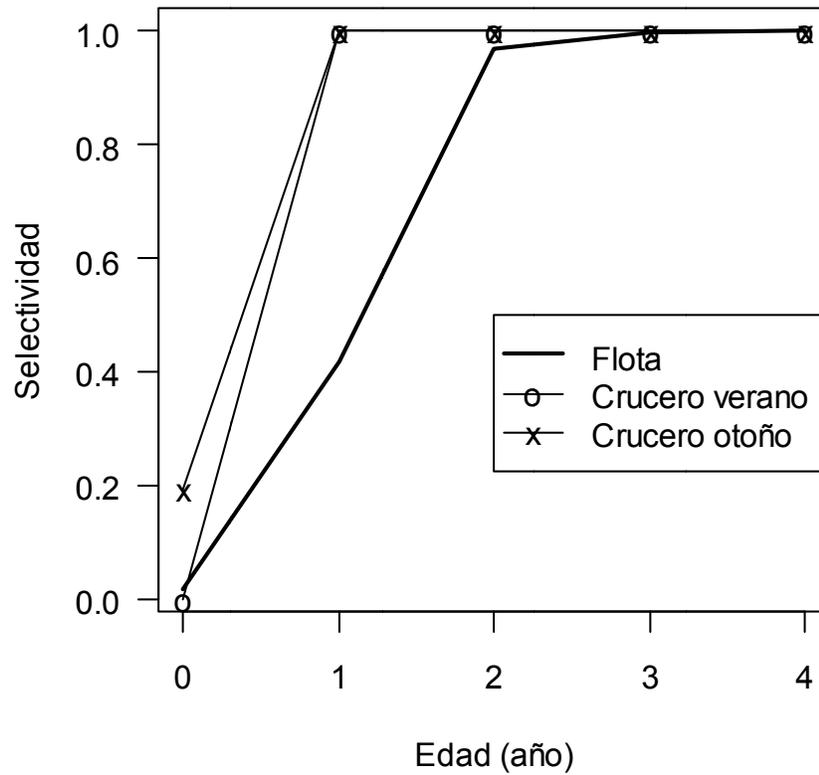


Figura 36. Selectividad de la flota y de los cruceros acústicos en anchoveta Centro-Sur.



Tabla 17.
Principales variables poblacionales de la anchoveta Centro-Sur.

	Biomasa 0+ (t)	Biomasa desovante (t)	Reclutamientos (cientos de miles)	Mortalidad por pesca (F)
1990	358.180	251.887	169.728	0,750
1991	997.793	590.526	73.018	0,690
1992	1.168.920	732.534	71.289	0,444
1993	1.710.090	728.625	88.531	0,365
1994	1.425.130	494.085	101.710	1,145
1995	960.321	463.307	65.518	0,767
1996	845.799	335.923	51.623	1,276
1997	813.498	280.575	62.174	1,333
1998	669.777	337.206	43.533	0,543
1999	582.348	152.735	25.712	2,508
2000	332.808	148.189	60.552	0,412
2001	656.131	326.046	69.822	0,083
2002	757.489	233.753	86.460	1,639
2003	907.327	336.499	95.633	1,427
2004	1.401.110	545.435	128.063	1,021
2005	1.862.060	688.500	140.071	0,956
2006	1.565.330	623.957	100.039	1,357
2007	1.083.090	477.447	65.090	1,457
2008	915.109	324.162	72.243	1,462
2009	636.312	154.454	37.219	3,082
2010	307.211	107.319	22.310	2,449
2011	195.131	93.495	15.268	1,515
2012	199.527	77.258	6.634	1,123
2013	242.969	64.248	35.505	1,037



6.3. Estatus del recurso

6.3.1. Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) establece que las pesquerías deberán alcanzar o mantenerse en torno del rendimiento máximo sostenido RMS considerando las características biológicas de los recursos explotados, para lo cual exige, se estimen los niveles de biomasa y mortalidad por pesca en el RMS, y los niveles límite que definen el agotamiento o colapso. Con el objeto de abordar la estimación de puntos biológicos de referencia límite y aquellos basados en el RMS, IFOP y el grupo de trabajo del Comité Científico “Evaluación de Stock y Estrategias de Explotación Recursos Pelágico” han avanzado en ésta materia y cuyos resultados han sido reportados en Zúñiga y Canales (2012 y 2013), utilizando una aproximación similar a la presentada por Cubillos *et al* (2002), llamada “modelo de producción edad-estructurado” que es una combinación de rendimiento por recluta (YPR) y biomasa desovante por recluta (BPR) con una relación stock-recluta (S-R) conveniente para generar curvas de rendimiento de equilibrio totales para una pesquería (Shepherd 1982, Sissenwine y Shepherd 1987, Cubillos *et al* 2002).

Respecto de la propuesta de PBR límites, estos fueron informados en Zúñiga y Canales (2012 y 2013) con valores de reducción de stock basados en el modelo Beverton y Holt (B/H) que generan escapes en promedio inferiores al 25% de B_0 para lograr el RMS, los que aumentan en torno al 40% de B_0 en un modelo S/R Ricker. Si esto último fuera la norma, implica entonces que ha de declararse un recurso sobre-explotado (agotado) cuando el stock esté reducido levemente más allá del 40% de la biomasa virgen, lo cual para el modelo B/H significa un objetivo de manejo. En efecto y en relación con PBR objetivos, considerando por ejemplo el escape de biomasa que genera el 90% del MRS, los resultados indicaron escapes mayores al 42% para el modelo B&H y por sobre el 60% si se considera el modelo Ricker. Un análisis comparativo del modelo Ricker v/s Beverton y Holt realizado por Cubillos *et al.* (2002) demuestra que el modelo de Ricker produce estimaciones de BD_{RMS}/BD_0 en el largo plazo significativamente menores (al menos la mitad) respecto del modelo de Beverton y Holt, por lo cual y frente a las diversas fuentes de incertidumbre su uso no parece lo mas precautorio para fines de manejo pesquero.

Canales *et al.* (2013), proponen los referentes, límites y objetivos que serán considerados para definir la condición de explotación durante el 2013. Estos referentes son en su mayoría proxys del RMS y serán revisados en el proyecto “Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenido) en las pesquerías Nacionales” que realiza IFOP, y en los Comités Científico Técnicos. (**Anexo 2**).

Tabla 18 muestra los niveles límites y objetivos propuestos por Canales *et al.* (2013) para peces pelágicos pequeños.



Tabla 18.
Puntos de Referencia objetivo y límites para recursos pelágicos que definen su estado y criterio de explotación.

	BD0(*)	Proporción de BDo				Mortalidad por pesca (F)			RMS	Referencia
		Límite sub-explotación	Objetivo	Límite sobre-explotación	Límite colapso	Límite sub-explotación	Objetivo	Límite sobre-explotación		
Anchoveta XV-II	1	45%	40%	35%	20%	F45%BD0	F40%BD0	F35%BD0	3	-
Anchoveta III-IV	1	65%	60%	55%	20%	F65%BD0	F60%BD0	F55%BD0	3	-
Anchoveta V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45%BD0	F40%BD0	F35%BD0	4	Canales y Zuñiga, 2012
Sardina V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45%BD0	F40%BD0	F35%BD0	4	Zuñiga y Canales, 2012
Sardina Austral	1	65%	60%	55%	20%	F65%BD0	F60%BD0	F55%BD0	3	-

(*) BDo: biomasa desovante virginal

(1) Dinámico: razón potencial reproductivo para cada año

(3) proxy

(4) calculado

En anchoveta de la V-X Regiones el límite de sobre-explotación queda definido cuando la biomasa exceda el límite inferior de la biomasa referida al RMS ($B_{rms_{LI}} = 35\%$). Al respecto, los intervalos de la RMS no necesariamente deben ser simétricos, de manera que desde el enfoque precautorio el límite inferior puede ser muy pequeño y establecido por consenso, mientras el límite superior podrá considerar elementos de incertidumbre y variabilidad. Como valor inicial se propone que el límite inferior se distancie 5 puntos porcentuales del valor B_{RMS} . El límite superior de la $B_{rms_{LS}} = 45\%$ se propone como *objetivo de manejo precautorio* relacionado con el RMS, con lo cual la plena explotación incluye al RMS ($B_{rms} = 40\%$) y queda restringida entre dos valores: $B_{límite}$ ($B_{rms_{LI}} = 35\%$) y $B_{precautorio}$ ($B_{rms_{LS}} = 45\%$). La variable de control (mortalidad por pesca) definirá a la sobrepesca sin considerar intervalos de confianza, de manera que la condición anterior se declara cuando $F > F_{RMS}$ ($F_{RMS} = 1.04$). Lo anterior implica establecer el criterio de explotación $F = F_{RMS}$ para cualquier condición de biomasa mientras esta sea mayor o igual de B_{RMS} (**Anexo 3 y 4**).

Los puntos biológicos de referencia propuestos para los pelágicos de la V-X Regiones han generado preocupación sobre el alto nivel de mortalidad por pesca (F40%) que general el MRS y como este referente a provocado un cambio respecto del esquema históricamente empleado (F60%). Antecedentes preliminares demuestran que criterios como F60% son referentes muy conservadores para un régimen histórico de reducción de biomasa que en general ha variado en torno al 40%-50% y de recursos con una gran resiliencia. Sin embargo, dado el rol ecológico de los peces pelágicos pequeños, considerados como de base de la cadena trófica vista desde una perspectiva ecosistémica, estos referentes serán debatidos en los CCT y en el proyecto internacional de PBR (**Anexo 3 y 4**).



6.3.2. Razón del Potencial Reproductivo (RPR) y Fases explotación

Se analiza el desempeño de dos indicadores de reducción poblacional, el primero corresponde a la reducción de la biomasa desovante potencial (“RPR_{dinámico}”) y el segundo a la reducción de la biomasa desovante virginal (“RPR_{equilibrio}”). Ambos estimadores tienen por numerador la biomasa desovante y por denominador, la biomasa desovante que hubiera existido sin pesca en cierto instante del año (“RPR_{dinámico}”), o la biomasa desovante virginal estimada para el largo plazo para el caso del “RPR_{equilibrio}”.

$$RPR_{dinámico}_t = \frac{BD_t}{BD_{t,F=0}}, \quad RPR_{equilibrio}_t = \frac{BD_t}{BD_0}$$

La biomasa desovante virginal de largo plazo es una variable calculada de la multiplicación entre el valor que toma la biomasa desovante por recluta cuando la mortalidad por pesca es cero ($F=0$) y el reclutamiento virginal R_0 (Figura 37). Los valores estimados de $BD_0= 760$ mil t y $R_0=57$ miles de millones.

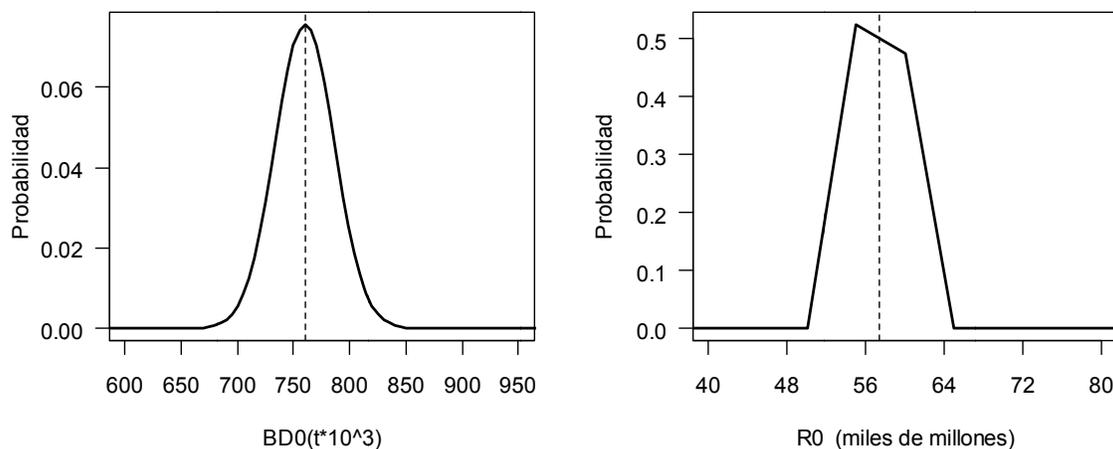


Figura 37. Rango de probabilidad de la biomasa desovante virginal y reclutamiento virginal de anchoveta V-X Regiones.



Ambos indicadores muestra a partir del 2008 la explotación de anchoveta comenzó a alejarse de valores de referencia considerados precautorios ($RPR > 0,35$) ingresando a un proceso de sobreexplotación, situación que durante el período 2009-2011 se convierte en una condición de agotamiento o colapso con una razón de potencial reproductivo bajo el 20% de la biomasa sin explotación producto de una seguidilla de malos reclutamientos y altos niveles de extracción. Sin embargo, para la condición del año más reciente, estos indicadores muestran condiciones contradictorias. Por un lado, el $RPR_{dinámico}$ indica que el recurso se encontraría al 38% de $BD_{F=0}$ (condición en plena explotación), mientras que el $RPR_{equilibrio}$ indica una condición de colapso (10% de BD_0) (

Figura 38).

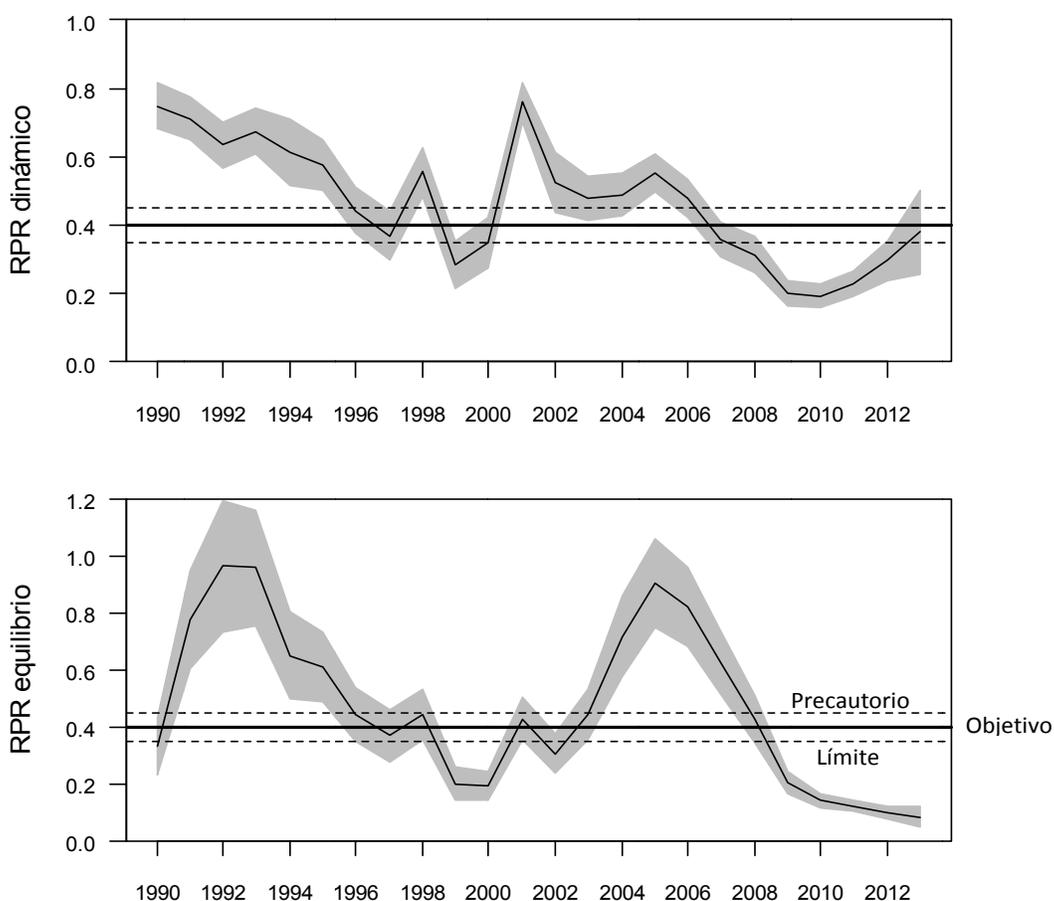


Figura 38. Índices de Reducción de la Biomasa desovante potencial (panel superior) y de la biomasa desovante virginal de largo plazo (panel inferior) de anchoveta centro-sur. La zona sombreada corresponde al intervalo de confianza asíntotico y la línea continua corresponde al valor del estimador central.



