



## **PRIMER DOCUMENTO TÉCNICO**

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

**Anchoveta V-X Regiones, 2016**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Junio 2015



## **PRIMER DOCUMENTO TÉCNICO**

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

### **Anchoveta V-X Regiones, 2016**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Junio 2015

#### **REQUIRENTE**

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

Subsecretaria de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño  
**Katia Trusich Ortiz**

#### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo  
**Leonardo Núñez Montaner**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Jorge Castillo Pizarro**

#### **JEFE DE PROYECTO**

María José Zúñiga Basualto

#### **AUTORES**

María José Zúñiga Basualto  
Cristián Canales Ramírez

#### **COLABORADORES**

Antonio Aranís Rodríguez  
Alejandra Gómez Aguilera  
Álvaro Saavedra Godoy



## RESUMEN EJECUTIVO

---

En el presente documento técnico se revisa el estándar de la calidad de datos e información empleada para fines de evaluación de stock de anchoveta entre la V- X Regiones. Las fuentes de información y datos corresponden a (1) las estadísticas de desembarques, SERNAPESCA 1990-2014. (2) estructuras de tamaños y edad (período 1990-2014), peso medio a la edad/talla (período 1990-2014), entre otros, provenientes del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales (Pesquerías Pelágicas) (3) Series de biomásas acústicas (verano y otoño) 2000 – 2015 provenientes del programa de cruceros FIP-IFOP sobre Evaluación Hidroacústica del Reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V-X Regiones, (4) publicaciones científicas y técnicas relacionada con los parámetros del ciclo de vida (mortalidad natural, crecimiento, madurez, entre otros).

En el capítulo de análisis y discusión del presente documento, se realiza un análisis de la calidad y consistencia de las fuentes de información utilizadas en la evaluación de stock. Al respecto se destacan algunas dudas sobre el nivel de conectividad entre la unidad de stock entre la V y X Regiones respecto a la zona/pesquería mar interior/externo frente a Chiloé. Se extiende la discusión a materias claves relativas a la escala de tiempo más idónea para realizar la evaluación de stock (anual vs semestral) y se sugiere trabajar a una escala de tiempo menor al año (por ejemplo, escala semestral o trimestral). La discusión se extiende a la calidad de los datos de composiciones de edades de las capturas y los cruceros, y el impacto en las estimaciones de selectividad, como también a la utilidad de considerar o no la serie de cruceros de MPDH por su baja calidad de información.

Finalmente de acuerdo con el sistema de niveles de clasificación propuesto en el taller de PBR realizado en diciembre de 2013, los antecedentes permiten clasificar a la anchoveta de la V-X Regiones en el Tier 1b. Esto significa que, 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 permitirían conseguir el Máximo Rendimiento Sostenido (RMS), considerando valores proxies que pueden ser usados para el manejo pesquero.



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>II</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1. <b>Objetivo general .....</b>	<b>1</b>
1.2. <b>Objetivos específicos .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>3. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>4</b>
3.1. <b>Objetivo específico 1:.....</b>	<b>4</b>
3.2. <b>Objetivo específico 2:.....</b>	<b>6</b>
3.2.1. Revisión de antecedentes y análisis de datos .....	6
3.2.2. Evaluación de stock.....	6
3.2.3. Estatus.....	17
3.3. <b>Objetivo específico 3:.....</b>	<b>22</b>
3.3.1. Asesoría orientada hacia el manejo tradicional de la pesquería de sardina común sobre la base de la “mejor evaluación del estatus”. .....	22
3.3.2. Asesoría complementaria al manejo tradicional de pesquería, sobre la base de Evaluación de Estrategias de Manejo (MSE) para pelágicos pequeños .....	24
3.4. <b>Objetivo específico 4:.....</b>	<b>29</b>
3.4.1. Avances en la reducción de brechas .....	29
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1. <b>Antecedentes generales .....</b>	<b>30</b>
4.1.1. Antecedentes de la pesquería .....	30
4.1.2. Sobre la administración Pesquera .....	36
4.1.3. Antecedentes biológicos .....	38
4.2. <b>Datos de entrada al Modelo de Evaluación de stock (MAE) .....</b>	<b>44</b>
4.2.1. Desembarques por temporada de pesca.....	44
4.2.2. Información de los cruceros de evaluación directa .....	51
4.2.3. Información sobre parámetros de historia de vida .....	60
4.3. <b>Clasificación del estándar de la pesquería de anchoveta.....</b>	<b>63</b>
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO I.</b> Desarrollo de la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia de sardina común de la V-X Regiones.	
<b>ANEXO II.</b> Modelo de Evaluación Anual con información en Edades (MAE).	



## **1. OBJETIVOS**

---

### **1.1. Objetivo general**

Estimar la composición, abundancia y biomasa y actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales e incertidumbre asociada, proveyendo toda la información y prestando la mejor asesoría a los Comités Científico Técnico 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**

- i. 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.
- ii. 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.
- iii. 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.
- iv. 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

---

La anchoveta (*Engraulis ringens*) sostiene una importante actividad pesquera industrial y cerquera artesanal en el litoral de la zona centro-sur de Chile. Una de las principales características de este recurso es presentar un ciclo de vida corto (longevidad máxima de cuatro años), rápido crecimiento corporal con oscilaciones estacionales, alta tasa de mortalidad natural y una marcada época de desove. Junto la sardina común (*Strangomera bentincki*), son reconocidas como especies netamente costeras (distribución longitudinal no supera las 30 millas náuticas de la costa), neríticas (habitan profundidades menores a los 70 ó 50 m respectivamente), forman cardúmenes altamente densos y son especies fuertemente influenciadas por factores bióticos y abióticos (Aguayo & Soto, 1978, Serra, 1983, Cubillos y Arancibia 1993, Arancibia, *et al*, 1994, Cubillos *et al*, 2001).

La pesquería de la anchoveta está estrechamente asociada a la de sardina común con la cual presenta una importante interacción tecnológica y biológica. Estas características originan operaciones de pesca mixtas, con alternancia de dominio intra e interanual y componentes estacionales de desembarque, que dependen del pulso anual de reclutamiento que ocurre en la época estival (Cubillos *et al*, 2002). Esto determina una fuerte estacionalidad en los desembarques con máximos entre febrero-abril y luego entre marzo-mayo, condicionados desde 2001 por cuotas de pesca y vedas biológicas (reproductivas y de reclutamiento) para sardina común y anchoveta, las que han definido una actividad extractiva cada vez más intensa, tanto en el sector industrial como artesanal (Aranis *et al*, 2005 al 2013). Por esta razón, es imprescindible actualizar cada año y diagnosticar el estatus de la anchoveta y establecer una estrategia de manejo ad-hoc para la conservación del recurso y la sustentabilidad de la pesquería.

El estatus de la anchoveta Centro-sur se estima utilizando un modelo de evaluación de stock anual estructurado a la edad que incorpora información biológica y pesquera e índices de abundancia relativa (desembarques y cruceros de evaluación hidroacústica de verano y otoño). Se calculan las variables de estado representadas por abundancias, biomasas, y niveles de mortalidad por pesca. Éstas a su vez se utilizan para entregar una recomendación sobre las “capturas biológicamente aceptables (CBA) y para las proyecciones del stock.

El procedimiento actual de manejo considera la determinación del estatus y rango de una CBA inicial asignada por el Comité Científico Técnico de Pelágicos Pequeños (CCT\_PP) y que tiene el carácter de “precautorio” basado en la proyección del reclutamiento un año hacia el futuro. En marzo se obtiene la CBA actualizada con información proveniente de la evaluación directa (cruceros hidroacústicos) de enero (RECLAS) y finalmente en junio es el estatus y CBA es revisada nuevamente con la información actualizada del crucero de otoño (PELACES)

El objetivo del presente documento técnico se enmarca dentro del convenio “Estatus y Posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2016” el cual es encargado por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura al Instituto de Fomento



Pesquero (IFOP). Se presenta un enfoque metodológico con arreglo al nivel de conocimiento, es decir, integrando toda la información disponible de anchoveta V-X Regiones. Entre esta: (1) las estadísticas oficiales de desembarques, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca. (2) el monitoreo de la pesquería, realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos, que forma parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales y es encargado por la Subsecretaría de Pesca a IFOP. Este proyecto permite obtener indicadores como las estructuras de tamaños y edad, peso medio a la edad/talla, entre otros; (3) las evaluaciones directa del recurso, realizada en Proyectos de Evaluación Directa que son licitados por el Fondo de Investigación Pesquera y que permiten obtener entre otros resultados, las estimaciones de la abundancia y biomasa del reclutamiento y vulnerable del recurso y (4) otros estudios que reportan información asociada a los parámetros del ciclo de vida de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros. De esta forma, el proyecto tiene un rol de integración del conocimiento y utiliza los productos de todos los programas y proyectos de investigación para modelar la dinámica del recurso.



### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

#### 3.1. Objetivo específico 1:

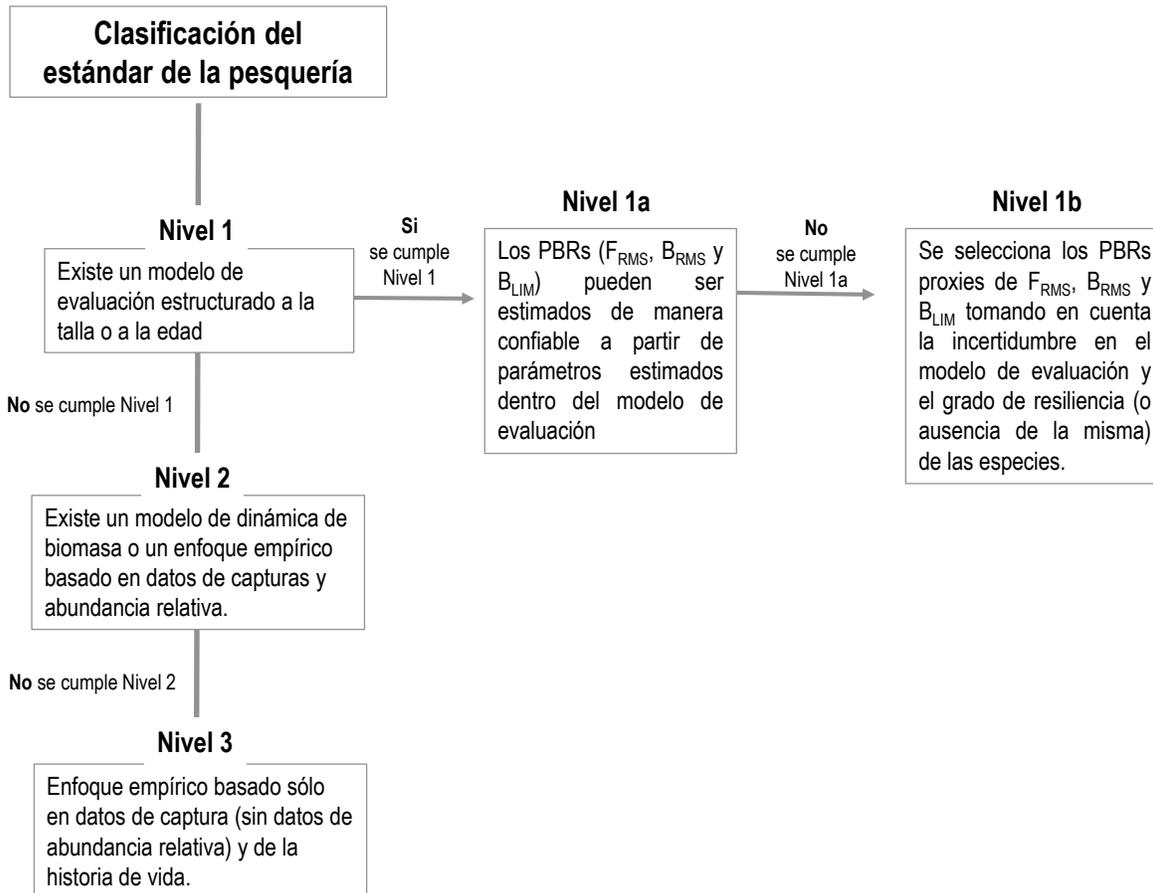
*Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.*

La implementación del procedimiento de evaluación de stock se basó en protocolos científicos actuales que consiste en un sistema de niveles para clasificar la información disponible sobre las poblaciones y/o pesquerías. Este procedimiento se ha convertido en una herramienta común en la asesoría científica sobre manejo pesquero. Dichos sistemas generalmente clasifican las poblaciones en niveles de acuerdo a la cantidad, el tipo y la calidad de la información disponible, como la base de la asesoría. La asesoría basada en los niveles superiores (numerados en orden descendiente, siendo 1 el más alto) generalmente se considera más confiable (es decir, más preciso) que los niveles más bajos.

El diseño de un sistema de niveles permite entregar una asesoría de manejo cada vez más precautoria para las poblaciones en los niveles más bajos, cuando las evaluaciones son menos confiables, siendo los científicos y administradores quienes deben acordar el grado de precaución para los distintos niveles. Un objetivo adicional de los Sistemas de Niveles es garantizar una congruencia en los enfoques (al interior de cada nivel) utilizando tipos de información similares.

Siendo la congruencia un objetivo, en el primer taller Internacional de Revisión de los puntos biológicos de referencia en las pesquerías nacionales realizado en Viña del Mar, en diciembre, 2013 (Payá *et al.*, 2014), se desarrolló un sistema de tres niveles para derivar el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) adaptados a los datos y métodos de evaluación que son comunes para las pesquerías en Chile (**Figura 1**).

Complementario a esto, la asistencia a reuniones establecidas por los Comités Científico Técnico, así como a las actividades demandadas por la Revisión por Pares Externos e Independientes (RPEI), las recomendaciones realizadas por los revisores, constituirán un Estándar Metodológico en la evaluación de anchoveta, cuyos protocolos se mantendrán vigentes hasta que se considere necesario perfeccionarlos. Al respecto, se reportará un listado de comprobación, en el que se dará cuenta técnica y detalladamente de todas las recomendaciones emanadas de los revisores expertos, con el propósito de que, tanto los sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca, evaluadores externos, pares nacionales, miembros del Comité Científico Técnico y cualquier científico, académico y ciudadano puedan verificar el cumplimiento de cada una de las observaciones, correcciones y recomendaciones señaladas por los revisores.



**Figura 1.** Sistema de niveles para la determinación de los PBRs de acuerdo a la cantidad, tipo y la calidad de la información disponible y, métodos de evaluación de stock empleados en cada pesquería.



### **3.2. Objetivo específico 2:**

*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.*

#### **3.2.1. Revisión de antecedentes y análisis de datos**

Se realiza la revisión de la asesoría previa, actualización y consolidación del conocimiento y de los antecedentes disponibles referidos a aspectos de la biología, dinámica y ecología de la anchoveta entre la V y X Regiones. Además, se recaba y compila todos los datos e información de la pesquería, disponible en el país. La escala y nivel de agregación espacial y temporal es definido en este estudio, de acuerdo con la información disponible, las recomendaciones de expertos y los lineamientos definidos por los Comités Científico Técnico y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

#### **3.2.2. Evaluación de stock**

##### **i) Elaboración de indicadores de abundancia**

Para la determinación del estatus se identificó las fuentes de información (ejemplo, bitácoras, seguimiento, cruceros, estudios y publicaciones científicas, entre otros), se fundamenta el conjunto de datos a emplear para la estimación de los índices de abundancia, así como su forma de utilización (ejemplo, indicadores absolutos o relativos). Además se informa la incertidumbre asociada a los indicadores de abundancia propuestos para utilizar en la evaluación de sardina común detallados a continuación.

##### Desembarques

Corresponde a la extracción registrada en puerto independiente de la zona de procedencia. Tiene valor en definir la importancia relativa de los distintos puertos de descarga, por lo tanto es de mayor interés administrativo y/o comercial de la actividad. Su propósito es cuantificar los volúmenes, totales y por especie, que efectivamente se reciben en la descarga o desembarque. Las estadísticas oficiales de los desembarques son sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca, sobre una base mensual, por tipo de flota, puerto de desembarque y especie objetivo. Cabe señalar que en la pesquería pelágica el concepto de captura es igual al del desembarque. Para efecto de la evaluación se utiliza la totalidad del desembarque por especie que ocurre en la unidad de pesquería, comenzando la serie desde el año 1990 hasta 2014. Esta información es empleada en el proceso de evaluación de stock como índice de abundancia poblacional (proporcionales a la captura).



En la actualidad, no se disponen de estudios formales sobre niveles de descarte y/o sub-reporte en esta pesquería, pero existen antecedentes que señalan que los desembarques del primer semestre de los años 1999 y 2000 resultan ser muy altos para lo que en ese entonces se supone era la población de anchoveta y sardina común. Arcos *et al.*, 2004 postuló que las condiciones ambientales pre El Niño y El Niño produjeron una alteración en la distribución espacial de jurel, atrapando a los juveniles de la especie en la zona centro-sur, generando la distorsión de los desembarques en los pequeños pelágicos, impulsado por evadir multas y declarar menos jurel (Aranís, 2011).

Basados en estos antecedentes, las series de desembarques anuales oficiales fueron corregidos por investigadores de IFOP. Se realizó un análisis preliminar utilizando la base de información de "Muestreo de Proporción de especies" de IFOP, para comparar los datos de composición de especies desembarcadas.

La Proporción de especies consiste en la selección de una muestra de la captura de un contenedor (caja o balde), llenado en distintos momentos del proceso de vaciado de la captura y luego se pesa y cuenta la fauna diferenciada por especie. Posteriormente, se determina la "intencionalidad" del viaje de pesca, basada en las proporciones de captura, tomando el criterio de especie objetivo a la que representaba más del 50% en peso de la muestra de proporción. En el caso de existir más de dos especies, se considera como objetivo la de mayor contribución, siendo clasificadas las restantes como fauna acompañante. Finalmente, se obtiene la composición original para jurel, sardina y anchoveta registrada de los desembarques, contrastado con las proporciones re-estimadas obtenidas de los muestreos pelágicos que se practicaron en ese período (1998-2001).

### Seguimiento de la pesquería

El monitoreo de la pesquería de anchoveta de la V-X Regiones es realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos, que forma parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales y es encargado por la Subsecretaría de Pesca a IFOP. Este proyecto permite obtener indicadores como las estructuras de edad/talla y peso medio a la edad, entre otros;

**Composición por edad/talla:** Denominada también como estructura de edad, corresponde a la expansión de la captura mediante la clave edad-talla determinada. Así esta composición corresponde a la matriz que representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura, por grupo de edad y por estrato de tamaño, a través de un diseño de muestreo de otolitos estratificado por clase de tallas. A pesar de que se dispone de una composición por zona, trimestre y flota, para efecto de la evaluación se considera la estimación global para la unidad de pesquería y agregadas entre flotas, estando disponible una serie construida desde el año 1990. Esta información es empleada en el proceso de evaluación de stock a objeto de evaluar los supuestos de la mortalidad por pesca diferenciada por grupos de edad, además de entregar señales de la fuerza de las clases anuales que han atravesado por la pesquería.



La Estructura de tallas del desembarque o captura corresponde al número de ejemplares, por rango de talla, capturados por la flota. En términos generales el diseño de muestreo asociado a la estructura de tallas del desembarque, corresponde a un diseño en dos etapas, donde la primera son los viajes y la segunda los ejemplares. También, y con menos frecuencia, se lleva a cabo un muestreo en tres etapas, es decir, un muestreo dentro de un viaje, lance y ejemplares. El indicador se obtiene por estratos de zona y mes inicialmente, a través de la ponderación de la estructura de talla con la captura diaria o temporal evaluada de las embarcaciones.

**Pesos a la edad:** El crecimiento intra-anual de la anchoveta es recogido en dos matrices de pesos medios a la edad, las que corresponden respectivamente a las estimaciones a mitad de año luego de la lectura de edad, y las estimaciones de pesos iniciales del año se calculan en base a una media geométrica de la estimación actual y la del año anterior rezagado en un año de edad. El peso medio es empleado para generar las estimaciones de desembarques en el modelo, mientras el peso inicial sirve para las estimaciones de biomasa a inicios del año calendario.

#### Cruceros de evaluación acústica

Desde diciembre de 1999 se han venido realizando cruceros de evaluación hidroacústicos en el área de estudio con el objetivo de evaluar la biomasa de pequeños pelágicos en Chile centro sur. Existe un programa de cruceros de verano (RECLAS) cuyo objetivo es evaluar la fuerza de los reclutamientos y otro de otoño (PELACES) cuyo objetivo es evaluar la biomasa disponible a la flota y corroborar las estimaciones del crucero de verano. La zona de evaluación corresponde a la delimitada entre los 33°30'S y 41°50'S en la cual se desarrolla la mayor parte de la pesquería.

En enero de cada año se realiza la evaluación acústica de biomasa de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur. La cobertura temporal de esta serie comienza el año 2000 y se extiende hasta el 2015. Estos cruceros están orientados a evaluar la magnitud del reclutamiento anual. La evaluación hidroacústica contempla un área de estudio localizada entre 33°50' y 40°00'S, en la cual se realizan transectas diurnas y replicas nocturnas, y además se realizan lances de pesca de media agua y de cerco. Paralelamente, se evalúa también el sesgo de orilla y se realizan lances de pesca a bordo de L/M artesanales. La estimación de la abundancia por estructura de talla, se realiza en función de subzonas, las cuales son agrupada de acuerdo a la similitud en las estructuras de tallas observadas. Para cada subzona, se agrupan los lances de pesca determinándose una estructura de tallas común. Se obtiene el aporte en talla y correspondiente peso, derivándose el TS y coeficiente de integración. La estimación de la abundancia y biomasa de anchoveta por subzona queda determinada por el área prospectada en cada subzona, el coeficiente de eointegración a la talla y estimador de razón a la tallas. Este último se estima por tres métodos: Hansen & Wolter, Bootstrap, y Variables Regionalizadas. Para transformar la abundancia en biomasa se utilizan los pesos medios a la talla obtenidos de la relación longitud-peso.

La Composición de edad/talla del crucero, denominada también como estructura de edad, corresponde a la expansión de la abundancia mediante la clave edad-talla determinada. A partir de



la abundancia en número estimada para cada talla en la evaluación hidroacústica, se expande la abundancia por grupos de edad, haciendo uso de la clave talla edad la cual obedece a la totalidad del área de estudio. La suma de la abundancia por subzona por intervalo de talla, permite construir la estimación total de abundancia para la zona de estudio. La estimación de esta clave talla-edad obedece a un diseño de muestreo estratificado por clase de tallas, dentro de cada una de las cuales es estimada una estructura de edad por talla. La abundancia en número por grupo de edad se construye a partir de la clave talla-edad anterior y la abundancia estimada por intervalo de talla. Se obtienen entonces matrices completas las que presentan explícitamente toda la estructura interna de la abundancia en número de individuos por clase de longitud y para cada grupo de edad.

A partir de mayo de 2003, se han realizado evaluaciones acústicas de ambos recursos a través de cruceros de otoño (PELACES). La estimación de abundancia y biomasa por grupo de talla es similar al procedimiento del crucero de verano

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

#### Cruceros de evaluación del stock desovante

Desde el año 2002 se ha venido evaluando el stock desovante de anchoveta y sardina común con el Método de la Producción Diaria de Huevos (MPDH) (Cubillos *et al.*, 2003), generando información relevante desde el punto de vista de la dinámica reproductiva como de la distribución, abundancia, y producción de huevos (Cubillos *et al.*, 2007). La biomasa desovante se define como la razón entre la producción diaria de huevos (huevos por unidad de superficie por día) y la fecundidad específica diaria de la población adulta (huevos por día por tonelada métrica) en el área de desove. La producción diaria de huevos se evalúa a partir de la producción total de huevos en la época reproductiva mediante un crucero ictioplanctónico. La fecundidad específica diaria de la población se determina a partir de muestras de peces adultos obtenidos simultáneamente, y de las cuales se determina la fecundidad media poblacional, peso promedio de hembras, frecuencia del desove y proporción sexual. Estos parámetros reproductivos, así como la producción diaria, son tasas instantáneas que permiten evaluar la biomasa en un instante determinado dentro del período reproductivo sin la necesidad de integrar toda la producción de huevos en una estación de desove completa (Cubillos *et al.*, 2011). El área de estudio se localiza en el centro-sur de Chile (33° - 41°20'S), zona identificada como principal área de desove de ambas especies.

Se dispone de información de 9 cruceros realizados desde el año 2002 hasta el 2012, durante el período de desove de este recurso con el objeto de evaluar la densidad de huevos y con ello generar una estimación o índice de biomasa desovante.



### Parámetros de la historia de vida

Para la implementación del procedimiento de evaluación se recoge el conocimiento de otros estudios que reportan información asociada a los parámetros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros. De esta forma, el proyecto tiene un rol de integración del conocimiento y utiliza los productos de todos los programas y proyectos de investigación para modelar la dinámica del recurso.

#### ii) Implementación del Modelo de Evaluación de stock

El stock de anchoveta de la V-X Regiones comenzó a ser evaluada oficialmente en 1996 por Barriá *et al.*, (1998) y (1999), con métodos estructurados por edad. En la actualidad el método ha sido empleado bajo un enfoque en edades agrupado en año calendario y que incorpora los siguientes elementos:

- Modelo de dinámica poblacional estructurada por edad,
- Modelos de las observaciones y penalizaciones a priori que permiten relacionar el modelo de dinámica con las observaciones;
- Identificación de la estructura del error a través de funciones de log-verosimilitud negativas; y
- Proceso de estimación de los parámetros desconocidos del modelo de dinámica a través de un algoritmo que minimiza la función objetivo total, contrastando las observaciones con las estimaciones deducidas del modelo de dinámica.

Sin embargo, la falta de robustez del modelo frente a nueva información, su baja capacidad de respuesta debido a la naturaleza de los datos (capturas en edades) y su baja dependencia con las composiciones de edades de las capturas, motivó la exploración de enfoques alternativos como los basados en información en tallas en escala temporal inferior al año. Canales *et al* (2010 y 2011) exploraron modelos anuales y semestrales con observaciones en tallas y dinámica en edades, esto con el objeto de reproducir de mejor forma la dinámica poblacional de este recurso. No obstante, las medidas “tradicionales” de la población tomadas en escala anual parecen ser incompatibles con el nuevo esquema de modelación el cual exige el uso de parámetros de crecimiento y mortalidad en escala semestral, modificando por ende la percepción de la productividad. En Zúñiga y Canales 2014 se presentó el modelo semestral con información en tallas actualizado, para ser considerado como un modelo alternativo. No obstante se presentará un análisis más avanzado en el informe final de este proyecto.

Por lo tanto, considerando que los enfoques alternativos no se encuentran validados aún, la actualización de la evaluación de stock y el cálculo de la captura permisible se continúa realizando con el Modelo Anual con información en Edades (MAE) como modelo base.



iii) Modelo Anual con información a la Edad (MAE)

El modelo de evaluación de stock de anchoveta de la V-X Regiones se basa en el análisis estadístico de la dinámica de estructuras de edad anual y pesos medios a la edad estimados del muestreo de tallas de los desembarques (período 1991 – 2014) y de los cruceros acústicos de verano (RECLAS, desde 2001 - 2015) y otoño (PELACES, desde 2007 - 2014), de los índices de biomasa de los cruceros MDPH (biomasa desovante, período 2002 - 2012) y acústicos (biomasa de reclutas en verano, desde 2000 -2015 y biomasa vulnerable en otoño, desde 2003 al 2014) y los desembarques totales (período 1991 – 2014). Las fuentes de información utilizados en la evaluación de sardina se resumen en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.**  
Resumen de los datos e información de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta V-X Regiones.

