



## **TERCER INFORME (CONSOLIDADO)**

Convenio de Desempeño 2020

Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente  
Sustentables de Anchoveta de la Región de Valparaíso  
a la Región de Los Lagos, año 2021

**SUBSECRETARIA DE ECONOMIA Y EMT / Julio 2021**

I N S T I T U T O   D E   F O M E N T O   P E S Q U E R O



## TERCER INFORME (CONSOLIDADO)

Convenio de Desempeño 2020

Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de Anchoveta de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos, año 2021

**SUBSECRETARIA DE ECONOMIA Y EMT / Julio 2021**

**REQUERIENTE**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretario de Economía y Empresas de Menor Tamaño  
**Julio Alberto Pertuzé Salas**

**EJECUTOR**

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo  
**Luis Parot Donoso**

Jefe (I) División Investigación Pesquera  
**Sergio Lillo Vega**

**JEFE DE PROYECTO**

Juan Carlos Quiroz Espinosa

**AUTORES**

María José Zúñiga Basualto  
Doris Bucarey Sepúlveda



# Índice

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>2</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
1.1. Objetivo general . . . . .	4
1.2. Objetivos específicos . . . . .	4
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
2.1. Distribución del recurso . . . . .	5
2.2. Unidades de stock . . . . .	6
2.3. Reclutamiento . . . . .	6
2.4. Reproducción . . . . .	6
2.5. Pesquería . . . . .	7
2.6. Evaluación de stock . . . . .	10
2.7. Estatus . . . . .	11
2.8. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) . . . . .	12
<b>3. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	<b>14</b>
3.1. Objetivo específico 1: . . . . .	14
3.1.1. Modelo Conceptual . . . . .	14
3.1.2. Datos de entrada al modelo de evaluación de stock . . . . .	16
3.1.3. Evaluación de stock . . . . .	23
3.2. Objetivo específico 2: . . . . .	34
3.2.1. Estatus . . . . .	34
3.3. Objetivo específico 3: . . . . .	38
3.3.1. Captura biológicamente aceptable (CBA) . . . . .	38
3.3.2. Proyección del stock . . . . .	45
3.4. Objetivo específico 4: . . . . .	46
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>47</b>
4.1. Objetivo específico 1: . . . . .	47
4.1.1. Datos de entrada al modelo de evaluación de stock . . . . .	47
4.1.2. Diagnóstico del modelo de evaluación de stock . . . . .	54
4.2. Objetivo específico 2: . . . . .	62
4.2.1. Tendencias poblacionales . . . . .	62
4.2.2. Puntos Biológicos de Referencia (PBRs) . . . . .	65
4.2.3. Estado de explotación . . . . .	67
4.3. Objetivo específico 3: . . . . .	72
4.3.1. Captura biológicamente aceptable (CBA) . . . . .	72
CBA 2021 inicial (Asesoría de septiembre 2020) . . . . .	72
Primera revisión CBA 2021 (Asesoría de marzo 2021) . . . . .	74
Segunda revisión CBA 2021 (Asesoría de julio 2021) . . . . .	76
4.3.2. Proyección del stock (Asesoría de septiembre 2020) . . . . .	78
4.3.3. Proyección del stock (Asesoría de marzo 2021) . . . . .	80
4.3.4. Proyección del stock (Asesoría de julio 2021) . . . . .	82
4.4. Objetivo específico 4: . . . . .	84



4.4.1. Esquema de trabajo y plan de actividades . . . . .	84
4.4.2. Mejoras realizadas al modelo de evaluación de stock . . . . .	85
4.4.3. Avances en reducción de brechas . . . . .	87
4.4.4. Recomendaciones realizadas en Revisión por Pares Externa e independiente (RPEI) . . . . .	94
4.4.5. Recomendaciones realizadas en Informe de evaluación técnica de proyectos del programa de investigación básica o permanente para la regulación pesquera y de acuicultura. . . . .	97
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>98</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>102</b>
<b>7. ANEXOS</b>	
<b>ANEXO I.</b> Proceso de actualización de datos de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.	
<b>ANEXO II.</b> Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) de la evaluación de stock de Anchoveta y Sardina común de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.	
<b>ANEXO III.</b> Procedimiento transitorio de incorporación del descarte en la evaluación de stock y descuento en la proyección de la Captura Biológicamente Aceptable de peces pelágicos pequeños de Chile.	



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene la segunda actualización del estatus del año biológico 2020/21 y la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año calendario 2021 para el stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-Sur (UPCS) de Chile (Región de Valparaíso a Región de Los Lagos) basado en un modelo en escala biológica. El análisis es actualizado con la siguiente información: (1) Estadísticas de desembarques de SERNAPESCA corregidas por IFOP los años 1998 al 2001, correspondiente al período 1996/97-2020/21. (2) El porcentaje de descarte obtenido mediante el Programa de Descarte de IFOP corresponde al período 2015-2019. (3) Información de captura a la edad y pesos individual es a la edad, proveniente del "Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales (Pesquerías Pelágicas)" desde 1996/97 al 2020/21. (4) Series de biomasa acústicas y composiciones de edad de los cruceros de verano (años 2000-2021) y otoño (años 2003-2021) provenientes del programa de cruceros IFOP sobre evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos. (5) Publicaciones científicas y técnicas relacionadas con los parámetros del ciclo de vida (mortalidad natural y madurez).

En relación a los datos de entrada al modelo de evaluación de stock, se observa que entre los años 2009 y 2017 se registraron los niveles más bajos de biomasa acústica de verano con un valor promedio de 101 mil t. Sin embargo, el año 2018 se observó un primer incremento importante hasta 347 mil t y los últimos tres años 2019 al 2021 se consolida éste incremento con valores cercanos a las 588 mil toneladas en promedio. Algo similar se observa en las tendencias de los cruceros de otoño, observándose una recuperación en la biomasa del stock desde el 2016, registrándose el año 2021 el nivel más alto de los últimos 11 años, en 1,3 millones de t. En relación a las capturas de anchoveta en la UPCS, su variación es consistente con los cambios en los niveles de biomasa estimados por los cruceros acústicos de verano y otoño. Entre los años 2011/12 y 2017/18 se registran los desembarques más bajos de la serie, en torno a 62 mil toneladas en promedio. Para el 2018/19 se incrementan a 135 mil toneladas y para el año 2019/20 a 158 mil toneladas, un 16 % mayor al año previo y para el año 2020/21 se incrementa a 205 mil toneladas, un 30 % mayor al año previo y un 159 % mayor al promedio de los últimos 9 años (período 2011/12 - 2019/20).

El modelo base utilizado en este estudio corresponde a un modelo anual en escala biológica el cual es eficiente en reproducir la tendencia general de la biomasa estimada en los cruceros hidroacústicos, especialmente a partir del año 2009/10. El análisis consigue ajustar apropiadamente la información de la proporción de edades en las capturas y cruceros de evaluación directa. Respecto a las variables poblacionales, el modelo en escala biológica es eficiente en recoger las fluctuaciones en los indicadores del stock, los cuales son consistentes con la variabilidad en los reclutamientos y en los índices (cruceros de verano y otoño) que calibran el modelo de evaluación.

El análisis histórico de la condición de anchoveta centro-sur muestra que entre los años 1996/97 al 2000/01 el stock se encontraba sobre-expLOTADO con biomassas por debajo del objetivo de manejo ( $BD < BD_{RMS}$ ). A partir del 2001/02 se incrementan los niveles de biomasa desovante, permitiendo que el stock transite y se mantenga en una condición de plena-explotación hasta el 2007/08. No obstante, los niveles de reclutamiento para el año 2008 se reducen drásticamente generando niveles de biomasa desovante por debajo del promedio histórico. Debido a la falla en los reclutamientos, desde el año 2009/10 el stock cambia drásticamente a una condición de colapso, manteniéndose en ese estatus durante 8 años (2009/10 al 2016/17). A partir de 2017/18 se manifiesta una recuperación del stock, transitando por una condición de sobreexplotación los años 2017/18 y 2018/19 para alcanzar y mantenerse en plena-explotación durante los años 2019/20 y 2020/21. En términos de los niveles de mortalidad por pesca ( $Ft \text{ año}^{-1}$ ), en general, se ha mantenido históricamente por sobre el nivel objetivo de referencia  $F_{RMS}$ , no obstante, a partir del año



2016/17, los niveles de  $F_t$  estuvieron bajo el objetivo de manejo.

Por lo tanto, el incremento de los reclutamientos de los años 2018/19 y 2019/20, más la disminución de la mortalidad por pesca por debajo del objetivo de manejo ( $F < F_{RMS}$ ) y 2/3 por debajo de M ( $M=0,7 \text{ año}^{-1}$ ) y el incremento de la biomasa total y desovante 2019/20 y 2020/21 generan una condición de plena explotación con una baja probabilidad de sobreexplotación (3 %), con un 13 % de probabilidad de sobrepesca y con una alta probabilidad (85 %) de mantenerse en una condición de plena explotación para el año 2021/22 (15 % probabilidad de sobreexplotación y 0 % probabilidad de colapso). Aunque es estatus 2021/22 es promisorio, posiblemente generando expectativas sobre los niveles de excedentes pesqueros, debe considerarse referencial debido a su carácter de transitorio en espera de datos que confirmen el crecimiento de la población adulta.

El rango de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para el año calendario 2021 se obtiene bajo un criterio de explotación  $F_{RMS}$ , sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 % de sobrepasar dicho criterio. Se asume que el 70 % de la captura se obtendrá durante el primer semestre y que ocurrirá un 2 % de descarte. De este modo, la captura para el año 2021 estimada bajo una condición de reclutamiento altos (período 1997-2009) y descontando el 2 % de descarte alcanza un rango entre 186,9 mil toneladas y 203,6 mil toneladas. Considerando reclutamientos bajos (período 2010-2021), con el descuento del 2 % de descarte el rango se encuentra entre 184,3 - 201,1 mil toneladas y bajo un escenario de reclutamiento promedio histórico el rango de captura se encuentre entre 185,8 - 202,5 mil toneladas.



## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo general

Proveer la asesoría científica necesaria para la determinación del estado de explotación y la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que deberá llevar o mantener al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), la pesquería de anchoveta de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos, bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, cuantificando las distintas fuentes e integrando la mejor información científica-técnica disponible.

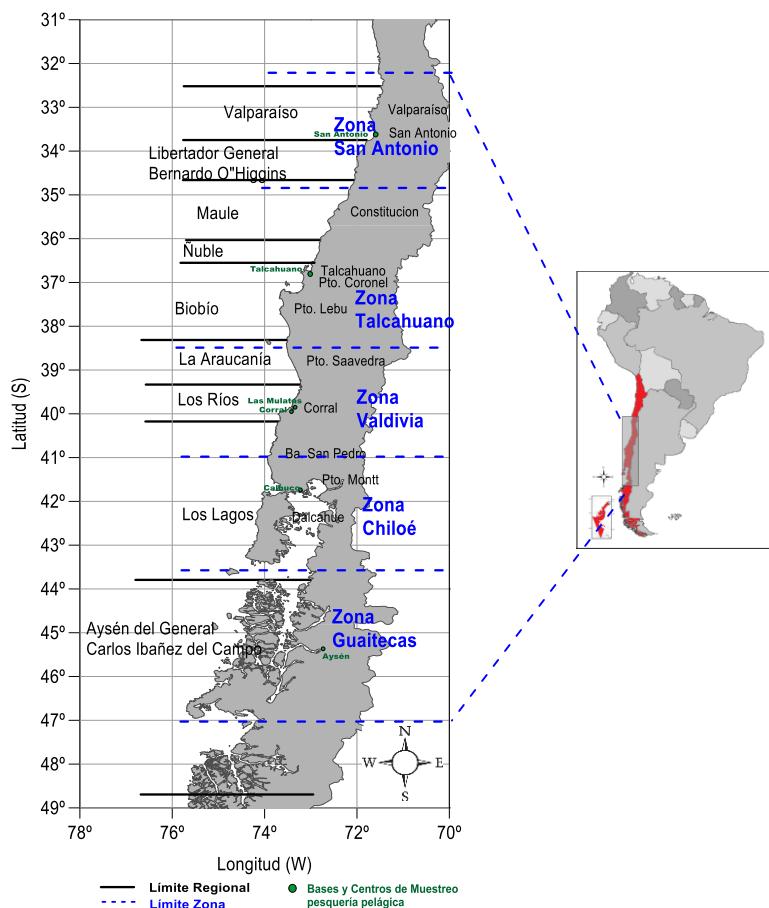
### 1.2. Objetivos específicos

1. Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de anchoveta, con arreglo al nivel de información, conocimiento e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.
2. Establecer el estatus actualizado de anchoveta, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, propagando para estos efectos todas las fuentes de incertidumbre subyacente a la pesquería.
3. Determinar niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que lleven y/o mantenga la pesquería en torno al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), a partir de un análisis de riesgo en condiciones de incertidumbre de no alcanzar los objetivos de conservación y sostenibilidad conforme lo establece la LGPA y contenidos en el Plan de Manejo y/o en el Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.
4. Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente estudio, respecto al cumplimiento de recomendaciones formuladas en procesos de RPEI y priorizadas por el CCT, cuando corresponda.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Distribución del recurso

La anchoveta (*Engraulis ringens*) es reconocida junto con sardina común (*Strangomera bentincki*) 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 & Arancibia 1993 a y b, Arancibia *et al.* 1994, Cubillos *et al.* 2001). Ambos recursos, sostienen una importante actividad pesquera industrial y cerquera artesanal en el litoral que abarca las regiones de Valparaíso (33°S) y Los Lagos (42°S), siendo los principales puertos de desembarque; San Antonio (Región de Valparaíso), Coronel, San Vicente y Talcahuano (Región del Bío-Bío), Corral (Región de Los Ríos) y Calbuco y Puerto Montt (Región de Los Lagos) (**Figura 1**). Los mayores desembarques se registran en un 90 y 95 % entre las regiones de Valparaíso y Bío-Bío (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 náuticas desde la costa .



**Figura 1.** Área de estudio de la pesquería de cerco centro-sur realizado por IFOP para el monitoreo de la pesquería de anchoveta. (Fuente: Aranis *et al.* 2020) .



## 2.2. Unidades de stock

La unidad de stock se define como “un 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 las regiones de Valparaíso y Bío-Bío, entre 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 Región de Los Lagos, en este estudio se trabaja la hipótesis de una unidad de stock entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, en la cual se desarrolla la pesquería.

## 2.3. Reclutamiento

El reclutamiento se presenta en forma masiva entre noviembre y 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).

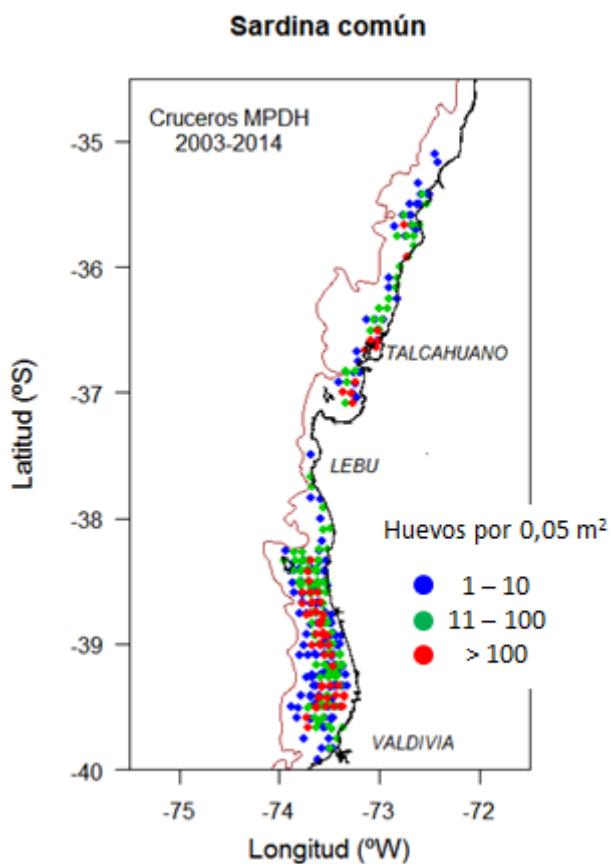
Las anchovetas pre-reclutas y reclutas menores a seis meses de edad crecen y se desarrollan en sistema de bahías de la zona centro-sur al norte de la Isla Mocha, constituidas como zonas de reclutamiento y crecimiento (VI y IX Regiones). Las condiciones ambientales que afectan a este proceso se vinculan 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 y 2008; Castillo *et al.* 2013).

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. De este modo, ha sido posible establecer una estacionalidad en la composición específica de las biomassas 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).

## 2.4. Reproducción

Los peces pelágicos pequeños adaptan su ciclo reproductivo, desovando en zonas protegidas y/o períodos del año favorables para la sobrevivencia y desarrollo de estadíos tempranos (Parrish *et al.* 1983; Hutchings *et al.* 1998; Cubillos *et al.* 2001). El área de desove de sardina común y anchoveta centro-sur 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 (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 del Bío-Bío y Los Lagos (**Figura 2**), focalizada principalmente entre los 37°33'S y los 39°10'S (Cubillos *et al.* 1999, 2001), siendo la Región de la Araucanía 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 las regiones de Bío-Bío y La Araucanía (Castillo *et al.* 2013).

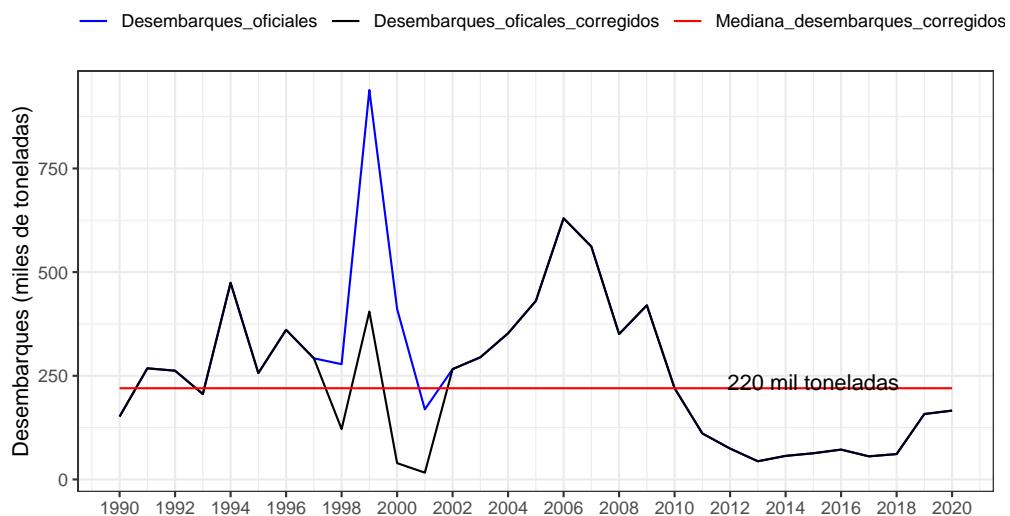


**Figura 2.** Distribución de huevos recolectados en Cruceros de huevos (MPDH, 2003 - 2014) de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. La línea café representa isobata de 200 m.

## 2.5. Pesquería

Durante la década de los noventa, la flota cerquera de la Unidad de Pesquería Centro-Sur (UPCS) 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

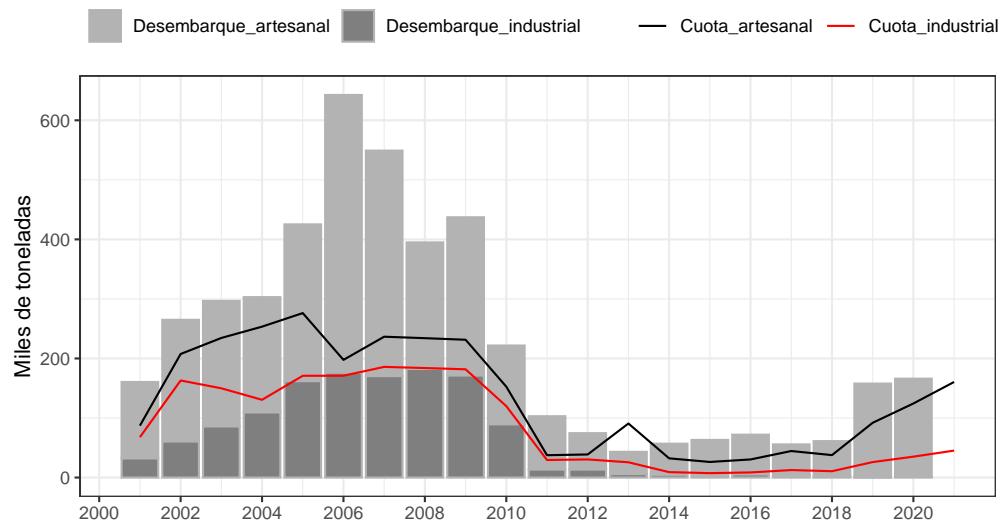
alteraciones de las comunidades costeras pelágicas, especialmente sobre el jurel, observándose una alta e inusual presencia de ejemplares de tallas pequeñas en la pesquería centro-sur. Este hecho generó la distorsión de los desembarques de sardina común y anchoveta durante los años 1999-2001, impulsado por evadir multas y declarar menos jurel (Aranis 2011). Otros antecedentes 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. 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. Los desembarques se han mantenido en torno a las 220 mil toneladas. El período 2002 - 2007 se caracterizó por un sostenido crecimiento de los desembarques, en el que las capturas totales se triplicaron en respuesta a un período de mejores niveles de abundancia de este recurso. A partir del año 2012 se observa una caída manteniéndose en torno a las 61 mil toneladas hasta el 2018, mientras que el 2019 y 2020 se registra un incremento significativo, alcanzando las 162 mil toneladas en promedio (**Figura 3**).



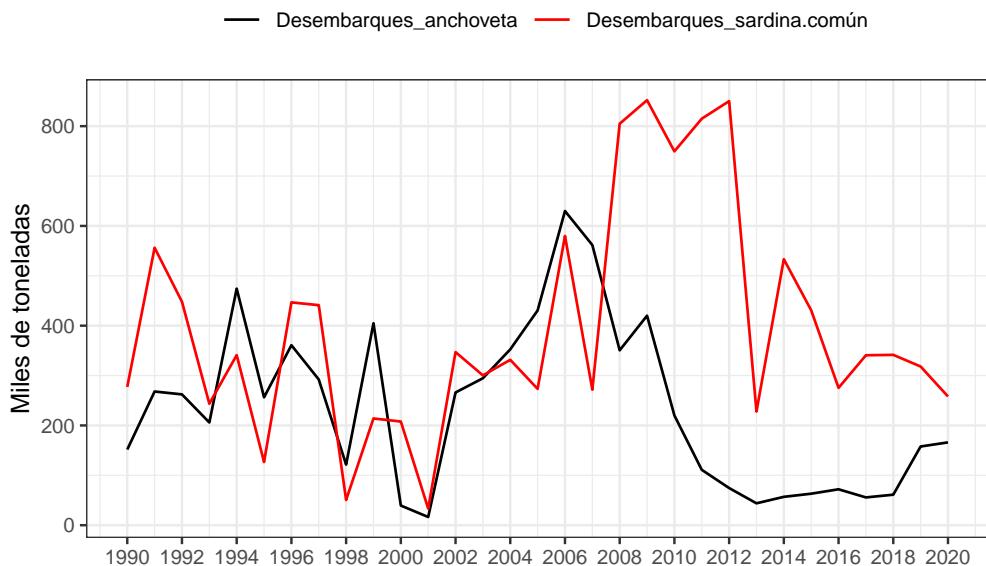
**Figura 3.** Desembarques (t) oficiales y corregidos de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Los años en el eje x corresponden a años calendarios.

La evolución histórica de la Cuota Global de Captura (CGC) de anchoveta, a partir del año 2001 y asignadas a la unidad de pesquería (UP) regiones de Valparaíso-Los Lagos, se muestran en la **Figura 4**. Desde el 2006 que los desembarques artesanales superan la cuota asignada a excepción de los años 2010 y 2013. A partir del año 2011 hasta el año 2018 se han asignado las cuotas más bajas de la serie histórica debido a la disminución en los indicadores poblacionales de anchoveta en esta UP. Sin embargo, estos han sido superados principalmente debido a la implementación de “imputación conjunta”, normativa asociada a la Ley de Descarte. La pesquería de anchoveta está estrechamente relacionada 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 5**). Como consecuencia del incremento en los niveles de biomasa de anchoveta en la zona centro-sur, el año 2020 y 2021 la cuota asignada fue la mas alta de los últimos 11 años.

Considerando que anchoveta conforma una pesquería mixta junto con sardina común en la UPCS y con el objeto de dar viabilidad a la pesquería en su conjunto, el año 2013 se recomienda establecer una CGC de anchoveta de 120.000 toneladas. Para ello, una fracción de la cuota correspondiente al sector artesanal de la Región del Bío-Bío, se destinó para ser capturada en calidad de fauna acompañante en la pesca dirigida a la sardina común. Esto, con el objetivo de ser imputada una vez 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 CGC 2014 se estableció entre un 7 y 13 % de la captura de sardina común. Esta asignación de CGC coincidió 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 4.** Relación de desembarques y cuotas anuales de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos por tipo de flota.



**Figura 5.** Desembarques oficiales de anchoveta y sardina común de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Los años en el eje x corresponden a años calendarios de los desembarques oficiales corregidos período 1998-2001.

## 2.6. Evaluación de stock

La evaluación de stock en Chile ha sido desarrollada y perfeccionada por IFOP durante los últimos 15 años y cuya metodología se encuentra acorde con los estándares internacionales vigentes. A su vez y recientemente, los modelos y métodos han sido clasificados en grupos de calidad o “Tiers” conforme el nivel de conocimiento, cantidad y calidad de la información disponible que aporta la evaluación de stock. Se ha tomado en consideración las recomendaciones emanadas tanto desde los Comités Científico Técnicos como de los lineamientos entregados por el equipo de expertos internacionales en el marco del proyecto “Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenido) en las pesquerías nacionales” (Payá *et al.* 2014). En el desarrollo de (los) método(s) y modelo(s) empleados se consideran elementos de incertidumbre estructural basados en el nivel de conocimiento y de la información o datos disponibles, así como la incertidumbre de estimación generada de su aplicación al conjunto de datos disponibles. Independientemente del nivel del estándar, en base al permanente proceso de mejora se recomendará la realización de estudios, cruceros, investigaciones, monitoreo y otras acciones conducentes a mejorar el estado de conocimiento del recurso en cuestión y la pesquería, con el fin de allanar las brechas de conocimiento e información conducentes a reducir los niveles de incertidumbre.