Estas diferencias radicarían en los procesos poblacionales que logran ser advertidos. Por un lado, el “RPR_{dinámico}” tiene como cota el valor 1,0 que en teoría igualmente podría ser alcanzado cuando la biomasa cae por cuestiones naturales (fallas en los reclutamientos) aún sin explotación. Este índice refleja solo los efectos de la pesca y sería menos sensible a los cambios en los niveles de reclutamiento estimados por el modelo de evaluación, como se puede observar en la condici3n del ańo 2013. Mientras que el “RPR_{equilibrio}” permite incorporar las variaciones de la biomasa desovante en el tiempo y por ende sus variaciones gatilladas por ambos factores (reclutamientos y mortalidad).(Figura 39). Se considera que el índice de reducci3n de la biomasa desovante virginal de largo plazo “RPR_{equilibrio}” reflejaría de mejor manera la condici3n de la biomasa desovante 2013 de anchoveta V-X Regiones. Sin perjuicio de esto, el tema debiera ser mayormente discutido en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

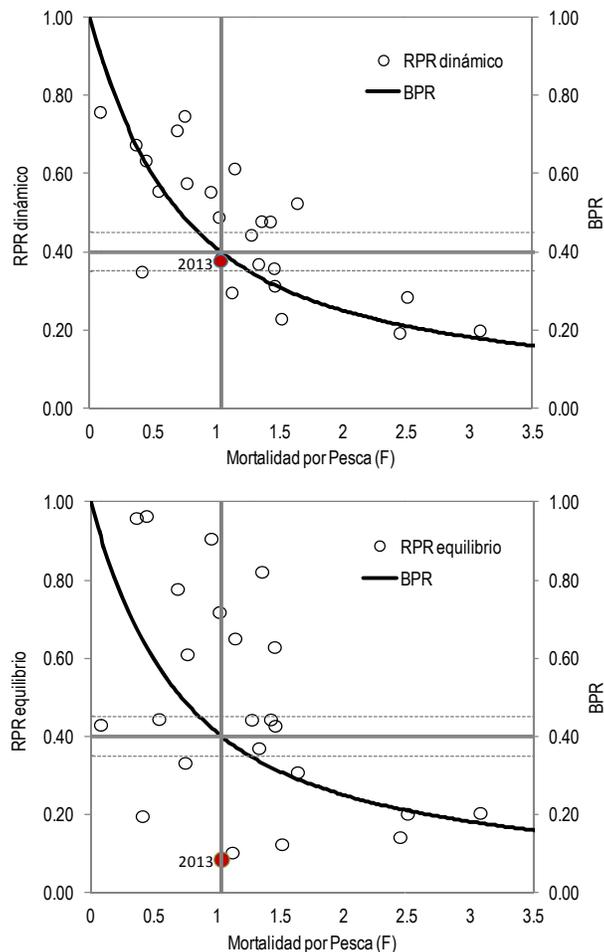


Figura 39. Relaci3n entre los índices de reducci3n de stock y la Mortalidad por pesca anual (F) en anchoveta V-X Regiones.



En el diagrama de fases de explotación propuesto por Canales *et al.* (2013), las escalas de biomasa y mortalidad por pesca son relativas al RMS. La zona de “Plena Explotación” cubre una región “cercana” al MRS ($40\%B_{RMS}$) y se encuentra acotada por límites que en biomasa definen, a la sub-explotación ($45\%B_{RMS}$), por el lado derecho y la sobre-explotación ($35\%B_{RMS}$) por el lado izquierdo. La mortalidad por pesca definirá a la sobrepesca sin considerar intervalos de confianza, de manera que la condición anterior se declara cuando $F > F_{RMS}$ ($F_{RMS}=1.04$). Lo anterior implica establecer el criterio de explotación $F=F_{RMS}$ para cualquier condición de biomasa mientras esta sea mayor o igual de B_{RMS} . El límite de colapso ($20\%B_{MRS}$) es adoptado sobre la base de referentes internacionales y que corresponden a proporciones de la biomasa virginal que varían entre el 10% y 20% .

Los resultados del diagrama de fase para el índice de reducción “RPR equilibrio” indica que anchoveta centro-sur se encuentra muy por debajo del objetivo de manejo ($BD < BD_{RMS}$) en una condición de colapso y en términos de mortalidad por pesca, la condición actual del recurso es igual al nivel de mortalidad por pesca objetivo $F_{sq}=F_{RMS}$ (Figura 40). La probabilidad que la biomasa desovante durante el año 2013 se sitúe en la zona de colapso $p(BD < BD_{mrs})$ llega a un 100%. Y en términos de mortalidad (F), la probabilidad de estar en sobrepesca ($p(F_{2013} > F_{mrs})$) es del 92%.

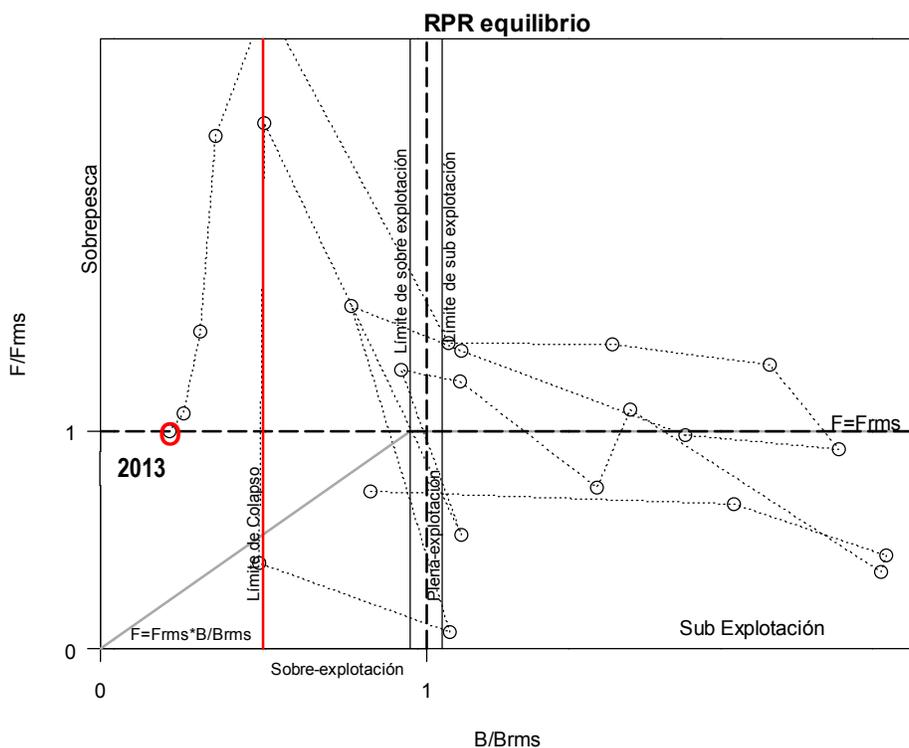


Figura 40. Diagrama de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca. Los ejes están estandarizados a los valores que generan el RMS.



6.4 Capturas Sustentables y Proyecciones del Stock

6.4.1. Capturas Sustentables

La Estimaci3n de las Capturas sustentables se realiz3 a trav3s de un an3lisis de estrategias de explotaci3n, que considera un r3gimen de mortalidad por pesca constante (F_{cte}) y otro "tipo rampa" cuyas reglas de decisi3n consider3 la mortalidad por pesca $F=F_{RMS}$ cuando $B/B_{RMS} \geq 1$, de lo contrario $F=F_{RMS} \cdot B/B_{RMS}$. Ambas estrategias permiten llevar a la biomasa del recurso al objetivo B_{RMS} . Sin embargo, el criterio tipo "rampa" permite recuperar m3s r3pido a la poblaci3n a costo de reducir significativamente la mortalidad por pesca (y las capturas), principalmente cuando $B/B_{RMS} < 1$.

Para ello se consider3 la incertidumbre de la evaluaci3n de stock y como a3o de inicio, el 2014. Bajo un escenario de reclutamiento para el a3o 2014 en valores pr3ximos al promedio hist3rico y una estrategia de explotaci3n tipo "rampa", sujeta a niveles de riesgo entre 10% y 50% de sobrepasar dicha estrategia, la captura de anchoveta de la V-X Regiones durante el a3o 2014 podr3a situarse entre 12 mil t y 4,9 mil t. (**Tabla 19**).

En los estudios previos, la recomendaci3n ha estado basada en asumir un bajo nivel de riesgo (10%) de sobrepasar el $F_{60\%}$. En el caso particular de anchoveta de la zona centro-sur se ha registrado un r3gimen hist3rico de reducci3n de biomasa que en general ha variado en torno al 40%-50% y de recursos con una gran resiliencia. Dado el rol ecol3gico de los peces pel3gicos peque3os, considerados como de base de la cadena tr3fica vista desde una perspectiva ecosist3mica, estos referentes ser3n debatidos en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

Tabla 19

Captura Biol3gicamente Aceptable (CBA) de anchoveta V-X Regiones para el a3o 2014 bajo diferentes estrategias de explotaci3n.

Regla	Criterio	B/Brms (t=1)	B/Brms (t=2)	CBA($\alpha=0.5$)	CBA($\alpha=0.1$)
F cte	F=0	0.63	1.29	1	1
	F=Frms	0.49	0.80	78,164	51,381
	F=Fsq	0.49	0.80	77,986	51,263
Rampa	Fmax=Frms	0.60	1.00	12,225	4,924



6.4.2. Proyecciones bajo distintas estrategias de explotaci3n

La proyecci3n de las variables de estado, mortalidad por pesca (F), Capturas y RPR se basan en los resultados del modelo de evaluaci3n hasta el a1o 2013 y bajo un escenario de reclutamientos constantes, estimados considerando el promedio observado durante la serie analizada. El RPR bajo las estrategia de explotaci3n Fcte y "tipo rampa", presentarían un incremento el a1o 2014 y luego una tendencia constante en un horizonte de 2 a1os, excepto para la estrategia de F=0 (**Figura 41**). Lo anterior siempre y cuando las condiciones ambientales generen un escenario apropiado para un reclutamiento de individuos en torno al promedio. El incremento en los reclutamientos del presente a1o, explican el incremento en las variables proyectada al a1o 2014.

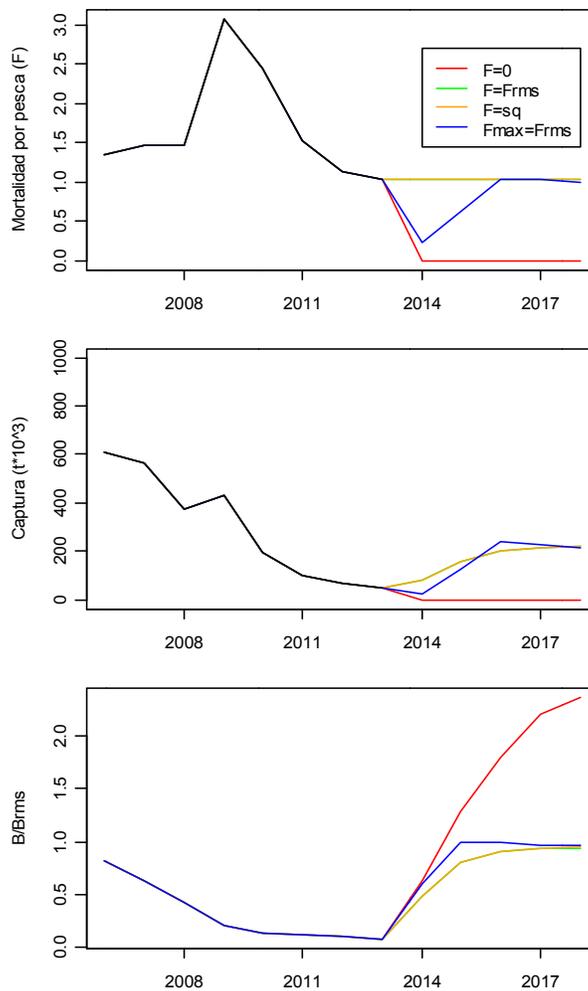


Figura 41. Proyecci3n de Mortalidad por pesca (F), Capturas y "RPR_{equilibrio}" de anchoveta V-X Regiones bajo diferentes estrategias de explotaci3n.



6.4.3. Proyección de la RPR bajo diferentes estrategias de explotación

El análisis comparativo de simulación sobre los diferentes criterios de explotación se muestra en las Figuras 42 a 45. Dada la condición actual del recurso, todas las estrategias permiten incrementar el nivel del índice para salir de la zona de colapso. Las estrategias de explotación que consideran aplicar el criterio tipo “rampa” y $F=0$ permite recuperar más rápido a la población, pero sólo en el caso de rampa el índice permanece en la zona de plena explotación (Figura 42). La estrategia de explotación F_{RMS} es igual a F_{sq} , por lo tanto, en ambas la recuperación es más lenta (Figuras 44 y 45).

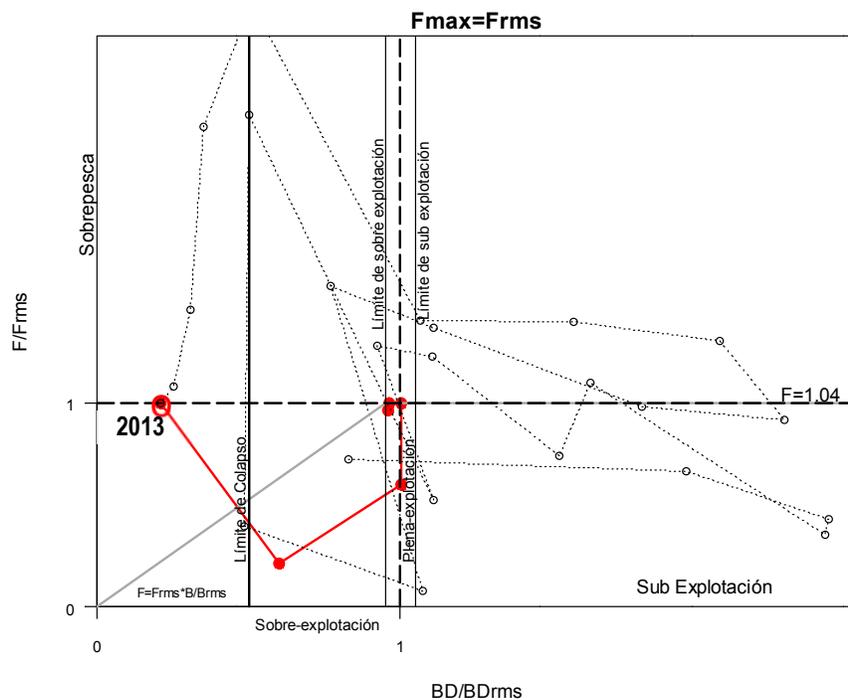


Figura 42. Proyección (línea roja) de la biomasa desovante de anchoveta V-X Regiones bajo el criterio de explotación “tipo rampa” $F_{max}=F_{rms}$.

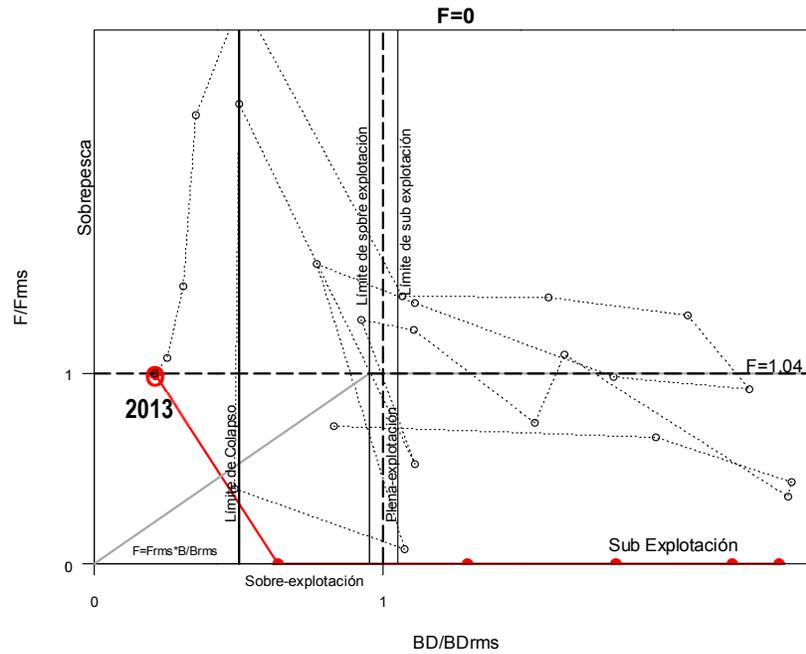


Figura 43. Proyecci3n (l3nea roja) de la biomasa desovante de anchoveta V-X Regiones bajo el criterio de explotaci3n $F=0$ (Captura cero).

