



## **SEGUNDO INFORME DE ESTATUS**

Convenio de Desempeño 2015  
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables  
de los principales recursos pesqueros nacionales, 2016:

**Anchoveta III-IV Regiones, 2016**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Abril 2016**





## **SEGUNDO INFORME DE ESTATUS**

Convenio de Desempeño 2015  
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables  
de los principales recursos pesqueros nacionales, 2016:

### **Anchoveta III-IV Regiones, 2016**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Abril 2016**

#### **REQUIRENTE**

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

Subsecretaria de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño  
**Natalia Piergentili Domenech**

#### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo  
**Leonardo Núñez Montaner**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Claudio Bernal Larrondo.**

#### **JEFE PROYECTO**

Elson Leal Faúndez

#### **AUTORES**

Elson Leal Faúndez  
Cristian Canales Ramírez  
Doris Bucarey Sepúlveda

#### **COLABORADORES**

María Gabriela Böhm Stoffel  
Francisco Leiva Dietz  
Juan Carlos Saavedra Nievas  
María José Zúñiga Basualto





## ÍNDICE GENERAL

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>ÍNDICE GENERAL .....</b>                               | <b>i</b>   |
| <b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>                             | <b>iii</b> |
| <b>1. OBJETIVOS.....</b>                                  | <b>1</b>   |
| <b>2. ANTECEDENTES.....</b>                               | <b>2</b>   |
| <b>3. DATOS E INFORMACIÓN.....</b>                        | <b>6</b>   |
| 3.1 DESEMBARQUES .....                                    | 6          |
| 3.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS .....                             | 8          |
| 3.3 ESTRUCTURA DE TALLAS.....                             | 9          |
| 3.4 ANÁLISIS DE LAS TASAS DE CAPTURAS (CPUE).....         | 12         |
| 3.5 CRUCERO DE EVALUACIÓN DIRECTA .....                   | 20         |
| <b>4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>                     | <b>23</b>  |
| 4.1 MODELO DE EVALUACIÓN .....                            | 23         |
| 4.2 DEFINICIÓN DEL PESO RELATIVO DE LA INFORMACIÓN .....  | 24         |
| <b>5. RESULTADOS .....</b>                                | <b>27</b>  |
| 5.1 CONFIGURACIÓN DEL MODELO BASE.....                    | 27         |
| 5.2 DESEMPEÑO DEL MODELO.....                             | 28         |
| 5.3 EVALUACIÓN DE STOCK.....                              | 37         |
| 5.4 ESTATUS DEL RECURSO .....                             | 39         |
| 5.5 CBA Y PROYECCIONES DEL STOCK.....                     | 47         |
| 5.6 PROGRAMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO .....               | 50         |
| <b>6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....</b>                      | <b>56</b>  |
| 6.1 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....                     | 56         |
| 6.2 BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN ..... | 57         |
| 6.3 DATOS E ÍNDICES USADOS EN LA EVALUACIÓN .....         | 58         |
| <b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                 | <b>60</b>  |

### ANEXOS:

- Anexo 1.** Modelo de los procesos, observaciones, errores.
- Anexo 2.** PBR en el contexto de la LGPA y su estimación en las pesquerías nacionales.
- Anexo 3.** Asesoría al Comité Científico de Pelágicos Pequeños (CCT – PP).
- Anexo 4.** Base de datos – Modelo. (\*Incluida en el CD presentado al comienzo de este documento)





---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente reporte contiene la evaluación del stock y el estatus para la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) distribuida entre los 24° y 32°LS (Unidad de Pesquería centro-norte) durante el período 2015 - 2016. Se utiliza la mejor y más reciente información disponible, incluyendo los resultados del crucero de evaluación directa realizado el pasado mes de febrero de 2016.

Se realiza un análisis estructurado a la longitud de los individuos. La información de entrada usada para desarrollar el modelo, corresponde a los antecedentes biológicos de longitud y pesos medios de los individuos actualizados a diciembre de 2015. La CPUE en el periodo 1986-2015, el índice de biomasa acústica (RECLAN) entre 2006 y 2016 y su respectiva estructura de longitudes. Finalmente se consideran los desembarques oficiales entre 1985 y 2015 y asumiendo un nivel referencial para el año 2016 igual a la CBA establecida en 25 mil toneladas (t).

De acuerdo al enfoque de modelación usado en este estudio y considerando información biológica y de la actividad pesquera, la anchoveta distribuida en la Unidad de Pesquería centro-norte, presentaría durante el año 2016 un valor central de biomasa total y desovante de 324 mil y 52 mil toneladas respectivamente. Estos valores, son levemente inferiores a los promedios históricos observados en cada índice. A inicios del año 2016 se observa el ingreso de una fuerte clase anual que viene a revertir la tendencia a la disminución observada en los reclutamientos en el período 2011-2015.

La mortalidad por pesca, muestra una tendencia decreciente en el período 2006–2013, permitiendo que la Razón del Potencial Reproductivo (RPR) se mantuviera en valores en torno al 80% en promedio, por sobre el objetivo de manejo (60%). Durante los años 2014 y 2015, el stock mostró un rápido nivel de reducción hasta el 49%, situándose por debajo del rango de sustentabilidad biológica, no obstante, y dado el ingreso de reclutas se espera para el 2016 un escape de la población desovante en torno al 56%. Los resultados de la evaluación, indican una baja probabilidad que el stock se encuentre en una condición de sobre-explotación durante el año 2016. En términos de mortalidad (F), la probabilidad de encontrarse en sobrepesca es de un 1%.

Se propone como objetivo de manejo considerar las recomendaciones del comité científico, basadas en Paya *et al.* (2014), proponiendo el PBR F60 como un proxy del nivel de mortalidad por pesca que genera el Rendimiento Máximo Sostenible ( $F_{RMS}$ ).





## **1. OBJETIVOS**

---

### **1.1. Objetivo general**

Estimar la composición, abundancia y biomasa y actualizar el estatus e incertidumbre asociada de la Anchoveta en la III-IV Regiones, proveyendo toda la información y prestando la mejor asesoría a los Comités Científico Técnicos en el análisis de sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables y los niveles de riesgo involucrados, en horizontes de corto y mediano plazo.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Implementar procedimientos de evaluación de stock 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 los estándares actuales en ciencia pesquera.
- Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores de estado y flujo, incorporando 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 y recomendados por los Comités Científico y Técnico respectivos.
- Brindar al Comité Científico Técnico correspondiente la asesoría técnica necesaria, proveyendo los datos, antecedentes e información necesarios para el análisis de las posibilidades de explotación y la determinación de los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, para la siguiente temporada extractiva anual (año 2016), con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado de mediano y largo plazo, conforme a lo dispuesto por la Ley General de Pesca y Acuicultura y en 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) que permita registrar la historia de las mejoras realizadas en la evaluación de stock, incluyendo el desarrollo de las recomendaciones realizadas tanto en el proceso de calificación técnica como en las revisiones por pares, cuando corresponda.



## **2. ANTECEDENTES**

---

### **2.1. Aspectos administrativos**

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 Acuicultura 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 y Acuicultura 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.

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 y Acuicultura 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 2016 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).

## **2.2. Biología, pesquería y enfoque de evaluación**

La anchoveta (*Engraulis ringens*), se distribuye en un amplio rango geográfico (desde los 4° a los 42° S) a lo largo de la corriente de Humboldt en la costa este del Pacífico sur. En el área se han descrito tres poblaciones de esta especie, norte y centro del Perú, sur del Perú - norte de Chile y centro sur de Chile (Alheit & Ñiquen, 2004). En la costa de Chile existen, desde el punto de vista administrativo, tres



unidades de pesquería de anchoveta: Unidad de Pesquería norte (XV-II Región), Unidad de pesquería centro norte (III-IV Región) y Unidad de Pesquería centro-sur (V-X Región).

La Unidad de pesquería de anchoveta centro norte ha sido explotada desde mediados de los años 80. Sus desembarques alcanzaron en esta zona un máximo histórico de 200 mil toneladas en el año 1995. Sin embargo, el promedio histórico de desembarque en esta pesquería ha variado principalmente entre las 45 y 80 mil toneladas anuales.

A pesar de los menores volúmenes de desembarques en comparación con los registrados en la pesquería de anchoveta de la zona norte y centro sur de Chile, la unidad de pesquería centro norte sustenta una importante actividad económica a nivel local, con una flota principalmente de tipo artesanal.

En cuanto a su dinámica, es bien conocido que las poblaciones de peces pelágicos pequeños situados en los ecosistemas de surgencia costera se caracterizan por una alta variabilidad interanual en su abundancia (Bakun & Parrish, 1982; Cushing, 1990; Cubillos, *et al.*, 2002). Estas fluctuaciones se asocian fundamentalmente al reclutamiento, cuya variabilidad está relacionada tanto a factores ambientales (Cole & MacGlade, 1998; Rothschild *et al.*, 2000) como al potencial reproductivo de la población a través de mecanismos denso-dependientes. Como consecuencia, los niveles de captura biológicamente sustentables, varían cada año. En este contexto, es necesario realizar una evaluación anual del estado del recurso y establecer una estrategia de manejo adecuada para la sustentabilidad de la pesquería.

A partir del año 2002, la pesquería de anchoveta en la unidad de pesquería centro norte, se ha administrado bajo sistema de cuotas globales de capturas. Estas restringen los niveles de desembarque y regulan así la mortalidad por pesca. Este marco administrativo requiere que las estimaciones de Captura Biológicamente Sustentables se basen sobre análisis científicos fundamentados en metodologías estándares que respondan a los objetivos de manejo definidos por la autoridad.

Para el caso particular de la anchoveta en la Unidad de Pesquería centro-norte, la síntesis de los talleres de datos y modelación realizados en el marco del estudio previo, concluyen, que no obstante se dispone de un adecuado volumen de datos, la calidad de la información aún es insuficiente para precisar niveles poblacionales donde se puede conseguir el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS), considerando este como principal referente actual para el manejo pesquero por la autoridad pesquera en Chile. Esta situación se debe principalmente a la falta de mayor conocimiento de algunos procesos dinámicos espacio-temporales. Esto se traduce en datos e indicadores poblacionales sujetos a una considerable incertidumbre producto de su gran variabilidad. De esta manera, el estándar de la información para establecer el diagnóstico del recurso puede ser considerado como incompleto.

No obstante, la incertidumbre en la evaluación y las continuas mejoras que puedan ser incorporadas cada año al modelo estadístico usado para modelar la dinámica, los datos empleados en la actual



evaluación de stock contienen información suficiente para ser modelada y obtener resultados consistentes que pueden ser usados para el manejo pesquero.

Para llevar a cabo la evaluación, se realiza un análisis estructurado a la longitud de los individuos (Sullivan *et al.*, 1990). La información de entrada usada para estructurar el modelo, corresponde a los antecedentes biológicos de longitud y pesos medios de los individuos, la CPUE, el índice de biomasa directo a partir del año 2006 y su respectiva estructura de longitudes. Finalmente se consideran los desembarques oficiales reportados en esta pesquería.

Para modelar la estructura de longitudes, el análisis considera el uso de un único patrón de explotación de tipo logístico para todo el periodo, tanto para la información de la flota como del crucero de evaluación directa. La información acústica (RECLAN), se usa como un índice relativo de la biomasa total del recurso a principios de año ( $q \neq 1$ , se estima dentro del modelo). El enfoque de modelación, entrega mayor valor estadístico a la información de desembarques por sobre el índice de abundancia relativo (CPUE) y evaluación directa.

El presente reporte es una actualización de la evaluación del stock de anchoveta presentada en septiembre del año 2015, principalmente con la incorporación de la composición de tamaños y estimación de biomasa obtenidos por el crucero de evaluación directa RECLAN 2016 junto con la información más reciente proveniente de la pesquería, a partir de la cual se revisa la estimación de capturas biológicamente aceptables (CBA) para el año 2016.



### **3. DATOS E INFORMACIÓN**

---

El modelo de evaluación cubre el período 1985-2016 y considera información en escala anual que se resume en:

- Parámetros biológicos (madurez, crecimiento y peso a la talla).
- Serie anual de desembarques (1985-2015).
- Índice CPUE estandarizado (1986-2015).
- Serie anual de biomاسas obtenidas en los cruceros acústicos (2006-2016).
- Composiciones de tallas anuales de las capturas (1995-2015).
- Composiciones de tallas anuales de los cruceros (2006-2016).

Se asume para el año 2016 un nivel de desembarque esperado el valor de la captura estimada a partir de la mortalidad por pesca que permite alcanzar el rendimiento máximo sostenido.

Se utilizó para el año 2016 información de la estructura de longitudes de los individuos observada en los primeros meses del año.

Los rendimientos de pesca (CPUE) están actualizados hasta diciembre de 2015.

Se utiliza la información del índice de biomasa acústico y estructura de longitudes reportada por el crucero de evaluación directa desarrollado IFOP en la zona costera de la III y IV Regiones, incluyendo el más reciente realizado en el mes de febrero de 2016.

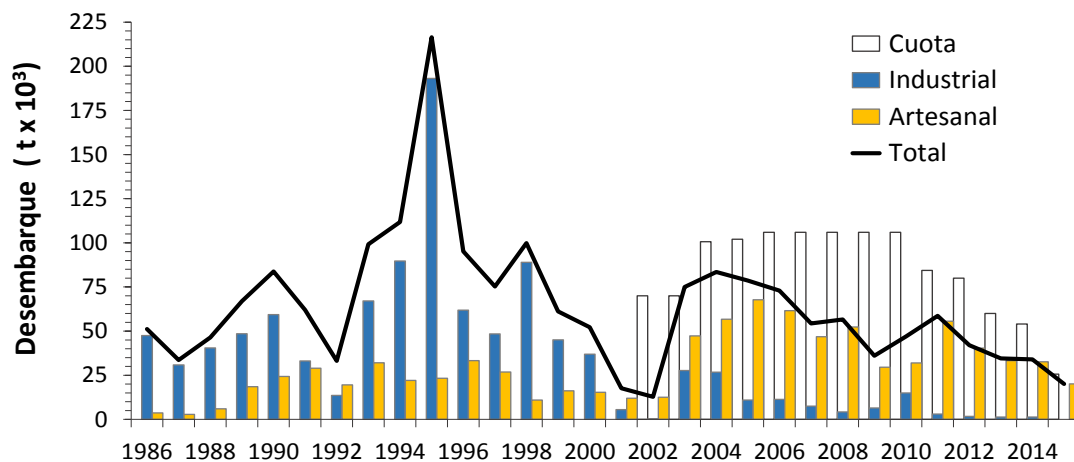
#### **3.1 Desembarques**

A partir del año 2003 y como consecuencia de la entrada en vigencia del régimen LMCA (DFL N°19.713, del 25 de enero de 2001) la actividad pesquera de la III-IV Región ha estado dominada por los desembarques de la flota artesanal. Debido a la distribución eminentemente costera de la anchoveta, su disponibilidad para la flota industrial se vio alterada ante el marco legal vigente operando actualmente un reducido número de naves, principalmente en zonas de perforación artesanales autorizadas por la Subsecretaría de Pesca.

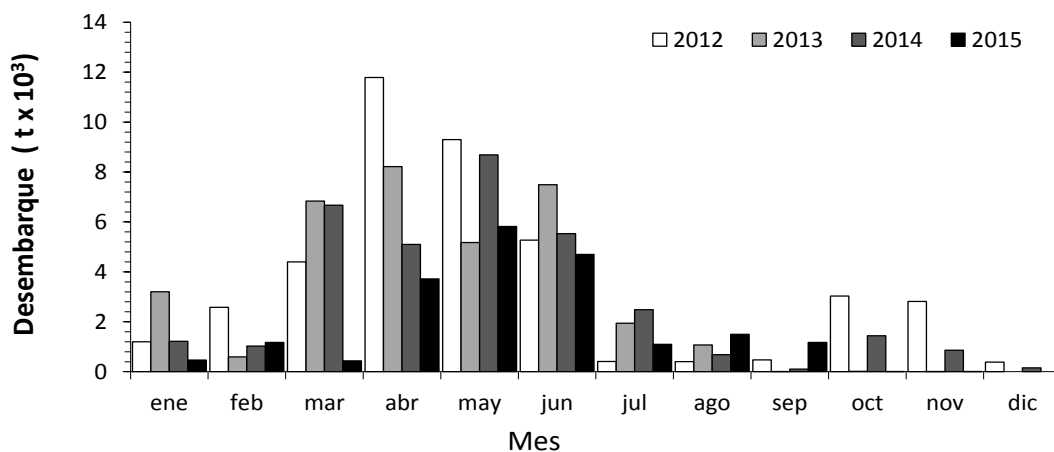
De acuerdo a lo informado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), el desembarque total evidenció una disminución significativa desde 56 mil toneladas el año 2008 hasta valores cercanos a las 36 mil toneladas el 2009. Durante el año 2010 incrementaron hasta a las 47 mil toneladas y el 2011, según los registros oficiales, el desembarque aumentó nuevamente, alcanzando las 58 mil t.



Durante los años 2012 y 2013 los desembarques alcanzaron valores de 42 mil y 35 mil t. respectivamente (**Figura 1**). Durante el año 2014, los desembarques permanecieron estables respecto del año anterior, registrando valores cercanos a las 34 mil t. La actividad extractiva también refleja una marcada estacionalidad concentrada durante el primer semestre (**Figura 2**). Durante el año 2015, se aprecia una menor actividad en comparación con los años previos alcanzando un nivel de desembarque de 20 mil t.



**Figura 1.** Desembarque de anchoveta por flota, III y IV Regiones 1985 al 2015 y cuota de capturas (periodo 2002- 2015).



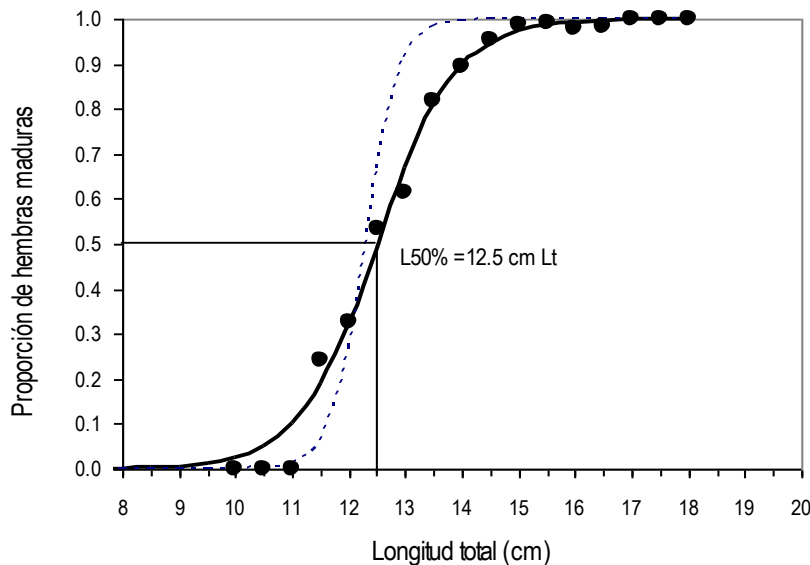
**Figura 2.** Comparación de las capturas mensuales de anchoveta efectuadas en la III – IV Región entre los años 2012 y 2015.



### 3.2 Aspectos biológicos

#### Longitud media de madurez ( $L_{50\%}$ )

Canales y Leal (2009) estimaron a través de estados macroscópicos de desarrollo ovárico, la ojiva de madurez para la anchoveta distribuida en la unidad de pesquería centro norte. Este análisis señala que la longitud media de madurez ( $L_{50\%}$ ) de la anchoveta en esta zona, estaría en torno a los 12.5 cm de longitud total (Lt). Esta estimación coincide con lo reportado para la anchoveta de la unidad de pesquería norte (XV, I y II regiones). Sin embargo, se aprecian diferencias importantes en la proporción de hembras maduras por intervalo de talla en cada zona (**Figura 3**). En este sentido, dado que la descripción del proceso reproductivo de la anchoveta centro-norte se basó en estados de madurez macroscópica, se sugiere continuar utilizando en la evaluación, la ojiva de madurez sexual correspondiente a la zona norte hasta no disponer de un análisis que permita ratificar las recientes estimaciones. Bajo esta perspectiva, sería recomendable desarrollar un enfoque basado en estados microscópicos de madurez, de manera de precisar el proceso de maduración de los individuos, disminuyendo la incertidumbre en las estimaciones de abundancia y biomasa de la fracción madura de la población en la zona de estudio.



**Figura 3.** Comparación entre la ojiva de madurez actualmente utilizada para la evaluación (línea segmentada) y la estimada por Canales y Leal (2009), línea continua (modelo ajustado), puntos (datos observados).



### Crecimiento individual

Canales (2007) estima los parámetros de crecimiento de anchoveta en la III y IV regiones, los que fueron comparados con los estimados para esta especie en la unidad de pesquería norte y centro-sur (**Tabla 1**).

**Tabla 1.**  
Comparaci3n de las estimaciones de los parámetros de crecimientos  
de anchoveta, para los tres stock de anchoveta de Chile.

| Parámetro                | I – II regiones |       | III – IV regiones |       | V - X regiones |       |
|--------------------------|-----------------|-------|-------------------|-------|----------------|-------|
|                          | Estimado        | error | estimado          | error | estimado       | error |
| $L_{\infty}$ (cm)        | 20.95           |       | 19.5              | 0.326 | 20.1           | 0.60  |
| $k$ (año <sup>-1</sup> ) | 0.514           |       | 0.546             | 0.027 | 0.514          | 0.05  |
| $t_0$ (año)              | -1.9            |       | -1.0              | 0.034 | -0.042         | 0.19  |

Los parámetros de crecimiento estimados para anchoveta en la III y IV regiones fueron:  $L_{\infty}$ =19.5 cm,  $k$ =0.546 y  $t_0$ =-1.0 año. Al respecto, se indica que la longitud asintótica resultó en un valor inferior a los estimados para la especie en la zona norte y centro sur, aunque la tasa de crecimiento fue similar. El estudio advierte además que el parámetro  $t_0$ , fuera de estar alejado de su definici3n conceptual, presentó diferencias importantes respecto de los otros stocks. Al respecto, Canales y Leal (2009) re-estiman los parámetros de crecimiento para la especie en el área de estudio, corrigiendo el parámetro  $t_0$  a través de la longitud de eclosi3n larval según lo indicado por López-Veiga (1979). Los parámetros de crecimiento re-estimados para anchoveta en la III y IV regiones presentaron valores de:  $L_{\infty}$ =**18.75 cm**,  $k$ =**0.91 año<sup>-1</sup>** y  $t_0$ =**-0.01 años**. Los parámetros re-estimados se usan en el modelo de evaluaci3n del recurso a partir del año 2009.

### Mortalidad natural

Canales (2007), estima la mortalidad natural ( $M$ ) para anchoveta de la III y IV regi3n, asumiendo un valor compromiso para este parámetro de 0.87 año<sup>-1</sup>, entre distintos métodos. Este valor de  $M$  fue usado en las evaluaciones 2007 y 2008. Sin embargo, a partir del año 2009, se utiliza en la evaluaci3n del stock, el valor de  $M$  reportado por Canales y Leal (2009) que fue estimado en **1.3 año<sup>-1</sup>** usando los parámetros de crecimiento re-estimados.

### 3.3 Estructura de tallas

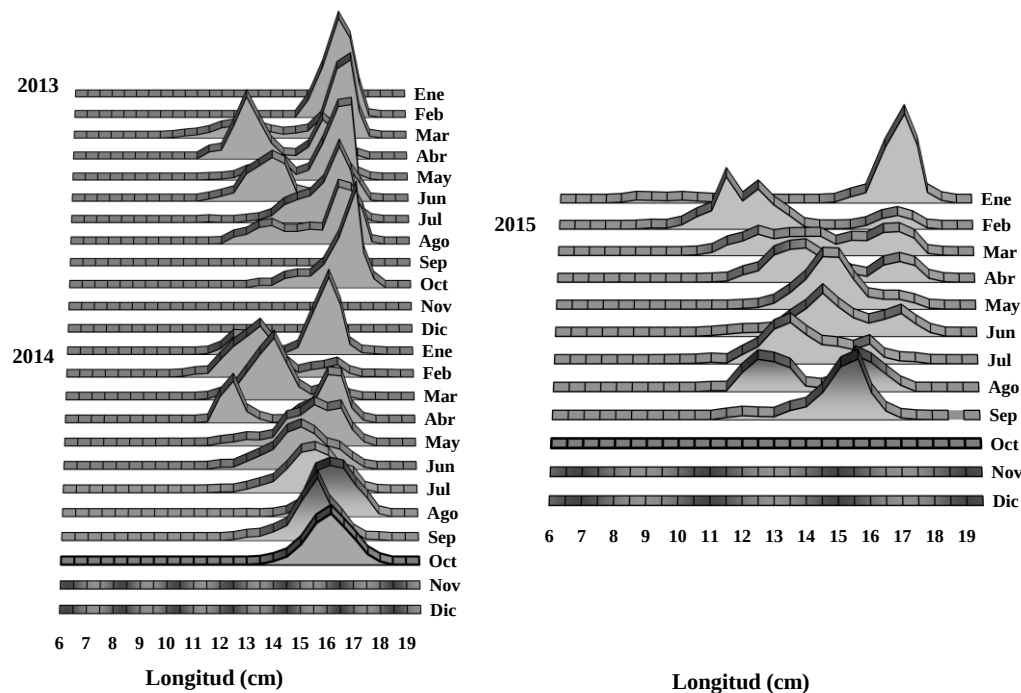
La **Figura 4**, muestra las estructuras de tallas mensuales desde enero de 2005 a diciembre de 2012. Se aprecia el ingreso a la pesquería de la fracci3n recluta persistentemente durante el mes de enero y/o febrero de cada año, con desplazamiento de la longitud modal durante los meses siguientes. El año 2009, la falta de muestras en el mes de febrero, no permiti3 corrob3r el reclutamiento de individuos. El año 2010 en tanto, el proceso se observ3 según lo esperado durante el mes de enero y una fracci3n en febrero. El año 2011 se observ3 un alto reclutamiento exclusivamente durante el mes



10

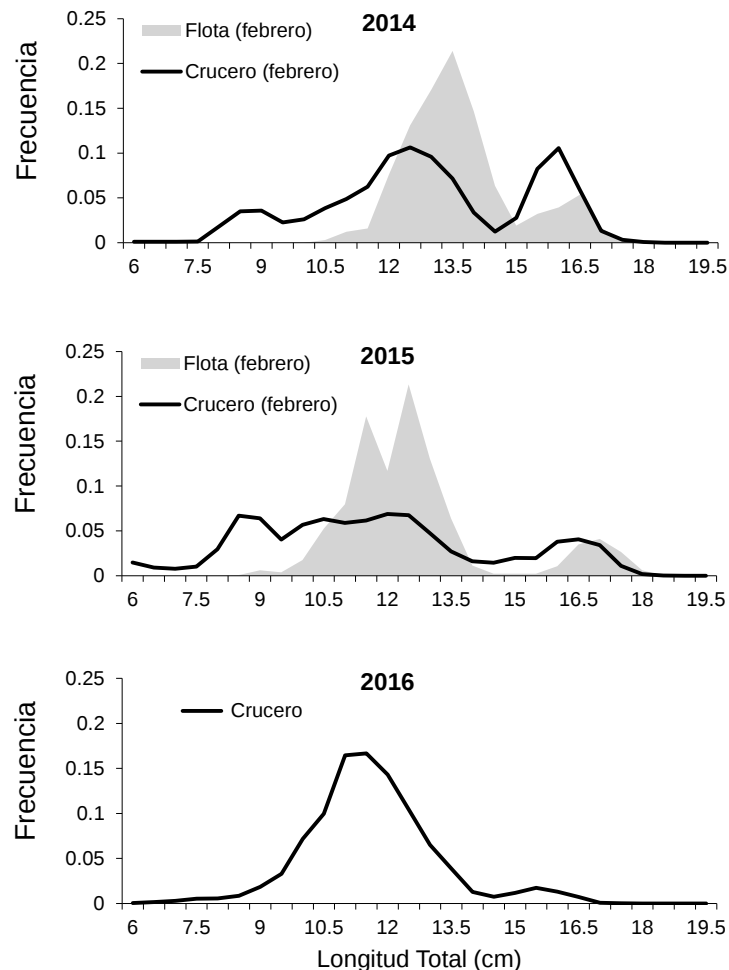


Entre los años 2013 y 2015, la estructura de longitudes mensual (Figura 5), muestra una escasa presencia de ejemplares pequeños (< 12 cm de LT), no advirtiendo el pulso de reclutamiento observado los años previos durante los primeros meses del año. En los meses de noviembre y diciembre (como en años anteriores) de los años 2013 y 2014, la escasa actividad pesquera impidió obtener muestras para la estructura de longitudes. El año 2015, aunque se registraron desembarques marginales de anchoveta en los meses de noviembre y diciembre, solo se obtuvo información de la estructura de longitudes hasta el mes de septiembre.



**Figura 5.** Estructura de tallas mensual de anchoveta obtenida desde la flota durante los años 2013, 2014 y 2015.

La **Figura 6** muestra la información de la estructura de longitudes de la flota observada en febrero de los años 2014 y 2015, comparado con el crucero de evaluación directa realizado cada año el mismo mes. En ambos casos se aprecian diferencias importantes en la estructura de longitudes de cada fuente de información. La información de la flota revela una escasa presencia de individuos bajos los 11 cm Lt. El crucero del año 2015, complementa la información de la pesquería, revelando una fracción de ejemplares bajo los 11 cm Lt, superior al crucero del año previo. El año 2016 no se cuenta con información de la estructura de longitudes para realizar el análisis comparativo. El crucero muestra una moda principal de individuos de 11 cm y una pequeña moda secundaria en 16 cm. En términos de porcentaje, la proporción de reclutas alcanzó hasta un 80 % durante el último crucero. Esto representa un incremento respecto del 62% y 39% de los años 2015 y 2014 respectivamente.



**Figura 6.** Estructura de tallas de anchoveta obtenida desde la flota en el mes de febrero de 2014 y 2015 y la observada por el crucero de evaluación directa durante el mismo mes para el período 2014 - 2016 en la zona costera de la III-IV Regiones.

### 3.4 Análisis de las Tasas de Capturas (CPUE)

La información utilizada en este análisis corresponderá a los registros de bitácoras recopiladas entre 1986 y diciembre de 2015. Se realizará la estimación de tasas de capturas globales. Es decir, se incluyen en los análisis las naves industriales que participan de la pesquería como otro nivel dentro del factor: categoría de capacidad de bodega.



Se utilizan en la estandarización de las tasas de capturas de anchoveta de la flota industrial y artesanal, modelos lineales generalizados (GLM; McCullagh & Nelder, 1989). Bajo este enfoque, la CPUE es predicha como una combinación lineal de variables explicatorias y el principal objetivo es estimar el efecto anual. Se evaluarán los modelos Log-normal y Gamma (Pennington, 1983; Ortiz & Arocha, 2004). Se evalúan únicamente los viajes que efectivamente obtuvieron capturas (viajes con pesca), ya que en esta pesquería en particular, es difícil realizar un seguimiento eficaz o confiable de los viajes con captura cero (M.G. Böhm *com. Pers.*).

El porcentaje de devianza explicado y el análisis de distribución de los residuos son utilizados como criterio para la selección del mejor modelo en el análisis de las tasas de capturas.

Los efectos considerados en la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), son: año, trimestre, capacidad de bodega (CB) y zona de pesca.

El modelo de regresión general para las tasas de captura de anchoveta tiene la siguiente forma:

$$\ln(CPUE)_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + t_l + \varepsilon_{i,j,k,l}, \text{ (log-normal)}$$

$$CPUE_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + t_l + \varepsilon_{i,j,k,l} \text{ (Gamma)}$$

Donde,

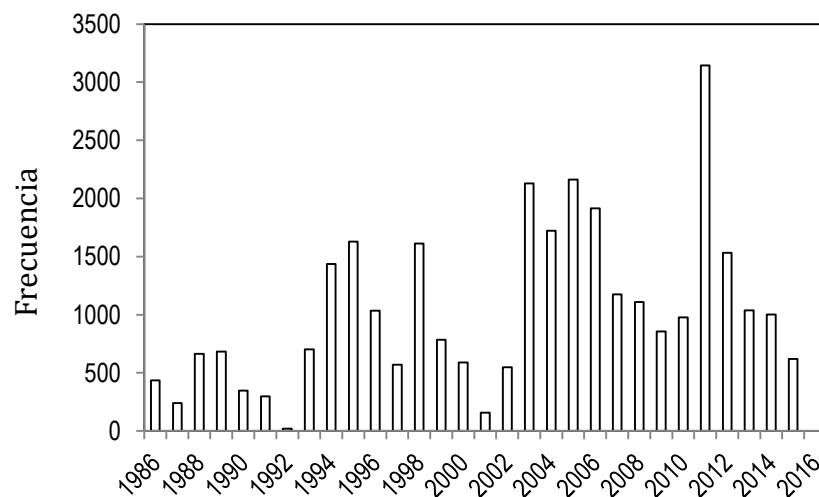
- $\mu$  : media general o intercepto
- $\alpha_i$  : corresponde al factor año
- $\beta_j$  : factor trimestre
- $\gamma_k$  : factor zona
- $t_l$  : factor capacidad de bodega CTG
- $\varepsilon_{i,j,k}$  : error aleatorio

La zona de estudio fue dividida en región norte=1 (Caldera) y región sur=2 (Coquimbo) de manera de incorporar el factor espacial en la estandarización de las tasas de captura. Para modelar el tamaño de las embarcaciones como fuente de variabilidad, se utilizaron de manera arbitraria, 10 categorías de capacidad de bodega (CTG): 1-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-100 y >100 (m<sup>3</sup>). Antes de elegir el trimestre, se analizó otro nivel de agregación temporal de los datos (semestre). Dentro de cada modelo se seleccionó aquel factor con mayor porcentaje de devianza explicada y menor AIC (Criterio de información Akaike). El factor trimestre fue seleccionado, dado que presentó la mayor devianza explicada, además de presentar los menores índices AIC (Leal *et al.*, 2014)



La **Figura 7**, muestra el número de registros con el cual se construye en índice de CPUE en la pesquería de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro- norte, el que muestra amplias variaciones. Sin embargo, puede considerarse suficiente para generar un índice robusto desde el punto de vista del número de muestras, excepto los años 1992 y 2001.

Desde 1980 hasta el 2000 el desembarque de anchoveta en los puertos de la III y IV regiones fue a consecuencias de capturas realizadas por la flota industrial, sin embargo y desde mediados de los años noventa este comenzó a disminuir en forma muy importante, debido por un lado al colapso de la pesquería de sardina española, que trajo consigo una reducción del esfuerzo de pesca industrial en ambas regiones (Martínez *et al.*, 2004). Posteriormente, a partir del año 2002, con la entrada en vigencia de la Ley que limita la actividad de pesca industrial en las primeras 5 millas, la actividad de pesca es realizada mayoritariamente por naves consideradas artesanales. Lo anterior se refleja en el número de registros por categoría de capacidad de bodega con el cual se lleva a cabo el análisis de las tasas de captura (**Tabla 2**).



**Figura 7.** Variabilidad en el número de viajes totales registrados, en la pesquería de anchoveta de la III y IV Región entre los años 1986 y 2015, con el cual se construye en índice de CPUE.