Datos de entrada	Período	Fuente de la información
<b>Desembarques totales anuales</b>	Desde 1991 hasta 2014	Estadísticas oficiales de desembarques, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca.
<b>Composición de talla/edad</b>	Desde 1991 hasta el año 2014	Monitoreo de la pesquería, de sardina común de la V-X Regiones realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos.
1) Flota		
2) Cruceros de verano	enero 2001 hasta <b>enero 2015 (preliminar)</b>	
3) Cruceros de otoño	desde mayo 2007 hasta mayo 2014	Evaluaciones hidroacústicas de los stocks de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones, realizada en Proyectos de Evaluación Directa por IFOP que son licitados por el Fondo de investigación Pesquera
<b>Biomasa acústica</b>	desde enero del 2000 hasta enero del 2015	
1) Cruceros de verano		
2) Cruceros de otoño	2003,2005-2007,2009-2014	
<b>Biomasa desovante</b>		Evaluaciones del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, que son licitados por el Fondo de investigación Pesquera.
1) Cruceros de huevos	2002,2004-2005,2007-2013	
<b>Pesos medios a la edad</b>	Desde 1991 hasta el año 2014	Monitoreo de la pesquería, de sardina común de la V-X Regiones realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos
<b>Madurez sexual a la edad</b>	Constante	Aranís <i>et al.</i> , 2006
<b>Mortalidad natural</b>	Constante	Cubillos <i>et al.</i> , 1998b



El modelamiento de la dinámica de la anchoveta es en escala año calendario, vale decir que el cumpleaños ocurre a inicios de año calendario (inicios de enero) por lo cual el desove al ser establecido en agosto corresponde a 0,58 del año. De igual manera, el crucero de verano representa a la población a inicios del año supuesto a fines de enero 0,083 mientras el crucero de otoño que ocurre en mayo, ocurriría a 0,33 del año. Por otra parte, el peso medio es empleado para generar las estimaciones tanto del crucero de otoño, MPDH y los desembarques, mientras que el peso calculado a inicios del año (inicios de enero) representaría el peso de la biomasa total y los cruceros de verano (RECLAS) (**Tabla 3**).

Los supuestos generales del modelo MAE de anchoveta de la V-X Regiones son los siguientes:

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

### Coefficientes de variación

Los coeficientes de variación que son empleados en los distintos índices de abundancia y capturas miden el nivel de desviación que el analista supone tienen los datos respecto del valor central verdadero como parte del error de observación. El coeficiente de variación tiene relevancia en las estimaciones pues es inversamente proporcional con el peso que tiene una determinada fuente de datos en la verosimilitud total.

Por ejemplo y como medida de referencia, para dos series de índices con igual número de observaciones, un  $cv=0,1$  (ie. un IC al 95% de  $\pm 20\%$  la media) tiene un peso en la verosimilitud total de 4 veces más respecto del índice que asume un  $cv=0,2$ . En este razonamiento a menudo se supone que el modelo representa la naturaleza de manera perfecta, lo cual ya es cuestionable y por



ende el establecimiento de ponderadores es un punto de debate. Este tema ha sido recientemente discutido por Francis (2010) sin que por ahora se disponga de reglas claras para su determinaci3n, sino m3s bien criterios a tomar en cuenta.

Estos factores son a menudo consensuados entre especialistas y es com3n asumir desviaciones que reflejen el nivel de credibilidad relativa que se tienen a ciertas piezas de informaci3n. Com3nmente se asignan bajos niveles de incertidumbre a los desembarques y mayores a los cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones directamente asociadas con la mortalidad por pesca, mientras las estimaciones de biomasa de cruceros est3n sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones de una poblaci3n “no observable”, lo que en definitiva insta a suponer que ellos tienen mayor incertidumbre y/o son tratados como medidas relativas de abundancia.

Francis (2010) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, es decir, un an3lisis exploratorio que considere aquel coeficiente de variaci3n te3rico que resulta de aplicar el “mejor” modelo de tendencia central a los datos aislados. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluaci3n de stock sino de la variabilidad de los datos.

Este procedimiento fue aplicado a las biomاسas estimadas en los cruceros ac3sticos. Polinomios de orden 2 y 3 se emplearon como estimadores de tendencia central (Canales *et al*, 2012) lo que gener3 valores de  $cv=0,99$  para el crucero de verano y un  $cv=0,67$  para el crucero de oto3o. Para fines de evaluaci3n se consider3 como referente este 3ltimo valor aproximado a  $cv=0,3$  ya que de otro modo imposibilitar3a el uso de esta serie como 3ndice de abundancia. No obstante esto, el ajuste del modelo genera estimaciones de error cuadr3tico medio mayores, lo que confirm3 la alta variabilidad de los datos seg3n la din3mica poblacional que ha sido modelada (**Tabla 2**). Al respecto, en el (Canales y Z3niga, 2012) se presenta un an3lisis de simulaci3n en el cual y pese a una gran variabilidad de los datos, el modelo MAE sigue las tendencias de la poblaci3n pero con mayor inexactitud en las estimaciones de biomاسas.

**Tabla 2.**  
Coeficientes de variaci3n a priori y posteriores estimados para los cruceros ac3sticos (RECLAS y PELACES) y MDPH.

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

Con respecto a los CV de las capturas, debido a que existe poca o ninguna informaci3n en los datos y estructura del modelo para estimar la captura total, el modelo se ajusta asumiendo que las



capturas se conocen exactamente o con altos niveles de precisión. Bajo este supuesto, las estimaciones de N del modelo y los parámetros de separabilidad permitirían determinar F anual. Sin embargo, para la ecuación de Baranov, no existe una solución analítica para los valores de F, por lo tanto se deben tratar como parámetros estimables, pero altamente limitados (CV bajos) de tal manera que las capturas totales se puedan estimar de manera muy precisa.

El peso relativo designado a la estimaciones de captura total al ajustar el modelo de evaluación fue debatido durante el taller de revisión por pares de sardina común, donde se consideró que la limitación sobre los F efectivamente utilizada fue débil (CV=10%). Se sugiere un CV =1% asumiendo que las capturas son conocidas exactamente, lo cual fue considerado también para la anchoveta V-X regiones.

Adicionalmente, los Cvs estimados para la biomasa desovante estimadas a partir de los cruceros de huevos exceden el 55% en general y en dos de los nueve cruceros las estimaciones exceden el 100%. En el modelo de evaluación se asume como mucho más informativos que lo indicado a partir de los resultados reales del crucero asignando el mismo peso que a los resultados de los cruceros acústicos CV=30%. En el taller de la revisión por pares de sardina común se sugiere que las estimaciones del crucero de huevos no tendrían un contenido de información real o muy poco con relación al tamaño del stock desovante y por lo tanto, incluir un CV=30% es poco realista, y puede dar lugar a ruido y a estimaciones inapropiadas. Se sugiere eliminar el índice de crucero de huevos o aumentar considerablemente la varianza asumida. En Zúñiga y Canales, 2014 se presentaron los resultados de los cambios en los supuestos mencionados anteriormente y la comparación entre caso base actual y el anterior.

### Tamaño de muestra

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

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

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



**Tabla 3.**  
Resumen de los principales supuestos del modelo de evaluación anual con información a la edad (MAE) asociados a los datos observados.

<b>Datos observados</b>	<b>Supuestos</b>
Desembarques total anual	Representa a la captura total del período anual. Se considera continua al interior del año. La desviación estándar supuesto como parte del error de observación <b>CV= 0,01</b>
Biomasa acústica de verano	Representa a la biomasa que ocurre a inicios del año, supuestos a fines de enero, (0,083 del año). Desviación estándar supuesto como parte del error de observación <b>CV= 0,3</b>
Biomasa acústica de otoño	Representa a la biomasa que ocurre en mayo, 0,33 del año. Desviación estándar supuesto como parte del error de observación <b>CV= 0,3</b>
Biomasa desovante MPDH	Representa a la biomasa desovante establecida en agosto, 0,58 del año. Desviación estándar supuesto como parte del error de observación <b>CV= 100</b>
Peso medio anual	Es el peso medio empleado para generar estimaciones de biomasa acústica de otoño, desembarques y biomasa desovante
Peso medio a inicios del año	Representa al Peso a inicios del año (enero) Empleado para generar estimaciones de biomasa total y biomasa acústica de verano
Composición de edad flota	Representa la distribución de los ejemplares que están presente en la captura total por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación <b>nm = 50</b>
Composición de edad Crucero verano	Representa la distribución de los ejemplares que están presente en la captura del crucero de verano (enero) por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación <b>nm = 30</b>
Composición de edad Crucero otoño	Representa la distribución de los ejemplares que están presente en la captura del crucero de otoño (mayo) por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación <b>nm = 5</b>



Las ecuaciones, supuestos y estimación de parámetros del modelo de evaluación empleado se presentan en los **ANEXOS II**.

### Selectividad

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

### Capturabilidad

Con respecto a la capturabilidad del crucero de otoño, está es estimada en torno a 1 sujeto a una distribución a priori, mientras en el crucero de verano es un parámetro que puede ser estimado libremente por el modelo. Al respecto, en el taller de Revisión Por Pares (RPP) de sardina común se discutió sobre los problemas asociados con la corrección de orilla, la composición de especies, frecuencia de talla, cardúmenes no detectados y corrección de superficie y costa, etc de los cruceros acústicos. Existe la posibilidad de dar lugar a estimaciones considerablemente menores o mayores que la abundancia real. En base a esto, no existiría una razón a priori para asumir que  $q$  en un crucero debería ser más cercano a 1 que en el otro, ni que  $q$  para cualquiera de los cruceros es cercano a 1. Por lo tanto se asume un prior no informativo como elección más apropiada para el caso base actual.

#### iv) Documentación del modelo de evaluación

Todos los códigos fuente y datos empleados en las evaluaciones serán debidamente documentados e informados detalladamente, incluyendo su versión digital (tanto en R como en ADMB), estableciéndose una numeración específica para cada versión. Cualquier modificación del modelo y/o de su correspondiente código será informado detalladamente en el informe respectivo, dejando constancia de todas las versiones que se emplearon hasta la fecha en que se emite el informe y definiendo específicamente la versión que se empleará en éste, para fines de revisiones posteriores.

#### v) Comprobación de la pertinencia, consistencia y error del modelo de evaluación

Con el fin de asegurar la aplicación del mejor modelo de evaluación, así como su pertinencia, consistencia e incertidumbre resultante, se considerará los siguientes procedimientos:



- a) Análisis del error de procesos subyacente al modelo de evaluación seleccionado, (y los alternativos, cuando corresponda).
- b) Análisis retrospectivos para probar la consistencia de la evaluación, empleando el mismo conjunto de datos empleados. Este análisis permitirá evaluar la robustez del modelo frente a nuevas piezas de información lo que también permitirá validar el modelo de análisis. Este análisis consiste en una validación cruzada de naturaleza sistemática en la que es removido secuencialmente el último año de información y se evalúa su impacto en las tendencias poblacionales.
- c) Presentación gráfica del ajuste del modelo a los datos observados y bondad de ajuste mediante diagrama QQ que permitirá evaluar si los valores estimados se apartan significativamente del supuesto inicial, esto es, que las observaciones son una muestra aleatoria de una distribución log-normal con media y varianza conocida. Si los datos se aproximan significativamente a la relación lineal implica entonces que el supuesto es adecuado para los datos analizados.
- d) Análisis de residuales de los principales indicadores de abundancia. Se entregarán los residuales frente a los valores predichos para ver si la varianza residual es constante, los residuales del modelo frente a las variables explicativas (año) para determinar si la varianza es homogénea entre los años, un histograma de los residuos para ver si hay normalidad y un diagrama qqplot de los residuos que indica linealidad, y
- e) Evaluación del desempeño del modelo base con los modelos alternativos mediante técnicas gráficas simples (datos vs modelos), complementado con análisis de los ajustes.

### 3.2.3. Estatus

#### i) Indicadores del estado del stock

El estado del recurso se estableció en base a la posición relativa de la biomasa desovante y mortalidad por pesca relacionada a la explotación pesquera v/s Puntos Biológicos de Referencia (PBR) basados en el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS). En el contexto de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) se establece que las pesquerías deberán alcanzar o mantenerse en torno del RMS considerando las características biológicas de los recursos explotados. El RMS se produce cuando el stock desovante se reduce notablemente antes que el reclutamiento se vea impactado, en promedio, para lo cual exige, se estimen los siguientes PBRs:

- Biomasa desovante en el Rendimiento Máximo Sostenible ( $BD_{RMS}$ ), bajo la cual el recurso califica en sobre-explotación.
- Mortalidad por Pesca en el Rendimiento Máximo Sostenible ( $F_{RMS}$ ), sobre la cual el recurso califica en sobre-explotación.
- Biomasa desovante límite ( $B_{LIM}$ ) bajo la cual una pesquería califica de agotada o colapsada.



- Mortalidad por Pesca l3mite ( $F_{LIM}$ ) a partir de la cual el recurso califica en sobrepesca.

En este informe se presenta el Marco Biol3gico de Referencia establecido por el Comit3 Cient3fico T3cnico- Pesquer3as de Pequeos Pel3gicos (CCT-PP) en base a los avances realizados durante el 2013 y 2014 en la determinaci3n de Puntos Biol3gicos de Referencia (PBR) y del Rendimiento M3ximo Sostenido (RMS) del proyecto "Revisi3n y estimaci3n de los PBR (Rendimiento M3ximo Sostenido) para las principales pesquer3as nacionales" (Pay3 *et al.*, 2014), proyecto ejecutado por IFOP que cont3 con la consultor3 de investigadores de prestigio internacional, con los cuales se realizaron tres talleres de trabajo, contando adem3s con la participaci3n de investigadores nacionales. El desarrollo de la estimaci3n de PBRs para sardina com3n se detalla en **ANEXO I**.

## ii) Puntos Biol3gicos de Referencia

### Estimaci3n de $F_{RMS}$

Ante la incertidumbre en la relaci3n stock-recluta de los pel3gicos pequeos, la determinaci3n de  $F_{RMS}$  est3 basado en el an3lisis de rendimiento por recluta de din3mica combinada (Beverton & Holt, 1957) que describen el cambio de la biomasa de una cohorte o clase anual por efectos de la mortalidad natural y la pesca. La biomasa adulta o desovante por recluta (BDPR) es obtenida en funci3n de la mortalidad por pesca ( $F$ ), y en esta curva es factible identificar el nivel de referencia biol3gico 60%BDPR que se supone deber3a minimizar el impacto de la pesca sobre el stock, permitiendo el escape en torno al 60%, respecto del valor que existir3a en ausencia de explotaci3n pesquera.

- Din3mica de la abundancia:

$$N_a = R = 1$$

$$N_{a+1} = N_{a-1} \exp(-(s_{a-1}F + M))$$

$$N_{a_m} = N_{a-1} \exp(-(s_{a-1}F + M)) / (1 - \exp(-s_{a_m}F + M))$$

donde  $N_{a+1}$  es la abundancia en n3mero a la edad  $a+1$ ,  $s_{a-1}$  corresponde a la selectividad edad espec3fica,  $M$  es la mortalidad natural y  $F$  la mortalidad por pesca.

- Biomasa desovante por recluta (BDPR)

$$BDPR_{F=0} = \sum_{a=0}^t N_a \exp(-d_t M) m_a \bar{w}_a$$

$$BDPR_{F_{RMS}} = \sum_{a=0}^t N_a \exp(-d_t (s_a F_{RMS} + M)) m_a \bar{w}_a$$



donde,  $d_t$  es la fracci3n del a1o donde ocurre el desove ,  $m_a$  es la fracci3n de peces maduros a la edad y  $\bar{w}_a$  es el peso medio a la edad.

Con el objeto de resolver el par3metro  $F_{RMS} = 60\%BDPR$  se utiliz3 la siguiente funci3n objetivo;

$$f = \left( \frac{BDPR_{F_{RMS}}}{BDPR_{F=0}} - 0,60 \right)^2$$

### Estimaci3n de $BD_0$ , $BD_{RMS}$ y $BD_{LIM}$

A continuaci3n se describe el m3todo recomendado por CCT-PP y que acoge lo propuesto en talleres de PBRs para calcular los puntos de referencia proxies  $BD_0$ ,  $BD_{RMS}$  y  $BD_{LIM}$ :

1. Encontrar un per3odo hist3rico (de preferencia largo) en el que la Biomasa Desovante (BD) haya estado aproximadamente en un equilibrio din3mico (es decir, no un equilibrio determinista basado en la relaci3n stock-recluta). La condici3n base ser3a tomar la serie temporal hist3rica completa, a menos que exista una raz3n clara para tomar algo distinto. Calcular el promedio de BD y la mediana de F estimadas de la evaluaci3n de stock durante el per3odo seleccionado. (nota: la raz3n para estimar el promedio de BD pero la mediana de F ( $F_{mh}$ ) es porque la distribuci3n de F se espera que sea cercana a la log-normal mientras que la distribuci3n de BD se espera que sea cercana a la normal; adem3s, el objetivo es encontrar valores 3nicos de F y BD que se podr3an corresponder entre s3 (aproximadamente) en equilibrio, por lo que la mediana de F, el cual disminuye efectivamente el peso de la influencia de los valores altos de F en la serie hist3rica, podr3a estar asociado a valores altos de BD en equilibrio (y la media a menudo tiende a ser mayor que la mediana).
2. Calcular el  $\%BDPR(F_{mh})$  y  $\%BDPR(F_{RMS})$ .
3. Sustraer el 5% (=0,05) de  $\%BDPR(F_{mh})$  y  $\%BDPR(F_{RMS})$  para obtener una aproximaci3n para el  $\%BD$  (donde el  $\%BD$  denota  $BD/BD_0$ ) para el cual  $F_{mh}$  y  $F_{RMS}$  correspondiente. Como un ejemplo, si  $\%BDPR(F_{mh}) = 0,35$ , el correspondiente  $\%BD(F_{mh})$  es 0,30, y si  $\%BDPR(F_{RMS})=0,60$ , el correspondiente  $\%BD(F_{RMS})$  es 0,55.
4. La raz3n BD promedio /  $\%BD(F_{mh})$  entrega una estimaci3n de  $BD_0$ , y forma la base para el c3lculo de  $BD_{RMS}$  (paso 5) y  $BD_{LIM}$  (paso 6).
5. C3lculo de  $BD_{RMS}$  (proxy) como  $\%BD(F_{RMS}) \times BD \text{ promedio} / \%BD(F_{mh})$ .
6. C3lculo de  $BD_{LIM}$  (seleccionado como 27,5 $\%BD_0$  para todos los stock de sardina y anchoveta) 3 50 $\%BD_{RMS}$ .



### iii) Diagrama de fases de explotación

El estado del recurso se estableció en base a la posición relativa de la mortalidad por pesca y biomasa desovante versus los puntos biológicos de referencia basado en el rendimiento máximo sostenible (RMS), tales como,  $F_{RMS}$  y  $BD_{RMS}$ . De este modo se obtienen los indicadores del estatus ( $F/F_{RMS}$  y  $BD/BD_{RMS}$ ) que permiten construir un diagrama de fase, donde los puntos de referencia biológicos se muestran en las líneas verticales y horizontales en 1. Las líneas verticales indican la biomasa desovante en el rendimiento máximo sostenible ( $BD_{RMS}$ ), bajo el cual el recurso califica en sobre-explotación y biomasa desovante límite ( $BD_{LIM}$ ) bajo el cual una pesquería califica de agotada y/o colapsada y la línea horizontal el punto de referencia correspondiente a la mortalidad por pesca en el rendimiento máximo sostenible ( $F_{RMS}$ ), sobre la cual el recurso califica en sobre-explotación. La **Figura 2** muestra el diagrama de fase definido por el CCT-PP para las pesquerías de pelágicos pequeños. 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 a su máximo rendimiento sostenido". Debido a la variabilidad natural en las condiciones ecológicas y ambientales,  $F_{RMS}$  no es estática, pero fluctuará alrededor de  $BD_{RMS}$ . Para reconocer esta variabilidad, una definición operativa para la región de Plena Explotación se define que se extiende a ambos lados de los puntos de referencia de RMS. Adicionalmente, el CCT\_PP incorporó el concepto de sobrepesca, precisó algunas definiciones y se pronunció respecto a la zona de plena explotación, según consta en acta número 5 (11 al 14 de noviembre de 2014). Los aspectos más relevantes son los que a continuación se describen:

**Sobrepesca:** Este Comité consideró necesario diferenciar al interior de la zona de sobreexplotación definida por la LGPA, el área de sobrepesca, con el objeto de aplicar las medidas de Administración más acordes con dicha condición. En tal sentido, la sobrepesca ocurriría cuando la mortalidad por pesca  $F$  (variable de flujo y de control) exceda un valor considerado umbral o límite que en este caso, corresponde al valor superior, en mortalidad por pesca (valor relativo al objetivo), de la zona de plena explotación.

**Sobreexplotado:** En correspondencia con la definición anterior, la sobreexplotación ocurriría cuando la biomasa (variable de estado) cae bajo un valor umbral o límite, correspondiendo éste al valor inferior en biomasa (valor relativo al objetivo) de la zona de plena explotación.

**Rango de Plena Explotación:** El CCT-PP recomendó por consenso los siguientes rangos que definen la condición de Plena Explotación de los recursos pelágicos, considerando los siguientes límites en biomasa y el correspondiente par ordenado en mortalidad por pesca:

- Límite bajo el objetivo de manejo = 10% Bajo  $BD_{RMS}$ : Este criterio tiene como propósito el establecimiento de una banda estrecha en torno al RMS, que genere un área no deseada pequeña que en lo posible sea menor o igual al área de incertidumbre total del sistema, donde la biomasa está bajo la biomasa objetivo y a su vez, la mortalidad por pesca es mayor a la mortalidad por pesca objetivo. En consecuencia, el CCT-PP considera las numerosas recomendaciones en ciencia



pesquera, respecto al riesgo de llevar a los stocks a una condici3n de sobreexplotaci3n cuando se utiliza el RMS como objetivo de manejo, utiliza el concepto conforme al marco legal vigente y simult3neamente lo deja operando en la pr3ctica, como un punto biol3gico de referencia l3mite.

- L3mite sobre el objetivo de manejo =75%  $BD_0$  (o 35% sobre  $BD_{RMS}$ ): Para estos efectos el Comit3 rescata3 elementos del enfoque ecosist3mico en especies de forraje, planteado recientemente por Pickitch *et al.* (2012).

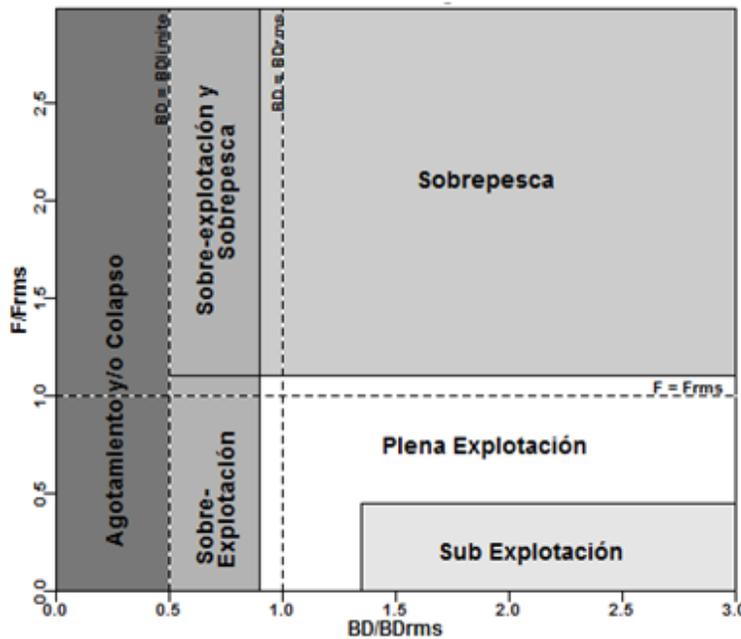


Figura 2. Diagrama de fase definido por el CCT-PP para las pesquer3as de pel3gicos peque3os.



### **3.3. Objetivo específico 3:**

*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.*

En base al modelo conceptual de la dinámica del stock de anchoveta entre la V – X Regiones se sustentará el enfoque y modelo de evaluación, que permitirá asesorar al Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas Pequeñas en los análisis de la productividad del stock y de sus posibilidades de explotación, considerando los parámetros e indicadores estimados por el modelo de evaluación de anchoveta, con su incertidumbre asociada. Estos análisis estarán en coherencia a los requerimientos de las reglas de decisión establecidas en los Planes de Manejo o de recuperación respectivos, conforme al marco legal y normativo vigente, considerando la incertidumbre global de los análisis que lo sustentan.

#### **3.3.1. Asesoría orientada hacia el manejo tradicional de la pesquería de sardina común sobre la base de la “mejor evaluación del estatus”.**

La pesquería de anchoveta ha sido manejada históricamente de manera monoespecífica, considerando la incertidumbre asociada a la evaluación de stock. El objetivo de conservación para ésta pesquería establece un nivel de biomasa reproductiva o desovante equivalente al 55%BD<sub>0</sub> del stock desovante en estado virginal (sin explotación), con una estrategia de explotación que consiste en aplicar una tasa de explotación constante, equivalente a la mortalidad por pesca F que determina el 55%BD<sub>0</sub>, definidas como F60%<sub>SPR</sub> definido por el Comité Científico Técnico Pesquerías de Pequeñas Pelágicas (**CCT\_PP**) para resguardar la incertidumbre en el éxito de la clase anual que reclutaría a la pesquería (Informe Técnico CCT-PP N°01/2015). Se considera, además, el establecimiento de un nivel de riesgo de no alcanzar el objetivo de conservación entre un 10% - 50%. El riesgo corresponde a una distribución de probabilidad acumulada y representa la probabilidad de no cumplir el objetivo de conservación, equivalente a mantener un stock parental robusto. De esta forma, el objetivo de manejo permite lograr un aprovechamiento eficiente de la biomasa del stock en el largo plazo.

La anchoveta es extremadamente dependiente del reclutamiento y por ende el nivel que tenga este parámetro poblacional los próximos años va a determinar directamente el nivel de captura en la pesquería. Lamentablemente el nivel de predicción de los reclutamientos es incierto corroborado en una estimación de error de proceso de los desvíos próximo a  $\sigma^2 = 0,82$  y superior al valor supuesto



$$\sigma^2 = 0,60.$$

En atenci3n a lo anterior, se considera las consecuencias de los probables estados de la naturaleza (i.e. pesimista, neutro y/o optimista) en un horizonte de 1 3 2 a1os plazo. Los probables estados de la naturaleza se generan a partir de las proyecciones de los escenarios de reclutamiento mediante el c3lculo de promedio de los valores que representan estabilidad o equilibrio, que en el caso de anchoveta corresponde al per3odo entre 1990-2008 y el valor promedio del per3odo que se supone representa mejor los niveles de baja productividad de la anchoveta los a1os m3s recientes entre los a1os 2008-2014.

- 1) Escenario de reclutamientos en equilibrio: considera el reclutamiento promedio desde 1990 hasta 2008, que representan estabilidad o equilibrio en los reclutamientos de anchoveta.

$$Rp_{(a=0,t=a1o\ proyectado)} = \frac{\sum \bar{R} e^{\varepsilon_{(1990-2008)} + 0,5\sigma_R^2}}{n_{(1990-2008)}}$$

- 2) Escenario de reclutamientos recientes: considera el reclutamiento promedio desde 2008 hasta el a1o actual, que representa el cambio de la productividad del stock de anchoveta.

$$Rp_{(a=0,t=a1o\ proyectado)} = \frac{\sum \bar{R} e^{\varepsilon_{(2008-a1o\ actual)} + 0,5\sigma_R^2}}{n_{(2008-a1o\ actual)}}$$

Donde  $Rp$  corresponde al reclutamiento proyectado al a1o  $t$ ,  $\bar{R}$  al reclutamiento promedio,  $\sigma_R^2$  error de procesos de los desv3os de los reclutamientos,  $n$  es el n3mero de a1os recientes.

Finalmente, se realiza un an3lisis estoc3stico de las posibilidades futuras de explotaci3n de anchoveta en el mediano plazo (dos a1os) y los riesgos de no alcanzar los objetivos de conservaci3n, considerando la incertidumbre de estimaci3n de sus indicadores y los probables estados de la naturaleza. Los indicadores de desempe1o actualmente utilizados corresponde a:

- a) Probabilidad que la biomasa desovante futura sea menor a la biomasa desovante del M3ximo Rendimiento Sostenido, esto es  $BDp < BD_{RMS}$ .
- b) Probabilidad que la biomasa desovante futura sea menor a la biomasa desovante actual,  $BDp < BD_{actual}$ .
- c) CBA ante distintos niveles de riesgo de exceder la estrategia de explotaci3n

De acuerdo al ciclo de manejo hist3rico de esta pesquer3a, la recomendaci3n de CBA comienza despu3s de la veda reproductiva, donde se reporta la CBA inicial ("Segundo Informe de Estatus"), y

que permitirá al CCT\_PP establecer el estatus y recomendar el rango de CBA para el año siguiente. En enero de cada año, el crucero de evaluación hidroacústico permite estimar la abundancia y biomasa de reclutas (cruceo de verano, RECLAS), esta información junto a datos provenientes de la pesquería es utilizada para la primera revisión de la CBA (“Tercer Informe de Estatus”). En marzo se inicia el período de extracción y en mayo se realiza el segundo crucero de evaluación acústica (cruceo de otoño, PELACES) para actualizar el estatus y revisar una vez más la CBA (“Informe Final consolidado”) (Figura 3).