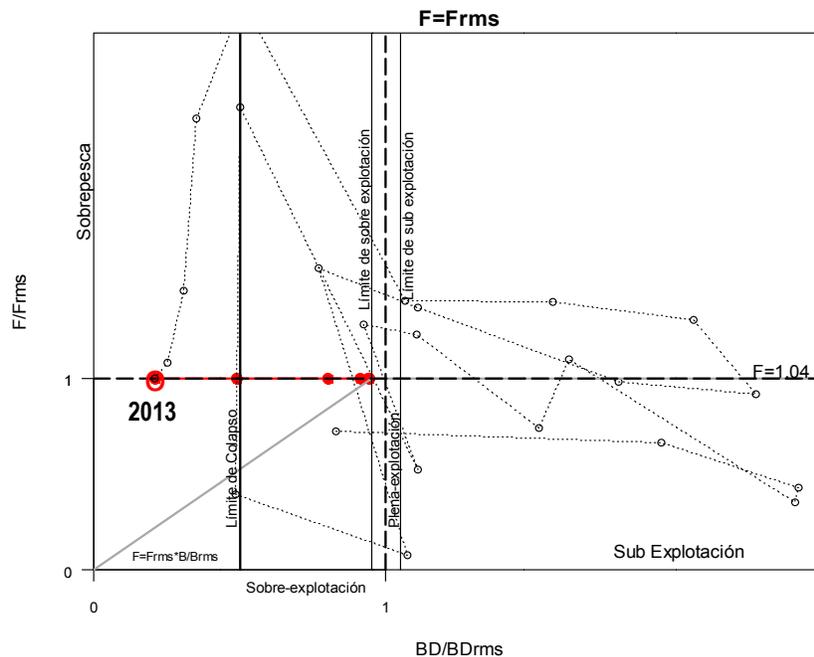


Figura 44. Proyecci3n (l3nea roja) de la biomasa desovante de anchoveta V-X Regiones bajo el criterio de explotaci3n $F=Frms$ ($F40\% = 1,04$).

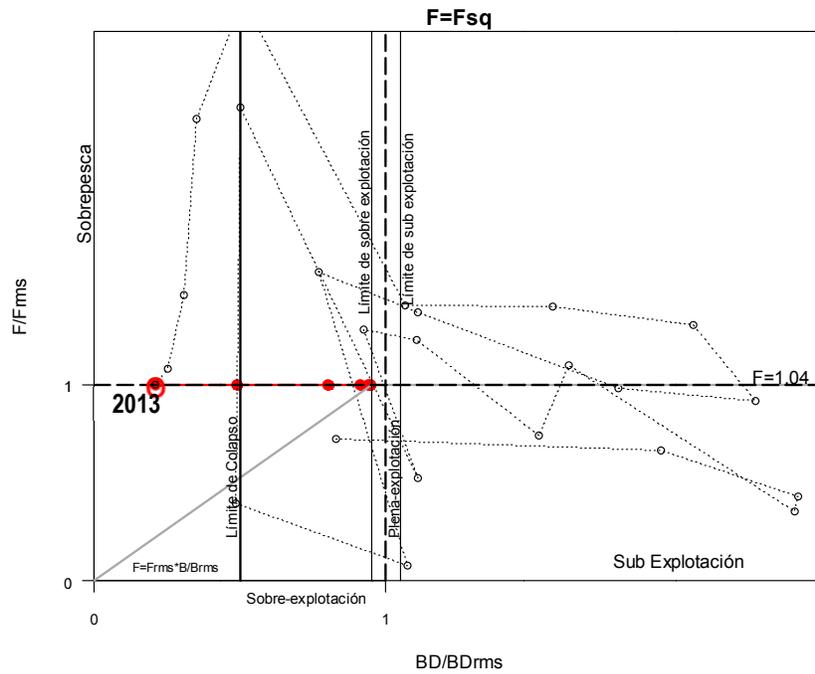


Figura 45. Proyecci3n (l3nea roja) de la biomasa desovante de anchoveta V-X Regiones bajo el criterio de explotaci3n $F=F_{sq}$ ($F_{2013} = 1,037$).



7. DISCUSIÓN

En este informe se entregan los resultados del estado de situación de anchoveta de la zona Centro-Sur de Chile. El modelo fue actualizado con información del crucero hidroacústico de verano (Reclas 2013), otoño (Pelaces 2013) y crucero de biomasa desovante (MPDH 2011 y 2012) para revisar el estatus y CBA calculada para 2014.

La bondad de ajuste del modelo base fue adecuada y caracterizada principalmente por intervalos de error de los datos que admitieron la mayoría de los valores predichos por el modelo. Igualmente se evaluó el error a posteriori de los índices de abundancia confirmándose su gran nivel de variación incluso superior a los supuestos a priori. Igualmente las composiciones de edades de la captura resultaron más informativas que la generada en los cruceros, no obstante algunos patrones de menor impacto en los residuales por edad y año.

El reclutamiento de anchoveta ha presentado importantes fluctuaciones, con desvíos positivos desde fines de los noventa hasta mediados de la presente década, lo que se traduce en una tendencia al incremento con cohortes relevantes los años 1994, 2004 y 2005. Sin embargo, en la actualidad el reclutamiento detectado desde el año 2006 ha sido extremadamente débil, siendo el año 2012 el más bajo de la serie histórica. No obstante se registra un incremento en el reclutamiento medio estimado para el año 2013 producto de una mayor presencia de individuos del grupo de edad 0 en el crucero de otoño 2013. Se estima que a la fecha los reclutamientos son muy bajos (menor que el reclutamiento promedio de largo plazo R_0), considerado como el período más largo de reclutamientos reducidos en toda la serie histórica (años 1990 – 2013).

La biomasa total se encuentra sustentada esencialmente en los grupos de edad 0 y 1 año provocando clases de edad fuerte o débil que marcan de manera decisiva los niveles de biomasa. La serie histórica de biomasa total exhiben una disminución sostenida luego de un período de alta abundancia que habría terminado el año 2005-2006. La biomasa total (0+) estimada el año más reciente es del orden de las 242 mil toneladas, un 23% menor al promedio de los últimos 5 años (años 2009 – 2013) estimado en 316 mil toneladas. Por otro lado, la biomasa desovante también se ha reducido enormemente, dado que no se han incorporado suficientes individuos nuevos a la población que posibiliten su recuperación. La biomasa desovante estimada para el año 2013 es un 35% menor al promedio del período 2009 – 2013 estimado en 99 mil toneladas y un 90% menor a la Biomasa desovante virginal de largo plazo (B_0).

Las mortalidades por pesca han mostrado una tendencia al alza, con altos niveles de mortalidad (por sobre el valor de mortalidad natural) que lograron su máximo el 2009 y 2010. Posteriormente estos niveles disminuyen producto de la sostenida reducción de la biomasa de anchoveta en la zona Centro-Sur la que actualmente no supera las 250 mil toneladas.

Por su parte, la selectividad de la flota indica que el recurso es próximo a su completo reclutamiento a la pesquería a la edad de 2 años cuya retención es del orden del 97%, mientras que los individuos



de edad 0 y 1 (reclutamientos) son vulnerados en un 2% y 40% respectivamente. La información de los cruceros acústicos indica diferencias entre los cruceros de verano y otoño, por un lado, los cruceros de verano comienzan a ser completamente vulnerados a partir de la edad 2, mientras que en los cruceros de otoño a partir de la edad 0 cuya retención es del orden del 20%, este último producto de la sobreestimación del modelo sobre el grupo de edad "0" en los datos de composición de edad.

La propuesta de PBR límites y aquellos basados en el RMS fueron informados en Zúñiga y Canales (2012 y 2013) con valores de reducción de stock basados en el modelo Beverton y Holt (B/H) que generan escapes en promedio inferiores al 25% de B_0 para lograr el RMS, los que aumentan en torno al 40% de B_0 en un modelo S/R Ricker. Si esto último fuera la norma, implica entonces que ha de declararse un recurso sobre-explotado (agotado) cuando el stock esté reducido levemente más allá del 40% de la biomasa virgen, lo cual para el modelo B/H significa un objetivo de manejo. En efecto y en relación con PBR objetivos, considerando por ejemplo el escape de biomasa que genera el 90% del MRS, los resultados indicaron escapes mayores al 42% para el modelo B&H y por sobre el 60% si se considera el modelo Ricker. Un análisis comparativo del modelo Ricker v/s Beverton y Holt realizado por Cubillos *et al.* (2002) demuestra que el modelo de Ricker produce estimaciones de BD_{RMS}/BD_0 en el largo plazo significativamente menores (al menos la mitad) respecto del modelo de Beverton y Holt, por lo cual y frente a las diversas fuentes de incertidumbre su uso no parece lo más precautorio para fines de manejo pesquero.

Canales *et al.* (2013) proponen los referentes, límites y objetivos que serán considerados para definir la condición de explotación durante el 2013. En anchoveta de la V-X Regiones el límite de sobre-explotación queda definido cuando la biomasa exceda el límite inferior de la biomasa referida al RMS ($Brms_{LI} = 35\%$). El límite superior de la $Brms_{LS} = 45\%$ se propone como *objetivo de manejo precautorio* relacionado con el RMS, con lo cual la plena explotación incluye al RMS ($Brms=40\%$) y queda restringida entre dos valores: $B_{límite}$ ($Brms_{LI} = 35\%$) y $B_{precautorio}$ ($Brms_{LS} = 45\%$). La mortalidad por pesca definirá a la sobrepesca sin considerar intervalos de confianza, de manera que la condición anterior se declara cuando $F > F_{RMS}$ ($F_{RMS} = 1.04$). Lo anterior implica establecer el criterio de explotación $F = F_{RMS}$ para cualquier condición de biomasa mientras esta sea mayor o igual de B_{RMS} . El nivel de mortalidad por pesca (F_{40}) es más alta que el referente históricamente empleado (F_{60}). Sin embargo, los antecedentes demuestran que criterios como F_{60} son referentes muy conservadores para un régimen histórico de reducción de biomasa que en general ha variado en torno al 40%-50% y de recursos con una gran resiliencia. Sin embargo, dado el rol ecológico de los peces pelágicos pequeños, considerados como de base de la cadena trófica vista desde una perspectiva ecosistémica, estos referentes serán debatidos en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

Se analiza el desempeño de dos indicadores de reducción poblacional, el primero corresponde a la reducción de la biomasa desovante potencial ("RPR_{dinámico}") y el segundo a la reducción de la biomasa desovante virginal ("RPR_{equilibrio}"). Estos indicadores muestran resultados contradictorias para la condición del año más reciente. Por un lado, el RPR_{dinámico} indica que el recurso se encontraría en plena explotación), mientras que el RPR_{equilibrio} indica una condición de colapso.



Estas diferencias radicarían en los procesos poblacionales que logran ser advertidos. Por un lado, el “RPR_{dinámico}” refleja principalmente los efectos de mortalidad por pesca (F) anual estimados por el modelo de evaluación. Mientras que el “RPR_{equilibrio}” permite incorporar las variaciones de la biomasa desovante debido al reclutamiento y mortalidad en el tiempo reflejando de mejor manera los bajos niveles de biomasa desovante principalmente del año 2013 con casi un 90% menor a la Biomasa desovante virginal de largo plazo (B_0).

El índice de reducción “RPR_{equilibrio}” indica que la probabilidad que la biomasa desovante durante el año 2013 se sitúe en la zona de colapso ($p(BD < BD_{mrs})$) llega a un 100%. Y en términos de mortalidad (F), la probabilidad de estar en sobrepesca ($p(F_{2013} > F_{mrs})$) es del 92%. Dado el rol ecológico de los peces pelágicos pequeños, considerados como de base de la cadena trófica vista desde una perspectiva ecosistémica, estos referentes serán debatidos en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

Los resultados de la estimación de CBA inicial 2014 indica que bajo un escenario de reclutamientos para el año 2014 en valores próximos al promedio histórico y una estrategia de explotación tipo “rampa” que permite recuperar el stock en un período de 2 años, sujeta a niveles de riesgo entre 10% y 50% de sobrepasar dicha estrategia, la captura de anchoveta de la V-X Regiones durante el año 2014 podría situarse entre 4,9 mil t y 12 mil t.

Las proyecciones realizadas bajo diferentes estrategias de explotación señalan que al aplicar el criterio tipo “rampa” y $F=0$ la población se recupera más rápido, pero sólo en el caso de rampa el índice permanece en la zona de plena explotación. La estrategia de explotación F_{RMS} es igual a F_{sq} , por lo tanto, en ambas la recuperación es más lenta.

En los últimos cinco años se registra el período más largo de reclutamientos reducidos en toda la serie histórica, lo cual lleva a considerar que el reclutamiento puede estar disminuido por fenómenos depensatorios (la producción del stock disminuye a medida que la biomasa desovante decrece), por una reducción del potencial reproductivo bajo el 20%, por fenómenos ambientales o por una combinación de todos ellos (Freón *et al.*, 2005, Holt, 2008). La incorporación de individuos nuevos a la población no ha sido suficiente para posibilitar la recuperación del stock y por esto la biomasa desovante del stock se ha reducido enormemente, estimadas en 86 mil t en promedio (años 2009-2013). Además, las condiciones ambientales presentes en las costas de la zona centro-sur durante la última década, se han registrado anomalías negativas de temperatura superficial, provocando una condición desfavorable para la anchoveta a partir de 2005 (Castillo *et al.*, 2011). Por consiguiente, mientras no se adviertan signos de buenos reclutamientos, se debería evitar la explotación de anchoveta a objeto de cautelar los actuales niveles de biomasa desovante y asegurar una mínima base reproductiva a la espera de mejores condiciones ambientales que favorezcan la sobrevivencia de sus huevos y larvas.