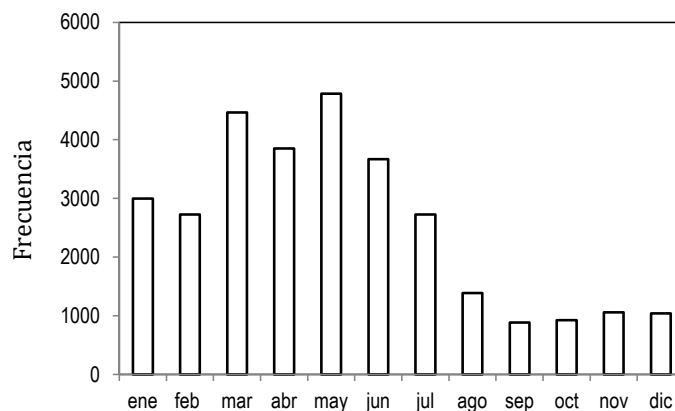
**Tabla 2.**  
Número de registros por categoría de capacidad de bodega de las naves que operaron en la pesquería de anchoveta en la III y IV Regiones entre los años 1986 y 2014.

| Año  | categoría de capacidad de bodega |       |       |       |       |       |       |       |        |      |
|------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
|      | 1-20                             | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 | >100 |
| 1986 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 436  |
| 1987 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 15     | 226  |
| 1988 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 175    | 487  |
| 1989 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 50     | 633  |
| 1990 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 8      | 339  |
| 1991 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 23     | 274  |
| 1992 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1      | 18   |
| 1993 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 703  |
| 1994 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 3      | 1432 |
| 1995 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 1629 |
| 1996 | 0                                | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     | 22     | 1009 |
| 1997 | 0                                | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 569  |
| 1998 | 3                                | 0     | 23    | 2     | 2     | 0     | 0     | 0     | 0      | 1582 |
| 1999 | 4                                | 9     | 46    | 8     | 50    | 7     | 2     | 0     | 14     | 643  |
| 2000 | 0                                | 3     | 6     | 2     | 14    | 1     | 0     | 0     | 3      | 559  |
| 2001 | 2                                | 7     | 24    | 27    | 23    | 15    | 0     | 0     | 3      | 55   |
| 2002 | 47                               | 100   | 63    | 47    | 96    | 78    | 31    | 24    | 44     | 18   |
| 2003 | 190                              | 215   | 191   | 106   | 366   | 323   | 115   | 102   | 135    | 385  |
| 2004 | 0                                | 38    | 146   | 237   | 273   | 223   | 94    | 110   | 289    | 311  |
| 2005 | 39                               | 34    | 167   | 243   | 308   | 278   | 206   | 203   | 483    | 201  |
| 2006 | 26                               | 7     | 77    | 179   | 218   | 611   | 62    | 261   | 241    | 234  |
| 2007 | 16                               | 1     | 37    | 136   | 39    | 393   | 133   | 122   | 187    | 111  |
| 2008 | 10                               | 15    | 19    | 38    | 61    | 427   | 409   | 87    | 0      | 44   |
| 2009 | 84                               | 3     | 20    | 71    | 26    | 143   | 216   | 47    | 139    | 108  |
| 2010 | 39                               | 53    | 48    | 35    | 204   | 207   | 213   | 59    | 64     | 56   |
| 2011 | 122                              | 21    | 90    | 186   | 0     | 439   | 1542  | 470   | 173    | 100  |
| 2012 | 46                               | 9     | 35    | 68    | 0     | 318   | 721   | 213   | 100    | 23   |
| 2013 | 18                               | 1     | 46    | 28    | 0     | 203   | 527   | 155   | 60     | 0    |
| 2014 | 23                               | 0     | 72    | 19    | 0     | 184   | 504   | 123   | 76     | 0    |
| 2015 | 9                                | 2     | 37    | 8     | 0     | 101   | 325   | 89    | 38     | 9    |

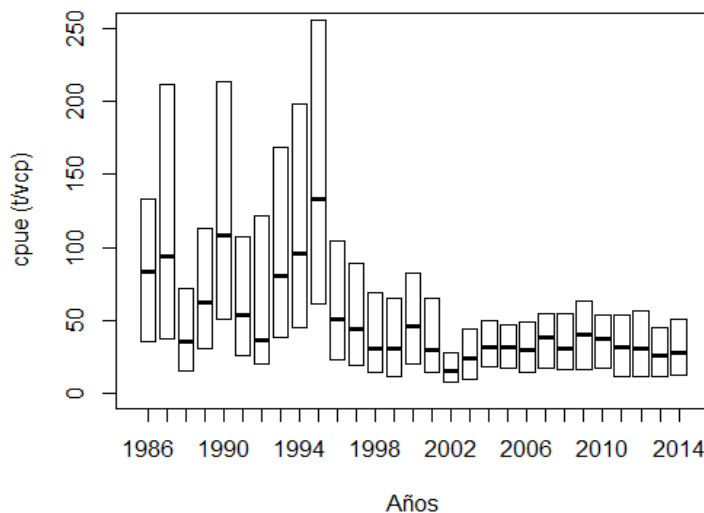
En cuanto a su variabilidad intra-anual, el análisis de la información agrupada en escala mensual, indica que los viajes se concentran entre enero y julio, disminuyendo de manera importante a partir de agosto (**Figura 8**). Esta puede asociarse al agotamiento de la cuota, disminución de la disponibilidad del recurso a la flota, al cambio de la especie objetivo (jurel por ejemplo).



El análisis de los rendimientos de pesca nominales, muestra tres periodos que pueden ser identificados a partir de la **Figura 9**. Un primer periodo entre 1986 y 1994 con rendimientos altos y ampliamente variables, luego se aprecia una reducción en los rendimientos de pesca hasta el año 2001, aunque con una menor variabilidad. Finalmente, a partir del año 2004 se aprecia una estabilización en los rendimientos de pesca, en torno a los valores medios observados en el segundo periodo.



**Figura 8.** El número de viajes totales por mes registrados en la actividad pesquera de anchoveta en la Unidad de pesquería centro norte, entre los años 1986 y 2014.

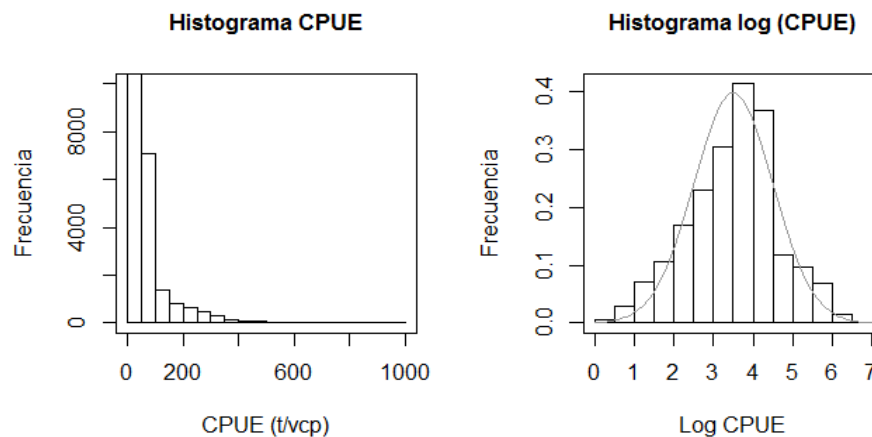


**Figura 9.** Variabilidad de los rendimientos de pesca nominales obtenidos por la flota que operó sobre anchoveta en la Unidad de pesquería centro norte, entre los años 1986 y 2015.

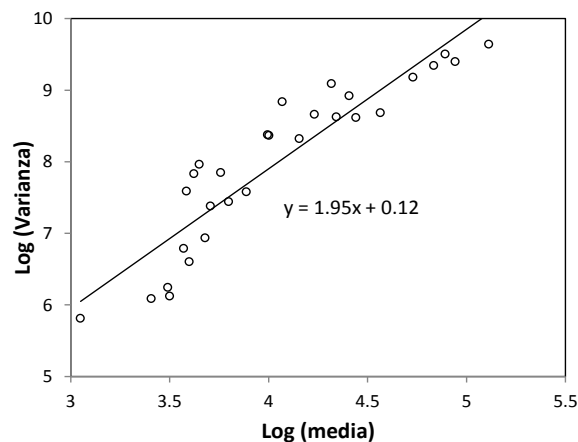


## Resultados de la estandarización de las tasas de capturas (CPUE)

El análisis gráfico preliminar, realizado para establecer el tipo de distribución de la variable respuesta, indica que al transformar la CPUE de los viajes con pesca a escala logarítmica, esta adquiere una distribución normal (*Pearson*,  $p < 0,001$ ) (**Figura 10**). Este supuesto debe cumplirse para la modelación de la CPUE a través de GLM con aproximación log-normal. En el caso de la distribución Gamma, su estructura, ofrece mayor independencia del tipo de distribución de la variable respuesta. Al respecto, McCullagh y Nelder (1989) y Gunnar (1996), indican como requisito para utilizar la función gamma en la modelación de la variable respuesta, que el valor de la pendiente entre el log de la media y al varianza de la CPUE, sea cercana a 2. Esta condición se confirma a través de un modelo lineal, cuyo valor de la pendiente, en este caso, resulto en un valor de 1.95 (**Figura 11**).

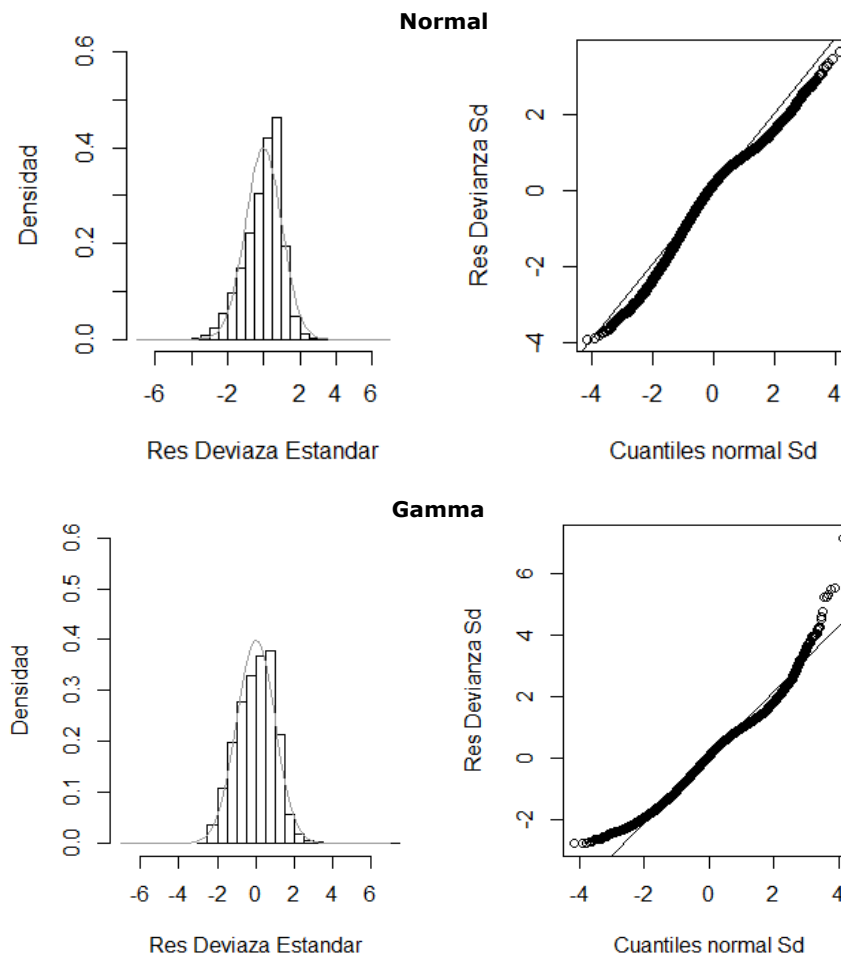


**Figura 10.** Distribución de frecuencia de la CPUE en escala real y logarítmica.



**Figura 11.** Análisis gráfico para el uso del modelo Gamma en la estandarización de la CPUE.

El análisis de la distribución de los residuos, muestra en ambos modelos (log-Normal y Gamma) un buen nivel de convergencia entre la distribución esperada y la observada (**Figura 12**). De esta manera, el modelo que mejor describe la variabilidad de la CPUE debe ser seleccionado en base al valor de devianza total explicada (**Tabla 3**). En este caso, el modelo Gamma con 35,4%, explica un porcentaje significativamente mayor al modelo Log-normal (26,5%) y por lo tanto debería ser seleccionado.



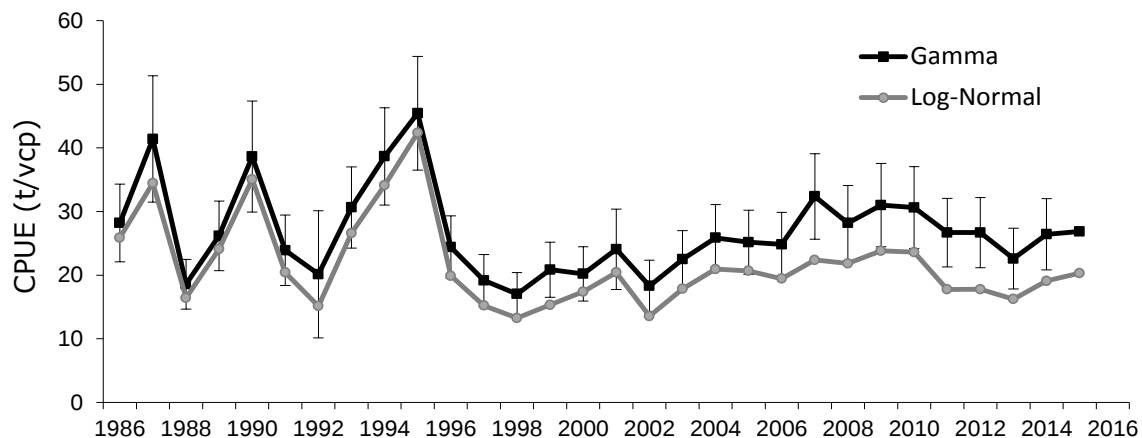
**Figura 12.** Análisis de bondad del ajuste a través de los residuos en la estandarización de la CPUE para los modelos Log-normal y Gamma.



**Tabla 3.**  
Resumen del porcentaje de desviación total explicada y de los factores usados en cada modelo de estandarización.

| Factor           | Modelo de Distribución |              |
|------------------|------------------------|--------------|
|                  | Gamma                  | Log-Normal   |
| <b>Dev.Total</b> | <b>35.4%</b>           | <b>26.5%</b> |
| Año              | 26.1%                  | 19.4%        |
| Trim             | 0.8%                   | 1.1%         |
| CatBod           | 8.0%                   | 5.2%         |
| Región           | 0.5%                   | 0.9%         |

El índice estandarizado (**Figura 13**) muestra una alta variabilidad al principio de la serie, con valores oscilaron entre 18 t/vcp (1988) hasta cerca de 50 t/vcp (1995). Durante el primer período (1986 y 1997), la captura fue realizada íntegramente por naves industriales. A partir del año 2002, cuando la flota artesanal comienza a dominar las capturas, la CPUE incrementa desde 18 t/vcp hasta las 32 t/vcp el año 2007. Entre los años 2009 y 2013, el índice muestra una tendencia a la disminución y un incremento los años 2014 y 2015, con valores cercanos a las 27 t/vcp.



**Figura 13.** Índice estandarizado de la CPUE de la pesquería de anchoveta III–IV Regiones entre los años 1986 y 2015 usando dos aproximaciones para modelar la variable respuesta. Las líneas verticales corresponden al error estándar del modelo Gamma.

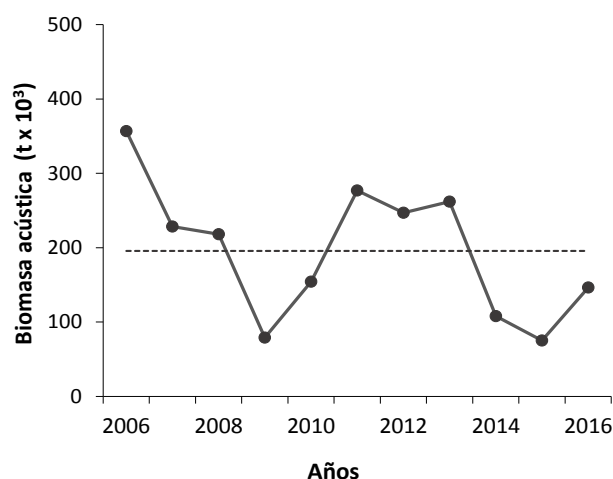


### 3.5 Crucero de evaluación directa

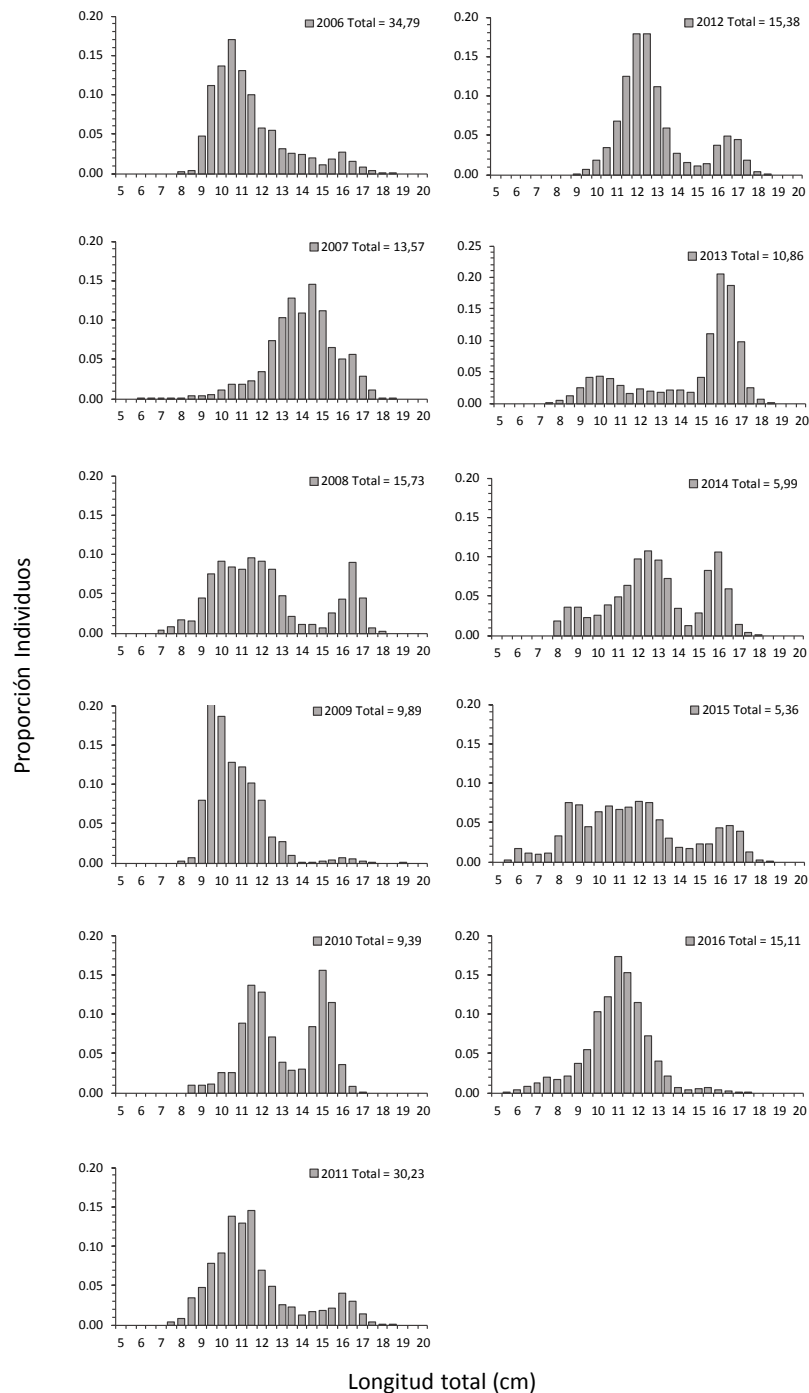
Desde el año 2006 se realiza anualmente la evaluación hidroacústica de anchoveta en la III y IV regiones. Este estudio tiene como objetivo principal evaluar el reclutamiento de anchoveta en el área comprendida entre Punta Grande (24°55'S) en la II Región y caleta Maitencillo de Coquimbo (31°55'S) en la IV Región, entre la costa y las 20 mn. El estudio se ha llevado a cabo durante el mes de febrero, excepto el 2007 (febrero-marzo), a bordo del Buque de investigación Científica "Abate Molina".

El índice de biomasa acústica que es usado para calibrar el modelo de evaluación de stock, ha mostrado importantes fluctuaciones. El año 2006 registra el mayor valor con 350 mil t., disminuyendo hasta un mínimo de 80 mil t. el año 2009. Luego incrementa hasta valores promedio de 250 mil t. entre los años 2011 y 2013. En los años 2014 y 2015, el índice vuelve a disminuir evidenciando los valores más bajos de la serie después del 2009, con 107 mil t y 75 mil t, respectivamente. En la última evaluación, realizada en febrero de 2016, la biomasa estimada por el crucero presentó un importante incremento alcanzando un valor de 146 mil t. (**Figura 14**).

Durante el año 2013, las 262 mil t. estimadas por el crucero acústico, no difieren significativamente de las 247 t. reportadas en el estudio del año previo. Sin embargo se aprecia una diferencia importante en la estructura de longitudes (**Figura 15**). Mientras el 2012, el 43% de los individuos correspondió a ejemplares reclutas, el año 2013 este indicador correspondió al 23%. Durante febrero del año 2014, los resultados muestran una proporción de reclutas que alcanzó el 38%, durante el 2015, aunque la biomasa fue la menor registrada, el porcentaje de recluta alcanzó un 62%, mientras que en el año 2016 el porcentaje de juveniles alcanzó el 72% de la biomasa total estimada.



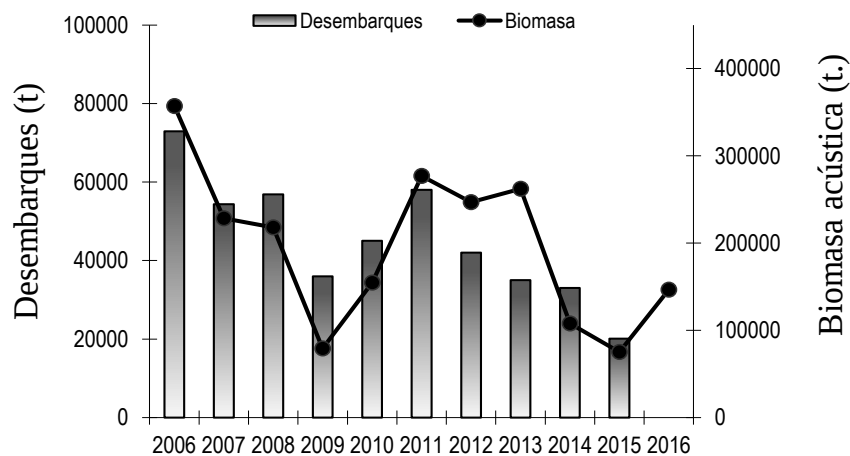
**Figura 14.** Biomasa total estimada en los cruceros de evaluación directa en la zona costera de la III y IV Regiones.



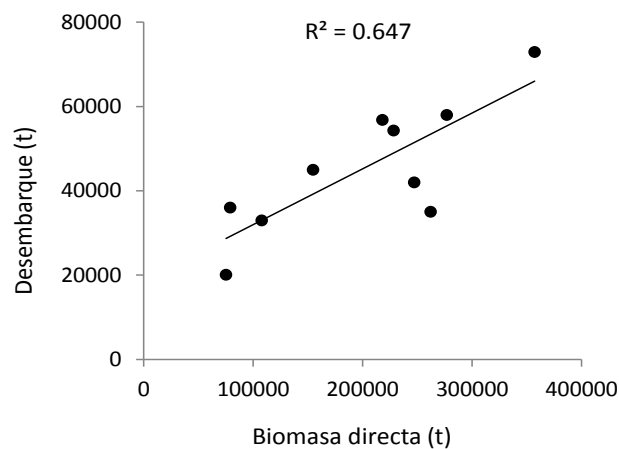
**Figura 15.** Estructura de longitudes de anchoveta III-IV Regiones obtenidas cada año durante los cruceros de prospección acústica del mes de febrero, entre los años 2006 y 2016.



La no realizaci3n del sesgo de orilla sugiere la posibilidad de una subestimaci3n de la se1al acústica al no cubrir toda la distribuci3n de un recurso principalmente costero. Sin embargo, la variaci3n de la biomasa estimada en el crucero, muestra, en general, alta consistencia con la tendencia de los desembarques totales anuales (**Figura 16**). El coeficiente de determinaci3n ( $R^2 = 0.55$ ) indica un nivel de correlaci3n significativo entre ambas fuentes de informaci3n (**Figura 17**).



**Figura 16.** Biomasa total estimada en los cruceros de evaluaci3n directa y desembarques anuales (2006-2015) en la unidad de pesquería de anchoveta III-IV Regiones.



**Figura 17.** Nivel de correlaci3n entre biomasa total estimada en los cruceros de evaluaci3n directa en el mes de febrero de cada a1o y los desembarques totales anuales (2006-2015) en la unidad de pesquería de anchoveta III-IV Regiones.



## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

### 4.1 Modelo de evaluación

Para la evaluación del stock de anchoveta explotada en la III-IV región, se utilizó información biológica-pesquera de la longitud y pesos medios de los individuos actualizada a diciembre de 2015, la CPUE en el periodo 1986- 2015 (2016 idéntico al valor del 2015), el índice biomasa directo (RECLAN) en el periodo 2006 -2016 y el desembarque desde 1985 a 2015. Para el año 2016 el modelo base asume un valor de desembarque de 25 mil t. que corresponde a la cuota de captura recomendada por el comité científico en base al reporte del mes de septiembre de 2015.

El modelo de evaluación es usado para realizar el diagnóstico del recurso, cálculo de indicadores y Captura Biológicamente Sustentable de la anchoveta en la Unidad de Pesquería centro norte para el año 2016. Se estiman además los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) que generan niveles de reducción de la Biomasa desovante virginal ( $B_0$ ) de 75, 55 y 45%. Estos PBRs son propuestos como proxy para el manejo de anchoveta III-IV regiones en el proyecto sobre PBRs para las pesquerías nacionales (Payá et al. 2015)

En este estudio, el enfoque de evaluación corresponde al propuesto por Sullivan *et al.* (1990) quien modela la abundancia anual en función de la probabilidad de crecer de una talla a otra, de la mortalidad por pesca y natural, de la distribución en tallas de los reclutas y la magnitud de los reclutamientos. Se utiliza como plataforma de estimación la herramienta estadística ADMB (Automatic Differentiation Model Builder) (Fournier *et al.* 2012).

La información recogida por los cruceros de evaluación (2006-2016), es incorporada a la evaluación de stock de anchoveta III y IV regiones como otra fuente de información y se utiliza como un índice relativo de la biomasa total de anchoveta al 1 de marzo de cada año.

Se utiliza para describir la dinámica del recurso, un modelo estadístico con un patrón de explotación logístico único para toda la serie. Este enfoque se basa en el supuesto que luego del cambio de la flota que vulnera mayoritariamente el recurso (año 2002) no se produjo una variación significativa en el patrón de explotación.

De la misma forma, para los cruceros acústicos se utiliza un patrón de explotación logístico constante para toda la serie.

Los modelos de los procesos que describen la dinámica de la población de anchoveta en la III y IV Regiones, observaciones y errores, así como su codificación en ADMB, se resumen en el **Anexo 1**, y ellos se sustentan en los siguientes supuestos generales:



- La población de anchoveta entre la III y IV Región constituye una unidad de stock.
- La población es cerrada y por lo tanto las pérdidas se explican por captura y mortalidad natural.
- El crecimiento de los individuos es del tipo von Bertalanffy.
- El crecimiento es estocástico, es decir, basado en la probabilidad de que los individuos crezcan de una longitud a otra.
- La distribución de tallas del reclutamiento es estocástica y constante entre años.
- La mortalidad por pesca es el producto de un coeficiente talla específico y de la mortalidad por pesca anual.
- La mortalidad natural es constante entre años y entre clases de tallas.
- La CPUE corresponde a un índice relativo de la biomasa media vulnerable.
- La biomasa estimada por el crucero Reclan es proporcional a la Biomasa total a inicios de cada año.

La estimación de parámetros se realiza mediante máxima verosimilitud de los datos observados dados los parámetros. La función de minimización corresponde al negativo del logaritmo de la verosimilitud según:

$$-\ln L(\theta / x) = -\sum_i L(i)$$

Donde,  $\theta$  es el vector de parámetros a estimar dado los datos observados ( $x$ ),  $L(i)$  corresponde a los estimadores máximo verosímiles.

## **4.2 Definición del peso relativo de la información**

### **4.2.1. Coeficientes de Variación (CV)**

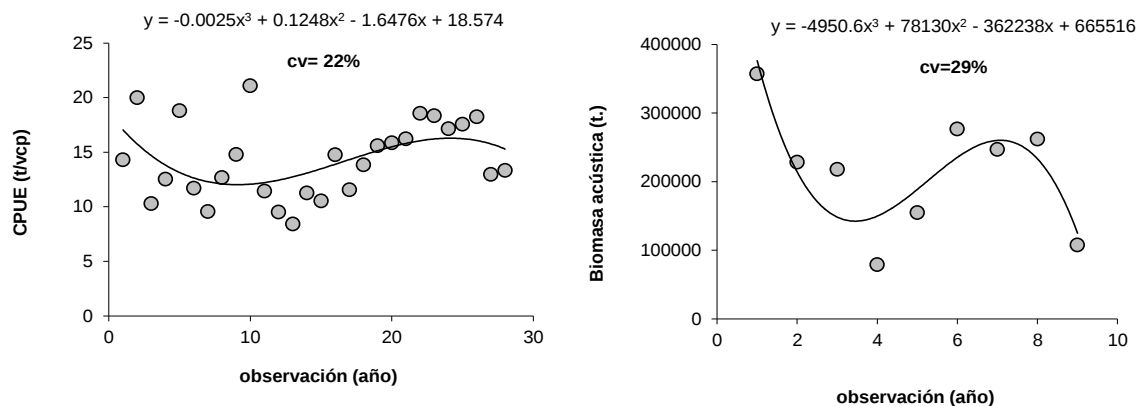
Los coeficientes de variación empleados en los distintos índices de abundancia reflejan el nivel de desviación que el investigador supone tienen los datos respecto del valor central observado como parte del error de observación. Comúnmente se asignan menores niveles de incertidumbre a la información de los desembarques y mayores a la CPUE y cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones “observables” directas y no así la CPUE y biomasa del crucero, debido a que los últimos índices están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones, llevando a suponer entonces que ellos tienen mayor incertidumbre. En las evaluaciones previas se usaron valores de 10%, 20% y 20% para los desembarques, CPUE e índice acústico respectivamente.



Francis (2011) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, que considere un coeficiente de variación teórico en torno a la tendencia central a las observaciones. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos.

En el caso de la anchoveta III-IV Regiones, se continúa utilizando un cv de 10% para la información de los desembarques y se realizaron análisis para estimar el valor teórico de los cv de la CPUE e índice acústico ajustando un polinomio de orden 3 en cada caso. Los resultados arrojaron valores teóricos de 22% como cv para la CPUE y de 29% para el índice acústico (**Figura 18**). Esto sugiere que ambos índices poseen un cv similar y por lo tanto deberían ser usados con igual ponderación dentro del modelo. Estos resultados corresponden a valores referenciales y no necesariamente son utilizados para calibrar el modelo. En este caso, considerando el alto nivel de proporcionalidad entre el índice de biomasa acústico y el desembarque total observado a fin de cada año, en el presente enfoque de modelación se asignó una mayor ponderación al índice acústico (cv=15%) por sobre la CPUE (cv=20%).

Con los coeficientes de variación señalados previamente para cada índice, se obtuvieron los mejores resultados en términos de ajuste del modelo y son utilizados para la evaluación del stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro-norte.



**Figura 18.** Polinomio de orden 3 y 2 ajustado a los datos de CPUE y cruceros acústicos respectivamente para la estimación del coeficiente de variación teórico inicial de ambos índices.



#### 4.2.2 Tamaños de muestra efectivo

Otro factor relevante a emplear en la evaluación de stock es el ponderador asociado con las composiciones de tallas de las capturas y los cruceros. Estos ponderadores son asociados con el tamaño de muestra efectivo dado que la función de probabilidad empleada es multinomial. El procedimiento empleado para estimar un tamaño de muestra corresponde a un cómputo iterativo según lo señala Francis (2009) y Maunder (2011) y el cual comenzó con los valores empleados por defecto en el estudio del año 2012,  $n=60$  para la composición de flota y  $n = 30$  para crucero (**Tabla 4**). Como estimador se empleó el propuesto por Gavaris y Ianelli (2002):

$$nm^* = \frac{\sum_l \hat{p}_l (1 - \hat{p}_l)}{\sum_l (p_l - \hat{p}_l)^2}$$

**Tabla 4.**

Coefficientes de variación ajustados (inicial), supuestos (prior) y estimados (posterior) para cada índice de abundancia relativa.

| Composición | Inicial | Final |
|-------------|---------|-------|
| nm Cruceros | 30      | 26    |
| nm Flota    | 60      | 65    |

Los valores anteriores corresponden al promedio geométrico de los tamaños de muestra estimados para un número significativo de años. Un mayor tamaño de muestra teórico, indica mayor peso estadístico de la información dentro del modelo. Debido al número de años en cada fuente de información, la composición de tallas proveniente de la flota, es considerada más informativa que la composición de tallas de los cruceros. Es importante señalar, que en ningún caso, este análisis obliga a usar los valores exactos de los tamaños de muestra obtenidos. Los resultados deben ser considerados como una aproximación, usando finalmente los valores que después de sucesivos ensayos, converjan en los mejores resultados en términos de ajuste. Se debe buscar un apropiado balance entre todas las piezas de información. En este caso, para el escenario base del presente estudio, se utilizó un tamaño de muestras de  $n= 65$  para la información de la flota y de  $n= 25$  para los cruceros.



## 5. RESULTADOS

### 5.1 Configuración del modelo base

Los análisis de sensibilidad del modelo a diferentes hipótesis para los tamaños de muestras (flota, crucero), patrones de selectividad,  $q$  del crucero y coeficientes de variación de los índices, indicaron que los mejores resultados se logran con el escenario presentado en la **Tabla 5**. Este escenario es utilizado para establecer el estatus, cálculos de indicadores, proyecciones y estimaciones de capturas sustentables del stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería III-IV Regiones.