El stock de anchoveta en la UPCS comenzó a ser evaluada oficialmente en 1996 por Barría *et al* (1998) y (1999), con métodos estructurados por edad en escala calendaria. La **Tabla 1** muestra las características que ha tenido la evolución en la modelación de dinámica poblacional en los últimos 21 años. Luego de Excel, MATLAB fue la plataforma de computación por más de 10 años y en esta se implementaron modelos de dinámica en edades en escala anual y semestral con observaciones en tallas y edades. Recién el año 2010 se inicia la migración de los modelos hacia el lenguaje ADMB (Fournier *et al.* 2012) con lo cual IFOP queda inserto en la línea de las evaluaciones de stock cuyo lenguaje de programación es internacionalmente aceptado. En el presente estudio (asesoría de septiembre 2020) se realiza el cambio de modelo base en



escala año calendaria (MAE) a escala año biológica (MAEB), el cual fue adoptado por el CCT-PP en la sesión de mayo 2020 (Acta Sesión N°3 y Zúñiga *et al.* 2020 en ANEXO I), reemplazando al modelo en año calendario históricamente utilizado.

**Tabla 1.** Evolución de los modelos de evaluación empleados en anchoveta centro-sur.

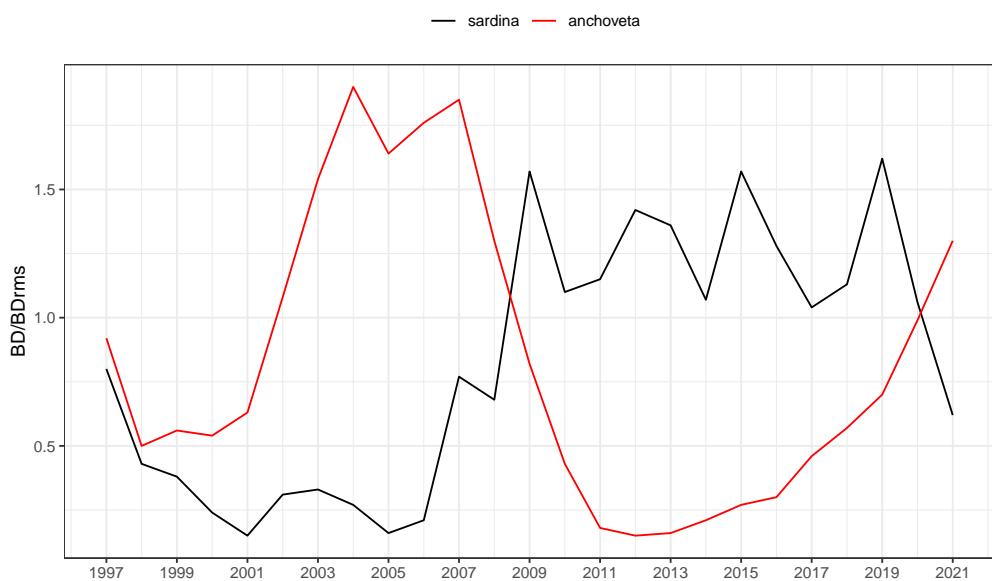
Años	Modelo	Plataforma	Índices
<2000	Producción excedentaria	Excel	CPUE
2000-2005	Anual edad-estructurado (MAE) año calendario	MATLAB	CPUE RECLAS
2005-2010	Anual edad-estructurado (MAE), año calendario Anual talla-estructurado (MAT), Semestral talla-estructurado (MST)	MATLAB	CPUE RECLAS PELACES
2010-2012	Anual edad-estructurado (MAE) año calendario Semestral talla-estructurado (MST)	ADMB	RECLAS PELACES
2012-2013	Anual edad-estructurado (MAE) año calendario	ADMB	RECLAS PELACES MPH
2014-2020	Anual edad-estructurado (MAE) año calendario	ADMB	RECLAS PELACES
2021	Anual edad-estructurado (MAEB) año biológico	ADMB	RECLAS PELACES

En base al modelo conceptual de la dinámica del stock de anchoveta centro-sur se sustentará el enfoque y modelo de evaluación, que permitirá asesorar al Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicos Pequeños 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. El análisis considera como criterio de explotación, aquel nivel de mortalidad que conduce al Rendimiento Máximo Sostenido ( $F_{RMS}$ ), la proyección poblacional bajo condiciones de incertidumbre y la generación de tablas de decisión sobre las consecuencias de determinadas acciones en base a posibles estados de la naturaleza (optimista, neutro, pesimista) de variables de estado relevantes tales como biomasa desovante y/o niveles de reclutamiento, junto al riesgo de no lograr determinados objetivos.

## 2.7. Estatus

Debido a los bajos reclutamientos registrados en los últimos años, los que se ubican bajo el nivel promedio de la serie histórica, el estatus de esta pesquería, se mantuvo en una condición de colapso desde el 2009

hasta el 2017. Dicha condición podría ser producto de diversos factores biológicos (fenómenos depensatorios de la dinámica poblacional, reducción del potencial reproductivo) y factores oceanográficos desfavorables para anchoveta y que han favorecido la producción de la sardina común dejando en evidencia la alternancia de ambas especies, las cuales son explotadas en la misma área y por la misma flota. Considerando que la anchoveta constituye una pesquería mixta con sardina común y que ambas se encuentran en niveles de productividad muy disímiles, resulta complejo alcanzar el máximo rendimiento sostenido simultáneamente para cada una de las especies (**Figura 6**). A partir del año 2018 se observa una recuperación de anchoveta centro-sur desplazándose desde una condición de agotada/colapsada a una condición de plena explotación. Esta recuperación se debe al incremento en los niveles de biomasa en la UPSCS, registrado tanto por los cruceros hidroacústicos como en la composición de edad y pesos medios de la flota. Mientras que los bajos niveles de reclutamiento registrados en sardina común durante dos años consecutivos han generado una disminución de los niveles de biomasa desovante, registrándose una condición de sobreexplotación para el año 2021. No obstante, el reclutamiento estimado para el año 2021 de sardina común podría generar una recuperación de los niveles de biomasa desovante durante el 2021/22.



**Figura 6.** Razón  $BD/BD_{RMS}$  de sardina común y anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

## 2.8. Captura Biológicamente Aceptable (CBA)

De acuerdo al ciclo de manejo histórico de esta pesquería, la recomendación de CBA comienza con el cálculo de la CBA inicial que permite al CCT-PP, en septiembre de cada año, establecer el estatus y recomendar el rango de CBA para el año siguiente. En el mes de enero, el crucero de evaluación hidroacústico permite estimar la abundancia y biomasa de reclutas (crucero de verano), esta información junto a datos provenientes de la pesquería (del año anterior) es utilizada para la primera revisión de la CBA (marzo). En marzo se inicia el período de extracción y en mayo se realiza el segundo crucero de evaluación acústica (crucero de otoño) para actualizar el estatus y revisar una vez más la CBA (julio).



En el caso de anchoveta en la UPCS, el cálculo de la CBA durante la 1era y 2da revisión se basa principalmente en los peces que sobrevivieron al año anterior, más que en los peces que están reclutando en el año actual (información entregada por cruceros de verano y otoño). Por lo tanto, debido a que estos últimos años la condición del stock no ha sido favorable, cuando se ha actualizado el modelo con información del año anterior (pesquería) ha provocado una disminución de la fracción explotable y como consecuencia una disminución de la CBA. El problema desde un punto de vista práctico y administrativo se traduce es la imposibilidad de disminuir la Cuota asignada, ya que por lo general a mitad de año (segunda revisión) gran parte de la cuota ha sido consumida. Ante esta situación el CCT-PP ha recomendado mantener una situación de “*statu quo*” cada vez que se ha presentado una disminución de la CBA en la 1era o 2da revisión. Sin embargo, aun cuando la CBA no ha sido disminuida, los desembarques han sobrepasado los niveles de capturas recomendados por el CCT-PP, producto de la incorporación del programa de descarte el año 2013. Una de las consecuencias es que los desembarques superan entre 1,35 – 1,84 veces la CBA establecida por el CCT-PP. Entre el 2017 y 2018 los desembarques estuvieron en torno de la CBA recomendada en 0,95 – 1,03 veces la CBA respectivamente, sin embargo, el año 2019 el desembarque vuelve a sobreponer la CBA recomendada. A diciembre del 2020 se han capturado 166 mil toneladas y la CBA recomendada para el 2021 está en torno a las 210 mil toneladas, un 23 % mayor a lo recomendado el año previo. A junio 2021 se ha desembarcada un 74 % de la CBA recomendada para el año 2021 (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Capturas Biológicamente Aceptables recomendadas por el CCT-PP en las distintas etapas de establecimiento de CBA, desembarque registrado y sus diferencias.

AÑO	CBA inicial (t)	1era revisión CBA (t)	2da revisión CBA (t)	Desembarques (t)	Diferencia entre desembarque y CBA
2014	42.200	42.200	-	56.842	1,3 veces la CBA
2015	34.400	34.400	34.400	63.168	1,84 veces la CBA
2016	34.400	39.900	39.900	71.985	1,80 veces la CBA
2017	58.400	58.400	58.400	55.709	0,95 veces la CBA
2018	49.440	49.440	59.500	61.176	1,03 veces la CBA
2019	81.347	120.500	127.150	160.968	1,27 veces la CBA
2020	162.876	162.876	162.876	166.031	1,02 veces la CBA
2021	210.167	210.167	-	155.982*	0,74* veces la CBA

■ \*155.982 corresponde al desembarque acumulado a junio 2021

■ \*0,74 corresponde a 155.982/210.167



### 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 anchoveta, con arreglo al nivel de información, conocimiento e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.”*

##### 3.1.1. Modelo Conceptual

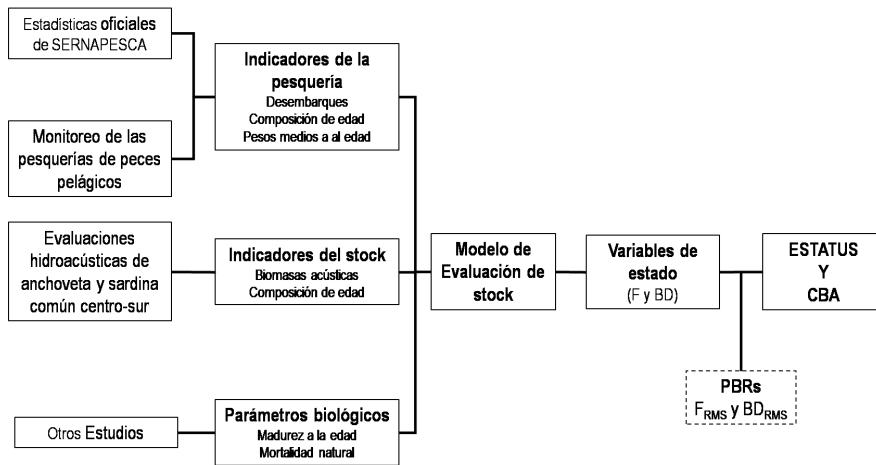
La conceptualización del modelo biológico considera los siguientes componentes de la dinámica poblacional:

- Estructura geográfica: Se asume que la población de anchoveta centro-sur constituye una unidad de stock. Se asume un stock homogéneo al interior de la unidad de pesquería, donde el conjunto de individuos está sujeto a la misma probabilidad de crecimiento y mortalidad, y donde la migración no es importante.
- Reproducción: Se asume que los individuos del stock tienen un evento reproductivo discreto, que se representa a comienzos de la estación reproductiva y que con propósitos prácticos ocurre en agosto.
- Reclutamiento: Ocurre a la forma de un pulso de abundancia en enero de cada año, 5 meses después del evento reproductivo.
- Tasa de mortalidad natural: La tasa de mortalidad natural se asume invariante y se considera  $M=0,7$  por año para anchoveta centro-sur.
- Dinámica del crecimiento: El crecimiento intra-anual es recogido en dos matrices de pesos medios a la edad, las que corresponden respectivamente a las estimaciones a mitad de año (enero) luego de la asignación de la edad, y las estimaciones de pesos iniciales del año (julio).

El modelo de evaluación de stock de anchoveta se basa en un análisis estadístico de la dinámica de estructuras de edad anual que incorpora información biológica y pesquera agregada en año biológico. El modelo actual fue adoptado recientemente por el CCT-PP en la sesión de mayo 2020 (Acta Sesión N°3<sup>1</sup> y Zúñiga *et al.* 2020 en ANEXO I), reemplazando al modelo en año calendario históricamente utilizado. De este modo, el modelo en escala biológica mejora la representación del reclutamiento y de la dinámica de anchoveta. La información que ingresa a este modelo consiste en los desembarques totales obtenidos de los registros oficiales de SERNAPESCA los cuales son convertidos a temporada de pesca considerando la estacionalidad de la pesquería, los datos de composición de edad anual y pesos medios a la edad de la flota son proporcionados por el programa de monitoreo de las pesquerías de peces pelágicos, mientras que las evaluaciones hidroacústicas de verano y otoño proporcionan información de biomasa de reclutas, junto con sus respectivas composiciones de edad. En base a esta información el modelo estima las variables de estado y flujo representadas por la biomasa desovante (BD) y los niveles de mortalidad por pesca (F), que junto a los puntos biológicos de referencia (PBRs), permiten determinar el estatus y calcular la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) (**Figura 7**).

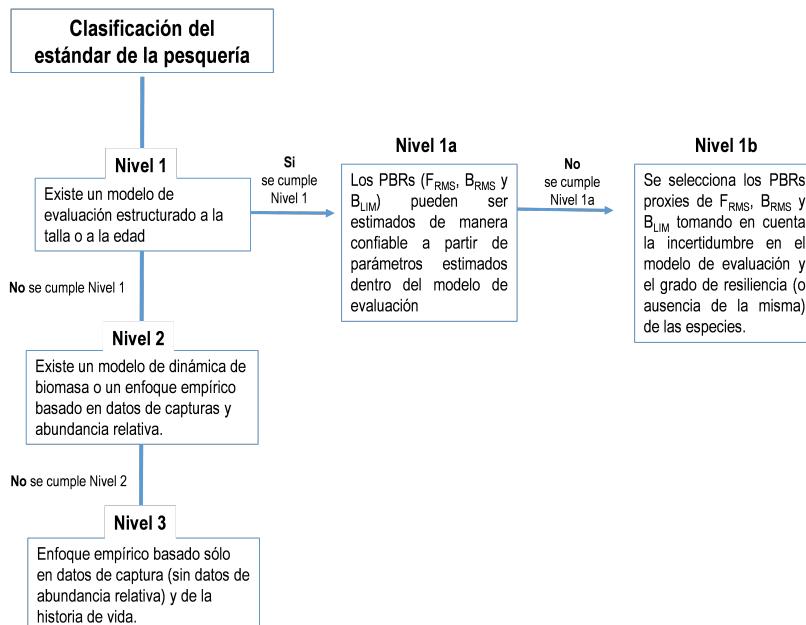
En la implementación del procedimiento de evaluación de stock se utilizan protocolos científicos basados en la determinación de un sistema de niveles o “tiers” que permiten clasificar la información disponible de las especies y su pesquería, los cuales se han convertido en una herramienta de uso común en la asesoría orientada al manejo pesquero en la actualidad. Para estimar el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) se utiliza la estrategia de niveles y de acuerdo con la clasificación del estandar de información se definen los

<sup>1</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809_documento.pdf)



**Figura 7.** Procedimiento de evaluación de stock de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

PBR o “proxy” que serán usados para determinar el estatus del recurso. La definición de los procedimientos de cálculo de los PBR y del marco de referencia especie específicos se basan en el estudio “Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia (RMS) en las pesquerías nacionales” (Paya *et al.* 2014), en cuyo primer taller, se desarrolló en conjunto con expertos internacionales, un sistema de tres niveles para derivar al RMS específico para las pesquerías en Chile (**Figura 8**). Además, para determinar el estatus de los recursos evaluados, se considera lo establecido por el Comité Científico Técnico de Pelágicos Pequeños (CCT-PP) sobre los requerimientos técnicos que define los estándares de análisis y evaluación para las pesquerías analizadas, conforme a los niveles de conocimiento, información y calidad de los datos disponibles para esos fines.



**Figura 8.** 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.



Al respecto, las anchovetas y sardinas son especies con una mortalidad natural (M) alta (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 la anchoveta y sardina común en la UPCS en el Tier o nivel 1b.

### **3.1.2. Datos de entrada al modelo de evaluación de stock**

A continuación, se detalla y 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 stock.

#### ***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 más descarte. 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 1997 hasta 2021. La evaluación de stock es realizada en base al año biológico (de julio a junio de cada año), y la serie de desembarques anuales es convertida a temporada de pesca considerando la estacionalidad de la pesquería y la serie oficial corregida entre el 1998-2001 de desembarques anuales antes descrita.

#### ***Sobre-reporte***

Existen algunos 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) postularon que las condiciones ambientales pre y durante “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 cual 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).

### ***Sub-reporte***

El año 2016 la Pontificia Universidad Católica de Chile desarrolló un proyecto orientado a la corrección de las capturas totales históricas de la pesquería de sardina común y anchoveta V-X Regiones (Wiff *et al.* 2017, Proyecto CUI 2015-72-DAP-27) y recientemente IFOP realizó un estudio de remociones totales en la flota artesanal que opera con red de cerco entre la Región de Valparaíso y la Región de los Ríos orientando sus capturas a pequeños pelágicos (Vega *et al.* 2019). Para propósitos de la evaluación de stock, esta información será analizada en el transcurso de este proyecto, con el objeto definir la metodología a utilizar para la corrección de las capturas y de este modo disminuir la incertidumbre respecto al nivel real de captura de estos recursos. Al respecto, actualmente se están desarrollando reuniones de trabajo colaborativas entre los equipos técnicos de seguimiento y evaluación de stock de IFOP, INPESCA y SUBPESCA, para trabajar en una propuesta de desembarques corregidos para anchoveta y sardina común de la zona centro-sur. Adicionalmente, en **ANEXO II** de este informe se presenta el Programa de mejoramiento continuo que incluirá en las próximas asesorías un análisis de sensibilidad utilizando la serie de captura corregida del Wiff *et al* (2017), como análisis preliminar para evaluar el efecto en las tendencias y magnitudes poblacionales de anchoveta.

### ***Descarte***

La pesquería de sardina común y anchoveta en la UPSCS, se considera de carácter mixta, es efectuada mayoritariamente con cerco y destinada principalmente a la reducción. Por lo tanto, tendrían bajas tasas de descarte. Sin embargo, en este caso, junto con el dispar estado de explotación de cada recurso y con el establecimiento de cuotas significativamente diferentes, puede constituir un fuerte incentivo en los usuarios para descartar el recurso limitante y así poder completar la cuota de captura asignada al recurso principal. Para abordar esta problemática, a partir del 2014 se desarrolló el Programa de Observadores Científicos que estudió el descarte y captura incidental de aves, mamíferos y tortugas marinas. Dicho programa se desarrolló en las flotas cerqueras artesanales e industrial de peces pelágicos de sardina común (*Strangomera bentincki*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus murphyi*) en la UPSCS y norte de Chile (Arica y Parinacota a Iquique). El levantamiento de información base para los análisis provino de la observación directa realizada a bordo por observadores científicos, en complemento con información entregada por los capitanes y patrones de pesca a través de una bitácora de autorreporte. En las bitácoras los capitanes registran la información de capturas totales por lance, el descarte, la pesca incidental y las causas del descarte.

A partir de esta información, Vega *et al.* (2017, 2018, 2019 y 2020) realizaron la estimación de captura total, estimación de descarte, proporción de captura retenida y descartada, determinación de causas de descarte, características biológicas de las especies objetivo y fauna acompañante, junto a información de captura de pesca incidental y mortalidad de aves, mamíferos y tortugas marinas en las flotas cerqueras artesanales e industriales en las diferentes zonas de operación. La estimación de capturas a bordo de embarcaciones cerqueras artesanales e industriales, se realizó mediante la estimación del patrón o capitán de pesca, a través de la lectura de equipos de detección, en conjunto con una estimación visual en el fin del virado de la operación de pesca, permitiendo la estimación del descarte, pues se realiza con la captura en el agua.



El Artículo 7ºB de la actual Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, N° 18.892<sup>2</sup>) indica que no podrá realizarse el descarte de individuos de una especie objetivo, cualquiera sea su régimen de acceso, y su fauna acompañante, salvo que se i) haya fijado una cuota global anual de captura para la especie objetivo y, ii) que en el proceso de establecimiento de la cuota global anual de captura se haya considerado el descarte.

En este sentido, Zúñiga *et al* (2018b) exponen algunos escenarios posibles para incorporar el descarte en el modelo de evaluación de stock, que potencialmente representan fuentes de mortalidad por pesca a la fecha no documentada. Estos escenarios fueron revisados por el CCT-PP en la sesión de octubre 2017 (Acta 06/2017<sup>3</sup>) donde fue seleccionado el escenario 5 que considera un 4 % de descarte para el período 2001-2015, un 2 % descarte para el año 2016, 6 % descarte para el año 2017 y 1 % descarte para el 2018.

En este informe se actualiza el descarte correspondiente a los años biológicos 2017/18, 2018/19 y 2019/20, considerando que el modelo de evaluación de stock de anchoveta de la zona centro-sur utiliza información en año biológico (Zúñiga *et al.* 2020 y 2021), por lo tanto, se requieren datos de descarte semestrales para la flota total para ser utilizados en la corrección del desembarque en año biológico (**Tabla 3**). Para los años en que no se cuente con información se utilizará un supuesto que fue acordado en la primera sesión del CCT-PP (Acta No1 2021, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238_documento.pdf)) en 2 % para anchoveta. Estos porcentajes serán utilizados para corregir el desembarque cuando no se tenga información del descarte y para asumir un porcentaje de descarte proyectado para incorporar en la proyección de la CBA (**Tabla 4**). Los supuestos utilizados para anchoveta se describen a continuación:

Supuestos para asesoría de marzo y julio 2021 (2do y 3er Hito CBA 2021):

- El supuesto 1 de descarte propuesto para la corrección del desembarque 2020/21 para flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 5**).
- El supuesto 2 de descarte propuesto para la proyección de la CBA 2021/2022 para la flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 5**).

Mayores detalles del procedimiento transitorio de incorporación del descarte a los desembarques y Captura Biológicamente Aceptable de la pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños se encuentra en **ANEXO III.**

<sup>2</sup><https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=13315>

<sup>3</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-98715\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-98715_documento.pdf)



**Tabla 3.** Estimaciones de captura total (CT), retenida (CR) y descartada (CD) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para los años 2017 al 2019 por semestre y flota para la pesquería de Anchoveta de la zona centro-sur.

Año	Semestre	Flota	Zona	Captura total (t)	$CV_{CT} \%$	Captura retenida (t)	$CV_{CR} \%$	Captura descartada (t)	$CV_{CD} \%$	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2017	1	Artesanal	Valparaíso	6.036	22,0	5.730	23,1	306	87,6	5,1	13	203	6,4
			Biobío	41.330	29,3	41.263	29,3	68	79,2	0,2	47	3.970	1,2
		Industrial	Los Ríos								7	746	0,9
	2	Artesanal	Valparaíso - Los Ríos								5	35	14,3
			Valparaíso								3	20	15,0
		Industrial	Biobío	28.381	28,4	22.686	32,6	5.695	92,7	20,1	11	1.305	0,8
		Los Ríos	3.962	33,7	3.862	33,6	100	63,5	2,5	16	437	3,7	
		Valparaíso - Los Ríos								6	30	20,0	
2018	1	Artesanal	Valparaíso								4	129	3,1
			Biobío	52.565	30,4	51.705	30,1	860	91,3	1,6	40	3.396	1,2
		Industrial	Los Ríos	19.422	17,0	19.122	16,7	300	50,9	1,5	11	468	2,4
	2	Artesanal	Valparaíso - Los Ríos								2	20	10,0
			Valparaíso								0	87	0,0
		Industrial	Biobío	10.943	32,6	10.931	30,2	12	106,5	0,1	26	639	4,1
		Los Ríos	829	39,8	829	39,3	0			14	187	7,5	
		Valparaíso - Los Ríos								0	4	0	
2019	1	Artesanal	Valparaíso								0	277	0,0
			Biobío	105.362	17,7	102.919	18,4	2.443	95,2	2,3	34	3.864	0,9
		Industrial	Los Ríos	2.954	45,4	2.486	51,1	468	57,0	15,8	24	558	4,3
	2	Artesanal	Valparaíso - Los Ríos								0	47	0,0
			Valparaíso								24	1.542	1,6
		Industrial	Biobío	28.524	21,9	28.182	22,2	342	62,6	1,2	16	183	8,7
		Los Ríos	881	33,4	880	33,6	1	101,6	0,1		10		
2020	1	Artesanal	Valparaíso								4	30	13,3
			Biobío								0	3.968	
	2	Industrial	Los Ríos								8	562	1,4
			Valparaíso - Los Ríos								0	2	0

**Tabla 4.** Captura total (CT) y descartada (CD) semestral para la zona centro-sur utilizados para obtener el descarte en año biológico (2017/18, 2018/19 y 2019/20). Se considera la sumatoria de las capturas total y descartada de las tres zonas analizadas. Para los año/semestres con asteriscos (\*) se realizaron consideraciones particulares que se explican bajo la tabla. **Anchoveta Centro-sur.**

Año biológico	Año/Semestre	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
	2017,0	47.366	373	0,8 %
2017/2018	<b>2017,5*</b>	20.589	178	0,9 %
	2018,0	71.988	1.160	1,6 %
2018/2019	2018,5	11.772	12	0,1 %
	<b>2019,0**</b>	105.362	2.443	2,3 %
2019/2020	2019,5	29.405	344	1,2 %
	<b>2020,0***</b>	74.905	1.326	1,8 %
	2020,5			

- **2017,5\*** = Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del segundo semestre 2018 y 2019. El % descarte del segundo semestre 2017 para Región del Biobío no fue considerado por el bajo porcentaje de cobertura (1 %), lo cual genera una sobreestimación del descarte.
- **2019,0\*\*** = Se utiliza sólo captura total y descartada de la Región del Biobío. Alta incertidumbre en la estimación del descarte de la Región de Los Ríos producto del cierre de plantas. Se considera una condición atípica que puede generar sobreestimación



del descarte.

- **2020,0\*\*\*** = No hay información de descarte por bajos tamaños de muestra por efecto de la pandemia. Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del primer semestre 2018 y 2019. El bajo porcentaje de cobertura de muestreo no permite estimar el descarte.

**Tabla 5.** Porcentajes de descarte estimados para corregir la serie de desembarques de los años biológicos 2017/18, 2018/19 y 2019/20. Supuestos transitorios del porcentaje de descarte utilizado en la corrección del desembarque del último año y proyección de la CBA de **Anchoveta Centro-sur**.

Criterio	Año biológico	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de los desembarques en año biológico	2017/2018	92.576	1.338	1,4 %
	2018/2019	117.134	2.455	2,1 %
	2019/2020	104.310	1.669	1,6 %
Supuestos				
1. Corrección del desembarque	2020/2021	104.673	1.821	2 %
2. Proyección de la CBA	2021/2022	104.673	1.821	2 %

## Seguimiento de la pesquería

El monitoreo de la pesquería de anchoveta en la UPCS, 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 1996/97. 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 clave edad-talla utilizada en la evaluación actual utiliza asignación en año biológico la cual permite asignar adecuadamente la edad en función de la fecha de nacimiento, que se corresponde con el período de desove. Este metodología fue adoptada por el CCT-PP en el Taller de Datos y Modelos (Acta Sesión Nº3 <sup>4</sup> y en Zúñiga *et al.* 2020 en ANEXO I)

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,

<sup>4</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-105403\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-105403_documento.pdf)



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 (enero) luego de la asignación de la edad, y las estimaciones de pesos iniciales del año (julio) calculadas en base a una media geométrica de la estimación actual y la del año anterior rezagado en un año de edad. El peso medio ( $w_{(a,t)}^{med}$ ) es empleado para generar las estimaciones de desembarques y la biomasa del crucero de verano, mientras el peso inicial ( $w_{(a,t)}^{ini}$ ) es utilizado en las estimaciones de biomasa total, desovante y biomasa del crucero de otoño. Dada la importancia de esta matriz de pesos medios para la definición del estatus de anchoveta se realiza una revisión y corrección del método de estimación el cual es presentado como una mejora al caso base de la evaluación que consiste en los siguientes pasos.