8. CONCLUSIONES

- La bondad de ajuste del modelo base fue adecuada y caracterizada principalmente por intervalos de error de los datos que admitieron la mayoría de los valores predichos por el modelo. Las composiciones de edades de la captura resultaron más informativas que la generada en los cruceros, no obstante algunos patrones de menor impacto en los residuales por edad y año.
- El reclutamiento de anchoveta ha presentado importantes fluctuaciones, con desvíos positivos desde fines de los noventa hasta mediados de la presente década. Sin embargo, el reclutamiento detectado desde el año 2006 ha sido extremadamente débil, siendo el año 2012 el más bajo de la serie histórica.
- La biomasa total (0+) estimada el año más reciente es del orden de las 242 mil toneladas, un 23% menor al promedio de los últimos 5 años (años 2009 – 2013) estimado en 316 mil toneladas. La biomasa desovante estimada para el año 2013 es un 35% menor al promedio del período 2009 – 2013 estimado en 99 mil toneladas.
- Las mortalidades por pesca han mostrado una tendencia al alza, con altos niveles de mortalidad (por sobre el valor de mortalidad natural) que lograron su máximo el 2009 y 2010. Posteriormente estos niveles disminuyen producto de la sostenida reducción de la biomasa.
- El diagrama de fase para el índice de reducción “RPR_{equilibrio}” indica que anchoveta centro-sur se encuentra muy por debajo del objetivo de manejo ($BD < BD_{RMS}$) en una condición de colapso y en términos de mortalidad por pesca, la condición actual del recurso es igual al nivel de mortalidad por pesca objetivo $F_{sq}=F_{RMS}$ con una probabilidad 92% de sobrepesca ($p(F>F_{rms})$).
- Las proyecciones realizadas bajo diferentes estrategias de explotación señalan que al aplicar el criterio tipo “rampa” y $F=0$ la población se recupera más rápido, pero sólo en el caso de rampa el índice permanece en la zona de plena explotación. La estrategia de explotación F_{RMS} es igual a F_{sq} , por lo tanto, en ambas la recuperación es más lenta.
- La actualización con información del crucero realizado el verano y otoño del 2013 confirma los resultados previos en cuanto a que la población se encuentra disminuida con bajas estimaciones de biomasa a inicios del 2013 tanto por el modelo (220 - 190 mil toneladas) como del crucero de verano (70 mil toneladas) y otoño (80 mil toneladas).
- Las estimaciones de $CBA_{inicial}$ 2014 entregan niveles de captura consistentemente bajos, confirmando que frente a la expectativa de pobre reclutamientos, las capturas no deberían exceder las 15 mil t.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, M. & S.B. Soto. 1978. Edad y crecimiento de la sardina común, *Clupea* (*Strangomera*) *bentincki*, en Coquimbo y Talcahuano. Invest. Pesq. Inst. Fom. Pesq. (Chile) N° 28: 1-55.
- Aranis A., L. Caballero, A. Gómez, G. Rosson, M. González, F. Cerna, V. Bocic, A. López, C. Machuca, F. Espíndola, C. Vera, Z Young, H. Miranda. 2010. Informe Final, Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2009. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 188p + Anexos.
- Aranis, A. G., Caballero, L., Böhm, G., Nilo, M., Palta, E., Cerna, F., Vera, C., Bocic, V., Gomez, A., Rosson, G., Troncoso, M., y Machuca, C. 2006. Informe Final. Programa Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Pesquería Pelágica Zona Centro Sur, 2005. IFOP/SUBPESCA . 187 pp + Anexos
- Aranis, A. G., Caballero, L., Vera, C., Gómez, A., Rosson, G. 2010. Informe de Avance Asesoría Integral para la Toma de Decisiones Pesca y Acuicultura, 2010. Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2010 IFOP/SUBPESCA . 97 pp + Anexos.
- Aranis, A., Gomez, A. 2013. Informe Quincenal N°08 (16 al 30 de Abril 2013). Programa Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Centro Sur, 2013. IFOP/SUBPESCA . 6 pp.
- Aranis, A.G., Gomez, A., Caballero L., Ramirez M. 2013. Informe Anual. Seguimiento General de Pesquerías de Peces y Crustáceos: Pesquería Pelágica Zona Centro Sur, 2012. IFOP/SUBPESCA . 27 pp.
- Arcos D., L. Cubillos y S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-98 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile. En: El Niño-La Niña 1997-2000 Sus efectos en Chile. CONA (eds), Chile. (2004) 153-166.
- Arrizaga, A. & C. Veloso. 1982. Estimación de mortalidades (M, F y Z) y del coeficiente de capturabilidad (q) en la anchoveta *Clupea* (*Strangomera bentincki*) Norman, 1936, de Talcahuano - Chile. Monografías Biológicas (2): 39-49.
- Arteaga, M. & L. Cubillos. 2008. Análisis de los cambios de abundancia de sardina común (*Strangomera bentincki*): estructura año calendario versus año biológico. Lat. Am. J. Aquat. Res., (36)2: 137-151, 2008.
- Beverton, R. J. H. & Holt, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. MAFF, Fish. Invest. Ser. II, vol. 19. London: HMSO.



- Cadima, L.E., 2003. Fish Stock Assessment Manual. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Fisheries Technical Paper 393.
- Canales C., R. Wiff y J.C. Quiroz, 2011. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2012". Metas Cualitativas: Cuarto Objetivo Específico, Informe Final. IFOP: 22 pp + anexos.
- Canales M., C. Canales., J. Castillo., Aranís A., Caballero L. 2007. Investigación Evaluación de stock y CTP anchoveta centro sur 2007. Preinforme Final Proyecto BIP N°30043740-0. 24 pp.+ ANEXOS.
- Canales, C, 2010. Actualización de la Evaluación de stock y cálculo de Captura Total Permisible de sardina Centro-sur, otoño 2010. Minuta Técnica Ifop. 12p.
- Canales, C. y A. Aranís, 2010. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables 2011, de las Principales Pesquerías Chilenas. Actividad 1 : Peces Pelágicos Sardina Centro-Sur, 2011. Instituto de Fomento Pesquero. Pre-Informe Final: 80 pp.
- Canales, C., & E. Leal, 2010. Investigación del Estatus y Evaluación de estrategias de explotación sustentables en sardina centro sur, 2010. Informe final. Ifop- Subpesca. 67p.
- Castillo J., A. Saavedra, F. Leiva, H. Reyes, E. Pizarro, V. Catasti, C. Lang, E. Molina, F. Cerna, A. López, S. Núñez y L. Valenzuela. 2011. Evaluación Hidroacústica de reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2011. Informe Final. FIP N°2010-04. 610 p.
- Castillo J., A. Saavedra, V. Catasti, F. Leiva, C. Lang, R. Vargas, H. Reyes, E. Pizarro, E. Molina, F. Cerna, A. López, S. Núñez, L. Valenzuela y S. Vásquez. 2012. Evaluación Hidroacústica de reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, año 2012. Informe Final. FIP N°2011-07. 577 p
- Cubillos, L. & D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. Aquat. Living Resour., 15: 87-94.
- Cubillos, L., 1999. Estrategia reproductiva, crecimiento y reclutamiento de *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) en el sistema de la zona centro-sur de Chile. Tesis Magíster en Ciencias (Oceanografía), Escuela de Graduados, Universidad de Concepción, 180 p.
- De Oliveira, J.A.A. & Butterworth, D.S. 2004. Developing and refining a joint management procedure for the multispecies South African pelagic fishery. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 2004 61(8):1432-1442.



- Doubleday, W.G. 1976. A least squares approach to analyzing catch at age data. Int. Comm. Northw. Atl. Fish. Res. Bull. 12: 69 – 81
- Feltrim, M. C., & Canales, M. 2009. Investigación Evaluación del Stock y CTP anchoveta y sardina austral centro sur, 2009. INFORME FINAL. IFOP- SUBPESCA. 62p.
- Freon, P., P. Cury, L. Shannon y C. Roy. 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. Bulletin of Marine Science, 76: 385-462.
- Gatica, C., M. Arteaga, J. Giacaman & P. Ruiz. 2007. Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. Invest. Mar., Valparaíso, 35(1): 13-24.
- Hoening, J. M. and D. A. Hewitt. 2005. What can we learn about mortality from sex ratio data? A look at lumpfish in Newfoundland. Transactions of the American Fisheries Society 134: 754-761.
- Hoening, J.M. 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. Fish. Bull., U.S. 81(4):898-903.
- Holt, S.J. 2008. Foreword, En: Pyne, A., Cotter, J., potter, T. (Eds.). Advances in fisheries science. 50 years on from Beverton and Holt. Blackwell Publishing and CEFAS, Oxford. PP: IX-XXI.
- ICES 2001. Report of the study group on the further development of the precautionary approach to fishery management. Advisory Committee on Fishery Management ICES CM 2001/ACFM:11
- MacDonald P. D. M. & Pitcher T.J., 1979. Age groups form size-frequency data: A versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can. 36: 987-1001.
- Megrey B.A. 1989. Review and Comparison of Age-Structured Stock Assessment Models from Theoretical and Applied Points of View. Amer. Fish. Soc. Symposium. 6:8-48.
- Pauly, D., 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Doc. Téc. Pesca, (234): 49pp.



- Restrepo V. R., G. G. Thompson, P. M. Mace, W. L. Gabriel, L. L. Low, A. D. MacCall, R. D. Methot, J. E. Powers, B. L. Taylor, P. R. Wade, y J. F. Witzig. 1998. Technical Guidance On the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO. July 17, 1998
- Rikther, V. A. & Efanov, V. N., 1976. On one of the approaches to estimation natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8: 12pp.
- Rosemberg A. y Restrepo, V. 1995. Precautionary management reference points and management strategies. En Precautionary approach to fisheries. Part 2: Scientific papers. FAO Fisheries technical papers 350/2. Páginas 129 a140.
- Vinther, M., Reeves, S. A., & Patterson K. R. 2004. From single-species advice to mixed-species management: taking the next step. ICES Journal of Marine Science, 61: 1398-1409.
- Zúñiga, J.M., C, Canales y F. Cerna, 2012. Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013., Anchoqueta V – X Regiones, 2013. Segundo Informe, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 83 pp.+ anexos.

A N E X O S

ANEXO 1:

Revisión lista de verificación para la declaración
del tipo de pesquería: pesquerías pelágicas



Matriz de conocimiento basada en “Check-list” para los principales recursos pelágicos de Chile (0- sin conocimiento, 1- existe conocimiento pero es pobre, 2-existe un conocimiento regular y 3- existe conocimiento satisfactorio).

	Jurel	Sardina común	Anchoqueta XV-II	Anchoqueta III-IV	Anchoqueta V-X	Sardina austral
Definición de Stock						
<i>Modelo conceptual</i>	3	2	3	2	2	1
Conectividad	3	1	1	2	1	1
<i>Estructura del stock</i>						
Áreas de desove	3	2	2	2	2	2
Áreas de crianza	3	2	2	2	2	0
Áreas de reclutamiento	3	2	2	2	2	0
Datos y parámetros						
<i>Remociones Directas</i>						
Desembarques	3	2	3	3	2	3
Capturas	0	0	0	0	0	3
Descartes y/ sub-reporte	0	0	0	0	0	0
<i>Remociones Indirectas</i>						
Pesca fantasma u otro	0	0	0	0	0	0
Predación	0	0	0	0	0	0
Canibalismo	0	0	0	0	0	0
<i>Índices de abundancia relativa</i>						
CPUE estandarizada	1	1	1	2	1	2
Acústica	2	3	3	3	3	2
Área Barrida	0	0	0	0	0	0
MPH	1	1	3	0	1	0
<i>Información Estructurada</i>						
<i>Estructuras de Tallas</i>						
Flota	3	0	3	0	0	0
Sexo	0	0	0	0	0	0
Área	3	3	3	2	3	0
Estación	3	3	3	2	3	0
<i>Estructuras de Edades</i>						
Clave Talla Edad	3	3	2	2	3	0
Flota	3	0	0	0	0	0
Sexo	0	0	0	0	0	0
Área	3	3	2	0	3	0
Estación	3	3	2	0	3	0



Matriz de conocimiento basada en "Check-list" para los principales recursos pelágicos de Chile (continuación)

	Jurel	Sardina común	Anchoqueta XV-II	Anchoqueta III-IV	Anchoqueta V-X	Sardina austral
Información Biológica						
<i>Mortalidad Natural</i>						
Edad-Invariable	3	2	2	3	2	2
Tiempo-Invariable	3	2	2	3	2	2
Edad-Variable	0	0	0		0	0
Tiempo-Variable	0	0	0		0	0
Métodos directos	0	0	0		0	0
Métodos indirectos	3	2	2	3	2	2
<i>Madurez a la edad</i>						
Basada en talla	2	3	3	1	3	2
Basada en edad	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	0	0	0	0	0	0
Tiempo invariable	2	0	0	1	0	2
Macroscópica	2	3	3	1	3	0
Microscópica	2	3	3		3	2
<i>Crecimiento</i>						
Indirecto	0	0	0	0	0	0
Descomposición modal	0	0	0	0	0	0
Otro	0	0	0	0	0	0
Directo						2
Otolitos	3	2	2	3	2	2
Otros (escamas, etc)	0	0	0	0	0	0
Validación	3	0	0	0	0	0
Muestreo directo	0	0	0	0	0	0
Muestreo pesquería	3	2	2	3	2	2
<i>Peso medios</i>						
Estructurado por edad	3	2	2	0	2	0
Por pesquería	3	0	0	0	0	0
Tiempo Invariable	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	3	2	2	0	2	0
Estructurado por tallas	3	3	3	3	3	3
Por pesquería	3	0	0	0	0	0
Tiempo Invariable	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	3	3	3	3	3	3



Matriz de conocimiento basada en “Check-list” para los principales recursos pelágicos de Chile (continuación)

	Jurel	Sardina común	Anchoqueta XV-II	Anchoqueta III-IV	Anchoqueta V-X	Sardina austral
Modelo Evaluación						
<i>Modelo - Global</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Edad - Estructurado</i>						0
Ajuste Edad	3	0	0	0	0	0
Ajuste Talla	0	2	3	0	2	0
<i>Talla - Estructurado</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Género - Estructurado</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Condición Inicial</i>						
Equilibrio	0	0	0	2	0	2
No - Equilibrio	3	2	3	0	2	0
<i>Reclutamiento</i>						
Relación funcional	3	0	0	0	0	0
Paramétrico	3	2	3	2	2	2
<i>Estructura Espacial</i>						
Explicito	0	0	0	0	0	0
Implicito (flotas)	3	0	0	0	0	0
	Jurel	Sardina común	Anchoqueta XV-II	Anchoqueta III-IV	Anchoqueta V-X	Sardina austral
Formulación Estadística						
<i>Error de Proceso</i>						
Reclutamiento	3	3	3	0	3	0
<i>Error de Observación</i>						
Remociones	3	2	3	3	2	3
Indices de abundancia	3	2	2	3	2	3
Información estructurada	3	3	3	3	3	2
Otros Índices	0	0	0	0	0	0
<i>Incertidumbre</i>						
Frecuentista	3	3	3	3	3	3
Estimadores asintóticos	3	3	3	3	3	3
Remuestreo	0	0	0	0	0	0
Perfiles de verosimilitud	0	0	0	0	0	0
Distribuciones prioris	3	3	3	0	3	2
Bayesiana	0	0	0	0	0	0
Distribuciones prioris	0	0	0	0	0	0
Distribuciones posteriores	0	0	0	0	0	0
Error estado espacio	0	0	0	0	0	0
Bondad de ajuste						
Análisis de residuales	3	3	3	3	3	3
Análisis retrospectivos	0	3	3	3	3	0
Validación cruzada	0	0	0	0	0	0
Modelo operativo	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0



Matriz de conocimiento basada en "Check-list" para los principales recursos pelágicos de Chile (continuación)

	Jurel	Sardina común	Anchoqueta XV-II	Anchoqueta III-IV	Anchoqueta V-X	Sardina austral
Información Auxiliar						
<i>Programas de marcaje</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Datos ambientales</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Registros inusuales de pesca</i>	0	0	0	0	0	0

Brechas de conocimiento Pesquerías pelágicas Números indican prioridad creciente, siendo uno mínima y 3 máxima.

Pesquerías Pelágicas

Sardina y anchoqueta centro sur	Prioridad
Identificación de unidades poblacionales de sardina y anchoqueta entre la V y X Regiones (mar interior) de Chile	1
Estimación de parámetros de crecimiento de sardina y anchoqueta centro-sur de Chile en base a estructuras duras	3
Estimación / validación de la edad y mortalidad natural en sardina y anchoqueta centro-sur de Chile	2
Evaluación de niveles de descarte y subreporte en la pesquería de pelágicos centro sur	2
Caracterización del proceso migratorio de anchoqueta y sardina centro sur a partir de registros de cruceros	2
Caracterización de zonas de crianza y desove de anchoqueta y sardina centro sur	2
Análisis de las tasas de captura en las pesquerías de sardina y anchoqueta centro-sur	2
Variabilidad ambiental y su uso en la evaluación de stock de anchoqueta y sardina común centro-sur de Chile	2
Sardina austral	
Distribución y estructura de la población de sardina austral en la zona sur de Chile	2
Revisión de los parámetros de vida de sardina austral	3
Caracterización reproductiva de la sardina austral	2
Anchoqueta III-IV regiones	
Identificación de unidades poblacionales de anchoqueta en la zona III-IV Regiones (25°-31°S)	1
Estimación / validación de la edad y mortalidad natural en anchoqueta III-IV Regiones	3
Estimación de parámetros de crecimiento de anchoqueta III-IV Regiones	3
Validación de la talla y edad de primera madurez en anchoqueta III-IV Regiones	1
Análisis de las tasas de captura en la pesquería anchoqueta III-IV Regiones	2
Anchoqueta XV-II regiones	
Determinación / validación de la edad	3
Estimación de parámetros de crecimiento de anchoqueta XV-II Regiones (condicionado anterior)	3



Análisis de las tasas de captura en la pesquería anchoveta XV-II Regiones	1
Cruceros de huevos y larvas conjunto Chile-Perú (MDPH)	3
Cruceros acústicos conjunto Chile-Perú	3
Variabilidad ambiental y reclutamiento para uso en la evaluación de stock de anchoveta XV-II regiones	2
Cambios en distribución asociados con cambios oceanográficos.	3
Jurel	
Validación de la edad y talla de primer desove	3
Análisis de las tasas de captura en la pesquería del jurel frente a Chile	2
Evaluación de niveles de descarte y subreporte en la pesquería del jurel en Chile	2
Validación de la edad y elaboración protocolos lectura a nivel regional	3
Evaluación del error de asignación de edad para uso en evaluación de stock	2
Función de crecimiento para diferentes zonas (modelo ORP)	3
Elaboración nuevo índice acústico para zona actual de prospección	3

Principales áreas de demandas de investigación por recurso

	sardina/anchoveta centro sur	sardina austral	anchoveta III-IV	anchoveta XV-II	jurel
Estructura poblacional					
Crecimiento y edad					
Otros parámetros de vida					
Descarte y subreporte					
Esfuerzo de pesca y CPUE					
Ambiente y recurso					
Cruceros científicos					

ANEXO 2:

Reportes de las reuniones de trabajo
bilaterales de recursos pelágicos 2012



Reporte Final

Reunión de Revisión de Datos empleados en evaluación de stock: recursos Pelágicos 2012

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso 29-30 mayo, 2012

1. Contexto

Durante los días 29 y 30 de mayo del presente y en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), se realizó una reunión/taller de revisión del listado de datos que son empleados en la evaluación de las principales pesquerías pelágicas de Chile año 2012. Esta actividad contempló como objetivos los siguientes:

- (1) Actualizar y revisar el listado de información, datos y conocimientos empleados en la evaluación de stock, con énfasis en la identificación de mejoras;
- (2) Generar un resumen sobre la calidad y suficiencia de la información, datos y conocimientos empleados en la evaluación de stock;
- (3) Identificar las fortalezas y debilidades en la información, datos y conocimiento empleados en la evaluación de stock, priorizando un listado de tareas a satisfacer en el corto y mediano plazo.