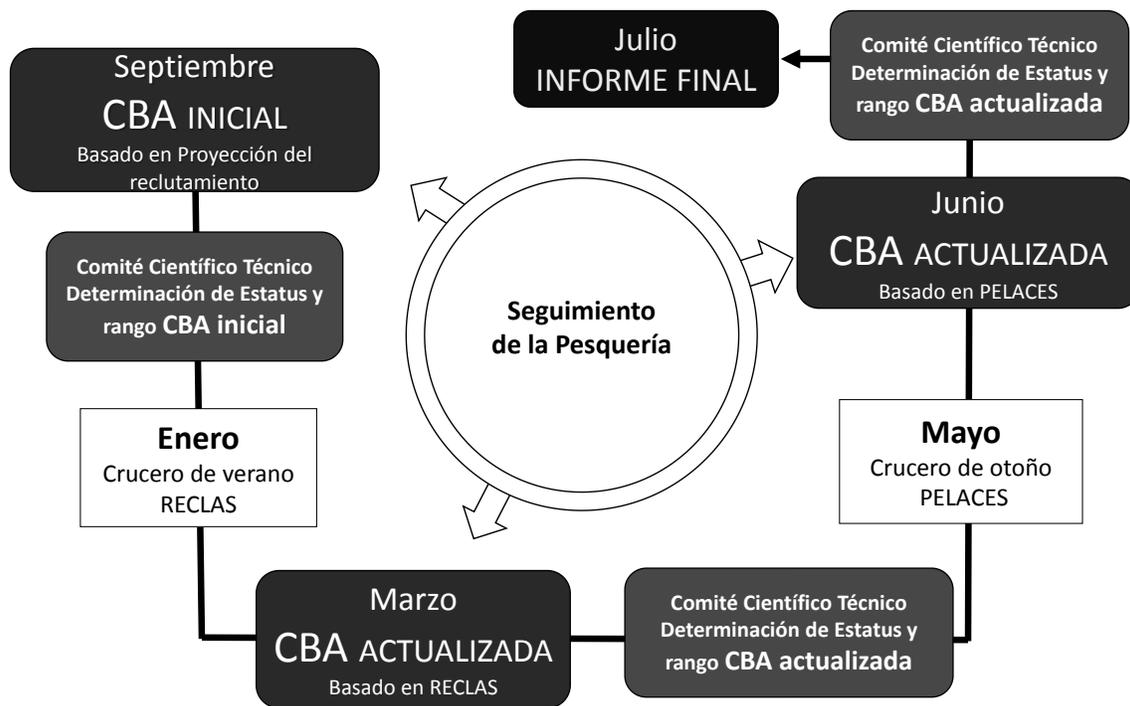


Figura 3. Procedimiento de manejo actual para anchoveta de la V-X Regiones.

### 3.3.2. Asesoría complementaria al manejo tradicional de pesquería, sobre la base de Evaluación de Estrategias de Manejo (MSE) para pelágicos pequeños

Actualmente, el manejo de la pesquería de anchoveta se basa en un “procedimiento tradicional”. Este procedimiento consiste en lograr la “mejor evaluación” de los recursos, sobre la base de un modelo de dinámica poblacional que integra todos los datos disponibles para comprender la situación del recurso en base a estimaciones poblacionales (reclutamiento, mortalidad por pesca, abundancia). La condición actualizada del recurso sirve para recomendar capturas biológicamente aceptables, proceso que se repite cada año. Al respecto, y entendiendo a la evaluación de stock como un componente de un sistema de manejo pesquero (McAllister *et al.*, 1999), un sector de la



comunidad internacional de científicos pesqueros sostiene que ésta debe ser re-enfocada desde su actual perspectiva táctica hacia la Evaluación de Estrategias de Manejo (**EEM**; Hilborn, 2003; Punt, 2008, Methot, 2009). En el contexto, la **EEM** ha sido evaluada mediante modelos operativos, definido como un modelo matemático estadístico utilizado para describir la dinámica “real” del recurso en pruebas de simulación y para generar datos de su monitoreo cuando el modelo es proyectado hacia el futuro (Rademeyer *et al.*, 2007).

Desde la perspectiva, los MOs son modelos que representan la situación subyacente de la pesquería (ej: la dinámica del stock, el comportamiento de los pescadores) y que capturan el conocimiento existente, los datos disponibles y también lo que no es conocido o aquello para lo cual no se tienen datos (ej: sub-reporte histórico o condiciones ambientales que afectarán los reclutamientos futuros; Kell *et al.*, 2006).

i) Diseño de un MO para la Evaluación de Estrategias de Manejo

Kell *et al.*, (2006) proponen una clasificación de cuatro formas de construir MOs en el contexto de la EEM, los que difieren en la cantidad de conocimiento, requerimientos de datos y complejidad de implementación:

- I) El MO es el modelo de evaluación de stock actualmente en uso. Aunque esto parece implicar que el modelo de evaluación describe la naturaleza de manera perfecta, de acuerdo con Lee *et al.*, (2011), la principal ventaja de usar el propio modelo de evaluación como una herramienta de simulación/estimación, es la facultad de controlar los errores de especificación del modelo.
- II) EL MO es un modelo que puede representar todos los datos disponibles. El valor de los parámetros del MO está sólo basado en los datos de la pesquería bajo consideración. El MO no necesita ser igual al modelo de evaluación de stock. En modelos Bayesianos, todas las priors son no informativas, con el fin de permitir sólo la expresión de los datos.
- III) Igual que en II, sólo que en modelos Bayesianos el conocimiento de los científicos, con relación a la validez de las fuentes de información, es descrito formalmente por priors. Las probabilidades que no provienen de los datos pueden provenir de otras fuentes, como por ejemplo meta-análisis.
- IV) Como en III, excepto que el énfasis se encuentra en el conocimiento experto y otra información a priori acerca de los procesos que pueden afectar el comportamiento del sistema.

Las principales fuentes de incertidumbre en el contexto de las evaluaciones de stock y de estrategias de manejo son: (i) error de proceso; (ii) error de observación; (iii) error de estimación; (iv) error de modelo, (v) error de especificación y (vi) error de implementación (Rosenberg y Restrepo, 1994; Francis y Shotton, 1997; Kell *et al.*, 2006).



Dado que el estado del arte en modelos de evaluación de stock frecuentemente incorpora sólo (i, ii y iii) un uso relevante de los MOs para validar modelo de evaluación de stock es la posibilidad de evaluar (iv), lo que se relaciona con la incertidumbre asociada a la estructura del modelo de evaluación. De acuerdo con Punt (2008), un resultado general de la EEM es que (iv) tiene un mayor impacto en el alcance de los objetivos de manejo que (i) y (ii). De acuerdo con esto, el MO necesita ser lo suficientemente complejo para capturar todos los procesos biológicos claves y en este contexto, varios MOs alternativos podrían ser implementados.

#### Implementación de un modelo operativo para la validación de modelos de evaluación de stock.

Para la validación de los modelos de evaluación de stock, el modelo operativo requiere como mínimo dos componentes: (1) el modelo de dinámica poblacional y (2) el modelo de las observaciones.

- (1) Modela la dinámica de la población de interés y su interacción con la pesquería, puede contener también interacciones ecológicas con otras poblaciones, perturbaciones ambientales o tendencias y componentes espaciales de la pesquería y de la dinámica de la flota.
- (2) Simula la recopilación de observaciones desde la población, la pesquería y otros procesos ambientales que puedan ser usados como datos de entrada en el modelo de la evaluación. Se asume que los datos así obtenidos reflejan el estado “real” de la población y que el error de muestreo adicionado incluye tanto el error sistemático como el aleatorio, pero cuya variabilidad es insesgada. Los tipos de datos modelados dependerán de los métodos de análisis de datos a utilizar (McAllister *et al.*, 1999).

El proceso de especificación de los valores de los parámetros del MO es denominado condicionamiento y en general involucra el ajuste del MO a los datos. Valores a priori basados en conocimiento experto, también pueden ser asignados (parámetros fijos) para asegurarse de contar con una mayor gama de modelos alternativos (Punt, 2008; Kell *et al.*, 2006).

El proceso de especificación de los valores de los parámetros del MO es denominado condicionamiento y en general involucra el ajuste del MO a los datos. Valores a priori basados en conocimiento experto, también pueden ser asignados (parámetros fijos) para asegurarse de contar con una mayor gama de modelos alternativos (Punt, 2008; Kell *et al.*, 2006).

El procedimiento de simulación/evaluación procede según el siguiente algoritmo.

1. Extraer aleatoriamente valores para los parámetros y desvíos, a partir de su distribución de probabilidad conjunta
2. Usando los valores de los parámetros y desvíos, generar un conjunto alternativo de datos para la pesquería y el stock disponible para la evaluación de stock (alternativamente y



dependiendo del objetivo de simulación, se puede proyectar el modelo hacia el futuro bajo opciones de manejo de interés).

3. Aplicación del método de evaluación de stock (o alternativamente también aplicar una regla de decisión al año proyectado para determinar la medida de manejo para el año siguiente).
4. Repetir los pasos anteriores N veces (alternativamente y dependiendo del objetivo, se puede determinar las consecuencias de la medida de manejo, especificando la captura del año siguiente a partir de la población “real” representada por el modelo operativo).

El desempeño del modelo de evaluación puede ser luego cuantificado, comparando los estimados para los N conjuntos de datos simulados con el valor “real” del MO, usando el estimador del sesgo relativo:

$$ERR = 100 \left( \frac{E - R}{R} \right)$$

Donde E es el valor estimado y R el valor “real”.

El uso de MO's abre una amplia gama de posibilidades de análisis, tales como el estudio de las fuentes de error en las evaluaciones, la prueba de diferentes métodos de evaluación de stock, controlar los errores de especificación, probar métodos de estimación de puntos biológicos de referencia o estudiar la robustez de diferentes estrategias de explotación, por mencionar algunos ejemplos ya citados. El modelo de estimación del ejemplo desarrollado es un subconjunto del MO. En el contexto de la evaluación de estrategias de manejo, Punt (2008) señala que el modelo de evaluación/estimación puede en principio ser bastante simple en tanto que idealmente la mayor complejidad la deberíamos encontrar en el MO utilizado para evaluar las estrategias. Además, la creciente atención dirigida hacia la evaluación de estrategias de manejo, probablemente incrementará la demanda sobre la comunidad de evaluadores de stock ya que promueve el abandonar el enfoque de tratar de identificar (y luego justificar) un único “mejor modelo”, en favor de la identificación de un rango apropiado de posibles modelos, los que son luego incorporados en la evaluación de la incertidumbre mediante simulación.

La implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo ha sido exitosas en varios stocks de peces en el mundo (Geromont et. al., 1999, Butterworth y Punt, 1999; Punt, 2006), siendo para el caso de pesquerías pelágicas de Sudáfrica el primer ejemplo documentado en pequeños pelágicos (Bergh y Butterworth, 1987; Butterworth y Bergh, 1993; De Oliveira y Butterworth, 2004). Este tipo de enfoques aún no ha sido completamente abordado en las pesquerías pelágicas de Chile. Algunos análisis se han focalizado en la evaluación de estrategias de explotación, como el estudio de Cubillos *et al* (2012), quienes analizaron mediante un modelo operativo estrategias de explotación de sardina común y anchoveta centro-sur, basados en la fuerza de los reclutamientos. Ellos establecieron un escenario para evaluar las estrategias de explotación actuales y una estrategia de explotación alternativa de naturaleza empírica y que se basa en la fortaleza de los reclutamientos evaluados acústicamente en enero de cada año (RECLAS) y la biomasa evaluada acústicamente



durante el crucero de otoño (PELACES). Por otro lado, Arteaga *et al.*, (2014) proponen 4 tópicos a considerar en la implementación de una evaluación de estrategias de manejo (EEM) en sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, en un marco de evaluación multi-específico y de manejo de carácter mixto. i) alternancia en la abundancia poblacional asociada a los pulsos de reclutamientos y capturas, ii) variabilidad temporal en la fuerza del reclutamiento, iii) estacionalidad del crecimiento cohorte y especie-específico, y iv) relación ambiente-recurso.

Al respecto, la Subsecretaría de Pesca solicita a IFOP una asesoría complementaria al manejo tradicional de pesquerías, sobre la base de una Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) para pelágicos pequeños. La implementación de EEM no deberá superar los dos años y al fin del primer año, se deberá implementar un piloto, con la pesquería de sardina común y anchoveta V-X Regiones.

En este contexto, inicialmente se utilizará como base la implementación de un modelo operativo desarrollado por Canales *et al.*, 2012, utilizado en una primera instancia para evaluar el desempeño de la configuración y estructura del modelo MAE empleado para la evaluación de stock de sardina común. El modelo operativo fue implementado en SCILAB, y los escenarios de datos fueron leídos por el modelo MAE (codificado en ADMB) con el objeto de generar series de biomásas y principales indicadores poblacionales. Se identificarán las estrategias de explotación alternativas que serán evaluadas para manejar la pesquería. La EEM que demuestre un buen desempeño será seleccionada para recomendar su implementación. El desempeño adecuado se medirá en términos de un resumen de estadísticos de desempeño acordados (por ejemplo, captura anual promedio alta y bajo riesgo de agotamiento del recurso), y en términos de si reúne las características de las partes interesadas, y demuestra razonable robustez entre un rango de posibles modelos operativos.



### **3.4. Objetivo específico 4:**

*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.*

#### **3.4.1. Avances en la reducción de brechas**

Se informan los avances alcanzados durante el desarrollo de éste estudio, conforme al Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC), elaborado por recurso y/o pesquería. Este PMCCAC no sólo se enfoca en las brechas de datos, información y conocimiento, sino que incluye la pertinencia, consistencia, calidad y coherencia de éstos con la situación general de la pesquería, acorde con los requerimientos de asesoría solicitados por la administración pesquera. Con esto, se desarrolla un análisis de la incertidumbre involucrada en los datos e información utilizada en la evaluación.

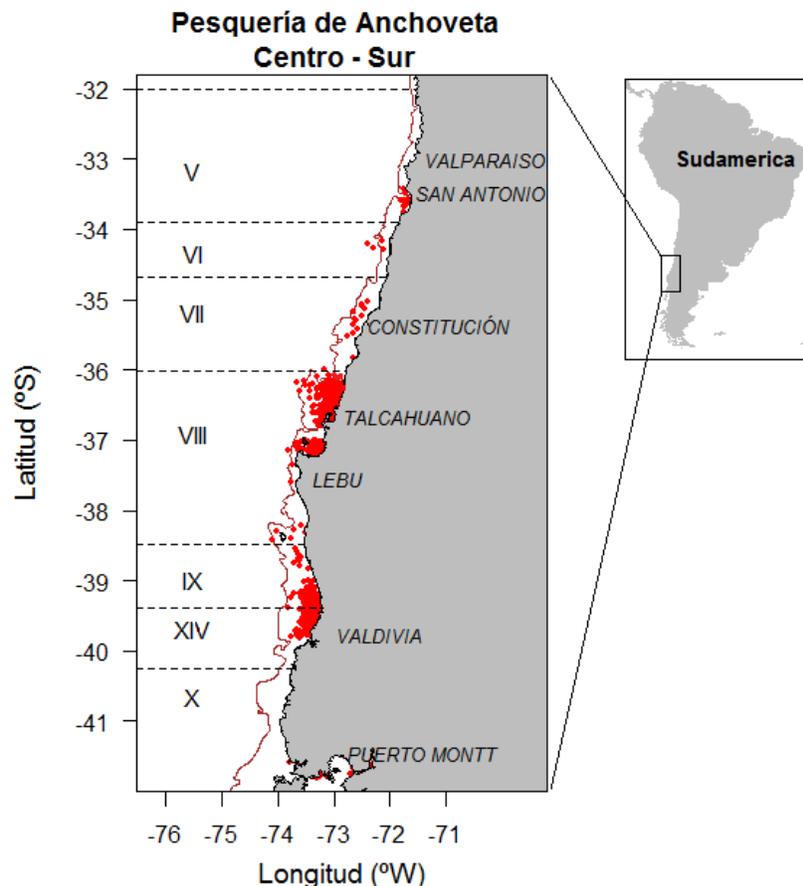
En este sentido, todo lo referido a sistemas o procesos fuera del alcance de este estudio (i.e., información disponible, nivel de conocimiento del recurso, etc.) son consignados para conocimiento y fines de administración pesquera. No obstante, en el ámbito de responsabilidad directa de este estudio, se informa de todas las recomendaciones realizadas en el Taller de Revisión Por Pares Externa e Independiente (RPP-EI) con el objetivo de lograr la mejor aplicación del EME, conforme al estándar de análisis de la pesquería. Sobre la base de lo anterior, se incorporan los ajustes necesarios, proponiendo las acciones, actividades, metas, plazos y condiciones que se consideren necesarios para lograr disminuir las brechas identificadas y los requerimientos para alcanzar los estándares de asesoría previamente definidos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Antecedentes generales

#### 4.1.1. Antecedentes de la pesquería

El área de estudio está definida por la extensión de la unidad de pesquería comprendida entre los límites de la V a X Regiones en la cual concurren flotas artesanales e industriales, siendo la primera de estas la más importante con una participación promedio del 70% en las capturas oficiales. (Figura 4). Los mayores desembarques se registran en un 90 y 95% entre la V y VIII Región (San Antonio, Talcahuano y Coronel). La actividad pesquera opera en profundidades que no sobrepasan los 50 m y en un margen costero en promedio próximo a las 30 millas náutica desde la costa.



**Figura 4.** Distribución espacial de datos provenientes del muestreo biológico realizado por IFOP para el monitoreo de la pesquería de anchoveta. La línea color café corresponde a la isóbata de los 200 m.



Durante la década de los noventa, la flota cerquera de la zona centro-sur incrementó significativamente sus capturas alcanzando en promedio las 400 mil toneladas por año, destacándose el año 1999 cuando alcanzó casi el millón de toneladas extraídas. La extracción de pequeños pelágicos del período 1995-2000, estuvo marcada por condiciones ambientales “El Niño” 1997-1998 que se tradujo en alteraciones de las comunidades costeras pelágicas, especialmente sobre el jurel, observándose una alta e inusual presencia de ejemplares de tallas pequeñas en la pesquería centro-sur. Este hecho generó la distorsión de los desembarques de sardina común y anchoveta durante los años 1999-2001, impulsado por evadir multas y declarar menos jurel (Aranís, 2011).

En la actualidad no se disponen de estudios formales sobre niveles de descarte y/o sub-reportes en esta pesquería, pero existen antecedentes que señalan que los desembarques del primer semestre 1999 y 2000 resultan ser muy altos para lo que en ese entonces se supone era la población de anchoveta y sardina común. Por lo tanto, la serie de desembarques anuales oficiales fue corregida por investigadores de IFOP, considerando los niveles de sub-reportes de jurel durante los años 1998 – 2001, que indican que los desembarques de anchoveta fueron incrementados entre un 7,6% hasta un 19% (**Figura 5**).

El año 2000 la pesquería es reconocida bajo régimen de plena explotación, por lo cual se aplica la medida de administración pesquera denominada Límite Máximo de Captura por Armador correspondiente a fijar Cuotas Globales Anuales de Captura. En la última década los desembarques han tenido en torno a las 266 mil toneladas. Desde el 2002 hasta el 2007 se caracterizó por un sostenido crecimiento de los desembarques, período en el cual las capturas totales se triplicaron en respuesta a un período de mejores niveles de abundancia de este recurso. A partir del año 2008 se observa una caída en las capturas llegando a las 74 mil toneladas el año 2012 (**Figura 5**). Recientemente, SERNAPESCA ha recopilado datos de la composición de capturas artesanales en 2008 para los viajes verificados y no verificados después de aplicada las cuotas de sardina y anchoveta centro-sur, evidenciando un importante nivel de sub-reporte cercano a un 90% de las capturas de ambos recursos. Para propósitos de la evaluación de stock, se hace necesario analizar esta información para incorporar la corrección correspondiente a dicho periodo.

La evolución histórica de las Cuotas Globales de Captura de anchoveta asignadas a la unidad de pesquería V-X Regiones, entre el año 2001 y 2013 se muestran en la **Figura 7**. En general, los desembarques artesanales e industriales han seguido los niveles de cuota, excepto para los años 2006 y 2007 donde el desembarque artesanal supera casi 2 veces los niveles establecidos. El año 2011 y 2012 se asignaron las cuotas más bajas de la serie histórica.

La pesquería de anchoveta está muy asociada a la de sardina común con la cual presenta una importante interacción tecnológica y biológica. Estas características originan operaciones de pesca mixta, con alternancia de dominio intra e inter anual (**Figura 6**). Considerando que anchoveta conforma una pesquería mixta junto con sardina común en las Regiones V-X Regiones y con el objeto de dar viabilidad a la pesquería en su conjunto, el año 2013 se recomienda establecer una



cuota global total de anchoveta de 120.000 toneladas. Destinando para ello, una fracción de la cuota correspondiente al sector artesanal de la VIII región, para que sea capturada en calidad de fauna acompañante en la pesca dirigida a la sardina común, a objeto de que sea imputada luego que la cuota de anchoveta asignada en calidad de especie objetivo haya sido consumida en su totalidad por efectos de la pesca. Para tales efectos, se consideró como fauna acompañante, no sobrepasar el 49% de la captura de anchoveta medido en peso respecto de la suma de las capturas de anchoveta y sardina común por cada viaje de pesca (RPESQ 2013). Así mismo, la Cuota Global Anual (CGA) 2014 se estableció entre un 7 y 13% de la captura de sardina común. Esta asignación de CGA 2014 coincide con el establecimiento del nuevo Reglamento (D:S: N° 77, Mayo 2013) dispuesto en la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) que establece que las pesquerías deberán alcanzar o mantenerse en torno del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) considerando las características biológicas de los recursos explotados. La nueva LGPA estableció que el Comité Científico Técnico será quien recomiende el marco biológico de referencia, estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable (CBA) (**Figura 6**).

Los desembarques presentan una fuerte estacionalidad observándose los mayores niveles de captura en el primer semestre del año, preferentemente en abril (**Figura 8**). La fuerte disminución de las capturas en julio, estaría asociado a una menor disponibilidad del recurso, básicamente porque la flota industrial no puede acceder a la zona de reserva artesanal de las 5 mn, donde el recurso mayormente se concentra, y por efecto de las vedas. Se observa una relación polinómica entre la biomasa acústica de verano y los desembarques anuales de anchoveta, explicada por una tendencia positiva entre los años 2002 y 2008 y luego negativa entre 2009 y 2013 (excepto los años 2000, 2001 y 2003). La alteración del comportamiento reproductivo en los años 2011 y 2012 puede haber alterado la abundancia y distribución espacial del reclutamiento en los períodos estivales (**Figura 9**). Por otro lado, la relación entre los desembarques anuales y la biomasa del crucero de otoño (mayo) muestra una pendiente positiva (**Figura 10**), producto probablemente a la amplia extensión temporal del desove de invierno en anchoveta, que originaría pre-adultos y adultos que comienzan a migrar para congregarse en agregaciones pre-reproductivas entre abril y junio, permitiendo una mayor disponibilidad del recurso a la flota.

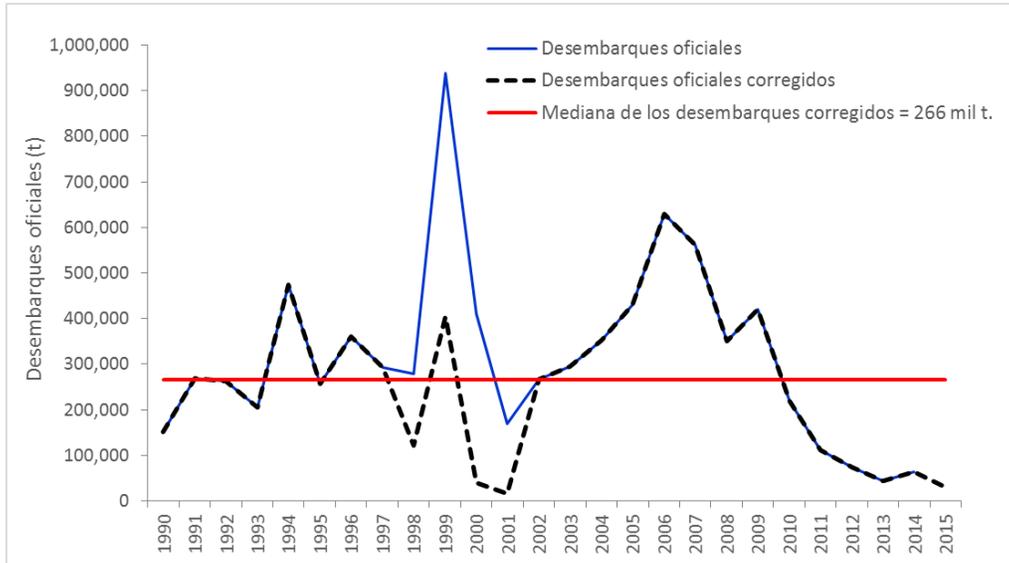


Figura 5. Desembarques (t) oficiales y corregidos de anchoveta de la V-X Regiones.

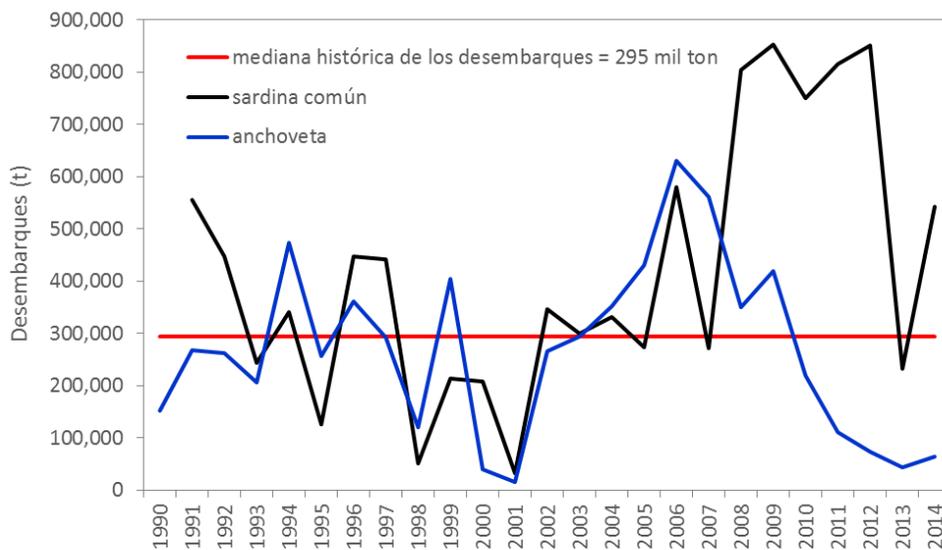


Figura 6. Desembarques oficiales corregidos de anchoveta y sardina común de las V-X Regiones.