Paso 1: Cálculo de pesos iniciales para el grupo de edad 0.

$$w_{(0,t)}^{ini} = \exp(\ln(w_{(a,t)}^{med}) - 0.5 * (\ln(w_{(a+1,t+1)}^{med}) - \ln(w_{(a,t)}^{med}))) \quad (1)$$

Paso 2: Cálculo de pesos iniciales para grupos de edad 1 a 4.

$$w_{(a,t)}^{ini} = vw_{(a-1,t-1)}^{med} * w_{(a,t)}^{med} \quad (2)$$

### **Cruceros de evaluación hidroacústica**

Desde diciembre de 1999 se ha realizado 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, cuyo objetivo es evaluar la fuerza de los reclutamientos de anchoveta y sardina (RECLAS) y otro de otoño (PELACES) cuyo objetivo es evaluar la biomasa disponible a la flota y corroborar las estimaciones del crucero de verano. La zona de evaluación corresponde a la delimitada entre los 33°30'S y 41°50'S en la cual se desarrolla la mayor parte de la pesquería (**Figura 9**).

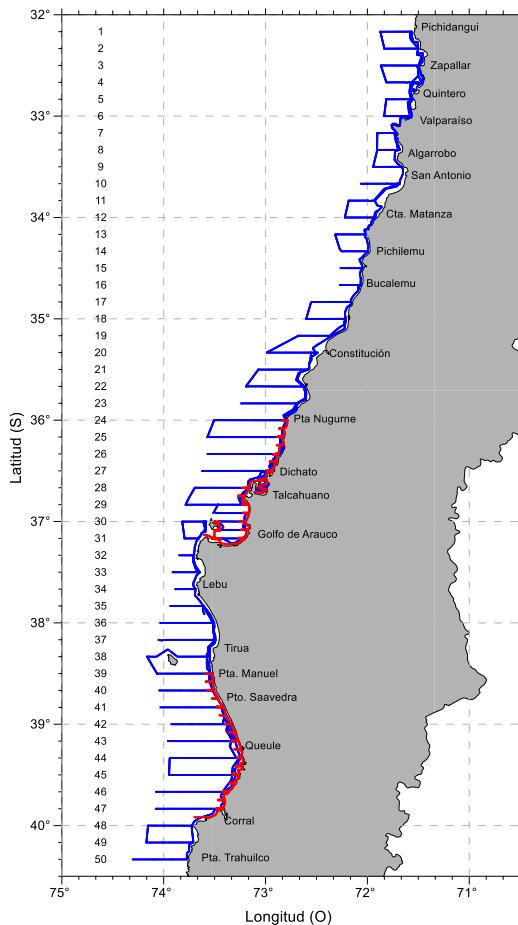
La evaluación hidroacústica contempla la realización de transectas diurnas y replicas nocturnas, y además se realizan lances de pesca de media agua y de cerco. Paralelamente, se evalúa también el sesgo de orilla a bordo de L/M artesanales. La estimación de la abundancia por estructura de talla, se realiza en función de subzonas, las cuales son agrupadas 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 ecointegración a la talla y estimador de razón a la talla. 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 con asignación en año biológico. 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 biomassas 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. Sin embargo, algunos años de las evaluaciones acústicas de otoño (PELACES), 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 mayo-junio de 2015), 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, siendo en este periodo solo captura de cerco. Finalmente, no se dispone de lectura de edades para el periodo 2003 – 2006. De este modo, se eliminan los datos de biomasa acústicas del crucero de otoño (PELACES) correspondientes a los años 2003, 2005 y 2015, además de la estructura de edad del año 2015 por las razones antes expuestas.

a)



**Figura 9.** Distribución de las transectas acústicas y prospección costera efectuada por el B/C Abate Molina (azul) y la prospección de la L/M Don Luis Alberto y L/M Alberto M. (rojo) (Saavedra et. al. 2021b).

### Parámetros de 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.

#### 3.1.3. Evaluación de stock

##### Descripción del modelo base

El modelo de evaluación de stock actual de anchoveta en la UPCS 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 1996/97 – 2020/21) y de los cruceros acústicos de verano (RECLAS, desde 2001 - 2021) y otoño (PELACES, desde 2007 - 2021) y acústicos (biomasa de reclutas en verano, desde 2000



-2021 y biomasa vulnerable en otoño, desde 2003 al 2021) y los desembarques totales (período 1996/97 – 2020/21). Las fuentes de información utilizados en la evaluación de anchoveta se resumen en la **Tabla 6**. Adicionalmente, en la **Sección 3.3.1.** de este informe se detallan los datos utilizados en las distintas etapas de estimación de la CBA 2021.

**Tabla 6.** Resumen de los datos e información de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta.

Datos de entrada	Período	Fuente de la información
Desembarques totales anuales	Desde julio 1996- junio 1997 hasta el año biológico julio 2019- junio 2021	Estadísticas oficiales corregidos de desembarques del Servicio Nacional de Pesca.
<b>Composición de talla/edad</b>		
1. Flota	Desde julio 1996- junio 1997 hasta el año biológico julio 2019- mayo 2021	Monitoreo de la pesquería, de sardina común de la V-X Regiones realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos
2. Cruceros de verano	Desde enero 2001 hasta enero 2021	
3. Cruceros de otoño	Desde mayo 2007 hasta mayo 2021	Evaluaciones hidroacústicas de los stocks de anchoveta y sardina común entre la V y X regiones.
<b>Biomasa acústica</b>		
1. Cruceros de verano	Desde enero del 2000 hasta enero del 2021	
2. Cruceros de otoño	2003,2005-2007,2009-2021	
Pesos medios a la edad	Desde julio 1996- junio 1997 hasta el año biológico julio 2019- mayo 2021	Monitoreo de la pesquería, de sardina común de la V-X Regiones realizado por el Proyecto Investigación Situación Pesquerías de Peces Pelágicos
Madurez sexual a la edad	Constante	Aranís <i>et al</i> (2006)
Mortalidad natural	Constante	Cubillos <i>et al</i> (1998b)



La población de anchoveta centro-sur constituye una unidad de stock en el cual las variaciones se explican por capturas, reclutamientos, mortalidad natural y por pesca, la información es agregada en año biológico de manera que los cruceros de verano (enero) representan la situación de la población a mitad del año y los de otoño, a la biomasa poco antes del término del período anual (mayo). Por otra parte, el peso a mitad del año biológico (peso medio) es empleado para generar las estimaciones tanto del crucero de verano como de los desembarques, mientras que el peso calculado a inicios del año biológico (inicios de julio) representarían el peso de la biomasa desovante que ocurre en agosto y los cruceros de otoño que ocurren en mayo (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Resumen de los principales supuestos del modelo de evaluación anual con información a la edad (MAE) asociados a los datos observados.

Datos observados	Símbolo	Supuestos
Desembarque total anual	$Y_t$	Representa a la captura total del período anual julio-junio (año biológico). Se considera continua al interior del año biológico. Desviación estándar supuesto como parte del error de observación $\sigma_f = 0,01$
Biomasa total del crucero de verano (RECLAS)	$B_t^{cv}$	Representa a la biomasa que ocurre a mitad del año biológico, ( $dt^{cv} = 0,5$ del año). Desviación estándar supuesto como parte del error de observación $\sigma_{cv} = 0,3$ .
Biomasa total del crucero de otoño (PELACES)	$B_t^{co}$	Representa a la biomasa poco antes del término del período anual, (mayo), ( $dt^{co} = 0,83$ del año). Desviación estándar supuesto como parte del error de observación $\sigma_{co} = 0,3$ .
Proporción de la abundancia a la edad de la flota	$p_{(a,t)}^f$	Representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura total por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación $n^f = 10,6$ .
Proporción de la abundancia a la edad del Crucero verano	$p_{(a,t)}^{cv}$	Representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura del crucero de verano (enero) por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación $n^{cv} = 11$ .
Proporción de la abundancia a la edad del Crucero otoño	$p_{(a,t)}^{co}$	Representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura del crucero de otoño (mayo) por grupo de edad. Tamaño de muestra efectivo supuesto como parte del error de observación $n^{co} = 7$ .
Peso medio anual	$w_{(a,t)}^{med}$	Es el peso medio empleado para generar estimaciones de biomasa acústica de verano y desembarques.
Peso medio a inicios del año	$w_{(a,t)}^{ini}$	Representa al Peso a inicios del año biológico (julio) Empleado para generar estimaciones de biomasa total, biomasa acústica de otoño y biomasa desovante.



El método ha sido empleado bajo un enfoque en edades agrupado en año biológico y que incorpora los siguientes elementos:

- a) Modelo de dinámica poblacional estructurada por edad (**Tabla 8**).
- b) Modelos de las observaciones y penalizaciones a priori que permiten relacionar el modelo de dinámica con las observaciones (**Tabla 9**)
- c) Identificación de la estructura del error a través de funciones de log-verosimilitud negativas (**Tabla 10**)
- d) 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 (**Tabla 11**).

**Tabla 8.** Dinámica básica del Modelo Anual con información en Edades (MAE).

Variable	Ecuación	Descripción
Reclutamiento anual	$N_{(a=0,t)} = R_0 e^{(\varepsilon_t + 0,5\sigma_R^2)}$	El reclutamiento se asume a inicios de enero de cada año.
Población inicial	$N_{(0,a)} = R_0 e^{(-aM)}$ $N_{(a>0,t=1)} = N_{(0,a>0)} e^{(\varepsilon_{(a>0)} + 0,5\sigma_R^2)}$	$\varepsilon \sim N(0, \sigma_R^2)$ $\ln R_0 \sim U[a, b]$
Abundancia Sobrevivencia	$N_{(a,t)} = N_{(a-1,t-1)}$ $S_{(a-1,t-1)} S_{(a,t)} = \exp(-Z_{(a,t)})$	$a$ es la edad y $t$ es el año $a = [0, 1, 2, 3, 4]$
Mortalidad total	$Z_{(a,t)} = M + F_t s_a^f$	$F_t$ es el efecto anual de la mortalidad por pesca. $F_t$ tiene variaciones estocásticas entre años y edades, pero estas quedan representadas por el patrón de selectividad edad-específica $s_a^f$ invariable entre años y la mortalidad por pesca anual $F_t$ . La mortalidad natural es constante entre años y edades.
Selectividad de la flota	$s_a^f = (1 + \exp[-\ln 19 \frac{(a - A_{(50)}^f)}{\Delta^f}])^{-1}$	$A_{(50)}^f$ edad al 50 % de la flota $\Delta^f$ rango entre la edad al 95 % y 50 %
Biomasa total	$B_t = \sum_a N_{(a,t)} w_{(a,t)}^{ini}$	$w_{(a,t)}^{ini}$ es el peso medio a la edad (a) y a inicios del año (t).
Biomasa desovante	$BD_t = \sum_a N_{(a,t)} e^{(-dtZ_{(a,t)})} w_{(a,t)}^{ini} O_a$	$dt$ es la fracción del año en la cual ocurre el desove ( $dt = 0, 16$ ). $w_{(a,t)}^{ini}$ es el peso medio a la edad $a$ y a inicios del año $t$ . $O_a$ es la ojiva de madurez sexual a la edad

**Tabla 9.** Modelo de las observaciones del Modelo Anual con información en Edades (MAE).

Variable	Ecuación	Descripción
Captura estimada en número a la edad	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$	$\hat{C}_{a,t}$ captura en número estimada a la edad a y en el año t
Desembarques en peso	$\hat{Y}_t = \sum_a \hat{C}_{a,t} w_{a,t}^{med}$	$w_{a,t}^{med}$ es el peso medio a la edad a y año t.
Proporción de la captura a la edad de la flota	$p_{a,t}^f = \frac{\hat{C}_{a,t}}{\sum_a C_{a,t}}$	$\hat{C}_{a,t}$ Captura en número estimada a la edad.
Abundancia a la edad disponible al crucero de verano	$\hat{N}_{a,t}^{cv} = N_{a,t} e^{(-dt^{cv} Z_{a,t})} s_a^{cv}$	$dt^{cv}$ es la fracción del año en la cual se realiza el crucero de verano, ( $dt^{cv} = 0, 5$ , enero).
Selectividad del crucero de verano	$s_a^{cv} = 1 + exp[-ln19((a - A_{50\%}^{cv})/dt^{cv})^{(-1)}$	$A_{50\%}^{cv}$ edad al 50 % $\Delta^{cv}$ rango entre la edad al 95 % y 50 %
Biomasa acústica total del verano	$\hat{B}_t^{cv} = q^{cv} \sum_a \hat{N}_{a,t}^{cv} w_{a,t}^{med}$	$w_{a,t}^{med}$ es el peso medio a la edad a y año t. $q^{cv}$ es la capturabilidad/ disponibilidad del crucero de verano.
Proporción de la abundancia la edad del crucero de verano	$\hat{p}_{a,t}^{cv} = \frac{\hat{N}_{a,t}^{cv}}{\sum_a \hat{N}_{a,t}^{cv}}$	$\hat{N}_{a,t}^{cv}$ Abundancia estimada a la edad del crucero de verano
Abundancia a la edad disponible al crucero de otoño	$N_{a,t}^{co} = N_{a,t} e^{(-dt^{co} Z_{a,t})} s_a^{co}$	$dt^{co}$ es la fracción del año en la cual se realiza el crucero de otoño ( $dt^{co} = 0, 83$ , mayo)
Selectividad del crucero de otoño	$s_a^{co} = 1 + exp[-ln19((a - A_{(50\%)}^{co})/dt^{co})^{(-1)}$	$A_{(50\%)}^{co}$ edad al 50 % $dt^{co}$ rango entre la edad al 95 % y 50 %
Biomasa acústica total del otoño	$\hat{B}_t^{co} = q^{co} \sum_a \hat{N}_{a,t}^{co} w_{a,t}^{ini}$	$w_{a,t}^{ini}$ es el peso medio a la edad (a) y a inicios del año biológico (t). $q^{co}$ es la capturabilidad/ disponibilidad del crucero de otoño.
Proporción de la abundancia a la edad del crucero de otoño	$\hat{p}_{a,t}^{co} = \frac{\hat{N}_{a,t}^{co}}{\sum_a \hat{N}_{a,t}^{co}}$	$\hat{N}_{a,t}^{co}$ Abundancia estimada a la edad del crucero de otoño.

**Tabla 10.** Modelo de los errores del Modelo Anual con información en Edades (MAE).

Variable	Error	Ecuación	Descripción
Índice de abundancia crucero de verano	Lognormal	$-l(I^{cv}) = \frac{1}{2\sigma_{cv}^2} \sum_t (\ln \hat{B}_t^{cv} - \ln B_t^{cv})^2 + cte$	$\sigma_{cv}$ es la desviación estándar del índice $I^{cv}$ en escala logarítmica.
Índice de abundancia crucero de otoño	Lognormal	$-l(I^{co}) = \frac{1}{2\sigma_{co}^2} \sum_t (\ln \hat{B}_t^{co} - \ln B_t^{co})^2 + cte$	$\sigma_{co}$ es la desviación estándar del índice $I^{co}$ en escala logarítmica.
Desembarque	Lognormal	$-l(Y) = \frac{1}{2\sigma_f^2} \sum_t (\ln \hat{Y}_t - \ln Y_t)^2 + cte$	$\sigma_f$ es la desviación estándar del índice $Y$ en escala logarítmica.
Proporción de la captura a la edad de la flota	Multinomial	$-l(p^f) = n^f p_{a,t}^f \ln p_{a,t}^f$	$p_{a,t}^f$ corresponde a la captura a la edad de la flota. $n^f$ es el tamaño de muestra efectivo.
Proporción de la abundancia a la edad del crucero de verano	Multinomial	$-l(p^{cv}) = n^{cv} p_{a,t}^{cv} \ln p_{a,t}^{cv}$	$p_{a,t}^{cv}$ corresponde a la captura a la edad del crucero de verano. $n^{cv}$ es el tamaño de muestra efectivo.
Proporción de la abundancia a la edad del crucero de otoño	Multinomial	$-l(p^{co}) = n^{co} p_{a,t}^{co} \ln p_{a,t}^{co}$	$p_{a,t}^{co}$ corresponde a la captura a la edad del crucero de otoño. $n^{co}$ es el tamaño de muestra efectivo.
Prior			
Desvíos del reclutamiento	Lognormal	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_R^2} \sum_t \varepsilon_t^2 + cte$	$\varepsilon_t$ desvíos del reclutamiento $\sigma_R$ es la desviación estándar de los reclutamientos
Capturabilidad de los cruceros	Lognormal	$-(q^{cv}) = \frac{1}{2\sigma_{q^{cv}}^2} \ln(q^{cv})^2 + cte$ $-(q^{co}) = \frac{1}{2\sigma_{q^{co}}^2} \ln(q^{co})^2 + cte$	$\sigma_{q^{cv}}$ es la desviación estándar de la capturabilidad del crucero de verano. $\sigma_{q^{co}}$ es la desviación estándar de la capturabilidad del crucero de otoño.
Función objetivo		$-l(I^{cv}) - l(I^{co}) - l(Y) - l(p^f) - l(p^{cv}) - l(p^{co}) - l(R) - l(q^{cv}) - l(q^{co})$	

**Tabla 11.** Parámetros y prioris empleadas en el Modelo Anual con información en Edades (MAE).

Parámetro	Nº de parámetros	Prior	Descripción
Mortalidad natural	1	$M = 0,7$ (fijo)	La mortalidad natural se asume constante entre años y edades.
Mortalidad por pesca	25	$\ln F \sim U[-6; 1,6]$	$F_t$ representa el efecto anual de la mortalidad por pesca.
Selectividad de la flota	2	$\ln A_{50\%}^f \sim U[-1; 2]$ $\ln \Delta^f \sim U[-4; 0]$	Se asume el patrón de selectividad $S_a^{f,cv,co}$ edad específica invariable entre años
Selectividad de los cruceros de verano	2	$\ln A_{50\%}^{cv} \sim U[-1; 2]$ $\ln \Delta^{cv} \sim U[-4; 0,6]$	
Selectividad de los cruceros de otoño	2	$\ln A_{50\%}^{co} \sim U[-1; 2]$ $\ln \Delta^{co} \sim U[-4; 0,6]$	
Reclutamiento promedio	1	$\ln R_0 \sim U[5; 20]$	$R_0$ corresponde al reclutamiento medio, el cual es considerado un parámetro desconocido a estimar, el que es multiplicado por una perturbación anual $\varepsilon_t$ Adicionalmente, en la sección parámetros del código en ADMB se consideran init bounded vector logdesvNo(1,nedades-1,10,10,optdevNo) init bounded dev vector logdesvRt(1,nanos,-10,10,optdevR)
Desvíos de reclutamiento $\varepsilon_t$ Estructura etaria inicial $\varepsilon_t$	25 5	$\ln \varepsilon_t \sim N[0; \sigma_R^2]$ $\ln \varepsilon_a \sim N[0; \sigma_R^2]$	
Capturabilidad de los cruceros Desviación estándar de los desvíos de reclutamientos, estructura etaria inicial y capturabilidad de cruceros	2	$\ln q^{cv} \sim N[0; \sigma_{q^{cv}}^2]$ (verano) $\ln q^{co} \sim N[0; \sigma_{q^{co}}^2]$ (otoño) $\sigma_R = 0,6$ $\sigma_{q^{cv}} = 100$ (verano) $\sigma_{q^{co}} = 100$ (otoño)	La capturabilidad del crucero de otoño y verano es un parámetro que puede ser estimado libremente por el modelo

**Tamaño de muestra**

De manera similar a los coeficientes 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 capturas empleadas en la evaluación de stock. De acuerdo a Francis (2011), los datos de composición de edad corresponderían a medidas indirectas de la escala poblacional ya que requiere conocer los mecanismos de selección de la pesquería y la estructura por edades de la población. Por lo tanto, son mucho menos informativos acerca del tamaño de la población y requiere supuestos fuertes para obtener esa información. A pesar de lo anterior, los datos de composición a la edad a menudo son más informativos que los índices de abundancia. Por lo tanto, es importante asegurarnos que la dinámica de la población esté influenciada por los datos más



confiables. Un factor relevante es el ponderador asociado con las composiciones de edades de la flota y los cruceros acústicos de verano y otoño. Estos ponderadores son asociados con el tamaño de muestra efectivo dado que la función de probabilidad empleada es multinomial.

En la asesoría realizada en marzo 2017 (Zúñiga 2017a), se estimó un tamaño de muestra considerando las recomendaciones emanadas del workshop sobre el tratamiento de las fuentes de información en evaluación de stock, realizados por Center for the Advancement of Population Assessment Methodology (CAPAM,2015:[https://www.nwfsc.noaa.gov/news/features/data\\_source\\_workshop](https://www.nwfsc.noaa.gov/news/features/data_source_workshop)). Se compararon dos metodologías para estimar el tamaño de muestra para la flota y cruceros de verano y otoño, el método T.A 1.8, indicada por Francis (2011) y el proceso iterativo recomendado por McAllister & Ianelli (1997) (**Tabla 12**). Ambos procesos comienzan con un valor arbitrario de tamaños de muestra, comenzando con el valor empleado por defecto de la asesoría de septiembre 2016 (Canales & Zúñiga 2016), nm=60 para la flota y nm=34 para el crucero de verano y nm=6 para el crucero de otoño, para luego de repetidos ajustes del modelo, llegar a valores estables que son los propuestos en esta evaluación de stock (**Tabla 12**). 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 12.** Estimadores de tamaños de muestra empleados en el análisis.

Fuente	Estimador
McAllister & Ianelli (1997), donde $p_a$ es la proporción de la captura a la edad	$\frac{\sum_a \hat{p}_{(y,a)}(1-\hat{p}_{(y,a)})}{\sum_a (p_{(y,a)} - \hat{p}_{(y,a)})^2}$
Francis (2011), donde n1 es el tamaño de muestra inicial, O y E corresponden a la edad (a) promedio observada y estimada (TA 1,8)	$n_1 var \left[ \frac{(\bar{O}_y - \bar{E}_y)}{\left( \frac{\sum_a a^2 \hat{p}_{(y,a)} - \bar{E}_y^2}{n_1} \right)^{0.5}} \right]^{-1}$

### **Coeficiente de variación**

Son empleados en los índices de abundancia y en las capturas. Son utilizados para asignar 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 (por ejemplo, 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 (2011) sin que por ahora se disponga de reglas claras para su determinación, sino más bien criterios a tomar en cuenta.

Estos factores son a menudo consensuados entre especialistas y es común asumir desviaciones que reflejen el nivel de credibilidad relativa que se tienen a ciertas piezas de información. Comúnmente se asignan bajos niveles de incertidumbre a los desembarques y mayores a los cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones directamente asociadas con la mortalidad por pesca, mientras



las estimaciones de biomasa de cruceros están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones de una población “no observable”, lo que en definitiva insta a suponer que estos tienen mayor incertidumbre y/o son tratados como medidas relativas de abundancia.

Francis (2011) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, es decir, un análisis exploratorio que considere aquel coeficiente de variación teórico que resulta de aplicar el “mejor” modelo de tendencia central a los datos aislados. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos. Canales *et al.* (2012) aplicó este procedimiento a las biomassas estimadas en los cruceros acústicos, empleando polinomios de orden 2 y 3 como estimadores de tendencia central lo que generó valores de  $cv=0,99$  para el crucero de verano y un  $cv=0,67$  para el crucero de otoño. Para fines de evaluación se consideró como referente un valor aproximado a  $cv=0,3$  ya que de otro modo imposibilitaría el uso de estas series como índice de abundancia.

Adicionalmente, los CVs estimados para la biomasa desovante en 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 consecuencia, en Zúñiga & Canales (2014) se presentaron los resultados de los cambios en los supuestos mencionados anteriormente y la comparación entre caso base actual y el anterior, concluyendo de esta forma que el valor de CV para el crucero de huevos es igual a 100, lo cual significa que esta pieza de información no tiene peso en la evaluación de stock actual.

Con respecto a los CV de las capturas, debido a que existe poca o ninguna información 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 estimación 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 centro-sur.

### **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 más 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 de los cruceros**

Con respecto a la capturabilidad del crucero de otoño, esta era 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.

### **Documentación del modelo de evaluación de stock**

El modelo de la dinámica poblacional fue programado en la plataforma AD Model Builder (Fournier *et al.* 2012). Todos los códigos fuente y datos empleados en la evaluación son debidamente documentados e informados detalladamente, incluyendo su versión digital, estableciéndose una numeración específica para cada versión. Cualquier modificación del modelo y/o de su correspondiente código es reportada en el informe respectivo, dejando constancia de 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. Los códigos MAE0920b, MAE0321b y MAE0721b, fueron compilados en “macOS Big Sur Versión 11,4” y en “ADMB Versión 12,2”. Los parámetros del modelo MAE0721b fueron = 66, valor de la función objetivo = 670,423767812819 y el Maximum gradient component = 2,70187414007781e-05. Respecto a la convergencia de los modelos, hemos encontrado diferencias en los modelos compilados en Windows y MAC, lo cual esperamos resolver en el transcurso de las próximas asesorías, por lo tanto, la base de datos incluirá los códigos .dat y .tpl junto a los reportes (.rep, .std y .par) obtenidos en MAC.

### **Diagnóstico del modelo de evaluación de stock**

#### **Ajuste del modelo a los datos**

Corresponde a la 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 con 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.

#### **Análisis de residuos**

Se entregará 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.



### Análisis retrospectivo tradicional

Este análisis es un diagnóstico que implica correr el modelo eliminando años de datos sucesivos consecutivamente para estimar el sesgo del modelo (Cadrin & Vaughn 1997; Cadigan & Farrell 2005). Este análisis permitirá evaluar la robustez de cada escenario frente a nuevas piezas de información lo que también permitirá validar el escenario “caso base”. 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. De esta forma podemos determinar si hubo un patrón consistente de sobreestimación o subestimación en años sucesivos de la biomasa desovante y mortalidad por pesca utilizados en la determinación del estatus de anchoveta centro-sur.