**Tabla 5.**  
Coeficientes de variación e hipótesis para la evaluación del stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería III-IV Regiones.

|                           | <b>Variable</b> | <b>Base</b>    |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| <b>Número muestral</b>    | nm_f            | 65             |
|                           | nm_c            | 26             |
| <b>cv</b>                 | cv_desemb       | 0,05           |
|                           | cv_cpue         | 0,2            |
|                           | cv_acus         | 0,15           |
| <b>Selectividad</b>       | Flota           | logist         |
|                           | crucero         | logist         |
| <b>Capturabilidad (q)</b> | priori crucero  | 0,65 (cv =0.1) |

Se utilizó un valor de entrada (priori) para el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) del crucero acústico de 0,65. Es decir, se asumió como hipótesis, que el crucero de evaluación directa de anchoveta en la III y IV regiones, observa un 65% del stock en la zona evaluada. Luego del ajuste, el modelo estadístico resuelve como valor más probable (máxima verosimilitud) un valor de 0,80 para este parámetro. Los parámetros estimados en el proceso de optimización del modelo de evaluación de stock se presentan en la **Tabla 6**.

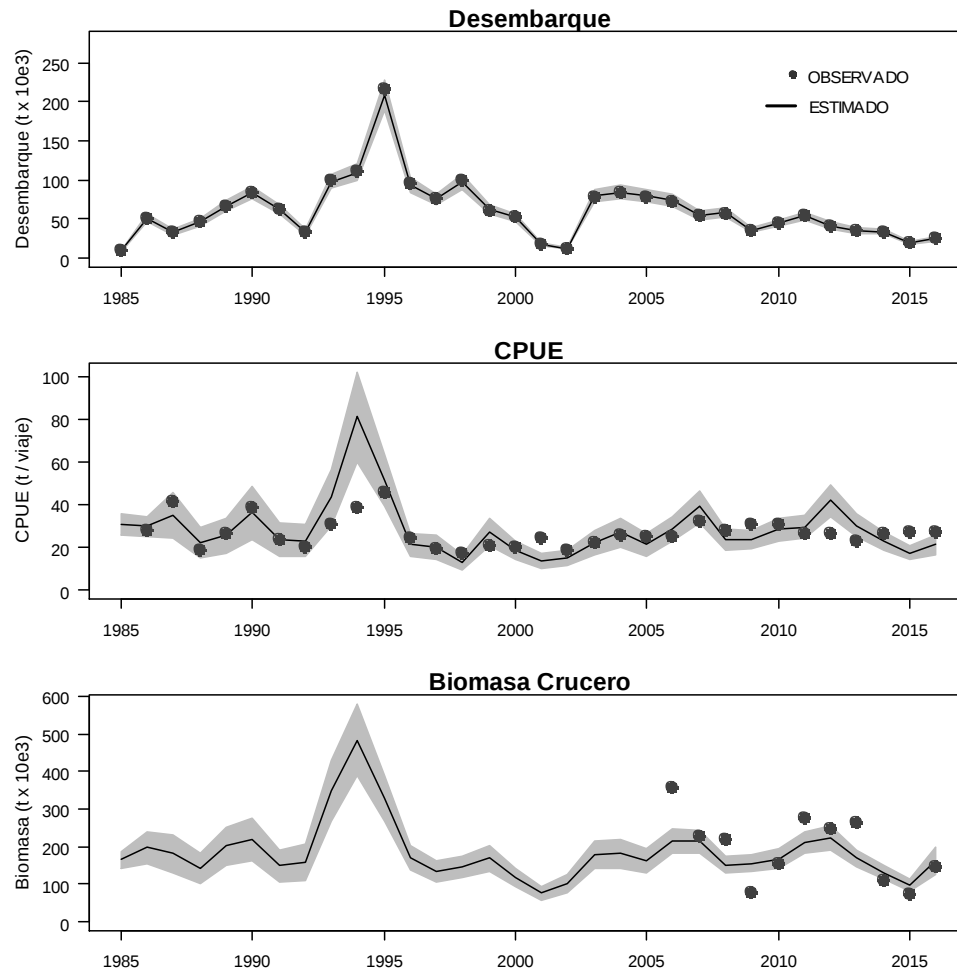


**Tabla 6.**  
Principales parámetros estimados en el modelo de evaluación de stock de anchoveta III-IV Regiones.

| # Number of parameters = 72    Objective function value = 4187.27 |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I50_flota:                                                        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 13.83  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| $\Delta$ _flota                                                   |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 1.57   |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| I50_crucero                                                       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 11.69  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| $\Delta$ _crucero                                                 |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 1.8    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| Rmed:                                                             |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 19069  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| log_desv_Rt:                                                      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | -0.01  | 0.38  | -0.58 | -0.15 | 0.66  | -0.07 | -0.41 | 0.31  | 1.29  | 0.98 | -0.27 | 0.27 | -0.62 | 0.55  | -0.24 | -0.73 | -1.12 |
|                                                                   | -0.73  | -1.12 | -0.04 | 0.43  | -0.06 | 0.18  | 0.63  | -0.33 | -0.22 | 0.15 | -0.17 | 0.60 | -0.21 | -0.27 | -0.57 | -0.92 | 0.56  |
| log_F:                                                            |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 0.09   | 0.45  | 0.26  | 0.54  | 0.66  | 0.59  | 0.66  | 0.38  | 0.58  | 0.36 | 0.97  | 1.05 | 0.90  | 1.67  | 0.58  | 0.70  | 0.34  |
|                                                                   | 0.70   | 0.34  | 0.22  | 0.88  | 0.78  | 0.91  | 0.66  | 0.37  | 0.62  | 0.40 | 0.42  | 0.48 | 0.27  | 0.31  | 0.39  | 0.30  | 0.31  |
| qCrucero:                                                         |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 0.80   |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| qCPUE:                                                            |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 0.0001 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| Lr                                                                |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 9.4    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| sr                                                                |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 2.1    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
| bp                                                                |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|                                                                   | 0.1    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |

## 5.2 Desempeño del modelo

Los resultados indican que en términos generales el enfoque de modelación muestra un ajuste satisfactorio a las señales poblacionales sugeridas por la información empleada. Debido al peso relativo asignado a cada fuente de información el modelo reproduce de mejor manera la serie de desembarques por sobre la CPUE e índice de biomasa acústico (**Figura 19**).

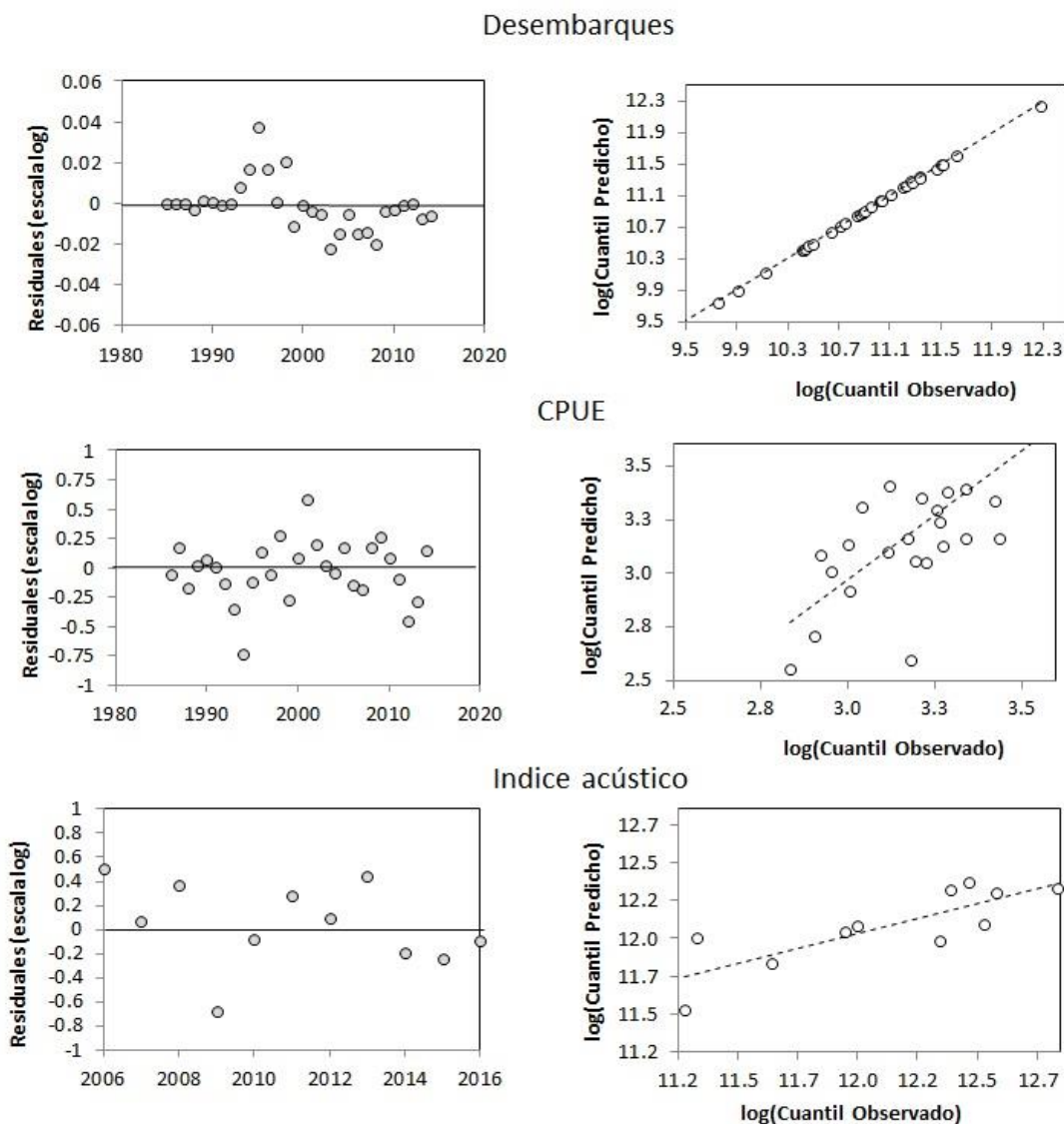


**Figura 19.** Ajuste de los desembarques, Biomasa acústica y CPUE de anchoveta III y IV Regiones. Los círculos representan los datos observados y las líneas las predicciones del modelo estadístico. La zona sombreada es el intervalo de confianza de los ajustes.

Una forma gráfica de evaluar la bondad/calidad del ajuste del modelo es a través de los gráficos cuantil-cuantil (qqplot). Estas figuras permiten evaluar dos distribuciones de probabilidades, que en este caso corresponden a la teórica (modelo) versus la empírica (los datos). Si el set de datos proviene de la distribución teórica, entonces los puntos deberían ubicarse en las proximidades de una línea recta. Esto significa, que el supuesto de normalidad y varianza es adecuado para los datos analizados. En la **Figura 20**, se entrega junto a los residuales del modelo, el diagrama QQ de los valores observados y predichos.



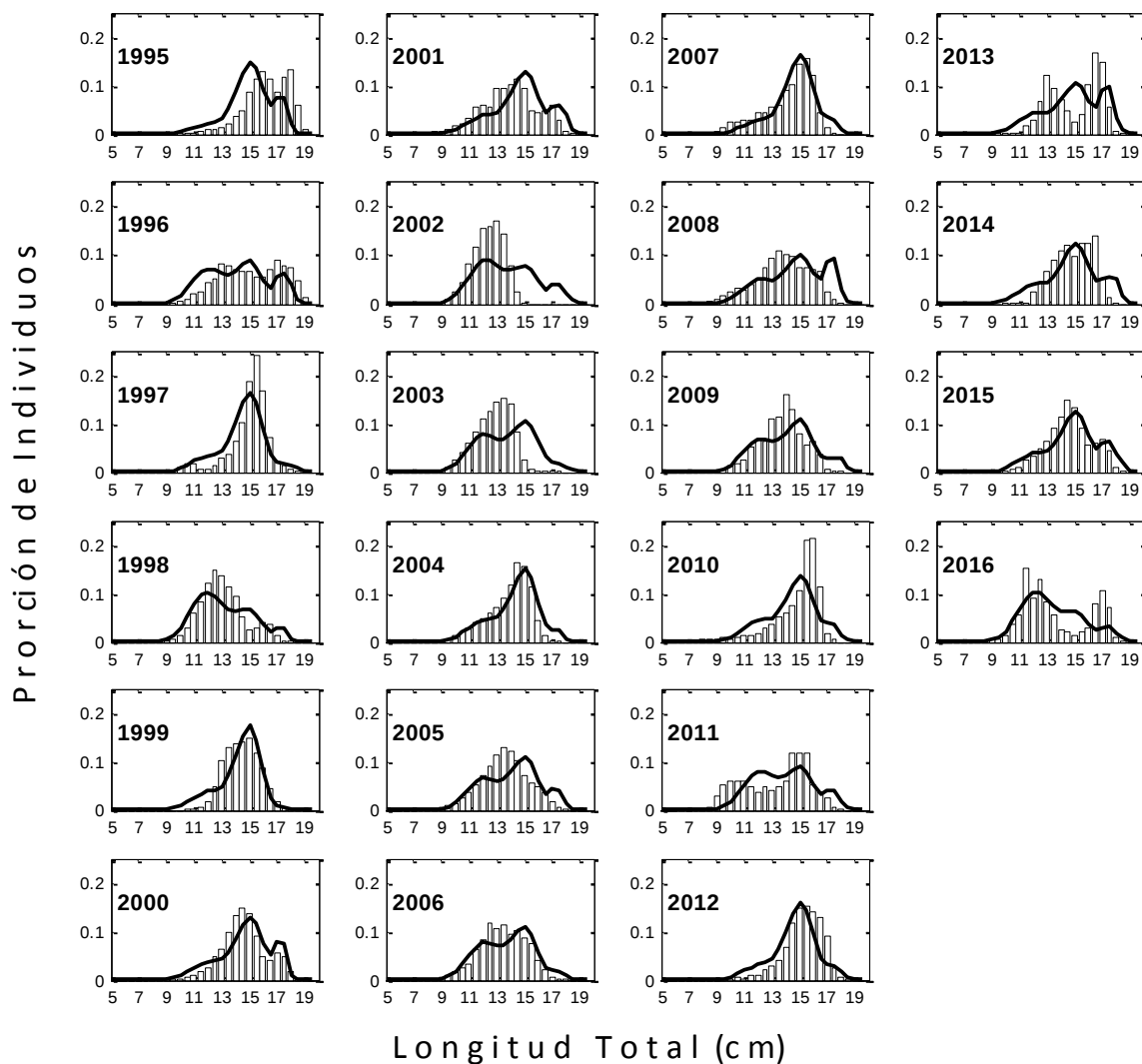
El análisis de los residuales del modelo no sugiere tendencias en su distribución. En las tres fuentes de información, los residuos se encuentran distribuidos en torno al valor cero. El diagrama QQ en tanto, indica una linealidad general en escala log de los tres índices. Sin embargo, se aprecia en las series de CPUE e índice acústico una mayor variabilidad y lejanía relativa respecto del valor teórico, dejando de manifiesto el menor nivel de ajuste en comparación con el desembarque. Esto se relaciona directamente con valor del coeficiente de variación (cv) asignado a cada índice.



**Figura 20.** Análisis de residuales y diagramas qq-plot de los índices de desembarques, biomasa directa y CPUE ajustados por el modelo de evaluación de stock de anchoveta III-IV Regiones.



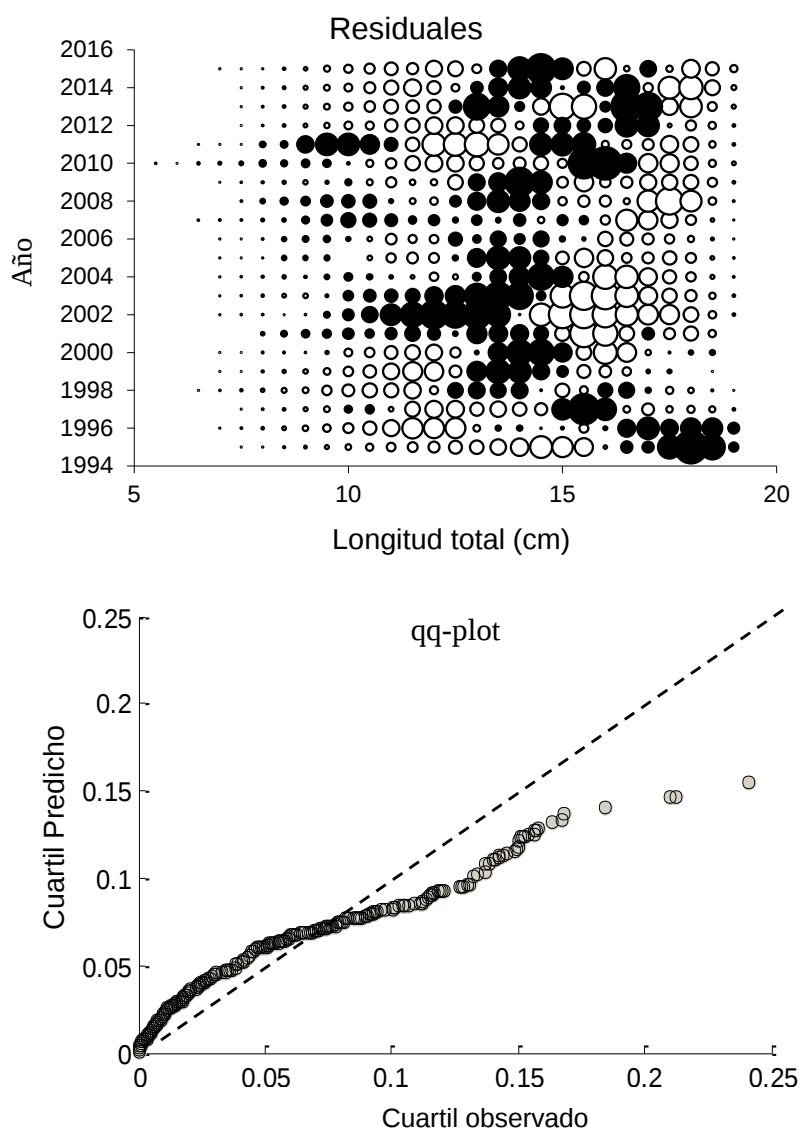
El desempeño del modelo, también resultó satisfactorio a la información de estructura de longitudes de la pesquería (**Figura 21**), reproduciendo favorablemente su variabilidad general, excepto algunos años, donde se aprecian desviaciones importantes entre los datos observados y las estimaciones del modelo. Por ejemplo, los años 2002 y 2003, las observaciones, muestran una estructura de longitudes truncada en los 15 cm., en cambio el modelo predice que los individuos sobre esta longitud deberían estar presentes para explicar los cambios en los estimados poblacionales de biomasa y reclutamientos.



**Figura 21.** Estructura de tallas de las capturas de anchoveta III y IV Regiones (1995 – 2016). Barras (datos observados) y líneas (ajustes del modelo).



En términos de la bondad de ajuste (**Figura 22**), el diagrama qq-plot muestra una evidente linealidad. Sin embargo, el comportamiento de los residuales sugiere, ciertos patrones que reflejan una tendencia a la subestimación en el rango de longitudes de 13 y 14 cm. También refleja los menores niveles de ajustes observados los años 2002-2003, 2010-2011 y 2013. La posibilidad de una correlación que indicaría el gráfico de residuales, podría ser revisada en los próximos reportes. Una posibilidad que ha sido sugerida en algunos informes técnicos, es asumir patrones de explotación variables.

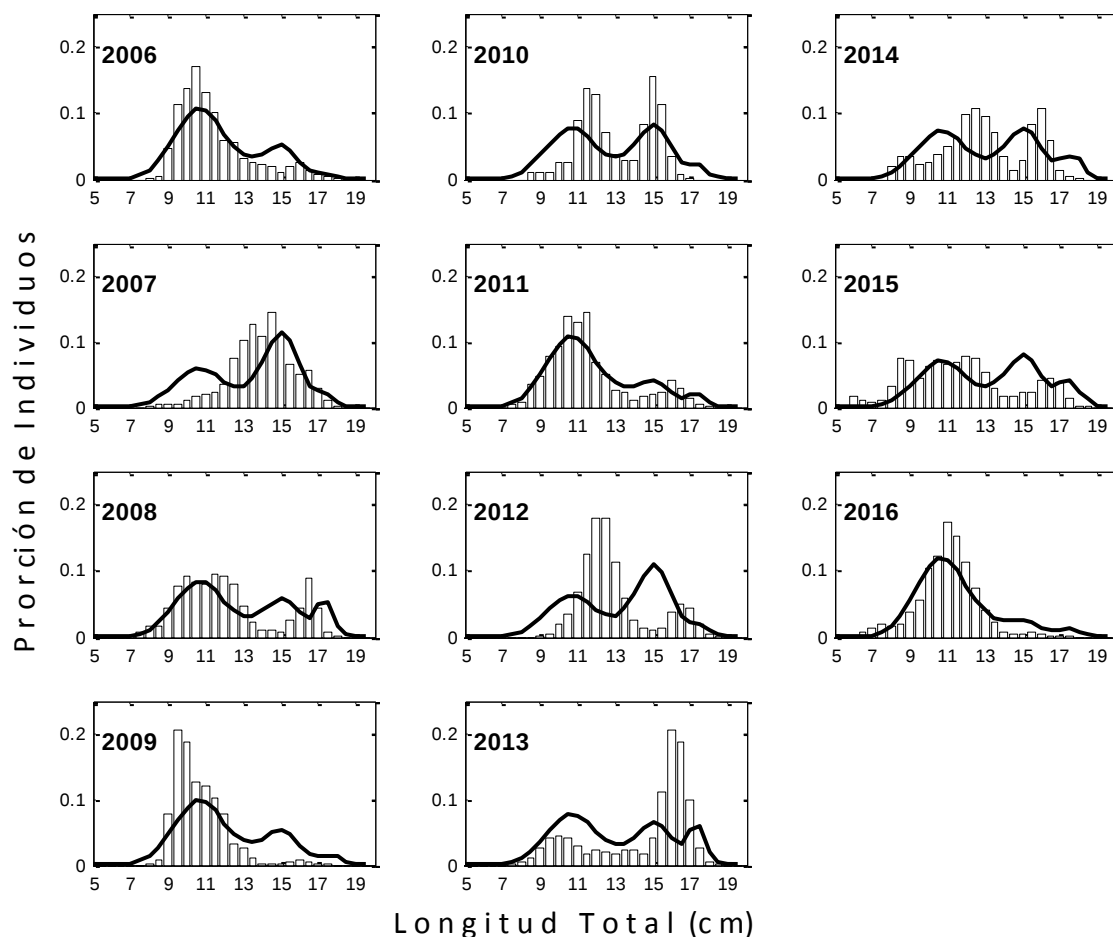


**Figura 22.** Residuales y diagrama Q-Q del modelo a las composiciones de longitudes de la flota.

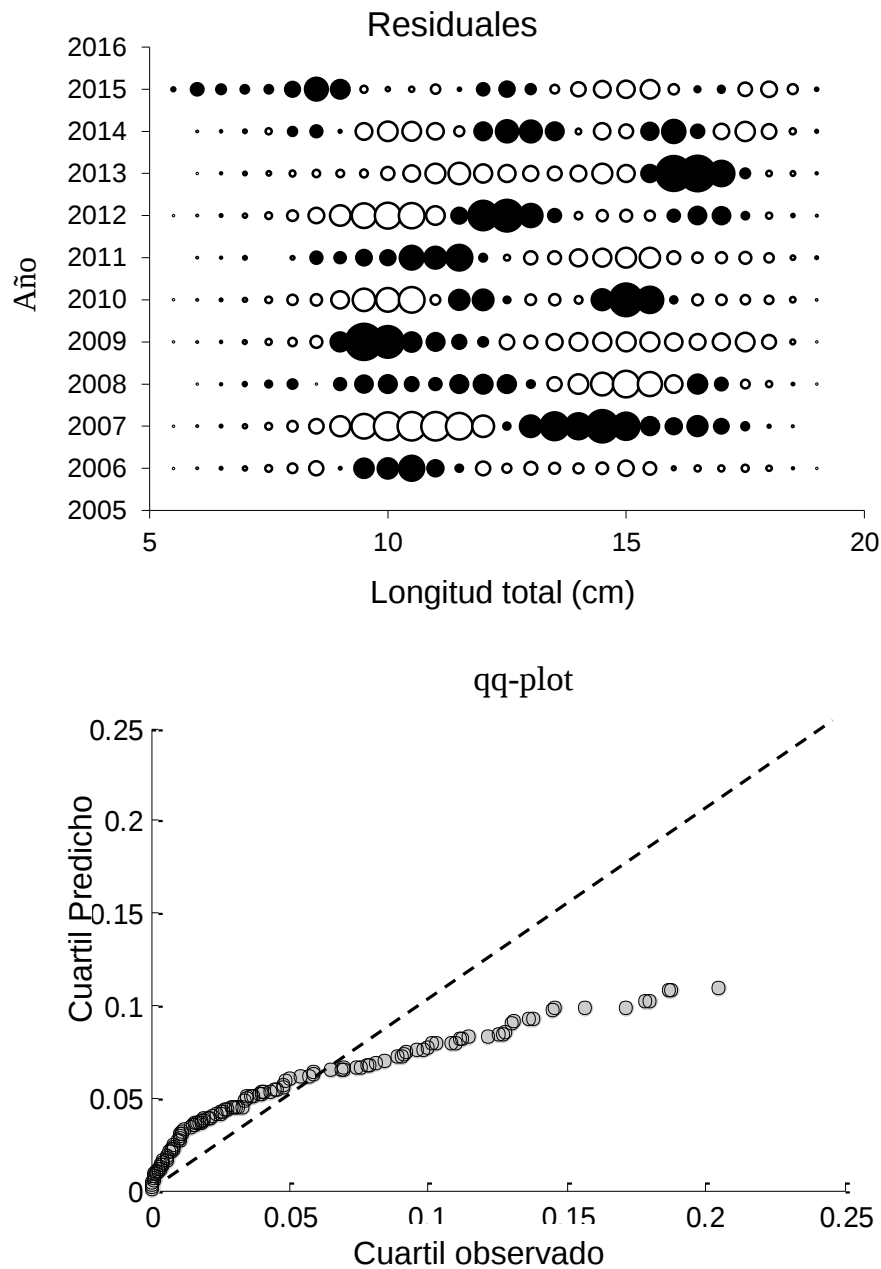


La estructura de longitudes de los cruceros, también es reproducida de manera general, mostrando un mayor nivel de ajuste los años 2006, 2008 y 2011 (**Figura 23**). La **Figura 24**, representa el análisis de residuales y qq-plot para esta fuente de información.

A pesar de no lograr aún ajustes totalmente satisfactorios en las composiciones de longitudes, el nivel de convergencia del modelo a todas las piezas de información empleadas, sugiere que los indicadores poblacionales de biomasa, abundancia y reclutamientos, así como la mortalidad por pesca del stock estarían siendo estimados adecuadamente.



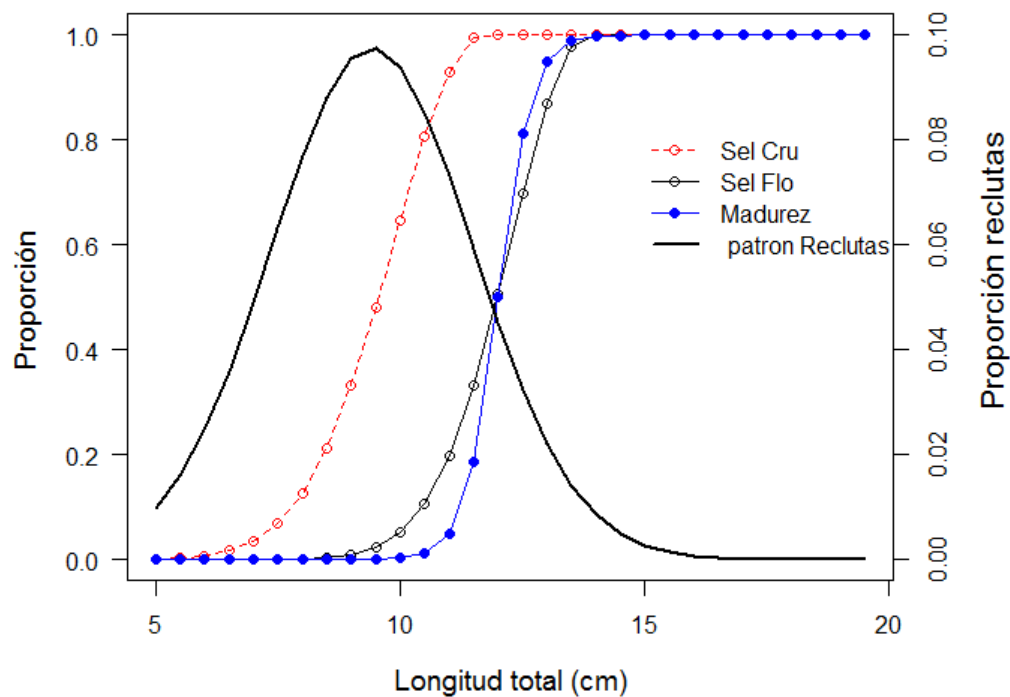
**Figura 23.** Estructura de tallas de los cruceros de evaluación directa de anchoveta en III y IV regiones (2006 – 2016). Barras (datos observados), líneas (ajustes del modelo).



**Figura 24.** Residuales y diagrama Q-Q del modelo a las composiciones de longitudes del crucero de evaluación directa.



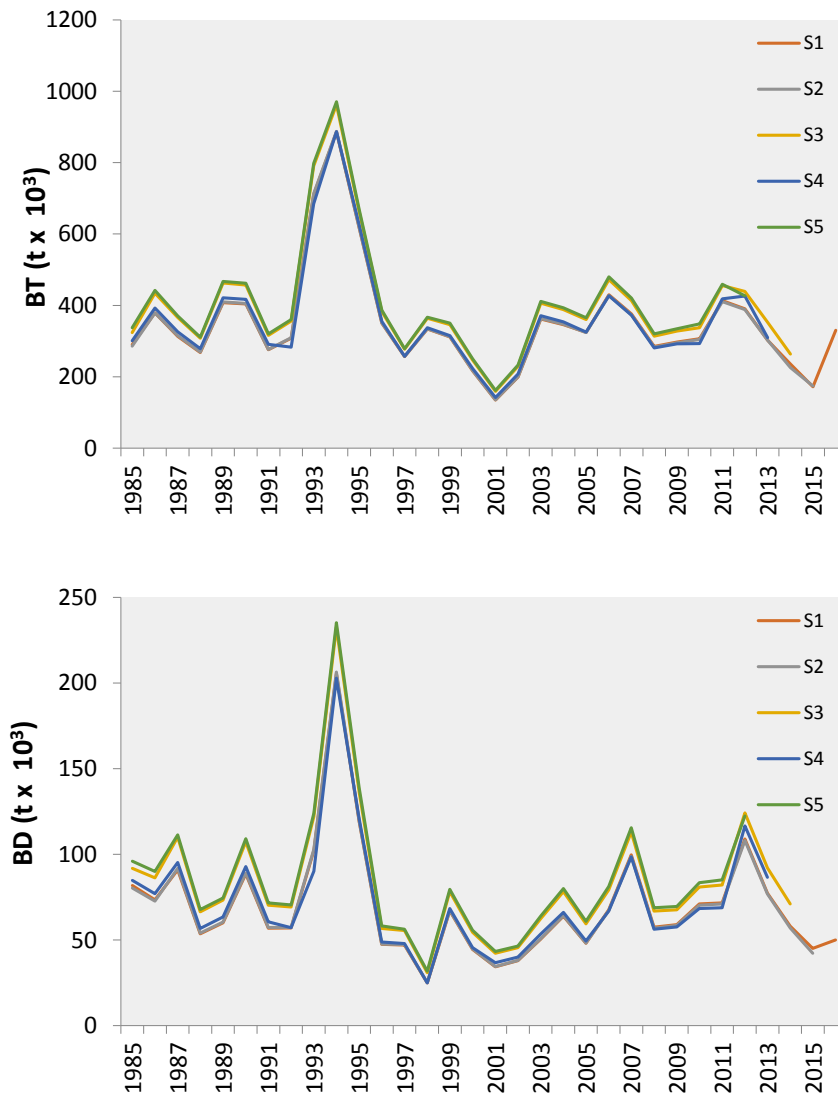
La **Figura 25**, muestra el patrón de explotación estimados en el modelo de evaluación, para la flota y crucero respectivamente, los que se asumen constantes para todo el periodo analizado. Se muestra además la distribución de tallas de los reclutas. Se aprecia como es habitual un patrón de explotación de la flota desplazado a los individuos de mayor tamaño en comparación al patrón del crucero. La flota vulnera el 50% de los ejemplares en torno a los 13 cm LT, en cambio en crucero alrededor de los 9 cm LT.



**Figura 25.** Patrones del reclutamiento y selectividad de la flota y cruceros de evaluación directa.

### Análisis Retrospectivo

El análisis retrospectivo permite evaluar la consistencia del modelo y el nivel de sobre o sub estimación de las variables poblacionales, conforme se incorpora nueva información al modelo de evaluación. En este análisis, se fue excluyendo sistemáticamente el último año de la evaluación hasta llegar al año 2012. El resultado gráfico se muestra en la **Figura 26**. Se advierte que el modelo muestra alta consistencia y un patrón de sobreestimación persistente respecto de los niveles estimados a partir de la información subsecuente pero contenidos dentro del error de estimación.



**Figura 26.** Análisis retrospectivo de la biomasa total y desovante de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro-norte.