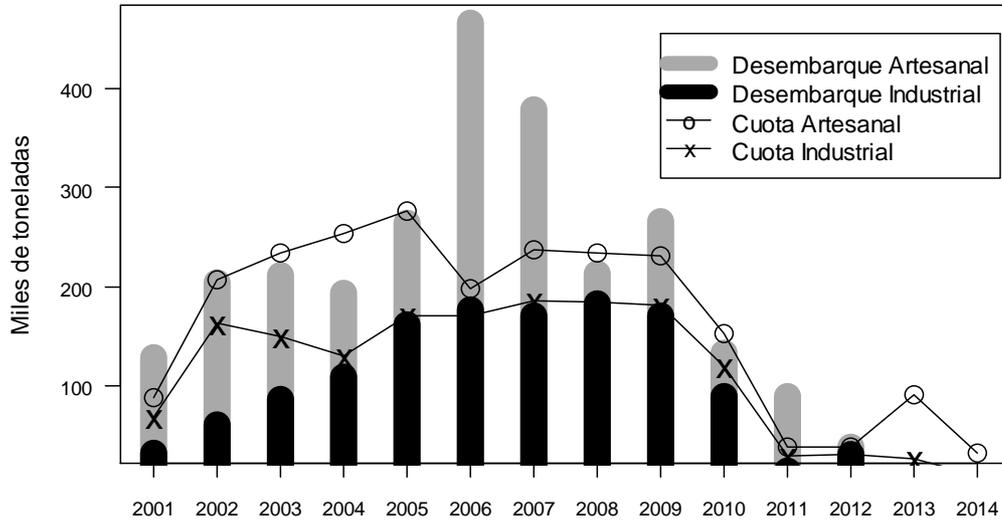


Figura 7. Relaci3n de desembarques y cuotas anuales de anchoveta por tipo de flota.

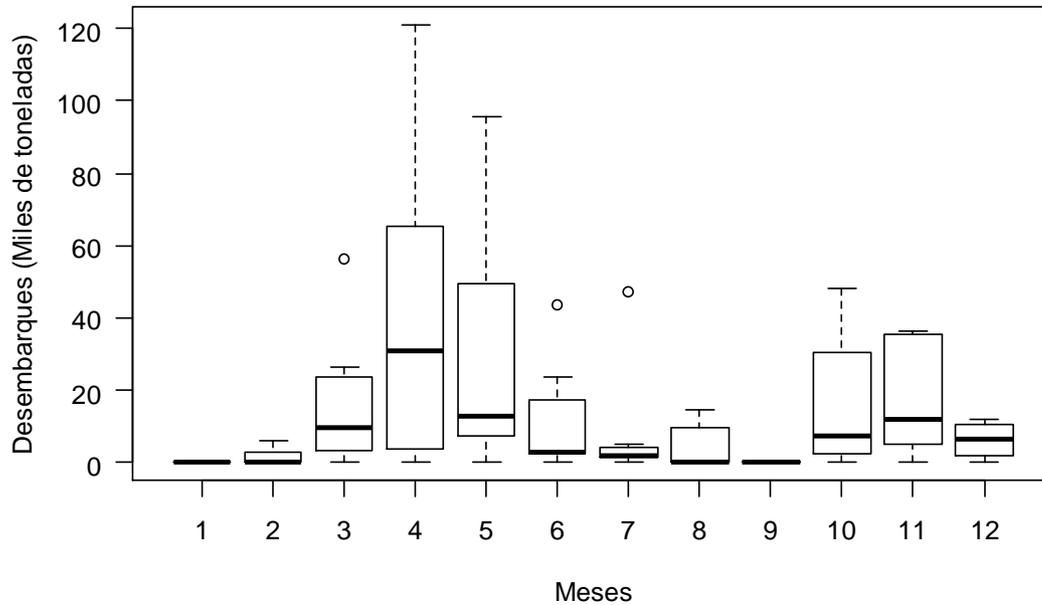
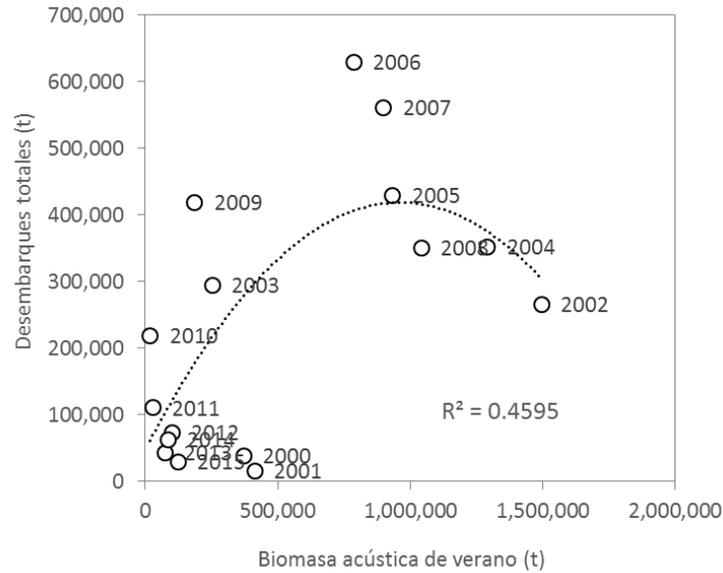
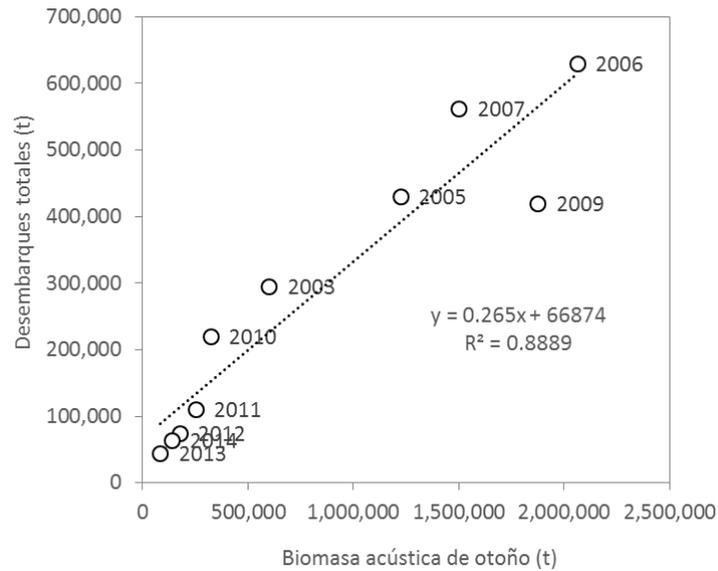


Figura 8. Capturas mensuales de las capturas de anchoveta realizadas entre 2007-2013.



**Figura 9.** Relaci3n entre desembarques total anual versus la biomasa acústica de verano (enero) del mismo ańo.



**Figura 10.** Relaci3n entre desembarques total anual versus la biomasa acústica de otońo (mayo) del mismo ańo.



#### 4.1.2. Sobre la administración Pesquera

##### i) Medidas de administración pesquera

La historia de la regulación pesquera del stock de sardina común y anchoveta centro-sur señala que esta fue considerada hasta 1999 como fauna acompañante de las Pesquerías de Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y por lo tanto, bajo régimen de acceso del jurel. El año 2000 es reconocida como Unidad de Pesquería entre el límite norte de la V Región hasta el límite sur de la X Región, y que se extiende longitudinalmente desde el límite oeste correspondiente a la línea imaginaria trazada a una distancia de 200 millas marinas, medidas desde las líneas de base normales (Ley N° 19.713, art. N° 47).

Es declarada bajo régimen de plena explotación, por lo cual es sometida a la medida de administración denominado Límite Máximo de Captura por Armador correspondiente a fijar Cuotas Globales Anuales de Captura (Ley N° 19.713, art. N°3). En la actualidad, se mantiene suspendida la recepción de solicitudes y el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca para el sector industrial (D.Ex N°756/2012). A partir del 31 de julio de 2011 y mediante RES (SUBPESCA) N° 2041/11 se suspenden transitoriamente por el lapso de un año las inscripciones en los registros artesanales categoría pescador artesanal, en las secciones de la pesquería de anchoveta y sardina común, en las Regiones V a X. Además se suspende transitoriamente la inscripción de la especie y su fauna acompañante en el RPA en todas sus categorías (R.Ex N° 2079/2012).

##### ii) Medidas de conservación biológicas

Las medidas de administración aplicadas sobre los recursos pesqueros, tienen por objetivo propender hacia la sustentabilidad de la actividad pesquera, lo cual se logra, entre otros aspectos, cautelando los procesos biológicos básicos del ciclo vital de las especies, esto es, el desove y el reclutamiento. En este marco, capturas excesivas de reclutas aumentan el riesgo de interrumpir el ciclo biológico de las especies, al disminuir la fracción recluta que a futuro integrará el stock parental, responsable último de la capacidad de reemplazo del stock.

Previo a la declaración de pesquerías en régimen de plena explotación, se habían establecido dos medidas de conservación biológicas (Veda por Reclutamiento y Reproductiva), las cuales se mantienen vigentes en la actualidad. El objetivo de las vedas biológicas, es disminuir la mortalidad por pesca del stock parental y la fracción juvenil, cuando estos son extremadamente vulnerables al poder de pesca de la flota cerquera. La condición de vulnerabilidad asociada a la veda reproductiva, se atribuye a la distribución espacio temporal del recurso, que describen la formación de densos cardúmenes costeros en la época de desove, lo que permite a la flota incrementar significativamente sus rendimientos.



### Veda por Reclutamiento.

La veda de reclutamiento permite proteger una fracción de la biomasa recluta que, en un corto plazo, será parte del stock parental y contribuirá finalmente a la renovación del ciclo vital y un mejor aprovechamiento del recurso (rendimiento). Con el objeto de proteger el proceso de reclutamiento de sardina común y anchoveta, el D.S: (MINECON) N° 239 de 1996, modificado por los D.S: (MINECON) N° 19 de 2004, 136 de 2005 y N°323 de 2010, estableció una veda para las Regiones V a IX entre el 10 de diciembre y el 5 de marzo del año siguiente. Para la XIV Región, entre el 1° de enero y 7 de febrero de cada año (D. Ex 1137/2011. MINECON), X región, entre el 15 de marzo hasta el 15 de mayo de cada año (D. Ex 35/2013. MINECON).

Mediante Resolución Exenta N° 191 del 2 de febrero de 2015, la Subsecretaría de Pesca autorizó al IFOP para realizar el estudio “Monitoreo del proceso de reclutamiento de anchoveta y sardina común en la V, VIII y IX Regiones, año 2015” durante el período de veda complementaria. Este estudio proporciona antecedentes actualizados y oportunos de su condición biológica, estructura de tallas, porcentaje de reclutas y proporción de especies por región.

La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, solicitó la asesoría del Comité en cuanto a la revisión de los indicadores biológicos para el establecimiento de la veda complementaria de reclutamiento de anchoveta y sardina común en la V-X regiones; incluyendo la definición de un período referencial (período amplio) en el cual se registra el proceso de reclutamiento y donde tales indicadores operan de manera automática, sin mediar la emisión de un Decreto específico (**CCT-PP Informe Técnico N°02/2015**).

El **CCT-PP** en primera reunión del año 2014 (29 a 31 enero), brindo asesoría sobre definición de indicadores y criterios orientados al establecimiento de vedas de reclutamiento complementarias a la actualmente vigente que tiene carácter fijo. Según consta en Acta y Reporte Técnico de dicha reunión, el Comité definió como indicador del proceso de reclutamiento de sardina común una Talla Media de Referencia (TMR) de 8.5 cm de longitud total ( $\leq 8,5$  cm LT), mientras que para anchoveta se definió una Talla Media de Referencia (TMR) de 11,5 cm de longitud total ( $\leq 11,5$  cm LT) (**CCT-PP ACTA01\_0114**).

Por otro lado, como criterio para el establecimiento de vedas complementarias el Comité exploró el establecimiento de un porcentaje de resguardo enmarcado en el principio precautorio y que permita además mejorar el rendimiento de la captura; recomendando establecer un umbral máximo de 32% de ejemplares menores o iguales de 8,5 cm en número para sardina común, y un 30% de ejemplares menores o iguales de 11,5 cm en número para anchoveta (**Acta CCT-PP 29-31/01/2014**).



### Veda Reproductiva

Con el objetivo de reducir la mortalidad por pesca sobre el stock parental, la veda reproductiva permite proteger el período de máxima actividad reproductiva, esto es, cuando las hembras adultas muestran un mayor potencial reproductivo y fecundidad. De esta manera favorecer la continuidad del ciclo biológico y la conservación de sardina común y anchoveta.

Para las Regiones V a XIV, entre el 8 de agosto y 21 de octubre de cada año (D. Ex 796/2012. MINECON) X Región entre el 15 de septiembre y 15 de noviembre de cada año (D. Ex 115/1998 y 1661/2009. MINECON).

En el Decreto Exento N° 713 de 2014 y sus modificaciones, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, se establece un período de veda reproductiva complementaria de 15 días corridos contados desde el 26 de octubre para las especies anchoveta y sardina común en el área marítima comprendida entre la V a XIV Regiones. Sin embargo, esta podrá suspenderse anticipadamente si el indicador reproductivo de IGS presenta un valor menor o igual a 5 en las macrozonas V- VIII regiones y/o IX – XIV Regiones (Dec. Ex. 748/2014 modifica Decreto Exento N° 713/2014). (INFORME TÉCNICO R.PESQ. N° 197/14).

Un adelanto del proceso reproductivo de sardina común durante el año 2013 origina que la Subsecretaría de Pesca modifique a través del D. Ex. N° 747, el inicio de la veda del 25 de julio de 2013 (Mod. D. Ex N° 115/98), de la sardina común y la anchoveta para las regiones V a XIV a partir del 30 de julio, manteniéndose el 21 de octubre como fecha de término. Posteriormente, un adelanto del proceso de reclutamiento provoca que la Subsecretaría de Pesca dé inicio a la veda de reclutamiento a partir del 21 de noviembre de 2013 a través del D. Ex. N°1225 (Mod. D. Ex N°239/96) manteniéndose el 5 de marzo como término para sardina común y anchoveta de la V a VIII Regiones.

Mediante Res. Ex. N° 2873 del 29 de octubre de 2014, se autorizó al Instituto de Fomento Pesquero a realizar el estudio “Monitoreo del proceso reproductivo de anchoveta y sardina común en la VIII y XIV Regiones”, durante el período de veda complementaria (INFORME TÉCNICO R.PESQ. N° 197/14). La aplicación de la veda de reclutamiento de verano ha permitido proteger a los juveniles que se incorporan por primera vez al stock explotado, posibilitando su crecimiento en peso y su posterior incorporación al stock para su mejor aprovechamiento.

#### **4.1.3. Antecedentes biológicos**

##### i) Unidad de stock

La unidad de stock corresponde al “grupo de peces que se mantiene temporal o especialmente aislados unos de otros y que son genéticamente distintos, debido a su aislamiento reproductivo”. Basados en esta definición Galleguillos *et al.*, (1994) desarrollaron un estudio de identificación de



stock de los recursos sardina común y anchoveta entre la V a IX Regiones durante abril de 1995 y abril 1996 aplicando i) marcadores genéticos; ii) marcadores biológicos; iii) morfología corporal; iv) fauna parasitaria. Estos autores establecieron que no hay evidencias para adoptar la existencia de subunidades en el área de análisis. Consecuentemente con lo anterior y extendiendo el análisis a la X Región, en éste estudio se trabaja la hipótesis de una unidad de stock entre la V y X regiones en la cual se desarrolla la pesquería.

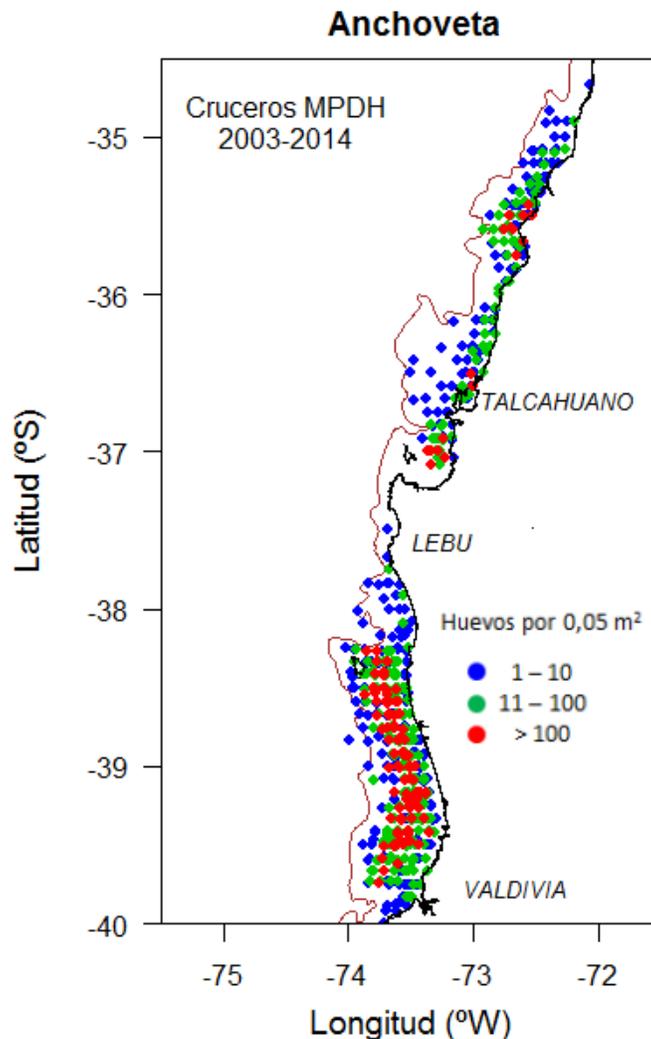
## ii) Proceso Reproductivo

Los peces pelágicos pequeños adaptan su ciclo reproductivo, desovando en zonas protegidas y/o períodos del año favorables para la sobrevivencia y desarrollo de estadios tempranos (Parrish *et al.*, 1983; Hutchings *et al.*, 1998; Cubillos *et al.*, 2001). El área de desove de sardina común y anchoveta de la V-X Regiones se ubica fundamentalmente en la zona de Lebu-Corral la cual correspondería a una zona de pre-reclutamiento/desove con un alto nivel de retención producto de una alternancia entre convergencias costeras producidas por vientos norte que favorecerían la concentración y retención en la costa y vientos sur que promoverían el enriquecimiento de aguas costeras con eventos de surgencia de moderada intensidad (Cubillos *et al.*, 2010, Parada *et al.*, 2012, Soto-Mendoza *et al.*, 2012).

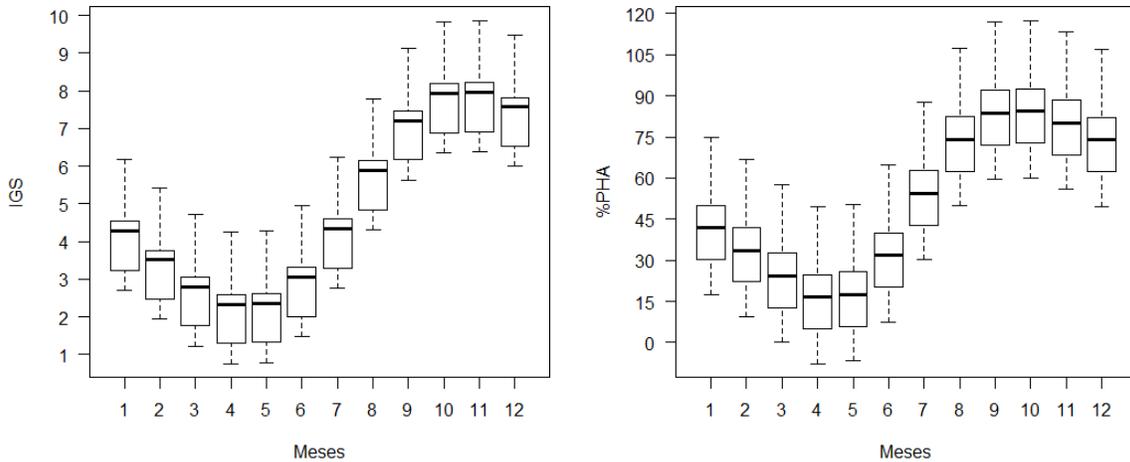
Anchoveta es un recurso iteróparo (parcial), con desarrollo asincrónico y fecundidad indeterminada. El proceso reproductivo se iniciaría entre julio y septiembre, cuando los adultos ingresan a la región más costera para reproducirse. La época de desove ocurriría durante la transición invierno-primavera, cuando los vientos del norte favorecen la concentración y retención de huevos en la costa y los vientos del sur promoverían el enriquecimiento de aguas costeras con eventos de surgencia de moderada intensidad. (Cubillos *et al.*, 1999 y 2001; Sepúlveda *et al.*, 2003; Castillo-Jordán *et al.* 2007; Cubillos *et al.* 2007). La principal zona de desove y alimentación de los adultos de anchoveta se observarían preferentemente en las regiones XIV y X (**Figura 11**), focalizada principalmente entre Lebu (37°33'S) y los 39°10'S (Cubillos *et al.*, 1999, 2001), siendo la IX Región una virtual área de refugio debido a la reducción de la actividad de pesca de la flota industrial, por prohibición de operar en sectores costeros (< 5 mn) y por inaccesibilidad de la flota artesanal de la VIII y XIV Regiones (Castillo *et al.*, 2013).

El análisis histórico del índice gonadosomático (IGS) y la proporción de hembras activas (PHA) de las hembras de anchoveta de la zona de San Antonio-Valdivia manifiesta un ciclo reproductivo estacional; el cual a inicios de año puede presentar leves incrementos en febrero, el que se ha confundido con un desove secundario, por observaciones macroscópicas. Luego del reposo reproductivo de otoño-invierno, entre agosto y diciembre se desarrolla el desove principal (**Figura 12**). El año 2012, presentó una tendencia similar al patrón histórico, pero con un leve anticipo del proceso y valores superiores al promedio del período 2007-2010, que son más concordantes con el 2011, explicando una mayor intensidad reproductiva en los últimos años y que puede asociarse a una respuesta frente al stress de la población, aspecto destacado mayoritariamente en la zona de Valdivia a partir de octubre y que se ha mantenido hasta inicios de 2013. El año 2013 el

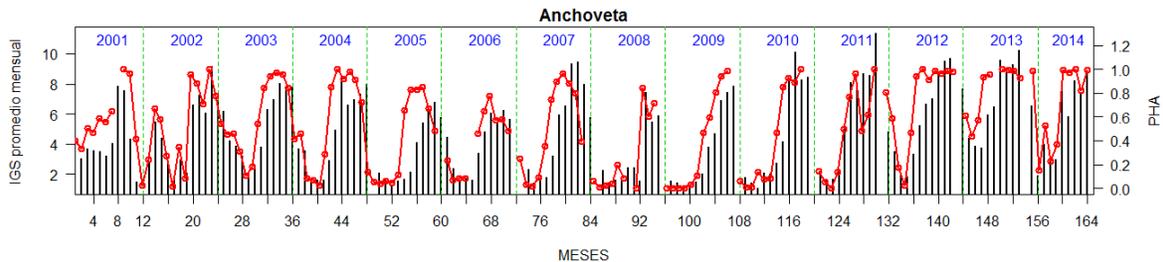
adelantamiento se observa hacia fines del mes de junio. La fluctuación de IGS y PHA indica que la época de desove se extendió entre junio y noviembre de 2013, concentrándose la máxima actividad reproductiva en julio y octubre (**Figura 13**). Los cambios en la duración de los períodos de desove podrían estar relacionados con la calidad y cantidad de los alimentos disponibles en el verano anterior, que a su vez determina la energía disponible para la reproducción, afectando la calidad de la descendencia (Claramunt *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2009, 2010).



**Figura 11.** Distribución de huevos recolectados en Cruceros de huevos (MPDH, 2003 - 2014) de anchoveta en la Zona Centro-Sur de Chile. La línea café representa isobata de 200 m.



**Figura 12.** Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) y proporción de hembras activas (PHA) de las hembras de anchoveta de la zona de San Antonio-Valdivia entre los años 2001 – 2014.



**Figura 13.** Variabilidad interanual del índice gonadosomático (IGS) y proporción de hembras activas (PHA) mensual de las hembras de anchoveta de la zona de San Antonio-Valdivia entre los años 2001 al 2014.

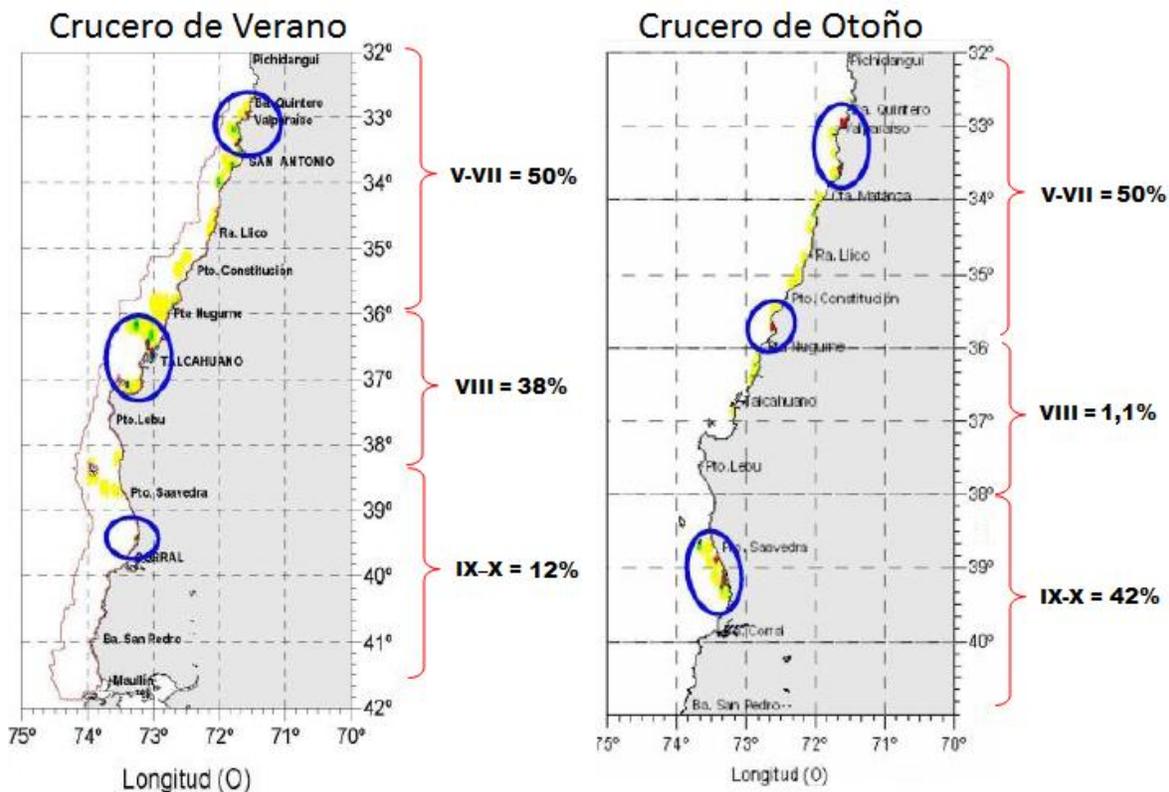
### iii) Proceso de Reclutamiento

El reclutamiento se presenta en forma masiva entre noviembre hasta marzo, siendo máximo a la mitad del verano (ejemplares en torno a una talla promedio de entre 5 y 9 cm), registrándose pulsos menores durante el invierno, provocados por la amplia extensión temporal del desove de invierno de anchoveta (Castillo *et al.*, 2013). Entre abril y junio, los juveniles originados durante el desove del año anterior comienzan a ser pre-adultos y los adultos comienzan una migración activa para congregarse en agregaciones pre-reproductivas (Cubillos *et al.*, 2001).

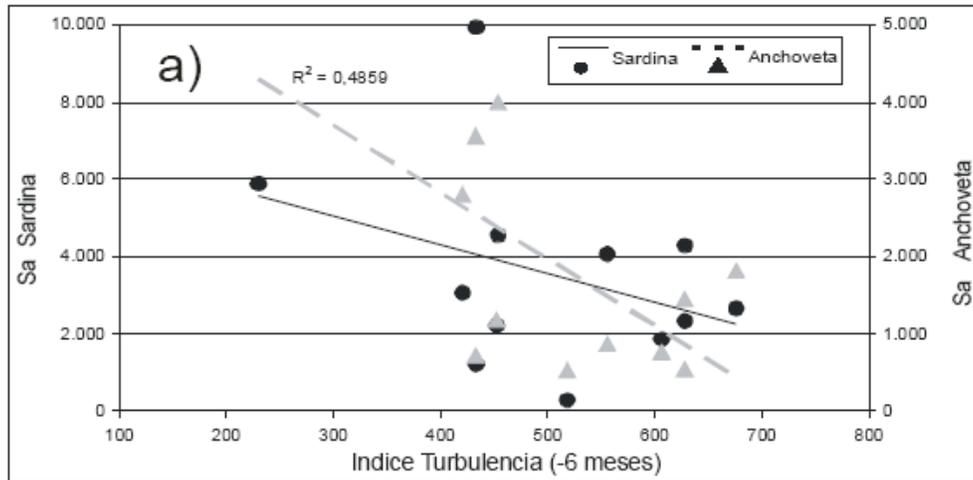
Las anchovetas pre-reclutas y reclutas menores a seis meses de edad crecen y se desarrollan en sistema de bahías de la zona centro-sur al norte de la Isla Mocha (**Figura 14**), constituidas como zonas de reclutamiento y crecimiento (VI y IX Regiones). Las condiciones ambientales que afectan a este proceso se vinculan con ciertas masas de agua, anomalías de las variables (Temperatura,

Salinidad, Oxígeno disuelto, gradientes, etc); intensidad de los vientos y el nivel de los procesos vinculados (índice de surgencia, índices de turbulencia, transporte de Ekman, etc) (Yáñez *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2013). En éste sentido, Castillo *et al.*, 2013 encontraron una relación negativa entre la densidad de anchoveta y sardina común de la zona centro-sur y el índice de turbulencia (del invierno anterior al reclutamiento), debido a la advección de huevos y larvas lejos de la costa (**Figura 15**).