Estadístico Rho: El estadístico rho de Mohn (1999) se ha utilizado comúnmente para medir el patrón retrospectivo. Corresponde a la suma de la diferencia relativa entre los valores de la serie de tiempo reducida estimada por el modelo y los mismos valores estimados de la serie de tiempo completa.

$$\rho = \sum_{y=1}^{npeels} \frac{X_{(Y-y,tip)} - X_{(Y-y,ref)}}{X_{(Y-y,ref)}} \quad (3)$$

Donde X corresponde a alguna variable de la evaluación de stock, tales como BD o F, “y” corresponde a los años, npeels es el número de años que son disminuidos de manera sucesiva, “Y” es el último año de la serie de tiempo completa, “tip” es la estimación terminal de la serie de tiempo reducida, y “ref” es la serie de tiempo completa. Este cálculo será cero cuando la serie de tiempo reducida se encuentre exactamente con la serie de tiempo completa, o cuando las diferencias entre la serie disminuida y la serie completa están en equilibrio tanto positivo como negativo. El rho de Mohn será grande, ya sea positivo o negativo, cuando hay un patrón consistente de cambio en la serie de tiempo reducida respecto a la serie completa.

### Perfiles de verosimilitud

Algunos autores señalan que uno de los mejores diagnósticos para evaluar la influencia de los datos en la dinámica estimada por la estructura del modelo es el perfil de verosimilitud de los componentes individuales de datos a través de un parámetro (por ejemplo, el reclutamiento promedio, que escala el reclutamiento) (Maunder 1998; Lee *et al.* 2014; Maunder & Starr 2003; Francis 2011, Francis 2014; Ichinokawaa *et al.* 2014). El uso de perfiles de verosimilitud respecto del parámetro que define la escala de la población es una técnica de reciente uso, y permite realizar un diagnóstico sobre la contribución marginal de cada fuente de datos en la evaluación de la población, así como identificar probables problemas de mala especificación del modelo (Lee *et al.* 2014, Wang *et al.* 2014). En este trabajo se realiza un análisis de los perfiles de verosimilitud del parámetro que define la escala de la población del modelo MAE para la evaluación de anchoveta, con el objeto de evaluar la influencia de las distintas piezas de información y desempeño del modelo MAE.

Se implementó una rutina computacional con el objeto de evaluar tanto el desempeño estadístico del modelo MAE como del nivel de información contenida en los datos respecto del parámetro que define la escala poblacional correspondiente al reclutamiento promedio de largo plazo ( $R_0$ ), el que en el modelo es desconocido y estimado en el proceso de evaluación de stock. Si las fuentes de datos son consistentes entre ellas, los respectivos perfiles debieran estar próximo entre sí, como también esperar que la diferencia de la log verosimilitud respecto del mínimo se eleve por sobre el criterio estadístico  $\chi^2=1,92$ . Valores por sobre este criterio indican que dicha fuente de datos contiene información significativa respecto del parámetro  $R_0$ . Asimismo, es esperable que la verosimilitud total y su curvatura esté más influenciada por los datos que por las penalizaciones o distribuciones a priori (supuestos).



### 3.2. Objetivo específico 2:

*“Establecer el estatus actualizado de anchoveta, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, propagando para estos efectos todas las fuentes de incertidumbre subyacente a la pesquería.”*

#### 3.2.1. Estatus

##### 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:

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

En este informe se presenta el Marco Biológico de Referencia establecido por el Comité Científico Técnico-Pesquerías de Pequeños Pelágicos (CCT-PP) en base a los avances realizados durante el 2013 y 2014 en la determinación de Puntos Biológicos de Referencia (PBR) y del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) del proyecto “Revisión y estimación de los PBR (Rendimiento Máximo Sostenido) para las principales pesquerías nacionales” (Payá *et al.* 2014). Este proyecto ejecutado por IFOP que contó con la consultoría de investigadores de prestigio internacional, con los cuales se realizaron tres talleres de trabajo, contando además con la participación de investigadores nacionales.

##### Puntos Biológicos de Referencia

###### Estimación de $F_{RMS}$

Ante la incertidumbre en la relación stock-recluta de los pelágicos pequeños, la determinación de  $F_{RMS}$  está basado en el análisis de rendimiento por recluta de dinámica 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 función de la mortalidad por pesca ( $F$ ), y en esta curva es factible identificar el nivel de referencia biológico 60 %BDPR que se supone debería minimizar el impacto de la pesca sobre el stock, permitiendo el escape en torno al 60 %, respecto del valor que existiría en ausencia de explotación pesquera (**Tabla 13**).



**Tabla 13.** Dinámica de la abundancia utilizado para estimar la biomasa desovante por recluta y su función objetivo para resolver el parámetro de  $F_{RMS}$ .

Variables	Ecuación	Descripción
Abundancia a la edad	$N_{a+1} = N_{a-1} \exp(-s_{a-1}^f F + M)$ $N_{a_m} = \frac{N_{a-1} \exp(-s_{a-1}^f F + M))}{(1 - \exp(-s_{a_m}^f F + M))}$	$N_{a+1}$ es la abundancia en número a la edad $a + 1$ , $s_{a-1}^f$ corresponde a la selectividad edad específica, $M$ es la mortalidad natural y $F$ la mortalidad por pesca.
Biomasa desovante por recluta (BDPR)	$BDPR_{F=0} = \sum_{a=0}^t N_a \exp(-dtM) \bar{w}_a^{ini} O_a$ $BDPR_{F_{RMS}} = \sum_{a=0}^t N_a \exp(-dt(s_a^f F_{RMS} + M)) \bar{w}_a^{ini} O_a$	$dt$ es la fracción del año donde ocurre el desove, $O_a$ es la fracción de peces maduros a la edad y $\bar{w}_a^{ini}$ es el peso medio a la edad al inicio del año biológico.
Función objetivo	$f = (\frac{BDPR_{F_{RMS}}}{BDPR_{F=0}} - 0,60)^2$	Utilizado para resolver el parámetro $F_{RMS}=60\%BDPR$

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

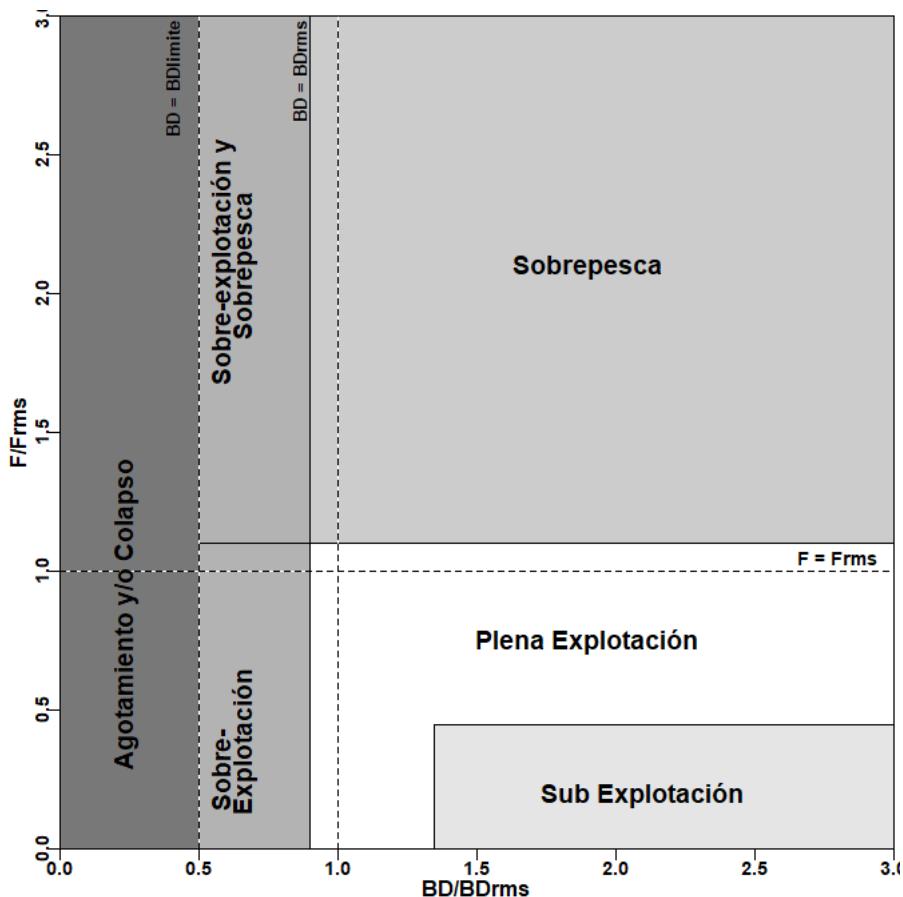
A continuación, se describe el método recomendado por CCT-PP y que acoge lo propuesto en talleres de PBRs para calcular los puntos de referencia proxies  $BD_0$ ,  $BD_{RMS}$  y  $BD_{LIM}$ :

1. Encontrar un período histórico (de preferencia largo) en el que la Biomasa Desovante (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 ( $F_{mh}$ ) 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)).
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 aproximación para el %BD (donde el %BD denota BD/BD<sub>0</sub>) para el  $F_{mh}$  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 razón BD promedio /%BD ( $F_{mh}$ ) entrega una estimación de BD<sub>0</sub>, y forma la base para el cálculo de BD<sub>RMS</sub> (paso 5) y BD<sub>LIM</sub> (paso 6).
5. Cálculo de BD<sub>RMS</sub> (proxy) como %BD ( $F_{RMS}$ ) x BD promedio /%BD( $F_{mh}$ ).
6. Cálculo de BD<sub>LIM</sub> (seleccionado como 27,5%BD<sub>0</sub> para todos los stocks de sardina y anchoveta) o 50%BD<sub>RMS</sub>.

### 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 10** muestra el diagrama de fase definido por el CCT-PP para las pesquerías de pelágicos pequeños.



**Figura 10.** 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 condición de sobreexplotación cuando se utiliza el RMS como objetivo de manejo, utiliza el concepto conforme al marco legal vigente y simultáneamente lo deja operando en la práctica, como un punto biológico de referencia límite.
- Límite sobre el objetivo de manejo =75 %  $BD_0$  (o 35 % sobre  $BD_{RMS}$ ): Para estos efectos el Comité rescató elementos del enfoque ecosistémico en especies de forraje, planteado recientemente por Pickitch *et al.* (2012).

### 3.3. Objetivo específico 3:

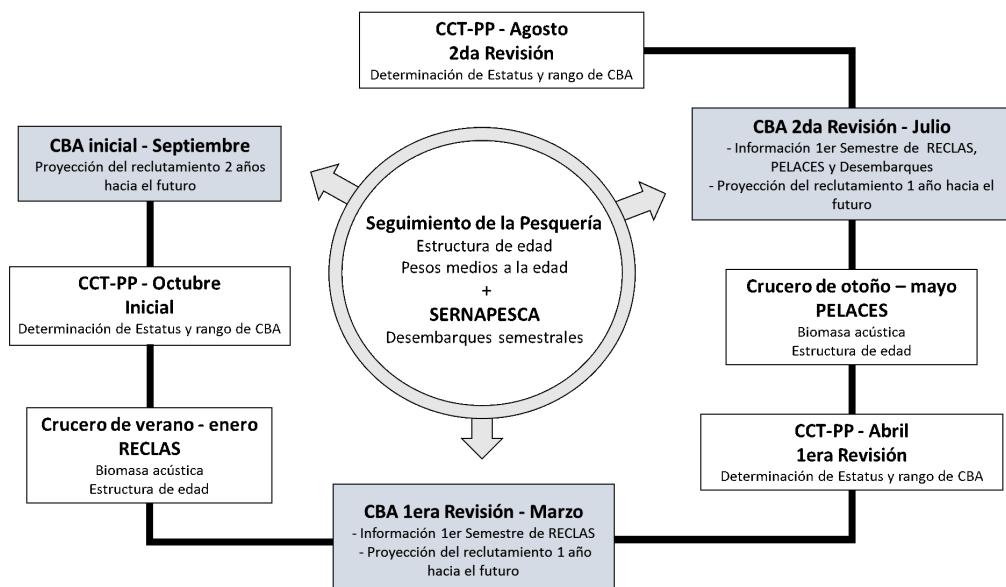
*“Determinar niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que lleven y/o mantenga la pesquería en torno al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), a partir de un análisis de riesgo en condiciones de incertidumbre de no alcanzar los objetivos de conservación y sostenibilidad conforme lo establece la LGPA y contenidos en el Plan de Manejo y/o en el Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.”*

#### 3.3.1. Captura biológicamente aceptable (CBA)

##### Descripción del proceso de cálculo de CBA para cada etapa del proceso de asesoría

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 %BD0 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 %BD0, definidas como F60 %BDPR por el Comité Científico Técnico Pesquerías de Pequeños Pelágicos (CCT-PP) para minimizar el efecto de la pesca sobre el stock de anchoveta centro-sur (Informe Técnico CCT-PP N°01/2015<sup>5</sup>).

De acuerdo al ciclo de manejo histórico de esta pesquería, la recomendación de CBA comienza después de la veda reproductiva, donde se reporta la CBA inicial (“Primer 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 (crucero de verano, RECLAS), esta información junto a datos provenientes de la pesquería es utilizada para la primera revisión de la CBA (“Segundo Informe de Estatus”). En marzo se inicia el período de extracción y en mayo se realiza el segundo crucero de evaluación acústica (crucero de otoño, PELACES) para actualizar el estatus y revisar una vez más la CBA (“Tercer Informe de Estatus”) ( **Figura 11** ).



**Figura 11.** Procedimiento de manejo actual para anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

<sup>5</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-87217\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-87217_documento.pdf)



La **Tabla 14** detalla la información disponible en cada etapa de cálculo de CBA 2021, destacando que en la primera etapa de estimación (CBA inicial) no se cuenta con información actualizada de los años biológicos 2020-2021 y 2021-2022, por lo tanto, la población debe ser proyectada dos años biológicos hacia el futuro (a inicios de julio de un año a junio del año siguiente) para realizar el cálculo de la CBA 2021 en año calendario. En la segunda etapa (1era revisión) contamos con información parcial del año biológico 2020-2021 y en la tercera etapa (2da revisión) con información casi completa del año biológico 2020-2021. Sin embargo, para realizar el cálculo de la CBA 2021 en año calendario, en ambas etapas es necesario proyectar un año biológico hacia el futuro (2021-2022).

**Tabla 14.** Información relevante para el cálculo de CBA 2021 en cada una de las etapas de estimación.

Datos de entrada al modelo	CBA INICIAL Septiembre 2020	1ERA REVISIÓN Marzo 2021	2DA REVISIÓN Julio 2021
Desembarques	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991- junio 2020 + Supuesto de captura 2020/2021	Julio 1991 - preliminar a junio 2021
Biomasa acústica Crucero de verano	2000 – 2020	2000 – 2021	2000 – 2021
Biomasa acústica Crucero de otoño	2003 – 2020	2003 – 2020	2003 – 2021
Composición de edad Flota	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991 - mayo 2021
Composición de edad Cruceros de verano	2001 – 2020	2001 – 2021	2001 – 2021
Composición de edad Cruceros de otoño	2007 – 2020	2007 – 2020	2007 – 2021
Pesos medios a la edad	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1990 - junio 2020 Promedio de los últimos 5 años de la serie histórica para julio 2020-junio 2021	Julio 1990 - mayo 2021
Madurez sexual a la edad	Constante	Constante	Constante
Mortalidad natural	Constante	Constante	Constante
Proyección del reclutamiento	2 años biológicos (años 2020/21 y 2021/22)	1 año biológico (año 2021/22)	1 año biológico (año 2021/22)

El proceso de cálculo de la CBA 2021 para las tres etapas del ciclo de manejo de anchoveta centro-sur (**Tabla 15**) consistirá en los siguientes pasos:

**Paso 1:** Estimación de la captura proyectada ( $Y_{PMS}$ ) en año biológico aplicando los siguientes supuestos:

- Escenarios de reclutamiento proyectado
- Supuesto de pesos medios igual al promedio de los últimos 5 años de la serie
- Mortalidad por pesca igual a  $F_{RMS}$

**Paso 2:** Estimación de la captura ( $Y_{RMS}$ ) del año biológico actual aplicando los siguientes supuestos:

- Reclutamiento actualizado en asesoría de marzo o julio.
- Pesos medios igual al promedio de los últimos 5 años (asesoría de marzo) o pesos medios actualizados



(asesoría de julio).

- Mortalidad por pesca equivalente al supuesto de captura igual a CBA inicial (asesoría de marzo) o mortalidad por pesca equivalente a la captura actualizada (asesoría de julio).

**Paso 3:** Estimación de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) en año calendario aplicando los siguientes supuestos.

- Proporción de captura semestral ( $p_{s1}$ , primer semestre y  $p_{s2}$ , segundo semestre).
- Probabilidad que la captura exceda el objetivo de manejo  $F_{RMS}=F60\%BDPR$ .
- Porcentaje de resguardo de la Captura al RMS.

**Tabla 15.** Métodos de estimación de la CBA 2021 para las tres etapas del ciclo de manejo de anchoveta centro-sur.

Mes de Asesoría	Etapas de cálculo	Métodos de estimación
Septiembre 2020	$CBA_{inicial}$	$p_{s1} * Y_{pRMS(t+1)} + p_{s2} * Y_{pRMS(t+2)}$
Marzo 2021	$CBA_{1eraRevisión}$	$p_{s1} * Y_{RMS(t)} + p_{s2} * Y_{pRMS(t+1)}$
Julio 2021	$CBA_{2daRevisión}$	$p_{s1} * Y_{RMS(t)} + p_{s2} * Y_{pRMS(t+1)}$

A continuación, se detallan cada uno de los pasos mencionados anteriormente,

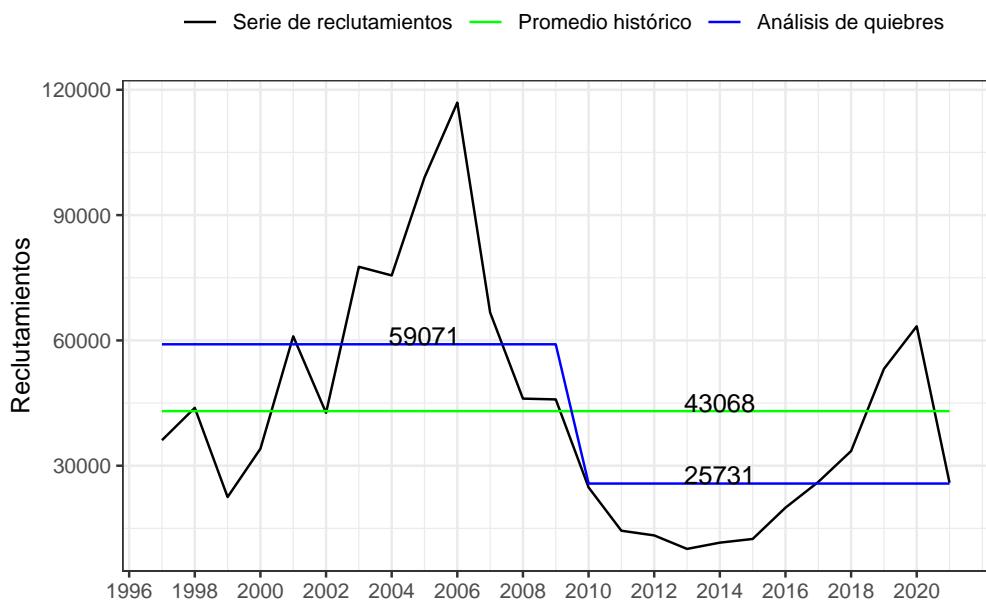
#### **Paso 1: Captura proyectada ( $Y_{pRMS}$ ) en año biológico aplicando $F_{RMS}$**

##### **Escenarios de proyección basada en distintos niveles de reclutamiento**

Se realiza un análisis de quiebres que consiste en un análisis estadístico que permite detectar cambios en la serie histórica de los reclutamientos estimados por el modelo de evaluación de stock. Para ello se realizó un análisis de cambios estructurales en series de tiempo (también conocido como detección de puntos de quiebre) implementado en la librería “strucchange” del software R, <https://cran.r-project.org/web/packages/strucchange/strucchange.pdf>.

```
library(strucchange)
bp.nile <- breakpoints(Reclutamientos ~ 1)
fm1 <- lm(Reclutamientos ~ breakfactor(bp.nile, breaks = 2))
puntos_quiebres<-fitted(fm1)
```

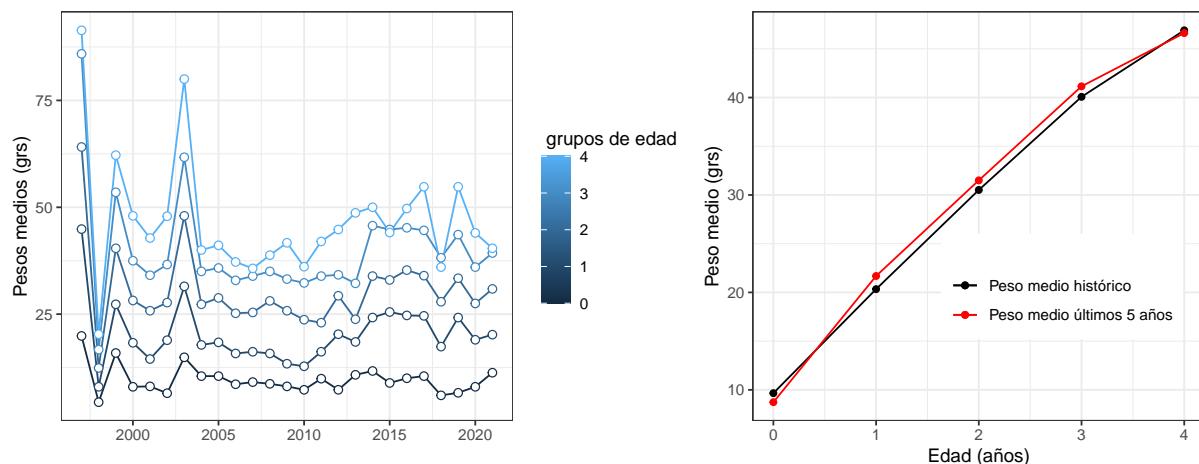
La **Figura 12** muestra tres niveles de reclutamiento detectados por el análisis de quiebres de la serie histórica: a) un escenario favorable que consiste en el reclutamiento promedio del período 1997-2009 (59 mil millones de ind.), b) un escenario desfavorable que corresponde al promedio de los reclutamientos del período 2010 - 2021 (25,7 mil millones de ind.) y un escenario que representa el reclutamiento promedio histórico (1997-2021) (43 mil millones de ind.).



**Figura 12.** Análisis de quiebres de la serie histórica de los reclutamientos de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

#### Supuesto de pesos medios a la edad utilizado en la proyección

En relación a los pesos medios a la edad utilizados en la proyección del stock y cálculo de CBA, se utiliza el promedio de los últimos 5 años (**Figura 13**). Este supuesto fue acordado con el CCT-PP en la sesión 02/2019<sup>6</sup>.



**Figura 13.** Variabilidad de los pesos medios de cada grupo de edad (edad 0 a 4) en panel izquierdo y comparación del supuesto de pesos medios igual al promedio histórico vs peso promedio de los últimos 5 años de la serie, en panel derecho.

Los pasos siguientes son proyectar la población para la estimación de la Captura en número y peso con

<sup>6</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809_documento.pdf)



una estrategia de explotación que consiste en aplicar una tasa de explotación constante, equivalente a la mortalidad por pesca  $F_{RMS}$  en año biológico (**Tabla 16**).

**Tabla 16.** Proceso de estimación de la Captura ( $Y_{PRMS}$ ) proyectada en año biológico aplicando  $F_{RMS}$ .

Descripción	Ecuación
Condición de partida para la proyección	$N_p = N_{naños}, S_p = S_{naños}$
Escenario de reclutamientos: $R_p$ reclutamiento promedio de los años iniciales entre los años 1997-2009, n es el número de años iniciales	$Rp_{(a=0)} = \frac{\sum R_{(1997-2009)}}{n_{(1997-2009)}}$
Escenario de reclutamiento: $R_p$ reclutamiento promedio histórico 1997-año actual, n es el número de años del período	$Rp_{(a=0)} = \frac{\sum R_{(1997-añoactual)}}{n_{(1997-añoactual)}}$
Escenario de reclutamientos: $R_p$ reclutamiento promedio entre los años 2010 - año actual, n es el número de años del período	$Rp_{(a=0)} = \frac{\sum R_{(2010-añoactual)}}{n_{(2010-añoactual)}}$
Mortalidad por pesca y total al RMS	$F_{RMS} = sel_{naños} F60(,$ $Z_{RMS} = F_{RMS} + M,$ $Sp = exp(-Z_{RMS})$ $Np(a=0) = Rp,$ $Np_{(a+1)} = Np_{(a-1)} S_p,$ $Np_{(a=4)} = Np_{(a-1)} S_p + Np_{(a=4)} S_p$ $Cp_{RMS} =$ $F_{RMS}/Z_{RMS} * Np(1 - exp(-Z_{RMS}))$ $Y_{PRMS} = \sum Cp_{RMS} * w_{5años}^{med}$
Dinámica de la abundancia proyectada	
Captura en número proyectada	
Captura en peso proyectada	

Donde,  $N_{naños}$  es la abundancia a la edad del último año de evaluación,  $S_{naños}$  es la sobrevivencia del último año de evaluación,  $R_p$  corresponde al reclutamiento proyectado al año  $t$ ,  $sel_{naños}$  es la selectividad edad específica del último año de evaluación,  $F_{60}$  corresponde a la mortalidad por pesca que determina el 55 %BD0 establecido por el (CCT-PP),  $Z_{RMS}$  es la mortalidad total al RMS,  $M$  es la mortalidad natural,  $Np_{(a=0)}$  es el reclutamiento proyectado,  $Np_{(a+1)}$  es la abundancia en número a la edad  $a + 1$ ,  $Cp_{RMS}$  es la captura proyectada en número,  $Y_{PRMS}$  es la captura en peso proyectada y  $w_{5años}^{med}$  corresponde al peso promedio de los últimos 5 años.

## Paso 2: Captura del año actual ( $Y_{RMS}$ ) aplicando $F_{RMS}$

Esta captura es estimada en la 1era y 2da revisión de CBA (asesorías de marzo y julio), cuando se cuenta con información del año biológico actualizado con las biomassas acústicas de los cruceros de verano y otoño respectivamente y otras fuentes de información.