Este evento se realizó en el marco del convenio SUBPESCA/IFOP-2011: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013", contratado por la Subsecretaría de Pesca.

Como antecedentes se tuvo a la vista el reporte del taller de datos de recursos pelágicos realizado el 2011. En este taller se discutió sobre el listado/calidad de los datos empleados en las evaluaciones de los recursos anchoveta XV-II Regiones; anchoveta III-IV Regiones; anchoveta V-X Regiones; sardina común V-X Regiones; sardina austral ; y, jurel, y como panelistas encargados de la revisión actuaron investigadores especialistas de IFOP y sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca.

La reunión fue presidida por el Sr. Cristian Canales – Jefe del Departamento de Evaluación de Recursos de IFOP.



2. Asuntos administrativos

Tanto el material discutido en el taller así como este reporte fue dispuesto en sitio de google creado para el efecto: <https://sites.google.com/site/tallerdedatospelagicos/>

3. Desarrollo por recurso/pesquería

3.1 Anchoqueta y sardina común centro-sur

1. Hipótesis de estructura poblacional y definiciones de la unidad de stock

Se trabaja la hipótesis de una Unidad de stock entre la V y X Regiones.

Galleguillos et al 1994 realiza un estudio FIP 94-20 relativo al análisis de unidades de stock en los recursos sardina común y anchoqueta de la zona centro-sur. Los resultados no son del todo concluyentes debido a limitaciones metodológicas y contradicciones entre herramientas de análisis empleadas (genética, parasitología, morfometría). Recientemente Oyarzun et al., 2007. a desarrollado el proyecto FIP 2007-26 denominado “Unidades de stocks de anchoqueta y sardina común en la zona centro sur de Chile” cuyos resultados aún no están disponibles.

Se recomendó revisar las conclusiones del trabajo de Galleguillos (1994) con el objeto de precisar las contradicciones antes mencionadas. Igualmente se mencionó que el proyecto FIP 2007-26 ha tenido problemas en su desarrollo por lo que no se disponen de resultados a la fecha.

Persisten las dudas sobre si la zona/pesquería mar interior/exterior a frente a Chiloé constituye una unidad de stock independiente.

2. Información de la historia de la vida.

Los parámetros empleados hasta el 2011 corresponden a los informados por Cubillos et al (2002) los que se basan esencialmente en el seguimiento de componentes modales siguientes:



Parámetro	Anchoveta	Sardina
L_{∞} (cm)*	20,8	18,1
K^*	0,44 (anual)	0,74 (anual)
	0,22 (semestral)	0,37 (semestral)
L_{pms} (cm)*	11,5	10,5
M^*	0,70 (anual)	1,2 (anual)
	0,35 (semestral)	0,6 (semestral)
M/K (anual)	1,59	1,62

*(Cubillos et al., 2002)

Cubillos, L. & D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. Aquat. Living Resour., 15: 87-94.

Complementariamente se disponen de nuevas estimaciones de parámetros de crecimiento estimadas por Cerna (2012) cuyos resultados están disponibles en el informe final del proyecto CTP realizado durante el mismo año. Los parámetros de crecimiento son los siguientes:

Parámetros de crecimiento de sardina común y anchoveta para la zona centro-sur de Chile, ajustados de acuerdo a la ecuación de von Bertalanffy.

	Parámetros	Estimación	Std. Error	t value	Pr(> t)
Sardina común	L_{∞}	17,45	0,4279	40,77	<2e-16
	K	0,63	0,0477	13,32	<2e-16
	t_0	-0,84	0,0405	-20,85	<2e-16
	n	1402			
	loglike	-2598,2 (df=4)			
Anchoveta	L_{∞}	18,05	0,1740	103,75	<2e-16
	K	0,73	0,0323	22,72	<2e-16
	t_0	-0,92	0,0329	-27,83	<2e-16
	n	1586			
	loglike	-2830,9 (df=4)			



Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimados por diferentes autores

Estudio	Parámetros de crecimiento			Tipo Ajuste	
	L_{∞}	K	t_0		
Sardina común	Presente estudio	17,4	0,63	-0,84	vB convencional
	Gili en Barría et al (1999)	18,4	0,47	-0,79	vB convencional
	Gili en Barría et al (1999)	18,7	0,38	-0,97	vb estacional
	Cubillos et al (2001)	20,1	0,51	-0,04	vb estacional
Anchoveta	Presente estudio	18,0	0,73	-0,92	vB convencional
	Aguayo (1976)	19,1	0,72	-0,68	vB convencional
	Gili en Barría et al (1999)	19,6	0,46	-1,43	vB convencional
	Cubillos et al (2001)	20,1	0,51	-0,04	vb estacional

El autor concluye que los parámetros estimados representan adecuadamente el crecimiento anual de ambas especies, las que de acuerdo a su estrategia de vida deben maximizar su crecimiento durante el primer año de vida. El juicio se basa en que en estudios anteriores se habían estimado tallas promedio menor a 13 cm de longitud total para peces de un año de vida, lo cual no es coherente con la historia de vida de estas especies. Cabe señalar que en el proceso de evaluación de stock los parámetros de crecimiento son empleados como valores “prioris” y por ende sujetos a estimaciones periódicas por el modelo de evaluación.

El grupo hizo mención que la falta de mediciones de individuos más pequeños podría tener impacto tanto en el valor de “k” como de “ t_0 ”. Al respecto se sugiere un re-análisis incorporando valores penalizados de tallas menores o considerar el enfoque de Canales y Leal (2010), dado que la talla promedio de la primera clase anual podría estar sobre-estimada. Asimismo, se menciona que la talla promedio del grupo de edad “0” debiera corresponder a la mitad del año.

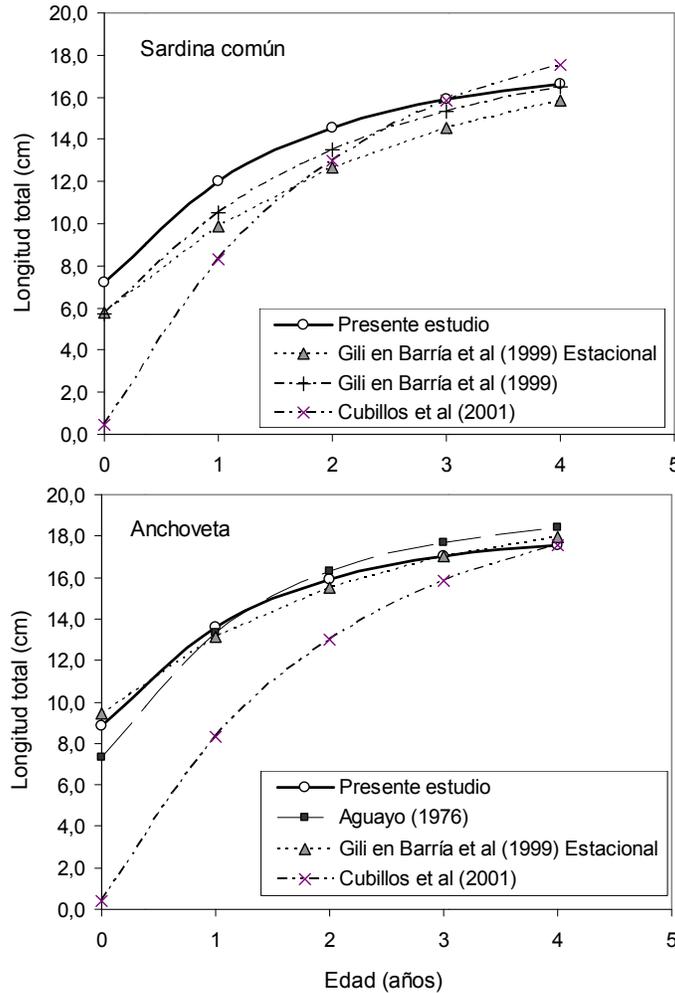


Figura 1. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy para sardina com3n y anchoqueta de la zona centro-sur estimadas por diferentes autores.

Respecto de la mortalidad natural, y si el cociente M/K no var3a, considerando los nuevos estimados de crecimiento entregar3an valores de M para anchoqueta y sardina similares en torno a $M=1.0$ base anual. Sin perjuicio de lo anterior, el grupo considera estos antecedentes como preliminares y concuerda sobre la necesidad de realizar nuevos an3lisis sobre asignaci3n de edades basados en los antecedentes de la anchoqueta de la zona norte en la cual se establece que el recurso vive menos tiempo del que se ten3a contemplado.

Finalmente, y respecto de los estudios de madurez sexual, se indic3 que estos est3n basados en tallas por lo que se hace necesario revisar estas estimaciones considerando la edad de los peces, aspecto que debe ser abordado en un estudio independiente.



3. Niveles de descartes y subreportes.

En esta pesquería se considera que el descarte es poco significativo, como tampoco se considera de manera explícita el subreporte, pero se supone que este puede ser importante principalmente a nivel de flota artesanal pero no se disponen de estudios formales sobre estos niveles.

Se mostraron algunos análisis realizados el 2011 respecto de la corrección de las capturas de sardina y anchoveta 1998-2001. Al respecto se acuerda considerar estas nuevas correcciones sobre los registros oficiales a emplear en la evaluación de stock. Se supone que en esos años se habría sobreestimado las capturas de sardina y anchoveta por jurel.

También se hizo mención respecto de las diferencias de las capturas empleadas por IFOP y las informadas por SERNAPESCA. Se acuerda emplear las estadísticas de capturas de SERNAPESCA y SUBPESCA para propósitos de evaluación de stock.

4. Índices de abundancia apropiados para la evaluación de stock

Los índices empleados en la evaluación de stock corresponden a los cruceros acústicos: verano (Reclas) y otoño (Pelaces). Sobre estos índices no se realizaron mayores observaciones. Se recomendó incluir en el ajuste de los modelos las estimaciones de biomasa mediante el MDPH realizadas en esta zona.

5. Sobre la actualización de la información

Se recomendó actualizar los antecedentes cada vez que se presente un nuevo informe, particularmente en lo que dice relación con la pesquería.



Lista de participantes

Reunión sobre la revisión de datos empleados en evaluación de stock: recursos pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso 29-30 mayo, 2012

Participantes	email
Elson Leal (IFOP)	elson.leal@ifop.cl
Alejandra Ordenes (IFOP)	aordenes@subpesca.cl
Rodolfo Serra (IFOP)	rodolfo.serra@ifop.cl
Víctor Espejo (SUBPESCA)	vespejo@subpesca.cl
Mario Acevedo (SUBPESCA)	macevedo@subpesca.cl
Cristian Canales (IFOP)	cristian.canales@ifop.cl
José Acevedo (SUBPESCA)	jacevedo@ifop.cl
M. Gabriela Böhm (SUBPESCA)	gabriela.bohm@ifop.cl



Reporte de la Reunión

Revisión de la modelación empleada en la evaluación de recursos pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso 20-21 junio, 2012

1. Introducción

Durante los días 20 y 21 de junio del presente y en dependencias de la Subsecretaría de Pesca y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), se realizó un taller de de la modelación empleada en la evaluación de recursos pelágicos de Chile. Esta actividad contempló como objetivos: (1) Revisar las principales hipótesis/supuestos de la población y las pesquerías, y como estos han sido incorporados en los modelos de evaluación de stock; (2) Establecer el o los modelos que serán empleados para realizar la evaluación de stock y (3) Generar un resumen/recomendaciones sobre la calidad y suficiencia de los modelos en función de la calidad de la información, funcionalidad para fines de manejo y del tratamiento de fuentes de incertidumbre.

Este evento se realizó en el marco del convenio SUBPESCA/IFOP-2012: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013", contratado por la Subsecretaría de Pesca.

2. Recomendaciones y tareas por recurso/pesquería

Sardina y Anchoqueta Centro-Sur

- Se define como modelo base de evaluación el MAE y se deja para fines exploratorios y de mejoras el modelo semestral en tallas.
- Incorporar series de MDP como proporcional a la biomasa desovante
- Evaluar la incorporación de las composiciones de edades del crucero "pelaces" a objeto de definir un patrón de explotación particular para esta crucero
- Relajar el supuesto del valor de la edad al 50% de selectividad y re-estimar los tamaños de muestras efectivos para el modelo alternativo.



- Reanalizar los tamaños de muestra efectivos dada la inclusión de nuevas composiciones de edad
- Analizar el índice de status RPR ya sea basado en términos dinámicos o de equilibrio. Sus implicancias respecto del diagrama de fases.
- Generar los análisis de simulación de procesos con el objeto de evaluar la robustez del modelo de Sardina frente a fuentes de incertidumbre no medibles (validación).
- Dejar el enfoque de pesquería mixta como tarea a ser entregada en el informe final del proyecto una vez transcurrido el desarrollo de los grupos de trabajo de los comités científicos. Este enfoque se encuentra abierto ya sea a la modelación conjunta o a la exploración de reglas de decisión.



Lista de participantes

Revisión de la modelación empleada en la evaluación de recursos pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso 1-2 junio

Participantes	email
Elson Leal (IFOP)	elson.leal@ifop.cl
María José Zúñiga (IFOP)	Mariajose-zuñiga@ifop.cl
Cristian Canales (IFOP)	cristian.canales@ifop.cl
Víctor Espejo (SUBPESCA)	vespejo@subpesca.cl
Mario Acevedo (SUBPESCA)	macevedo@subpesca.cl
Alejandra Ordenes (SUBPESCA)	aordenes@subpesca.cl
Rodolfo Serra (IFOP)	rodolfo.serra@ifop.cl
Silvia Hernández	shernandez@subpesca.cl
José Acevedo (SUBPESCA)	jacevedo@ifop.cl



Términos de Referencia

Reunión de revisión de la modelación empleada en la evaluación de recursos pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

1. Contexto

Por más de dos décadas, IFOP ha realizado las evaluaciones de stocks y diagnósticos del estatus de los principales recursos pesqueros de Chile. Este proceso de evaluación de stock se inicia con la recolección de datos y generación de información, de manera que resulta necesario disponer de un proceso periódico de revisión de la información que recurrentemente es empleada para estos fines, esto con el objeto de identificar sus fortalezas y debilidades, así como proponer un plan de acción para la mejora en sus puntos deficitarios.

Por otra parte, IFOP por mandato de Subsecretaría de Pesca y en el marco de una política de transparencia de los procesos, ha impulsado el establecimiento de un proceso independiente de la revisión de evaluación de stock, el cual involucra también la calidad de los datos. La transparencia se logra entre otras formas, difundiendo la actividad al público general y permitiendo el acceso de observadores a las rondas de reuniones del debate técnico.