### 5.3 Evaluación de stock

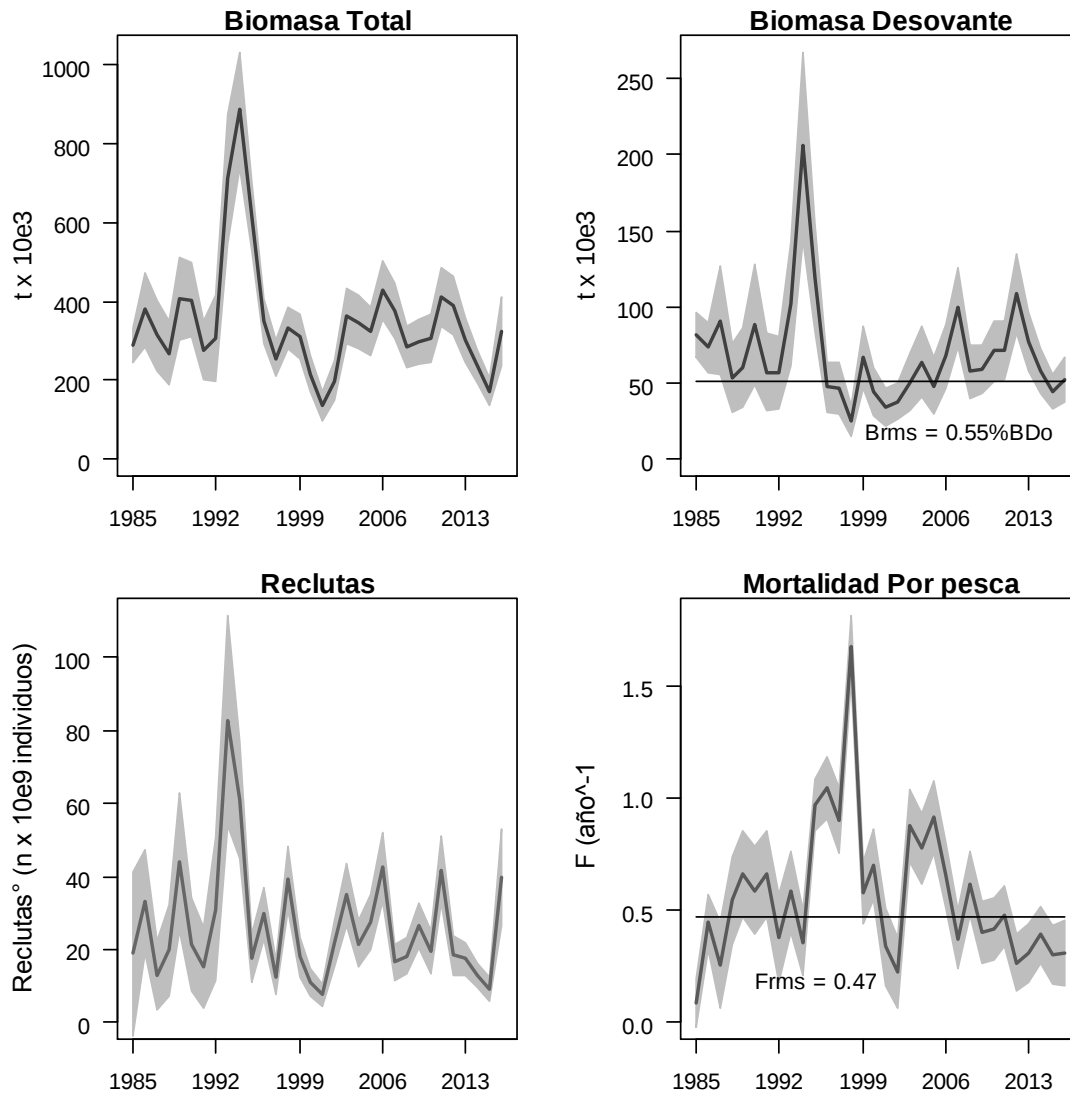
En la **Figura 27** se muestran los indicadores poblacionales junto a su incertidumbre, obtenidos con el actual escenario de modelación. Los resultados más relevantes están relacionados a la disminución en los reclutamientos a partir del año 2011. Durante los años 2015 y 2016, la estructura de longitudes de la flota, muestran un aumento en la proporción de reclutas respecto del año 2014. Dicho valor, es cercano al promedio de los últimos diez años. Esto insidió de manera positiva sobre la biomasa del stock. A partir del año 2006 la variación de la biomasa es consistente con el desembarque y el crucero de evaluación directa.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, la anchoveta III y IV Región presentaría durante el año 2016, un valor central de biomasa total y desovante de 324 mil y 52 mil toneladas, respectivamente. Tales valores son los más bajos de la serie analizada, después del año 2002. La mortalidad por pesca, permaneció dentro de sus niveles más bajos a partir del año 2012.

Considerando la actual configuración del modelo y la base de datos hasta el presente informe, la biomasa desovante virginal (BDo) es estimada en un valor de 92,5 mil t. Así, la biomasa desovante objetivo ( $B_{RMS}$ ), se estima en 51 mil t. Esto, considerando como objetivo de manejo el 55%BDo, presentado en la sección 5.4 sobre los Puntos biológicos de referencia.

Los reclutamientos, como de esperar en este tipo de recursos, presentan una alta variabilidad interanual, es así como en el período 2013 -2015 se observó el ingreso de clases anuales débiles mientras que para el último año se estimó un incremento de los ejemplares juveniles en la pesquería.

Por último, luego de un período de elevados niveles de mortalidad por pesca, los últimos 11 años ésta se ha mantenido bajo los niveles de referencia objetivo para la pesquería.



**Figura 27.** Variación histórica de las Biomosas, mortalidad por pesca y reclutamientos estimados en el modelo de evaluación y su incertidumbre, entre los años 1985 y 2016. Para el caso de la BD y F, se presentan en línea horizontal los referentes  $B_{Drms}$  y  $F_{rms}$ .



## 5.4 Estatus del recurso

### Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

Es importante señalar en relación a los PBRs, en el marco de la nueva Ley de Pesca que se han realizado esfuerzos paralelos a nivel del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) para estimar los niveles de referencia para el manejo de los recursos pesqueros en Chile.

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 (o tasa de explotación) en el RMS, así como también, los niveles límite que definen el agotamiento o colapso. Por lo tanto, la estimación de puntos biológicos de referencia límite y aquellos basados en el RMS cobran importancia fundamental en la asesoría científica y en el proceso de toma de decisiones para el manejo.

Canales *et al.* (2013), proponen los referentes, límites y objetivos que serán considerados para definir la condición de explotación durante el 2014. Los análisis exploratorios indican como puntos biológicos de referencias en peces pelágicos pequeños, niveles de reducción de la biomasa desovante virginal en torno al 55% como límite y del 60% como objetivo.

Al respecto, en el informe sobre: “Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenido) en las pesquerías Nacionales” (**Anexo 2**), se propone usar, como **objetivo**, el nivel de mortalidad por pesca que genera un 55% (F55) de reducción en la biomasa desovante virginal (55%BD<sub>0</sub>) de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro norte. Tal nivel de Reducción corresponde a un 60% en la Biomasa desovante por recluta (60%BDPR<sub>0</sub>).

Respecto de la región o área donde se define la **plena-explotación**, en reuniones de trabajo realizadas en el marco de los comités científicos nacionales (Acta N°5/2014), existió acuerdo que esta debería ser referida considerando los siguientes límites:

- **Límite bajo** el objetivo de manejo = 10% Bajo Brms  
Este criterio tiene como objetivo establecer una banda estrecha en torno al RMS de tal manera que este, sea considerado como un punto biológico de referencia límite y no objetivo, conforme a las recomendaciones de manejo señaladas en la literatura.
- **Límite sobre** el objetivo de manejo = 75% Bo.

Este criterio rescata el enfoque ecosistémico asociado a especies de forraje planteado recientemente por Pickitch *et al.* (2012).



El Comité aplicó para la definición de los rangos de CBA año 2015 en las pesquerías de pequeños pelágicos, los PBRs que se presentan en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**  
Puntos de Referencia objetivo y límites para recursos pelágicos  
que definen su estado y criterio de explotación.

| RECURSO                       | F <sub>RMS</sub> proxy | B <sub>RMS</sub> proxy           | Blim                 |
|-------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Anchoveta XV-II Regiones.     | F55% <sub>BDR</sub>    | 55% BDR ( ó 50%B <sub>0</sub> )  | 25% B <sub>0</sub>   |
| Anchoveta III y IV Regiones.  | F60% <sub>BDR</sub>    | 60% BDR ( ó 55 %B <sub>0</sub> ) | 27,5% B <sub>0</sub> |
| Anchoveta V a X Regiones.     | F60% <sub>BDR</sub>    | 60% BDR (ó 55 %B <sub>0</sub> )  | 27,5% B <sub>0</sub> |
| Sardina Común V a X Regiones. | F60% <sub>BDR</sub>    | 60% BDR ( ó 55 %B <sub>0</sub> ) | 27,5% B <sub>0</sub> |
| Sardina Austral X Región.     | F60% <sub>BDR</sub>    | 60% BDR ( ó 55 %B <sub>0</sub> ) | 27,5% B <sub>0</sub> |

Considerando los parámetros de crecimiento y mortalidad natural reportados para la especie, los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) para la pesquería de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro norte, fueron estimados a partir de un modelo de Biomasa Desovante Por Recluta (BDR). Se utiliza el vector de pesos promedios históricos y la selectividad estimada en la evaluación de stock. La distribución de tallas del reclutamiento (estimada en el modelo) es proyectada en el tiempo sujeto a valores constantes de mortalidad total y considerando el crecimiento contenido en la matriz de transición.

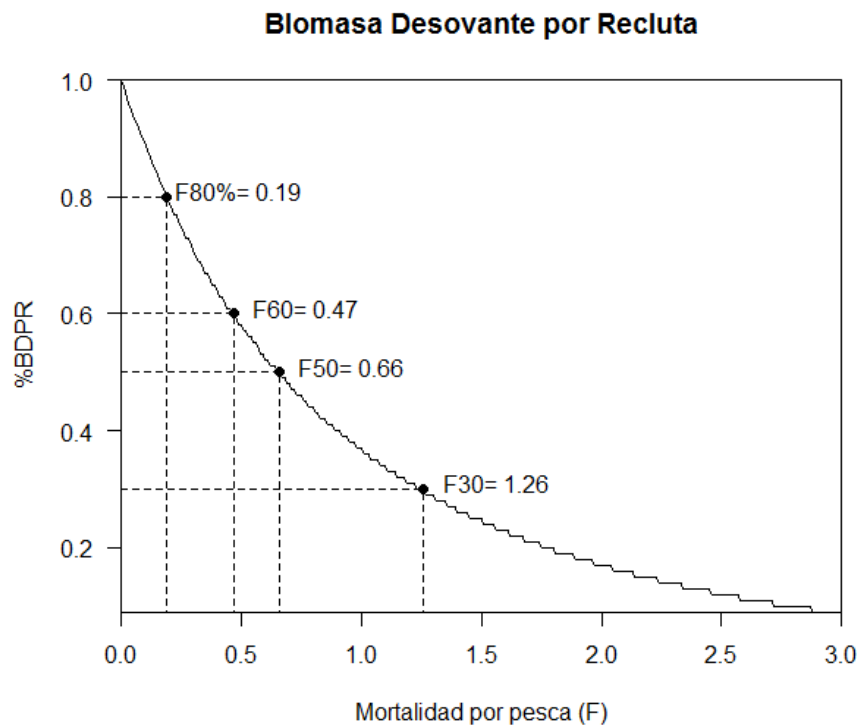
Se estimaron los valores de F que generan niveles de reducción de la BPDR del 80, 60 y 50%. Estos niveles de reducción definen el PBR objetivo ( $60\%BDPR_0 = 55\%BD_0$ ) y la zona de plena explotación. Tales niveles de F, resultaron en valores de 0.19, 0.47 y 0.66 año<sup>-1</sup> respectivamente (**Tabla 8, Figura 28**). Hasta el presente análisis, se utiliza el F60 (0.47) como un proxy del RMS y es utilizado para el análisis de recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para el año siguiente y las proyecciones del stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro-norte.

Cabe señalar que en el actual informe se realiza el análisis de BDPR corrigiendo el valor del momento en que asume que ocurre el desove del stock ( $\Delta t$ ) dentro del año. Hasta el informe previo se asumía un valor  $\Delta t = 0.58$ , es decir el desove ocurría a mitad de año (junio). En la actual configuración, se utiliza un valor más realista para este parámetro asumiendo un valor de 0.67, que corresponde al mes de agosto. Este valor es consistente con los estudios que reportan una mayor actividad reproductiva del stock entre agosto y septiembre (Martínez et al 2005, Canales & Leal 2009; Böhm *et al.* 2014). En la **Tabla 8**, se muestran los valores F que se obtienen con cada configuración para  $\Delta t$ .



**Tabla 8.**  
Puntos biológicos de referencia anchoveta III y IV Regiones.

| PBR             | F (año <sup>-1</sup> ) |                   |
|-----------------|------------------------|-------------------|
|                 | $\Delta t = 0.58$      | $\Delta t = 0.67$ |
| F <sub>80</sub> | 0,22                   | 0,19              |
| F <sub>60</sub> | 0,54                   | 0,47              |
| F <sub>50</sub> | 0,77                   | 0,66              |



**Figura 28.** Reducción de la Biomasa Desovante Por Recluta (BDPR) de anchoveta III-IV Regiones, para distintos niveles de mortalidad por pesca (F).



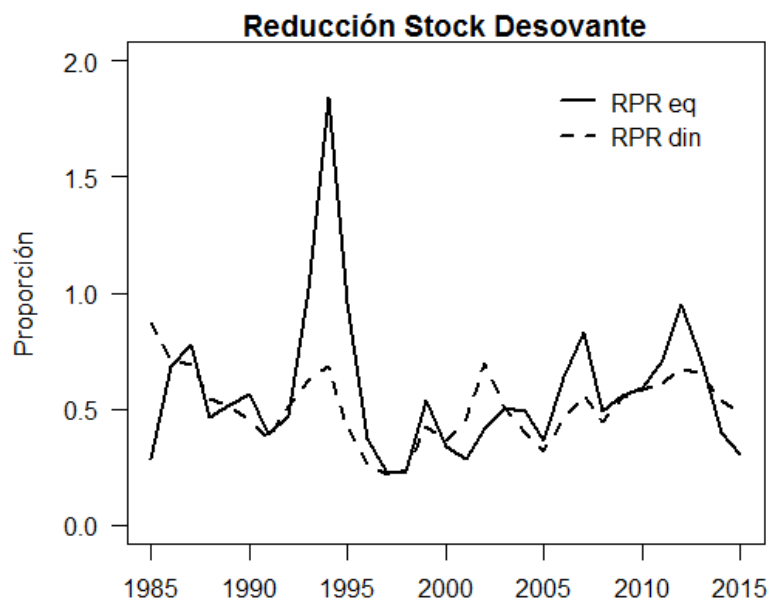
### Razón del Potencial Reproductivo (RPR)

Se analiza la variabilidad de dos indicadores de reducción poblacional. El primero, la reducción de la biomasa desovante potencial o Reducción del Potencial Reproductivo (“RPR dinámico”), que corresponde a la biomasa desovante que se habría observado cada año en ausencia de pesca. El segundo indicador, corresponde a la reducción en el tiempo de la biomasa desovante virginal (“RPR equilibrio”). La Biomasa desovante virginal (BDo), es estimada dentro del modelo en función de los reclutamientos medios observados en la serie analizada. Las estimaciones de la dinámica DB respecto de BDo, se han utilizado predominantemente para los stocks de anchoveta y sardina para la presentación del estado del stock en diagramas de fase.

Las ecuaciones que describen ambos índices se resumen de la siguiente manera:

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

La variación de cada índice, se muestra en la **Figura 29**. Se observa, que aunque las tendencias y magnitudes son similares, el RPR en equilibrio (RPREq), muestra mayores fluctuaciones que el RPR dinámico (RPR din). Los valores por sobre 1 que muestra el RPREq, corresponde a un periodo de expansión del stock, en que los valores biomasa excedieron al valor estimado de BDo.

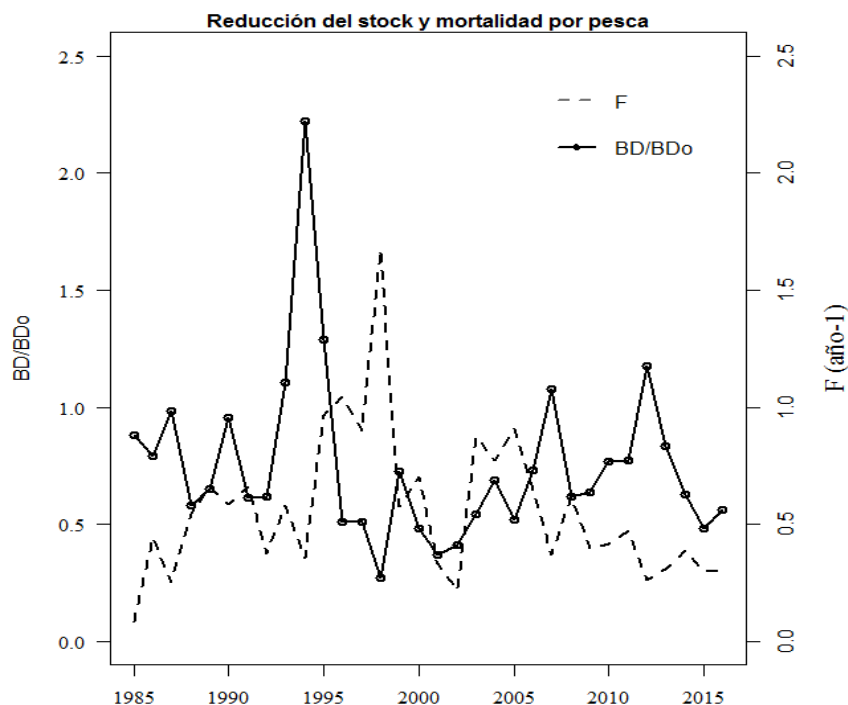


**Figura 29.** Reducción del Potencial Reproductivo en equilibrio (RPR eq) y dinámico (RPR din) en el stock de anchoveta III-IV Regiones.



En los talleres para la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) en las pesquerías nacionales (**Anexo 2**), se consideró que un punto de referencia de biomasa “estático” ( $RPR_{eq}$ ) es más apropiado, ya que cualquier medida  $BD_t/Bobj$ , reflejará la dinámica de la BD observada en el stock. Se enfatiza en el hecho que  $Bobj$  es el punto de referencia de biomasa desovante, que en general, será una aproximación más que provenir de un cálculo formal. Las elecciones específicas para los stocks pueden depender del nivel de incertidumbre, del valor asignado en los servicios de los ecosistemas y del nivel de riesgo que los administradores y la sociedad deseen correr (Payá *et al.*, 2014).

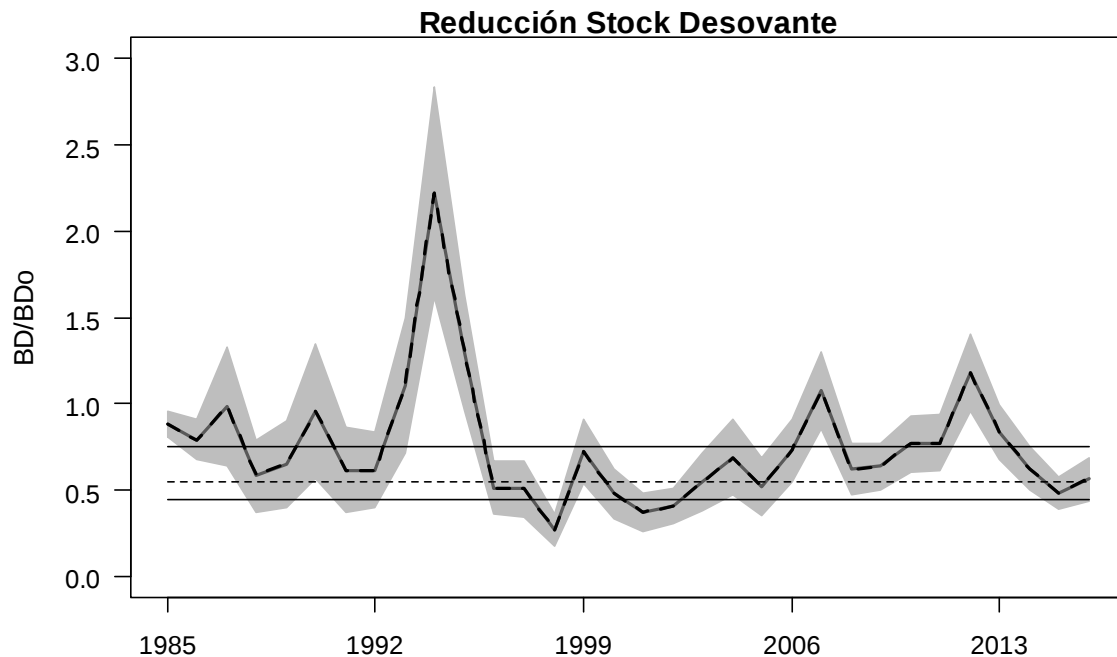
La Razón del Potencial Reproductivo ( $BD/BDo$ ) muestra una variación inversa y consistente con los niveles de mortalidad por pesca aplicados sobre la pesquería (**Figura 30**). La disminución de la mortalidad por pesca, permitió al stock de anchoveta de la III y IV región, incrementar el valor del índice entre los años 2008 y 2012, luego muestra una reducción. En la **Tabla 9**, se presentan los indicadores de la condición del stock, biomazas, reclutamientos y mortalidad. A partir de éstos, se presentan otros índices como la reducción anual de la BD respecto de  $BDo$  ( $BD/BDo$ ) y respecto de la Biomasa del máximo rendimiento sostenible ( $BD/B_{RMS}$ ). Esto mismo se muestra en términos de la mortalidad por pesca ( $F/F_{RMS}$ ). Además se indican los niveles de tasa explotación anual referidos a la biomasa ( $Y/BT$ ) y a la abundancia estimada ( $C/N$ ).



**Figura 30.** Variación anual de la Mortalidad por pesca  $F_{cr}$  y Reducción del Potencial Reproductivo ( $RPR_{eq}$ ) en el stock de anchoveta III-IV Regiones.



En la **Figura 31**, se muestra la variabilidad de la RPR en relaci3n a la zona definida como objetivo de manejo en la pesquería de anchoveta en la UP centro-norte. Entre los años 2006 y 2014 el índice se mantuvo dentro de la plena explotaci3n (75% - 45%  $BD_0$ ), excepto los años 2007 y 2012, donde se observaron valores por sobre ese rango. El año 2015, el índice mostr3 un valor por debajo del objetivo de manejo, llegando hasta un nivel de reducci3n de un 49% de  $BD_0$ . En cambio durante el año 2016, el stock se situarí sobre el objetivo de manejo alcanzando una reducci3n hasta un 56% de  $BD_0$  (**Tabla 9**).



**Figura 31.** Raz3n de potencial reproductivo de la anchoveta III-IV regi3n y sus respectivos intervalos de confianza. Las línas continuas horizontales definen la zona de plena explotaci3n, los línites superior (0.75) e inferior (0.45) son definidos en el documento sobre PBR del comité científico (Acta N°5/2014). La líná segmentada define el valor de referencia objetivo.



**Tabla 9.**  
Indicadores poblacionales de anchoveta III y IV Regiones 1985 – 2016.

| Año  | Y (t)  | BT (t) | BD (t) | R (x10 <sup>6</sup> ) | F (año <sup>-1</sup> ) | BD/BDo | F /F <sub>RMS</sub> | BD/B <sub>RMS</sub> | Y/BT |
|------|--------|--------|--------|-----------------------|------------------------|--------|---------------------|---------------------|------|
| 1985 | 9841   | 290040 | 81636  | 18855                 | 0.09                   | 0.88   | 0.18                | 1.61                | 0.03 |
| 1986 | 51192  | 378850 | 73458  | 33337                 | 0.45                   | 0.79   | 0.95                | 1.44                | 0.14 |
| 1987 | 33627  | 313290 | 90959  | 12752                 | 0.26                   | 0.98   | 0.54                | 1.79                | 0.11 |
| 1988 | 46441  | 268190 | 53723  | 19724                 | 0.54                   | 0.58   | 1.15                | 1.06                | 0.17 |
| 1989 | 66976  | 407870 | 60095  | 43880                 | 0.66                   | 0.65   | 1.41                | 1.18                | 0.16 |
| 1990 | 83730  | 404290 | 88640  | 21360                 | 0.59                   | 0.96   | 1.25                | 1.74                | 0.21 |
| 1991 | 62028  | 276010 | 57015  | 15189                 | 0.66                   | 0.62   | 1.41                | 1.12                | 0.22 |
| 1992 | 33103  | 308170 | 57054  | 30979                 | 0.38                   | 0.62   | 0.80                | 1.12                | 0.11 |
| 1993 | 99139  | 711000 | 102390 | 82863                 | 0.58                   | 1.11   | 1.24                | 2.01                | 0.14 |
| 1994 | 111778 | 886130 | 205640 | 61145                 | 0.36                   | 2.22   | 0.76                | 4.04                | 0.13 |
| 1995 | 216424 | 615960 | 119160 | 17512                 | 0.97                   | 1.29   | 2.06                | 2.34                | 0.35 |
| 1996 | 95185  | 350740 | 47500  | 29982                 | 1.05                   | 0.51   | 2.23                | 0.93                | 0.27 |
| 1997 | 75264  | 256290 | 47150  | 12255                 | 0.90                   | 0.51   | 1.91                | 0.93                | 0.29 |
| 1998 | 99877  | 334140 | 25004  | 39463                 | 1.67                   | 0.27   | 3.56                | 0.49                | 0.30 |
| 1999 | 61210  | 311510 | 67142  | 17848                 | 0.58                   | 0.73   | 1.22                | 1.32                | 0.20 |
| 2000 | 52217  | 216530 | 44609  | 10940                 | 0.70                   | 0.48   | 1.50                | 0.88                | 0.24 |
| 2001 | 17172  | 135080 | 34430  | 7446.4                | 0.34                   | 0.37   | 0.71                | 0.68                | 0.13 |
| 2002 | 12411  | 199410 | 37999  | 21755                 | 0.22                   | 0.41   | 0.47                | 0.75                | 0.06 |
| 2003 | 77558  | 362260 | 50522  | 35118                 | 0.88                   | 0.55   | 1.87                | 0.99                | 0.21 |
| 2004 | 83521  | 346430 | 63938  | 21523                 | 0.78                   | 0.69   | 1.65                | 1.26                | 0.24 |
| 2005 | 78660  | 324280 | 48176  | 27281                 | 0.91                   | 0.52   | 1.94                | 0.95                | 0.24 |
| 2006 | 72918  | 429670 | 67621  | 42632                 | 0.66                   | 0.73   | 1.39                | 1.33                | 0.17 |
| 2007 | 54326  | 375610 | 99611  | 16452                 | 0.37                   | 1.08   | 0.78                | 1.96                | 0.14 |
| 2008 | 56845  | 284800 | 57474  | 18255                 | 0.62                   | 0.62   | 1.32                | 1.13                | 0.20 |
| 2009 | 36000  | 297130 | 58983  | 26438                 | 0.40                   | 0.64   | 0.85                | 1.16                | 0.12 |
| 2010 | 45000  | 306440 | 70983  | 19242                 | 0.42                   | 0.77   | 0.88                | 1.40                | 0.15 |
| 2011 | 54000  | 412830 | 71622  | 41712                 | 0.48                   | 0.77   | 1.01                | 1.41                | 0.13 |
| 2012 | 42000  | 390510 | 108870 | 18403                 | 0.27                   | 1.18   | 0.56                | 2.14                | 0.11 |
| 2013 | 35000  | 302170 | 77244  | 17461                 | 0.31                   | 0.84   | 0.66                | 1.52                | 0.12 |
| 2014 | 34000  | 235040 | 57946  | 12888                 | 0.39                   | 0.63   | 0.83                | 1.14                | 0.14 |
| 2015 | 20088  | 170400 | 44855  | 9070.2                | 0.30                   | 0.49   | 0.64                | 0.88                | 0.12 |
| 2016 | 25000  | 324460 | 52232  | 39708                 | 0.31                   | 0.56   | 0.66                | 1.03                | 0.08 |



### Diagrama de Fases

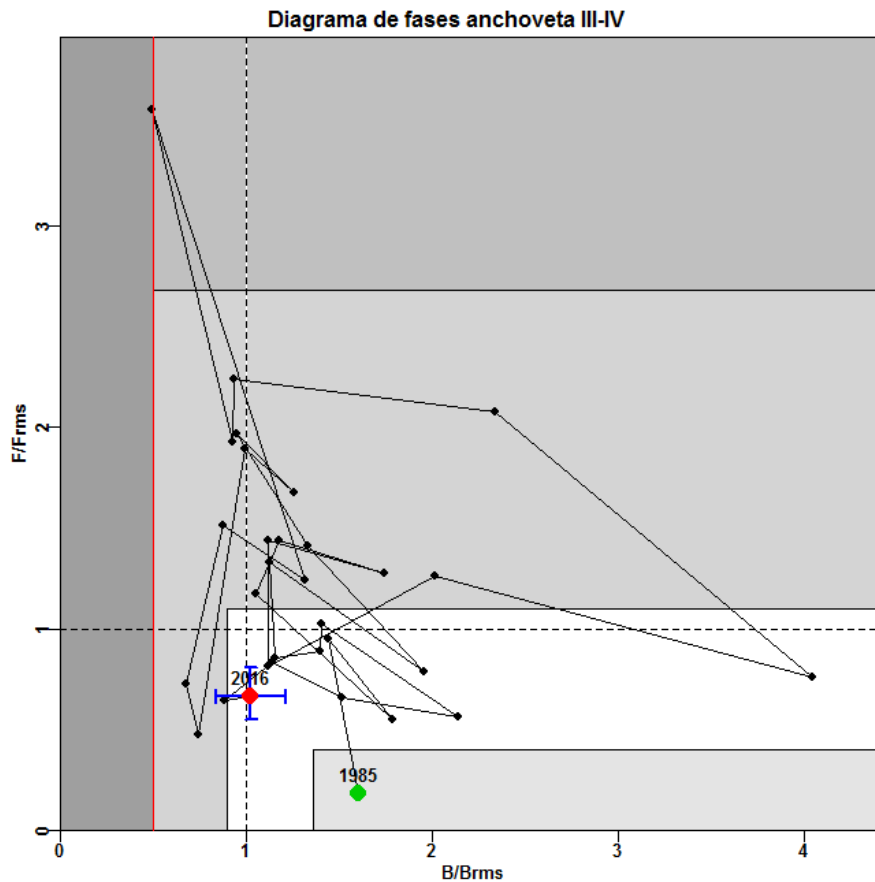
En este informe se utiliza como marco de referencia biológica los PBRs definidos en el marco de los comités científicos, es decir,  $55\%BDo$  como proxy de  $B_{RMS}$ ,  $F_{55\%BDo}$  como proxy de  $F_{RMS}$  y  $B_{límite} = 27.5\%BDo$  (Tabla 10).

**Tabla 10.**

Marco de referencia para el establecimiento de las fases en el diagrama que define el estado de la pesquería.

| PBR                | valor            | Definición        |
|--------------------|------------------|-------------------|
| BD obj superior    | 75% BDo          |                   |
| <b>BD objetivo</b> | <b>55% BDo</b>   | Plena explotación |
| BD obj inferior    | 45% BDo          |                   |
| <b>BD Limite</b>   | <b>27.5% BDo</b> | Agotamiento       |

El diagrama de fases (Figura 32), muestra una alta variabilidad interanual, típica de los cambios que se observan en los peces pelágicos pequeños. El año 2015, el stock habría encontrado por debajo del objetivo de manejo, con una reducción del 49% de  $BDo$ . Por el contrario, el año 2016, muestra una recuperación del stock desovante con un nivel de escape del 56%. Considerando la incertidumbre de la evaluación de stock, durante el año 2016, existe una alta probabilidad ( $p(BD > BD_{45\%Bo}) = 0.96$ ), que el stock se encuentre dentro del área de sustentabilidad biológica (plena explotación). En términos de mortalidad ( $F$ ), la probabilidad de situarse en la región de sobrepesca ( $p(F > F_{50\%Bo})$ ), llega a sólo un 1%. Por lo tanto, durante el año 2016 la pesquería de anchoveta de la III-IV regiones, se encontraría en estado de plena explotación.



**Figura 32.** Diagrama de fases de explotación de anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-norte. Basado en la mortalidad por pesca ( $F$ ) y la reducción de la Biomasa desovante ( $BD/BDo$ ). La cruz azul con el círculo rojo representa en valor central del último año y su probabilidad de distribución en ambos ejes.

## 5.5 CBA y Proyecciones del stock

A partir del modelo conceptual de la dinámica del stock de la anchoveta de la III y IV Regiones se desarrolló el enfoque y modelo de evaluación que permitirá asesorar al Comité Científico Técnico de Pesquerías de Pelágicos Pequeños (CCT – PP) en el análisis de las posibilidades de explotación del stock, considerando los parámetros e indicadores estimados por el modelo de evaluación y su incertidumbre asociada. Los análisis realizados y la correspondiente asesoría son consecuentes con los requerimientos de las reglas de decisión establecidas en los Planes de Manejo, conforme al marco legal y normativo vigente. La asesoría al CCT-PP ha sido continua durante el periodo de ejecución de este proyecto cumpliendo de esta forma con el objeto de proporcionar los antecedentes técnicos



solicitados en forma oportuna y con la mejor información disponible a la fecha. Este trabajo se ve reflejado en las actas del CCT – PP presentadas en el **Anexo 3**.

En el presente reporte se actualizó la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2016 sobre la base de la actualización de la evaluación de stock de septiembre 2015 (Leal, 2015), con la incorporación de la mejor y más actualizada información disponible, lo que incluye el uso de datos actualizados de la composición de tallas en la capturas 2015, una serie corregida y actualizada de la CPUE para el año 2015, desembarque actualizado para el año 2015 y la estructura de tallas y biomasa proveniente del crucero de evaluación directa (RECLAN) del año 2016. El primer escenario de análisis (**E1**) consiste en modificar la captura del año 2016 (la cual en el escenario base es supuesta igual a la CBA establecida en 25 mil t), por el valor de captura estimada por el modelo para la estrategia de explotación  $F_{RMS}$ . De manera adicional y a modo de escenario alternativo, se solicitó incorporar el índice de biomasa desovante obtenido del crucero de Evaluación del stock desovante de anchoveta III-IV Regiones, realizado en septiembre del 2015 (**E2 y E3, Tabla 11**). Esta solicitud, fue canalizada por medio del Comité de Manejo, quedando comprometida en el acta de la segunda sesión (**Anexo 3**).

**Tabla 11**

Escenarios propuestos para en la evaluación de stock anchoveta III –IV Regiones. Y: desembarque, CBA: captura biológicamente aceptable, CPUE: captura por unidad de esfuerzo, ET: estructura de tallas.

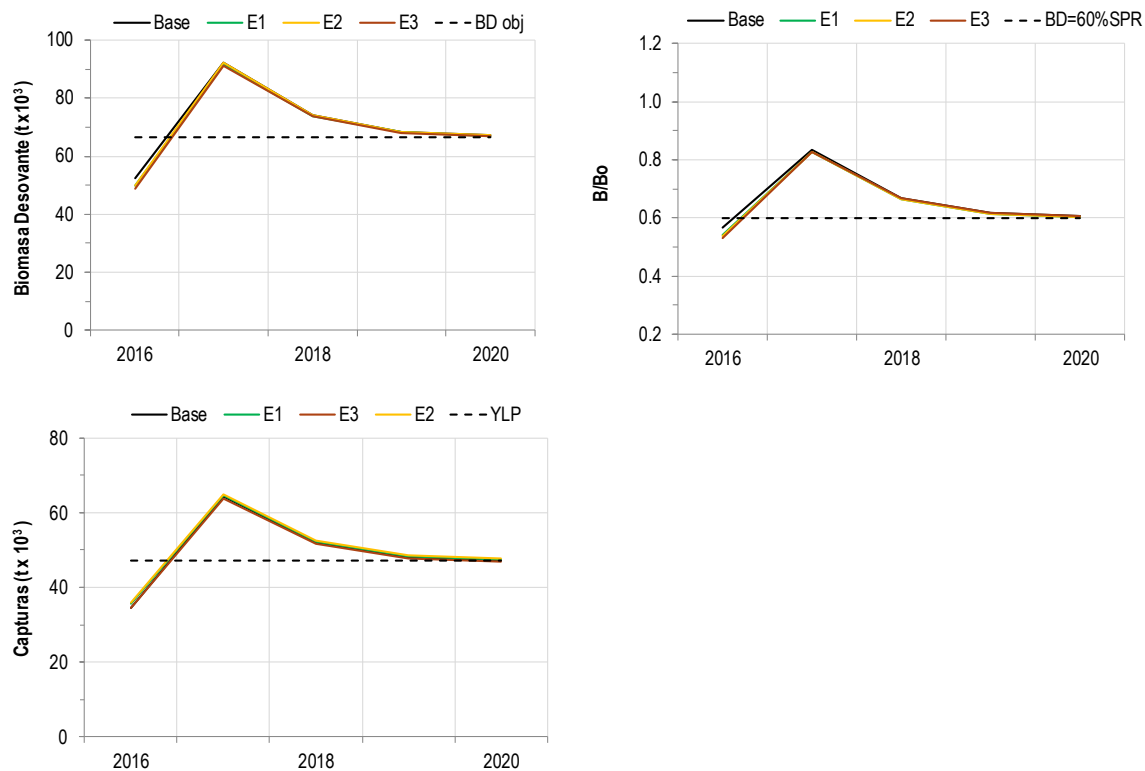
| Escenarios  | Configuración                                                                                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>base</b> | Modelo base Estatus 2016 + $Y_{2015} = 20 \text{ mil t} + Y_{2016} = CBA_{2016} + CPUE_{2015} + ET \text{ flota } 2015 + ET \text{ Reclan } 2016 + \text{Biomasa Reclan } 2016$ |
| <b>E1</b>   | Modelo base + $Y_{2016} = Y \text{ estimada bajo la estrategia } F_{RMS}$                                                                                                       |
| <b>E2</b>   | E1 + Biomasa MPH 2015 = 20833 t (Modelo de Lo)                                                                                                                                  |
| <b>E3</b>   | E1 + Biomasa MPH 2015 = 16674 t (Modelo Multinomial)                                                                                                                            |

La simulación para todos los escenarios, se realizó en escala anual bajo un horizonte de proyección de mediano plazo. La ecuación que gobierna la dinámica de la población es la misma que la utilizada en el período de modelamientos del stock. Los reclutamientos son estimados a partir de un valor medio obtenido para todo el período de ajuste del modelo (fijos). La estrategia de explotación corresponde al nivel referencial de mortalidad por pesca constantes  $F=F_{RMS}$  para la cual se presentan las capturas asociadas y los percentiles de riesgo (10% y 50%) de exceder el nivel de explotación evaluado (**Tabla 12**). La mortalidad por pesca de referencia es aquella que permite alcanzar el rendimiento máximo sostenido, consistente con los puntos biológicos de referencia ( $F_{60\%}$ ).