*Captura en número del año biológico actual:*

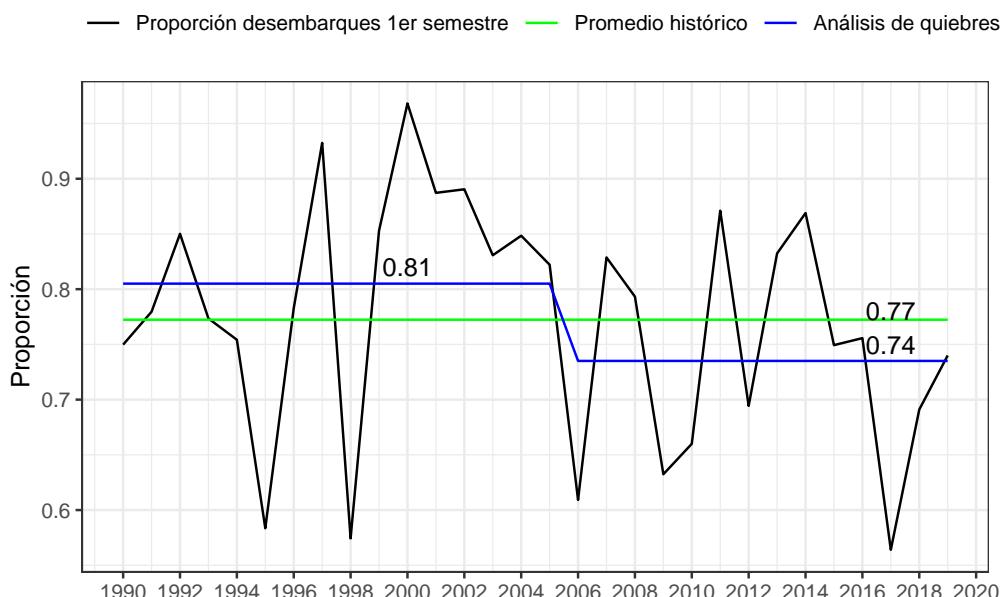
$$C_{RMS} = \frac{F_{RMS}}{Z_{RMS}} N_{naños} (1 - exp(-Z_{RMS})) \quad (4)$$

*Captura en peso del año biológico actual:*

$$Y_{RMS} = \sum C_{RMS} w_{5\text{años}}^{med} \quad (5)$$

### Paso 3: Estimación de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA)

Considerando que el modelo de evaluación de stock actual de anchoveta centro-sur emplea información agregada en año biológico, la población es proyectada uno o dos años biológicos hacia el futuro (a inicios de julio de un año a junio del año siguiente). Por consiguiente, el cálculo de la captura en año calendario se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería. El análisis de quiebres de la serie de proporción de desembarques del primer semestre muestra que a partir del 2006 la proporción disminuye en torno al 70 % para el primer semestre (**Figura 14**). De este modo, el cálculo de CBA se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería del período más reciente en 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre del año calendario. Este supuesto fue acordado con el CCT-PP en la sesión 02/2019 <sup>7</sup>.



**Figura 14.** Serie histórica de la proporción de los desembarques durante el primer semestre de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

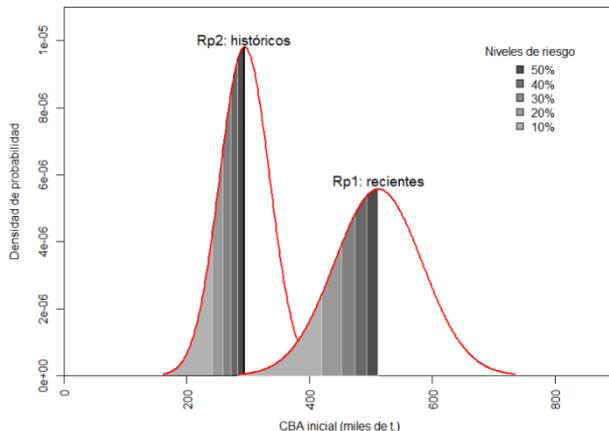
<sup>7</sup>[https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471_documento.pdf)

### Percentiles de probabilidad de sobrepasar el objetivo de manejo $F_{RMS}$

Se considera el establecimiento de un percentil entre un 10 % - 50 % de probabilidad de sobrepasar el objetivo de manejo igual a  $F_{RMS}$ . El percentil corresponde a una distribución de probabilidad acumulada y representa la probabilidad de estar en sobrepesca ( **Figura 15**). El CCT-PP determina el rango de CBA seleccionado el percentil de probabilidad y escenario de reclutamiento proyectado. Dado la alta incertidumbre existente en el momento de definir la CBA inicial, el CCT-PP selecciona el escenario de reclutamiento más precautorio y un percentil de probabilidad inferior al 50 %. Este percentil de probabilidad es equivalente a un nivel de resguardo que se calcula a partir de la captura estimada para cada percentil de probabilidad y la captura al RMS, de este modo, se tiene un nivel de referencia de cuanto se está resguardando considerando el hito de revisión de CBA o condición del recurso.

$$Resguardo = 1 - \frac{Captura(i)}{Captura_{RMS}}, i = \text{percentil.de.captura}(10\%...50\%) \quad (6)$$

Donde la Captura(i) es la capturara estimada para cada percentil de probabilidad (10 % - 50 %) y Captura<sub>RMS</sub> corresponde a la media (50 % probabilidad).



**Figura 15.** CBA inicial ante distintos percentiles de probabilidad de exceder la estrategia de explotación y bajo un escenario de reclutamiento histórico y reciente.

### **Paso 4: Incorporación del descarte en la CBA**

La actual Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, N° 18.892) persigue la conservación y el uso sustentable de los recursos pesqueros mediante la aplicación del enfoque precautorio y ecosistémico, garantizando el resguardo de los ecosistemas marinos. En este contexto, el Artículo 7ºB de la LGPA indica que no podrá realizarse el descarte de individuos de una especie objetivo, cualquiera sea su régimen de acceso, y su fauna acompañante, salvo que se i) haya fijado una cuota global anual de captura para la especie objetivo y, ii) que en el proceso de establecimiento de la cuota global anual de captura se haya considerado el descarte, entre otras restricciones indicadas por el citado artículo.



Para dar cumplimiento a esta normativa se estima una  $CBA_{total}$  que da cuenta de toda la mortalidad por pesca incluido el descarte. El CCT-PP debe establecer el rango de CBA que se construye a partir de una CBA máxima ( $CBA_{max}$ ), es decir, el rango por ley es  $(0,8 * CBA_{max}; CBA_{max})$ . Esta  $CBA_{max}$ , deberá estimarse a partir de la  $CBA_{total}$  descontando el porcentaje de descarte supuesto para el año 2021. La proporción del descarte (pd) supuesto para el año 2021 y que deberá ser descontado de la  $CBA_{total}$  para establecer la  $CBA_{max}$ .

$$CBA_{max} = CBA_{total} - pd * CBA_{total} \quad (7)$$

### 3.3.2. Proyección del stock

Se analiza las probables trayectorias de la biomasa desovante como consecuencia de la aplicación de mortalidad por pesca igual a  $F_{RMS}$  y dos ponderadores de  $F_{RMS}$  igual a 0,9 y 0,7, considerando la incertidumbre del estatus (e.g. matriz de varianza/covarianza de ADMB) y los posibles estados de la naturaleza a futuro (e.g. niveles probables de reclutamiento futuro, escenarios de reclutamiento). Lo anterior permite analizar los niveles de riesgo de no alcanzar el objetivo de manejo  $BD_{RMS}$  en el mediano plazo (2 años biológicos hacia el futuro), considerando la incertidumbre del estatus (probabilidad de sobre-explotación y/o colapso) y los probables estados de la naturaleza a futuro.



### 3.4. Objetivo específico 4:

*“Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente estudio, respecto al cumplimiento de recomendaciones formuladas en procesos de RPEI y priorizadas por el CCT, cuando corresponda.”*

Se informan los avances alcanzados durante el desarrollo de este 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.

A continuación, se detalla el contenido presentado la **Sección 4.4** de este informe:

- Esquema de trabajo y plan de actividades acordado con SUBPESCA.
- Mejoras realizadas al modelo de evaluación de stock
- Avance en la reducción de brechas.
  - Actividades desarrolladas durante el año 2018
  - Actividades desarrolladas durante el año 2019
  - Actividades desarrolladas durante el año 2020
- Recomendaciones realizadas en Revisión por Pares Externa e independiente (RPEI).
- Recomendaciones realizadas en Informe de evaluación técnica de proyectos del programa de investigación básica o permanente para la regulación pesquera y de acuicultura.

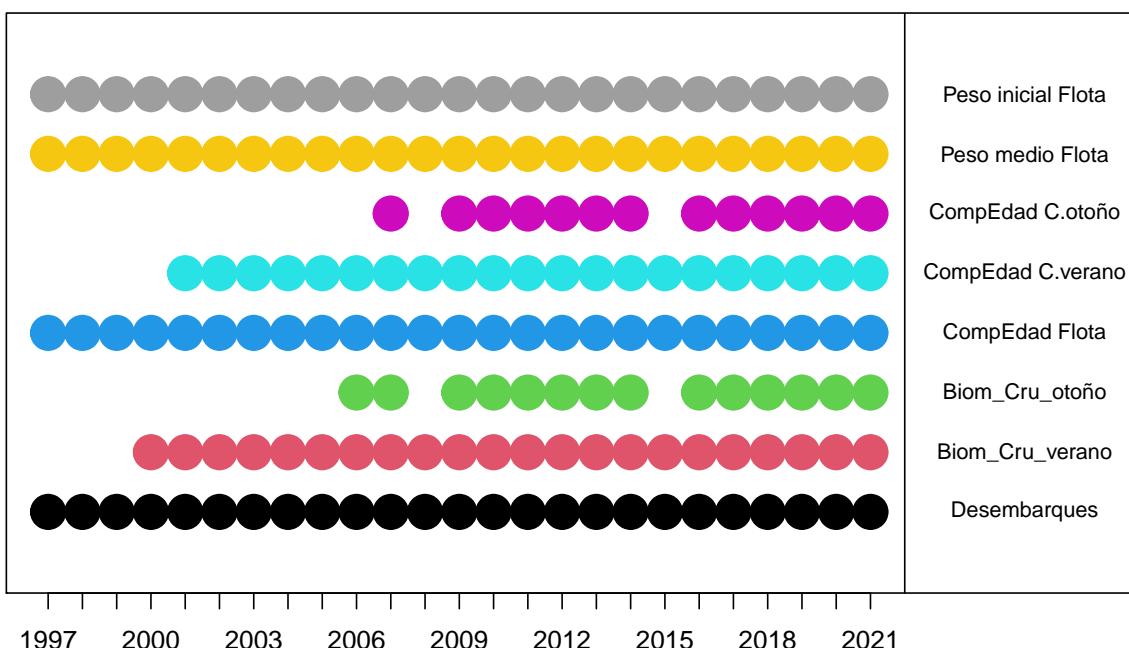
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Objetivo específico 1:

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

#### 4.1.1. Datos de entrada al modelo de evaluación de stock

El período de análisis de la evaluación de stock comienza en 1996/97 hasta el año 2020/21. A continuación, se detalla los datos actualizados en la asesoría de julio 2021 (**Figura 16**).



**Figura 16.** Series de tiempo de los datos de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

#### Datos actualizados

- Biomasa del crucero acústico de enero 2021 (**Tabla 17**)
- Composición de edad del crucero acústico de enero 2021
- Biomasa del crucero acústico de mayo 2021 (**Tabla 17**)
- Composición de edad del crucero acústico de mayo 2021
- Captura 2020/21 sin incorporar descarte (**Tabla 18**)
- Captura 2020/21 con descarte incorporado (**Tabla 18**)
- Composición de edad de la flota 2020/21
- Pesos medios e iniciales 2020/21



## Datos supuestos

- *Porcentaje de Descarte 2020/21:* Se asume igual a un 2 % de descarte (acordado en sesión del 25 de febrero del CCT-PP) (**Tabla 18**)

## Supuestos de proyección de 1 año biológico 2021/2022

- Escenarios de reclutamiento proyectado
- Mortalidad por pesca igual a  $F_{RMS}$
- Pesos a la edad igual al promedio últimos 5 años
- Proporción de captura semestral 70/30

## Descripción de datos de entrada

Entre los años 2009 y 2017 se registraron los niveles más bajos de biomasa acústica de verano con un valor promedio de 101 mil t. Sin embargo, el año 2018 se observó un primer incremento importante hasta 347 mil t y los últimos tres años 2019 al 2021 se consolida éste incremento con valores cercanos a las 588 mil toneladas en promedio. Algo similar se observa en las tendencias de los cruceros de otoño. Sin embargo, en este estudio, la recuperación en la biomasa del stock se apreció a partir del año 2016, observándose una recuperación en la biomasa del stock desde el 2016, registrándose el año 2021 el nivel más alto de los últimos 11 años, en 1,3 millones de t. En relación a las capturas de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos, su variación es consistente con los cambios en los niveles de biomasa estimados por los cruceros acústicos de verano y otoño. Entre el 2011/12 y 2017/18 se registran desembarques en torno a 62 mil toneladas en promedio. Para el 2018/19 se incrementan a 135 mil toneladas, para el año 2019/20 a 160 mil toneladas, un 16 % mayor al año previo, y para el año 2020/21 se incrementa 205 mil toneladas, un 30 % mayor al año previo y 159 % mayor al promedio de los últimos 9 años (período 2011/12 - 2019/20) (**Tabla 18** y **Figura 17**). La pesquería está sustentada principalmente por la abundancia de los grupos de edad (GE) 1 y 2. A partir del 2017 el GE 0 muestra una tendencia al incremento, sin embargo, para el 2020/21 su aporte a la abundancia total es inferior al 10 %. Respecto a los pesos medios, para el GE 0 se encuentra en torno a los 10-15 grs, para el GE 1 en los 20-25 grs en promedio. Desde el año 2014 se observa un incremento en esta variable en todos los GE, excepto en los ejemplares de edad 0 (**Figura 18** y **19**).

En relación a la información proveniente de los cruceros acústicos, la composición de edad registrada por el estudio de verano muestra que el GE 0 representa en torno al 67 % de la captura en número, mientras que el crucero de otoño muestra mayor variabilidad y un aporte cercano al 60 % del grupo de edad 0 (**Figura 20** y **21**). La biomasa estimada por el crucero acústico de otoño 2021 está sustentada principalmente por peces de edad 0 y 1 (47 % y 45 % respectivamente).



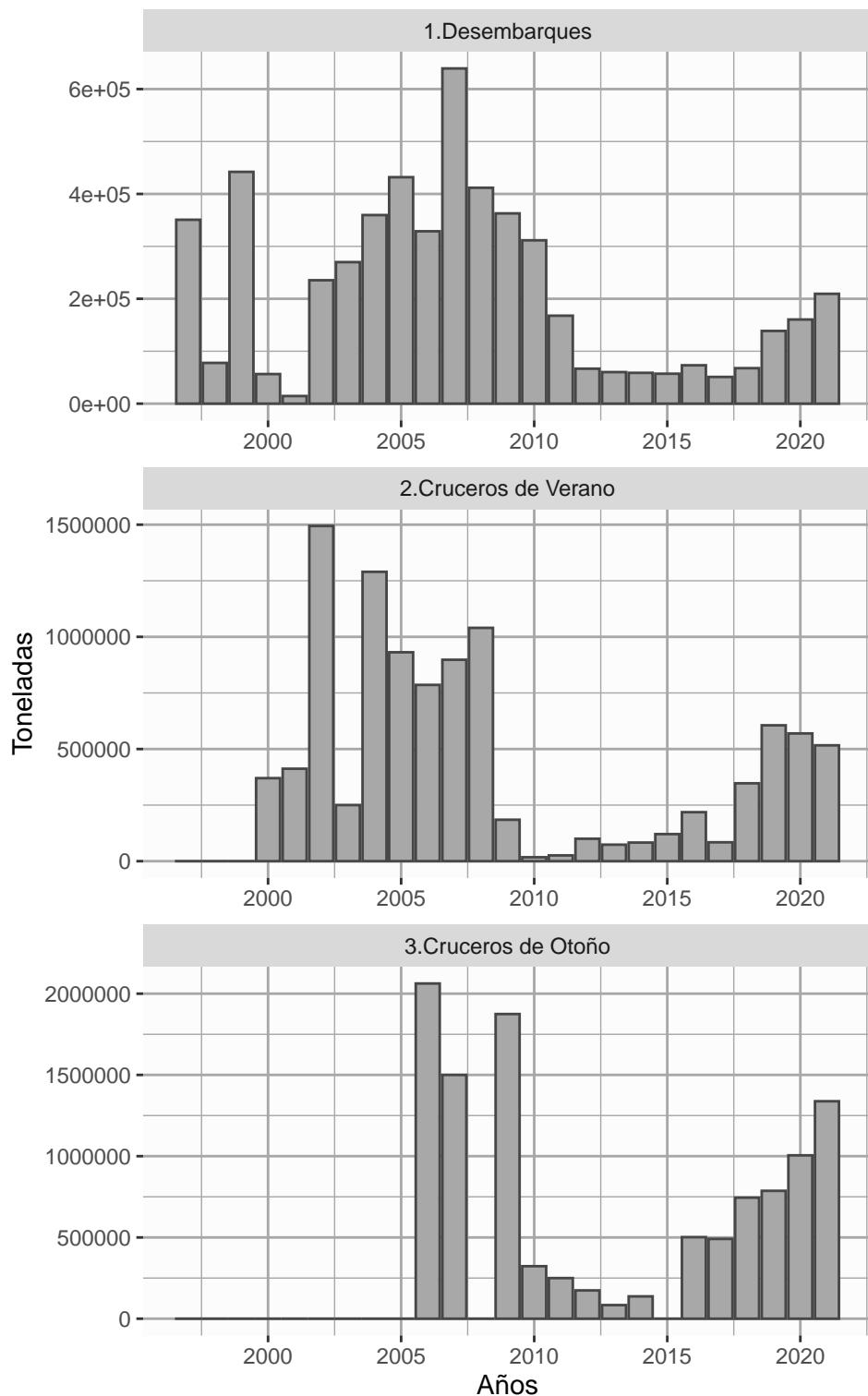
**Tabla 17.** Índices de abundancia utilizadas en la evaluación de stock de anchoveta centro-sur provenientes de los cruceros de Verano (RECLAS), Otoño (PELACES) y crucero de huevos (MPDH).

Año calendario	Biomasa crucero de Verano	Biomasa crucero de otoño	Biomasa desovante MPDH
1997	0	0	0
1998	0	0	0
1999	0	0	0
2000	370.054	0	0
2001	412.103	0	0
2002	1.494.267	0	112.323
2003	250.295	0	0
2004	1.289.818	0	153.150
2005	931.140	0	637.223
2006	785.840	2.062.538	0
2007	897.777	1.500.000	255.016
2008	1.040.062	0	313.432
2009	184.774	1.874.556	73.983
2010	17.550	323.000	77.613
2011	25.797	250.000	109.348
2012	100.020	174.000	50.772
2013	73.551	83.755	0
2014	82.996	137.374	0
2015	120.727	0	0
2016	218.442	501.740	0
2017	84.188	490.994	0
2018	347.160	745.055	0
2019	605.670	786.931	0
2020	569.463	1.005.239	0
2021	516.376	1.338.007	0

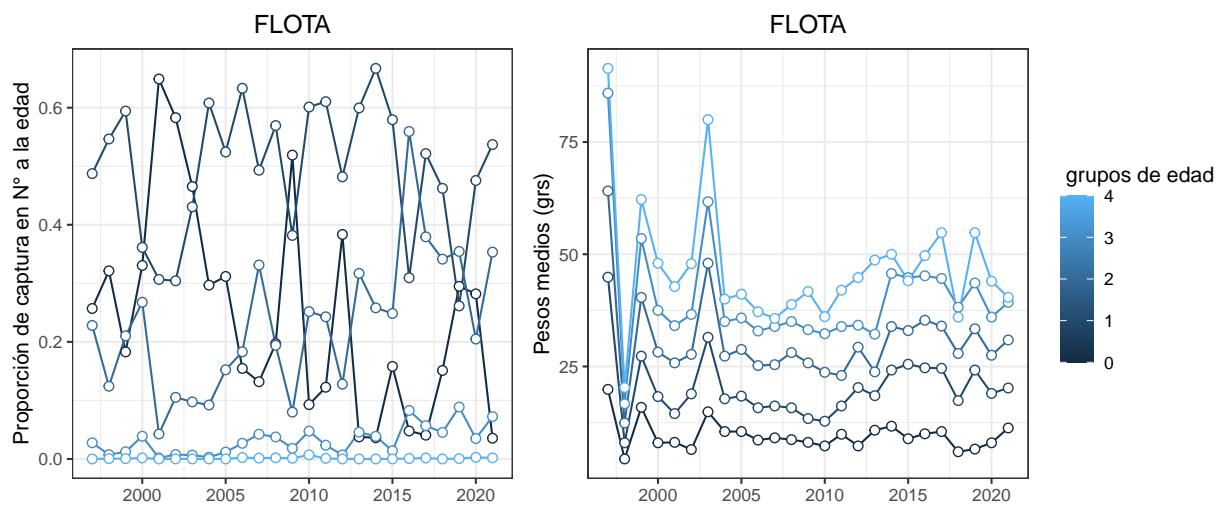


**Tabla 18.** Desembarques en toneladas, porcentaje de descarte supuesto, captura descartada (toneladas) y captura total (toneladas) estimadas en año biológico para anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

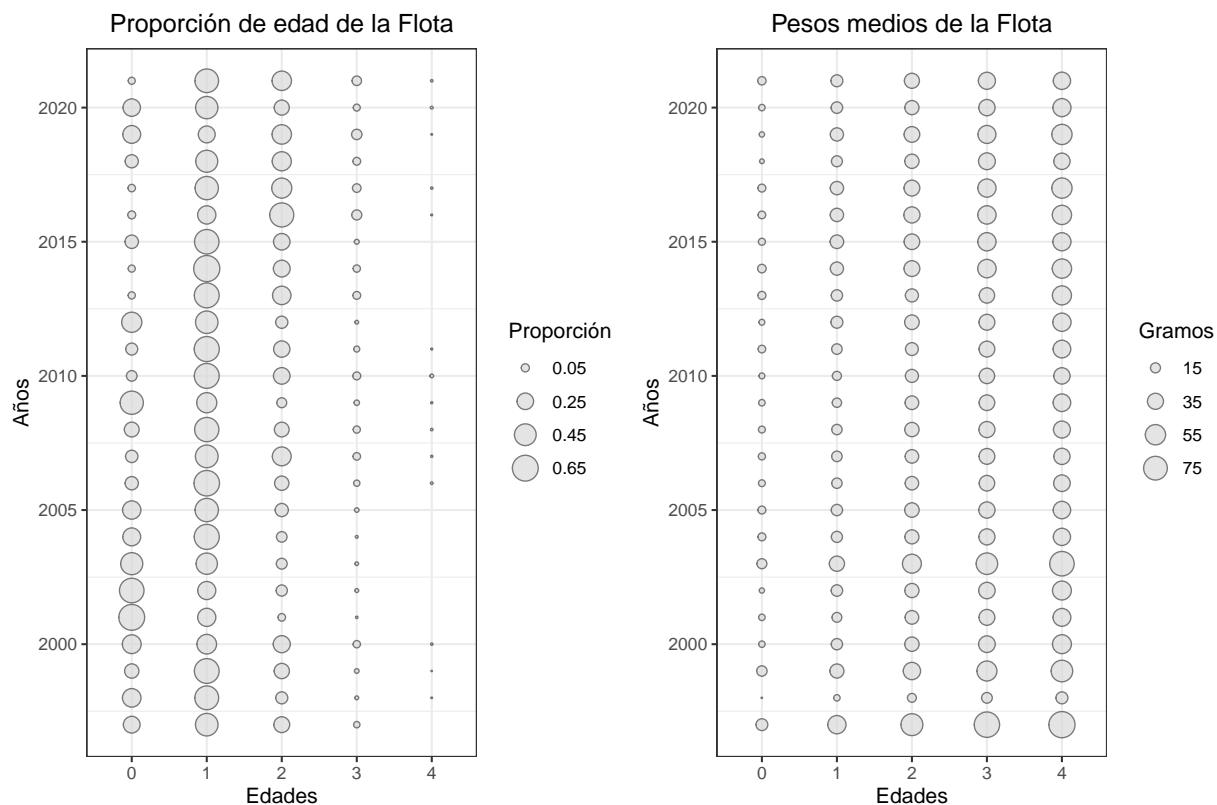
Año biológico	Desembarques toneladas	Porcentaje Descarte	Captura descartada t	Captura total t
1996-97	350.755	0 %	0	350.755
1997-98	77.701	0 %	0	77.701
1998-99	442.110	0 %	0	442.110
1999-00	56.441	0 %	0	56.441
2000-01	13.986	4 %	559	14.545
2001-02	226.307	4 %	9.052	235.359
2002-03	259.572	4 %	10.383	269.955
2003-04	345.847	4 %	13.834	359.681
2004-05	415.290	4 %	16.612	431.902
2005-06	316.159	4 %	12.646	328.805
2006-07	614.773	4 %	24.591	639.364
2007-08	395.911	4 %	15.836	411.747
2008-09	348.914	4 %	13.957	362.871
2009-10	299.548	4 %	11.982	311.530
2010-11	161.306	4 %	6.452	167.758
2011-12	64.116	4 %	2.565	66.681
2012-13	57.910	4 %	2.316	60.226
2013-14	56.524	4 %	2.261	58.785
2014-15	54.919	4 %	2.197	57.116
2015-16	70.367	4 %	2.815	73.181
2016-17	49.016	4 %	1.961	50.977
2017-18	66.757	1,4 %	935	67.692
2018-19	135.804	2,1 %	2.852	138.656
2019-20	157.646	1,8 %	2.838	160.484
2020-21	205.398	2 %	4.108	209.506



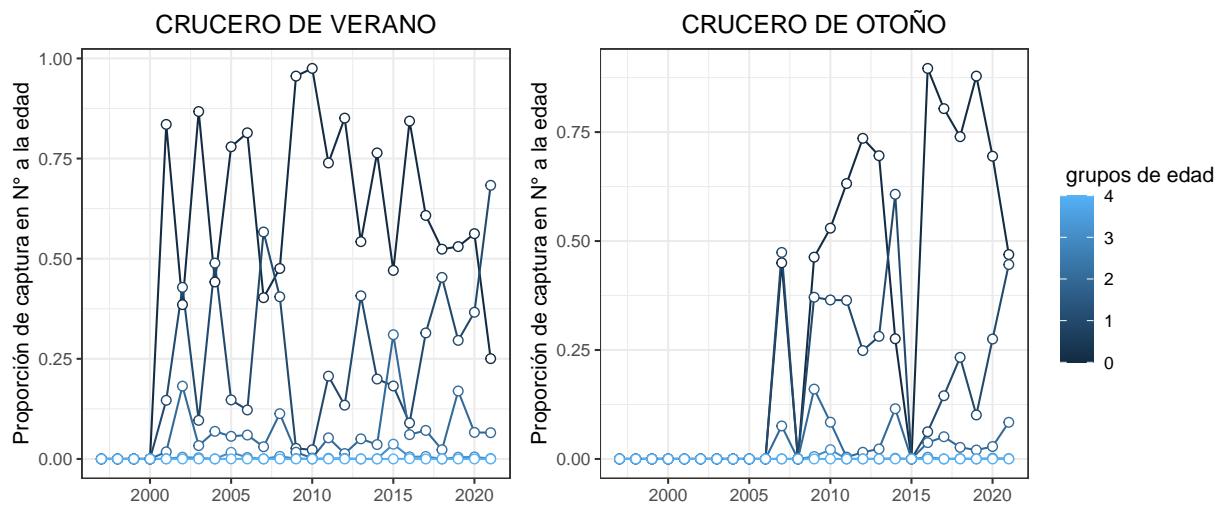
**Figura 17.** Serie de desembarques y biomasas estimadas por la evaluación hidroacústica de verano y otoño utilizadas como datos de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.