El presente documento pretende orientar la conducción del taller de datos hacia la obtención de resultados concretos, los que permitan esencialmente disponer de un estado de situación sobre los criterios y supuestos empleados para dar base a los enfoques de modelación para fines de evaluación de las poblaciones, así como del programa de tareas de corto y mediano plazo que permita el mejoramiento continuo en estas materias.

2. Objetivos de la reunión

Los objetivos de la reunión son los siguientes:

1. Revisar las principales hipótesis/supuestos de la población y las pesquerías, y como estos han sido incorporados en los modelos de evaluación de stock.
2. Establecer el o los modelos que serán empleados para realizar la evaluación de stock.



3. Generar un resumen sobre la calidad y suficiencia de los modelos en funci3n de la calidad de la informaci3n, funcionalidad para fines de manejo y del tratamiento de fuentes de incertidumbre.

2. Agenda propuesta

Mi3rcoles (SUBPESCA)

10:00 – 11:30 Anchoqueta XV-II Regiones

11:30 – 13:00 Anchoqueta III-IV Regiones

13:00 – 14:30 Pausa de almuerzo

14:30 – 16:00 Sardina austral

16:00 – 17:30 Sardina y anchoqueta V-X Regiones

Jueves (IFOP)

10:00 – 11:30 Jurel

ANEXO 3:

Sobre la definición de PBR en el contexto de la LGPA.



Sobre la definici3n de PBR en el contexto de la LGPA.

La nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) define en el T3tulo I, Art3culo 1°B: “*El objetivo de esta ley es la conservaci3n y el uso sustentable de los recursos hidrobiol3gicos, mediante la aplicaci3n del enfoque precautorio, de un enfoque ecosist3mico en la regulaci3n pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos*”. Asimismo, en el Art3culo 1°C inciso g) se se1ala como objetivo “*procurar evitar o eliminar la sobreexplotaci3n y la capacidad de pesca excesiva*”. Estos elementos constituyen el marco sobre el cual se elabora el diagn3stico de los recursos y sus pesquer3as.

Normas y definiciones internacionales

A nivel internacional el enfoque precautorio fue establecido en el ANEXO II del acuerdo de las Naciones Unidas sobre stocks altamente migratorios y transzonales (Rosemberg y Restrepo 1995), es aplicado seguido por el NMFS de los EEUU (Restrepo *et al.* 1998) y el ICES de Europa (ICES 2001). Los lineamientos principales del enfoque precautorio son:

Puntos biol3gicos de referencia:

- *Un punto biol3gico precautorio es un valor estimado mediante un procedimiento de acuerdo cient3fico, el cual corresponde al estado del recurso y de la pesquer3a, y el cual puede ser usado como una gu3a para el manejo de las pesquer3as.*
- *Dos tipos de puntos precautorios de referencia deben ser usados: punto de referencia de conservaci3n o l3mite y punto de referencia de manejo u objetivo. Los puntos de referencia l3mites est3n orientados a restringir la pesca a los l3mites de seguridad biol3gica, dentro del cual los stocks pueden producir el m3ximo rendimiento sostenido. Los puntos de referencia objetivos est3n orientados a alcanzar los objetivos de manejo.*
- *Los puntos de referencia deben ser stock-espec3ficos para dar cuenta, entre otros, de la capacidad reproductiva, la resilencia de cada stock y las caracter3sticas de la pesquer3a que explota el stock, as3 como tambi3n de otras fuentes de mortalidad y las mayores fuentes de incertidumbre.*

Cuando la informaci3n para determinar los puntos de referencia para una pesquer3a es escasa o inexistente, se deben establecer puntos de referencia provisionales. Los puntos de referencia provisionales pueden ser establecidos mediante analog3a con stocks similares y mejor conocidos. En tales situaciones, la pesquer3a deber3a estar orientada a mejorar el



monitoreo así como a revisar los puntos de referencia provisionales a medida que aumente la disponibilidad y la calidad de la información.

Acciones de manejo

- *Las acciones de manejo deben buscar mantener o recuperar poblaciones de stocks explotados y donde sea necesario las especies asociadas o dependientes, a niveles consistentes con los puntos de referencia precautorios previamente acordados. Tales puntos de referencia deber ser usados para gatillar acciones de manejo y conservación. Las estrategias de manejo deberían incluir medidas, que puedan ser implementadas cuando el sistema se acerque a un punto de referencia.*
- *Las estrategias de manejo pesquero deberían asegurar que el riesgo de exceder los puntos de referencia límites sea bajo. Si un stock cae por debajo del punto de referencia límite o está en riesgo de caer por debajo del tal punto de referencia, acciones de manejo y conservación deberían iniciarse para facilitar la recuperación del stock. Las estrategias de manejo deberían asegurar que en promedio los puntos de referencia objetivos no sean sobrepasados.*

Rendimiento Máximo sostenido

- *La tasa de mortalidad por pesca que genera el rendimiento máximo sostenido, debería ser considerada como un estándar mínimo para los puntos de referencia límites. Para los stocks que no están sobrepescados, las estrategias de manejo deberían asegurar que la mortalidad por pesca no exceda la que corresponde al rendimiento máximo sostenido, y que la biomasa no caiga por debajo de un umbral pre-definido. Para los stocks sobrepescados, la biomasa, que produce el rendimiento máximo sostenido, puede servir como el objetivo de recuperación.*

No obstante estas definiciones, la nueva LGPA de pesca chilena define el enfoque precautorio de una forma más restringida a través de la letra b del Artículo 1° C, donde se indica que al aplicar el principio precautorio en la administración y conservación de los recursos hidrobiológicos y la protección de sus ecosistemas, se debe entender como tal:

- i) Ser más cauteloso en la administración y conservación de los recursos cuando la información científica sea incierta, no confiable o incompleta, y
- ii) No se deberá utilizar la falta de información científica suficiente, no confiable o incompleta, como motivo para posponer o no adoptar medidas de conservación y administración.



Además establece, en la letra C del artículo 3°, el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) como punto biológico de referencia objetivo empleado para la determinación de la cuota global de captura, entendiéndose así la declaración "Mantener o llevar a la pesquería hacia el rendimiento máximo sostenible considerando las características biológicas de los recursos explotados". Aquí es explícito el hecho que la principal diferencia entre el enfoque precautorio definido en la LGPA y el enfoque precautorio en ciencia pesquera, es que en la LGPA chilena se considera el RMS como un objetivo de administración y no como un límite, lo cual vuelve menos precautorio el enfoque chileno.

Estados de explotación

Los estados de explotación que han sido acordados por los Comités Científicos en Chile distinguen claramente la diferencia entre sobre-explotado y sobre-pesca. La primera de estas se relaciona con el estado de la biomasa por debajo de una referencia límite, mientras la segunda dice relación con la posición de la mortalidad por pesca por sobre un valor considerado límite. Ambos estados pueden coexistir de manera que un recurso puede estar sobre-explotado con o sin evidencias de sobrepesca, donde esta última se entiende como una situación transitoria mientras no se reduzcan las capturas, en tanto la primera puede tomar muchos años dependiendo de la resiliencia del recurso. Del mismo modo, en la mayoría de los recursos se han considerado valores "proxys" al RMS como objetivos de manejo donde la plena explotación se ubica en torno a este.

En términos analógicos, en la LGPA se pueden identificar cuatro estados de un recurso: sub-explotación, plena explotación, sobre-explotación y colapso y sus alcances se detallan en los puntos 58), 59) y 60) de la misma. Las definiciones corresponden a:

58) Punto biológico: *valor o nivel estandarizado que tiene por objeto evaluar el desempeño de un recurso desde una perspectiva de la conservación biológica de un stock, pudiendo referirse a: a) biomasa, b) mortalidad por pesca, o c) tasa de explotación.*

La determinación de estos puntos se deberá efectuar mediante decreto del Ministerio, según la determinación que efectúe el Comité Científico Técnico.

59) Estado de situación de las pesquerías:

Pesquería subexplotada: *aquella en que el punto biológico actual es mayor en caso de considerar el criterio de la biomasa, o menor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del rendimiento máximo sostenible y respecto de la cual puede obtenerse potencialmente un mayor rendimiento.*

Pesquería en plena explotación: *aquella cuyo punto biológico está en o cerca de su rendimiento máximo sostenible.*



Pesquería sobreexplotada: aquella en que el punto biológico actual es menor en caso de considerar el criterio de la biomasa o mayor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del rendimiento máximo sostenible, la que no es sustentable en el largo plazo, sin potencial para un mayor rendimiento y con riesgo de agotarse o colapsar.

Pesquería agotada o colapsada: aquella en que la biomasa del stock es inferior a la biomasa correspondiente al punto biológico límite que se haya definido para la pesquería, no tiene capacidad de ser sustentable y cuyas capturas están muy por debajo de su nivel histórico, independientemente del esfuerzo de pesca que se ejerza.

60) Rendimiento máximo sostenible: mayor nivel promedio de remoción por captura que se puede obtener de un stock en forma sostenible en el tiempo y bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes.

En la **Figura 1** se ilustra la interpretación de estas definiciones sobre un diagrama que representa la curva de producción de largo plazo respecto de la biomasa, en tanto que en la **Figura 2** se extiende esta interpretación sobre la relación de biomasa y mortalidad por pesca relativizada a los valores que generan el Rendimiento Máximo Sostenido (Brms y Frms).

Cabe destacar que en la definición del RMS se incluye la frase “bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes”, lo que implica que si las condiciones ambientales cambian notoriamente, estas nuevas condiciones deberían ser consideradas en la estimación del RMS y sus variables relacionadas Brms y Frms. Aunque el ambiente es fluctuante, en la práctica, las estimaciones de RMS se han realizado bajo el supuesto que estas variaciones corresponden a la variabilidad en torno a la condición promedio de una condición de equilibrio que sustenta los estimados de RMS. Claramente, la identificación de cambios ambientales que afecten en forma notable el RMS es un área de investigación que deberá ser desarrollada en el corto plazo.

De acuerdo con la definición antes descrita, en la **Figura 1** la plena explotación cubre una región “cercana” al RMS y se encuentra acotada por límites que en biomasa definen, a la sub-explotación por el lado derecho, y la sobre-explotación por el lado izquierdo. Esta misma situación en términos de la mortalidad por pesca se extiende a un área que es próxima al Frms y se la ubica en la región $F_{rms} \pm c$, y de manera análoga a una región que en biomasa está delimitada a $B_{rms} \pm d$ (**Figura 2**)

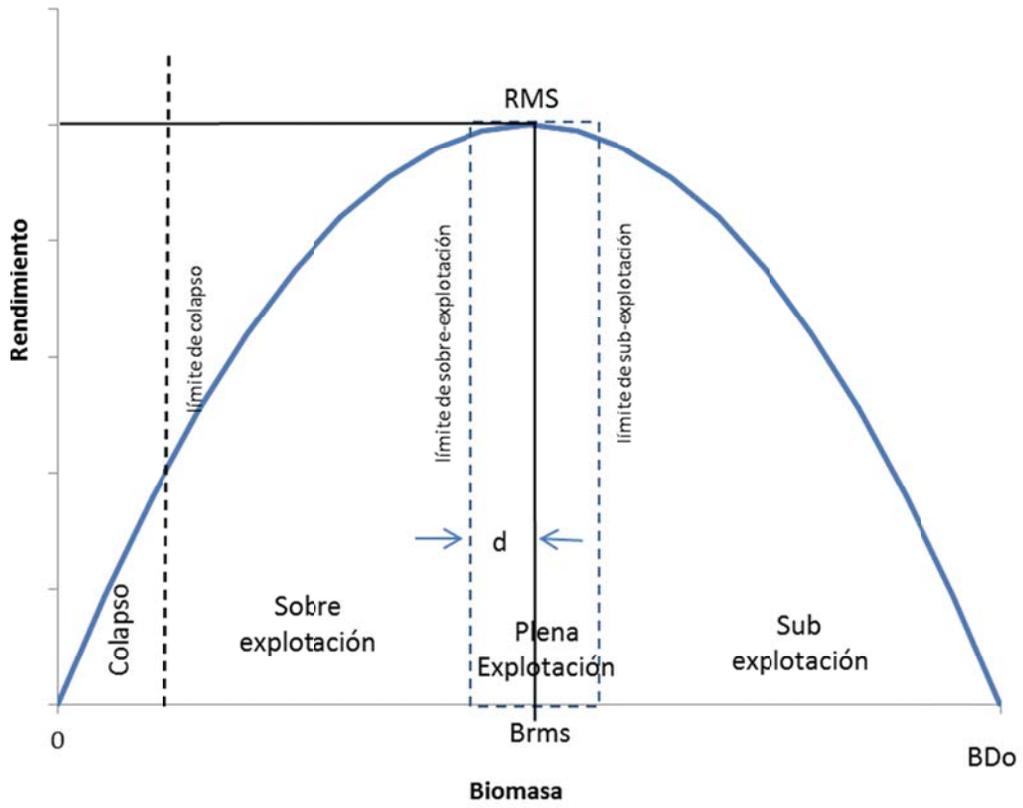


Figura 1. Curva de producci3n respecto de la biomasa en equilibrio y estados posibles de un recurso.

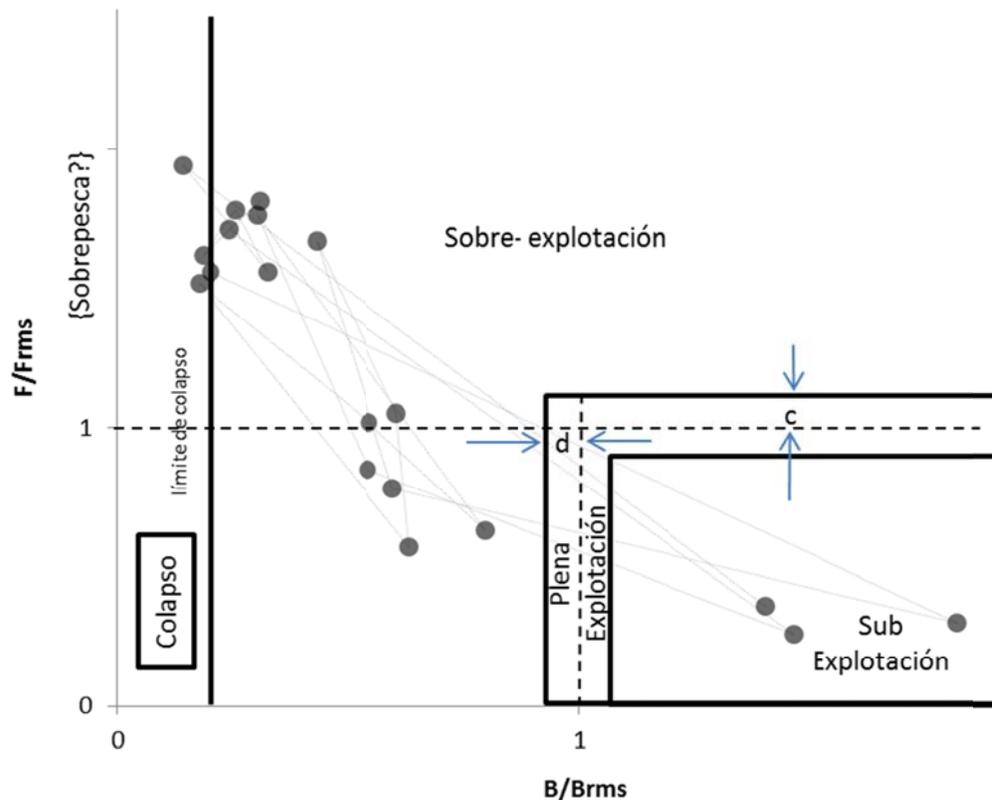


Figura 2. Diagrama B-F de estados posibles de un recurso. Las distancias c y d definen la mitad del rango de variación que es considerado “cerca” al RMS. Los puntos representan solo un ejemplo y la flechas la longitud de los intervalos c y d .