Los resultados de las proyecciones muestran que no existen diferencias importantes entre los escenarios evaluados. En efecto el escenario base considera una captura para el año 2016 inferior a la que sugiere la actualización del modelo y por tanto tiene un punto de partida en una condición levemente más alta que el **E1**. Como era de esperar, el efecto de la incorporación de una única



observación del crucero de evaluación del stock desovante 2015 no es significativo en la proyección del stock. La biomasa desovante para el año 2016 de la anchoveta de la III a IV Regiones se encuentra por debajo del nivel objetivo bajo todos los escenarios evaluados, no obstante y bajo el supuesto de un reclutamiento medio constante, si la política  $F_{RMS}$  fuera aplicada podría alcanzar la biomasa objetivo ( $B_{RMS}$ ) en un período de 3 años (**Figura 33**).



**Figura 33.** Proyección de la biomasa, reducción de stock y capturas de anchoveta III – IV Regiones para los escenarios evaluados. La línea segmentada representa el referente asociado al RMS.

Considerando los resultados del análisis presentados anteriormente para algunos escenarios relevantes (que incluyen el escenario base a modo de comparación), bajo la estrategia de explotación  $F_{RMS}$ , sujeta a niveles de riesgo entre 10% y 50%, la captura de anchoveta para el año 2016, en la Unidad de pesquería centro norte, podría alcanzar valores entre 32.5 mil (base) y 36 mil t (E2), respectivamente.

**Tabla 12.**

Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para la anchoveta de la III a la IV Regiones para el año 2016 bajo diferentes niveles de riesgo de sobrepasar la estrategia de manejo ( $F_{60\%}$ ) y escenarios de análisis.

| Escenario | Media | Desv.st | $p(F > F_{RMS})$ |       |       |       |       |
|-----------|-------|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|
|           |       |         | 0.1              | 0.2   | 0.3   | 0.4   | 0.5   |
| base      | 34656 | 1669    | 32517            | 33251 | 33781 | 34233 | 34656 |
| E1        | 35563 | 1754    | 33316            | 34087 | 34643 | 35119 | 35563 |
| E2        | 36059 | 1788    | 33768            | 34555 | 35122 | 35606 | 36059 |
| E3        | 35162 | 1749    | 32920            | 33690 | 34245 | 34719 | 35162 |

## 5.6 Programa de Mejoramiento Continuo

### 5.5.1. Estándar Metodológico de Evaluación

A partir del año 2012, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ha adoptado el sistema de niveles de calidad y cantidad de información sobre un determinado stock, usado por el US National Marine Fisheries Service (Restrepo *et al.*, 1998), dichos niveles permiten clasificar el estándar de una pesquería en tres categorías, según los siguientes criterios:

**Estándar completo (“Data-Rich”):** Se pueden realizar estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido (RMS) y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock. La evaluación puede ser sofisticada e incorporar la mayor parte de las fuentes de incertidumbre o bien una cantidad razonable de ella.

**Estándar medio (“Data-Medium”):** No se disponen de estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido y/o cantidades relacionadas, ya sea porque no están 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. Sin embargo, existen estimaciones confiables del tamaño del stock y de todos los parámetros claves de la historia de vida (crecimiento) y de la pesquería (selectividad). Este caso se utiliza PBR genéricos (“proxy”) para sustituir los PBR asociados al RMS que no se pueden estimar confiablemente.

**Estándar pobre (“Data-poor”):** No existen estimados confiables del rendimiento máximo sostenido, de la abundancia del stock, de los parámetros vitales ni de los parámetros de la pesquería. La evaluación es mínima y la incertidumbre se aproxima sólo cualitativamente. No se pueden realizar cálculos de rendimientos por recluta o biomasa desovantes por recluta. Este caso se utiliza aproximaciones especiales para estimar el RMS, tales como “reglas del pulgar”, promedio de capturas



históricas corregidas, o más sofisticadas como aproximaciones bayesianas que usan información desde stock con data rica

El estándar de la pesquería de anchoveta en la Unidad de pesquería centro-norte (III-IV Región), fue analizado a partir de un listado de tópicos generales y específicos (“Checklist for the Stock Assessment” (NRC, 1988). Este listado fue modificado para las pesquerías chilenas, incluyendo un total de 7 tópicos y 87 preguntas generando la “matriz de conocimiento” del recurso (Canales *et al.*, 2012). De esta forma, la información disponible permite clasificar la pesquería en el nivel de “**estándar medio**”.

Paya *et al.*, 2014 desarrollaron el proyecto “Revisión de Puntos Biológicos de Referencia en las Pesquerías Nacionales” el cual propone un sistema “tiers” (sistema de niveles o de calidad de datos) e información específica sobre las pesquerías chilenas. En el marco de este proyecto, se realizaron talleres de trabajo con expertos nacionales y nacionales. El objetivo específico del primer taller fue definir y/o establecer los estándares técnicos y los métodos disponibles para estimar el rendimiento máximo sostenible (RMS) por especies y los puntos biológicos de referencia (PBR) asociados.

En el taller, los científicos chilenos y siete científicos internacionales desarrollaron un Sistema de Niveles (Tier System) para clasificar las poblaciones de acuerdo al tipo de evaluación que se podría realizar y el tipo de puntos de referencia que se podrían estimar (FRMS y BRMS o proxies), expusieron varios métodos mediante los cuales se podrían computar los puntos de referencia, y recomendaron métodos para calcular los puntos de referencia para cada una de las 24 poblaciones en estudio. El reporte de este primer taller se encuentra disponible en el sitio web del proyecto: <https://sites.google.com/site/brpforchileanfisheries/reports>.

De acuerdo a la nueva Ley de Pesca chilena, los expertos señalan que es más conveniente establecer un Sistema de 3 niveles para las poblaciones, que no esté basado sólo en el tipo de datos disponibles, tal como se ha hecho hasta la fecha, sino en el tipo de determinación de PBR que sea posible estimar en cada caso. Además se compilaron métodos para determinar los PBR para la biomasa desovante y la mortalidad por pesca en cada nivel, así como las metodologías más apropiadas para la estimación de la biomasa virginal (Bo). De este modo, para representar el desarrollo histórico de la biomasa desovante versus la BRMS, principal objetivo de manejo de las pesquerías en Chile de acuerdo con la LGPA, se necesita un valor absoluto (o proxy) de éste último.

El sistema de niveles para la determinación de los PBR consta de tres niveles adaptados a los datos y métodos de evaluación que son comunes para las pesquerías industriales en Chile. Los niveles o tiers se definen de la siguiente manera:

**Tier 1-** Stocks respecto de los cuales existe un modelo de evaluación estructurado a la talla o a la edad (por ejemplo, modelos estadísticos de captura a la edad) que entregan estimaciones de abundancia actuales utilizables.



Dentro de este nivel, existen dos situaciones claras comunes:

**1a.** Los puntos de referencia RMS (FRMS y BRMS) y BLIM pueden ser estimados de manera confiable (o determinados de otro modo) a partir de los parámetros estimados dentro del modelo de evaluación.

**1b.** Se escogen los proxies para los puntos de referencia en 1a. La selección de estos proxies deben tomar en cuenta la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia (o ausencia de la misma) de las especies.

A pesar que el objetivo de 1a es ser más preciso al utilizar información específica de la población y los resultados del modelamiento, las estimaciones de los puntos de referencia no son necesariamente más robustas que los proxies ampliamente utilizados en base a los análisis que demuestran su robustez (Clark 1991). Por lo tanto, la decisión para trasladarse de 1b a 1a se debería tomar de manera cuidadosa. La elección entre 1a y 1b en sí no es una base para aplicar mayor o menor precaución.

La evaluación del stock de anchoveta III-IV Regiones fue clasificada dentro de esta categoría por los expertos internacionales en conjunto con los investigadores nacionales.

**Tier 2-** Poblaciones respecto de las cuales existe un modelo de dinámica de la biomasa (también conocido como un modelo producción-stock o producción-excedente) o un enfoque empírico basado en datos de captura o abundancia relativa. También se pueden utilizar otros datos relevantes.

**Tier 3-** Stocks respecto de los cuales existen datos insuficientes para permitir la aplicación de un modelo dinámico de la población. Los enfoques empíricos están principalmente basados en datos de captura (sin datos sobre abundancia relativa), se deben utilizar datos relacionados con los parámetros de la historia de vida y/o de cruceros.

El sistema de niveles descrito es distinto al sistema de Datos Ricos, Datos Moderados y Datos Pobres descrito anteriormente (Restrepo *et al.*, 1998). El nuevo sistema de niveles hace hincapié en el tipo de análisis que son viables y no en la cantidad o la calidad de los datos. Sin embargo, los niveles generalmente se pueden alinear con el Sistema de categoría de datos, de la siguiente forma:

- Tier 1a corresponde a Datos Ricos
- Tier 1b corresponde a Datos Ricos
- Tier 2 corresponde a Datos Moderados
- Tier 3 corresponde a Datos Pobres



### 5.5.2. Programa de Mejoramiento

El modelo de evaluación usado para describir la dinámica del stock de anchoveta en la III-IV Regiones (Unidad de Pesquería centro-norte), consiste en un modelo en base anual, estructurado a la longitud de los peces. Se utiliza una matriz e transición (basado en el modelo de Von-Bertalanffy) para trasladar el crecimiento de los individuos entre tallas. Dicho modelo es estructuralmente idéntico al usado en la evaluación de stock de sardina austral y sus posibles mejoras podrían ser también aplicadas al modelo de anchoveta III-IV Regiones. Al respecto, una revisión externa, independiente y por pares de la evaluación de stock de sardina austral (*Sprattus fuegensis*) fue realizada entre diciembre 10 y 12 del año 2014. El desarrollo del taller consistió en una revisión sobre la historia de vida, distribución, historia de la pesquería, colección y procesamiento de datos para la evaluación de stock, evaluaciones de stocks previas y la actual, así como consideraciones ecosistémicas. Un resumen con las recomendaciones más generales emanadas de esta revisión y que podrían ser también consideradas en la evaluación de stock de anchoveta III-IV regiones se presentan en la **Tabla 13**.



**Tabla 13**

Resumen principales recomendaciones realizadas en el Taller de Revisión Por Pares de sardina austral  
Alcance temporal: C= corto plazo (inmediato); M = mediano plazo

| Sugerencias del evaluador externo e independiente                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Alcance temporal |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Enfoque de evaluación de stock</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |
| Frecuencia temporal                                              | * Implementar un modelo a una escala temporal menor al año (semestral, trimestral). Se podría usar este modelo para estimar crecimiento dentro de él (mejorar visualización de los cambios modales).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | M                |
| Grupo plus                                                       | Se indica que sería conveniente incluir el grupo plus para hacer más generalizado el modelo y además que podrían haber individuos más grandes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | M                |
| Función de selectividad                                          | Explorar funciones de selectividad alternativas a la logística. Otro escenario con curvas de selectividad variables en el tiempo (explorar un random walk). Incluir análisis gráfico de sensibilidad de las selectividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | M                |
| Composiciones de edades                                          | Se sugiere utilizar en la modelación o en un modelo alternativo, la información de la composición de edades de la captura y de los cruceros con que se cuente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | M                |
| <b>Parámetros historia de vida</b>                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |
| Mortalidad natural                                               | Revisar estimación de M. dudas con el $\sigma$ usado para estimar promedio ponderado. (M tiene un efecto importante en la evaluación).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | M                |
| Parámetros de crecimiento                                        | Se menciona que podría existir más de un ajuste de los parámetros de crecimiento dependiendo de la fecha de nacimiento de los individuos. Se podrían realizar algunas pruebas para estimar los parámetros dentro del modelo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | M                |
| <b>Información utilizada en la evaluación y su peso relativo</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |
| CPUE                                                             | Se sugiere modificar la CPUE a una escala temporal menor, para que el índice refleje la estructura de talla que hubo en un determinado mes. Respecto al peso estadístico asociado, éste no debiera estar dado por la cantidad de años, sino que por el número de muestra utilizado para la composición de tallas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | M                |
| Proporciones talla                                               | En el lugar de tener una distribución de talla y un índice (CPUE) por año, al desagregar la información podría haber 12 distribuciones de tallas por año y quizás un índice por año. Esto no necesariamente significa que debe haber más peso estadístico para las distribuciones de tallas: se puede tener el mismo peso estadístico dividiendo el peso de la muestra por 12. Lo que la escala temporal va a ayudar a resolver son temas asociados al crecimiento, y además, poner los índices en los momentos indicados del año en que ocurren. La desagregación mensual va a permitir obligatoriamente un mejor uso de los datos. | M                |



|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                                                                                                              | Se recomienda permitir que los CV cambien por año para las composiciones de tallas o eventualmente para las composiciones de edades cuando las incorporen. La idea es tener CV que demuestre el distinto esfuerzo muestral, de manera que en los años que exista un mejor esfuerzo muestral posean más peso que en aquellos años que no.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>M</b> |
| <b>Cruceros acústicos: selectividad y capturabilidad</b>                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |
| <b>Capturabilidad</b>                                                                                        | <p>* Se sugiere que al momento de presentar los resultados sería importante incluir escenarios con distintos valores de capturabilidad, de manera tal que la incertidumbre real no es solamente la considerada por el modelo que se está revisando, ya que depende mucho de los valores de la prior. El riesgo de suponer un q que parezca razonable es que se puede estar mostrando un nivel de incertidumbre que no es representativo con la realidad, sobre todo en pesquerías con muy poca data.</p> <p>*Se debiera hacer una discusión más específica respecto a los supuestos de capturabilidad y la construcción de la prior asociada.</p> | <b>M</b> |
| <b>Representación de la incertidumbre en las estimaciones del modelo de evaluación de stock y proyección</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |
| <b>Incetidumbre</b>                                                                                          | La incertidumbre está presentada en el reporte de una forma en que se asume que el modelo que se está usando es el correcto y la incertidumbre asociada a la estimación de los parámetros con esa se queda el modelo. Se recomienda realizar una discusión respecto a la incertidumbre estructural del modelo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>M</b> |
| <b>Capturas totales</b>                                                                                      | Construir escenarios para explorar el efecto de sobre o sub-reportes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>M</b> |
| <b>Implementación del modelo de Evaluación</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |
| <b>Codificación y documentación</b>                                                                          | Estar seguro de que todo en el documento este reflejado basado en el modelo de evaluación. En términos de documentación deben mostrar todas las salidas, para ayudar a la interpretación del documento, funciones de selectividad por ejemplo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>C</b> |
|                                                                                                              | Revisión cuidadosa del código, los archivos de entrada y los resultados para garantizar la ejecución apropiada de las modificaciones y las ejecuciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>C</b> |



## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

---

### 6.1 Resultados de la evaluación

El análisis de residuales, qq-plot y retrospectivos, reflejan un buen desempeño del modelo frente a las fuentes de información. A pesar de no lograr aún ajustes totalmente satisfactorios en las composiciones de longitudes, el nivel de convergencia del modelo a las piezas de información empleadas, sugiere que los indicadores poblacionales de biomasa, abundancia y reclutamientos, así como la mortalidad por pesca del stock estarían siendo estimados favorablemente.

En relación a los índices usados para calibrar el modelo de evaluación, los desembarques han disminuido desde 54 mil t el año 2011 hasta 35 y 34 mil t los años 2013 y 2014 respectivamente. El año 2015, se reduce hasta un valor de 20 mil t., similar a los mínimos valores observados los años 2001 y 2002, donde los desembarques oficiales alcanzan valores de 18 mil y 13 mil t. respectivamente. Este bajo nivel, coincide con el menor valor de biomasa estimado en el crucero de evaluación directa. La biomasa del último crucero (febrero de 2015), corresponde al menor de la serie, estimando un valor de 75 mil t., comparables a las 79 mil t. del año 2009. En tanto que los reclutamientos permanecen en una proporción baja durante los 2 últimos años. La reducción observada en el desembarque del año 2015, fue consistente con los resultados del crucero de evaluación directa.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), aunque con un retardo, concuerda medianamente con la tendencia del índice acústico y desembarques. El índice evidenció una tendencia al incremento entre los años 2000 y 2010 y luego una reducción los años siguientes. Se consideró para el modelo de evaluación de stock el índice de CPUE que presentó un mayor valor de desviación explicada junto a un adecuado comportamiento de los residuos en relación a la distribución esperada. En este caso correspondió al modelo tipo Gamma. Este índice será revisado y actualizado en el transcurso del siguiente estudio.

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico usado para modelar la dinámica de la anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-norte, a partir del año 2002, la biomasa total y desovante ha fluctuado en torno a valores promedio de 317 mil y 65 mil t, respectivamente. La biomasa desovante presentó una tendencia al incremento entre los años 2009 y 2013, luego, disminuye alcanzando el mínimo valor de la serie el año 2015, con un registro de 49 mil t. La disminución en la biomasa, se explica principalmente por la significativa reducción en el índice acústico y los bajos desembarques de los últimos 2 años. De la misma forma, para el año 2016, las expectativas son mejores debido al incremento en la biomasa estimada por el crucero de evaluación directa.

La mortalidad por pesca se mantuvo en valores por debajo del PBR F60 entre los años 2009 y 2016, excepto el 2011. En términos de la reducción de la biomasa desovante, el stock se mantuvo en torno a los objetivos entre los años 2014 y 2016. Durante el año 2016, el índice muestra un valor que



prácticamente coincide con el objetivo de manejo (55%BDo), alcanzando un nivel de reducción hasta el 56% de BDo.

La RPR presentó una relación inversa y proporcional a los niveles de mortalidad por pesca ( $F$ ) aplicados sobre la pesquería. Los valores estimados en ambos indicadores durante los últimos dos años, señalan que el stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-norte, se encontraría en la zona de plena-explotación. En términos de mortalidad ( $F$ ) la probabilidad de encontrarse en sobrepesca es baja, llegando sólo al 1%.

El  $F_{60\%}$  es propuesto como objetivo de manejo como un proxy del Máximo Rendimiento Sostenible (Fobj), considerando las recomendaciones del comité científico y basado en el trabajo sobre PBRs de Paya *et al.* (2014).

## 6.2 Biología, ecología y estrategias de explotación

Las poblaciones de peces pelágicos que habitan ecosistemas de surgencia se caracterizan por presentar amplias variaciones en sus niveles de abundancia (Bakun & Parrish, 1982; Cushing, 1990; Cubillos, *et al.* 2002). Estas fluctuaciones se asocian fundamentalmente al éxito del reclutamiento, cuyo proceso, aunque depende del stock parental, serían los factores ambientales a través de mecanismos denso-independientes los que determinarían en gran medida la variabilidad en la fuerza de la clase anual reclutada (Cole & MacGlade, 1998; Rothschild, 2000). Es decir, estas poblaciones, poseen una amplia incertidumbre en la relación stock-recluta y por lo tanto en las proyecciones que se realizan a partir del stock desovante. En este tipo de pesquerías, donde existe un alto grado de incertidumbre en algunos procesos biológicos (relación stock-recluta), es recomendable el uso del Enfoque Precautorio para el manejo del recurso, evitando alcanzar los Puntos Biológicos de Referencia Límites (Caddy & Mahon 1995).

Por otro lado, está ampliamente documentado que las especies forrajeras, como sardinas y anchovetas, cumplen un rol clave en el ecosistema marino, transfiriendo la energía desde el plancton hacia predadores mayores, como mamíferos, aves y peces de mayor tamaño (Pikitch *et al.*, 2012).

Los antecedentes asociados a la incertidumbre en los procesos que gobiernan la dinámica las poblaciones de peces pelágicos pequeños, junto a los errores de observación y proceso propios de la evaluación de stock y la importancia ecológica de las especies forrajeras, sugieren que las políticas de manejo deberían apuntar hacia objetivos conservadores, disminuyendo el riesgo de afectar la sustentabilidad del ecosistema.

Los antecedentes sobre las condiciones ambientales en la zona costera comprendida entre los 24° y 32°S, indican bajos niveles de producción primaria y altos niveles de transporte mar afuera en comparación a la zona norte y centro-sur (Yuras *et al.*, 2005, Correa *et al.*, 2007). Dichas condiciones serían menos favorables para la alimentación y retención de los estadios planctónicos de los peces



dentro de áreas apropiadas para su desarrollo. Así, las condiciones oceanográficas dominantes en la unidad de pesquería centro-norte, solo permiten el desarrollo de una pesquería de anchoveta de pequeña escala, en relación a lo observado en la zona norte y centro-sur. Estos antecedentes, refuerzan la idea que la pesquería de anchoveta en la III-IV regiones, debería ser administrada bajo objetivos de manejo conservadores, como el F60 o F65. Para ello, es necesario continuar con una explotación regulada a través de cuotas y mantener los objetivos de manejo dentro de la zona de sustentabilidad, definidos en este reporte como la zona de plena explotación.

Para peces pelágicos de pequeño tamaño, con nivel de conocimiento e información pesquera intermedia, Pikitch *et al.* (2012), sugieren como regla de control, niveles de F menores a la mitad de M ( $F_{obj} < 0.5 \cdot M$ ). Esto concuerda con el objetivo sugerido en el presente estudio ( $F_{obj} = 0.47 \text{ año}^{-1}$ ), ya que M ha sido estimada en  $1.3 \text{ años}^{-1}$  (Canales & Leal 2009).

### 6.3 Datos e índices usados en la evaluación

Uno de los supuestos sobre los cuales se sustentan los modelos de evaluación de stock, es que la población es cerrada y por lo tanto las pérdidas se explican por captura y mortalidad natural. Este supuesto, muchas veces es escasamente contrastable. En el caso de la Unidad de pesquería de anchoveta III-IV regiones, Canales & Leal (2009), enumeran algunos antecedentes que sugieren cierto nivel de independencia de la unidad poblacional ubicada al norte de los  $25^{\circ}\text{S}$ . Sin embargo, también se ha sugerido que bajo condiciones ambientales favorables, el stock de anchoveta del norte Chile y Sur del Perú expande su área de desove hasta la zona de Caldera y Coquimbo (III-IV regiones). Estos antecedentes debilitan el supuesto de una población cerrada, incorporando una fuente de incertidumbre en la modelación de los procesos que gobiernan su dinámica.

De los índices que calibran el modelo de evaluación, la CPUE es utilizada con el coeficiente de variación más alto debido a las documentadas complejidades para su uso en pesquerías de pequeños pelágicos. Maunder *et al.* (2006), indica que el índice de abundancia relativo basado en el análisis de la CPUE debe ser usado con cautela, ya que podría no reflejar eficazmente los cambios de abundancia en el tiempo y en un espacio determinado. Por ejemplo, la agregación del stock de peces por distintos factores (preferencia por un determinado hábitat, reproducción) podría incrementar su capturabilidad aun cuando la abundancia total dentro de un área es la misma o incluso menor. De esta manera la CPUE es incorporada con un peso estadístico relativo menor a los desembarques e índice acústico.

En cuanto a los parámetros de historia de vida usados en el modelo de evaluación, recientemente Plaza *et al.* (2012), realizando análisis de microincrementos, sugieren una dinámica mucho más alta, de la reconocida hasta ahora, en las tasas de crecimiento de la anchoveta del norte de Chile. Esto también podría ser válido para la anchoveta en las otras zonas del país, incluida la unidad de pesquería centro-norte. A pesar que esto puede ser relevante en términos de la evaluación de stock, este aspecto debe ser estudiado y sus implicancias analizadas en el marco de un estudio específico para este fin.



Otra fuente de incertidumbre, tiene que ver con la ojiva de madurez utilizada para separar la fracción madura de la población. Hasta el actual proyecto, al no disponer de una estimación para la anchoveta de la III-IV regiones basada en histología del ovario, se utiliza la ojiva de madurez descrita para la anchoveta del norte de Chile (Martínez *et al.*, 2009). Las estimaciones basadas en estados histológicos de desarrollo, suponen mayor precisión y por lo tanto son seleccionadas por sobre las aproximaciones macroscópicas. El modelo supone entonces que el proceso de madurez gonadal en relación a la longitud de la anchoveta de la III-IV región es idéntica al stock del norte de Chile.

En síntesis, a pesar de contar de un adecuado volumen de datos para ser incorporados en un modelo de evaluación de stock, la falta de mayor conocimiento de algunos procesos dinámicos espacio-temporales, se traduce en datos e indicadores poblacionales sujetos a una considerable incertidumbre. De esta manera, el estándar de la información para establecer el diagnóstico del recurso puede ser considerado como incompleto.

A pesar de la incertidumbre en la evaluación y las continuas mejoras que puedan ser incorporadas cada año al modelo estadístico, los resultados de la evaluación de stock pueden ser utilizados como un proxy para el manejo de la pesquería.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alheit J. & M. Ñiquen. 2004. Regime shift in the Humboldt Current ecosystem. Progress in Oceanography 60: 201- 202.
- Bakun, A. & R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current systems. Rep. Calif. coop. oceanic Fish. Invest. 123: 99-112.
- Caddy J. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish.Tech. Pap., 347, 83 p
- Canales C, I. Payá, R. Tascheri, C. Contreras, M.J .Zúñiga, M. Canales, J.C. Quiroz, E. Leal, F. Espíndola, C. Montenegro & D. Bucarey. 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2014. PBR y Marco Biológico de Referencia 2014. Informe de Avance. Convenio II. pp 17.
- Canales C. 2012. Sobre el uso de modelos operativos para la validación de modelos de evaluación de stock. 24 PP.
- Canales C., A. Sepúlveda, M. Arteaga, C. Gatica, M.J. Zúñiga, R. Serra, R. Cubillos, V. Espejo & A. Órdenes. 2012. Evaluación de Stock y Estrategias de Explotación Recursos Pelágicos. Comité Científico Pequeños Pelágicos. Reporte 1era reunión. 12 pp.
- Canales, T. M. 2007. Investigación Evaluación de stock de anchoveta y sardina española 2007. Informe Final. 33 pp. + Anexos.
- Canales, T. M. y E. Leal. 2009. Parámetros de historia de vida de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, distribuida en la zona centro norte de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 44(1): 173-179.
- Castillo, J. M. San Martin, H. Reyes, F. Leiva y R. Bahamonde. 2010. Evaluación hidroacústica del recurso anchoveta entre la III y IV Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2009-03. 75 pp. + Anexos.
- Castillo, J. M. San Martin, H. Reyes, V. Catasti y R. Bahamonde. 2011. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la III y IV Regiones, año 2011. En Informe de Avance Proyecto FIP 2010-03. 58 pp. + Anexos.
- Cole, J. & J. McGlade. 1998. Clupeoid population variability, the environment and satellite imagery in coastal upwelling systems. Rev. Fish Biol. Fish. 8, 445-471.



- Correa, M., S. Hormazabal & G. Yuras. 2005. Mesoscale eddies and high chlorophyll concentrations off central Chile (29°–39°S). *Geophysical research letters*. 34, 1-5.
- Cubillos, L.A., D.F. Arcos, D.A. Bucarey & M.T. Canales. 2002. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano, Chile (37°S, 73°W): a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling?. *Aquat. Living Resour.* 14: 115-124.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.*, 26: 249-293.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.*, 26: 249-293.
- Dunn, P. K. and G. K. Smyth. 2005. Series evaluation of Tweedie exponential dispersion model densities. *Statistics and Computing*. 15: 267-280.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68:1124 -1138.
- Fournier, D.A., H.J. Skaug, J. Ancheta, J. Ianelli, A. Magnusson, M.N. Maunder, A. Nielsen, and J. Sibert. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optim. Methods Softw.* 27:233-249.
- Gavaris, S. and Ianelli, J.N. 2002. Statistical Issues in fisheries' stock assessments. *Scand. J. Statist.* 29: 245-271.
- Leal E. & C Canales. 2014. Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en anchoveta y sardina española, regiones III a IV, año 2014. Informe Final. Convenio II. pp 52 + Anexos.
- López-Veiga EC. 1979. Fitting von Bertalanffy growth curves in short-lived fish species. A new approach. *Investigaciones Pesqueras* 43: 179-186.
- McCullagh, P. and Nelder, J. 1989. *Generalized linear models*. Chapman and hall. London. 511 pp.
- Maunder. M., J. Sibert, A. Fonteneau, J. Hampton, P. Kleiber y S. Harley. 2006. Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *Journal of Marine Science*, 63: 1373-1385.
- Maunder MN. 2011. Review and evaluation of likelihood functions for composition data in stock-assessment models: Estimating the effective sample size. *Fisheries Research*. 169:311-319.



- Ortiz, M. and F. Arocha. 2004. Alternative error distribution models for the standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fisheries Research*. 70: 275-297.
- Payá I, C. Canales, D. Bucarey, M. Canales, F. Contreras, F. Espíndola, E. Leal, C. Montenegro, J. Quiroz, R. Tascheri, M.J. Zúñiga. 2014. Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales.” Primer Taller internacional. Informe de Avance 1. Subsecretaría de Economía - IFOP. 32 pp.+ 4 Anexos.
- Pennington. M. 1983. Efficient estimators of abundance for fish and plankton surveys. *Biometrics* 39:281-286.
- Plaza, G., F Plaza, G., F. Cerna y J. Legua. 2012. Validación de formación de anillos primarios y macro-anillos de crecimiento en otolitos de anchoveta de la zona norte. Informe Final. PROY. SUBPESCA ID N°4728-31LP11. 130 p.
- Pikitch E., P. Boersma, I. Boyd, O. Conover, P. Cury, T. Essington, S. Heppell, E. Houde, M. Mangel, D. Pauly, E. Plagányi, K. Sainsbury y R. Steneck. 2012. Little Fish, Big Impact: Managing a Crucial Link in Ocean Food Webs. Lenfest Ocean Program. Washington, DC. 108 pp.
- Punt, A. y R.B. Kennedy. 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. *Mar. Freshwater Res.*, 48: 967-980.
- Rothschild, P. Fréon, and C. D. van der Lingen. 2000. An empirical model of anchovy recruitment variability in the southern Benguela. Pages 52–54 in C. D. van der Lingen, C. Roy, P. Fréon, M. Barange, L. Castro, M. Gutiérrez, L. Nykjaer, and F. Shillington, eds. Report of a GLOBEC-SPACC/IDYLE/ENVIFISH Workshop on Spatial Approaches to the Dynamics of Coastal Pelagic Resources and Their Environment in Upwelling Areas. GLOBEC Report 16.
- Tascheri, R., J.C. Saavedra-Nievas, R. Roa-Ureta. 2010. Statistical models to standardize catch rates in the multi-species trawl fishery for Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*) off Southern Chile. *Fish. Res.* 105, 200–214.
- SERNAPESCA. 2009. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2009. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Santiago, Chile. 291 pp
- Shono, H., 2008a. Application of the Tweedie distribution to zero-catch data in CPUE analysis. *Fish. Res.* 93, 154–162.



- Stefansson, G. 1996. Analysis of ground fish survey abundance data: combining the glm y delta approaches. *Ices Journal of Marine Science*, 53: 577 – 588 p.
- Sullivan, P. J., Lai, H.L. & Gallucci, V.F. 1990. A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 184-198.
- Yuras, G., O. Ulloa & S. Hormazabal. 2005. On the annual cycle of coastal and open ocean satellite chlorophyll off Chile (18°–40°S). *Geophysical research letters*. 32: 1-4.



**A N E X O S**

---



# **A N E X O 1**

---

Modelos Procesos–Observaciones–Errores.  
Modelo talla estructurado





## MODELOS PROCESOS – OBSERVACIONES - ERRORES

### Modelo de los Procesos

El crecimiento medio es descrito por el modelo von Bertalanffy (VB) puede ser expresado segun:

$$\overline{\Delta_l} = (L_\infty - l^*)(1 - e^{-k})$$

Donde,  $L_\infty$  y  $k$  son parámetros de la función VB,  $l^*$  corresponde al punto medio del intervalo de talla  $l$ .

La distribución gamma es utilizada para representar la variación en el crecimiento, ya que permite describir de mejor forma los patrones de crecimiento para peces de tallas muy pequeñas y muy grandes. La distribución gamma puede ser expresada en términos de dos parámetros  $\alpha_l$  y  $\beta_p$ , los cuales se relacionan entre si segun:

$$\alpha_l = \frac{\overline{\Delta_l}}{\beta_p},$$

Donde,  $\alpha_l$  corresponde a la varianza (es función de  $L_\infty$  y  $k$ ) proporcional a la media,  $\beta_p$  corresponde al coeficiente de variación el que permite incorporar la variabilidad de los individuos en la población. Con ello la proporción de ejemplares que crecen o se mueven de un intervalo a otro queda descrito por:

$$T_{ll'} = \int_l^{l'} \frac{(l' - l)^\alpha \exp\left(-\frac{l' - l}{\beta_p}\right)}{\beta_p} dl$$

Donde,  $T_{ll'}$  corresponde a la matriz de transición que modela el crecimiento entre  $l$  y  $l'$  (Sullivan *et al.*, 1990).

El reclutamiento se plantea separable en un componente anual y uno talla-especifico que se expresa segun:

$$\text{Pr}_l = R \int_l^{l+1} \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(l - \mu)^2}{\sigma^2}\right] dl$$

Donde,  $\mu$  y  $\sigma$  corresponden a la media y desviación de una distribución normal constante entre años.



La abundancia  $N_{l,t}$  de los ejemplares de talla  $l$ , a comienzos del año  $t$ , queda entonces representada por:

$$N_{l,t} = T_{ll'} N_{l',t-1} \exp(-Z_{l,t}) + Pr_l R_t,$$

Donde,  $N_{l,t-1}$  corresponde al número de peces de talla  $l$ , en el año  $t-1$ ,  $Z_{l,t}$  es mortalidad total para peces de talla  $l$  en el año  $t-1$ ;  $T_{ll'}$  es la matriz de transición de crecimiento entre la talla  $l$  y  $l'$ ,  $Pr_l$  es el vector de distribución de reclutamiento y  $R_t$  corresponde al reclutamiento anual.