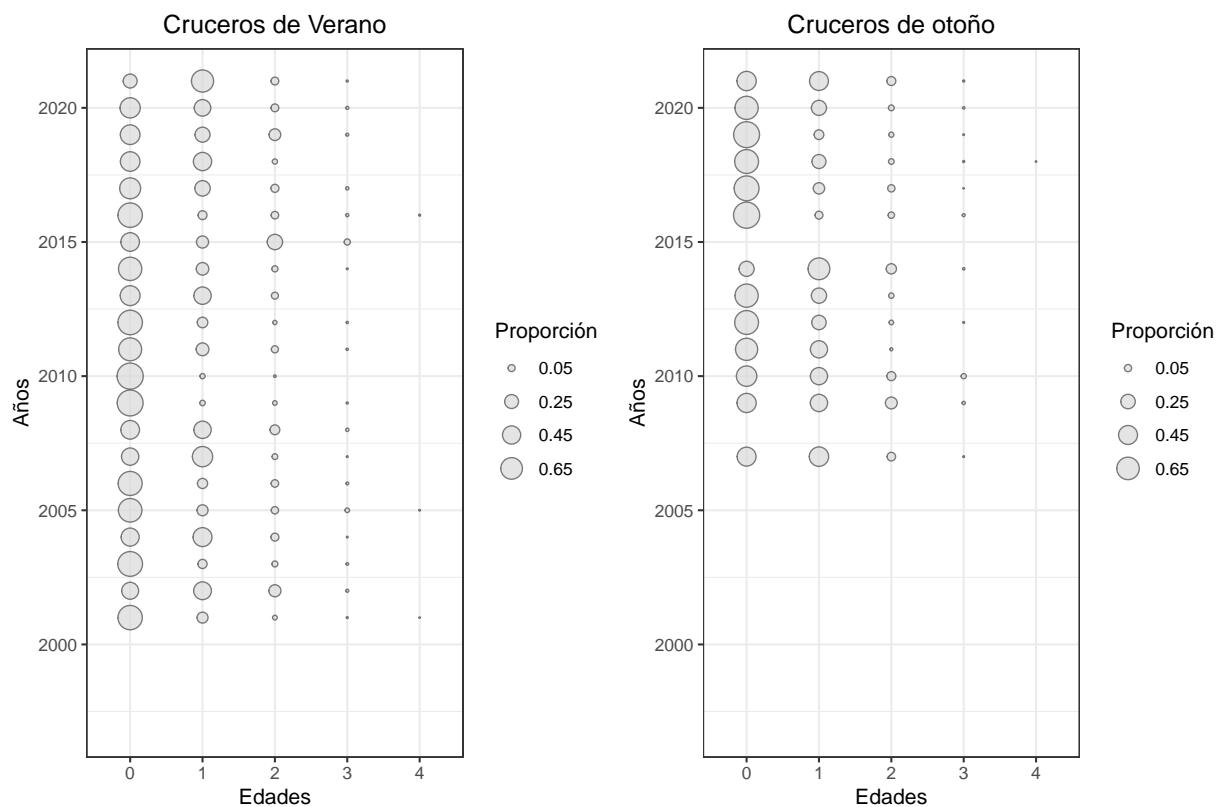
**Figura 18.** Variabilidad interanual de la proporción de la captura de la flota (panel izquierdo) y pesos medios (panel derecho) de cada grupo de edad (edad 0 a 4) de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.



**Figura 19.** Composición de edad de la captura de la flota (panel izquierdo) y pesos medios (panel derecho) utilizados en la evaluación de stock de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.



**Figura 20.** Variabilidad interanual de la proporción de la captura del crucero de verano (panel izquierdo) y crucero de otoño (panel derecho) de cada grupo de edad (edad 0 a 4).

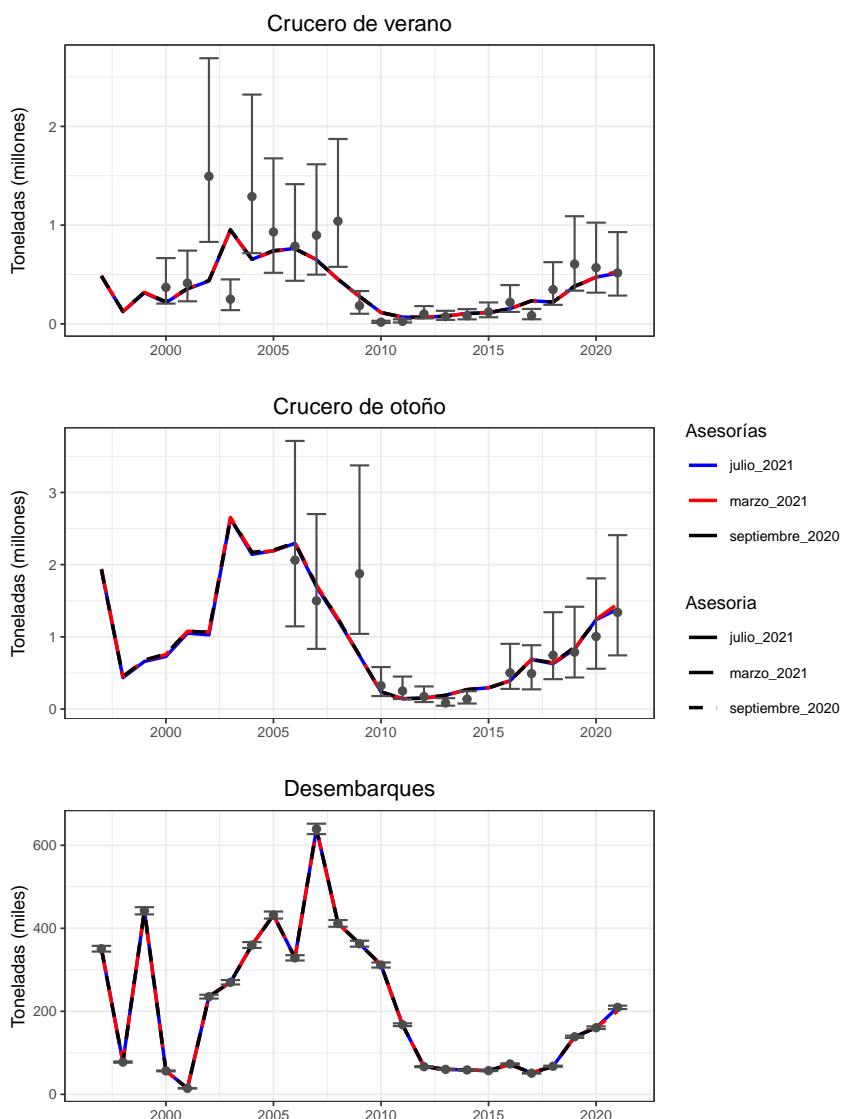


**Figura 21.** Composición de edad de la captura de los cruceros de verano (panel izquierdo) y otoño (panel derecho) utilizados en la evaluación de stock .

#### 4.1.2. Diagnóstico del modelo de evaluación de stock

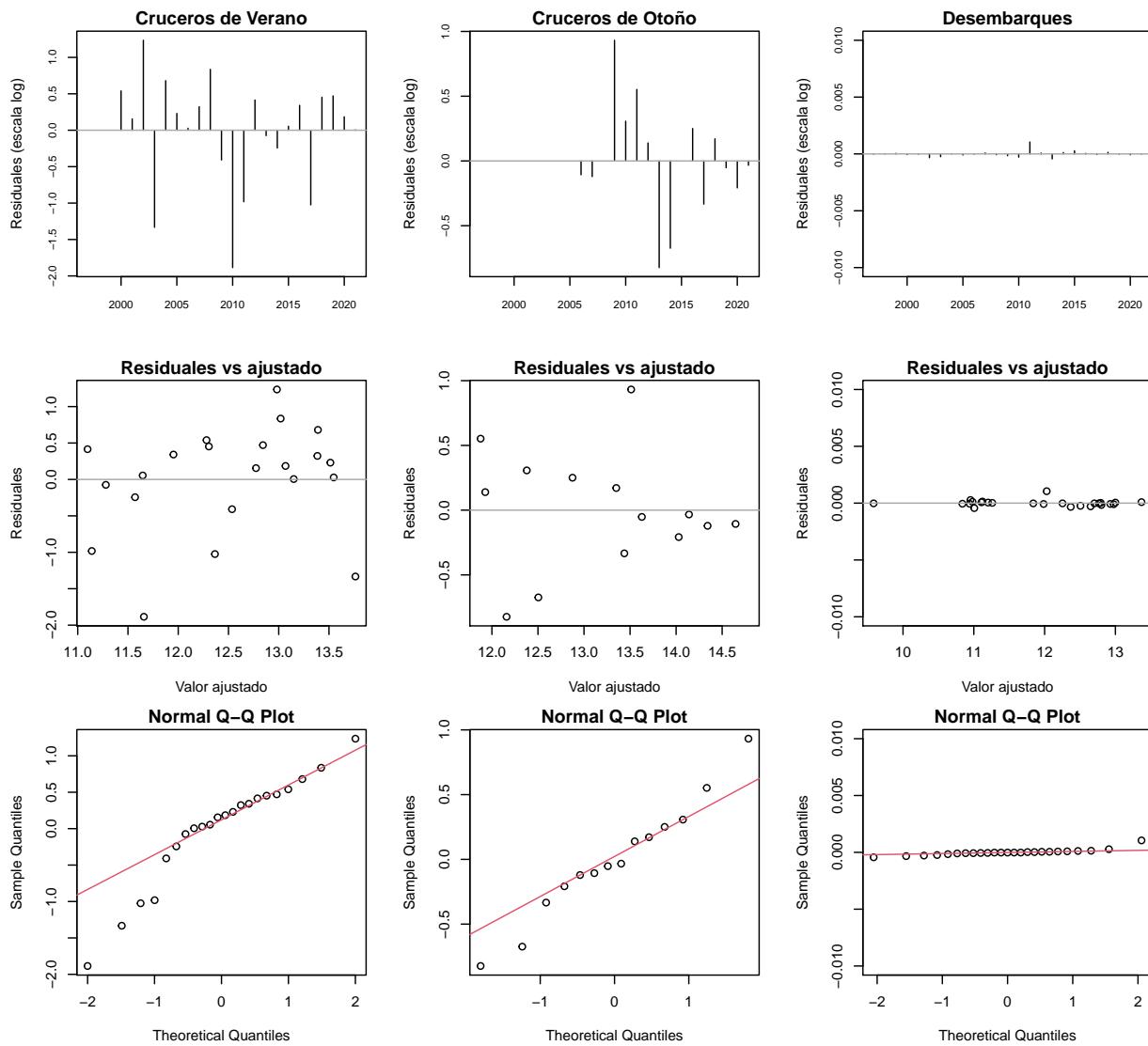
##### Ajuste del modelo a los datos y análisis de residuos

El modelo de evaluación utilizado para estudiar la dinámica del stock, sigue la tendencia general de las estimaciones de biomasa de los cruceros hidroacústicos, principalmente a partir del año 2009. El modelo reproduce de manera satisfactoria los bajos niveles poblacionales en el período 2009-2015 y su tendencia al incremento a partir del año 2016. Sin embargo, los valores más altos del crucero de verano, que poseen mayor incertidumbre, no son ajustados de manera satisfactoria (período 2002-2008). La alta variabilidad de estos índices de abundancia se evidencia en la amplitud de los intervalos de confianza supuestos con un coeficiente de variación de  $cv=0,3$  (**Figura 22**).



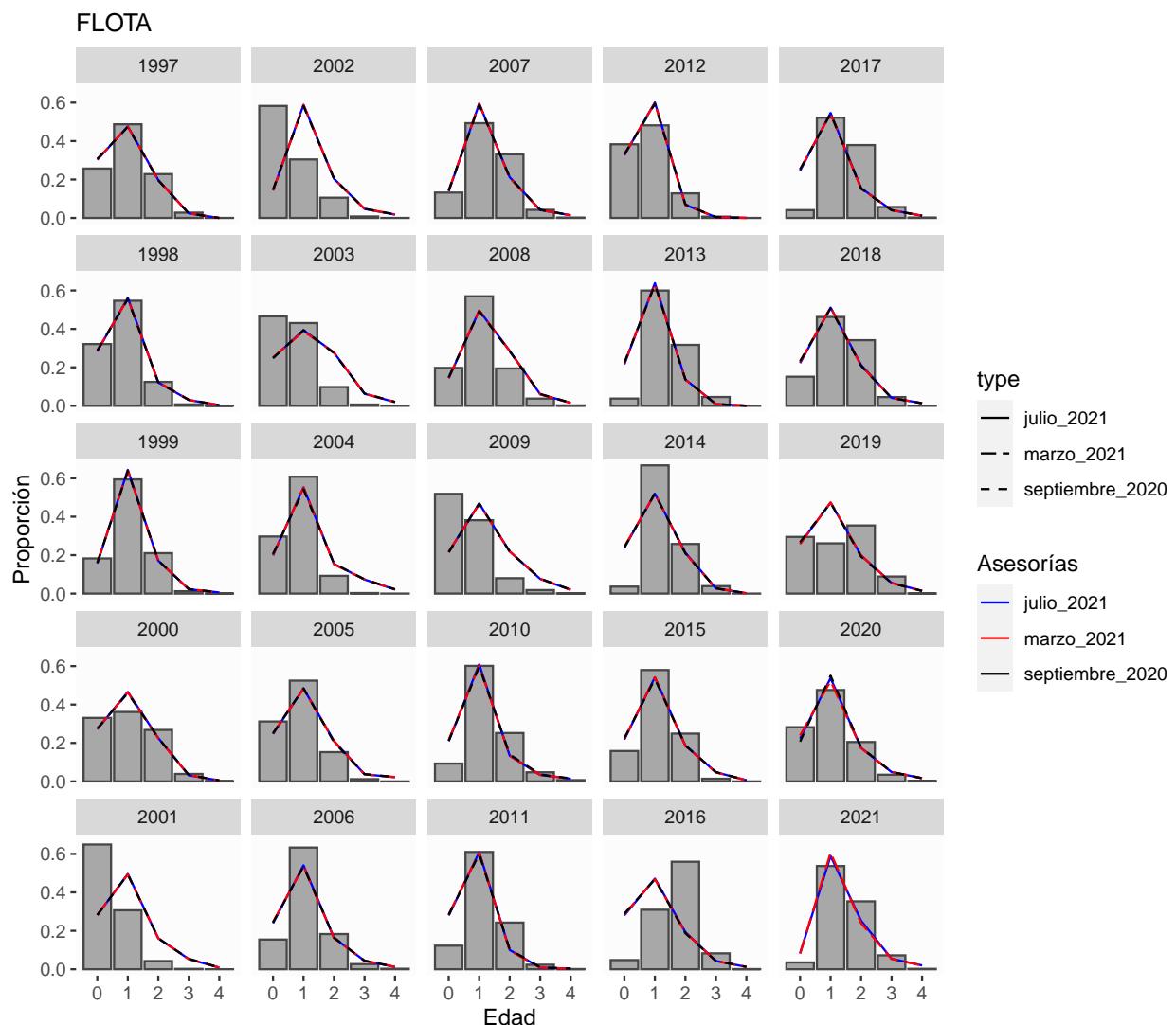
**Figura 22.** Ajustes del modelo anual en edades a los valores de biomassas de cruceros de verano, otoño y desembarques. Las barras corresponden al intervalo de confianza asintótico y el círculo al valor del estimador

En cuanto al análisis de los residuales del modelo, estos no sugieren tendencias. El diagrama QQ corrobora, en términos generales, la linealidad en la escala log en todos los índices. No obstante, observando la mayor variabilidad y lejanía relativa respecto de la línea esperada, el análisis evidencia la falta de ajuste a los valores más altos del crucero de verano. Los datos de la captura (desembarques), se asumen insesgados y precisos con un  $cv=0,01$ , lo cual es reflejado en un buen ajuste del modelo a los valores observados (**Figura 23**).

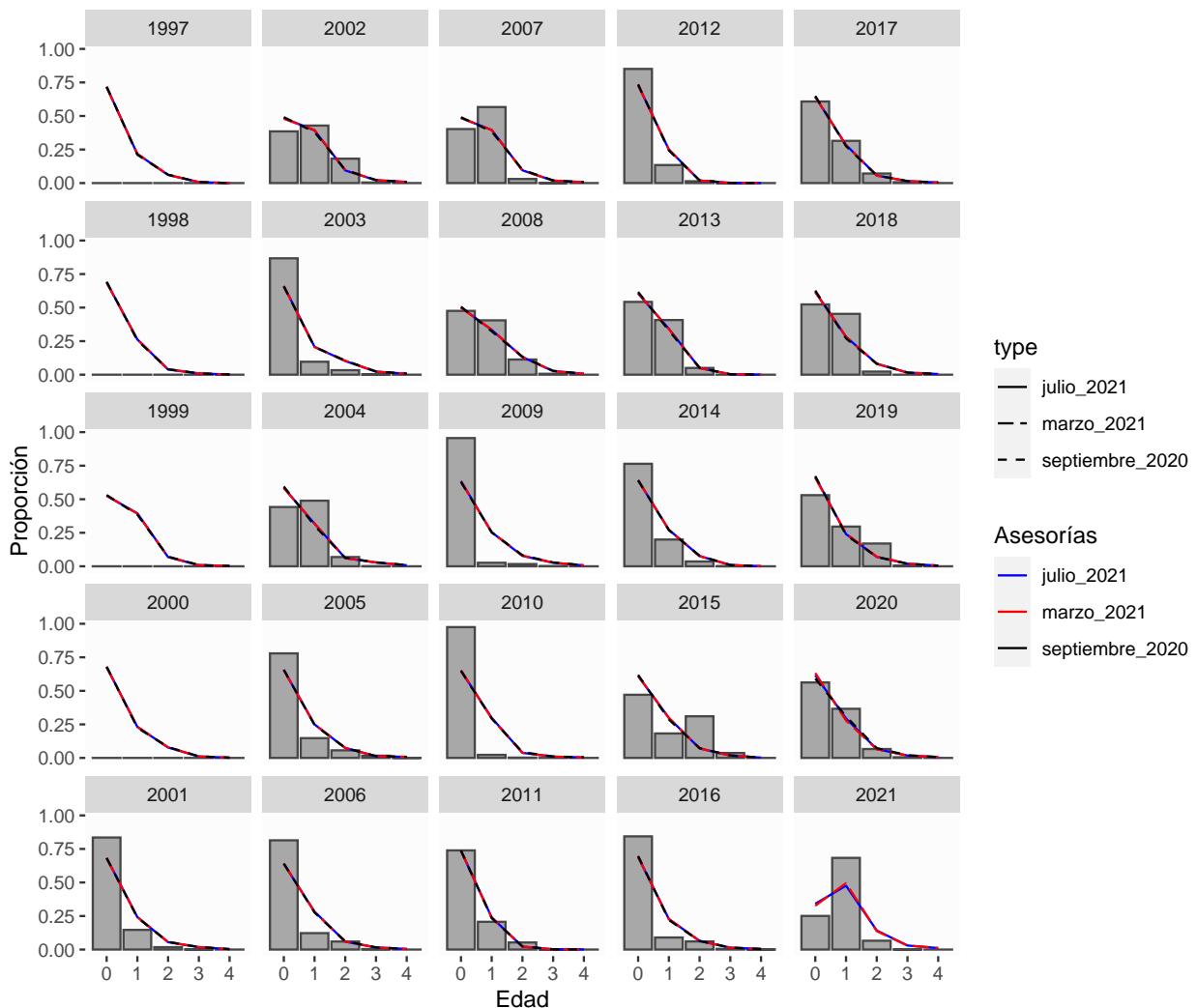


**Figura 23.** Residuales (escala log) del ajuste del modelo base actual a los datos observados.

En relación al ajuste a los datos de composiciones de edades, se observa que el modelo recoge la variabilidad general de la estructura de edades proveniente de la flota, con patrones de sobre-estimación del grupo de edad 0 desde el 2010 al 2018 producto de los bajos niveles de abundancia registrados en ese período (**Figura 24**). En el caso de los cruceros, el modelo muestra un mejor desempeño en ajustar la composición de edades de los estudios de verano (**Figura 25**). En el caso de los cruceros de otoño, el ajuste es menos consistente, subestimando el GE de 0 en los últimos años (**Figura 26**).

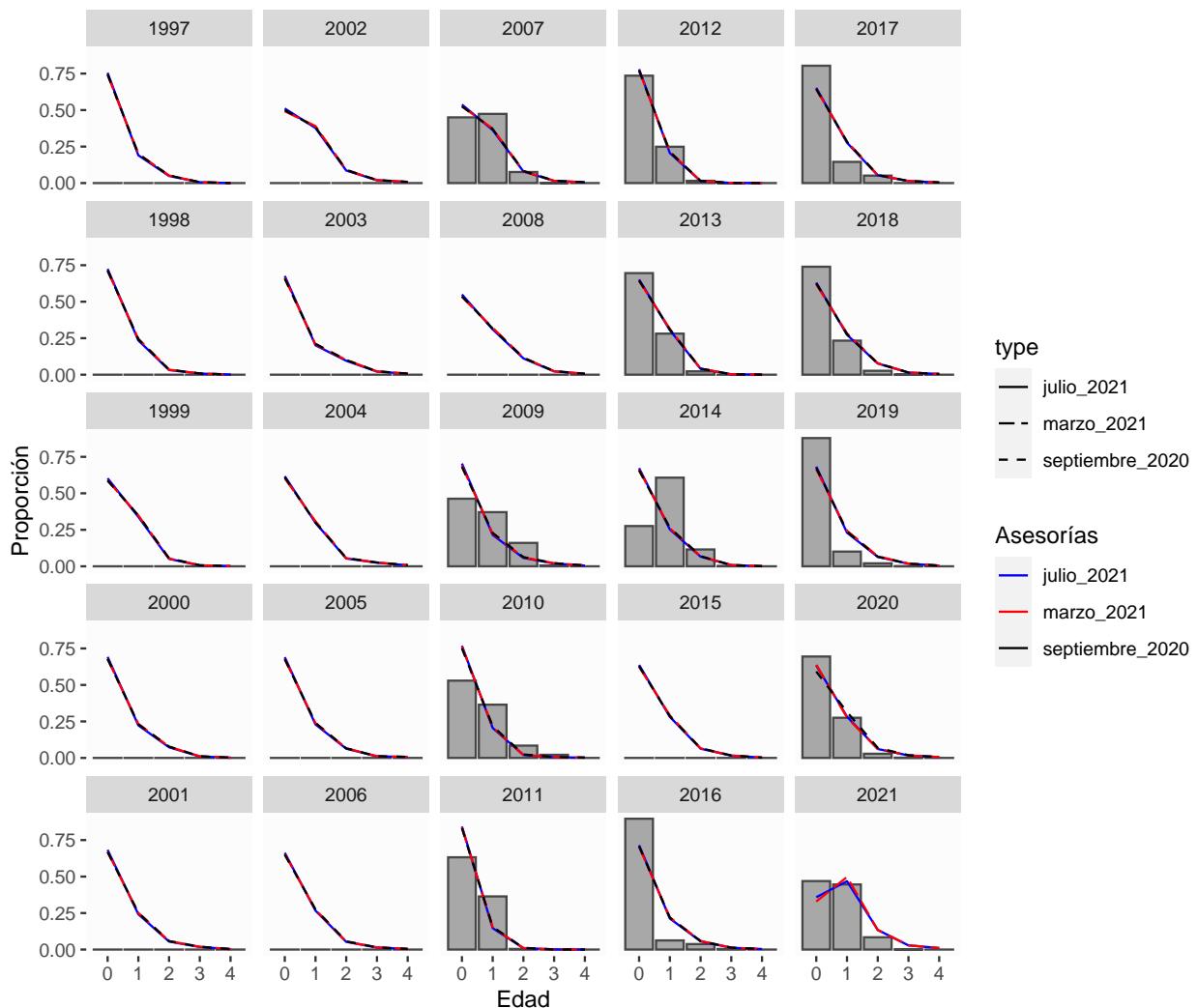


**Figura 24.** Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de la flota de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

**CRUCEROS DE VERANO**


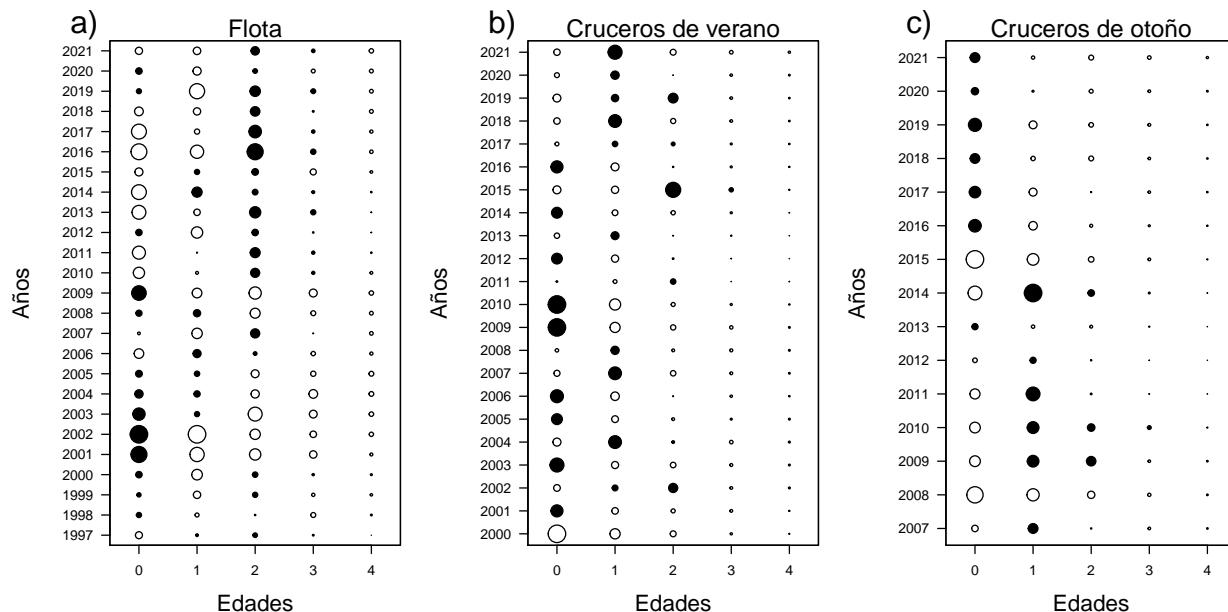
**Figura 25.** Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de los Cruceros de verano de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

### CRUCEROS DE OTOÑO



**Figura 26.** Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de los Cruceros de otoño de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

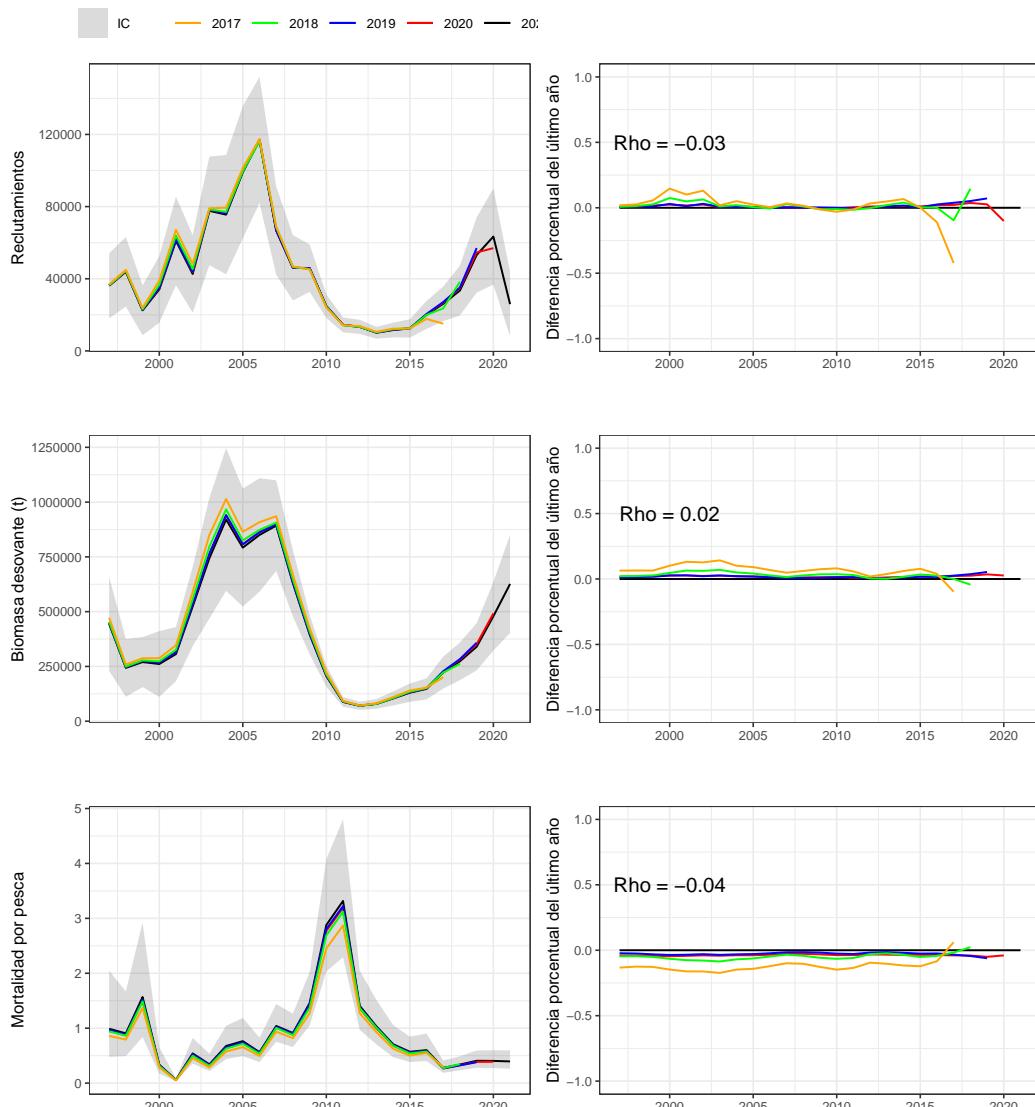
El comportamiento de los residuales a las composiciones de edades de la flota, sugieren patrones de subestimación del grupo de edad 0 entre los años 2001 al 2009 y de sobre-estimación desde el 2010 al 2018 correspondiente al período con bajos niveles poblacionales. En el caso de los cruceros de verano, no hay patrones evidentes, mientras que en el caso de los cruceros de otoño se observan ciertos patrones que reflejan la tendencia a la subestimación del GE 0 desde el 2016 (**Figura 27**).