Para evaluar la magnitud del reclutamiento anual se realiza la evaluación hidroacústica desde el año 2000, en enero de cada año donde se maximiza la presencia de juveniles de biomasa de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur. A partir del 2003 se replicó la prospección en otoño para incrementar la certeza de la estimación haciendo un seguimiento de la evolución del proceso o para capturar un eventual segundo pulso en el otoño (mayo), especialmente en anchoveta (**Figura 14**). De este modo, ha sido posible establecer una estacionalidad en la composición específica de las biomásas de estas dos especies, donde en verano la sardina domina respecto a la anchoveta, mientras que en el otoño se presenta un incremento relativo de la anchoveta; una reducción en la sardina junto a cambios en su distribución geográfica (Castillo *et al.*, 2013).

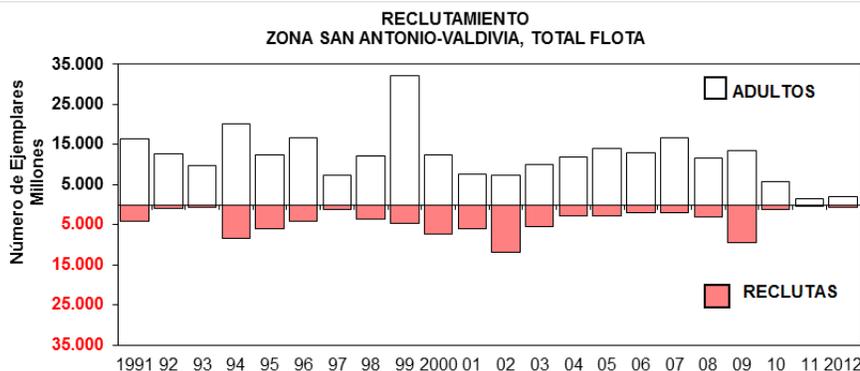


**Figura 14.** Distribución espacial de la densidad acústica de anchoveta durante el crucero de verano y otoño 2014.



**Figura 15.** Densidad acústica promedio de anchoveta y sardina común en función del índice de turbulencia (Fuente: Castillo *et al.*, 2013).

De acuerdo con lo informado por Aranís *et al.*, 2013, el reclutamiento de anchoveta a través de los años ha sido variable, con contribuciones de importancia en el año 1994, 2002 y 2009, presentando declinaciones e incrementos, entre estos períodos, inversamente correlacionada con la moda principal (**Figura 4**). Castillo *et al.*, 2013 encontraron una relación polinómica entre la biomasa acústica de verano y las capturas anuales de anchoveta, explicada por la conjunción de las tendencias positivas entre los años 2002 y 2008 y luego negativa entre 2009 y 2013 (excepto los años 2000, 2001 y 2003). La alteración del comportamiento reproductivo en los años 2011 y 2012 puede haber alterado la abundancia y distribución espacial del reclutamiento en los períodos estivales.



**Figura 4.** Reclutamiento estimado de anchoveta. Año calendario 1991 a 2012 en la zona San Antonio-Valdivia (Fuente: Aranís *et al.*, 2013).



iv) Crecimiento

Cerna (2012) realiza la estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy para sardina común y anchoveta de la zona centro-sur, cuyos resultados están disponibles en el informe final del proyecto CTP realizado durante el mismo año (Canales *et al.*, 2012). Dichas estimaciones indican una talla asintótica ( $L_{\infty}=18,05$  cm.) levemente inferior a la empleada como valor conocido, y un coeficiente de crecimiento ( $k=0,73$  año<sup>-1</sup>). El autor concluye que los parámetros estimados representan adecuadamente el crecimiento anual de ambas especies, las que de acuerdo a su estrategia de vida deben maximizar su crecimiento durante el primer año de vida. El juicio se basa en que en estudios anteriores se habían estimado tallas promedio menor a 13 cm de longitud total para peces de un año de vida, lo cual no es coherente con la historia de vida de estas especies (**Tabla 4**).

**Tabla 4.**

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

Estudio	Parámetros de crecimiento			Tipo ajuste
	$L_{\infty}$	K	$t_0$	
Aguayo (1976)	19,1	0,72	-0,68	vB convencional
Gili en Barría <i>et al</i> (1999)	19,6	0,46	-1,43	vB convencional
Cubillos <i>et al</i> (2001)	20,1	0,51	-0,04	vB estacional
Cerna (2011)	18,0	0,73	-0,92	vB convencional

## 4.2. Datos de entrada al Modelo de Evaluación de stock (MAE)

### 4.2.1. Desembarques por temporada de pesca

Para los cuatro años analizados se visualiza un sustantivo sub-reporte de jurel que varió entre el -15,4% y -32,2% correspondiendo la mayor diferencia porcentual al año 1999 y sobre-reportes aproximados de sardinas que fluctuaron interanualmente entre el 9,5% y 20,8%. Para similar situación, los desembarques de anchoveta fueron incrementados entre un 7,6% hasta un 19,0% (**Tabla 5**).

**Tabla 5.**

Composición de especies desembarcadas durante el período 1998-2001.

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



Los desembarques registrados para ese período y los valores de captura diferenciales estimados para cada recurso, dejan de manifiesto que estos estimados están cercanos a lo sucedido realmente en la pesquería y que probablemente la merma del recurso jurel fue mayor. Además, estas cifras permiten inferir que fue altamente improbable que los niveles de desembarque de sardina común en el período 1995-1997, de un promedio anual de 201 mil toneladas, se elevarán a 730 mil toneladas en 1999; mientras que en anchoveta pasaran en ese mismo período de un promedio de 300 mil toneladas a 940 mil toneladas el año 1999. Todo ello, bajo un esquema de administración sin cuotas (1997-2000), en el cual no se declaró anualmente una cifra cercana al millón de toneladas de jurel pequeño. Con estos antecedentes, las series de desembarques anuales oficiales fueron corregidos considerando los niveles de sub-reportes de jurel durante los años 1998-2001 (**Tabla 6**).

**Tabla 6.**  
Desembarques originales y corregidos de anchoveta centro-sur.

	Registros oficiales	Registros oficiales corregidos
1990	151.638	151.638
1991	268.017	268.017
1992	262.257	262.257
1993	205.936	205.936
1994	474.223	474.223
1995	256.443	256.443
1996	360.828	360.828
1997	292.139	292.139
<b>1998</b>	<b>277.981</b>	<b>121.488</b>
<b>1999</b>	<b>939.051</b>	<b>404.860</b>
<b>2000</b>	<b>411.302</b>	<b>39.380</b>
<b>2001</b>	<b>169.042</b>	<b>16.412</b>
2002	266.061	266.061
2003	294.636	294.636
2004	352.498	352.498
2005	430.556	430.556
2006	629.873	629.873
2007	561.652	561.652
2008	350.624	350.624
2009	420.000	420.000
2010	220.000	220.000
2011	111.000	111.000
2012	74.513	74.513
2013	43.866	43.866
2014	63.616	63.616



### Composici3n de edad/talla de las capturas

Los datos de captura a la edad disponibles para la evaluaci3n de anchoveta muestran que en general, los grupos de edad 1 y 2 a1os dominan en las capturas anuales. El bajo aporte del grupo de edad 0 (reclutas) en las capturas de anchoveta est1 relacionado con la fecha de cumplea1os definida al 1° de enero para definir los grupos de edad. El 1nico a1o en que el grupo de edad 0 domina ocurre en 1990, mientras que los grupos de edad 3 y 4 a1os virtualmente desaparecen de la pesquer1a a contar del 2001. En relaci3n a las composiciones de tallas de las capturas, durante el per1odo analizado se observa que las capturas han estado dominadas por no m1s de dos grupos modales y que los individuos no superan los 19 cm de longitud y con bajos porcentajes de reclutas (**Figura 16 y 12**). La alta variabilidad interanual de los pesos a la edad supone refleja la variabilidad del crecimiento y condici3n de una cohorte muestreada en la captura en dos temporadas de pesca diferentes (**Figura 18**).

**Tabla 7.**  
Proporci3n de edades de las capturas de anchoveta.

A1os	0	1	2	3	4
1990	0,630	0,253	0,074	0,033	0,011
1991	0,002	0,361	0,561	0,056	0,02
1992	0,046	0,169	0,627	0,131	0,027
1993	0,006	0,273	0,592	0,104	0,025
1994	0,022	0,488	0,412	0,056	0,021
1995	0,036	0,59	0,336	0,027	0,011
1996	0,043	0,369	0,46	0,091	0,038
1997	0,032	0,416	0,444	0,103	0,006
1998	0,046	0,578	0,358	0,017	0
1999	0,003	0,516	0,404	0,074	0,003
2000	0,013	0,575	0,318	0,088	0,006
2001	0,038	0,758	0,196	0,007	0
2002	0,019	0,759	0,209	0,013	0
2003	0,079	0,666	0,242	0,013	0
2004	0,002	0,731	0,251	0,015	0,001
2005	0,01	0,657	0,282	0,048	0,002
2006	0,02	0,577	0,358	0,042	0,004
2007	0,013	0,434	0,453	0,094	0,007
2008	0,034	0,601	0,311	0,049	0,006
2009	0,053	0,807	0,12	0,02	0
2010	0,018	0,614	0,338	0,027	0,004
2011	0,006	0,722	0,259	0,012	0
2012	0,023	0,723	0,234	0,019	0
2013	0,032	0,461	0,474	0,033	0
2014	0,266	0,452	0,253	0,029	0

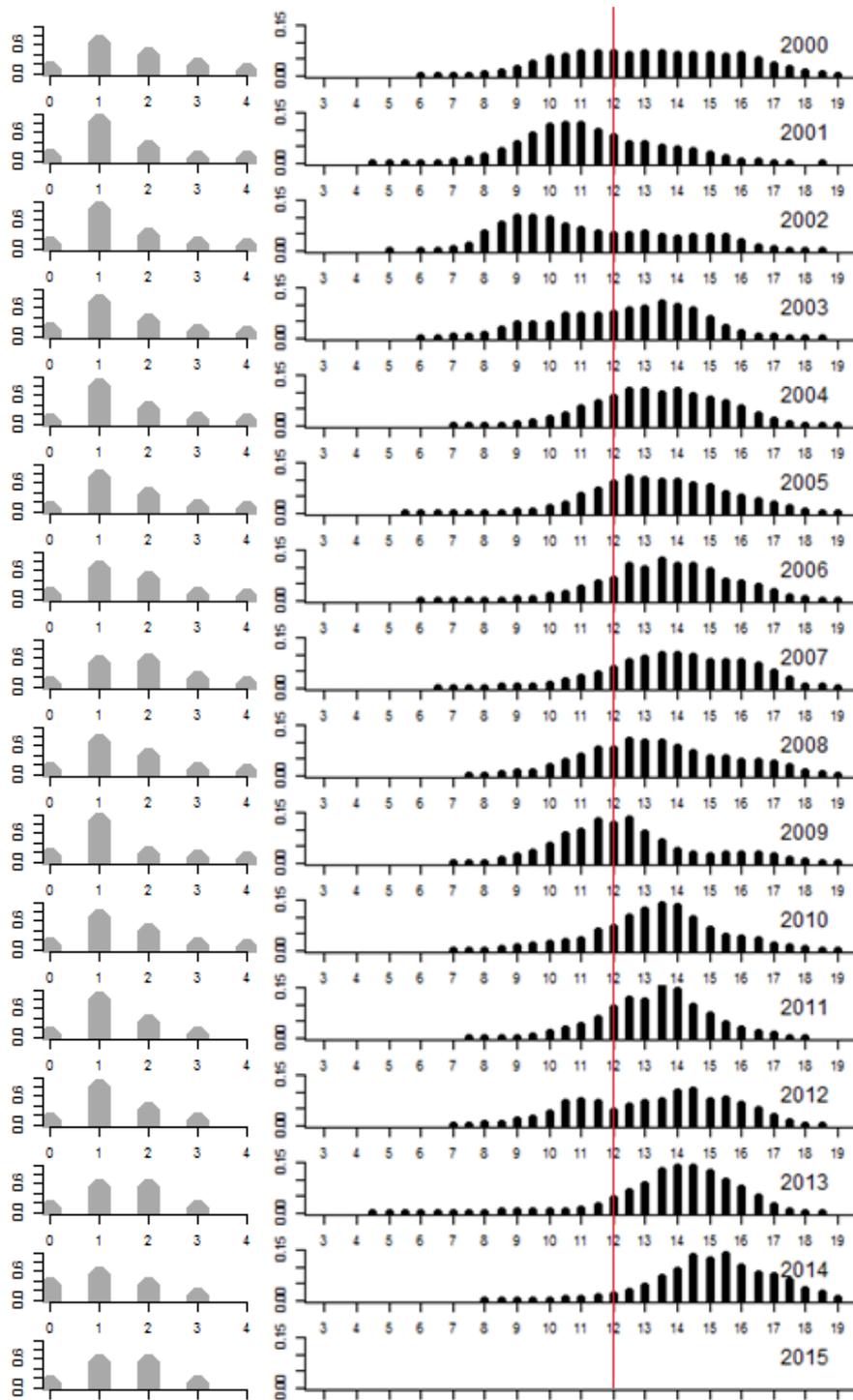
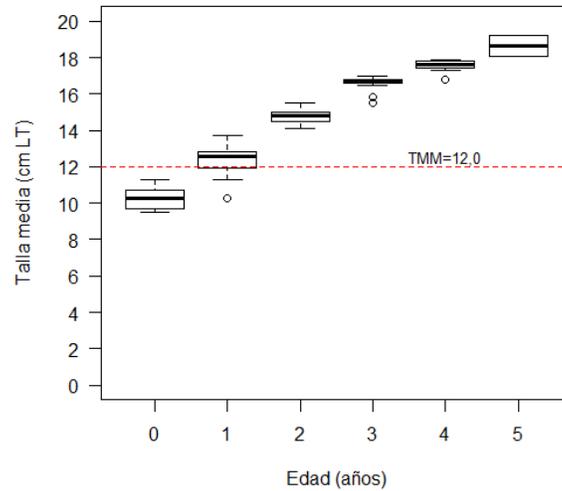


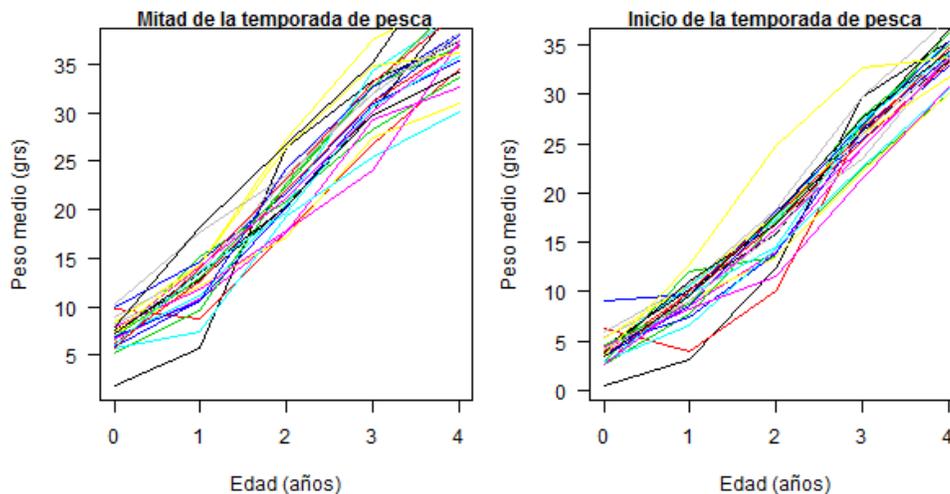
Figura 16. Proporciones de edad y talla registrada en las capturas de anchoveta entre la V-X Regiones.



**Figura 17.** Talla media a la edad de las capturas de anchoveta. La línea roja segmentada representa la Talla Media de Madurez (TMM).

#### Pesos a la edad

La alta variabilidad interanual de los pesos a la edad supone refleja la variabilidad del crecimiento y condición de una cohorte muestreada en la captura en dos temporadas de pesca diferentes (**Figura 18, Tabla 8 y Tabla 9**).



**Figura 18.** Variabilidad interanual del peso medio (grs) a mitad e inicios de la temporada de pesca en anchoveta V-X Regiones.



**Tabla 8.**  
Pesos promedios a la edad anchoveta estimados a mitad de la temporada de pesca.

Años	0	1	2	3	4
1990	1,8	5,7	26,4	33,4	37,3
1991	9,7	8,7	17,7	26,8	34,5
1992	6,6	15,1	20,9	28,3	33,6
1993	10	14,6	21,7	31,1	38
1994	6,7	11,1	20,6	34,3	40,2
1995	6,7	10,8	17,7	29,3	32,7
1996	7,3	12,1	17,2	27,5	31
1997	8,3	12,5	24,2	32	42,1
1998	7,6	12,8	20,4	30,1	41,5
1999	6,2	12,7	22,1	31,2	36,8
2000	5,3	9,6	22,7	32,7	42
2001	5,9	10,6	20,2	31	35,3
2002	5,8	7,4	19,3	25,4	30,1
2003	8	11,8	17,8	24	37,4
2004	8,5	14,4	27,2	37,6	42,1
2005	9	13,7	23,1	32,6	37,5
2006	7,2	13,4	20,4	29,8	34,1
2007	5,8	13,9	23,3	33,2	40,4
2008	7	13	22,4	32,9	36,9
2009	6,9	10,6	24,3	32,6	38,2
2010	6,1	13,6	19,7	30,6	35,8
2011	7,5	14,1	21,2	30,2	37
2012	7,4	14,4	26,4	34,8	36,1
2013	10,3	17,6	23,6	31,9	38,2
2014	8	18,2	26,7	35,2	48,1



**Tabla 9.**  
Pesos promedios a la edad anchoveta estimados a inicios de la temporada de pesca.

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1990	0,4	3,2	12,3	29,7	35,3
1991	6,2	4	10	26,6	33,9
1992	3	12,1	13,5	22,4	30
1993	9	9,8	18,1	25,5	32,8
1994	4,2	10,5	17,3	27,3	35,4
1995	3,7	8,5	14	24,6	33,5
1996	4,2	9	13,6	22,1	30,1
1997	5,4	9,5	17,1	23,4	34,1
1998	4,5	10,3	15,9	27	36,5
1999	4	9,8	16,8	25,2	33,2
2000	2,6	7,7	17	26,8	36,2
2001	4,6	7,5	13,9	26,5	33,9
2002	2,9	6,6	14,3	22,7	30,5
2003	4,4	8,3	11,5	21,5	30,8
2004	5,2	10,7	17,9	25,9	31,8
2005	6	10,8	18,3	29,8	37,6
2006	3,7	11	16,8	26,3	33,3
2007	2,6	10	17,7	26	34,7
2008	4,6	8,7	17,6	27,7	35
2009	3,5	8,6	17,8	27	35,4
2010	2,7	9,7	14,5	27,3	34,2
2011	2,7	9,1	16,4	24,6	33,7
2012	3,6	12,7	24,7	32,7	33,7
2013	4,1	9	16	26	33,7
2014	3,5	9,6	17,8	27,6	34,3



#### 4.2.2. Información de los cruceros de evaluación directa

En la historia de estas evaluaciones directas se ha observado una gran variabilidad interanual asociada a la fortaleza del pulso de reclutamiento anchoveta (**Figura 19**). La biomasa acústica de verano (centrado en el máximo del reclutamiento) indica un crecimiento en el periodo 2001-2002, hasta alcanzar el máximo cercano a 1,5 millones de t el 2002; una brusca caída el 2003; un segundo valor histórico el 2004 (1,3 millones de toneladas) y a partir de allí una leve tendencia negativa hasta el 2006, con una aparente estabilización entre el 2007 y 2008 (Castillo *et al.*, 2012). Cabe recordar que los desembarques de este recurso en los últimos 4 años se caracterizaron por una marcada y sostenida reducción con un valor promedio en torno a las 300 mil toneladas anuales debido a un tren de pobres reclutamientos advertido en los cruceros acústicos. En efecto, el valor de la biomasa estimada en el crucero de reclutas de verano (RECLAS) del 2009 marca la caída poblacional que se ha mantenido hacia los años más recientes de la serie, esto sin considerar el alto nivel de biomasa observada en otoño del 2009 que probablemente corresponda a una sobreestimación producto del alto error de observación (error de  $\pm 60\%$  del estimador central) que tienen estos datos (**Figura 20a**). Particularmente en la anchoveta, los cruceros acústicos de verano (RECLAS) y otoño (PELACES) en los últimos 5 años se ha caracterizado por una tendencia decreciente y que en promedio las estimaciones son mayores durante el otoño (**Figura 20b**).

Durante los años 2009-2011 se registraron los valores más bajos de la serie histórica, y aunque se observa un incremento el verano 2012 (100.000 t), la biomasa vuelve a caer el 2013 (71.376 t). El último crucero realizado en verano 2014 muestra un incremento similar al verano 2012 con el 65,6% correspondiente a reclutas (6.239 millones de ejemplares) y una biomasa total de 82.996 t. La biomasa y abundancia de anchoveta, corresponden a 1,6 y 1,8 veces las estimaciones del 2013, respectivamente (Castillo *et al.*, 2013). La estimación más reciente de biomasa del crucero de verano 2015 de 120 mil toneladas implica un aumento del 31% respecto del 2014, sin embargo, las estimaciones de biomasa de anchoveta para el presente año son consistentes con los bajos reclutamientos registrados desde el año 2009 (**Tabla 10**).

Por otro lado, las biomases acústicas de otoño (realizado para el seguimiento del evento de verano o capturar un eventual segundo pulso en el otoño) fueron aumentando desde el 2003 (250 mil toneladas) hasta el máximo histórico de 2,0 millones de t en el 2006, manteniéndose entre 1,5 millones de t el 2007 y 1,9 millones de t el 2009 y de allí una tendencia negativa hasta el mínimo histórico de los otoños registrado el 2013 (83.755 t) con un leve repunte el año 2014 con 137 mil toneladas.

Adicionalmente, en las estimaciones realizadas por los cruceros de evaluación del stock desovante (MPDH), se observa un incremento de la densidad de huevos de anchoveta desde el 2002 al 2005, una disminución en el 2007 y un incremento en el 2008 respecto del año anterior. A partir del año 2009 – 2012 se registran los valores más bajos de la serie, siguiendo la misma tendencia de los cruceros de evaluación hidroacústica (**Tabla 10**).

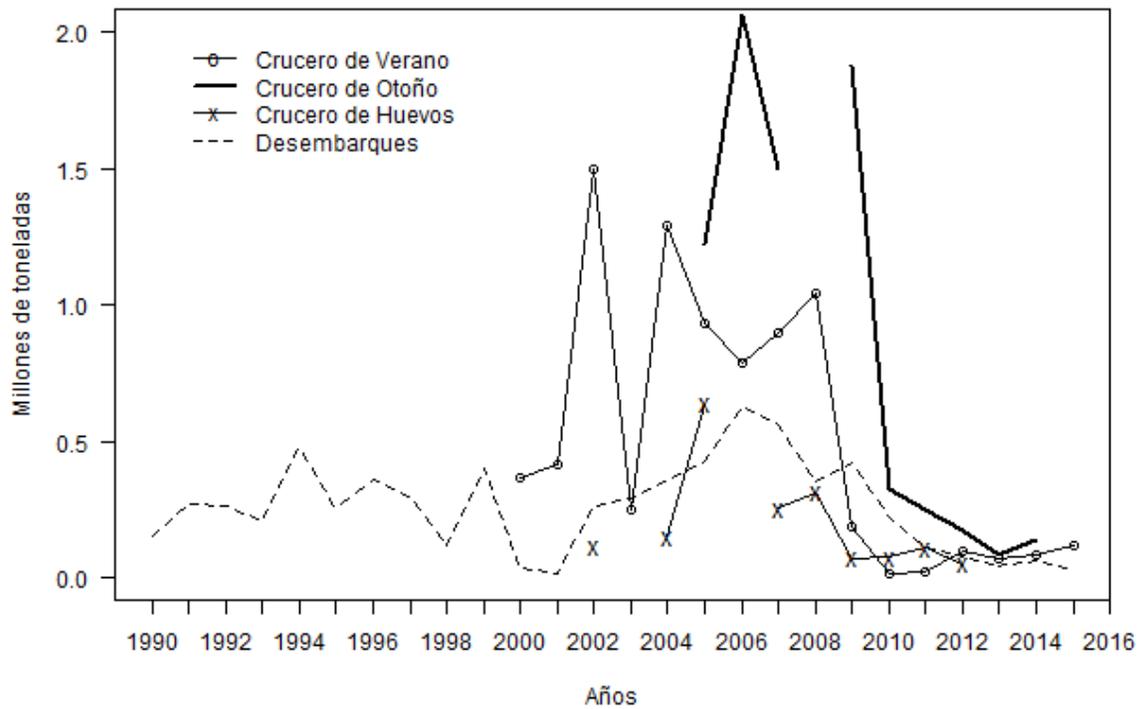


En relación a las composiciones de edades de los cruceros de verano, estas son parciales en cuanto a que reflejan mayoritariamente la fracción de la población más juvenil y no necesariamente la fuerza de la clase anual. En efecto, la última gran cohorte del año 2005 que se supone atravesó por la pesquería no se observó en las composiciones de edades de RECLAS de los años 2005-2006 las que deberían haber registrado un aumento en la edad modal (**Figura 22**). Esto sugiere que las clases de edades mayores a 2 años no son “observadas” en estos cruceros producto de una mayor presencia de reclutas en la zona.