Siguiendo la hipótesis Doubleday's (1976), la mortalidad por pesca se descompone en el producto de un coeficiente talla específico  $s_l$  y una tasa de mortalidad por pesca anual  $F_t$  según:

$$F_{l,t} = s_l F_t$$

Donde, el coeficiente de selectividad ( $s_l$ ), se construye dependiendo del modelo considerado, en este caso se utiliza una función logística utilizando la re-parametrización de Punt & Kennedy (1997) como sigue:

$$S_l = \left( 1 + \exp \left[ -\ln 19 \frac{(l - l_{50\%})}{\Delta} \right] \right)^{-1},$$

$l$  = marca de clase de cada intervalo de longitud.

$l_{50\%}$  = posición (longitud en que el 50% de los peces son retenidos)

$\Delta$  = dispersión (pendiente de la curva).



## Modelos de las observaciones

| Variable                             | Forma                                                                                                       | Notación                                                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Captura comercial                    | $\hat{Y}_t = \sum_{l=\min}^{l=\max} N_{l,t} w_l \frac{s_{l,t} F_t (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$           | $N_{l,t}$ : Abundancia en la talla $l$ , y año $t$ .                                     |
|                                      |                                                                                                             | $w_l$ : peso de un individuo de talla $l$                                                |
|                                      |                                                                                                             | $s_{l,t}$ : patrón de explotación de la flota para individuos de talla $l$ en el año $t$ |
|                                      |                                                                                                             | $F_t$ : mortalidad por pesca para individuos reclutados en el año $t$                    |
|                                      |                                                                                                             | $Z_{l,t}$ : mortalidad total para individuos reclutados de talla $l$ en el año $t$ .     |
| CPUE                                 | $CPUE_t = q \left[ \sum_{l=\min}^{l=\max} s_{l,t} N_{l,t} w_l \frac{(1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}} \right]$ | $q$ : coeficiente de capturabilidad                                                      |
| Estructura de tallas en las capturas | $C_{l,t} = N_{l,t} \frac{F_{l,t} (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$                                            | $C_{l,t}$ : captura de los individuos de talla $l$ , en el año $t$                       |



## Modelos de los errores

| Variable                           | Forma                                                                                                            | Notación                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proporción de tallas de la captura | $L = -n \sum_l \sum_t p_{l,t} * \ln(\bar{p}_{l,t})$ $\hat{p}_{l,t} = \frac{\hat{C}_{l,t}}{\sum_l \hat{C}_{l,t}}$ | $\bar{p}_{l,t}$ , proporción predicha a la talla $l$ y año $t$ .<br>$p_{l,t}$ : Proporción estimada a la talla $l$ y año $t$ .<br>$\bar{C}_{l,t}$ : Captura predicha a la talla $l$ y año $t$ . |
| Desembarques históricos            | $L = -\frac{0.5}{\sigma_y^2} \sum_t \left( \ln \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} \right)^2$                                  | $Y_t$ : captura estimada en el año $t$<br>$\hat{Y}_t$ : captura predicho para el año $t$                                                                                                        |
| CPUE                               | $L = -\frac{0.5}{\sigma_{cpue}^2} \sum_t \left( \ln \frac{CPUE_t}{\hat{CPUE}_t} \right)^2$                       | $CPUE_t$ : Captura por unidad de esfuerzo estandarizada.<br>$\hat{CPUE}_t$ : Captura por unidad de esfuerzo predicha.                                                                           |

A continuación se presentan los códigos utilizados en la plataforma de análisis estadísticos ADMB para llevar a cabo la evaluación de stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería centro-norte (Canales, 2012).

## **A N E X O 2**

---

PBR en el contexto de la LGPA y su  
estimación en las pesquerías nacionales.





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

---

La nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) define en el Título I, Artículo 1°B: *“El objetivo de esta ley es la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos”*. Asimismo, en el Artículo 1°C inciso g) se señala como objetivo *“procurar evitar o eliminar la sobreexplotación y la capacidad de pesca excesiva”*. Estos elementos constituyen el marco sobre el cual se elabora el diagnóstico de los recursos y sus pesquerías.

## **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 biológicos de referencia:**

- *Un punto biológico precautorio es un valor estimado mediante un procedimiento de acuerdo científico, el cual corresponde al estado del recurso y de la pesquería, y el cual puede ser usado como una guía para el manejo de las pesquerías.*
- *Dos tipos de puntos precautorios de referencia deben ser usados: punto de referencia de conservación o límite y punto de referencia de manejo u objetivo. Los puntos de referencia límites están orientados a restringir la pesca a los límites de seguridad biológica, dentro del cual los stocks pueden producir el máximo rendimiento sostenido. Los puntos de referencia objetivos están orientados a alcanzar los objetivos de manejo.*
- *Los puntos de referencia deben ser stock-específicos para dar cuenta, entre otros, de la capacidad reproductiva, la resiliencia de cada stock y las características de la pesquería que explota el stock, así como también de otras fuentes de mortalidad y las mayores fuentes de incertidumbre.*

*Cuando la información para determinar los puntos de referencia para una pesquería es escasa o inexistente, se deben establecer puntos de referencia provisionales. Los puntos de referencia provisionales pueden ser establecidos mediante analogía con stocks similares y mejor conocidos. En tales situaciones, la pesquería debería 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 deben 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.



Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia  
en las Pesquerías Nacionales

**Informe del Tercer Taller Internacional  
realizado en Viña del Mar**

Instituto de Fomento Pesquero  
Agosto de 2014

---

## Resumen

En agosto 2014, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizó un taller de una semana, para completar el trabajo del proyecto de estimación de los puntos biológicos de referencia en las principales pesquerías chilenas. En este taller, se escogió un límite superior de la mortalidad por pesca  $F_{LIM}$  como la tasa que reduce la biomasa reproductora a  $B_{LIM}$ . La incertidumbre en las estimaciones de la condición actual del stock (mortalidad por pesca y la biomasa reproductora o la biomasa total) fueron obtenidas de la evaluación de cada stock (basado en los errores estándar asintóticos de la Hessiana inversa o la salida de simulación MCMC). Los diagramas de fase (i.e. diagramas de estado de los stocks) fueron preparados para todos los stocks. Este informe corresponde al tercero, y último, de una serie de tres talleres; los informes de los tres talleres deben leerse en conjunto (IFOP 2013, IFOP 2014 y el presente informe).

## Introducción

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), desde el 11 al 15 agosto 2014, convocó a un taller en Viña del Mar, para la estimación de los puntos biológicos de referencia (PBR). Este fue el tercero (y último) de tres talleres, que en conjunto tienen la intención de revisar, definir y calcular los puntos de referencia para las principales pesquerías chilenas en conformidad con la Ley de Pesca de Chile de 2012. La ley prescribe al  $F_{RMS}$  (o un proxy) y  $B_{RMS}$  (o un proxy) como la tasa de mortalidad por pesca y nivel de biomasa desovante objetivos para la administración.

En el primer taller, se especificaron los métodos para estimar los  $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$  objetivos para todos los stocks, con el método utilizado en función de la disponibilidad de los datos y de la evaluación de stock para cada población. Los métodos también se adoptaron para el cálculo de un nivel mínimo de biomasa reproductora  $B_{LIM}$ . En el segundo taller, se calcularon los valores reales de los objetivos y  $B_{LIM}$ . Las principales tareas del tercer taller fueron (i) estimar un límite superior de mortalidad por pesca  $F_{LIM}$  para cada población, (ii) elegir los métodos para la determinación de la incertidumbre en las estimaciones de los puntos de referencia y de la situación del stock en relación con ellos, sobre todo para el año más reciente, y (iii) elaborar diagramas de fase (i.e. diagramas de estado de stock) para cada stock, que dé cuenta de los niveles estimados de mortalidad por pesca y biomasa (desovante) en relación con los puntos de referencia objetivos para los años cubiertos por la evaluación del stock, y la incertidumbre del estado actual de la población en relación con los puntos de referencia objetivos. Los términos de referencia, la agenda y los asistentes al tercer taller se presentan en el Apéndice A.



En el Tercer Taller, científicos chilenos y siete científicos internacionales examinaron e hicieron una recomendación sobre el método de cálculo de  $F_{LIM}$  para los diferentes grupos de pesquerías. Luego, se implementaron métodos para calcular  $F_{LIM}$  para cada una de los 24 stocks (IFOP, 2013). El taller examinó también diagramas de fase y su aplicación en diversas jurisdicciones de todo el mundo, así como también propuestas de diagramas para representar los requisitos previstos en la legislación chilena. Se analizan distintos métodos para representar la incertidumbre en la biomasa y la mortalidad por pesca del estado del stock en el último año. Se desarrolló un diagrama de fase estándar que muestra la trayectoria histórica de la biomasa y de la mortalidad por pesca relativa a los puntos de referencia objetivos, y se implementaron varios métodos para visualizar la incertidumbre del último año para los diferentes resultados de la evaluación. Se produjeron ejemplos de gráficos de fase para cada una de los 24 stocks, con la expectativa de que los valores cambiarán en el futuro a medida que evolucionen las evaluaciones de stocks e ingresen nuevos datos a los cálculos. Es probable que los métodos persistan en la mayoría de los casos, pero las cifras reales cambien. Los stocks que utilicen un método de nivel inferior pueden ascender a un nivel más alto cuando se disponga de más datos.

### Especificación de $F_{LIM}$

El segundo taller ya había determinado un límite inferior para la biomasa reproductora ( $B_{LIM}$ ) para cada población, y la primera tarea del tercer taller fue determinar un límite superior a la mortalidad por pesca ( $F_{LIM}$ ). La biomasa objetivo es generalmente  $B_{RMS}$  o un proxy, comúnmente un  $B_{40\%}$  (es decir,  $0,4 \times B_0$ , donde  $B_0$  denota SSB en el equilibrio de largo plazo sin pesca), y  $B_{LIM}$  es la mitad del punto de referencia objetivo, es decir,  $B_{RMS}/2$  o  $B_{20\%}$ ; para algunos stocks pelágicos, la biomasa objetivo es superior a  $B_{40\%}$  pero aun así  $B_{LIM}$  se fijó en  $B_{20\%}$ . Para todas los stocks, la tasa de mortalidad por pesca objetivo es aquella en la cual la biomasa de equilibrio es la biomasa objetivo, es decir  $F_{RMS}$  para  $B_{RMS}$  y  $F_{45\%}$  para  $B_{40\%}$ . Formalmente, la mortalidad por pesca asociada a un SSB equilibrio igual a  $B_{40\%}$  es  $F_{B40\%}$ , pero su valor depende del tipo y pendiente de la curva de stock-reclutamiento; el uso de  $F_{45\%}$  (es decir,  $F_{45\% SPR}$ ) se basa en el hecho de que, para una amplia gama de valores de la pendiente, el rendimiento de equilibrio a largo plazo correspondiente al  $F_{45\%}$  es similar a la obtenida bajo una estrategia de captura basado en mantener el SSB en  $B_{40\%}$ . Esta conclusión fue discutida y acordada en el segundo taller (IFOP, 2014). De acuerdo con el tratamiento de los puntos de referencia objetivos, el grupo decidió establecer  $F_{LIM}$  a la tasa de mortalidad por pesca en que la biomasa de equilibrio es  $B_{LIM}$ , entonces de  $B_{LIM} = B_{20\%}$ , se obtiene que  $F_{LIM} = F_{B20\%}$ .

Al igual que con  $F_{B40\%}$ , el valor del  $F_{B20\%}$  depende de la pendiente de la relación stock-recluta, la cual es desconocida para la gran mayoría de los stocks. El panel central izquierdo de la **Figura 1** muestra el equilibrio relativo de la biomasa reproductora ( $pS = S / S_0$ ) como una función de la pendiente típica del historial en peces bentónicos y una serie de puntos de referencia objetivos de mortalidad por pesca, incluyendo  $F_{27\%}$  y  $F_{30\%}$ . Al considerar una pendiente con rango (0.5, 0.95), manteniendo igual peso en todos los valores de los resultados de rango en un punto medio de equilibrio SSB de  $B_{18\%}$  en  $F_{27\%}$  y  $B_{21\%}$  en  $F_{30\%}$ . Cuando los valores de equilibrio SSB se ponderan por la distribución de probabilidad de la pendiente de Shertzer y Conn (2012), los promedios son  $B_{19\%}$  en  $F_{27\%}$  y  $B_{23\%}$  en  $F_{30\%}$ .

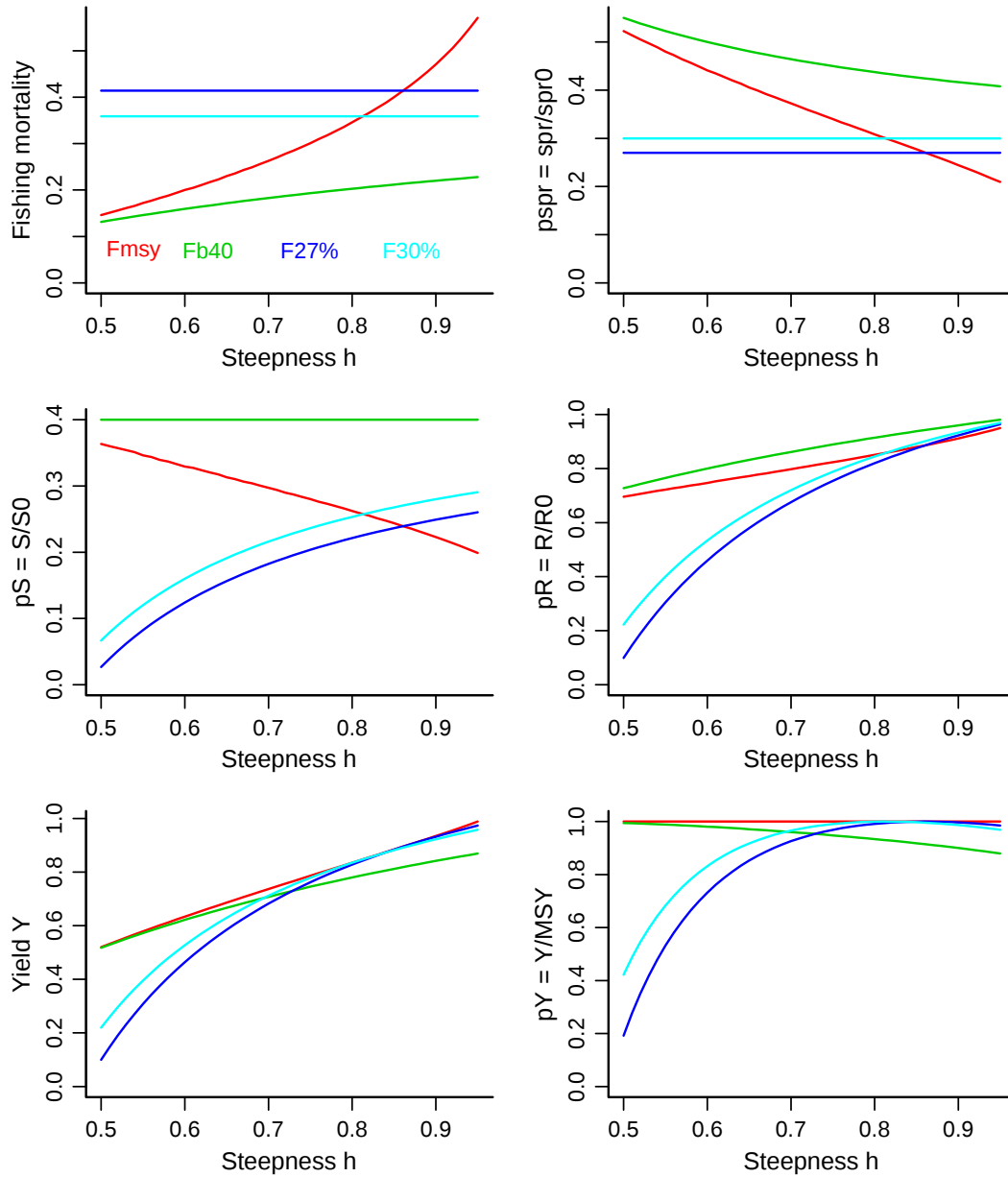


Un método diferente para llegar a  $F_{B20\%}$  consistió en extraer muestras de inclinación de la distribución Shertzer-Conn (2012) y calcular los valores correspondientes de  $F_{B20\%}$  para obtener una muestra grande de los valores de  $F_{B20}$ . Los valores de inclinación extraídos de la distribución Shertzer-Conn (2012) fueron truncados a estar por encima de 0,5 y por debajo de 0,95, esto, en base a la recomendación anterior sobre un rango plausible de inclinación (**Figura 2**). La media de la muestra de valores de  $F_{B20\%}$  se produjo a  $F_{27\%}$  (**Figura 3**).

El Taller tuvo una extensa discusión para el caso de adoptar  $F_{27\%}$  o  $F_{30\%}$  como proxy para  $F_{B20\%}$ . Cabe señalar que el objetivo es obtener un equilibrio SSB que aproxima a  $B_{20\%}$  para un amplio rango de valores de inclinación. En favor de  $F_{27\%}$  se tiene que, es el mejor punto de estimación en general cuando el resultado promedio se calcula utilizando las probabilidades de inclinación Shertzer-Conn (2012). En cambio  $F_{30\%}$  es una mejor estimación cuando se calcula un promedio no ponderado (es decir, cuando todos los valores de inclinación se les asigna el mismo peso), es un número redondo, y no reduce las poblaciones menos resistentes a cerca de cero como lo haría  $F_{27\%}$  (véase el panel central izquierda de la **Figura 1**). Como una cuestión práctica no hay razón fuerte para preferir uno sobre el otro. Al final, el grupo optó por  $F_{30\%}$ .

Para los stocks en donde se ha estimado  $F_{RMS}$ ,  $F_{LIM}$  corresponde a la tasa de mortalidad por pesca en donde la biomasa reproductora de equilibrio es  $B_{RMS} / 2$ . Para estimar  $F_{RMS}$  se requiere conocer (o suponer) un valor de pendiente; por lo tanto,  $F_{LIM}$  se puede calcular exactamente (no se necesita aproximación).

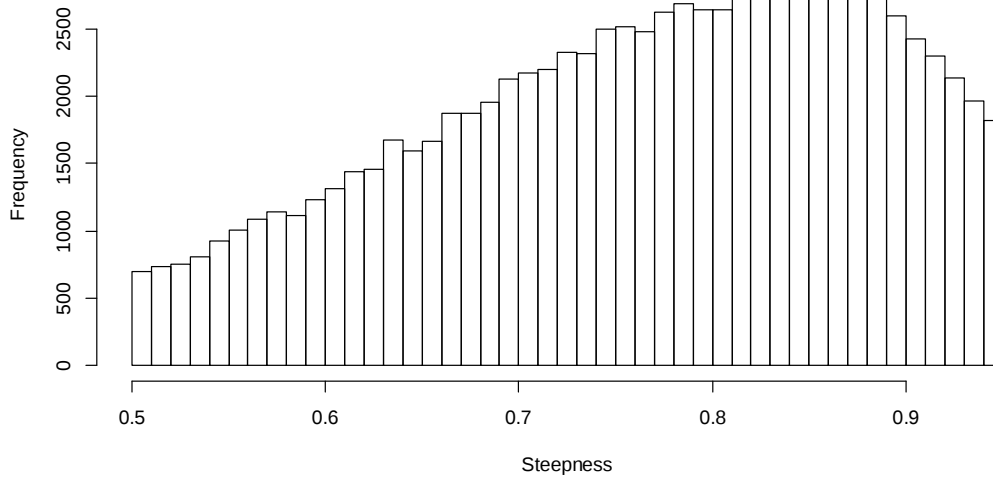
Hasta ahora la discusión se refiere principalmente a los stocks en el Tier 1 (para lo cual hay un modelo de evaluación estructurado de edad o talla y, por lo tanto, una consideración explícita de reclutamiento). En el Tier 2 y Tier 3 los stocks que utilizan un modelo de dinámica de biomasa, los puntos de referencia derivados es directa, es decir, en el modelo de Schaeffer  $B_{RMS} = K / 2$ ,  $F_{RMS} = r / 2$ ,  $B_{LIM} = B_{RMS} / 2$ , y  $F_{LIM} = 1.5F_{MSY}$ .



**Figura 1.** Rendimiento de diversas tasas de mortalidad por pesca objetivo en función de la inclinación (suponiendo una relación población-reclutamiento de Beverton-Holt). En particular, el panel central de la izquierda muestra la biomasa reproductora relativa en función de la inclinación de  $F_{27\%}$  y  $F_{30\%}$ .

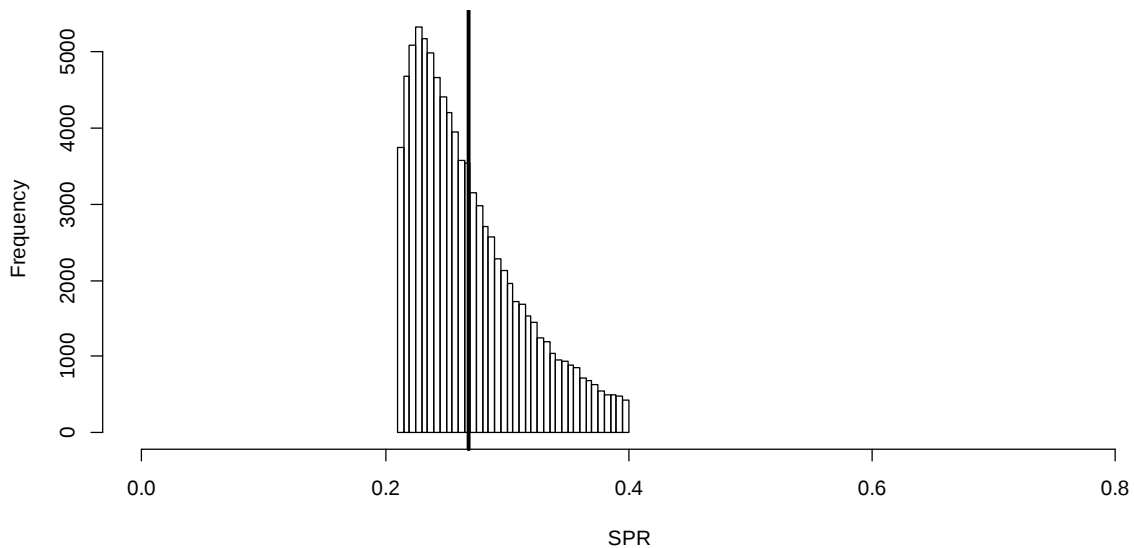


**Steepness prior (Shertzer and Conn, 2012),  $\text{beta}(5.94, 1.97)$ , truncated  $0.5 < h < 0.95$**



**Figura 2.** Distribución Shertzer-Conn (2012) truncado de inclinación 0,5-0,95.

**SPR at B20% for Beverton-Holt SRR**



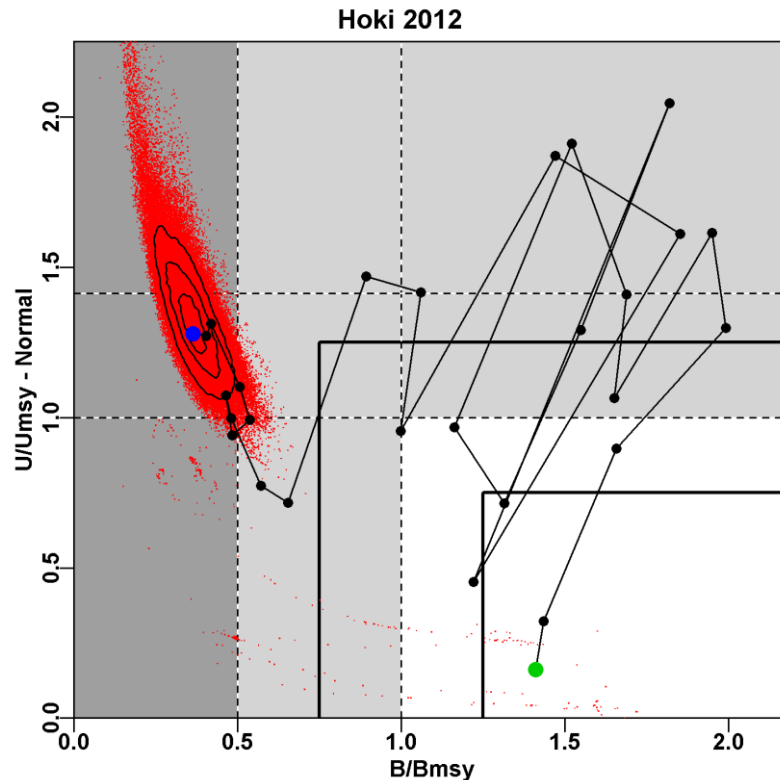
**Figura 3.** Distribución de SPR correspondiente al  $B_{20\%}$ , a partir de simulaciones. La línea vertical continua indica la media de la distribución ( $= 0,269$ ).



## Estimación de la incertidumbre

Las estimaciones de las cantidades elegidas como puntos de referencia biológicos son calculadas en parte de los resultados de evaluación de stocks (por ejemplo, las estimaciones de reclutamiento y selectividad) y en parte de la información fuera de la evaluación (mortalidad natural, tiempos de madurez y crecimiento, que son en la mayoría de los casos tratados como datos de entrada fijos en la evaluación del stock). Todos estos valores contienen incertidumbre (error estadístico), lo que significa que las estimaciones de los puntos de referencia también contienen incertidumbre, la cual necesita ser estimada y mostrada junto con los valores de los puntos. Un objetivo importante es el de estimar la incertidumbre asociada con el par  $(F_T / F_{RMS}, SSB_T / B_{RMS})$ , donde  $F_T$  y  $SSB_T$  denotan las estimaciones de  $F$  y  $SSB$  en el año de evaluación final. Un tratamiento adecuado de la incertidumbre en las estimaciones de los puntos de referencia, junto con la incertidumbre en las estimaciones de la actual condición del stock (mortalidad por pesca y la biomasa reproductora) en relación a los puntos de referencia objetivos, requiere que la evaluación de la población sea configurada para ese propósito. Pocas de las evaluaciones chilenas están en la actualidad configuradas de esta manera (a pesar de que debería ser posible modificar el código de evaluación de la población para hacer esto), por lo que para efectos de este taller, se decidió presentar sólo la incertidumbre de la actual condición del stock en relación con los valores (estimadores) puntuales de los puntos de referencia; en otras palabras, durante el taller, se calculó la incertidumbre en  $(F_T / F_{RMS}, SSB_T / B_{RMS})$  suponiendo valores fijos de  $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$ , mientras que la incertidumbre en  $(F_T, SSB_T)$  se obtuvo como una salida de la evaluación del stock. Si bien esto es una simplificación, su impacto no será demasiado grande: muchas de las evaluaciones de stocks suponen como fijos un  $M$  conocido, tiempo de madurez y crecimiento, y estiman una selectividad constante a través de los años (lo que implica que la incertidumbre en la selectividad, según las estimaciones de la evaluación de la población, es por lo general pequeña). Teniendo en cuenta este tipo de supuestos, la incertidumbre en torno a la  $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$ , o aproximados, según las estimaciones de la evaluación del stock, en muchos casos, es probable que sea pequeña. No obstante, esto es, por supuesto, en casos específicos, y la mejor manera de avanzar sería configurar el código de modelo de evaluación de manera que  $F_{RMS}$ ,  $B_{RMS}$ ,  $F_T / F_{RMS}$  y  $SSB_T / B_{RMS}$  sean salidas directas.

La variación de las cantidades estimadas en una evaluación de la población se estima por lo general mediante la inversión de la matriz Hessiana en el punto de máxima verosimilitud. El método inverso Hessiano se basa en una aproximación normal, y en la mayoría de los casos proporciona una caracterización útil de la incertidumbre. Un método alternativo usando MCMC se basa en la distribución posterior y tiene varias ventajas, aunque la verificación de convergencia de la cadena MCMC puede ser difícil. A diferencia del método de Hessiano inverso, el MCMC no se limita a los contornos elípticos para la forma de cualquier distribución bi-variente [e.g.  $(F_T, SSB_T)$  o  $(\ln(F_T), SSB_T)$ ], y puede producir salidas más realistas y mejores aproximaciones a la probabilidad de que, por ejemplo,  $(F_T / F_{RMS}, SSB_T / B_{RMS})$  se encuentre en una región determinada en un diagrama de fase. Para el informe del taller, las estimaciones MCMC se presentan como un ejemplo para el único stock Tier 1 (merluza de cola) y para los que se dispone actualmente (**Figura 4**), en todos los demás casos de data-ricos, sólo los intervalos de confianza asintóticos fueron incluidos.



**Figura 4.** Ejemplo de diagrama de fase para la merluza de cola mostrando muestras MCMC de  $F$  y  $SSB$  en el año de evaluación final (2012). Las líneas de contorno indican los percentiles 0.2, 0.5, 0.8 de la distribución bivariadas de  $U / U_{MSY}$  (tasas de captura anuales) y  $SSB / B_{RMS}$  en el año más reciente.

### Diagrama de fase

Un diagrama de fase (o diagrama de estatus del stock) es una representación gráfica que resume la situación del stock actual e histórico. Es una trayectoria de dos dimensiones de la biomasa reproductora y la mortalidad por pesca en el tiempo. El stock de biomasa y las estimaciones de mortalidad por pesca de la evaluación del stock se utilizan para calcular, para cada año, la relación de  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$ . Estas estimaciones posteriormente se trazan, y los puntos de referencia biológicos se muestran como líneas horizontales y verticales localizadas en 1.

Para la evaluación de stock con selectividad variable en el tiempo, el taller consideró apropiado visualizar  $F/F_{RMS}$  en los diagramas de fase basado en valores  $F_{RMS}$ -año específico, en el que el  $F_{RMS}$  en un año determinado corresponde con el patrón de selectividad de ese año. En unos pocos casos  $B_{RMS}$  es específica del año. Esto ocurre con la selectividad variable en el tiempo cuando el  $B_{RMS}$  real (basado en una relación stock-recluta) se utiliza como el punto de referencia de la biomasa en lugar



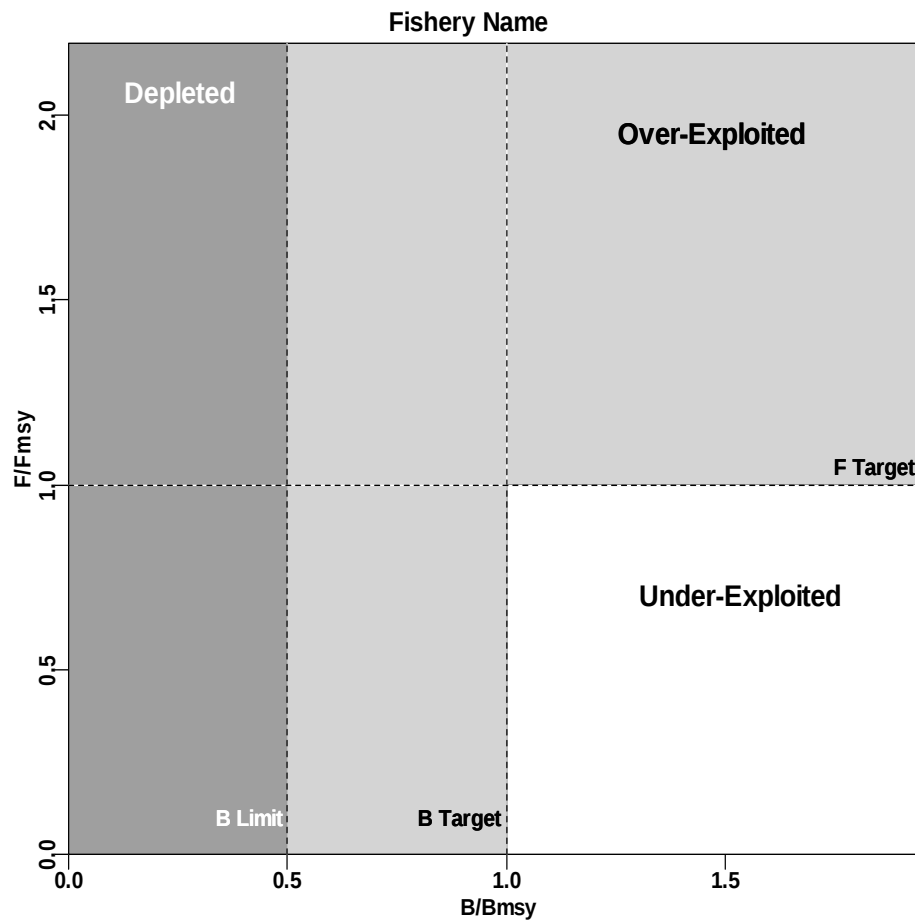
de utilizar un proxy constante para  $B_{RMS}$ ; también puede ocurrir cuando se considera un  $B_0$  dinámico. Cuando  $B_{RMS}$  es específica del año, el taller consideró que se debía mostrar  $SSB/B_{RMS}$  en base a los valores anuales de  $B_{RMS}$ . El jurel es un ejemplo de ello (véase la sección pelágicos más adelante en este informe). Cuando  $F_{RMS}$  y/o  $B_{RMS}$  son año-específico, lo mismo sucede con  $F_{LIM}/F_{RMS}$  y  $B_{LIM}/B_{RMS}$ . Cuando este es el caso, se optó por calcular estas relaciones para cada año y luego tomar el promedio (de las relaciones) sobre los años y mostrar la media simple como una línea (horizontal o vertical) en el diagrama de fase.

Si bien se muestra el período histórico completo incluido en la evaluación de stock, el enfoque principal del diagrama es el estado en el año en curso. En consecuencia, la incertidumbre en la biomasa del stock y la mortalidad por pesca se muestra sólo para el año más reciente.

La ubicación de los puntos de referencia y las zonas definidas en el diagrama de fase se visualizan en la **Figura 5**. Las líneas verticales indican los puntos de referencia  $B_{RMS}$  y  $B_{LIM}$ . La línea horizontal muestra el punto de referencia  $F_{RMS}$ . La zona blanca es donde el estado de la pesquería se define como subexplotado, el área sombreada de color gris claro sobreexplotado, y el área sombreada de color gris oscuro empobrecido (agotado o colapsado), de acuerdo con la Ley de Pesca (**Tabla 1**).