**Figura 27.** Residuales del modelo base actual a las composiciones de edades de la flota y cruceros. Subestimaciones (círculos negros) y sobreestimaciones (circulo blanco), donde el tamaño corresponde a la magnitud relativa de error por edad.

## Análisis retrospectivo

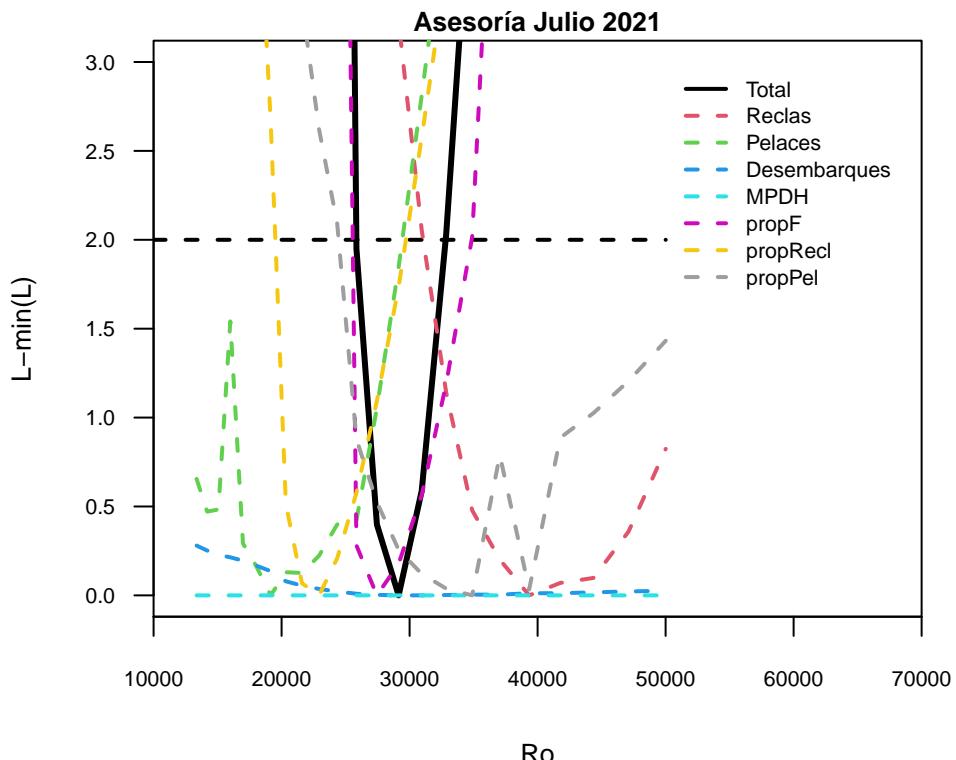
En la **Figura 28** se muestra el patrón retrospectivo estándar y relativo de los reclutamientos, BD y F de la anchoveta en la UPCS para el modelo base actual (julio 2021). El análisis retrospectivo del modelo de evaluación muestra que en términos de rho (promedio de anomalías retrospectivas) la reducción de información genera un patrón de subestimación del reclutamiento ( $\rho = -0,03$ ) y de la mortalidad por pesca ( $\rho = -0,04$ ) y un patrón de sobre-estimación de la biomasa desovante ( $\rho = 0,02$ ). En general, las estimaciones de reclutamientos, biomasas y F para los últimos años pueden variar sustancialmente entre las sucesivas actualizaciones, mientras que en los primeros años tienden a converger a valores estables. No obstante, el modelo presenta una baja varianza estadística, lo que se traduce en una menor incertidumbre, generando estimaciones más confiables para medidas de manejo.



**Figura 28.** Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos, biomasa desovante y de la mortalidad por pesca de anchoveta centro-sur para el modelo base actual.

### Perfiles de verosimilitud

La **Figura 29** muestra el perfil de verosimilitud de cada fuente de dato cuyo mínimo representa la estimación máxima a posteriori del reclutamiento medio ( $R_0$ ) para cada fuente de error del caso base. Los datos cuyos perfiles estuvieron más próximos entre si y la diferencia del log verosimilitud respecto del mínimo se elevó por sobre el criterio estadístico  $\chi^2=1,92$  fue la proporción de edad de la flota (propF).



**Figura 29.** Perfiles de verosimilitud donde la línea horizontal representa el nivel crítico para el test  $\chi^2$ .



## 4.2. Objetivo específico 2:

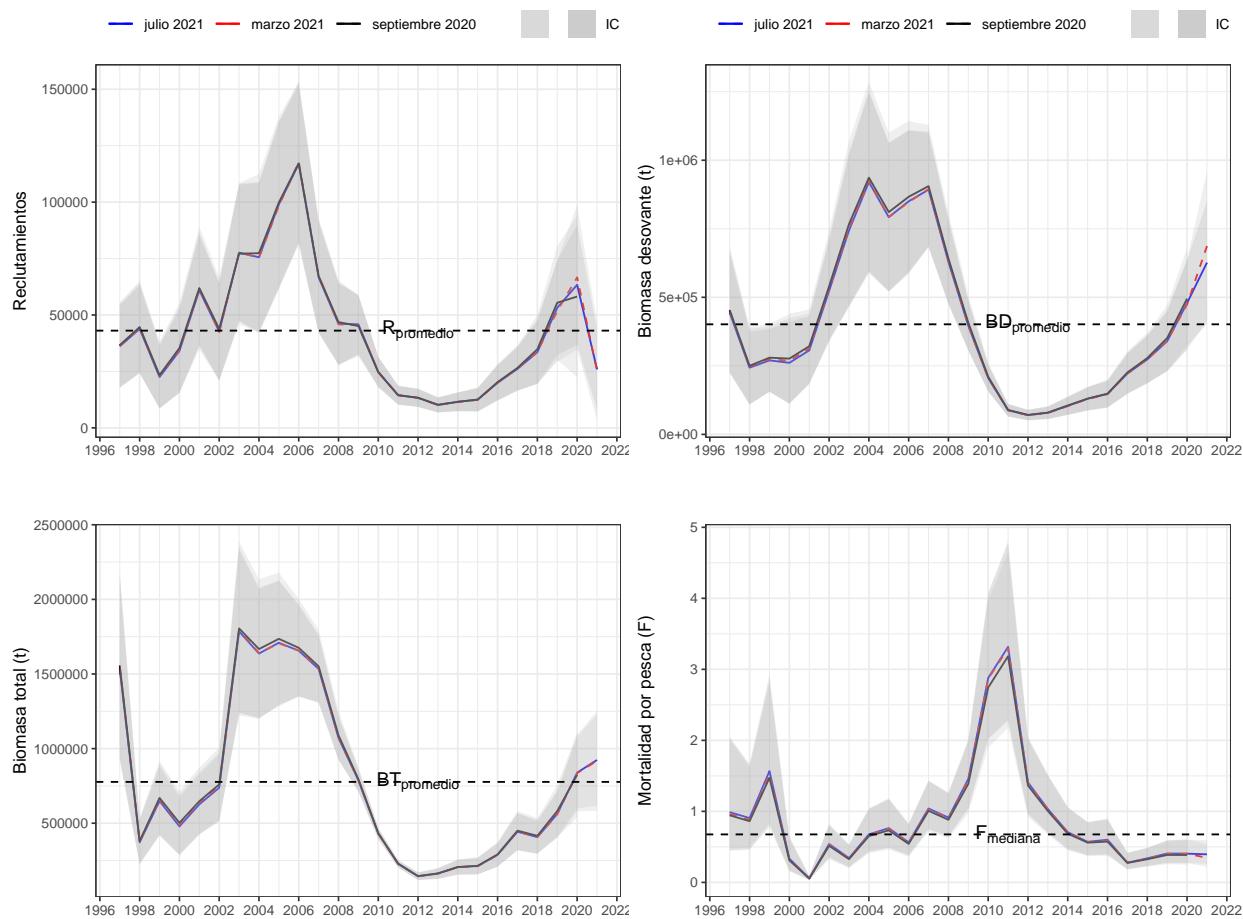
*“Establecer el estatus actualizado de anchoveta, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, propagando para estos efectos todas las fuentes de incertidumbre subyacente a la pesquería.”*

### 4.2.1. Tendencias poblacionales

La **Figura 30** y la **Tabla 19** muestran los cambios que ha experimentado anchoveta en sus tendencias poblacionales en un período de 25 años (1996/97 - 2020/21). El análisis respecto a la media histórica de los indicadores de estado y flujo ( $R_{\text{promedio}} = 43$  mil millones de peces,  $BT_{\text{promedio}} = 777$  mil t,  $BD_{\text{promedio}} = 401$  mil t,  $F_{\text{mediana}} = 0,68$ ) permite identificar claramente dos ciclos con altos y bajos niveles de abundancia de una duración de 10 años aprox. El período de altos niveles de abundancia de anchoveta se registra desde el año 2002/03 hasta el año 2008/09 con valores sobre el promedio histórico ( $R_{\text{alto}} = 75$  mil millones de peces,  $BT_{\text{alto}} = 1,45$  millones de t,  $BD_{\text{alto}} = 746$  mil t). Los niveles bajo el promedio histórico se registran desde el año 2009/10 hasta el 2017/18 ( $R_{\text{bajo}} = 18$  mil millones de peces,  $BT_{\text{bajo}} = 280$  mil t.,  $BD_{\text{bajo}} = 147$  mil t.).

Los mayores niveles de mortalidad por pesca se registraron durante el período de baja abundancia ( $F > F_{\text{mediana}}$ ) debido a los bajos rendimientos. A partir del año 2015/16, se observa el inicio de un nuevo ciclo con tendencia positiva generada por la fuerza de la clase anual reclutada que se incorpora a la población y a los bajos niveles de mortalidad por pesca ( $F < F_{\text{mediana}}$ ). El incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20, la disminución de la mortalidad por pesca 2/3 por debajo de  $M$  ( $M=0,7 \text{ año}^{-1}$ ) y el incremento de la biomasa total y desovante 2019/20 permiten la recuperación de anchoveta centro-sur para los dos últimos años de la serie.

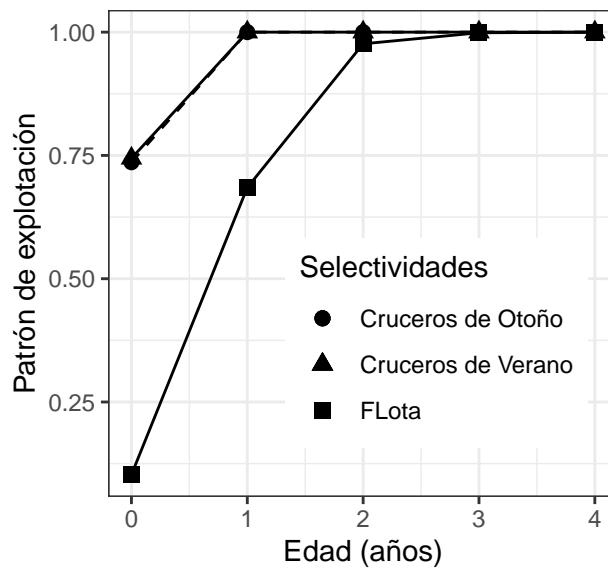
La selectividad de la flota indica que anchoveta es próximo a su completo reclutamiento a la pesquería a la edad de 2 años cuya retención es del orden del 98 %, mientras que los individuos de edad 0 y 1 son vulnerados en un 10 % y 68 % respectivamente. Respecto a la selectividad de los cruceros acústicos, en enero el arte de pesca selecciona el 74 % de peces de edad 0 y 100 % de peces de edad 1 y en mayo se selecciona un 74 % de peces de edad 0 y 100 % de peces de edad 1 (**Figura 31**).



**Figura 30.** Estimaciones medias de los reclutamientos, biomasa total, biomasa desovante y mortalidad por pesca y su respectivo Intervalo de Confianza (IC). Las líneas segmentadas corresponden al promedio y mediana de la serie respectiva.

**Tabla 19.** Variables poblacionales estimadas en la evaluación de septiembre 2020, marzo y julio 2021 de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Año	<i>BD<sub>sept</sub></i>	<i>BD<sub>mar</sub></i>	<i>BD<sub>jul</sub></i>	<i>BT<sub>sept</sub></i>	<i>BT<sub>mar</sub></i>	<i>BT<sub>jul</sub></i>	<i>R<sub>sept</sub></i>	<i>R<sub>mar</sub></i>	<i>R<sub>jul</sub></i>	<i>F<sub>sept</sub></i>	<i>F<sub>mar</sub></i>	<i>F<sub>jul</sub></i>
1996/97	453.760	449.330	443.792	1.557.700	1.544.300	1.532.630	36.643	36.327	36.114	0,945	0,963	0,989
1997/98	250.220	246.830	243.421	380.750	376.310	372.225	44.651	44.137	43.856	0,862	0,882	0,906
1998/99	279.850	274.410	269.947	669.670	659.290	648.361	23.370	22.999	22.500	1,472	1,520	1,567
1999/00	276.440	268.420	261.093	502.520	489.730	478.819	35.358	34.607	34.070	0,31	0,322	0,335
2000/01	321.480	313.470	306.495	647.350	637.170	626.269	61.911	61.647	60.974	0,054	0,056	0,058
2001/02	540.380	532.230	523.559	759.600	746.790	737.871	43.864	42.404	42.663	0,515	0,527	0,54
2002/03	767.190	751.530	744.117	1.805.300	1.794.500	1.785.330	77.144	77.704	77.627	0,327	0,336	0,342
2003/04	936.650	925.060	920.598	1.667.000	1.640.700	1.637.000	77.383	75.394	75.553	0,652	0,666	0,676
2004/05	810.880	792.710	792.302	1.735.700	1.704.800	1.709.420	99.828	98.343	98.997	0,733	0,756	0,764
2005/06	866.660	847.350	850.165	1.675.600	1.657.200	1.656.100	117.200	117.750	116.943	0,542	0,559	0,563
2006/07	905.580	894.650	892.636	1.551.300	1.539.100	1.533.900	67.306	67.258	66.687	1,008	1,030	1,041
2007/08	641.420	633.110	629.190	1.089.100	1.074.100	1.071.210	46.859	45.869	46.064	0,881	0,899	0,912
2008/09	407.330	397.670	395.986	795.160	786.660	787.690	45.117	45.408	45.877	1,388	1,436	1,457
2009/10	210.310	204.780	205.889	433.410	429.780	430.634	24.575	24.924	24.814	2,744	2,865	2,878
2010/11	89.235	87.492	87.969	228.700	227.210	227.531	14.467	14.507	14.434	3,185	3,295	3,317
2011/12	70.979	70.070	70.406	145.380	144.100	144.770	13.330	13.250	13.317	1,364	1,398	1,408
2012/13	79.514	78.341	78.959	163.950	161.480	162.233	10.277	10.083	10.087	1,005	1,030	1,033
2013/14	105.350	103.220	103.902	206.620	204.780	205.737	11.484	11.559	11.583	0,686	0,706	0,708
2014/15	130.490	129.170	129.992	214.120	211.870	213.265	12.539	12.369	12.468	0,560	0,569	0,57
2015/16	148.550	146.480	147.467	290.990	286.960	288.424	20.268	19.948	19.956	0,574	0,587	0,601
2016/17	225.790	221.930	222.044	450.090	444.140	442.739	26.548	26.318	26.122	0,274	0,281	0,278
2017/18	278.450	274.050	273.533	415.500	407.650	406.733	34.824	33.685	33.514	0,326	0,334	0,338
2018/19	351.370	340.830	339.853	581.470	558.780	561.985	55.430	51.784	53.182	0,387	0,402	0,407
2019/20	495.110	473.920	479.011	824.040	835.630	838.744	58.165	66.653	63.379	0,385	0,405	0,404
2020/21	NA	686.790	626.493	NA	918.000	923.891	NA	25.359	25.914	NA	0,345	0,395



**Figura 31.** Patrón de explotación o selectividad de la flota y de los cruceros acústicos de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.



#### 4.2.2. Puntos Biológicos de Referencia (PBRs)

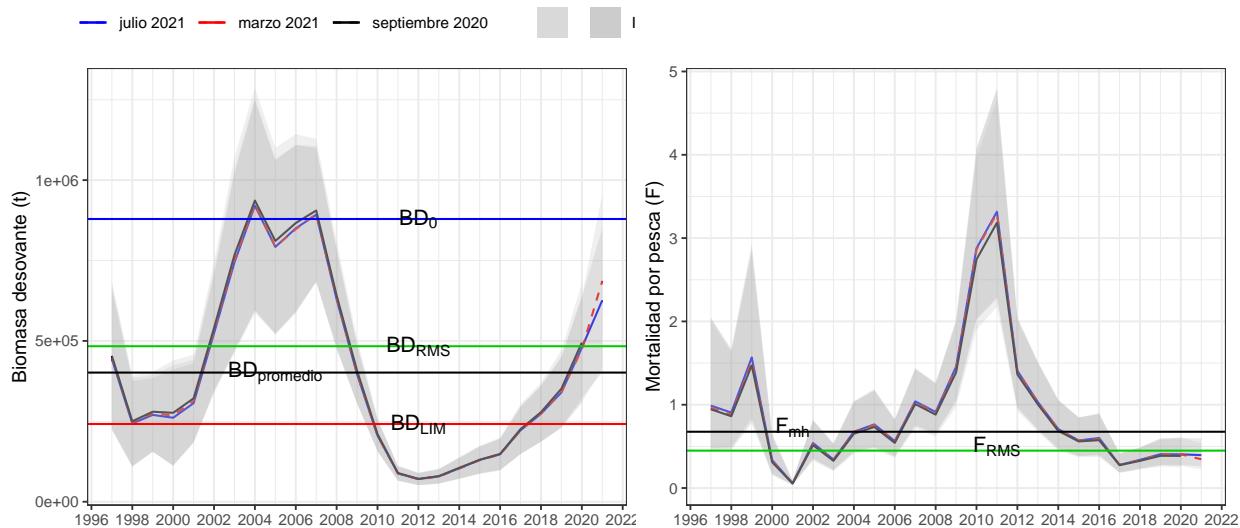
En la **Tabla 20** y **Figura 32** se presentan los valores calculados de  $F_{RMS}$ ,  $BD_{RMS}$  y  $BD_{LIM}$  recomendados por el Comité Científico Técnicos de Pelágicos Pequeños (Informe Técnico CCT-PP N°01/2015) de acuerdo con la metodología discutida durante el segundo taller (Abril, 2014) y tercer taller (Agosto, 2014) de PBRs (Payá *et al.* 2014). En relación al cálculo de  $BD_0$ , en la sesión de agosto 2020 del CCT-PP se revisó los datos utilizados en la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) dado que el cambio del modelo de año calendario a año biológico provoca un acortamiento en la serie utilizada para la estimación de  $BD_0$  de 19 a 12 años y considerando que la anchoveta cierra su ciclo decreciente iniciado el 2009, el cual en su oportunidad determinó su exclusión del cálculo de  $BD_0$  a la hora de aplicar la metodología descrita en el taller de PBR (Payá *et al.* 2014), considerándose un caso excepcional. Conforme a lo anterior, el CCT-PP establece que para efectos de la determinación del estatus y CBA 2021, se utilice la serie completa de datos para el cálculo de  $BD_0$ . De esta manera se aplica íntegramente la metodología recomendada y se estandariza con lo aplicado en sardina común (Acta Sesión N° 5 20-21/08/2020<sup>8</sup>).

Los pasos para el cálculo de  $BD_0$ ,  $BD_{RMS}$  y  $BD_{LIM}$  se describe en la **Tabla 20**. Este procedimiento busca encontrar un balance entre la serie histórica de las BD y de F a partir del cálculo de BDpromedio y Fmh. Al respecto, la **Figura 32** muestra las series de Biomasa desovante y mortalidad por pesca junto a los PBRs calculados, donde se observa que en el período de menores niveles de BD se registraron los mayores niveles de F. Cuando los niveles de BD incrementan las Fs son bajas. Según Patterson (1992), para que el valor de  $F_{mh}$  fuera sostenible las biomassas deberían ser estables o crecientes y el nivel de F encontrarse bajo 2/3 de M. Respecto a la mortalidad por pesca al RMS, el Comité Científico Técnico de Pequeños Pelágicos recomendó considerar un  $F_{RMS}$  precautorio ( $F60\%BDPR$ , **Figura 33**) debido a su condición de pesquería mixta junto a sardina común y por su rol ecosistémico, considerado clave para otros eslabones de la trama trófica.

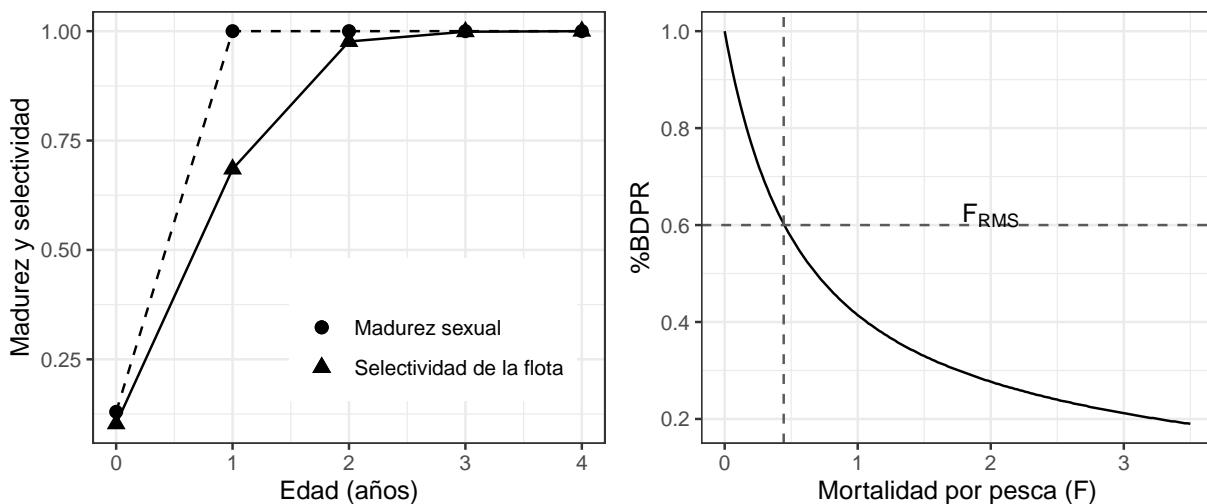
**Tabla 20.** Puntos biológicos de referencia de biomasa (miles t) estimados en la evaluación de stock de septiembre 2020, marzo y julio 2021 para anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos, calculados siguiendo los pasos descritos en la metodología de este informe.