Por su parte, la sobre-explotación ocurre en el área donde $B < B_{rms} - d$ (**Figura 1**) entendiendo que una situación de sobre-explotación sostenida provocada por capturas superiores al RMS implican un riesgo inherente de llevar al recurso a la zona de colapso. Asimismo, esta condición también ocurre cuando la mortalidad por pesca está por sobre aquel valor que genera el RMS ($F > F_{rms} + c$), siendo a la vez independiente del nivel de biomasa (**Figura 2**). La zona de sobre-explotación debería entonces ser entendida como aquella donde termina la plena-explotación y corresponde cuando $B < B_{rms} - d$ o bien $F > F_{rms} + c$.

El punto anterior tiene por desventaja que cualquier nivel de mortalidad por pesca superior a F_{rms} , generará acciones que mejoren la condición del recurso en el largo plazo (plan de recuperación) aun cuando la biomasa esté por sobre la del RMS. Para obviar esta situación se puede hacer una diferencia incluyendo la expresión de sobrepesca a la situación donde $F > F_{rms} + d$ (**Figura 2**)



Al respecto, la sobrepesca en términos simples ocurre cuando la tasa de extracción desde el stock es demasiado alta o más específicamente, cuando la fracción extraída desde el stock es mayor a la requerida para proveer rendimientos máximos sostenibles en el largo plazo. A partir de esta definición, se desprende que la sobrepesca tiene lugar cuando la mortalidad por pesca F excede aquella que produce el Rendimiento Máximo Sostenible, F_{rms} . Desde la definición legal de Pesquería sobreexplotada se puede entender que la situación de sobrepesca se encontraría contenida en la definición de sobreexplotación.

Sin embargo y si bien la distinción de un estado de sobrepesca (separadamente del estado de sobre-explotación) puede ser considerado sutil, no por ello es menos importante debido al rezago con que ajustes en las tasas de explotación (o F) se traducirán en cambios en la biomasa del stock, y también, porque el tamaño del stock puede caer por debajo de un punto de referencia incluso si F es mantenida por debajo de F_{rms} , como por ejemplo las disminuciones naturales de una población por fallas en los reclutamientos.

Finalmente, la zona de colapso involucra aquel estado de un stock en el cual la generación de excedentes productivos o renovación poblacional se ha comprometido debido a un reducido tamaño poblacional. Cabe mencionar que siguiendo el modelo logístico de producción, la poca generación de excedentes también se alcanza cuando las poblaciones están en condiciones muy próximas a la situación virginal.

En el caso de las pesquerías Chilenas este límite es difícil de precisar y al igual que en otros casos internacionales, es común adherir a criterios convenidos, los que en todos los casos han sido referidos a proporciones muy bajas de la biomasa desovante virginal. A manera de ejemplo, para las pesquerías demersales de Nueva Zelanda se ha establecido un criterio del 10% como límite “duro” de colapso. Sin embargo, en ese país cuando una pesquería pasa este límite, llamado límite duro, las capturas se prohíben y la pesquería se cierra. En la LGPA chilena el agotamiento implica sólo una rotación de caladeros de pesca, por lo que no parece una condición “dura” y más bien se puede asimilar al límite de colapso usado históricamente a nivel internacional que corresponde al 20% de la biomasa desovante virginal.

Criterios para la definición de límites

Los límites que definen la plena explotación debieran ser establecidos en términos ideales, en base a criterios de riesgo. Este riesgo puede ser definido como un valor puntual y teórico asociado a la resiliencia del stock y a la dinámica de su explotación pesquera. Alternativamente, también puede ser estimado considerando distribuciones de probabilidad de las variables que definen el RMS (B_{rms} y F_{rms}), como por ejemplo los intervalos de confianza al 90% o 95% del cociente B_{rms}/B_0 y del F_{rms} . Esto último involucra la idea de maximizar la probabilidad de estar en torno al RMS. Un ejemplo de esto se ilustra en la **Figura 3**.



Sin embargo, el hecho que en la mayoría de los recursos se hayan adoptado proxys del RMS implica que su estimación puntual es aún un tema por investigar y por ende también sus medidas de error de estimación. Esta situación induce la necesidad de adoptar criterios de conveniencia como por ejemplo, como límite de plena explotación una zona acotada por ± 5 puntos porcentuales en torno al proxy que genera el RMS. Así por ejemplo, si se ha definido como objetivo el $40\%B_0$, la zona que define al cercanía al MRS (plena explotación) podría estar contenida en $35\%B_0 - 45\%B_0$, entendiéndose que por sobre ella se encuentra la zona de sub-explotación y bajo ella la de sobre-explotación. Un ejemplo de esto es el caso de la merluza común (ver informe Comité Científico, 2012). La conveniencia de definir un rango acotado de plena explotación es considerar el término “cercanía” a la vez de evitar en términos efectivos la sobre-explotación.

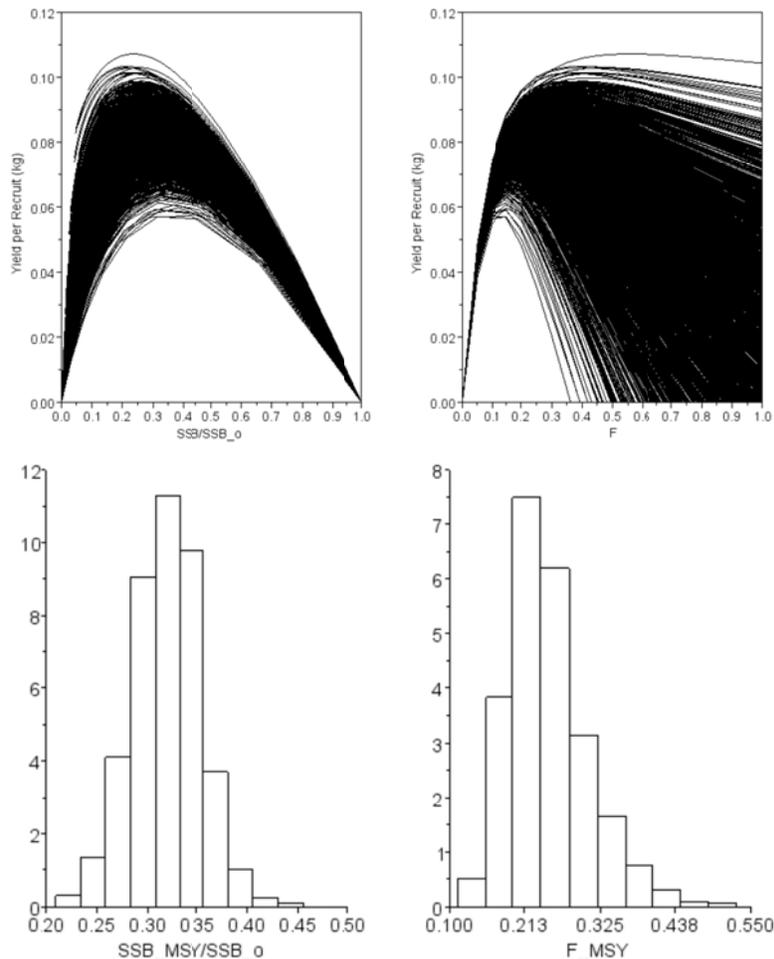


Figura 3. Curvas de biomasa, capturas y mortalidad por pesca de equilibrio del jurel, y distribución de probabilidades de la reducción de stock y mortalidad por pesca que genera el RMS (Fuente: Canales, 2012a).



En igual sentido, el l3mite de colapso es adoptado sobre la base a referentes internacionales y que corresponden a proporciones de la biomasa virginal que var3an entre el 10% y 20%, dependiendo de los antecedentes que se disponga. El supuesto es que si la poblaci3n ha sido reducida por debajo de estos niveles, esta no podr3a generar excedentes que permitan su pronta recuperaci3n en el mediano plazo, siendo necesario entonces una suspensi3n total de la actividad extractiva.



Referentes para el diagn3stico de los principales recursos pesqueros en Chile.

Considerando el desarrollo anterior y revisado los antecedentes de cada recurso, en la **Tabla 1y Figura 3** se proponen los referentes l3mites y objetivos que ser3n considerados para definir la condici3n de explotaci3n durante el 2013. Estos referentes son en su mayor3a proxys del RMS y ser3n revisados en el proyecto "Revisi3n de los puntos biol3gicos de referencia (Rendimiento M3ximo Sostenido) en las pesquer3as Nacionales" que realiza IFOP, y en los Comit3s Cient3fico T3cnicos.

En general, la estimaci3n del RMS o la adopci3n de valores "proxy" se relacion3 preliminarmente con el nivel de datos e informaci3n de cada pesquer3a. Se recomienda estimar el RMS y sus valores relacionados cuando se pueden realizar estimaciones confiables del RMS y/o de cantidades relacionadas, as3 como de la abundancia del stock (Restrepo et al., op. cit). Se recomienda la estimaci3n de los "proxy" para aquellas pesquer3as de data y conocimiento intermedio, en las cuales no se dispone de estimaciones confiables del RMS y/o cantidades relacionadas, ya sea porque no est3n disponibles o bien tienen un uso limitado debido a peculiaridades de la historia de vida del recurso, a la pobreza del contraste de los datos, o a la alta variabilidad del reclutamiento (Restrepo et al., 1998).

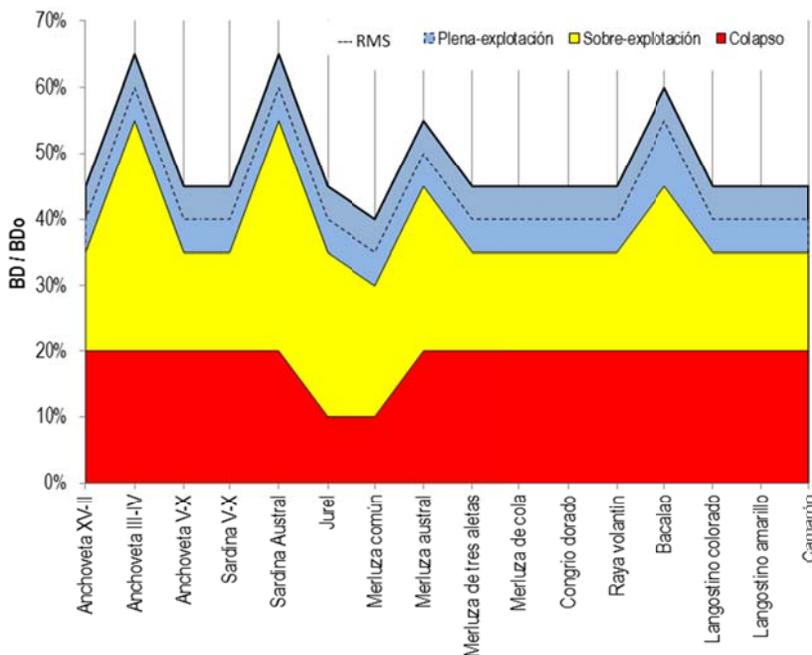


Figura 4. Puntos de Referencia objetivo y l3mites por recurso seg3n estado de explotaci3n.



Tabla 1. Puntos de Referencia objetivo y límites por recurso para definir su estado y criterio de explotaci3n.

	BDo(*)	Proporci3n de BDo				Mortalidad por pesca (F)			RMS	Referencia
		Límite sub-explotaci3n	Objetivo	Límite sobre-explotaci3n	Límite colapso	Límite sub-explotaci3n	Objetivo	Límite sobre-explotaci3n		
Anchoveta XV-II	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Anchoveta III-IV	1	65%	60%	55%	20%	F65% BDo	F60% BDo	F55% BDo	3	-
Anchoveta V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Canales y Zuñiga, 2012
Sardina V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Zuñiga y Canales, 2012
Sardina Austral	1	65%	60%	55%	20%	F65% BDo	F60% BDo	F55% BDo	3	-
Jurel	2	45%	40%	35%	10%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Canales, 2012
Merluza común	2	40%	35%	30%	10%	F40% BDo	F35% BDo	F30% BDo	4	Tascheri, 2012
Merluza austral	2	55%	50%	45%	20%	F55% BDo	F50% BDo	F45% BDo	4	Quiroz <i>et al.</i> , 2012
Merluza de tres aletas	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Merluza de cola	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Congrio dorado	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Raya volantin	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Bacalao	2	60%	55%	45%	20%	F60% BDo	F55% BDo	F45% BDo	4	Quiroz y Wff, 2012
Langostino colorado	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Langostino amarillo	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Camar3n	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-

(*) BDo: biomasa desovante virginal (1) Dinámico: raz3n potencial reproductivo para cada año; (2) De equilibrio: puede considerar relaci3n s/r , h y R_0 ; (3) proxy; (4) calculado



Sin perjuicio de las definiciones dadas en la LGPA, la **Tabla 1** involucra ciertas definiciones técnicas que basadas en sus metódicas de cálculo hacen necesario definir las como sigue,

Forma y descripción de cálculo	
(1) BDO de equilibrio	Es la biomasa desovante de equilibrio virginal de los modelos stock-recluta (B-H, Ricker, etc.).
(2) BDO dinámico	Es la biomasa desovante potencial que resultaría de una condición sin pesca, calculada a partir de los reclutamientos estimados en la evaluación de stock.
(3) PBR "Proxy"	PBR que sustituye al PBR real. Se estimada como un porcentaje del potencial reproductivo, aproximado como la biomasa desovante por recluta sin pesca.
(4) F rms.	Mortalidad por pesca asociada al RMS estimada desde un modelo de evaluación de stock.
Límite de sub-explotación	El porcentaje de BDo que genera en el RMS más 5 unidades porcentuales o su equivalente en mortalidad por pesca o tasa de explotación en el largo plazo.
Límite de Sobre-explotación	El porcentaje de BDo que genera en el RMS menos 5 unidades porcentuales o su equivalente en mortalidad por pesca o tasa de explotación en el largo plazo.
Límite de colapso	El porcentaje de BDo que compromete severamente la renovación del stock.
%BDO en RMS	El porcentaje de la BDo que genera en el RMS.
%BDO	Proporción de la biomasa desovante con respecto a BDO.
F/Frms	Indicador de la variación de la mortalidad por pesca respecto a la F que genera el RMS.



Referencias Bibliográficas

- Canales, C. 2012.(a). Jack Mackerel Biological Reference Points (BRP).SWG-11-JM-01. 11th Meeting of Science Working Group, SPFRMO, Lima, 2012, Working paper: 16 pp.
- Canales,C.2012.(b). Puntos Biológicos de Referencia (PBR) de la merluza común bajo incertidumbre. Anexo 4. En: Reporte RR-CC/SGT PBR-ES 2/2012. Sub-Grupo Técnico PBR y Estatus (SGT PBR-ES). Comité Científico de Merluza Común. 10 p + Anexos.
- Canales, C., y M.J. Zúñiga 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013. Sardina común V-X Regiones 2013. Segundo Informe. Instituto de Fomento Pesquero. 151 pp.
- Canales, C., R. Serra, C. Martínez, A. Aranís, L. Caballero, J. Córdova, J.C. Quiroz, M. Canales, V. Bocic, A. Sepúlveda, C. Gatica, S. Núñez, M. Aguayo, J. Giacamán, M. Arteaga, R. Alarcón, C. Gonzalez y L. Cubillos. 2009. Revisión de metodologías de evaluación del jurel a nivel subregional. Instituto de Fomento Pesquero. FIP N° 2007-23: 155 pp.
- Canales, C., C. Montenegro, A. Parma, T. Peñailillo, H. Pool y V. Espejo. 2000. Análisis de estrategia de explotación del langostino amarillo y langostino colorado. Informe Final, Proyecto FIP/IT 99-18: 138 pp.
- Clark, 1993.The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. En Proceeding of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. Eds. Kruse et al. Alaska Sea Grant College program report N°93-02, University of Alaska Fairbanks.
- DER, 2012. Puntos Biológicos de Referencia de los principales recursos pesqueros de Chile como base a una aproximación precautoria para el manejo pesquero. Reporte de Taller. Departamento Evaluación de Recursos (DER), Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso 17-19 abril, 2012: 45 pp.
- ICES 2001.Report of the study group on the further development of the precautionary approach to fishery management. Advisory Committee on Fishery Management ICES CM 2001/ACFM:11
- Mace, P. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds as targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci.:51:110-122.
- Payá I y N. Ehrhardt. 2005. Comparative sustainability mechanisms of two hake (*Merluccius gayi gayi* and *Merluccius australis*) populations subjected to exploitation in Chile. Bulletin of Marine Science 76(2) 261-286.