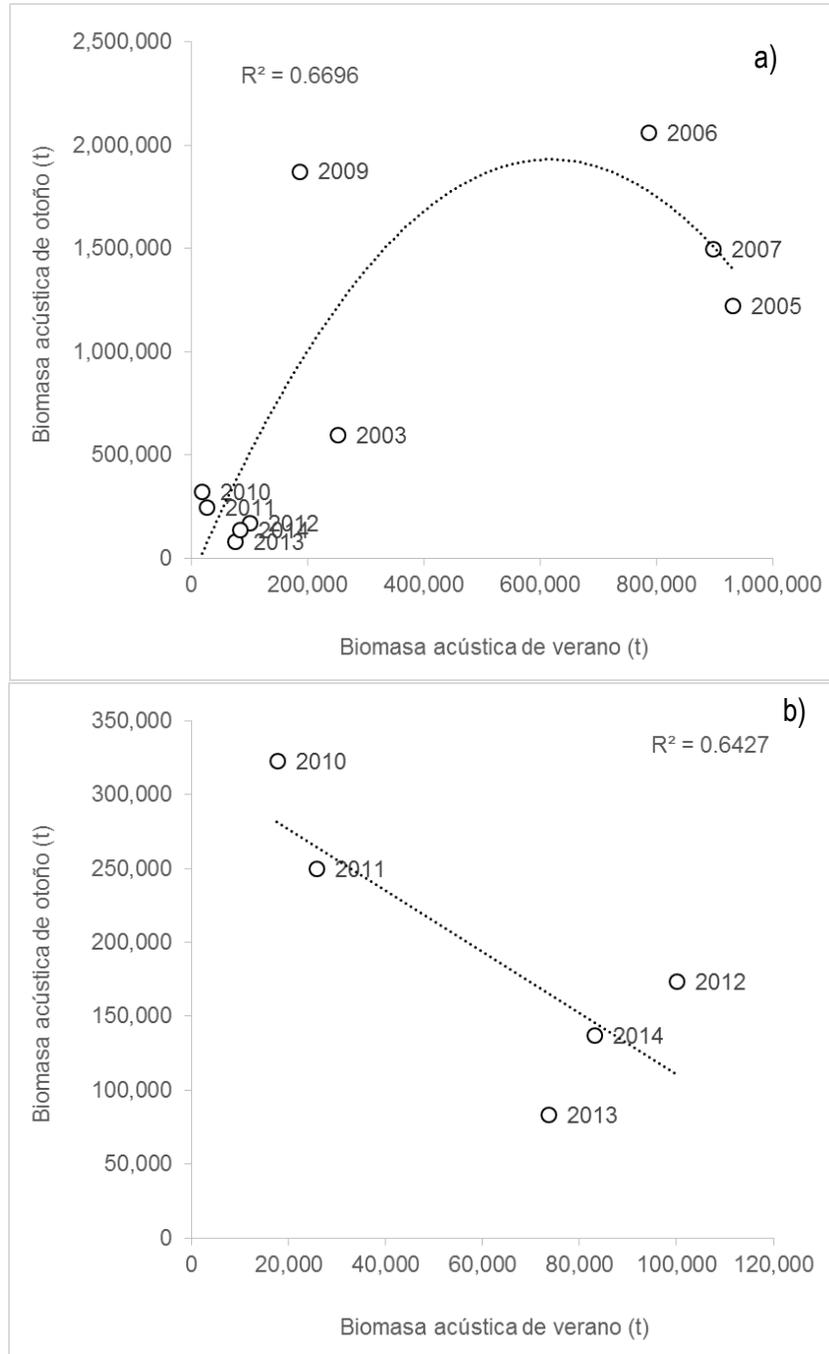
Por otro lado, las composiciones de tallas de los cruceros de verano durante el período analizado se observa que las capturas han estado dominadas por no más de dos grupos modales y que los individuos no superan los 19 cm de longitud. Además muestran una estructura de tallas bimodal, con una primera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

Los cruceros hidroacústicos de otoño en general han tenido importantes variaciones en cuanto a su diseño metodológico. Desde el 2006 han seguido el mismo diseño de los cruceros RECLAS. Las composiciones de edades de las capturas de estos cruceros no están completas, hasta la fecha contamos con sólo los últimos 7 años de datos (2007, 2009- 201) (**Figura 23**).

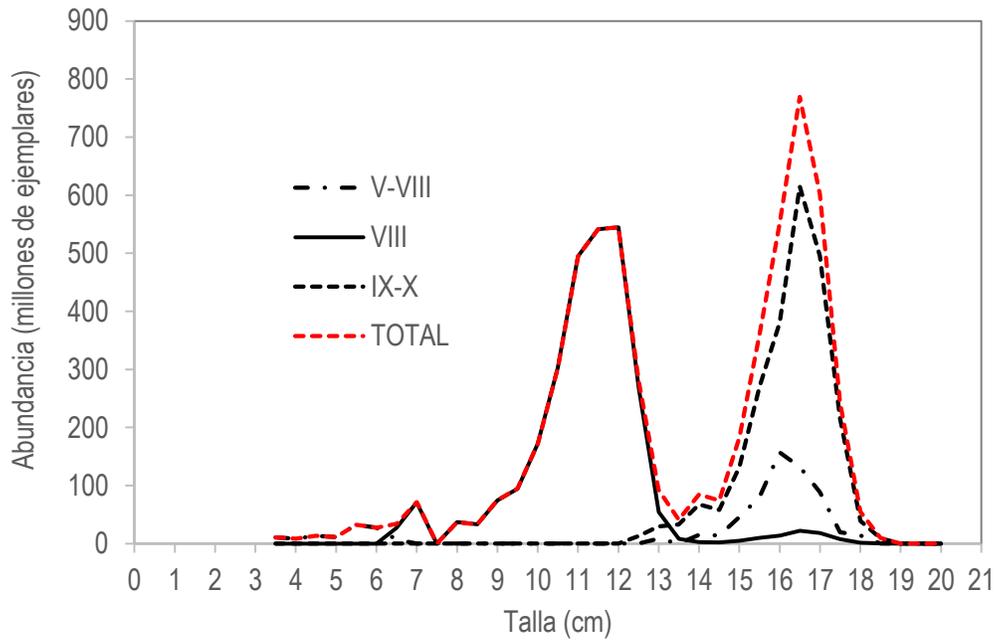
En los cruceros de verano y otoño 2012 se registró incrementos relativos de la fracción juvenil (<12 cm) aunque se verifica una reducción del 17,5% en el otoño respecto al verano (Castillo *et al* 2012). La participación de reclutas de anchoveta durante el crucero de verano 2013 (42,1%) fue inferior a la participación registrada en igual período de 2012 que superó el 70% de reclutas. El crucero realizado en verano 2014 muestra una incremento similar al verano 2012 con el 65,6% correspondiente a reclutas (6.239 millones de ejemplares). La estimación del año más reciente refleja que la abundancia estuvo conformada en un 33,5% (1.959 millones de ejemplares) por reclutas menores a 12 cm de talla y el 12,5% (15.123 t,) en peso correspondió a reclutas (<12 cm). La población está conformada esencialmente por dos grupos modales, localizándose al grupo modal principal en 16,5 cm longitud (**Figura 22**). El descenso en la proporción de individuos juveniles se asocia al aporte significativo de ejemplares adultos, particularmente al sur de la VIII Región (**Figura 21**).



**Figura 19.** Desembarques y biomazas de anchoveta estimadas en los cruceros de verano (Reclas), otoño (Pelaces) y MPDH.



**Figura 20.** Relaci3n entre la a) biomasa acústica de otoño (mayo) y de verano (enero) y b) tendencia en los últimos 5 años de las biomasa acústicas de anchoveta V-X Regiones.



**Figura 21.** Composici3n de tallas por zona de anchoveta centro-sur estimada en el reciente crucero de verano (enero, 2015).



**Tabla 10.**

Biomاسas y Abundancias de anchoveta evaluadas en los cruceros de Verano (RECLAS), Otoño (PELACES) y huevos (MPDH) entre la V-X Regiones.

Años	Crucero de Verano				Crucero de Otoño				Crucero de Huevos		
	Biomasa acústica (t)	Abundancia (miles de millones)	CV %	Método	Biomasa acústica (t)	Abundancia (miles de millones)	CV %	Método	Biomasa desovante (t)	Método	CV %
2000	370.054										
2001	412.103	76.668	14	Conglomerados							
2002	1.494.267	96.193	15	Conglomerados					112.323	MDPH	28,9
2003	250.295	46.445	7	Conglomerados	600.178						
2004	1.244.668	89.109	20	Conglomerados					153.150	MDPH	36,8
2005	877.801	98.754	10	Conglomerados	1.224.101				637.223	MDPH	44,1
2006	785.840	100.405	8	Conglomerados	2.062.538						
2007	897.777	76.628	11	Conglomerados	1.030.635				255.016	MDPH	38,0
2008	1.040.062	61.942	25	Conglomerados					313.432	MDPH	105,0
2009	184.774	43.355	12	Conglomerados	1.874.556	107.525	22	Bootstrap	73.983	MDPH	57,8
2010	17.336	6.816	7	Conglomerados	323.000	23.851	5	Bootstrap	77.613	MDPH	49,4
2011	25.864	2.750	28	Conglomerados	250.000	18.144	13	Bootstrap	109.348	MDPH	39,0
2012	100.000	13.000	14	Conglomerados	150.000	16.769	10	Bootstrap	50.772	MDPH	165,0
2013	70.990	5.368	19	Conglomerados	83.755	8.044	15	Bootstrap			
2014	116.472	9.512	5	Geostadístico	137.375	8.692	10	Geostadístico			
2015	120.727	5.851	14	Geostadístico							

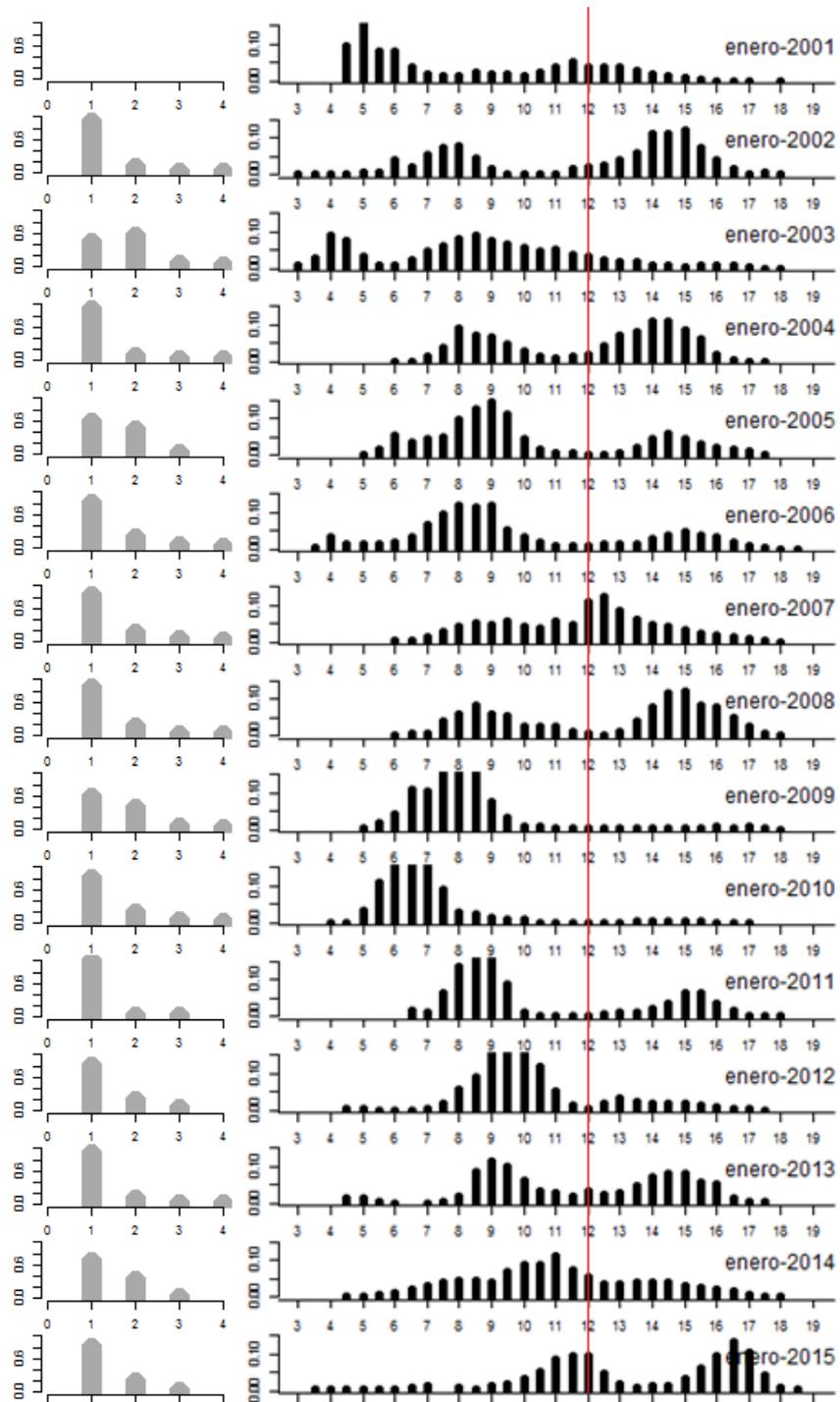


Figura 22. Composiciones de edad y talla de las capturas estimadas en los cruceros acústicos de verano de anchoveta V-X Regiones.

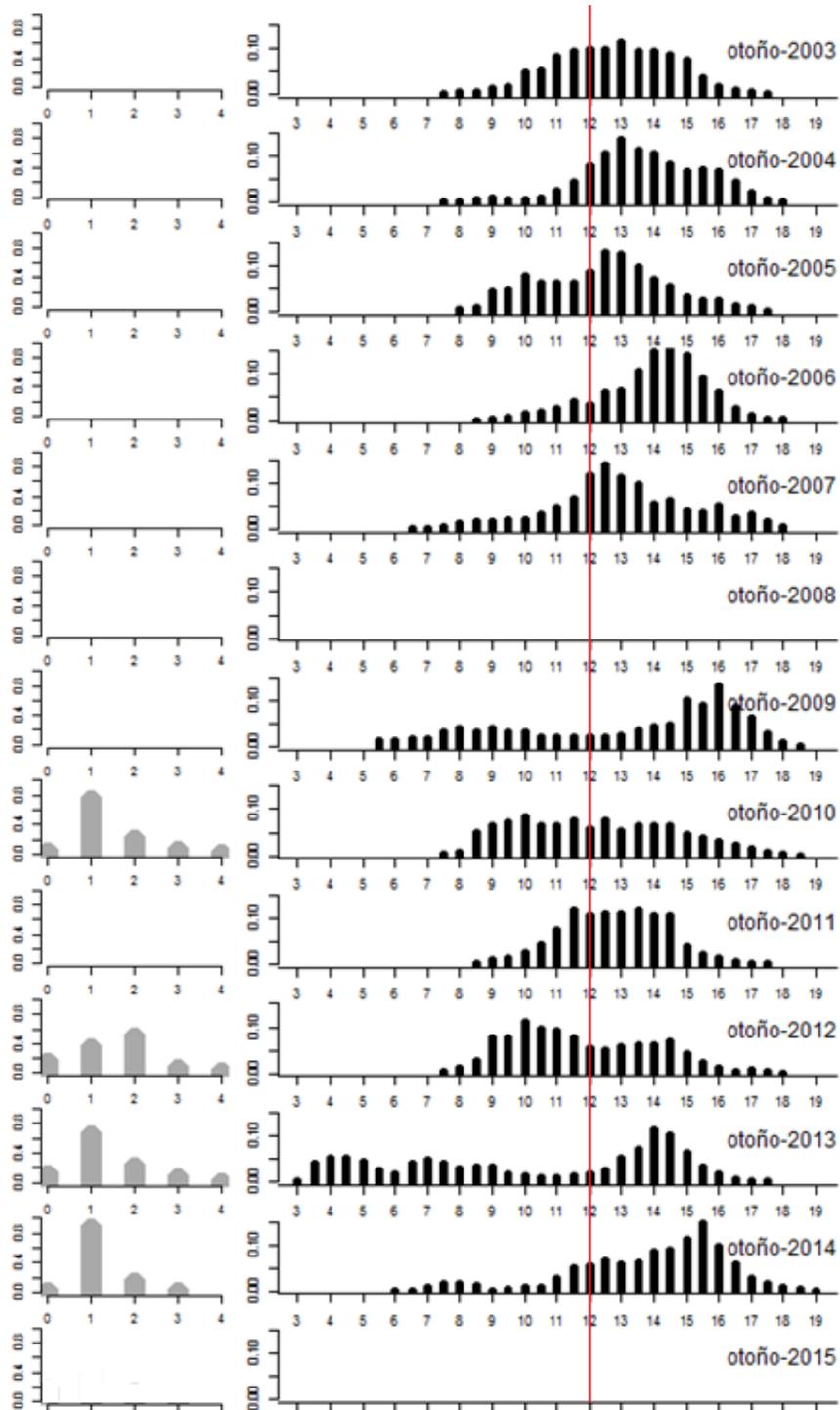


Figura 23. Composiciones de tallas de las capturas estimadas en los cruceros acústicos de otoño de anchoveta de la V-X Regiones



**Tabla 11.**

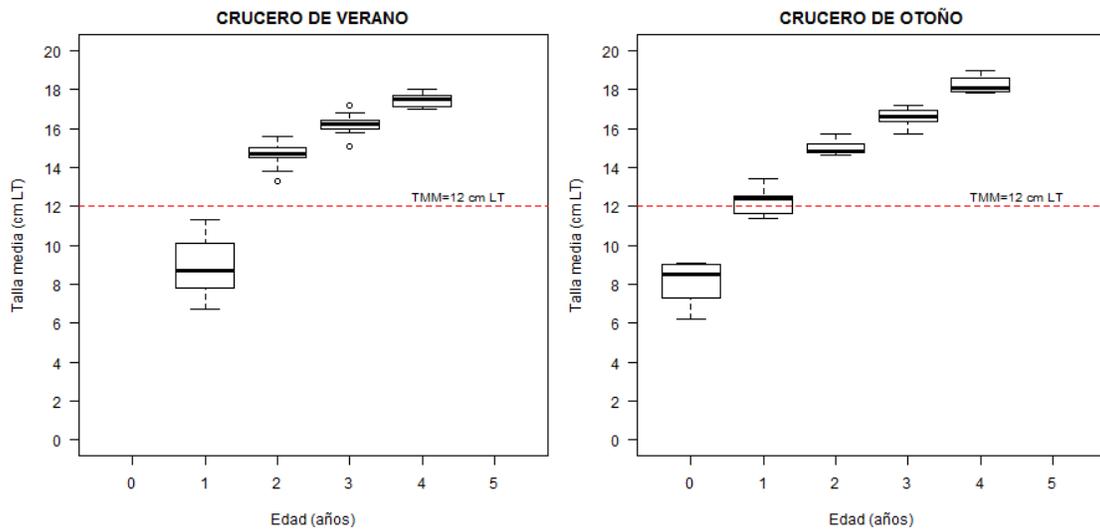
Proporción de edades de los cruceros acústicos de verano (RECLAS) realizados sobre anchoveta

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
2000	0	0	0	0	0
2001	0	0,911	0,084	0,005	0
2002	0	0,426	0,528	0,046	0
2003	0	0,902	0,073	0,024	0
2004	0	0,567	0,426	0,008	0
2005	0	0,789	0,183	0,028	0
2006	0	0,81	0,153	0,037	0,001
2007	0	0,852	0,14	0,007	0,001
2008	0	0,578	0,374	0,047	0,001
2009	0	0,789	0,183	0,028	0
2010	0	0,984	0,014	0,001	0
2011	0	0,777	0,189	0,034	0
2012	0	0,909	0,085	0,006	0
2013	0	0,646	0,328	0,026	0
2014	0	0,798	0,193	0,009	0

**Tabla 12.**

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

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
2007	0,027	0,732	0,191	0,05	0
2008	0	0	0	0	0
2009	0,134	0,329	0,48	0,051	0,006
2010	0,103	0,636	0,207	0,051	0,002
2011	0,003	0,856	0,137	0,004	0
2012	0,154	0,735	0,107	0,005	0
2013	0,462	0,373	0,16	0,005	0
2014	0	0,53	0,422	0,048	0,001



**Figura 24.** Talla media a la edad estimada de las claves talla-edad de los cruceros de verano (RECLAS) y otoño (PELACES) de anchoveta V-X Regiones.

#### 4.2.3. Información sobre parámetros de historia de vida

##### Mortalidad natural

En relación con la tasa de mortalidad natural ( $M$ ), Cubillos *et al.* (1998b) utilizan los métodos de empíricos de Pauly (1980), Rickther y Efanov (1976), Alverson y Carney (1975), Taylor-Gulland, y Hoening (1983). Asimismo, los autores utilizan el método Monte Carlo para calcular varianza y límites de confianza para los estimados de  $M$ , considerando incertidumbre en los parámetros de entrada como en la predicción. De esta forma, estiman un valor de compromiso para la tasa de mortalidad natural de cada recurso, con criterios de precisión, a través de un promedio ponderando por el inverso de la varianza, lo que condujo a estimaciones de  $M = 0,7 \text{ año}^{-1}$  [0,48; 0,99] para la anchoveta (Tabla 13.).

**Tabla 13.**

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

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



### Madurez sexual

La talla media de madurez sexual se estima considerando el criterio de 50% de ejemplares maduros, ya que se acepta que la madurez progresa con la talla o la edad de acuerdo a un modelo logístico de la forma:

$$P(l) = \frac{1}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 l)}$$

Donde P es la proporci3n de individuos maduros, l es la talla (o edad), y  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son parámetros de posici3n y pendiente, respectivamente. La talla media de madurez ha sido estimada por varios autores para anchoveta y los parámetros se resumen en la **Tabla 14**.

En relaci3n a la talla media de madurez sexual de anchoveta, Cubillos y Arancibia (1993 a, b) establecen sobre la base del máximo incremento porcentual del IGS promedio por clases de talla la talla de primera madurez sexual en 12 cm, posteriormente Cubillos, *et al.*, (1999), revisa los indicadores reproductivos macrosc3picos con el objeto de analizar cambios en los patrones globales de *S. bentincki* y *E. ringens* en un período de cinco años desde 1993 a 1997 en la zona Centro-Sur de Chile, determinando que la talla de primera madurez es de 11,5 cm. Estos resultados son muy cercanos a los valores estimados por Aranís., *et al* (2006) en 11,6 cm, por medio de un ajuste no lineal y 12,1 cm con un ajuste lineal (**Figura 25**). En t3rminos de la edad, se considera completamente maduros a los individuos mayores o iguales a 1 año de edad, mientras que sólo un 13% de los individuos de edad 0 se encuentran maduros.

**Tabla 14.**

Parámetros para la ojiva de madurez de anchoveta, reportado por varios autores.

$L_{50\%}$  = Talla a la cual el 50% de los individuos están maduro.

Zona	$\beta_0$	$\beta_1$	$L_{50\%}$ (cm)	Método	Fuente
Talcahuano			12		Cubillos y Arancibia (1993)
	23,20	-2,02	11,5	EMS macrosc3picos	Cubillos <i>et al.</i> (1999)
	16,427	-1,370	12,0	Histología	Cubillos <i>et al.</i> (2009)
	5,26	-0,45	11,6	EMS modelo no lineal	Aranís., <i>et al</i> (2006)
		12,1	EMS modelo lineal	Aranís., <i>et al</i> (2006)	

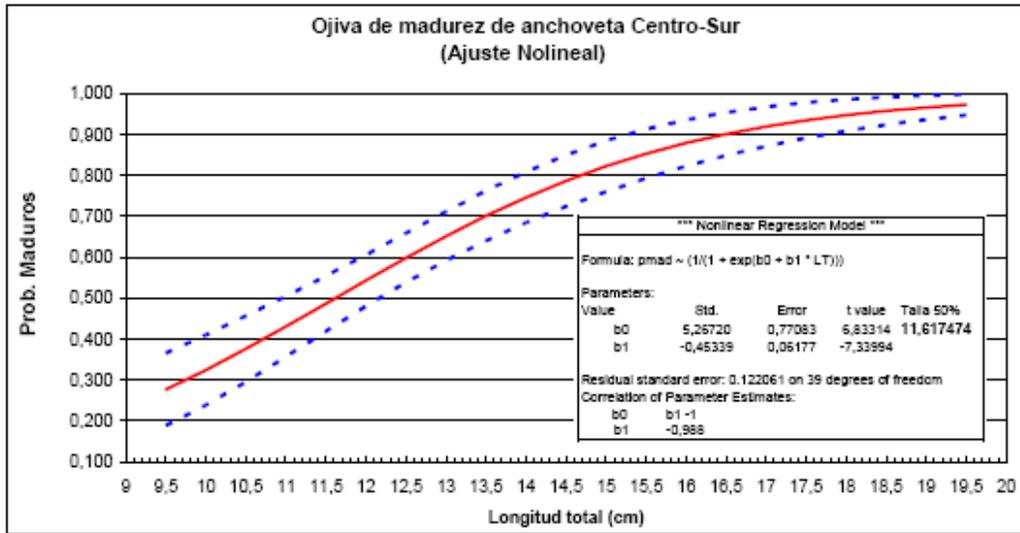


Figura 25. Ojiva de madurez de anchoveta en la zona Centro-Sur, 2005. Panel superior ajuste lineal y panel inferior ajuste No lineal. (Aranís *et al.*, 2006).

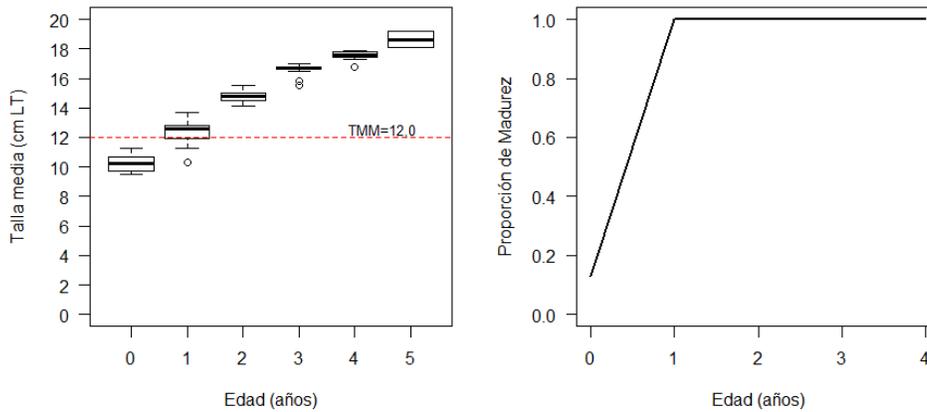


Figura 26. Talla media a la edad estimada en las claves talla-edad de las capturas para el período 2001-2013 (TMM = talla media de madurez) y ojiva de madurez a la edad de anchoveta V-X Regiones.



### 4.3. Clasificación del estándar de la pesquería de anchoveta

El nivel o “tiers” correspondiente a las pesquerías de anchovetas y sardinas se define de la siguiente manera:

**Tier 1:** Stock 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 comunes:

**1a.** Los puntos de referencia RMS ( $F_{RMS}$  y  $BD_{RMS}$ ) y  $BD_{LIM}$  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 debe tomar en cuenta la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia (o ausencia de la misma) de las especies.

Las anchovetas y sardinas son especies con una mortalidad natural  $M$  alto (viven durante un período máximo de 4-5 años), crecen rápido y maduran tempranamente. El reclutamiento está altamente influenciado por el ambiente. El modelo de evaluación de stock tiene una frecuencia temporal anual. Tanto el modelo y los datos son estructurados a la edad. Se considera una flota comercial en el modelo de evaluación y el patrón de selectividad es asumido constante a través de los años. El modelo de evaluación de stock no incluye una relación S-R. Estos antecedentes permiten clasificar a anchoveta y sardina común V-X en el Tier 1b.

Para la determinación del estatus se considera el análisis integrado que provee la evaluación de stock de anchoveta V-X Regiones. La actualización y consolidación del conocimiento y de los antecedentes disponibles referidos a aspectos de la biología, dinámica y ecología de anchoveta de la V-X Regiones son presentadas en **ANEXO I** de este Informe.



## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

---

En relación al análisis de la calidad y consistencia de los datos e información se recogen las recomendaciones planteadas en reuniones bilaterales con SUBPESCA y CCT\_PP. La información revisada corresponde a: (1) las estadísticas oficiales de desembarques, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca correspondiente al período 1990-2014. (2) el seguimiento de la pesquería, realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos, que forma parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales y es encargado por la Subsecretaría de Pesca a IFOP. Este proyecto permite obtener indicadores como las estructuras de tamaños y edad (período 1990-2014), peso medio a la edad/talla (período 1990-2014), entre otros; (3) Existe un programa de cruceros realizado por el Proyectos de Evaluación Hidroacústica del Reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V-X regiones realizado durante verano (RECLAS, 2000-2014) cuyo objetivo es evaluar la fuerza de los reclutamientos y otro durante otoño (PELACES, 2003-2014) cuyo objetivo es evaluar la biomasa disponible a la flota y corroborar las estimaciones del crucero de verano, (4) Los proyectos de evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V-X regiones, desarrollados con el objeto de evaluar la densidad de huevos y con ello generar estimaciones o índice de biomasa desovante (período 2002-2012). Ambos proyectos son licitados por el Fondo de Investigación Pesquera y (5) publicaciones científicas y reportes técnicos que entregan información asociada a los parámetros del ciclo vital de anchoveta, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros.

En este estudio se trabaja la hipótesis de una unidad de stock entre la V y X Regiones en la cual concurren flotas artesanales e industriales. Sin embargo, aún persisten las dudas sobre si la zona/pesquería mar interior/exterior frente a Chiloé constituye una unidad de stock independiente según fuera advertido en la reunión de revisión de datos realizada en mayo del 2012.