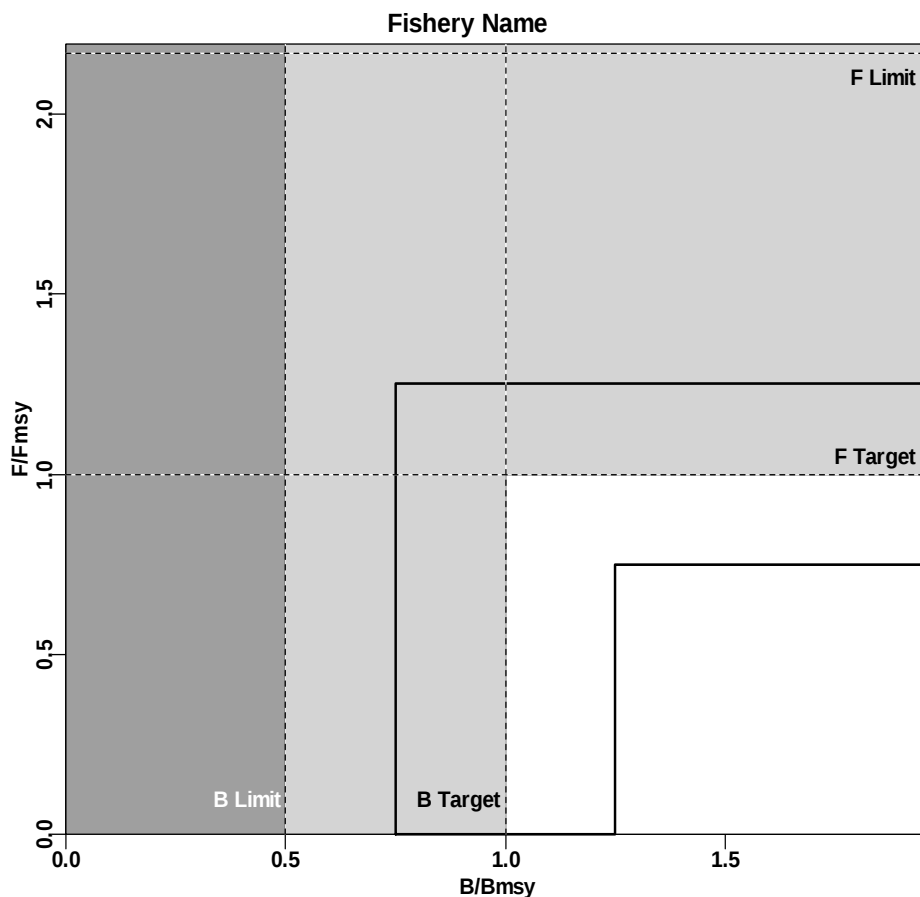
**Tabla 1.** Definiciones de estado de la pesca de acuerdo con la Ley de Pesca chilena. Reproducido de IFOP\_BRP2013: DOC 2, página 7.

| Estado de la pesquería  | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Subexplotado            | Nivel en el que el punto biológico actual o real es más alto, en el caso en que se considera los criterios de biomasa, o inferior en el caso de que sean considerados los criterios de la tasa de explotación de la mortalidad por pesca, que el valor esperado del rendimiento máximo sostenible, y en relación con lo que potencialmente se puede obtener un mayor rendimiento.                                 |
| Completamente explotado | Nivel en el que el punto biológico ha alcanzado o está entorno a su máximo rendimiento sostenido.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sobreexplotado          | Nivel en el que el punto biológico actual o real está por debajo, en el caso que se considera los criterios de biomasa, o superior, en el caso en que el criterio del tipo de explotación o la mortalidad por pesca, que el valor esperado del rendimiento máximo sostenible, que no es sostenida en el largo plazo, y no tiene el potencial para un mayor rendimiento, y con el riesgo de agotamiento o colapso. |
| Agotado o Colapsado     | Una pesquería en la que la biomasa de los stocks está bajo la biomasa apropiada al punto límite biológico establecido para la pesquería, que es incapaz de ser sostenible y cuyas capturas están muy por debajo de su nivel histórico, independiente del esfuerzo pesquero aplicado.                                                                                                                              |



**Figura 5.** Estructura del diagrama de fase. El cociente de biomasa anual ( $SSB / B_{RMS}$ ) se representa en el eje horizontal y la tasa de mortalidad por pesca anual ( $F / F_{RMS}$ ) se representa en el eje vertical. Las líneas verticales indican los puntos de referencia de  $B_{RMS}$  (B objetivo) y  $B_{LIM}$ . La línea horizontal muestra el punto de referencia  $F_{RMS}$  (F objetivo). La zona blanca es donde se define el estado de la pesca como subexplotado, el área sombreada de color gris claro se refiere a sobreexplotadas, y el área sombreada de color gris oscuro se define como agotado o colapsado.

El estado de la pesquería en plena explotación se define en la Ley de Pesca como "un nivel en el que el punto biológico ha alcanzado o está entorno a su máximo rendimiento sostenido". Debido a la variabilidad natural en las condiciones ecológicas y ambientales, un stock capturado en  $F_{RMS}$  no será estático, y fluctuará alrededor de  $B_{RMS}$ . Para reconocer esta variabilidad, se adopta una definición operativa para la región de plena explotación la cual se extiende a ambos lados de los puntos de referencia de RMS (**Figura 6**).



**Figura 6.** Estructura de diagrama de fase que muestra la definición operativa de la región en plena explotación, que es la región dentro de las líneas continuas en ambos lados del F objetivo ( $F_{RMS}$ ) y B objetivo ( $B_{RMS}$ ). En este ejemplo, el límite inferior de la región de la biomasa plenamente explotada se encuentra a medio camino entre la B objetivo ( $B_{RMS}$ ) y B Límite ( $B_{LIM}$ ), y la región es simétrica alrededor de  $B_{RMS}$ ; en términos de F, la región está entre  $0,75 \times 1,25 \times F_{RMS}$  y  $F_{RMS}$ . Una línea horizontal se ha añadido para indicar el límite F.

La región plenamente explotada (o plena explotación) fue ampliamente debatida durante el taller. Una vista general del grupo es que, idealmente, sería stock- específico y tomaría en cuenta la variabilidad natural del stock (debido a las características biológicas y ambientales) y la incertidumbre de la evaluación. Normalmente no tendrá la misma anchura en la dirección F que en la dirección SSB, porque el SSB está sujeto a variabilidad natural (en el reclutamiento y otros parámetros biológicos) y F no (aunque la variabilidad natural también puede hacer que el actual F difiera del F destinado en un pronóstico a corto plazo); es fácil imaginar que las especies de vida corta, en las que la biomasa del stock está estrechamente vinculada (muy variables), el reclutamiento normalmente varía a través de una región más amplia en torno al valor central de  $B_{RMS}$  que las especies de vida más larga en donde se esperaría menos variabilidad en SSB. También se observó que estando "cercano al RMS"

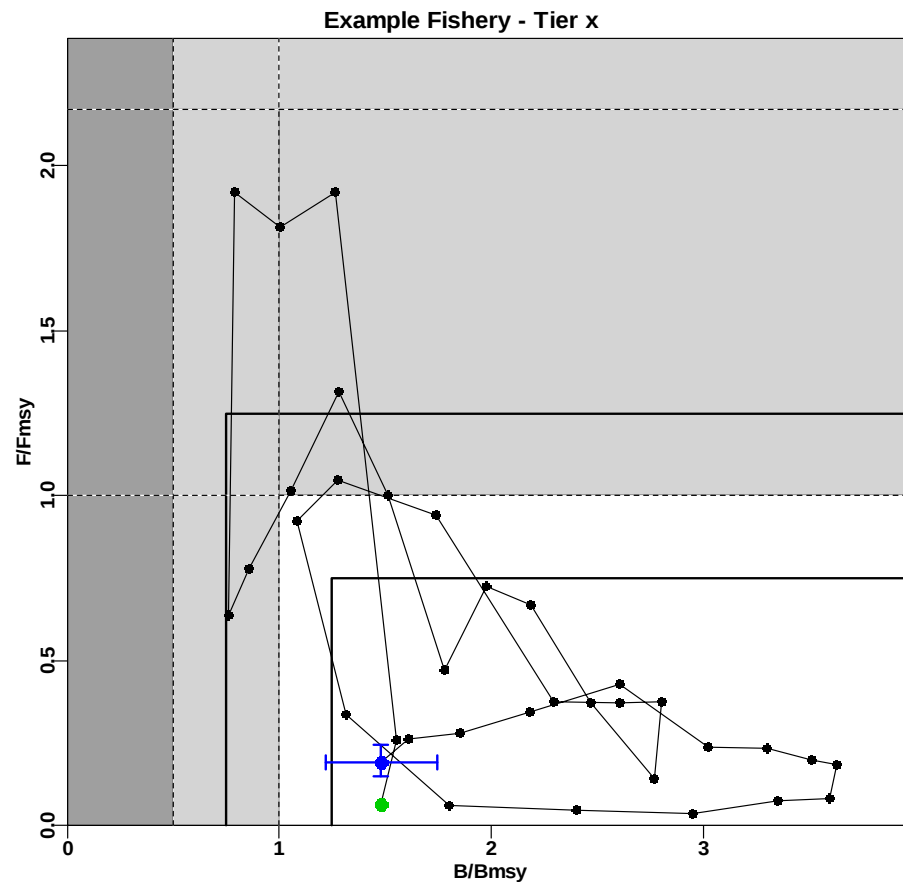


(por ejemplo, en la región en la que al menos el 90% o el 95% de equilibrio RMS se puede lograr) podría ser otro posible criterio a tener en cuenta al definir la región en plena explotación. Sin embargo, este concepto sería más fácil de implementar cuando el FRMS real y los valores de  $B_{RMS}$  (calculado en base a una relación específica de stock-reclutamiento) son utilizados que cuando estos puntos de referencia se definen basándose en proxies robustos (como se ha propuesto para muchos stocks chilenas).

Si bien el grupo fue capaz de identificar los factores que deben tenerse en cuenta al definir una región en plena explotación, para proponer una definición técnica defendible apropiado para cada población es necesario más trabajo de análisis. Este trabajo adicional podría tomar la forma de experimentos de simulación en donde se evalúen los factores que subyacen a la variabilidad en el tamaño del stock, tales como la mortalidad natural, la edad de madurez, variabilidad en los recluta y la auto correlación en el reclutamiento. Además, el análisis podría tener en cuenta la evaluación de la incertidumbre, y, en principio, cualquier otro tipo de incertidumbre que se considere importante.

Los diagramas de fase en este informe utilizan una región en plena explotación que para  $F$  va de  $0,75 \times F_{RMS}$  a  $1,25 \times F_{RMS}$ , para  $SSB$  va de  $B_{RMS}$  a el punto medio entre  $B_{RMS}$  y  $B_{LIM}$  y es entonces simétrico alrededor de  $B_{RMS}$  (como se ilustra en Figura 6). El propósito de estos ejemplos fue escoger una región en plena explotación razonable para el grupo, pero no se recomienda que estos rangos sean adoptados por el comité científico técnico sin antes discutirlo e idealmente con un trabajo adicional de análisis. La **Figura 7** muestra un ejemplo de diagrama de fase.

La incertidumbre en la condición de la población en relación con los puntos de referencia se muestra en el diagrama de fase sólo para el año más reciente. Idealmente, el cálculo de la incertidumbre y la visualización correspondiente dentro del diagrama se basa en muestras MCMC de la distribución posterior. Una alternativa adecuada cuando las muestras MCMC no están disponibles es mostrar intervalos (que contengan 80% de probabilidad) para  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$  por separado (sin tomar en cuenta cualquier correlación entre las estimaciones de estas cantidades). El resultado de esto es la cruz azul mostrada en la **Figura 7**, utilizada en la mayoría de los diagramas de stocks en las siguientes secciones. El punto medio de la cruz corresponde a la estimación de un solo punto y es la mediana (es decir, 50% de probabilidad en cada lado) de las distribuciones de  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$ . El taller consideró que es más adecuado hacer los gráficos de fase en términos relativos: i.e.  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$ , en lugar de trazar el diagrama basado en los valores absolutos de  $F$ ,  $SSB$ ,  $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$ . Los valores absolutos son estimaciones a partir de las evaluaciones de stocks y, como tales, están sujetos a incertidumbre/error de estimación. Por lo general, las estimaciones de los coeficientes de  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$  son más robustos y cambiarán menos cuando se lleva a cabo una nueva evaluación de las estimaciones de  $F$ ,  $SSB$ ,  $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$ . Además, la relación de  $F / F_{RMS}$  y  $SSB / B_{RMS}$ , son las cantidades clave para capturar el estado del stock en relación con los puntos de referencia.



**Figura 7.** Ejemplo de diagrama de fase, con una trayectoria estimada del stock. El punto verde indica el primer año en el período evaluado. El año más reciente (el último año en la evaluación) se indica a través del punto azul, y los puntos negros vinculados indican sucesivos años intermedios. Las líneas azules corresponden a los intervalos con un 80% de probabilidad (dejando fuera a 10% de probabilidad a cada lado) para  $F/F_{RMS}$  y  $SSB/B_{RMS}$  en el último año. Esta población se estima actualmente como subexplotada, con una biomasa por encima de  $B_{RMS}$  y la mortalidad por pesca muy por debajo de  $F_{RMS}$ . La mortalidad por pesca excedió  $F_{RMS}$  y/o  $SSB$  se encuentra por debajo de  $B_{RMS}$ , por lo que en los años 3-10 y 21 la población tenía un estatus de sobreexplotado, pero sólo superó la región de Plena Explotación en los años 3-5 y 9. La población nunca ha estado en la región agotada.

Al igual que en el caso de los puntos de referencia biológicos, se espera ocurran cambios en los gráficos de fase que aquí se presentan para los stock chilenos cuando se tenga a lugar nuevas evaluaciones de stocks; esto es porque la nueva evaluación cambiará (en un grado mayor o menor) los valores utilizados para construir el diagrama. Es probable que los métodos persistan en la mayoría de los casos, pero las cifras reales cambiarán. Además, es muy conveniente que se realice un examen



cuidadoso de estos gráficos de fase por parte de expertos en evaluación de stock chilenas antes de hacer uso de ellos en un contexto práctico.

## Reglas de Control de captura

En muchas jurisdicciones, los diagramas de fase se utilizan en asociación con las reglas de control de captura. Un diagrama de fase sólo muestra el registro histórico de la mortalidad por pesca y la abundancia relativa de los puntos de referencia hasta el año pasado en la evaluación, y no indica cómo el stock debe ser gestionado en el futuro. Este es el propósito de las reglas de control de captura, que son un elemento necesario de cualquier sistema para la gestión sostenible de las poblaciones de peces. Aunque estas reglas no fueron consideradas como parte de los trabajos de este taller, el grupo quisiera, destacar su importancia en la gestión de los recursos pesqueros en virtud de la Ley de Pesca de Chile. Las reglas de control de la captura son un conjunto predefinido de acciones de gestión utilizadas en respuesta a los cambios en el estado del stock con respecto al punto objetivo y puntos de referencia límite. Hay varios tipos de reglas de control de captura utilizados en distintos países, pero la variedad más simple impone una tasa de mortalidad por pesca constante por sobre un nivel de biomasa (desovante), y reduce la mortalidad por pesca de forma lineal por debajo de ese umbral (por ejemplo, se utilizan en Australia, a menudo en Europa, y por algunos consejos regionales en los Estados Unidos). Las reglas de control de la captura pueden formar una parte importante de la estrategia de gestión y su desarrollo en el contexto chileno sería un paso natural.

## Stocks pelágicos - anchoveta y sardina

En el segundo taller (IFOP, 2014) se llegó a la conclusión de que no hay base científica para hacer una recomendación firme con respecto a la elección del método más adecuado para la selección de un punto de referencia  $F_{RMS}$  (o proxy) para especies de vida corta. Se observó que los valores adecuados probablemente estén en el rango  $F_{60\%}$  a  $F_{45\%}$  (donde  $F_{x\%}$  denota el valor de  $F$  que corresponde a  $x\%$  SPR), y que las opciones específicas de los stocks pueden depender del nivel de incertidumbre (sobre la biología del stock y la dinámica, la evaluación de stocks, datos, etc.), del valor atribuido a los servicios de los ecosistemas, el nivel de los gestores de riesgos y lo que la sociedad desee asumir. Hubo una discusión detallada de los problemas relevantes en los "stocks pelágicos" del segundo informe del taller (IFOP, 2014). En resumen, los principales temas tratados fueron: la fuerte sensibilidad de los valores de  $F_{45\%}$  y  $F_{60\%}$  en la posición relativa y la distancia entre las curvas de selectividad de madurez y de la pesca (y, por lo tanto, el impacto de la incertidumbre o sesgos en las estimaciones de estas curvas) ; y el hecho de que estas especies son de vida corta y, esencialmente, sólo tienen dos clases anuales en la población en cualquier punto en el tiempo, lo que significa que, por ejemplo, dos reclutamientos pobres consecutivos podrían tener un fuerte impacto negativo en la población. Debido a esta alta dependencia del reclutamiento (que también está altamente influenciada por las condiciones ambientales) y su papel como especies forrajeras en el ecosistema, las especies de vida corta a menudo son manejados en otras jurisdicciones con un objetivo principal de garantizar que una biomasa de escape permanezca siempre en el mar y, una vez que se asegura eso, permitir que una fracción del "exceso de biomasa" sea capturado por la pesquería. Estas estrategias de gestión también se consideran a menudo estar en línea con el concepto de RMS, en el



sentido de que tienen por objetivo proporcionar rendimientos altos y sostenibles durante largos períodos de tiempo, en vez de adaptar el concepto de RMS a un formato que sea apropiado para la biología de especies de vida corta. Los participantes del taller consideraron que estas estrategias también podrían ser útiles en el contexto chileno y se sugirió tenerlas en cuenta en los próximos años. Tal exploración podría incluir análisis de evaluación de estrategias de administración, es decir, una simulación para probar el rendimiento de cualquier norma de control de capturas propuesto en términos de la sostenibilidad de los recursos y otros aspectos relacionados con el desempeño de las pesquerías.

En el Tercer Taller (agosto de 2014), se pidió al grupo de trabajo de stocks pelágicas hacer una propuesta (en el rango  $F_{60\%}$  a  $F_{45\%}$  indicado en el segundo taller) que podría servir como un valor de trabajo para el punto de referencia proxy de  $F_{RMS}$ . Se consideró que haciendo una propuesta de este tipo, a pesar de las dificultades observadas en el segundo taller, sería muy útil para avanzar con el uso de puntos biológicos de referencia RMS en esta etapa. También se señaló que la ley chilena permite la posibilidad de revisar los puntos de referencia dentro de unos años, por lo que habrá oportunidades para mejorar en esto como conocimiento y experiencia práctica con el nuevo sistema de gestión por desarrollar.

El grupo de trabajo de stocks pelágicos, por tanto, re-examinó el caso para ponerse de acuerdo sobre una propuesta adecuada de  $F_x\%$ . Esto implicó varias discusiones, donde los científicos internacionales, científicos locales y otros participantes intercambiaron conocimientos y puntos de vista. Se concluyó que, para una pesquería de reciente desarrollo o reciente, que todavía no ha tenido la oportunidad de acumular una cantidad importante de información, el uso de un  $F_{60\%}$  más cautelosa sería apropiado. El uso de un  $F$  mayor (i.e. un valor  $\%SPR$  inferior) se debe basar en tener un cuerpo más importante de información y tendría que ser justificada, por ejemplo, tomando en cuenta cómo un stock se ha desarrollado con el tiempo en las intensidades de pesca a las que ha sido objeto. El análisis más adecuado sería un estudio de simulación de pruebas cuidadosamente diseñado para evaluar los riesgos que el recurso caiga por debajo de los puntos de referencia biológicos bajo diferentes estrategias de pesca, pero esto es una tarea mucho más grande de lo que era posible durante el taller, y tendría que estar estrechamente vinculado a cómo se utilizarán los puntos de referencia en la administración (i.e. la norma de control de la captura para ser utilizado en la administración, la cual no fue definida en el taller o considerada como parte de las tareas del taller).

El informe del Segundo Taller comentó sobre los valores de  $F$  históricamente experimentados por los stocks, y la dinámica de los stocks observados. La **Tabla 2** (también presentada en el segundo taller) entrega los valores históricos de la mediana de  $F$  (segunda columna de la derecha), según las estimaciones de las evaluaciones de stocks; En otras palabras, se estima que  $F$  ha estado históricamente el 50% del tiempo debajo y por encima de los valores de esa columna. La columna más a la derecha de la Tabla 3 entrega el  $\%SPR$  correspondiente a la mediana histórica  $F$ .



**Tabla 2.**  $F_{45\%}$  y  $F_{60\%}$  bajo dos supuestos de selectividad diferentes (el caso base y una prueba de sensibilidad), mediana histórica  $F$  (según las estimaciones de la evaluación de stock), y %SPR que corresponde a la mediana histórica  $F$ . Las cuatro primeras columnas son de la Tabla 3 del informe del segundo taller (con una pequeña corrección en el valor de  $F_{60\%}$  del caso base para la sardina del sur).

|                                                                     | Selectividad de evaluación<br>(Caso Base) |            | Selectividad = Madurez<br>(Prueba de sensibilidad) |            | Mediana histórica $F$ | % SPR en mediana $F$ histórica |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------|------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                                                     | $F_{45\%}$                                | $F_{60\%}$ | $F_{45\%}$                                         | $F_{60\%}$ |                       |                                |
| <b>Anchoveta XV-II</b><br><i>Los valores en la escala semestral</i> | 1.23                                      | 0.5        | 0.47                                               | 0.26       | 0.82                  | 51                             |
| <b>Anchoveta III-IV</b><br><i>Basado en longitud</i>                | 0.92                                      | 0.54       | 0.85                                               | 0.5        | 0.63                  | 56                             |
| <b>Anchoveta V-X</b>                                                | 0.84                                      | 0.44       | 0.46                                               | 0.26       | 1.32                  | 35                             |
| <b>Sardina Común V-X</b>                                            | 0.57                                      | 0.34       | 1.45                                               | 0.72       | 0.32                  | 62                             |
| <b>Sardina austral X</b><br><i>Basado en longitud</i>               | 0.6                                       | 0.35       | 0.59                                               | 0.35       | 0.35                  | 60                             |

Se estima que los dos stocks de sardina se han capturado históricamente muy cerca de  $F_{60\%}$ ; la sardina común V- X ha tenido muy buenos reclutamientos y una tendencia al aumento de la biomasa durante la última década, mientras que la sardina austral X tiene una historia muy corta de la explotación y la evaluación del stock sólo se inicia en 2006, por lo que la cantidad de información disponible es aún pequeña. El stock de la anchoveta en XV-II ha sido explotado históricamente en torno al  $F_{50\%}$  y ha habido una cierta disminución en la abundancia del stock en los últimos 10 años (este stock se discutirá en detalle más adelante), mientras que el stock de la anchoveta III-IV ha sido explotado en torno  $F_{55\%}$  y el reclutamiento del stock y la biomasa han sido bastante estables. Para la anchoveta V-X, la mediana  $F$  histórica corresponde al 35% SPR, un valor SPR% considerablemente inferior a la de los otros stocks; los niveles de reclutamiento y biomasa de este stock han sido muy bajo en los últimos cinco años.

Basándose en esta información, se sugirió primero que  $F_{55\%}$  podría ser en la actualidad, una aproximación razonable para el punto de referencia de proxy  $F_{RMS}$  para todos estos stock. La única excepción fue el stock de sardina austral X, para el cual fue sugerido un  $F_{60\%}$ , basado en la corta



historia de la pesquería (menor información disponible), y las características biológicas de la población (por ejemplo, una talla de primera madurez comparativamente mayor y una fecundidad baja, se espera que resulten en una menor productividad).

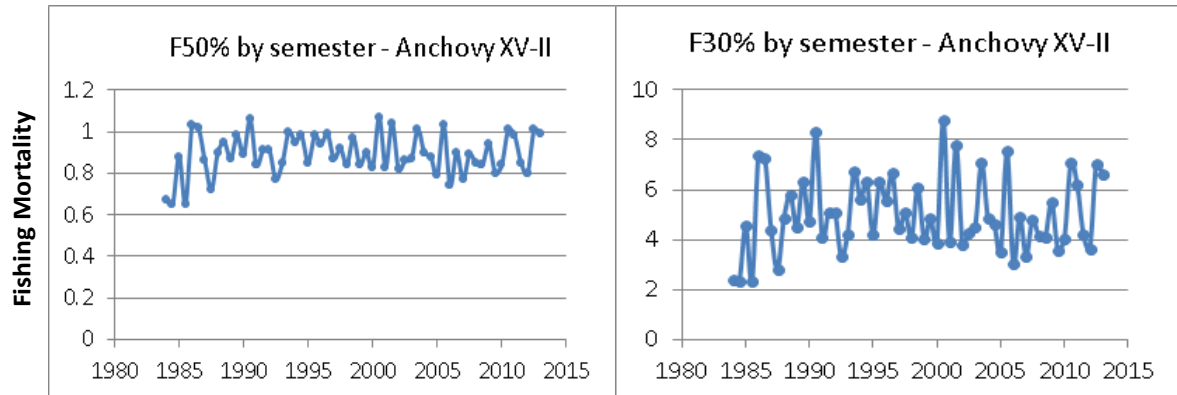
Sin embargo, después de esta primera propuesta, se planteó la cuestión de que, a menos que hubiera información clara o argumentos que indiquen que un enfoque alternativo sería mejor, mantener la mortalidad por pesca cercano a lo que se ha producido en el pasado crearía menos interrupciones en la administración y operación de pesca en todos los stocks. Esto llevaría a proponer valores de %SPR cercanos a los de la última columna de la **Tabla 3** (con la excepción de la anchoveta V-X, en donde el %SPR histórico es considerablemente inferior a la de las demás stocks y, como se indicó anteriormente, el reclutamiento y biomasa de la población han sido muy bajos en los últimos 5 años. por lo tanto, un valor %SPR mayor debe ser utilizado para el punto de referencia de este stock). La mayoría de los participantes del taller consideraron esto como un avance apropiado, por lo tanto, durante el taller se generó la propuesta en la **Tabla 3**. Se observa que todos los valores de %SPR en la **Tabla 3** están dentro del rango 50%SPR a 60%SPR y, por tanto, dentro del rango de 45% a 60% identificado como factible en el segundo taller.

De los stocks en la **Tabla 3**, la anchoveta en XV-II, es la única en donde se supone una selectividad variable en el tiempo. La **Figura 8** muestra al  $F_{50\%}$  y  $F_{30\%}$  calculado para cada semestre, basado en la selectividad de ese semestre (por "semestre" se refiere a seis meses. El modelo de evaluación de esta acción tiene un paso de tiempo semestral).  $F_{50\%}$  ha variado en general, entre 0,8 y 1, mientras que  $F_{30\%}$  ha sido en su mayoría entre 3 y 7. Los valores presentados en la **Tabla 3** (0,88 y 4,62) se calcularon con una selectividad promedio aproximado proporcionado por expertos de IFOP de ese stock, y están claramente dentro del rango de valores que se muestran en la figura. Los valores de  $F_{50\%}$  y  $F_{30\%}$  por semestre serán utilizados en el diagrama de fase (como se ha explicado en la sección general sobre gráficos de fase). Sin embargo, para los pronósticos a corto plazo (i.e. para proporcionar asesoramiento en la captura) parece apropiado calcular  $F_{50\%}$  basado en la selectividad más probable que se mantenga durante el año pronosticado. En la mayoría de los casos, suele ser una selectividad media de un período reciente (3 años más recientes).



**Tabla 3.** Los puntos de referencia biológicos propuestos ( $B_{RMS}$ ,  $B_{LIM}$  y  $F_{LIM}$  se discutirán más adelante en esta sección). Notas: (1) No todos los stocks tienen la misma unidad de biomasa (para cada stock las unidades corresponden a los resultados de la evaluación del stock proporcionados por expertos de IFOP, sin embargo, las unidades son siempre consistentes dentro del stock, por lo que no existen problemas de inconsistencia); (2) Los valores de PBR se basan en los mismos resultados de la evaluación de stocks utilizados para el segundo taller y se esperarían algunos cambios en los valores al momento de desarrollar nuevas evaluaciones de stocks.

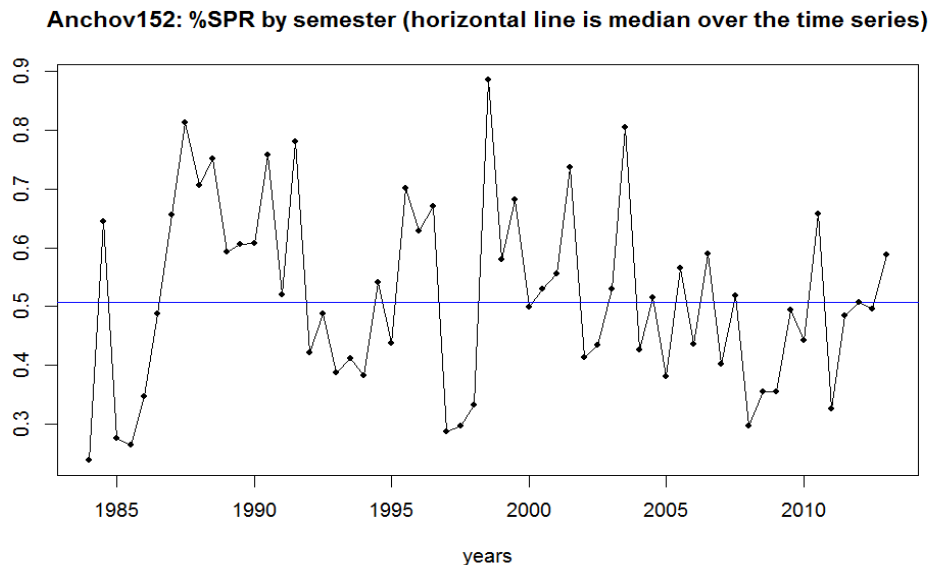
|                                                 | $F_{MSY}$<br>(proxy) |       | $B_{MSY}$<br>(proxy) | $B_{LIM}$  | $F_{LIM}$  |
|-------------------------------------------------|----------------------|-------|----------------------|------------|------------|
|                                                 | Basis                | Value |                      | $B_{20\%}$ | $F_{30\%}$ |
| <b>Anchoveta XV-II</b><br>Semestral             | $F_{50\%}$           | 0.88  | 1 850                | 820        | 4.62       |
| <b>Anchoveta III-IV</b><br>Basados en la talla  | $F_{55\%}$           | 0.66  | 210 000              | 85 000     | 1.56       |
| <b>Anchoveta V-X</b>                            | $F_{55\%}$           | 0.55  | 630 000              | 250 000    | 1.70       |
|                                                 |                      |       |                      |            |            |
| <b>Sardina común V-X</b>                        | $F_{60\%}$           | 0.34  | 750 000              | 270 000    | 0.91       |
| <b>Sardina Austral X</b><br>Basados en la talla | $F_{60\%}$           | 0.35  | 110 000              | 41 000     | 1.00       |



**Figura 8.** Anchoveta en XV-II:  $F_{50\%}$  y  $F_{30\%}$  calculado para cada semestre, basado en la selectividad de ese semestre.

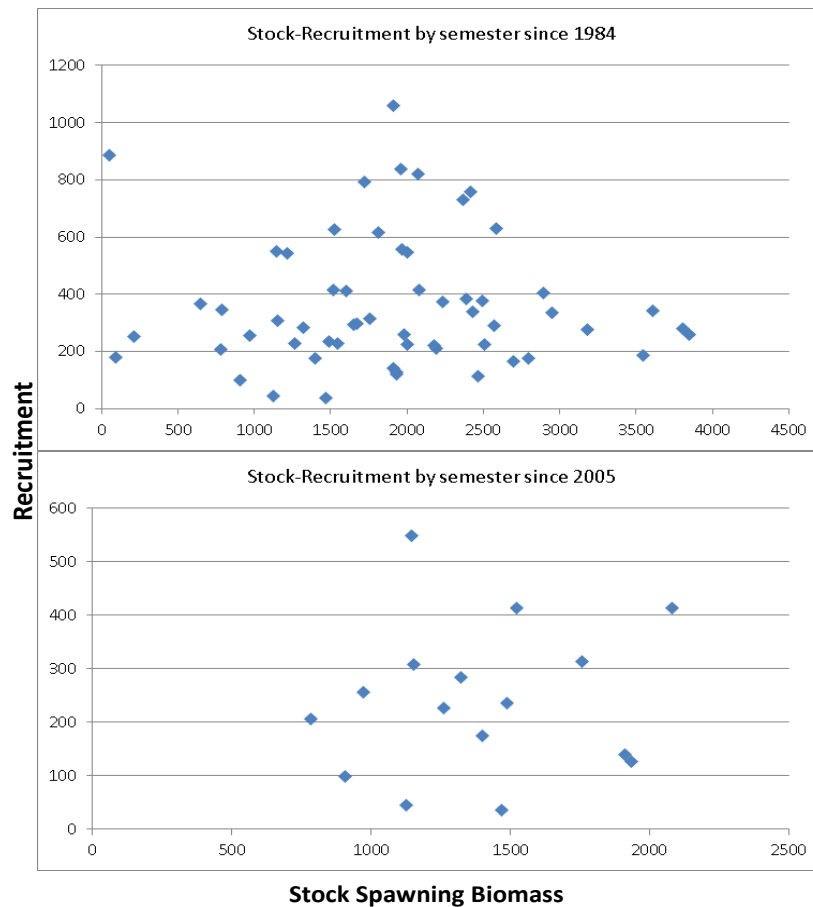


De los valores de proxy  $F_{RMS}$  propuestos en la **Tabla 3**, la elección de la anchoveta XV-II generó mayor debate, siendo el tema principal en discusión cual  $F_{50\%}$  y  $F_{55\%}$  sería más apropiado. La **Figura 9** muestra los valores de %SPR estimados (según la evaluación de stock) que correspondan con los valores de  $F$  históricamente ocurridos por semestre.



**Figura 9.** Anchoveta en XV-II: Valores de %SPR correspondientes a las  $F$ s ocurridos por semestre (según las estimaciones de la evaluación de stock); la figura utiliza el  $F$  y patrón de selección de cada semestre y calcula la %SPR a la que corresponde  $F$  (con su correspondiente patrón de selección).

La **Figura 9** muestra que, en promedio, los  $F$ s estimados para ese stock, corresponden a aproximadamente al 50% (tenga en cuenta que desde el 2005, el %SPR ha estado en su mayoría levemente por debajo del 50%, mientras que el %SPR promedio antes de 2005 era ligeramente superior a 50%). La abundancia de la población ha mostrado una cierta tendencia a la baja durante los últimos 10 años; esta disminución no es muy fuerte y podría ser el resultado de las influencias ambientales sobre el stock (no se observó una clara relación stock-reclutamiento, ver **Figura 10**). Con la información disponible, no es posible dar una respuesta bien definida para elegir entre  $F_{50\%}$  y  $F_{55\%}$  en términos estrictamente científicos, y se considera que esto es principalmente una decisión administrativa, que por un lado se entregue mayor estabilidad a la pesquería en los próximos años o bien, si se considera más relevante, incluir una precaución adicional. Una precaución adicional puede incluir cuánto se considera del rol de la especie en el ecosistema y de la alta variabilidad del stock. La elección también puede estar influenciada por la forma en que se utilizará el punto de referencia para la administración (para cualquier valor dado del punto de referencia, algunas reglas de control de las capturas serán más preventivas que otras).



**Figura 10.** Anchoveta en XV-II: SSB y estimaciones de reclutamiento de la evaluación del stock (el panel superior pertenece a toda la serie temporal utilizada en la evaluación, y el panel inferior es el reciente periodo de descenso del stock).