- Payá I. y M. Montecinos 2004. Investigación evaluación y CTP de orange roughy 2005, Fase I. Instituto de Fomento Pesquero. 17 páginas + 2 anexos.
- Quiroz J.C, R. Wiff y L. Chong. 2012. Segundo Informe. Convenio: Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013. Merluza del sur, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Octubre de 2012. 78 pp+Anexos.
- Quiroz J.C y R. Wiff, 2012. Segundo Informe. Convenio: Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013. Bacalao de profundidad, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Octubre de 2012. 75pp+Anexos.
- Rosemberg A. y V. Restrepo. 1995. Precautionary management reference points and management strategies. En Precautionary approach to fisheries.. Part 2: Scientific papers. FAO Fisheries technical papers 350/2. Páginas 129 a140.
- Restrepo V. R., G. G. Thompson, P. M. Mace, W. L. Gabriel, L. L. Low, A. D. MacCall, R. D. Methot, J. E. Powers, B. L. Taylor, P. R. Wade, y J. F. Witzig. 1998. Technical Guidance On the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO. July 17, 1998.
- Serra, R., A. Zuleta, H. Pool, G. Böhm. 1998. Bases biológicas para prevenir la sobreexplotación en el recurso jurel. Informe Técnico. Fondo de Investigación Pesquera, proyecto 96 – 16. 139 p. + Anexos.
- Tascheri, R. 2012. Referencias para la explotación sustentable de la merluza común. Anexo 3. En: Reporte RR-CC/SGT PBR-ES 2/2012. Sub-Grupo Técnico PBR y Estatus (SGT PBR-ES). Comité Científico de Merluza Común. 10 p + Anexos.
- Tuck, G.N. (ed.) 2010. Stock Assessment for the Southern and Eastern Scale fish and Shark Fishery 2009. Part 2: Tier 3 and Tier 4, catch rate standardisations and other work contributing to the assessment and management of SESSF stocks in 2009. Australian Fisheries Management Authority and CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart.428 p.
- Zúñiga, M.J, y C. Canales 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013. Anchoveta V-X Regiones 2013. Segundo Informe. Instituto de Fomento Pesquero. 135 pp.

ANEXO 4

Reporte de reuniones de coordinación bilaterales
IFOP-SUBPESCA



Reporte de reuniones de coordinación bilaterales IFOP-SUBPESCA

Reporte 1ra Reunión

Marco de Referencia para el diagnóstico de los recursos pesqueros 2013

Auditorio IFOP, Valparaíso 20 de agosto 2013

Se reunieron los equipos técnicos del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) de IFOP y de la División de Administración Pesquera de la Subsecretaría de Pesca, con el objeto de discutir sobre los alcances de la Nueva ley General de Pesca y Acuicultura respecto de la definición del Marco de Referencia para el diagnóstico de los recursos pesqueros 2013, y cuyos puntos más destacables fueron los siguientes:

Sobre la definición de sobre-explotación

- Existe pleno consenso sobre la necesidad de retomar la definición de sobrepesca y distanciarla del concepto de sobre-explotación, considerando que la LGPA no es explícita en esto. De igual forma y no obstante la definición legal, se comparte que el objetivo de manejo (PBR) debiese ser establecido como proporción del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS).
- La interpretación literal de la LGPA lleva a considerar una calificación de estatus definida como sobre-explotación por mortalidad, concepto que en ciencia pesquera no existe. En este contexto, se propone sobrepesca como sinónimo. Esto no contraviene la LGPA, ya que esta establece flexibilidad al CCT o a quien ejerza su función durante el periodo de transición, IFOP en este caso..
- Respecto de la región o área donde se define la plena-explotación, existe acuerdo que esta debería ser referida respecto de la reducción de biomasa más que al exceso de mortalidad por pesca ("sobrepesca"). Se sugiere que la mortalidad por pesca esté delimitada por un valor de referencia máximo, el que bien podría corresponder al propio Frms y probablemente un valor precautorio que puede ser una proporción de Frms. Sin perjuicio de lo anterior, estas temáticas deben ser discutidas con mayor detalle en los Comité Científico Técnico

Sobre la definición de objetivos y límites

- Hubo preocupación sobre el alto nivel de mortalidad por pesca propuesto para recursos en pelágicos (F40%) y como este referente a generado un cambio respecto del esquema históricamente empleado (F60%). Los antecedentes demuestran que criterios como F60% son referentes demasiado conservadores para un régimen histórico de reducción de biomasa que en general ha variado en torno al 40%-50% y de recursos con una gran



resiliencia. Por otra parte, la única razón probable es el rol de base de la cadena trófica vista desde una perspectiva ecosistémica. De todas formas, estos referentes deben ser debatido en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

- Se indicó que el uso de $F_{xx}\%$ constante para la estimación de CBA debería quedar inserto como parte de reglas de estrategias de explotación, esto considerando que la LGPA define claramente los PBR objetivo y límite y por tanto debería definirse una estrategia de explotación (tasa explotación constante, captura constante, escape constante, o una combinación) que sea consecuente con los objetivos de conservación y el estado de explotación. Con esto, el punto biológico actual debería mostrar cuan cerca o lejos se está de la regla y como debería ser corregido para alcanzar el objetivo.
- A la hora de establecer el estado de explotación de los recursos, este deberá ser basado en medidas de riesgo o probabilidad de exceder el criterio definido como límite. Al respecto, se podría calificar de sobre-explotación cuando la probabilidad que la reducción de la biomasa exceda el 50% de estar bajo el referente límite (p.ej. $35\%B_0$). Vale decir, se considera la distribución de probabilidad de la reducción poblacional respecto del criterio objetivo fijo sin incertidumbre.

Sobre las recomendaciones de cuota biológicamente aceptable

- Sin perjuicio del estado de situación de los recursos, las recomendaciones de capturas biológicamente aceptables o acciones de recuperación en aquellos stocks sobre-explotados, deberán estar sustentadas por criterios tipo “rampla” de la biomasa respecto de la mortalidad por pesca/capturas. Es decir, la aplicación de mortalidad por pesca (o captura) constante mientras la biomasa no baje de un valor límite, situación en la cual la disminución en F (o captura) es proporcional a la reducción poblacional. En este sentido el CCT podrá proponer las estrategias de explotación y en el futuro deberán quedar definidas en los planes de manejo, según los objetivos de conservación y sustentabilidad establecidos en la LGPA.

Sobre el diagrama de explotación B-F

- En el diagrama de explotación B-F o marco biológico de referencia, la escala de las biomazas y mortalidad por pesca debieran ser relativas al MRS o su proxy. Sin perjuicio de esto, el CCT deberá determinar la frecuencia de revisión en función de los cambios observados en la productividad de los stocks y en el comportamiento espacio temporal de la mortalidad (patrones de explotación).

Varios

- Sin perjuicio del informe que sea entregado en Septiembre, el proceso de asesoría posterior se podría traducir en análisis complementarios a discutir en los Comités Científico técnico.



Reporte 2da Reuni3n

Sobre las estrategias de explotaci3n de los recursos pesqueros para el 2014

Auditorio IFOP, Valparaíso 26 de agosto 2013

Se reunieron los equipos t3cnicos del Departamento de Evaluaci3n de Recursos (DER) de IFOP y de la Divisi3n de Administraci3n Pesquera de la Subsecretarí de Pesca, con el objeto de discutir sobre las estrategias de explotaci3n de los recursos pesqueros para el 2014, y cuyos puntos más destacables fueron los siguientes:

- Se mostr3 a manera de ejemplo, un análisis comparativo de simulaci3n sobre criterios de explotaci3n F constante y otro “tipo rampa” cuya regla de decisi3n consider3 la mortalidad por pesca $F = F_{mrs}$ cuando $B/B_{mrs} \geq 1$, de lo contrario $F = F_{mrs} * B/B_{mrs}$, y destacándose dos hitos principales:
 - i. Ambas estrategias permiten llevar a la biomasa del recurso al objetivo B_{mrs} .
 - ii. El criterio tipo “rampa” permite recuperar más rápido a la poblaci3n a costo de reducir significativamente la mortalidad por pesca (y las capturas), principalmente cuando $B/B_{mrs} < 1$.

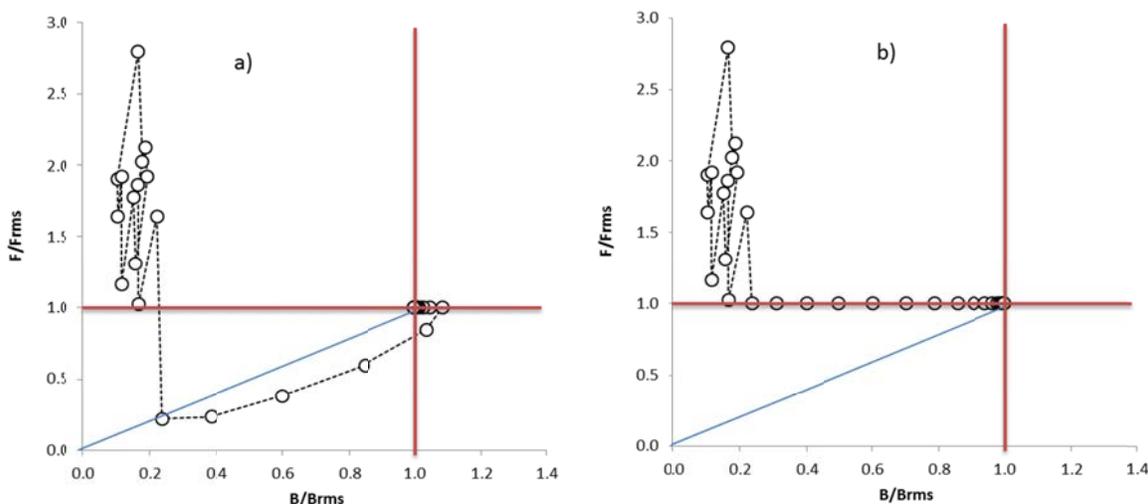


Figura 1. Simulaci3n de un diagrama B-F con referentes del MRS: (a) regla de decisi3n con modelo rampa, (b) criterio F constante.



- Los equipos acordaron que la sobre-explotación será definida cuando la biomasa exceda el límite inferior de la biomasa referida al RMS (Brms) o su medida equivalente (B/Brms). Al respecto, se estableció que los intervalos de la Brms no necesariamente deben ser simétricos, de manera que desde el enfoque precautorio el límite inferior puede ser muy pequeño y establecido por consenso, mientras el límite superior podrá considerar elementos de incertidumbre y variabilidad. Como valor inicial se propone que el límite inferior se distancie 5 puntos porcentuales del valor Brms (o su equivalente).
- El límite superior de la Brms (o su equivalente) se propone como objetivo de manejo precautorio relacionado con el RMS, con lo cual la plena explotación incluye al RMS y queda restringida entre dos valores: B límite y B objetivo.
- La variable de control (mortalidad por pesca) definirá a la sobrepesca sin considerar intervalos de confianza, de manera que la condición anterior se declara cuando $F > Frms$. Lo anterior implica a establecer el criterio de explotación $F = Frms$ para cualquier condición de biomasa mientras esta sea mayor o igual de Brms.

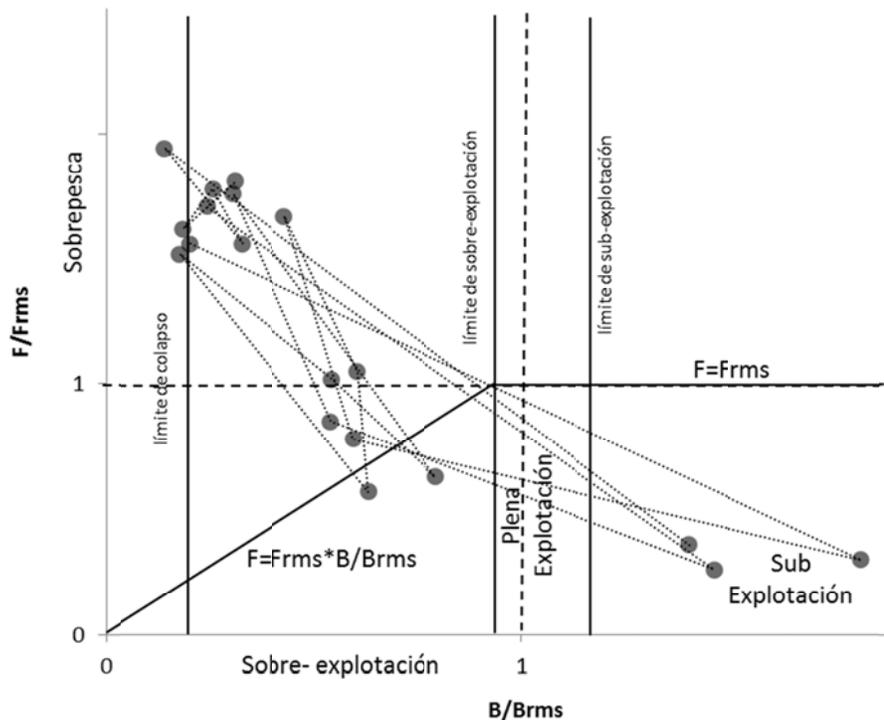


Figura 2. Diagrama B-F tipo y regla de explotación.



- En el régimen de plena y sub explotación ($B > Brms$), la aplicación del F_{rms} y su respuesta en términos de CBA debería considerar como elemento precautorio el riesgo del 10% de exceder el F_{rms} .
- De igual forma y para aquellos recursos sobre-explotados, los análisis de proyección serán realizados considerando como horizonte 10 años en recursos demersales y 5 años en pelágicos pequeños. Asimismo y para todos los recursos, a lo menos se propone el análisis de 4 casos: (1) $F=0$ (si procede), (2) $F=F_{rms}$ (independiente del estatus), (3) $F=F$ regla decisión (rampa) y 4) $F=F_{sq}$ (status quo).
- Se hace mención sobre la aplicabilidad que tienen estos criterios sobre recursos pelágicos, en los que el ambiente vía los reclutamientos determinan los cambios poblacionales y no necesariamente es la biomasa desovante. Al respecto se indicó que el límite superior de la $Brms$ bien podría considerar toda aquella variabilidad o incertidumbre, haciéndola más precautoria como objetivo de manejo.
- Se ilustró el estado de todos los recursos pesqueros nacionales en el marco del diagrama B-F junto al modelo de rampa inicialmente propuesto. Se prevé en la mayoría de los recursos demersales importantes reducciones de la mortalidad por pesca dada su condición de sobre-explotación. Caso contrario se observa en crustáceos, donde la condición de sub-explotación en la mayoría de estos involucra no solo el aumento de la mortalidad por pesca, sino la eventual apertura de los registros de armadores.
- Por el ámbito de competencias y del rol que tendrá en los CCT, IFOP propondrá un abanico de escenarios o reglas de decisión/rampas de acuerdo con el marco legal y lo sugerido por SSP.



Marco de Referencia para el Diagnóstico de los Recursos Pesqueros 2013

Auditorio IFOP

Lunes, 26 de agosto de 2013

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	FIRMA	PROYECTO
1	Cristina Cordero		IFOP
2	DISOL HEAL F		IFOP
3	Francisco Contreras		IFOP
4	Fernando Espindola R		IFOP
5	Mariella Canales	Mile	IFOP
6	Maria José Zúñiga		IFOP
7	Doris Bucarey		IFOP
8	Verónica Muñoz		SSP
9	L. Conrado Bustos		SSP
10	VICTOR ESPESO		SSPA
11	Sonia Hernández		SSP
12	Jorge Flores		SSP
13	Quincy Guzmán		SSPA
14			
15			
16			



Marco de Referencia para el Diagnóstico de los Recursos Pesqueros 2013

Auditorio IFOP

Martes, 20 de agosto de 2013

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	FIRMA	PROYECTO
1	Cristina Cruz		IFOP
2	Francisco Contreras		IFOP
3	Jorge Fariña A.		SSP
4	L. Camila Pastos		SSP
5	Laura Flores		SSP
6	Sandra Hernandez		SSP
7	Victor Espinoza B.		SSP
8	Fabio Campodónico		SSP
9	Alexander Karsched		SJP
10	DORIS BUCAREY		IFOP
11	Mariella Canales		IFOP
12	Fernando Espinoza R.		IFOP
13	Juan Carlos Delgado		IFOP
14	Ignacio Pavez		IFOP
15			
16			

ANEXO 5

Base de Datos





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile



www.ifop.cl