En relación a la información de los desembarques, en la actualidad, no se disponen de estudios formales sobre niveles de descarte y/o sub-reporte en esta pesquería. Sin embargo, existen antecedentes que señalan que los desembarques del primer semestre de los años 1999 y 2000 resultan ser muy altos para lo que en ese entonces se supone era la población de anchoveta y sardina común. La serie de desembarques anuales oficiales fue corregida para el período 1998-2001 para ser utilizada en la calibración del modelo de evaluación de stock. Según información presentada por la SUBPESCA durante la revisión por pares de sardina común en diciembre del 2013, indicaban un alto porcentaje de error entre la composición de las capturas de sardina común y anchoveta verificada versus la no verificada de la flota artesanal en el año 2008. Se sugiere corregir los últimos años de la serie en base a estos antecedentes y considerar estas correcciones en la estimación de composición de la captura a la edad de los años correspondientes.

Al respecto, Aranís *et al.*, 2013 informa sobre el sobre-reporte de mote y jibia asociado al sub-reporte de sardina común y anchoveta, sustentado en cuatro evidencias: a) las capturas de jibia y mote han sido marginales a nivel industrial hasta 2006 y artesanal hasta 2003 y luego se incrementaron; b) su



presencia en la captura es esporádica y marginal por lo tanto la cantidad de muestras aleatorias han sido ínfimas históricamente; c) la presencia en los lances de identificación efectuados con arrastre de media agua y cerco en los cruceros acústicos de verano RECLAS, siempre ha sido marginal, incluso en áreas cercanas a la costa (Castillo *et al.*, 2005 al 2012); y d) en el Informe Técnico R. PESQ. N°074-2006 reportan la existencia de grandes sobre-reportes de mote y jibia para la VIII Región en 2006. En base a estos antecedentes, es necesario realizar un estudio que permita analizar esta información y avanzar en la corrección de los desembarques de los últimos años de la serie. Al respecto, el programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona centro sur de Chile ha iniciado un trabajo de mediano plazo, orientados a aplicar efectivamente la base de datos de “Proporción de especies”. Aspecto que se inició con un estudio de Fauna acompañante. Además se pretende utilizar series de años recientes de esta información en Proyectos conjuntos con la U de Concepción e Inpesca, para evaluar el problema de las pesquerías mixtas entre sardina común–anchoveta y tal vez, sardina austral-sardina común–anchoveta (Aranis *et al.*, 2014)

Las composiciones de edades de los cruceros de verano son parciales en cuanto a que reflejan mayoritariamente la fracción de la población más juvenil y no necesariamente la fuerza de la clase anual. En efecto, la última gran cohorte del año 2005 que se supone atravesó por la pesquería no se observó en las composiciones de edades de RECLAS de los años 2005-2006 las que deberían haber registrado un aumento en la edad modal. Esto sugiere que las clases de edades mayores a 2 años no son “observadas” en estos cruceros producto de una mayor presencia de reclutas en la zona.

Los primeros años de las evaluaciones acústicas de otoño, no son muy consistentes en términos del área cubierta y periodo del año en que se realizaban (mayo de 2003, marzo-abril y mayo-junio de 2005, y abril-mayo de 2006), por lo tanto, los cambios en abundancia de estos años podrían estar influenciadas por la disponibilidad del recurso más que por cambios reales en abundancia. En efecto, la época del año en que se realiza la prospección difiere entre años, con desfase de un mes. Asimismo, las áreas prospectadas son diferentes al crucero de verano, y el arte de pesca empleado en los lances también difiere entre 2003 – 2006, siendo en este periodo solo captura de cerco. Finalmente, no se dispone de lectura de edades para el periodo 2003 – 2006.

Respecto a los cruceros de MPDH, si bien este índice confirma la tendencia a la baja de anchoveta en la zona centro sur en los últimos años (al igual que los cruceros acústicos), los coeficientes de variación estimados para las estimaciones de la biomasa desovante son muy altos, causado probablemente a la distribución agregada de huevos, por lo cual, las estimaciones de densidad de huevos podrían no ser muy precisas. Por esta causa, el modelo de evaluación actual no considera este índice como indicador de biomasa desovante ( $CV > 30\%$ ).

Considerando el análisis realizado por Cerna (2012) sobre la estimación de parámetros de crecimiento de anchoveta y sardina común centro-sur. Se sugirió en la reunión de revisión de datos realizada en mayo del 2012, que la falta de mediciones de individuos más pequeños podría tener



impacto tanto en el valor de “k” como de “t<sub>0</sub>”. Al respecto se sugiere un re-análisis incorporando valores penalizados de tallas menores o considerar el enfoque de Canales y Leal (2009), dado que la talla promedio de la primera clase anual podría estar sobre-estimada. Asimismo, se menciona que la talla promedio del grupo de edad “0” debiera corresponder a la mitad del año. Estos antecedentes son considerados como preliminares dada la necesidad de realizar nuevos análisis sobre asignación de edades basados en los antecedentes de la anchoveta de la zona norte en la cual se establece que el recurso vive menos tiempo del que se tenía contemplado (Plaza *et al.* 2012). Respecto de los estudios de madurez sexual, se indicó que estos están basados en tallas por lo que se hace necesario revisar estas estimaciones considerando la edad de los peces, aspecto que debe ser abordado en un estudio independiente.

Para el caso particular de los peces pelágicos pequeños, 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 Máximo Rendimiento Sostenido (MRS), considerando este como principal referente actual para el manejo por la autoridad pesquera en Chile. Esta situación se debe principalmente a la falta de mayor conocimiento de algunos procesos dinámicos espacio-temporales entre otros. Esto se traduce en datos e indicadores poblacionales sujetos a una considerable incertidumbre producto de su gran variabilidad. A pesar que el objetivo del nivel de clasificación tiers 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 robustos (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. No obstante, 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.

Considerando que el caso base representa el “mejor” modelo para proporcionar estimaciones de la actual condición de la población y la recomendación de manejo, la evaluación de stock base de Febrero 2014, fue contrastada frente a un nuevo escenario que modifica la ponderación de datos del modelo de evaluación (CV de las capturas, CV índice de MPDH y prior no informativa para la capturabilidad del crucero de otoño). Se observó un mejor ajuste en los desembarques producto de disminuir el CV a 0.01 y los cruceros de otoño al dejar el parámetro q libre. No se observaron cambios significativos en los otros índices analizados. Las funciones objetivos entre ambos escenarios analizados, indican una menor verosimilitud total en el escenario actual. A nivel de indicadores poblacionales no se observa un gran impacto en las tendencias, sólo un leve impacto en la mortalidad por pesca producto de la disminución del CV de los desembarques lo que provoca una disminución del 9% en la CBA estimada.

Sobre la base de un listado de tópicos generales y específicos donde se entregó una colección de datos referentes a las brechas de investigación realizado el año 2012. Se identificó a grandes rasgos, en el grupo de recursos pelágicos, que la formulación estadística, la bondad de ajuste y



señal de los cruceros hidroacústicos se encuentran como elementos satisfactorios, mientras se considera que la señal que entrega la CPUE estandarizada es pobre y la informaci3n ambiental es nula para todas las especies. Respecto de las necesidades de investigaci3n en especies pelágicas (**Tabla 15**), en términos generales se identifica como prioritario realizar investigaciones en el campo de la edad-crecimiento, así como mejorar el análisis del esfuerzo de pesca y la CPUE.

**Tabla 15.**

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

Pesquerías Pelágicas	
Sardina y anchoveta centro sur	Prioridad
Identificaci3n de unidades poblacionales de sardina y anchoveta entre la V y X Regiones (mar interior) de Chile	1
Estimaci3n de parámetros de crecimiento de sardina y anchoveta centro-sur de Chile en base a estructuras duras	3
Estimaci3n / validaci3n de la edad y mortalidad natural en sardina y anchoveta centro-	2
Evaluaci3n de niveles de descarte y subreporte en la pesquería de pelágicos centro sur	2
Caracterizaci3n del proceso migratorio de anchoveta y sardina centro sur a partir de	2
Caracterizaci3n de zonas de crianza y desove de anchoveta y sardina centro sur	2
Análisis de las tasas de captura en las pesquerías de sardina y anchoveta centro-sur	2
Variabilidad ambiental y su uso en la evaluaci3n de stock de anchoveta y sardina común centro-sur de Chile	2



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Aguayo, M. & S.B. Soto., 1978. Edad y crecimiento de la sardina común, *Clupea (Strangomera bentincki)*, en Coquimbo y Talcahuano. Invest. Pesq. Inst. Fom. Pesq. (Chile) N° 28: 1-55.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, F. Cerna, C. Vera, V. Bocic, A. Gómez, G. Rosson. 2006. Informe Final "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2005". Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 163 p+Anexos.
- Aranis A., L. Caballero, G. Böhm, F. Cerna, C. Vera, V. Bocic, A. Gómez, G. Rosson. 2006. Informe Final "Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur 2005". Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile, Chile. 163 p+Anexos.
- Aranis A., L. Caballero, A. Gómez, G. Rosson, M. González, F. Cerna, V. Bocic, A. López, C. Machuca, F. Espindola, C. Vera, Z Young, H. Miranda. 2010. Informe Final, Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2009. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 188p + Anexos.
- Aranis A.; L. Caballero; A. Gómez; M. González; F. Cerna; V. Bocic; A. López; C. Machuca; C. Vera. 2011. Informe de Avance. Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011. Actividad 1: Recursos Pelágicos: Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2011. IFOP/SUBPESCA. 69 p + Anexos.
- Aranis A., A. Gómez, S. Mora, M.J. Zúñiga, G. Muñoz, L. Ossa, L. Caballero, F. Cerna, V. Bocic, A. López, C. Machuca, L. Muñoz, C. Vera, V. Valdebenito, G. Eisele, M. Ramírez. 2012. Informe Final, Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2011. Actividad 1: Recursos Pelágicos Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2011. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 253 p + Anexos.
- Aranis A., A. Gómez, S. Mora, G. Muñoz, L. Ossa, F. Cerna, C. Valero, A. López, C. Machuca, L. Muñoz, C. Vera, V. Valdebenito, G. Eisele, M. Ramírez. 2013. Informe Final, Convenio Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2012. Actividad 1: Seguimiento general de de peces y crustáceos. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 229 p + Anexos.
- Aranis A., A. Gómez, S. Mora, G. Muñoz, L. Ossa, F. Cerna, C. Valero, A. López, C. Machuca, L. Muñoz, C. Vera, V. Valdebenito, G. Eisele, M. Ramírez. 2014. Informe Final, Convenio I:



- Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013. Proyecto 1.11: Programa de Seguimiento de las Pesquerías Pelágicas Zona Centro-Sur, 2013. Subsecretaría de Economía y EMT, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 260 p + Anexos.
- Arcos D., L. Cubillos y S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-98 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile. En: El Niño-La Niña 1997-2000 Sus efectos en Chile. CONA (eds), Chile. (2004) 153-166.
- Arrizaga, A. & C. Veloso. 1982. Estimación de mortalidades (M, F y Z) y del coeficiente de capturabilidad (q) en la sardina común *Clupea (Strangomera bentincki)* Norman, 1936, de Talcahuano - Chile. Monografías Biológicas (2): 39-49.
- Artiaga, M., B. Ernst, S. Vásquez, C. Gatica. 2014. Bases conceptuales para la aplicación de una evaluación de estrategias de manejo (EEM) en sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro – sur de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 42 (3): 445 – 467.
- Barría, P., G. Böhm, A. Aranís, R. Pili, P. Donoso & G.S. Rosales. 1997. Evaluación indirecta y análisis de la variabilidad del crecimiento de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur. Informe Final, FIP-IT/97/10:250pp.
- Barría, P., A. Zuleta & R. Gili. 1998. Bases biológicas para prevenir la sobreexplotación de sardina común y anchoveta. Informe Final, FIP-IT/96/12: 84 pp.
- Beverton, R J. H., y S. J. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Gt. Britain, Fishery Invest., Ser. II, Vol. XIX. 533 pp.
- Bergh, M.O., Butterworth, D.S., 1987. Towards rational harvesting of the South African anchovy considering survey imprecision and recruitment variability. In: Payne, A.I.L., Gulland, J.A., Brink, K.H. (Eds.), The Benguela and Comparable Ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci. 5, 937 – 951.
- Butterworth, D.S., Bergh, M.O., 1993. The development of a management procedure for the South African anchovy resource. In: Smith, S.J., Hunt, J.J., Rivard, D. (Eds.) Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120, 83 – 99.
- Butterworth, D.S., A.E. Punt. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sci., 56: 985-998.



- Canales, T. M. & 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.
- Canales, C, 2010. Actualización de la Evaluación de stock y cálculo de Captura Total Permisible de sardina Centro-sur, otoño 2010. *Minuta Técnica Ifop*. 12p.
- Canales, C. y A. Aranís, 2010. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables 2011, de las Principales Pesquerías Chilenas. Actividad 1 : Peces Pelágicos Sardina Centro-Sur, 2011. Instituto de Fomento Pesquero. Pre-Informe Final: 80 pp.
- Canales, C., & E. Leal, 2010. Investigación del Estatus y Evaluación de estrategias de explotación sustentables en sardina centro sur, 2010. Informe final. Ifop- Subpesca. 67p.
- Canales C., M. J. Zúñiga, y F. Cerna, 2012. Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013., Sardina Común V-X Regiones, 2013. Segundo Informe, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 92 pp.+ anexos.
- Carmichael, J., & Fenske, K. (Eds). 2011. Third National Meeting of the Regional Fishery Management Councils' Scientific and Statistical Committees. Report of a National SSC Workshop on ABC Control Rule Implementation and Peer Review Procedures. South Atlantic Fishery Management Council, Charleston, 19–21 October 2010.
- Castillo-Jordán, C., Cubillos, L.A., Paramo, J. 2007. The spawning spatial structure of two co-occurring small pelagic fish off central southern Chile in 2005. *Aquatic Living Resources* 20, 77-84.
- Castillo, J., E. Molina, F. Leiva, S. Núñez, S. Vásquez, E. Navarro. 2008. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2008. Informe de Avance proyecto FIP 2007-04, 62 p+anexos Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile.
- Castillo, J. A. Saavedra, F. Leiva, H. Reyes, M. Pizarro, V. Catasti, C. Lang, E. Molina, F. Cerna, A. López, S. Núñez, L. Valenzuela y S. Vásquez. 2012. Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta sardina común entre la V y X Regiones, año 2011. Informe Final FIP 2010-04. Inst. de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 275 pp + Figuras y Tablas.
- Castillo, J. A. Saavedra, V. Catasti, F. Leiva, C. Lang, R. Vargas, H. Reyes, M. Pizarro, E. Molina, F. Cerna, A. López, S. Núñez, L. Valenzuela y J. Silva. 2013. Evaluación hidroacústica



reclutamiento anchoveta sardina común entre la V y X Regiones, año 2013. Informe Final FIP 2012-12. Inst. de Fomento Pesquero. (Valparaíso, Chile). 307 pp + Figuras y Tablas.

- Castro, L., Claramunt, G., Krautz, M.C., Llanos-Rivera, A., Moreno, P., 2009. Egg traitvariation in anchoveta *Engraulis ringens*: a maternal response to changing environmental conditions in contrasting spawning habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 381,237–248.
- Castro, L., Claramunt, G., González, H., Krautz, M.C., Llanos-Rivera, A., Méndez, J.,Schneider, W., Soto, S., 2010. Fatty acids in anchoveta eggs, *Engraulis ringens*,during two contrasting winter spawning seasons. Mar. Ecol. Prog. Ser. 420,193–205.
- Claramunt, G., L. Cubillos, L. Castro, C. Hernández y M. Arteaga. 2013. Variation in the spawning periods of *Engraulis ringens* and *Strangomera bentincki* off the coasts of Chile: A quantitative analysis. Fish. Res.
- Clark, W.G. 1991. Groundfish explotación rates base don life history parameters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48. 734-750.
- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1993a. Análisis de la pesquería de sardina común y anchoveta del área de Talcahuano, situación actual y perspectivas. Documentos Técnicos del Instituto de Investigación Pesquera (IIP), Talcahuano, Chile 2(2): 1-19.
- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1993b. Análisis de la pesquería de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) del área de Talcahuano, Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 21: 3-21.
- Cubillos, L., R. Alarcón, D. Bucarey, M. Canales, P. Sobarzo y L. Vilugrón. 1998b. Evaluación indirecta del stock de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Informes Técnicos FIP, FIP-IT/ 96-10, 223 pp.
- Cubillos, L., Canales, M., Bucarey, D., Rojas, A., Alarcón, R., 1999. Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el periodo 1993–1997, zona centro-sur de Chile (1993–1997). Invest.Mar. 28, 73–85.
- Cubillos, L., Arcos, D., Bucarey, D., Canales, M., 2001. 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.
- Cubillos, L. y D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997-1998 El Niño. Aquatic Living Resources. 15:87-94.



- Cubillos, L. *et al.* 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2002. Informe Final FIP 2002-14, 127 p
- Cubillos, L.A., Ruiz, P., Claramunt, G., Gacitúa, S., Núñez, S., Castro, L.R., Riquelme, K., Alarcón, C., Oyarzún, C., y Sepúlveda, A., 2007. Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central southern Chile in 2002. Fisheries Research 86:228-240.
- Cubillos, L.A., L. Castro, G. Claramunt. 2011. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año 2010. Informe Final FIP 2010-02. Universidad de Concepción. (Concepción, Chile). 90 pp.
- Cubillos, L.A., H. Trujillo, C. Jiménez, B. Ernst, M. Feltrim, C. Gatica. 2012. Análisis de estrategias de explotación en peces pequeños pelágicos basados en la fuerza de los reclutamientos. Informe Final. Proyecto FIP 2008-22: 249 pp.
- De Oliveira, J. A. A., and Butterworth, D.S. 2004. Developing and refining a joint management procedure for the multispecies South African pelagic fishery. ICES Journal of Marine Science, 61: 1432 – 1442.
- Ferrada, S., Hernández, K., Montoya, R., & Galleguillos, R. (2002). Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*, jenyns 1842) (clupeiformes, engraulidae), mediante analisis de ADN. Gayana (Concepción), 66(2), 243-248.
- Francis, R. I. C. C., and Shotton, R. 1997. "Risk" in fisheries management: a review. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54: 1699–1715
- Francis, R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 68: 1124–1138.
- Galleguillos, R. J. Chong, C. Oyarzún, M. Oliva, R. Roa. 1994. Unidades de stock en los recursos sardina común y anchoveta de la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP, FIP-IT/94-20, 64 pp
- Gavaris S, Ianelli JN. 2002. Statistical issues in fisheries' stock assessments. Scand. J. Stat. 29(2): 245-267.
- Geromont, H.F., J.A.A. De Oliveira, S.J. Johnston, C.L. Cunningham. 1999. Development and application of management procedures for fisheries in southern Africa. ICES J. Mar. Sci., 56: 952 – 966.



- Gómez, F., A. Montecinos, S. Hormazabal, L. Cubillos, M. Correa-Ramírez, F. P. Chávez. 2012. Impact of spring upwelling variability off southern-central Chile on common sardine (*Strangomera bentincki*) recruitment. *Fish. Oceanogr.* 21:6, 405-414.
- Hilborn R. 2003. The state of the art in stock assessment: where we are and where we are going. *SCI. MAR.* 67 Suppl. 1: 15-20.
- Hutchings, L., M. Barange, S.F. Bloomer, A.j. Boyd, R.J.M. Crawford, J.A. Huggett, M. Kertsan, J.L. Korrubel, J.A.A. De Oliveira, S.J. Painting, A.J. Richardson, I.J. Shannon, F.H. Shulein, C.D. van der Lingen, H.M. Verheye. 1998. Multiple factors affecting South African anchovy recruitment in the spawning, transport and nursery areas. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 19:211-225.
- Kell, L. T., Pilling, G. M., Kirkwood, G. P., Pastoors, M. A., Mesnil, B., Korsbrekke, K., Abaunza, P., *et al.* 2006. An evaluation of multiannual management strategies for ICES roundfish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 12 –24.
- Kell L.T., De Oliveira J.A.A., Punt A.E., McAllister M.K., Kuikka S. Operational management procedures: An introduction to the use of management strategy evaluation frameworks. In: Motos L, Wilson DC (eds). *The Knowledge Base for Fisheries Management, Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 36. Elsevier, Amsterdam. 2006; 379-407.
- Lee, Hui-Hua, M.N. Maunder, K.R. Piner and R.D. Methot. 2011. Estimating natural mortality within a fisheries stock assessment model: An evaluation using simulation analysis based on twelve stock assessments. *Fisheries Research* 109: 89-94.
- Methot, R. 2009. Stock Assessment: Operational Models in Support of Fisheries Management. In: *The Future of Fisheries Science in North America Fish & Fisheries Series*, 2009, Volume 31, 137 – 165.
- McAllister, M. K., Starr, P.J., Restrepo, V.R., and Kirkwood, G.P.1999. Formulating quantitative methods to evaluate fishery-management systems; what fishery processes should be modelled and what trade-offs should be made? *ICES Journal of Marine Science*, 56: 900-916.
- Montecinos, A. and Gómez, F. 2010. ENSO modulation of upwelling season off southern-central Chile. *Geophys. Res. Lett.* 37:L02708.
- Parada, C., F. Colas, S. Soto-Mendoza & L. Castro. 2012. Effects of seasonal variability in across- and alongshore transport of anchoveta (*Engraulis ringens*) larvae on model-based pre-recruitment indices off central Chile. *Progr. Oceanogr.*, 92(1): 192-205.



- Parrish, R.H., A. Bakun, D.M. Husby, C.S. Nelson. 1983. Comparative climatology of selected environmental process in relation to Eastern boundary current pelagic fish reproduction. In: Sharp, G.D. and J. Csirke (Eds.). Proceeding of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fish Rep., 291,3,pp731-777.
- 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.
- Pikitch E., Boersma P. D., Boyd I. L., Conover D. O., Cury P., Essington T., Heppell S. S., *et al.* Little Fish, Big Impact: Managing a Crucial Link in Ocean Food Webs. Washington, DC: Lenfest Ocean Program; 2012. p. 108 pp.
- 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.
- Punt, A. E. 2006. The FAO precautionary approach after almost 10 years: have we progressed towards implementing simulation –tested feedback-control management systems for fisheries management? *Natural Resource Modeling*, 19: 441 – 464.
- Punt, A.E. 2008. Refocusing stock assessment in support of policy evaluation. Pages 139-152 in K Tsukamoto, T. Kawamura, T. Takeuchi, T.D. Beard, Jr, M.J. Kaiser (eds), *Fisheries for Global Welfare and Environment*, 5<sup>th</sup> World Fisheries Congress 2008. Terrapub, Tokyo.
- Rademeyer, R.A. 2003. Assessment of and management procedures for the hake stocks off southern Africa. M. Sc. Thesis, University of Cape Town, South Africa, 209 pp.
- Rademeyer, R.A., E.E. Paganyi, D.S. Butterworth. 2007. Tips and tricks in designing management procedures. *ICES Journal of Marine Science*. 64: 618-625.
- Rosenberg, A.A., and V.R. Restrepo. 1994. Uncertainty and risk evaluation in stock assessment advice for U.S. marine fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 2715-2720.
- Sepúlveda, A., Cubillos, L., Arcos, D. 2003. Pesquerías pelágicas chilenas: una síntesis sobre la incertidumbre biológica. In: *Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile*, E. Yáñez (Ed.). Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, p. 91 – 107.



- Soto-Mendoza, S., C. Parada, L. Castro, F. Colas & W. Schneider. 2012. Modeling transport and survival of anchoveta eggs and yolk-sac larvae in the coastal zone off central-southern Chile: Assessing spatial and temporal spawning parameters. *Prog. Oceanogr.*, 92(1): 178-191.
- Van der Lingen C, Bertrand A, Bode A, Brodeur R and others .2009. Trophic dynamics. In: Checkley DM, Alheit J, Oozeki Y, Roy C (eds) *Climate change and small pelagic fish*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yáñez E, C. Silva, A. Órdenes, F. Gómez, A. Valdenegro, S. Hormazábal, A. Montecinos, F. Espíndola y O. Pizarro. 2005. Análisis integrado histórico ambiente-recursos, I y II Regiones. Informe Final Proyecto FIP N° 2003-33. Valparaíso. 408 pp.
- Yáñez, E., S. Hormazábal, C. Silva, A. Montecinos, M.A. Barbieri, A. Valdenegro, A. Órdenes, F. Gómez. 2008. Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off northern Chile: ecosystem indicators and a conceptual model. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 36 (2): 159-181.
- Zúñiga, M.J. y C.R. Canales. 2014. INFORME DE ESTATUS Y CUOTA. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015 en anchoveta V-X Regiones. *Anchoveta V-X Regiones, 2015*. Subsecretaría de Economía y EM. Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 87 p + Anexos.

# **A N E X O S**

---

# **A N E X O I**

---

Desarrollo de la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia  
de Sardina común de la V-X Regiones



## Desarrollo de la estimaci3n de los Puntos Biol3gicos de Referencia de anchoveta de la V-X Regiones

Los primeros avances realizados en la estimaci3n de puntos biol3gicos de referencia l3mite y aquellos basados en el RMS, fueron abordados por IFOP y el grupo de trabajo del Comit3 Cient3fico “Evaluaci3n de Stock y Estrategias de Explotaci3n Recursos Pel3gico” y cuyos resultados han sido reportados en Z3niga y Canales (2012 y 2013), utilizando una aproximaci3n similar a la presentada por Cubillos *et al* (2002), llamada “modelo de producci3n edad-estructurado” que es una combinaci3n de rendimiento por recluta (YPR) y biomasa desovante por recluta (BPR) con una relaci3n stock-recluta (S-R) conveniente para generar curvas de rendimiento de equilibrio totales para una pesquer3a (Shepherd 1982, Sissenwine y Shepherd 1987, Cubillos *et al* 2002).

Respecto de la propuesta de PBR l3mites, estos fueron informados en Z3niga y Canales (2012 y 2013) con valores de reducci3n de stock basados en el modelo Beverton y Holt (B/H) que generan escapes en promedio inferiores al 25% de  $B_0$  para lograr el RMS, los que aumentan en torno al 40% de  $B_0$  en un modelo S/R Ricker. Si esto 3ltimo fuera la norma, implica entonces que ha de declararse un recurso sobre-explotado (agotado) cuando el stock est3 reducido levemente m3s all3 del 40% de la biomasa virgen, lo cual para el modelo B/H significa un objetivo de manejo. En efecto y en relaci3n con PBR objetivos, considerando por ejemplo el escape de biomasa que genera el 90% del MRS, los resultados indicaron escapes mayores al 42% para el modelo B&H y por sobre el 60% si se considera el modelo Ricker. Un an3lisis comparativo del modelo Ricker v/s Beverton y Holt realizado por Cubillos *et al*. (2002) demuestra que el modelo de Ricker produce estimaciones de  $BD_{RMS}/BD_0$  en el largo plazo significativamente menores (al menos la mitad) respecto del modelo de Beverton y Holt, por lo cual y frente a las diversas fuentes de incertidumbre su uso no parece lo m3s precautorio para fines de manejo pesquero.

Durante el primer taller de PBRs de IFOP realizado en diciembre de 2013, se recomend3 un n3mero de maneras para calcular puntos de referencia dependiendo de la calidad y cantidad de los datos disponibles para cada stocks, siguiendo un sistema dividido en niveles. Anchoveta V-X Regiones calific3 en el nivel 1b, donde los m3todos recomendados para calcular el “proxy” de  $F_{RMS}$  fueron calcular un nivel objetivo de 40% de biomasa desovante relativo al nivel no explotado ( $B_{40\%}$ ) (M3todo 4 del primer informe del taller), que ha mostrado estar a un nivel que produce un rendimiento cercano al RMS para un amplio rango de resiliencia en la relaci3n stock-recluta. Para calcular  $F_{B_{40}}$  se requiere especificar la forma de la relaci3n stock-recluta y el grado de resiliencia (stepness). En el segundo taller se adopt3  $F_{45\%}$  para el M3todo 4, tras el an3lisis de una curva Beverton-Holt y un rango de valores de stepness 0,5-0,95 desarrollado por Bill Clark (Pay3 *et al.*, 2013). Sin embargo, continu3 la discusi3n sobre si ser3a la elecci3n m3s adecuada para especies de historia de vida corto, concluyendo que no existen bases cient3ficas firmes que permita elegir un m3todo apropiado para la selecci3n un  $F_{RMS}$  proxy. Se observ3 que valores apropiados se encontrar3an entre un  $F_{60\%SPR}$  y  $F_{40\%SPR}$ , y que la elecci3n espec3fica para cada stock puede depender del nivel de incertidumbre, rol ecosist3mico y nivel de riesgo que se desee asumir.