Como parte de la discusión del proxy  $F_{RMS}$  para el stock de anchoveta XV-II, se señaló que el crecimiento es incierto y que algunos estudios indican un crecimiento más rápido que el utilizado / estimado en la evaluación del stock (que es la base de los cálculos actuales de los puntos de referencia). Considerando que el crecimiento más rápido sugiere, en principio, una mayor productividad y, por lo tanto, que los stocks puedan ser más resistentes a la explotación pesquera que lo supuesto en la actualidad, es difícil saber cómo los diversos efectos potenciales (peso, madurez, selectividad, mortalidad natural) puedan interactuar uno con el otro. Por lo tanto, el taller no consideró oportuno adivinar/especular acerca de lo que el efecto de un crecimiento más rápido (si esto se confirma) podría causar en los puntos de referencia.



El m3todo propuesto para derivar  $B_{RMS}$  (en realidad, un proxy) proviene desde el proxy  $F_{RMS}$  elegido y las estimaciones hist3ricas de SSB y  $F$  de la evaluaci3n del stock. El m3todo fue ideado durante el segundo taller y se explica en el informe del segundo taller (IFOP, 2014). Algunos detalles t3cnicos del m3todo no se definieron completamente en el segundo taller y se completaron en el Tercer Taller. Para mayor claridad, el m3todo se repite aqu3, ligeramente reformulado y con la notaci3n ligeramente diferente, para facilitar la lectura.

1. Encontrar un (preferiblemente largo) per3odo hist3rico en el que SSB, seg3n las estimaciones de la evaluaci3n de stock, est3 m3s o menos en un equilibrio dinámico (i.e. no un equilibrio determinista). El valor por defecto ser3a tomar toda la serie temporal hist3rica utilizada en la evaluaci3n, a menos que haya una raz3n clara para escoger algo diferente. Dejar que  $SSB_{media}$  y  $F_{mediana}$  denoten la media SSB y la  $F$  mediana de las estimaciones de evaluaci3n durante el per3odo seleccionado. [Nota: La raz3n por la cual se escogi3 la SSB media por  $F$  mediana es porque se espera que la distribuci3n de  $F$  est3 cerca de log-normal mientras que la distribuci3n de SSB est3 cercana a lo normal; Adem3s, el objetivo es encontrar valores individuales de  $F$  y SSB que correspondan entre s3 (aproximadamente) en equilibrio, por lo que un valor de la mediana de  $F$ , que efectivamente sobrepase la influencia de grandes valores de  $F$  en la serie de tiempo hist3rico, es de esperar, se asocie con mayores valores de SSB en equilibrio (la media a menudo tiende a ser mayor que la mediana)]
2. Calcular  $\%SPR (F_{mediana})$  y  $\%SPR (F_{RMS})$ .
3. Restar 5% (= 0.05) de  $\%SPR (F_{mediana})$  y  $\%SPR (F_{RMS})$  para obtener una aproximaci3n al  $\%SSB$  (donde  $\%SSB$  denota  $SSB/B_0$ ) al que corresponden  $F_{mediana}$  y  $F_{RMS}$ . Como un ejemplo, si  $\%SPR (F_{mediana}) = 0.35$ , el  $\%SSB$  correspondiente ( $F_{mediana}$ ) se toma como 0.30, y si  $\%SPR (F_{RMS}) = 0.55$ , el  $\%SSB (F_{RMS})$  correspondiente se toma como 0.50.
4. La relaci3n  $SSB_{media} / \%SSB (F_{mediana})$  proporciona una estimaci3n de  $B_0$ , y constituye la base para el c3lculo de  $B_{RMS}$  (paso 5) y  $B_{LIM}$  (paso 6).
5. Calcular  $B_{RMS}$  ("proxy") como  $\%SSB (F_{RMS}) \times SSB_{media} / \%SSB (F_{mediana})$ .
6. Calcular  $B_{LIM}$  (seleccionado como  $B_{20\%}$  para todos los stocks de sardina y anchoveta) como  $0.20 \times SSB_{mean} / \%SSB (F_{median})$ .

Los valores de  $B_{RMS}$  y  $B_{LIM}$  reportados en la **Tabla 3** corresponden a los resultados para los stocks de anchoveta y sardina, obtenidos al seguir estos pasos. Los a3os considerados en el paso 1 del m3todo corresponden a toda la serie temporal utilizada en la evaluaci3n de todos los stocks, excepto para la anchoveta V- X; para esta poblaci3n, se utiliz3 la serie de tiempo hasta el a3o 2008 (es decir, antes de la ca3da).

Por 3ltimo, la columna m3s a la derecha de la **Tabla 3** proporciona los valores  $F_{LIM}$  calculados durante el taller. Se calcula como  $F_{30\%}$ , de acuerdo con la aproximaci3n explicada anteriormente en este informe.

## **A N E X O   3**

---

Asesoría al Comité Científico de  
Pelágicos Pequeños (CCT – PP)





## Capturas sustentables preliminares 2016 y proyecciones del stock de anchoveta III-IV regiones

Por  
Elson Leal, IFOP, Valparaíso  
Septiembre 2015

### Metodología

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, es decir, la remoci3n por pesca es proporcional a los cambios de abundancia del stock. Para ello se consider3 la incertidumbre de la evaluaci3n de stock y como a3o de inicio el 2015. Se consider3 adem3s para las estimaciones el nivel de reclutamiento promedio hist3rico.

### Resultados

Considerando los an3lisis anteriores y una estrategia de explotaci3n  $F_{60\%}$ , (definida hasta el presente informe como un proxy del RMS), sujeta a niveles de riesgo entre 10% y 50%, la captura de anchoveta para el a3o 2016, en la Unidad de pesquería centro norte, podría alcanzar preliminarmente, valores entre 22 mil y 27 mil t (**Tabla 1**). Este rango de captura debe ser revisado y actualizado considerando los resultados del crucero de evaluaci3n directa del mes de febrero de 2016.

En la **Tabla 1**, se presentan los resultados de la cuota de Captura Biol3gicamente Recomendable (CBA), para el nivel objetivo  $F_{60}$  y para otras estrategias como el  $F_{50}$  y la mortalidad por pesca del último a3o ( $F_{2015}$ ).

**Tabla 1.**

Captura Biol3gicamente Aceptable (CBA) de anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-norte para el a3o 2015 bajo diferentes niveles de riesgo de sobrepasar la estrategia de manejo ( $F_{60}$ ).

| F                    | Riesgo de sobrepasar la estrategia de manejo |       |       |       |       |
|----------------------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 10%                                          | 20%   | 30%   | 40%   | 50%   |
| $F_{60}$ (obj= 0.54) | 22004                                        | 23703 | 24928 | 25975 | 26954 |
| $F_{50}$ (0.77)      | 29404                                        | 31653 | 33275 | 34661 | 35956 |
| $F_{2015}$ (0.75)    | 28799                                        | 31003 | 32593 | 33951 | 35221 |

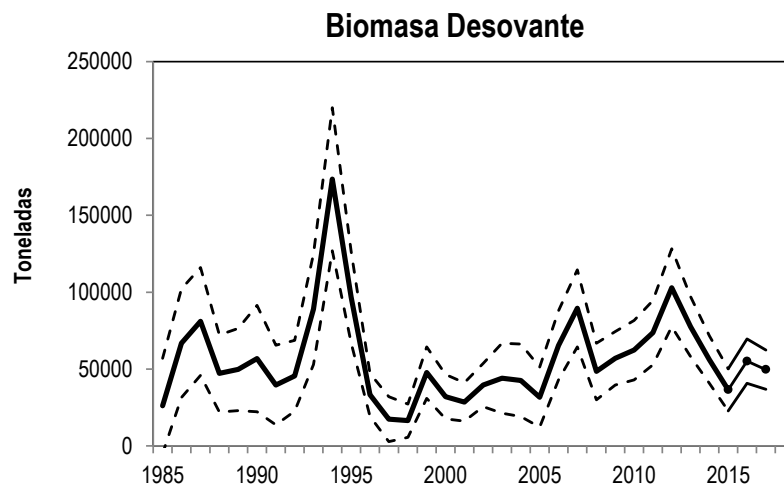


## Proyección de la Biomasa desovante bajo la estrategia de explotación F60

La proyección de la biomasa se basa en los resultados del modelo de evaluación hasta el año 2015 y bajo un escenario de reclutamientos constantes, estimados considerando el promedio observado durante la serie analizada.

Es importante señalar, como se verá más adelante, que las proyecciones del stock se realizan con el valor esperado (riesgo de 50%) de captura para la estrategia de explotación seleccionada. Es decir, la trayectoria proyectada de la biomasa, es el resultado de niveles de captura al 50% de riesgo de sobrepasar la estrategia de manejo

Considerando las condiciones anteriormente descritas, la trayectoria de la biomasa desovante bajo la estrategia de explotación F60, no mostraría, cambios relevantes durante el año 2016, en relación a su actual condición (**Figura 1**). Su proyección hacia el año 2017, solo se muestran de manera referencial, ya que existe una alta incertidumbre en su proyección debido a la gran dependencia en los reclutamientos.



**Figura 1.** Biomasa desovante de anchoveta Unidad de Pesquería Centro-norte, banda de confianza (líneas segmentadas) y su proyección bajo la estrategia de explotación F60 (objetivo de manejo).



## **Respuesta a solicitud de colaboración en compromisos adquiridos en la cuarta sesión del Comité de manejo de Anchoveta y Sardina Española III y IV Regiones.**

Por

Doris Bucarey & Cristian Canales, IFOP, Valparaíso  
Diciembre 2015

### **Contexto**

En el siguiente reporte se presentan los antecedentes solicitados por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para dar respuesta a los requerimientos del Comité de Manejo de Anchoveta y Sardina Española de la III y IV Regiones, en el marco del proyecto to “Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales 2016, Anchoveta III-IV Regiones, 2016”.

### **1. Evaluación de escenarios alternativos para el stock de Anchoveta III – IV Regiones.**

Con el objeto de proporcionar los antecedentes técnicos solicitados, se amplió el espacio de análisis informado por Leal y Canales (2015) al de sensibilidad de escenarios (estados de la naturaleza) para la evaluación de stock de la anchoveta de la III – IV Regiones, considerando un conjunto de hipótesis asociados con la captura supuesta para el año 2015, el nivel de resiliencia de la población a través del valor del parámetro steepness ( $h$ ), la mortalidad natural y la incorporación de bloques de selectividad a composición de la flota comercial, entre otros (**Tabla 1**). Lo anterior se llevó a cabo considerando la mejor y más actualizada información disponible, lo que incluye el uso de información actualizada de la composición de tallas en la captura y una serie corregida para la CPUE.

**Tabla 1**

Escenarios propuestos para el análisis de la incertidumbre en la evaluación de stock anchoveta III –IV R:

| <b>Escenarios</b> | <b>Configuración</b>                                         |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>base</b>       | Modelo base Estatus 2016 ( $h=0.95$ )                        |
| <b>E1</b>         | Modelo base + $Y_{2015} = 20$ mil t (captura al 3/12/2015)   |
| <b>E2</b>         | Modelo base + $Y_{2015} = 22$ mil t (supuesto al 31/12/2015) |
| <b>E3</b>         | Modelo base + $Y_{2015} = CBA_{2015}$ (30 mil t)             |
| <b>E4</b>         | E1 + cv desemb = 0.05 + CPUE corregida                       |
| <b>E5</b>         | E4 + $h = 0.5$ (mayor densodependencia)                      |
| <b>E6</b>         | E4 + 3 bloques Selectividad flota 1985, 2002 y 2011          |



...Continuación Tabla 1:

| Escenarios | Configuración                                                    |
|------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>E7</b>  | E6 + 4 edades "observadas" en estructura del 1 <sup>er</sup> año |
| <b>E8</b>  | E6 + 5 edades "observadas" en estructura del 1 <sup>er</sup> año |
| <b>E9</b>  | E8 + $M=0.92 \text{ año}^{-1}$                                   |
| <b>E10</b> | E7 + $Y = 22 \text{ mil t}$ (supuesto de captura al 31/12/2015)  |
| <b>E11</b> | E9 + $Y = \text{CBA}_{2015}$                                     |

En general, el modelo de evaluación presenta un mejor desempeño para aquellos escenarios que incorporan un valor más realista de la captura del último año (en torno a las 20 mil t), junto a una mayor ponderación de los desembarques y la serie corregida de la CPUE. La incorporación de los bloques de selectividad (**E6**) a la flota comercial contribuye tanto en la verosimilitud de la composición de la flota, así como también en la CPUE y los cruceros hidroacústicos. El escenario que presenta el mejor desempeño es aquel que supone que la estructura del primer año se compone de 4 grupos etarios observados y un  $M=1.3 \text{ año}^{-1}$ , junto al supuesto de captura de 22 mil t (**E10**), sin embargo no presenta diferencias estadísticas (dos puntos en la escala log\_verosimilitud) con el **E6**, **E7** y **E8**.

**Tabla 2.**

Componentes de verosimilitud para los escenarios analizados, se presentan también las variables de interés  $F$  y la razón  $BD/BDo$  para el último año.

| Escenarios  | Componentes de la verosimilitud |            |            |            |              |            |            |          | $F (\text{año}^{-1})$ | $B/BDo$ |
|-------------|---------------------------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|----------|-----------------------|---------|
|             | $I_{tot}$                       | $I_{cpue}$ | $I_{acus}$ | $I_{capt}$ | $I_{pflota}$ | $I_{pcru}$ | $I_{devR}$ | $I_{Lr}$ |                       |         |
| <b>base</b> | 4331.96                         | 34.4       | 25.6       | 5.5        | 3386.4       | 868.0      | 12.1       | 0.00     | 0.82                  | 0.36    |
| <b>E1</b>   | 4330.24                         | 34.2       | 24.8       | 5.6        | 3385.2       | 868.0      | 12.5       | 0.00     | 0.49                  | 0.40    |
| <b>E2</b>   | 4363.11                         | 32.9       | 24.4       | 4.7        | 3387.4       | 901.2      | 12.6       | 0.00     | 0.50                  | 0.41    |
| <b>E3</b>   | 4331.38                         | 34.4       | 25.3       | 5.5        | 3386.0       | 868.0      | 12.2       | 0.00     | 0.73                  | 0.37    |
| <b>E4</b>   | 4313.54                         | 28.0       | 23.3       | 1.4        | 3377.3       | 868.0      | 15.0       | 0.59     | 0.65                  | 0.30    |
| <b>E5</b>   | 4314.83                         | 28.7       | 23.4       | 1.3        | 3377.6       | 868.3      | 14.9       | 0.59     | 0.65                  | 0.24    |
| <b>E6</b>   | 4297.70                         | 25.5       | 23.9       | 1.4        | 3364.3       | 867.8      | 14.2       | 0.75     | 0.67                  | 0.33    |
| <b>E7</b>   | 4297.71                         | 25.5       | 23.9       | 1.4        | 3364.3       | 867.8      | 14.2       | 0.75     | 0.67                  | 0.33    |
| <b>E8</b>   | 4297.71                         | 25.5       | 23.9       | 1.4        | 3364.3       | 867.8      | 14.2       | 0.75     | 0.67                  | 0.33    |
| <b>E9</b>   | 4318.56                         | 34.7       | 24.4       | 3.6        | 3369.4       | 869.5      | 15.6       | 1.43     | 0.93                  | 0.21    |
| <b>E10</b>  | 4297.60                         | 25.5       | 23.8       | 1.4        | 3364.3       | 867.7      | 14.1       | 0.75     | 0.75                  | 0.32    |
| <b>E11</b>  | 4309.10                         | 25.7       | 23.5       | 1.1        | 3366.6       | 876.7      | 13.9       | 1.65     | 1.18                  | 0.27    |

La simulación se realizó en escala anual bajo un horizonte de proyección de mediano plazo. La ecuación que gobierna la dinámica de la población es la misma que la utilizada en el período de modelamientos del stock. Los reclutamientos son estimados a partir de un valor medio obtenido para todo el período de ajuste del modelo (fijos). La estrategia de explotación corresponde al nivel referencial de mortalidad por pesca constantes  $F=F_{RMS}$  para la cual se presentan las capturas asociadas y los percentiles de riesgo (10% y 50%) de exceder el nivel de explotación evaluado (**Tabla 3**). La mortalidad por pesca de



referencia es aquella que permite alcanzar el rendimiento máximo sostenido, consistente con los puntos biológicos de referencia ( $F_{60\%}$ ).

Considerando los resultados del análisis presentados anteriormente para algunos escenarios relevantes (que incluyen el escenario base a modo de comparación), bajo la estrategia de explotación  $F_{RMS}$ , sujeta a niveles de riesgo entre 10% y 50%, la captura de anchoveta para el año 2016, en la Unidad de pesquería centro norte, podría alcanzar preliminarmente, valores entre 21 mil y 26 mil t (**Tabla 3**). Este rango de captura debe ser revisado y actualizado considerando los resultados del crucero de evaluación directa del mes de febrero de 2016.

**Tabla 3.**

Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para la anchoveta de la III a la IV Regiones para el año 2016 bajo diferentes niveles de riesgo de sobrepasar la estrategia de manejo ( $F_{60\%}$ ) y escenarios de análisis.

| Escenario | Media | Desv.st | $p(F > F_{RMS})$ |       |       |       |       |
|-----------|-------|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|
|           |       |         | 0.1              | 0.2   | 0.3   | 0.4   | 0.5   |
| base      | 24715 | 2634    | 21340            | 22499 | 23334 | 24048 | 24715 |
| E1        | 25511 | 2683    | 22073            | 23253 | 24104 | 24831 | 25511 |
| E2        | 25848 | 2716    | 22367            | 23562 | 24424 | 25160 | 25848 |
| E6        | 23583 | 2050    | 20956            | 21858 | 22508 | 23063 | 23583 |
| E10       | 23239 | 2049    | 20613            | 21514 | 22164 | 22720 | 23239 |

## 2. Antecedentes respecto de la Identificación de Unidades Poblacionales (stocks) de anchoveta del sur del Perú – norte de Chile (XV-II) y III-IV regiones.

La anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) se distribuye a lo largo de la costa de Perú y Chile entre los 4°S y 42°S (Serra *et al.*, 1979) siendo un recurso de importancia comercial en ambos países. A lo largo de la costa de Chile, se distinguen 3 áreas principales de pesca las que han sido definidas como unidades de pesquería independientes, la primera en el norte de Chile (XV-II), la segunda en la zona centro - norte (III – IV Regiones) y una tercera área, en la zona centro sur (V-VIII Regiones). Aunque no se reportan estudios formales que identifiquen estas unidades de pesquería como unidades poblacionales independientes, algunos estudios que se han desarrollado en el área han permitido obtener antecedentes que apoyan su independencia. En la década de los 80, 4 cruceros de investigación llevados a cabo desde Arica (18°30'S) a Chiloé (42°00'S), desde la costa hasta las 125 mn al oeste, distinguen focos discretos de desove de anchoveta en las bahías de Caldera y Coquimbo (Rojas *et al.*, 1983).

Braun *et al.*, (2005) a partir del método de producción de huevos aplicado en los años 1997, 2004 y 2005 entre Arica y Chañaral (18°S – 26°S) evidenciaron un proceso de desove que se extiende al sur



de los 26°S. Sugiere que la zona centro norte constituye un hábitat favorable cuando por factores ambientales expande su área de desove al sur de los 26°S. En las bahías Caldera y Coquimbo, se presentan patrones de circulación y focos de surgencia (Valle-Levinson & Moraga, 2006) que podrían haber facilitado la retención y desarrollo de la anchoveta en la zona, en conjunto con una pesquería de pequeña escala.

El estudio más reciente y orientado específicamente a la determinación de unidades poblacionales fue presentado en el X Congreso de Ciencias del Mar Cuba 2015, por la Investigadora del Instituto de Fomento Pesquero, Cecilia Machuca, un trabajo conjunto con los investigadores Francisco Cerna y Lizandro Muñoz, quienes a partir de análisis morfométricos del otolito de esta especie provenientes de las tres unidades de pesquería, concluyen que existen diferencias significativas entre las zonas de estudio pudiendo identificar correctamente 3 unidades poblacionales distintas de anchoveta con una alta fidelidad al sitio de desove.

Finalmente, cabe señalar que se encuentra en ejecución el proyecto FIPA N° 2015-22 “Determinación de unidades poblacionales de anchoveta (*Engraulis ringens*) en Chile” a cargo de la Universidad de Los Lagos, estudio que permitirá contar con mayores antecedentes sobre la materia en el corto plazo (Res. Exenta N° 2719 del 06/10/2015 Ministerio de Economía Fomento y Turismo – Subsecretaría de Pesca).

### Referencias

Braun, M., V. Valenzuela, G. Claramunt, H. Reyes, M. Pizarro, V. Catasti, G. Herrera, P. Moreno, C-Gaspar & E. Díaz. Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II Regiones Año 2005. Informe Final Proyecto FIP N° 2005-03: 1-55.

Leal, E., C. Canales. 2015. Convenio de Desempeño 2015: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2016. Anchoveta III-IV Regiones, 2016.

Machuca, C., F. Cerna, L. Muñoz. Determinación de unidades poblacionales de anchoveta (*Engraulis ringens*) en el pacífico sur frente a Chile utilizando morfometría del otolito. Trabajo presentado en el X Congreso de Ciencias Mar Cuba 2015.

Rojas O, A Mujica, M Labra, G Lederman & H Miles. 1983. Estimación de la abundancia relativa de huevos y larvas de peces. Informe IFOP/CORFO 83-31: 1-99.

Valle-Levinson A & J Moraga-Opazo. 2006. Observations of bipolar residual circulation in two equatorward-facig semiarid bays. Continental Shelf Research 26: 179-193.



**COMITÉ DE MANEJO DE ANCHOVETA Y SARDINA ESPAÑOLA  
III Y IV REGIONES**

**ACTA DE REUNIÓN N° 02/2015**

**INFORMACIÓN GENERAL.**

Sesión: 2° Reunión del año 2015.  
Lugar: Sede de la Corporación de Pescadores de Caldera, III Región  
Fechas: 9 de septiembre de 2015.

**ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

- ✓ La reunión fue presidida por el Sr. Mauricio Gálvez L., representante de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- ✓ Tomó acta el Sr. Manuel Díaz, profesional de la consultora Cesso.

**PARTICIPANTES**

| Sector               | Nombre                            |               | Asistencia |
|----------------------|-----------------------------------|---------------|------------|
| Artesanal III Región | Miguel Ávalos Medina              | Titular       | Si         |
|                      | Elvio Martínez Fernández          | Suplente      | Si         |
|                      | Giuliano Reymuaba Salas           | Titular       | No         |
|                      | Nelson Andrés Núñez Arancibia     | Suplente      | Si         |
|                      | Héctor Alberto Álvarez Alcayaga   | Titular       | Si         |
|                      | Álvaro Tomás Díaz Padilla         | Suplente      | Si         |
| Artesanal IV Región  | Ángel Cortes Barraza              | Titular       | Si         |
|                      | Jorge Ortúzar Gelten              | Suplente      | No         |
|                      | Carlos Santander Farías           | Titular       | Si         |
|                      | Fernando Francisco Ortiz Carvajal | Suplente      | Si         |
|                      | Manuel Zambra Pessini             | Titular       | Si         |
|                      | Raúl Yaryes Vergara               | Suplente      | No         |
| Industrial           | Oscar Fernando Uribe Díaz         | Titular       | Si         |
|                      | Gerardo Andrés Balbontín Fox      | Suplente      | No         |
|                      | Alfredo Cáceres Koyck             | Titular       | Si         |
|                      | Vladimir Inostroza Muñoz          | Suplente      | No         |
| Plantas de proceso   | Héctor Enrique Pujado Barria      | Titular       | Si         |
|                      | Jose Luis Carreño Zamora          | Suplente      | No         |
| Sernapesca           | Jorge Toro Da'ponte               | Titular       | No         |
|                      | Manuel Martínez                   | Suplente      | Si         |
| Subpesca             | Mauricio Galvez Larach            | Titular       | Si         |
|                      | Silvia Hernández Concha           | Suplente      | Si         |
|                      | Joyce Méndez Saldías              | Sectorialista | Si         |

**COMITÉ DE MANEJO DE ANCHOVETA Y SARDINA ESPAÑOLA  
III Y IV REGIONES****INVITADOS:**

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| Mauro Urbina       | Departamento Análisis Sectorial |
| Javier Rivera      | Dirección Zonal                 |
| Manuel Andrade     | Dirección Zonal                 |
| Carlos Tapia Jopia | Cesso                           |

**AGENDA**

No se logró la revisión de todos los tópicos establecidos en la agenda de trabajo, quedando pendiente la presentación referente al Artículo 47°bis de la Ley General de Pesca y Acuicultura para la próxima sesión.

|               |                                                                                                                                                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MAÑANA</b> |                                                                                                                                                                                |
| 08:30 - 08:40 | <b>Palabras de bienvenida y saludo Inicial:</b><br>Sr. Mauricio Galvez Larach. Presidente del Comité de Manejo.<br>Subsecretaría de Pesca y Acuicultura                        |
| 08:40 - 09:10 | Lectura y aprobación del acta de la sesión anterior del Comité.                                                                                                                |
| 09:10 - 10:00 | <b>Taller:</b> definición y priorización de problemáticas de los distintos sectores de la pesquería<br>Cesso                                                                   |
| 10:00 - 10:30 | Pausa y café                                                                                                                                                                   |
| 11:00 - 13:00 | <b>Continuación del taller:</b> definición y priorización de problemáticas de los distintos sectores de la pesquería.<br>Cesso                                                 |
| 13:00 - 14:00 | Almuerzo                                                                                                                                                                       |
| <b>TARDE</b>  |                                                                                                                                                                                |
| 14:00 - 15:00 | <u>Presentación y consultas</u><br>Presentación resultados y diseño muestral del Crucero de "Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta III-IV Regiones".<br>IFOP |
| 15:00 - 16:00 | <u>Presentación y consultas</u><br>Artículo 47°bis de la Ley General de Pesca y Acuicultura.<br>Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.                                          |



## COMITÉ DE MANEJO DE ANCHOVETA Y SARDINA ESPAÑOLA III Y IV REGIONES

### REVISIÓN DE ACTA ANTERIOR

El acta de la sesión N° 1 del Comité de Manejo de anchoveta y sardina española de la III y IV Regiones es aprobada, sin observaciones.

### IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS A PARTIR DE RESULTADOS PREVIOS.

Se da inicio a la sesión de trabajo para definir las causas de las problemáticas detectadas en los talleres de las regiones de Atacama y Coquimbo.

#### Opiniones recabadas respecto a la problemática de la cuota:

- Poca credibilidad y oportunidad en los estudios: no dan cuenta de la cantidad de recurso que los usuarios perciben. No se considera oportuna la fecha de realización del crucero.
- Problema de asignación: cada año el sector artesanal solicita cuota al industrial, esta transferencia implica un pago de patente, en el caso inverso, cuando la industria compra al sector artesanal no hay pago de patente de por medio.
- Ingresos insuficientes para los usuarios de la pesquería: Se hace alusión a la implicancia social que trae la baja en las cuotas. La baja en los ingresos también afecta a la industria que no logra cubrir los costos fijos para mantenerse.
- Usuarios altamente dependientes de los recursos anchoveta y jurel: se restringe el acceso a otras especies, no permitiendo una diversificación de la pesquería.
- Factores ambientales no son considerados en la estimación del recurso: Se argumenta que el recurso es altamente dependiente de los cambios ambientales, pero estos no son considerados en las evaluaciones (cambio climático; El Niño).
- Se plantea la inquietud respecto del impacto que tienen los saldos no capturados para el establecimiento de la cuota.
- Unidades de stock: se indica que la asignación debiera incorporar la macrozona XV-IV Regiones.



## COMITÉ DE MANEJO DE ANCHOVETA Y SARDINA ESPAÑOLA III Y IV REGIONES

### OTROS

- Centralización de la administración pesquera (ZONAL, IFOP): La centralización del poder resolutivo, produce demoras en la toma de decisiones, que podría ser mejorado.
- El Comité Científico Técnico debe considerar estrategias de explotación definidas por el Comité de Manejo, en el Plan de Manejo.
- El Comité de Manejo puede acordar intancias de reuniones con el Comité Científico Técnico.
- Se requiere que se realice una Pesca de Investigación para tener información, cuando no hay muestreo de los desembarques por agotamiento de la cuota.
- Se requiere generar un mecanismo de colaboración con IFOP para utilizar los datos de los monitoreo realizados por la UCN.
- El criterio de asignación de cuota de imprevisto será revisado por el CNP, el Comité podría proponer criterios para asignación interna.

### INFORMACIÓN DEL PRESIDENTE

- Se solicita hacer llegar observaciones al documento:
  - a) Antecedentes de la pesquería, porque este formará parte del Plan de Manejo y debe ser sancionado.
  - b) Documento enviado relativo al "Proyecto barco orillero".

### EXPOSICIÓN CRUCERO HIDROACÚSTICO III Y IV REGIONES. (FRANCISCO LEIVA, PROFESIONAL DEL IFOP)

Los principales resultados del crucero de febrero de 2015, indicaron que la abundancia y biomasa estimadas registran los menores valores de la serie histórica, continuando con la tendencia a la baja registrada desde el año 2013, sin embargo, la abundancia y biomasa de reclutas presentó un ligero aumento respecto a los años 2013 y 2014.

La biomasa obtenida en este crucero, actualizó el modelo de evaluación de stock, que posteriormente se incorporó como nueva información en la revisión/actualización del Estatus y Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del recurso, realizada en junio de 2015 por el Comité Científico Técnico de las Pesquerías de Pequeños Pelágicos. En dicha sesión, los nuevos antecedentes mantuvieron en *status quo* la CBA del recurso.

De la presentación, se rescatan las siguientes observaciones:



### COMITÉ DE MANEJO DE ANCHOVETA Y SARDINA ESPAÑOLA III Y IV REGIONES

- ✓ La flota no es un buen indicador de los reclutas, sin embargo estos son observados por el crucero hidroacústico.
- ✓ La biomasa del recurso se ha desplazado en los últimos 4 años a la zona de Coquimbo.
- ✓ La prospección realizada por las embarcaciones a cargo del sesgo de orilla, dieron cuenta del 10 % de la abundancia y biomasa total del estudio en la III Región; y de un 41 % de la abundancia y biomasa total del estudio, en el caso de la IV Región.
- ✓ Se plantea ahorrar transectas ubicadas al sur de Punta Lengua de Vaca, dado que históricamente no se ha encontrado pesca en esta zona, los barcos no tienen autonomías para llegar hasta allí.
- ✓ Se considera que sería de ayuda, tener información complementaria de caladeros importantes durante el mes de enero, para precisar el inicio del proceso de reclutamiento.
- ✓ Se hace hincapié en la alta abundancia de jurel con modas en 24 y 31 cm encontrada durante el crucero, en la zona al norte de Huasco.

#### ACUERDOS DE LA SESIÓN

- Invitar a un representante de la armada para exponer sobre el posicionamiento satelital.
- Incorporar el MPH para la revisión del estatus y CBA del año 2016 (mayo).
- Invitar a un profesional del IFOP para exponer el modelo de evaluación de stock del recurso.
- Se acuerda enviar al CCT carta con antecedentes e investigación de la UCN antes de la reunión del CCT (19-22 de octubre).
- Miembros del comité solicitan aclaración en relación con la sustitución de naves (restricción TRG).
- Se solicita hacer llegar observaciones al documento de antecedentes de la pesquería, porque este formará parte del Plan de Manejo y debe ser sancionado.
- También se solicitó hacer llegar observaciones respecto del documento enviado relativo al "Proyecto barco orillero".
- En las siguientes sesiones, se deberá identificar los problemas de ámbito Biológico-Pesquero, Ecológico, Económico y Social, para luego hacer su priorización.
- En relación con la problemática referida a la primera milla, esta será abordada en la siguiente sesión.



## **A N E X O 4**

---

Base de datos – Modelo

(\*Incluida en el CD presentado al comienzo de este documento)





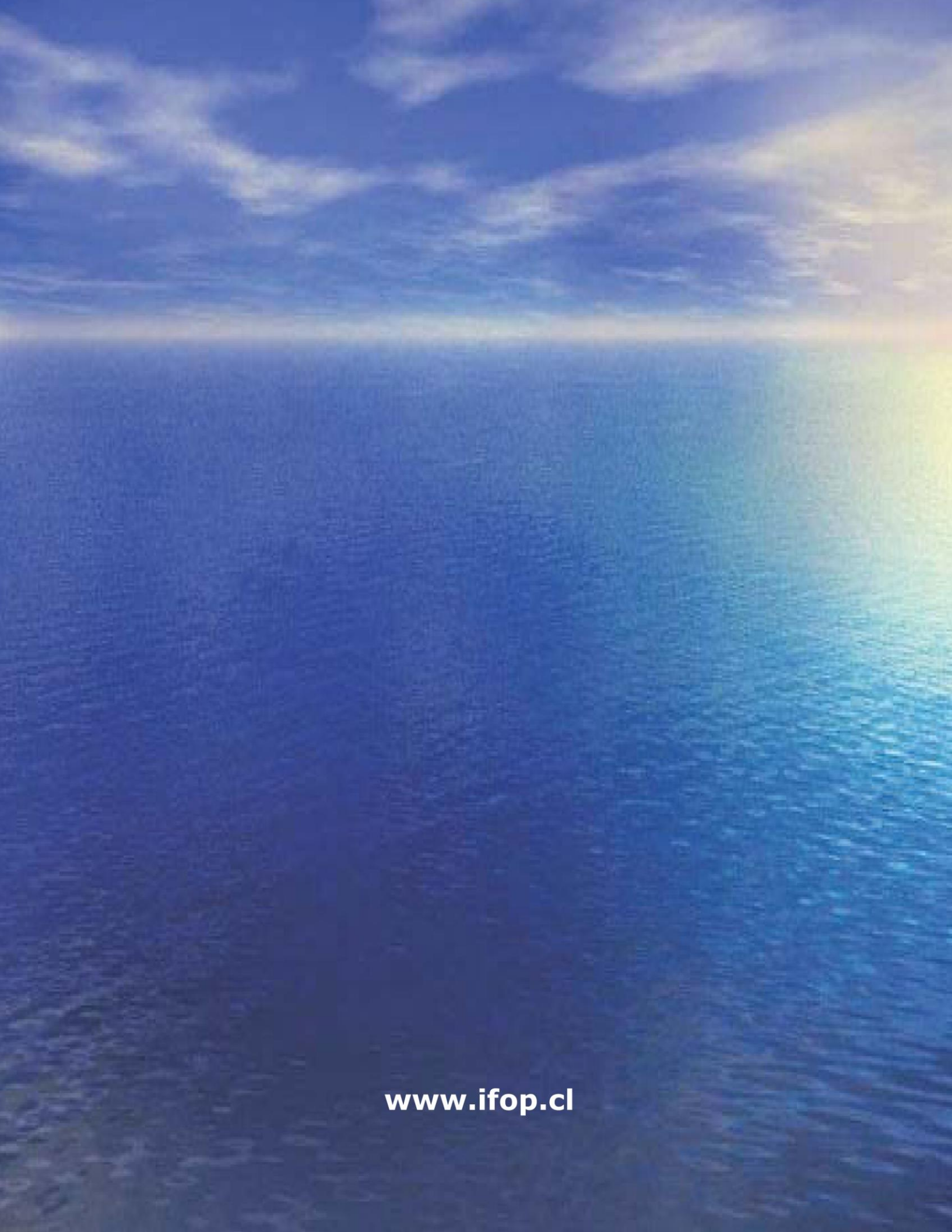
---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción  
Almte. Manuel Blanco Encalada 839  
Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---





[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)