Inicialmente, tras el análisis de una curva Beverton-Holt y un rango de valores de stepness 0,5-0,95 desarrollado por Bill Clark (Método 4, 1er Taller de PBRs), los expertos proponen un  $F_{45\%SPR}$  como un valor genérico para  $F_{B40}$  que permite implementar la estrategia  $B40\%B_0$  que ha mostrado estar a un nivel que produce un rendimiento cercano al RMS para un amplio rango de resiliencia en la relación stock-recluta. El procedimiento para obtener  $F_{45\%SPR}$  deriva de un análisis que tiene su origen en recursos demersales, lo cual podría no ser la elección más adecuada para especies de historia de vida corta y, por lo tanto, también se calculó y consideró  $F60\%$  en el análisis de peces pelágicos pequeños.

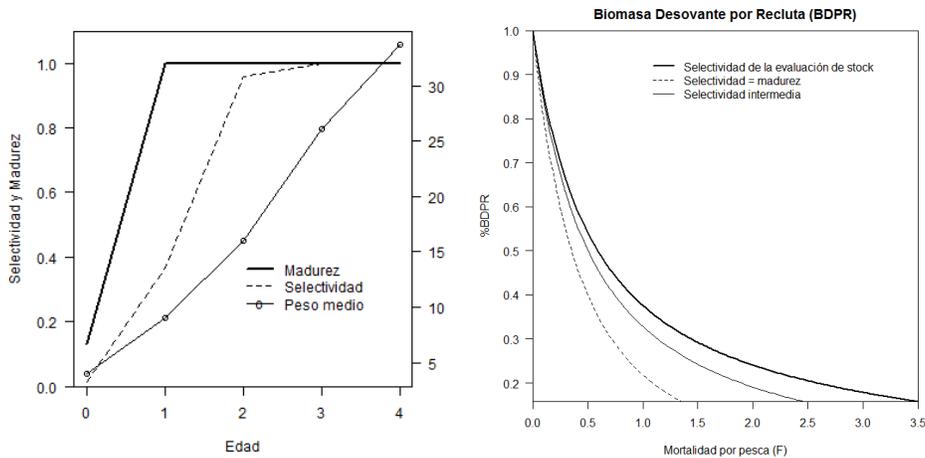
A continuación se presentan las curvas SPR y sus correspondientes valores de  $F_{RMS}$  y  $F_{LIM}$ ,  $B_{RMS}$  y  $B_{LIM}$ , fueron calculados y discutidos durante el segundo taller (Abril, 2014) y tercer taller (Agosto, 2014) de PBRs. A continuación se presenta un avance de los principales resultados obtenidos en ambos talleres y que aún deben ser discutidos por los Comités Científico Técnicos y de Comités de Manejo.

#### Estimación de $F_{RMS}$ y $F_{LIM}$

Las curvas SPR calculadas durante el segundo taller de PBRs (Abril 2014) y correspondientes valores de  $F_x\%$  ( $F_x\%$  es la  $F$  que reduce el SPR a  $x\%$  del valor no explotado) resultaron ser muy sensibles a la curva de selectividad supuesta, en especial a las posiciones relativas de las curvas de selectividad y madurez (es decir, si los peces tienen la oportunidad de desovar antes de ingresar a la pesquería).

La **Figura 27** muestra las curvas de selectividad y madurez (así como el peso individual relativo en el stock) a la edad, utilizado en los cálculos de  $F_x\%$ . La selectividad estimada se encuentra a la derecha de la curva de madurez para anchoveta en las regiones V-X, esto podría significar que los peces tienen una buena oportunidad de desovar antes que la pesquería los comience a afectar y, por lo tanto, los valores de SPR relativos obtenidos son muy altos incluso cuando  $F$  es alta.

Por otro lado, los valores de  $F_x\%$  pueden ser mucho más bajos si en lugar se supone que la curva de selectividad está más cerca de la curva de madurez. La **Figura 27** muestra las curvas de  $\%SPR$  que se producen bajo tres distintas suposiciones de selectividad. Se puede ver que  $60\%SPR$  de acuerdo con la curva de  $\%SPR$  más alta corresponde a cerca de  $45\%SPR$  de acuerdo con la curva de  $\%SPR$  más baja. La implicancia de esto es que una estrategia que se cree equivale a la pesca a un cierto  $\%SPR$  corresponderá, en realidad, a un  $\%SPR$  más bajo de lo previsto si la selectividad se estima a la derecha de la curva de madurez. De manera que una elección de un nivel de  $\%SPR$  adecuado para el proxy  $F_{RMS}$  depende parcialmente en cuánto uno confía en las suposiciones de madurez y selectividad utilizadas en el cálculo de  $\%SPR$  y puede tener sentido al considerar objetivos  $\%SRP$  mayores cuando la incertidumbre es alta.



**Figura 27.** Madurez, Selectividad, y pesos medios en anchoveta, utilizados en los cálculos de  $F_x\%$  (panel izquierdo) y curva de Biomasa por Recluta ( $\%SPR$  ó  $\%BDPR$ ) para anchoveta V-X Regiones bajo 3 supuestos de selectividad (panel derecho).

Con el propósito de determinar si el  $F$  resultante es sostenible, en la **Tabla 16** también se calculan los valores de  $M$ ,  $0,87M$  como un proxy  $F$  según el procedimiento de Zhou *et al.*, (2012) y  $2/3M$  como un proxy de “ $F$  sostenible” según un estudio de Patterson, (1992), de tal manera que si el  $F$  promedio de las capturas se encuentra bajo  $2/3$  de  $M$  se esperaría encontrar biomazas estables o crecientes, y lo opuesto cuando  $F$  esta sobre  $2/3$  de  $M$  (como es el caso de anchoveta de la V-X Regiones).

Luego de largas discusiones durante el 2° taller, se concluyó que no existe una base científica sólidas para realizar una recomendación de un  $F_{RMS}$  proxy para especies de historia de vida corta. Es probable que los valores apropiados se encuentren en el rango de  $F60\%$  a  $F45\%$  (**Tabla 16**). Las elecciones específicas para los stocks pueden depender del nivel de incertidumbre, del nivel asignado en el ecosistema y del nivel de riesgo que se desee correr. En el tercer taller (agosto 2014), se pidió al grupo de trabajo de stock pelágicos hacer una propuesta que podría servir como un valor de trabajo para el punto de referencia  $F_{MSY}$  proxy (entre el rango  $F60\%$  y  $F45\%$ ). Para ello se consideró la mediana de los valores históricos de  $F$  (período 1990-2014) estimados a partir de la evaluación de stock. La **Tabla 16** indica que el valor mediano de mortalidad por pesca ( $F_{mh}$ ) experimentado históricamente por el stock de anchoveta de la V-X Regiones ha estado cercano a  $F36\%$ . Este punto fue altamente discutido en el 3er taller, y considerando que la  $F_{mh}$  se encuentra sobre los  $2/3M$  (como valor de referencia que llevaría a biomazas estables o crecientes), finalmente se sugirió mantener la mortalidad por pesca en un  $F55\%$  (equivalente a  $\%SPR$  de  $2/3M$ ), como un nivel más precautorio. Por lo tanto, un  $F55\%$  podría ser una solución de compromiso razonable para el punto de referencia  $F_{RMS}$ , a menos que hubiera una información clara o argumentos que indique que determinado enfoque alternativo sería mejor.



Finalmente, durante el tercer taller de PBRs (Agosto, 2014) se determinó un límite superior a la mortalidad por pesca ( $F_{LIM}$ ), considerada como la tasa de mortalidad por pesca para el que la biomasa de equilibrio es  $B_{LIM}$ . Se Consideró que  $B_{LIM}$  es la mitad el objetivo de biomasa  $B_{RMS}$  o un proxy, es decir,  $B_{RMS} / 2$  o si  $B_{RMS} = B40\%$  entonces  $B_{LIM} = B20\%$ . En el caso de las poblaciones pelágicas el objetivo de biomasa es superior a  $B40\%$  pero  $B_{LIM}$  también se fijó en  $B20\%$ .

En el taller se definió  $F_{LIM}$  como la tasa de mortalidad por pesca para el que la biomasa de equilibrio es  $B_{LIM}$ , así que para  $B_{LIM} = B20\%$ , se obtiene que  $F_{LIM} = F_{B20\%}$ . Como sucede con  $F_{B40\%}$ , el valor del  $F_{B20\%}$  depende del steepness de la relación stock-recluta, que es desconocido para la gran mayoría de las poblaciones. Al respecto, en el taller se discutió la forma de obtener una biomasa desovante en equilibrio que se aproxima a  $B20\%$  para un amplio rango de valores de steepness, cuyos resultados arrojaron un  $F30\%SPR$  como proxy para  $F_{B20\%}$ .

**Tabla 16.**

$F45\%$  y  $F60\%$  bajo dos suposiciones diferentes de selectividad, y “proxies” de explotación basadas en la mortalidad natural ( $M$  año<sup>-1</sup>) y  $F$  mediana histórica ( $F_{mh}$ ).

Supuestos	“proxies”	valor	%SPR
<b>Selectividad de la evaluación (Caso base actual)</b>	$F_{45\%}$	<b>0,72</b>	<b>45%</b>
	$F_{55\%}$	<b>0,48</b>	<b>55%</b>
	$F_{60\%}$	<b>0,39</b>	<b>60%</b>
	$F_{LIM}$	<b>1,44</b>	<b>30%</b>
Selectividad = Madurez (Prueba de sensibilidad)	$F_{45\%}$	0,42	45%
	$F_{55\%}$	0,30	55%
	$F_{60\%}$	0,25	60%
	$F_{LIM}$	0,71	30%
Aproximaciones basadas en $M$ año <sup>-1</sup>	$M$	0,7	46%
	$0,87M$	0,61	50%
	<b><math>2/3M</math></b>	<b>0,47</b>	<b>56%</b>
F (mediana histórica 1990-2008)	$F_{mh}$	1,06	36%



### Estimación de $B_{RMS}$ y $B_{LIM}$

Para los stock de anchoveta y sardina se consideró primero que el método para calcular un punto de referencia  $B_{RMS}$  (proxy) era al Método 3,1 (1er Informe IFOP (2013) del taller de los primeros puntos biológicos de referencia). Se considera el cálculo de  $B_{RMS}$  como  $SPR(F_{RMS}) \times R_{RMS}$ , donde  $R_{RMS}$  (proxy) es el reclutamiento promedio estimado en la evaluación de stock durante un período de tiempo histórico en el que la explotación se estimó que estaba cercana a  $F_{RMS}$ .

Se sugiere un nuevo método en el segundo taller que no requiere tener un período histórico en el que ha estado cerca de  $F_{RMS}$  (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). El nuevo método se presenta un resumen de los pasos seguidos.

7. Encontrar un período histórico (de preferencia largo) en el que la BD haya estado aproximadamente en un equilibrio dinámico (es decir, no un equilibrio determinista basado en la relación stock-recluta). La condición base sería tomar la serie temporal histórica completa, a menos que exista una razón clara para tomar algo distinto. Calcular el promedio de BD y la mediana de F estimadas de la evaluación de stock durante el período seleccionado. (nota: la razón para estimar el promedio de BD pero la mediana de F (Fmh) es porque la distribución de F se espera que sea cercana a la log-normal mientras que la distribución de BD se espera que sea cercana a la normal; además, el objetivo es encontrar valores únicos de F y BD que se podrían corresponder entre sí (aproximadamente) en equilibrio, por lo que la mediana de F, el cual disminuye efectivamente el peso de la influencia de los valores altos de F en la serie histórica, podría estar asociado a valores altos de BD en equilibrio (y la media a menudo tiende a ser mayor que la mediana).
8. Calcular el %SPR (Fmh) y %SPR ( $F_{RMS}$ ).
9. Sustraer el 5% (=0,05) de %SPR (Fmh) y %SPR( $F_{RMS}$ ) para obtener una aproximación para el %BD (donde el %BD denota  $BD/B_0$ ) para el cual Fmh y  $F_{RMS}$  correspondiente. Como un ejemplo, si %SPR(Fmh) = 0,35, el correspondiente %BD(Fmh) es 0,30, y si %SPR( $F_{RMS}$ )=0,55, el correspondiente %BD( $F_{RMS}$ ) es 0,50.
10. La razón BD promedio / %BD (Fmh) entrega una estimación de  $B_0$ , y forma la base para el cálculo de  $B_{RMS}$  (paso 5) y  $B_{LIM}$  (paso 6).
11. Calculo de  $B_{RMS}$  (proxy) como %BD( $F_{RMS}$ ) x BD promedio / %BD(Fmh).
12. Calculo de  $B_{LIM}$  (seleccionado como B20% para todos los stock de sardina y anchoveta) como 0,20 x BD promedio / %BD(Fmh).



**Tabla 17.**  
Puntos biológicos de referencia de biomasa (miles t)  
para anchoveta V-X Regiones, calculados siguiendo los pasos señalados anteriormente.

Etapas	Cálculo	Aproximación	Valor
Paso 1	Promedio de la serie histórica entre 1990-2008 de la evaluación de stock	BD promedio	406 mil t.
	Mediana de la serie histórica entre 1990-2008 de la evaluación de stock	F <sub>mh</sub>	1,06
Paso 2	Cálculo de la curva de biomasa por recluta (SPR)	%SPR (F <sub>mh</sub> )	36%
		%SPR (F <sub>RMS</sub> )	45% , 55% y 60%
		%SPR (F <sub>LIM</sub> )	30%
Paso 3	%SPR (F <sub>mh</sub> ) – 5%	%B (F <sub>mh</sub> )	31%
		%B (F <sub>RMS</sub> )	40%, 45% y 55%
		%B (F <sub>LIM</sub> )	20%
Paso 4	BD promedio / %B(F <sub>mh</sub> )	B <sub>0</sub>	1,3 millones t.
Paso 5	<b>B<sub>RMS</sub></b> = B <sub>0</sub> x %B(F <sub>RMS</sub> )	<b>B<sub>40%</sub></b>	520 mil t
		<b>B<sub>45%</sub></b>	585 mil t
		<b>B<sub>55%</sub></b>	715 mil t
Paso 6	<b>B<sub>LIM</sub></b> = B <sub>0</sub> x %B(F <sub>LIM</sub> )	<b>B<sub>20%</sub></b>	260 mil t.

Finalmente, dado que aún estos resultados deben ser discutidos por los Comités Científico Técnicos y sobre la base del rol ecológico de los peces pelágicos pequeños, considerados como de base de la cadena trófica vista desde una perspectiva ecosistémica, en éste informe se considera la recomendación de la Primera Sesión del CCT-PP\_1113 que recomendó aplicar PBR precautorios mientras no se tengan resultados concluyentes del proyecto “Revisión de los PBR’s en las pesquerías nacionales”, esto es: a)  $SSB_{proxy\ MRS} = 60\%B_0$ , b)  $SSB_{límite} = 20\%B_0$  y c)  $F_{MRS} = F_{60\%BD0}$  como límite de sobrepesca (CCT-PP\_PS\_1113).

# **A N E X O II**

---

Modelo de Evaluación Anual  
con información en Edades (MAE)



**Tabla 1.**

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

<b>Recurso objetivo</b>	<b>Anchoveta Centro-Sur</b>																								
Modelo	MAE																								
Area geográfica	V-X Regiones																								
Período de análisis	1990-2014																								
Información a emplear	<p>Período 1990 – 2014 Series anuales de capturas</p> <p>Período 2000 – 2014 Biomosas anuales de cruceros acústicos de verano</p> <p>Período 2003,2005-2007, 2009 – 2015 Biomosas anuales de cruceros acústicos de otoño</p> <p>Período 2002, 2004-2005, 2007- 2012 Biomosas anuales de cruceros biomasa desovante MDPH</p> <p>Período 1990 – 2014 Composiciones de edades de capturas anuales</p> <p>Período 2001 – 2014 Composiciones de edades cruceros acústicos verano</p> <p>Período 2007, 2009 – 2014 Composiciones de edades cruceros acústicos otoño</p> <p>Período 1990 – 2014 Peso medios a la edad de las capturas estimados a la mitad de la temporada de pesca</p> <p>Período 1990 – 2014 Peso medios a la edad de las capturas estimados a inicios de la temporada de pesca</p> <p>Constante entre años Madurez sexual a la edad</p> <p>Constante Mortalidad natural.</p>																								
Ecuación de captura	Baranov																								
Uso de ponderadores de información	<p>Los tamaños de muestra (nm) constantes entre años fueron obtenidos por procedimientos iterativos y los coeficientes de variación (<math>\sigma</math>) por ajuste de polinomio de referencia.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Datos</u></th> <th><u><math>\sigma</math></u></th> <th><u>nm</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>Desembarques</u></td> <td><u>0,01</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>Biomasa acústica verano</u></td> <td><u>0,3</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>Biomasa acústica otoño</u></td> <td><u>0,3</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>Biomasa MPH</u></td> <td><u>100</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>Comp. Edad Capturas</u></td> <td></td> <td><u>50</u></td> </tr> <tr> <td><u>Comp. Edad Reclas</u></td> <td></td> <td><u>30</u></td> </tr> <tr> <td><u>Comp. Edad Pelaces</u></td> <td></td> <td><u>5</u></td> </tr> </tbody> </table>	<u>Datos</u>	<u><math>\sigma</math></u>	<u>nm</u>	<u>Desembarques</u>	<u>0,01</u>		<u>Biomasa acústica verano</u>	<u>0,3</u>		<u>Biomasa acústica otoño</u>	<u>0,3</u>		<u>Biomasa MPH</u>	<u>100</u>		<u>Comp. Edad Capturas</u>		<u>50</u>	<u>Comp. Edad Reclas</u>		<u>30</u>	<u>Comp. Edad Pelaces</u>		<u>5</u>
<u>Datos</u>	<u><math>\sigma</math></u>	<u>nm</u>																							
<u>Desembarques</u>	<u>0,01</u>																								
<u>Biomasa acústica verano</u>	<u>0,3</u>																								
<u>Biomasa acústica otoño</u>	<u>0,3</u>																								
<u>Biomasa MPH</u>	<u>100</u>																								
<u>Comp. Edad Capturas</u>		<u>50</u>																							
<u>Comp. Edad Reclas</u>		<u>30</u>																							
<u>Comp. Edad Pelaces</u>		<u>5</u>																							
Plataforma de programación	ADMB																								
Condición inicial	No equilibrio																								
Reclutamientos	Desvíos aleatorios en torno a $R_0$ (distribuidos lognormal)																								
Incertidumbre de variables y parámetros	Error asintótico desde la matriz Hessiana (método delta) MCMC para el análisis de proyecciones																								
Diagnostico de modelos	Diagramas “qq-plot” y Residuales estandarizados del ajuste a la edad.																								
Status del recurso	Diagrama de fase reducción de biomasa desovante vs mortalidad por pesca relativa																								



**Tabla 2.**  
Formulaci3n del modelo anual en edades (MAE).

<b>Objetivos, supuestos y prior</b>	<b>Ecuaci3n</b>
<u>Sobrevivencia</u> $a$ es la edad y $t$ es el a3o. $a = [0, 1, \dots, 4]$ .	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<u>Mortalidad total</u> $F_t$ es el efecto anual de la mortalidad por pesca $M$ es la mortalidad natural semestral	$Z_{a,t} = M + F_{s,t} \psi_{s,t}$
<u>Selectividad</u>	$\psi_a = \left( 1 + \exp \left[ -\ln 19 \frac{(a - A_{50\%})}{\Delta} \right] \right)^{-1}$
<u>Reclutamiento anual</u> $\varepsilon \sim N(0, \sigma_R^2)$ ; $\ln R_0 \sim U[a, b]$	$N_{a=0,t} = R_0 e^{\varepsilon_t + 0.5\sigma_R^2}$
<u>Poblaci3n inicial</u>	$N_{0,a} = R_0 e^{-aM}$ $N_{a>0,t=1} = N_{0,a>0} e^{\varepsilon_{a>0} + 0.5\sigma_R^2}$
<u>Capturas estimadas en edad</u>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<u>Desembarques en peso</u> $w_{a,t}$ es el peso a la edad entre a3os	$\hat{Y}_t = \sum_a \hat{C}_{a,t} w_{a,t}$
<u>Biomasa total y desovante</u> $O_a$ corresponde a la ojiva de madurez sexual a la edad $a$ $\Delta'$ es la fracci3n del a3o en la cual ocurre del desove.	$B_t = \sum_a N_{a,t} w_{a,t}$ $BD_t = \sum_a N_{a,s,t} e^{-\Delta' Z_{a,t}} w_{a,t} O_a$
<u>Biomasa ac3stica y MPH</u> $\Delta^c$ es la fracci3n del a3o en la cual se realiza el crucero. $q^c$ es la capturabilidad / disponibilidad del crucero	$\hat{B}_t^c = q^c \sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}} w_{a,t}$



$O_a$ ojiva de madurez sexual a la edad	$\hat{B}mph_t = q_{mph}^c \sum_a N_{a,t} O_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}} w_{a,t}$
<u>Proporci3n de la captura/abundancia a la edad cruceros</u>	$\hat{p}_{a,t}^c = \frac{N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}{\sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}$
<u>Proporci3n de la captura/abundancia a la edad flota</u>	$\hat{p}_{a,t}^f = \frac{\hat{C}_{a,t}}{\sum_a \hat{C}_{a,t}}$

### Componentes de verosimilitud

<b>Funci3n/fuente</b>	<b>-log-verosimilitud</b>
<u>Indices de abundancia</u> $\sigma_I$ es la desviaci3n est3ndar del 3ndice $I$ en escala logar3tmica	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left( \frac{\ln \hat{I}_t}{\ln I_t} \right)^2 + cte$
<u>Desembarques</u> $\sigma_Y$ es la desviaci3n est3ndar de los desembarques en escala logar3tmica	$-l(Y) = \frac{1}{2\sigma_Y^2} \sum_t \left( \frac{\ln \hat{Y}_t}{\ln Y_t} \right)^2 + cte$
<u>Proporci3n de la captura/abundancia a la talla</u> $f.c$ corresponde a la flota o crucero, $n$ es el tama1o de muestra efectivo	$-l(p) = n^{f.c} p^{f.c}_{a,t} \ln \hat{p}^{f.c}_{a,t}$
<u>Priors</u> Desv3os del reclutamiento promedio Capturabilidad de cruceros	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_R^2} \sum_t (\delta_t)^2 + cte$ $-l(q) = \frac{1}{2\sigma_q^2} \log(q)^2 + cte$
<u>Funci3n objetivo</u>	$-l(I) - l(Y) - l(p) - l(R) - l(q)$



**Tabla 3.**  
Parámetros y prioris empleadas en el modelo anual en edades (MAE).

Parámetro	Prior
Mortalidad natural	$M=0,7$ (fijo)
Selectividad de la flota (2)	$A50f \sim U[-1 ; 2]$ $\log\_rangof \sim U[-4 ; 0,6]$
Selectividad de los cruceros de verano (2)	$A50c \sim U[-1 ; 2]$ $\log\_rangoc \sim U[-4 ; 0,6]$
Selectividad de los cruceros de otoño (2)	$A50pela \sim U[-1 ; 2]$ $\log\_rangopela \sim U[-4 ; 0,6]$
Reclutamiento promedio (1)	$\log\_Ro \sim U[5 ; 20]$
Mortalidad por pesca (22)	$\log\_F \sim U[-6 ; 1,6]$
Desvíos de reclutamientos y estructura etaria inicial (5+22)	$\log\_desv\_No \sim N(0 ; \sigma_R^2)$ $\log\_desv\_Rt \sim N(0 ; \sigma_R^2)$
Desviación estándar de los desvíos de reclutamientos, estructura etaria inicial y capturabilidad de cruceros	$\sigma_R = 0,6$ $\sigma_q = 1000$ (verano) $\sigma_q = 1000$ (otoño)
Capturabilidad de cruceros (3)	Verano : $\log\_qrecl \sim N(0 ; \sigma_q^2)$ Otoño : $\log\_qpela \sim N(0 ; \sigma_q^2)$ MPH : $\log\_qmph \sim U(-\infty ; +\infty)$

( ) corresponde al número de parámetros

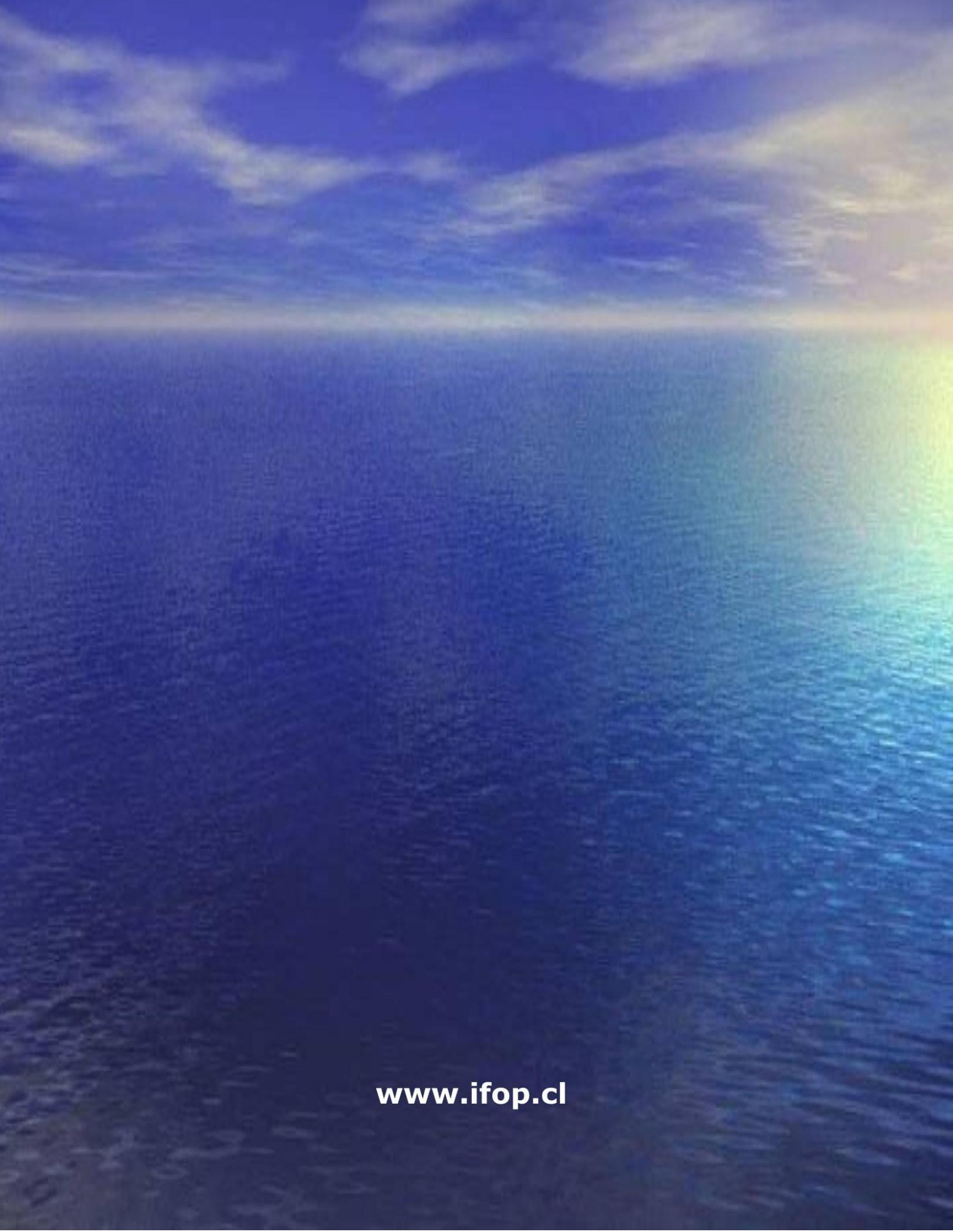


---

**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)