Etapas	Cálculo	Aproximación	Septiembre	Marzo	Julio
Paso 1	Promedio de la serie histórica entre 1997-2020 de la evaluación de stock	$BD_{promedio}$	402 mil t	406 mil t	402 mil t
	Mediana de la serie histórica entre 1997-2020 de la evaluación de stock	$F_{mh}$	0,67	0,67	0,68
Paso 2	Cálculo de la curva de biomasa por recluta (BDPR)	$\%BDPR(F_{mh})$	50,3 %	50,4 %	50,4 %
		$\%BDPR(F_{RMS})$	60 %	60 %	60 %
Paso 3	$\%BDPR(F_{mh}) - 5\%$	$\%BD(F_{mh})$	45,3 %	45,4 %	45,4 %
	$\%BDPR(F_{RMS}) - 5\%$	$\%BD(F_{RMS})$	55 %	55 %	55 %
Paso 4	$BD_0 = BD_{promedio} / \%BD_{Fmh}$	$BD_0$	878 mil t	886 mil t	879 mil t
Paso 5	$BD_{RMS} = BD_0 * \%BD(F_{RMS})$	$BD_{55\%}$	483 mil t	487 mil t	484 mil t
Paso 6	$BD_{LIM} = BD_0 * \%BD(F_{LIM})$	$BD_{27,5\%}$	241 mil t	244 mil t	242 mil t

<sup>8</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-108563\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-108563_documento.pdf)



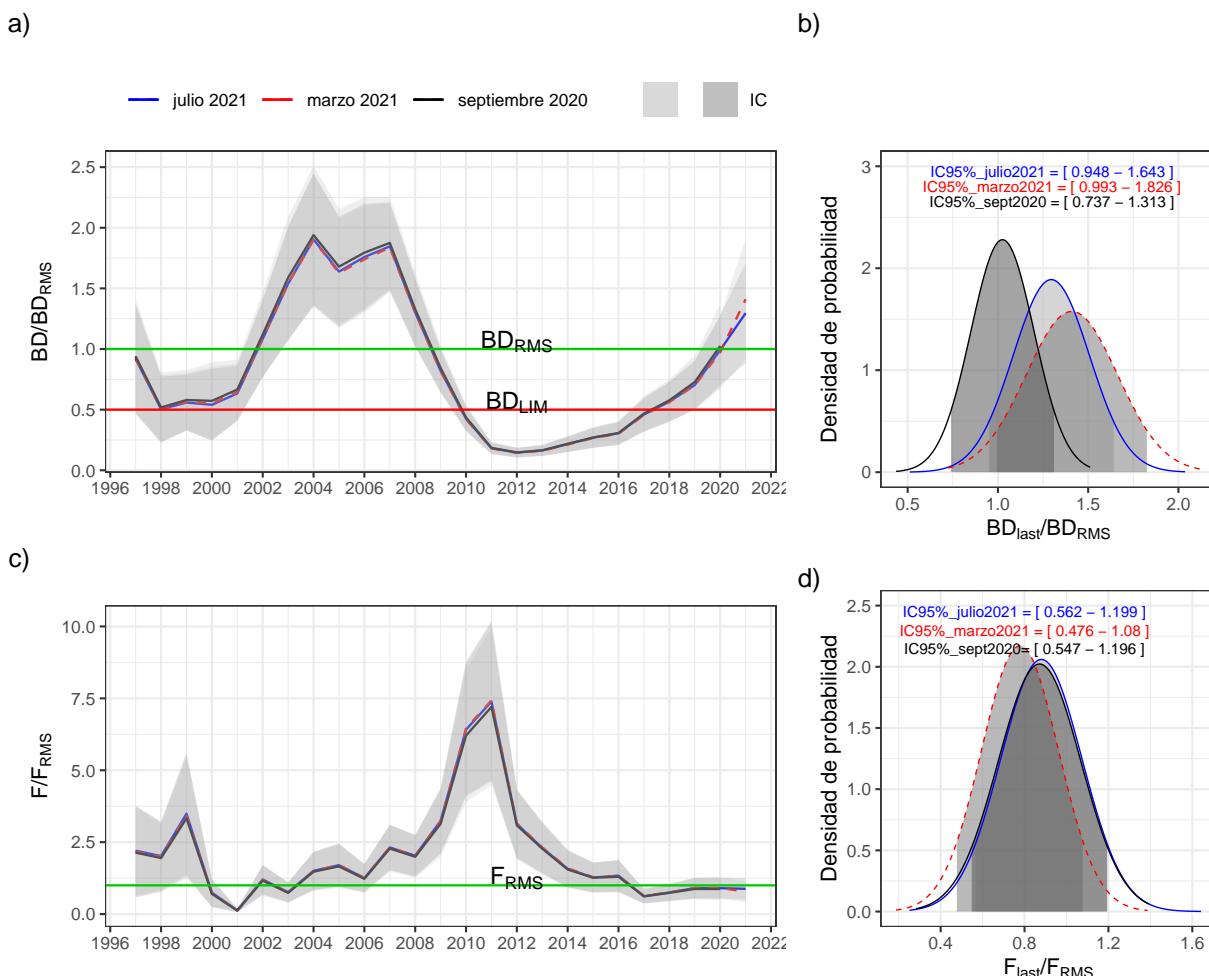
**Figura 32.** Series de Biomasa desovante y mortalidad por pesca junto a los PBRs calculados a partir de la BD promedio y mediana de F ( $F_{mh}$ ) para el período 1997-2021.



**Figura 33.** Madurez, selectividad (Panel izquierdo) y Curva de Biomasa por Recluta (%BDPR) (Panel derecho), utilizados en los cálculos de  $F_{RMS}$ .

#### 4.2.3. Estado de explotación

Los resultados de este estudio muestran que entre los años 1996/97 y 2000/01 el stock de anchoveta centro-sur se encontraba sobre-explotado con biomassas por debajo del objetivo de manejo ( $BD < BD_{RMS}$ ). A partir del 2001/02 se incrementan los niveles de biomasa desovante, permitiendo que el stock transite y se mantenga en una condición de plena-explotación hasta el 2007/08. No obstante, los niveles de reclutamiento para el año 2008 se reducen drásticamente generando niveles de biomasa desovante por debajo del promedio histórico para el 2008/09. Debido a la falla en los reclutamientos, desde el año 2009/10 la anchoveta de la zona centro-sur cambia drásticamente su estatus a una condición de agotamiento y/o colapso, manteniéndose en esa condición durante 8 años (2009/10 al 2016/17). A partir del año 2017/18 se manifiesta una recuperación del stock, transitando de la zona de colapso a la zona de sobre-explotación los años 2017/18 y 2018/19 y de plena-explotación el 2019/20 y 2020/21. En términos de los niveles de mortalidad por pesca ( $Ft$  año $^{-1}$ ), en general, se ha mantenido históricamente por sobre el nivel objetivo de referencia  $F_{RMS}$ , no obstante, a partir del año 2016/17, los niveles de  $Ft$  estuvieron bajo el objetivo de manejo (**Figura 34 y Tabla 21**).



**Figura 34.** a) Razón  $BD/BD_{RMS}$ , b) la distribución de probabilidad de  $BD_{last}/BD_{RMS}$ , c) razón  $F/F_{RMS}$  y d) la distribución de probabilidad  $F_{last}/F_{RMS}$



**Tabla 21.** Comparación de los índices de reducción de F respecto de  $F_{RMS}$  ( $F/F_{RMS}$ ), BD respecto de  $BD_{RMS}$  ( $BD/BD_{RMS}$ ) estimados en la asesoría de septiembre 2020, marzo y julio 2021 de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

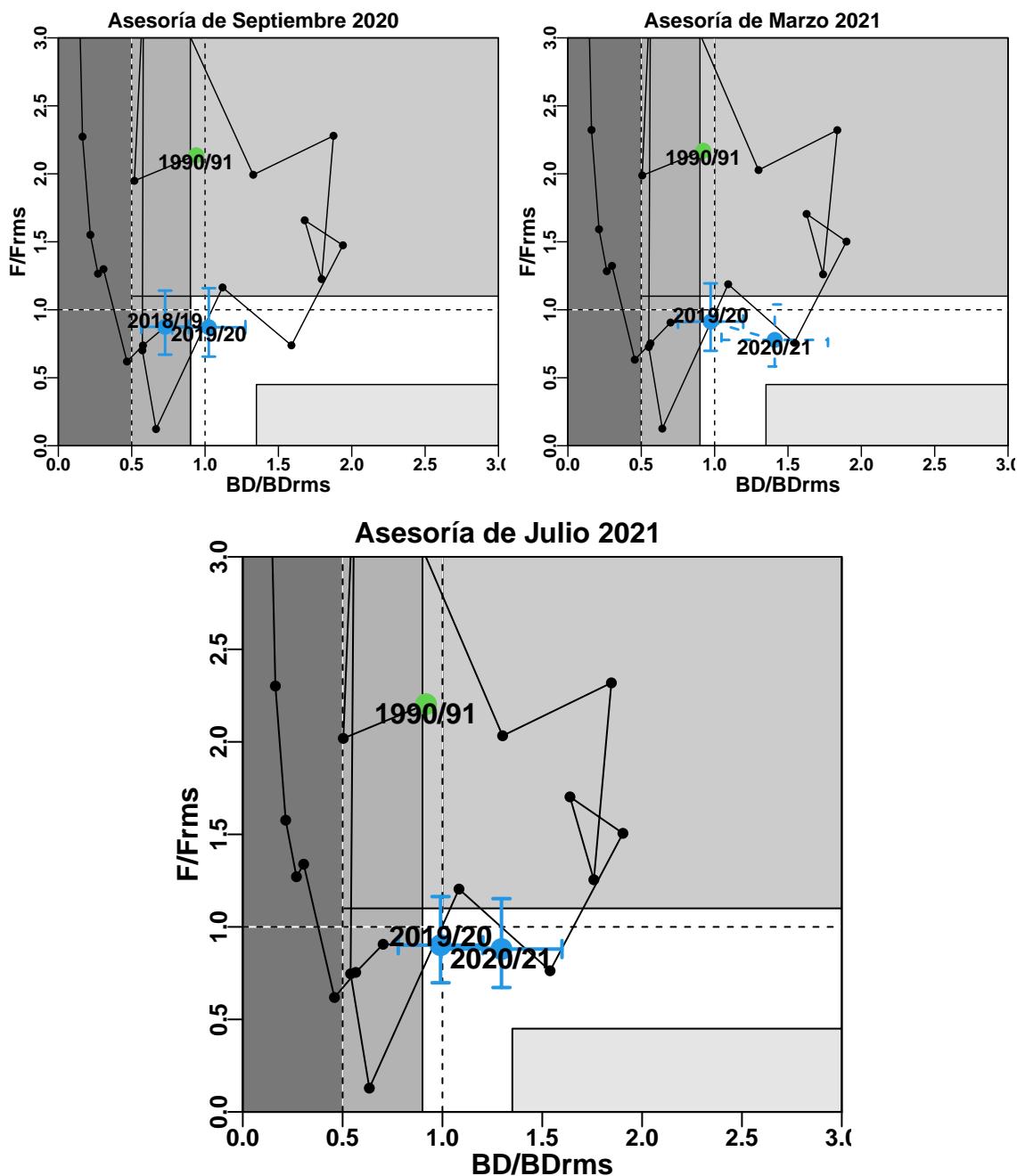
Año	$F/F_{RMS_{sept}}$	$F/F_{RMS_{mar}}$	$F/F_{RMS_{jul}}$	$BD/BD_{RMS_{sept}}$	$BD/BD_{RMS_{mar}}$	$BD/BD_{RMS_{jul}}$
1996/97	2,137	2,170	2,203	0,940	0,922	0,918
1997/98	1,949	1,988	2,019	0,518	0,507	0,503
1998/99	3,330	3,426	3,492	0,580	0,563	0,558
1999/00	0,701	0,726	0,747	0,572	0,551	0,540
2000/01	0,122	0,126	0,129	0,666	0,643	0,634
2001/02	1,164	1,187	1,204	1,119	1,092	1,083
2002/03	0,738	0,758	0,763	1,589	1,542	1,539
2003/04	1,474	1,502	1,506	1,940	1,899	1,904
2004/05	1,658	1,705	1,703	1,679	1,627	1,639
2005/06	1,226	1,261	1,255	1,795	1,739	1,758
2006/07	2,279	2,321	2,319	1,875	1,836	1,846
2007/08	1,993	2,028	2,033	1,328	1,299	1,301
2008/09	3,140	3,238	3,246	0,844	0,816	0,819
2009/10	6,205	6,458	6,412	0,436	0,420	0,426
2010/11	7,202	7,429	7,39	0,185	0,180	0,182
2011/12	3,084	3,152	3,136	0,147	0,144	0,146
2012/13	2,273	2,322	2,302	0,165	0,161	0,163
2013/14	1,551	1,592	1,577	0,218	0,212	0,215
2014/15	1,265	1,284	1,271	0,270	0,265	0,269
2015/16	1,299	1,323	1,339	0,308	0,301	0,305
2016/17	0,619	0,633	0,619	0,468	0,455	0,459
2017/18	0,738	0,752	0,754	0,577	0,562	0,566
2018/19	0,874	0,906	0,906	0,728	0,700	0,703
2019/20	0,872	0,913	0,901	1,025	0,973	0,991
2020/21	NA	0,778	0,880	NA	1,41	1,296



**Tabla 22.** Comparación de las tasas de explotación anual referidos a la biomasa ( $Y/BT$ ) y a la abundancia estimada ( $C/N$ ), estimadas en la evaluación de septiembre 2020, marzo y julio 2021 de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Año	$Y/BT_{sept}$	$Y/BT_{mar}$	$Y/BT_{jul}$	$C/N_{sept}$	$C/N_{mar}$	$C/N_{jul}$
1996/97	0,225	0,227	0,229	0,162	0,163	0,164
1997/98	0,204	0,206	0,209	0,154	0,155	0,156
1998/99	0,660	0,671	0,682	0,317	0,322	0,327
1999/00	0,112	0,115	0,118	0,062	0,063	0,064
2000/01	0,022	0,023	0,023	0,011	0,011	0,011
2001/02	0,310	0,315	0,319	0,136	0,139	0,14
2002/03	0,150	0,150	0,151	0,07	0,07	0,07
2003/04	0,216	0,219	0,220	0,144	0,147	0,147
2004/05	0,249	0,253	0,253	0,145	0,148	0,147
2005/06	0,196	0,198	0,199	0,111	0,112	0,112
2006/07	0,412	0,415	0,417	0,248	0,250	0,25
2007/08	0,378	0,383	0,384	0,221	0,225	0,224
2008/09	0,456	0,461	0,461	0,273	0,275	0,273
2009/10	0,719	0,725	0,724	0,444	0,447	0,446
2010/11	0,733	0,738	0,737	0,433	0,436	0,435
2011/12	0,459	0,463	0,461	0,211	0,212	0,211
2012/13	0,368	0,373	0,371	0,200	0,203	0,202
2013/14	0,284	0,287	0,286	0,139	0,140	0,139
2014/15	0,267	0,270	0,268	0,120	0,121	0,120
2015/16	0,247	0,250	0,254	0,107	0,108	0,109
2016/17	0,115	0,117	0,115	0,057	0,058	0,057
2017/18	0,162	0,165	0,166	0,071	0,073	0,073
2018/19	0,238	0,248	0,247	0,077	0,081	0,08
2019/20	0,195	0,192	0,191	0,089	0,085	0,086
2020/21	NA	0,218	0,227	NA	0,117	0,13

Respecto a la condición actual de anchoveta centro-sur, los resultados de este estudio indican una recuperación del estatus generada por el incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20, la disminución de la mortalidad por pesca por debajo del objetivo de manejo ( $F < F_{RMS}$ ) y 2/3 por debajo de M ( $M=0,7 \text{ año}^{-1}$ ) y el incremento de la biomasa total y desovante 2019/20 y 2020/21. Por lo tanto, anchoveta centro-sur se encuentra en una condición de plena-explotación con una baja probabilidad de sobre-explotación (3%) y de sobrepesca (13%) (**Figura 35** y **Tabla 23**).



**Figura 35.** Diagrama de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca de la asesoría de septiembre 2020, marzo 2021 (panel superior) y julio 2021 (panel inferior). Los ejes están estandarizados a los valores que generan el RMS proxy. Cruz azul corresponde a los intervalos de confianza de la razón  $BD/BD_{RMS}$  y  $F/F_{RMS}$ . El año con cruz continua corresponde a "Estatus completo" y la cruz con línea discontinua a "Estatus preliminar".



**Tabla 23.** Puntos Biológicos de referencia (PBRs) y probabilidades de estar bajo  $BD_{RMS}$  y sobre  $F_{RMS}$  y en sobreexplotación, colapsado o sobrepesca.

	Septiembre 2020	Marzo 2021	Julio 2021
Año biológico	2019/20	2020/21	2020/21
$F_{RMS}$	0,44 año <sup>-1</sup>	0,44 año <sup>-1</sup>	0,45 año <sup>-1</sup>
$BD_{RMS}$	483 mil t	487 mil t	484 mil t
$BD_{LIM}$	241 mil t	244 mil t	242 mil t
$p(BD_{last} < BD_{RMS})$	0,44	0,05	0,08
$p(F_{last} > F_{RMS})$	0,26	0,11	0,27
$p(sobre - explotación)$	0,24	0,02	0,03
$p(agotado/colapsado)$	0	0	0
$p(sobrepesca)$	0,12	0,04	0,13

- $p(BD_{last} < BD_{RMS})$  = Probabilidad de que BD del año más reciente sea menor a  $BD_{RMS}$
- $p(F_{last} > F_{RMS})$  = Probabilidad que la Ft del año más reciente sea menor a  $F_{RMS}$
- Probabilidad de estar en sobreexplotación =  $p(BD_{last} < 0,9BD_{RMS})$
- Probabilidad de estar en colapso =  $p(BD_{last} < BD_{LIM})$
- Probabilidad de estar en sobrepesca =  $p(F_{last} > 1,1F_{RMS})$

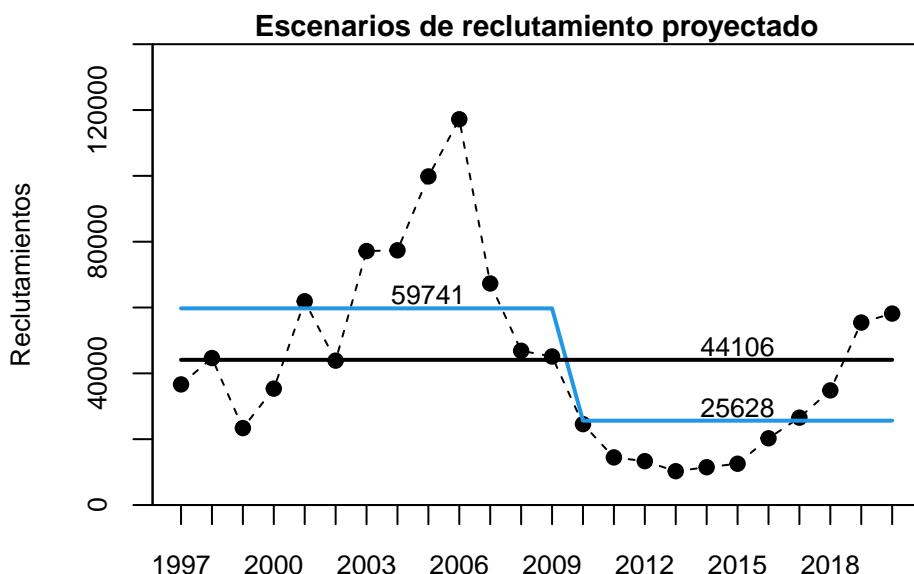
### 4.3. Objetivo específico 3:

*“Determinar niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que lleven y/o mantenga la pesquería en torno al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), a partir de un análisis de riesgo en condiciones de incertidumbre de no alcanzar los objetivos de conservación y sostenibilidad conforme lo establece la LGPA y contenidos en el Plan de Manejo y/o en el Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.”*

#### 4.3.1. Captura biológicamente aceptable (CBA)

##### CBA 2021 inicial (Asesoría de septiembre 2020)

Para el cálculo de la CBA inicial 2021 se proyectó el stock dos años biológicos hacia el futuro (julio2020 - junio2021 y julio2021 - junio2022) en base a tres escenarios de reclutamiento: a) un escenario que considera un período favorable entre los años 1997-2009 (59,7 mil millones de ind.). b) un escenario que consiste en el reclutamiento medio histórico de la serie (44,1 mil millones de ind.), c) un escenario que considera el período desfavorable y baja productividad de anchoveta a partir del año 2010 a la fecha (25,6 mil millones de ind.) (**Figura 36**).



**Figura 36.** Escenarios de reclutamiento proyectado de anchoveta centro-sur para la asesoría de septiembre 2020.

El cálculo de la CBA inicial para el año calendario 2021 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre, bajo un criterio de explotación de F60 %SPR, sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 %.

La **Tabla 24** muestra los rangos de capturas para el año 2021 estimada bajo un escenario de R<sub>prom</sub>(1997-2009) podría situarse entre 189,6 mil t y 255 mil t y bajo un escenario de reclutamiento histórico entre 175,7 mil t y 241 mil t y bajo un escenario de R<sub>prom</sub>(2010-2020) entre 159 mil t y 225 mil t. Para evaluar el efecto que tiene la decisión de la CBA en base a los percentiles de probabilidad de sobrepasar el objetivo de manejo (10 %-50 %), se calculó el resguardo de la captura al RMS a lo cual equivale cada percentil (**Tabla**



**25).** Esos niveles variaron entre un 5 % - 26 % en promedio, considerando un percentil de probabilidad del 40 % - 10 % para los tres escenarios de reclutamiento. En la sexta sesión del CCT-PP 2020 (Acta de Sesión N°6, octubre 2020<sup>9</sup>) se recomienda una CBA máxima 2021 de 210.167 toneladas correspondiente al escenario de reclutamiento promedio histórico (1997-2020), 30 % de percentil de captura (equivalente a un 11 % resguardo) y el descuento del 2 % de descarte (**Tabla 26**).

**Tabla 24.** CBA inicial 2021 de anchoveta centro-sur bajo  $F_{cte} = F_{RMS}$  con sus respectivos percentiles de probabilidad entre 10 % y 50 % y tres escenarios de reclutamiento.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2020}$
mean	255.100	241.310	225.010
std	51.141	51.209	51.386
10 %	189.560	175.683	159.156
20 %	212.059	198.211	181.762
30 %	228.282	214.456	198.063
40 %	242.144	228.336	211.992
50 %	255.100	241.310	225.010

**Tabla 25.** Resguardo de la Captura al RMS.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2020}$
10 %	0,26	0,27	0,29
20 %	0,17	0,18	0,19
30 %	0,11	0,11	0,12
40 %	0,05	0,05	0,06
50 %	0,00	0,00	0,00

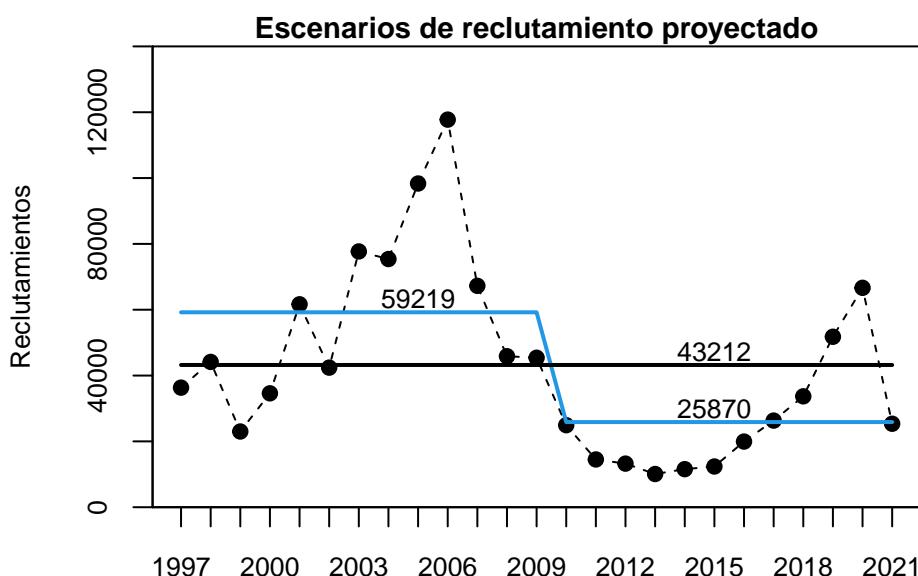
**Tabla 26.** CBA 2021 menos el 2 %descarte. \*CBA máxima recomendada por el CCT-PP = 210.167 t.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2020}$
10 %	185.769	172.169	155.973
20 %	207.817	194.247	178.127
30 %	223.716	210.167*	194.102
40 %	237.301	223.770	207.752
50 %	249.998	236.484	220.510

<sup>9</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809_documento.pdf)

### Primera revisión CBA 2021 (Asesoría de marzo 2021)

Para el cálculo de la CBA 2021 se proyectó el stock 1 año biológico hacia el futuro (julio2021 - junio2022) en base a tres escenarios de reclutamiento: a) un escenario que considera un período favorable entre los años 1997-2009 (59,2 mil millones de ind.). b) un escenario que consiste en el reclutamiento medio histórico de la serie (43,2 mil millones de ind.), c) un escenario que considera el período desfavorable y baja productividad de anchoveta a partir del año 2010 a la fecha (25,9 mil millones de ind.) (**Figura 37**).



**Figura 37.** Escenarios de reclutamiento proyectado de anchoveta centro-sur para la asesoría de marzo 2021.

El cálculo de la primera revisión de la CBA para el año calendario 2021 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre, bajo un criterio de explotación de F60 %SPR, sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 %.

La **Tabla 27** muestra los rangos de capturas para el año 2021 estimada bajo un escenario de Rprom(1997-2009) podría situarse entre 185,3 mil t y 205,4 mil t y bajo un escenario de reclutamiento histórico entre 184,2 mil t y 204,3 mil t y bajo un escenario de Rprom(2010-2021) entre 183,7 mil t y 202,9 mil t. Para evaluar el efecto que tiene la decisión de la CBA en base a los percentiles de probabilidad de sobreponer el objetivo de manejo (10 %-50 %), se calculó el resguardo de la captura al RMS a lo cual equivale cada percentil (**Tabla 28**). Esos niveles variaron entre un 2 % - 10 % en promedio, considerando un percentil de probabilidad del 40 % - 10 % para los tres escenarios de reclutamiento.

En la primera sesión del CCT-PP 2021 (febrero 2021) se acordó utilizar un 2 % de descarte para el supuesto de descarte proyectado de anchoveta centro-sur, en base a esto, la **Tabla 29** muestra los rangos de captura menos el 2 % de descarte. La **Tabla 30** muestra las diferencias porcentuales entre la CBA inicial menos el 2 % de descarte y la primera revisión de CBA 2021 menos el 2 % de descarte.

En la segunda sesión del CCT-PP 2021 (Acta de Sesión N°2, marzo 2021 <sup>10</sup>.) el Comité recomienda mantener

<sup>10</sup> [http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809_documento.pdf)



*status quo* de CBA máxima 2021 de 210.167 toneladas.

**Tabla 27.** Primera revisión de CBA 2021 de anchoveta centro-sur bajo  $F_{cte} = F_{RMS}$  con sus respectivos percentiles de probabilidad entre 10 % y 50 % y tres escenarios de reclutamiento.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
mean	205.360	204.260	202.860
std	15.645	15.671	15.709
10 %	185.310	184.177	182.728
20 %	192.193	191.071	189.639
30 %	197.156	196.042	194.622
40 %	201.396	200.290	198.880
50 %	205.360	204.260	202.860

**Tabla 28.** Resguardo de la Captura al RMS.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
10 %	0,10	0,10	0,10
20 %	0,06	0,06	0,07
30 %	0,04	0,04	0,04
40 %	0,02	0,02	0,02
50 %	0	0	0

**Tabla 29.** CBA 2021 menos el 2 %descarte

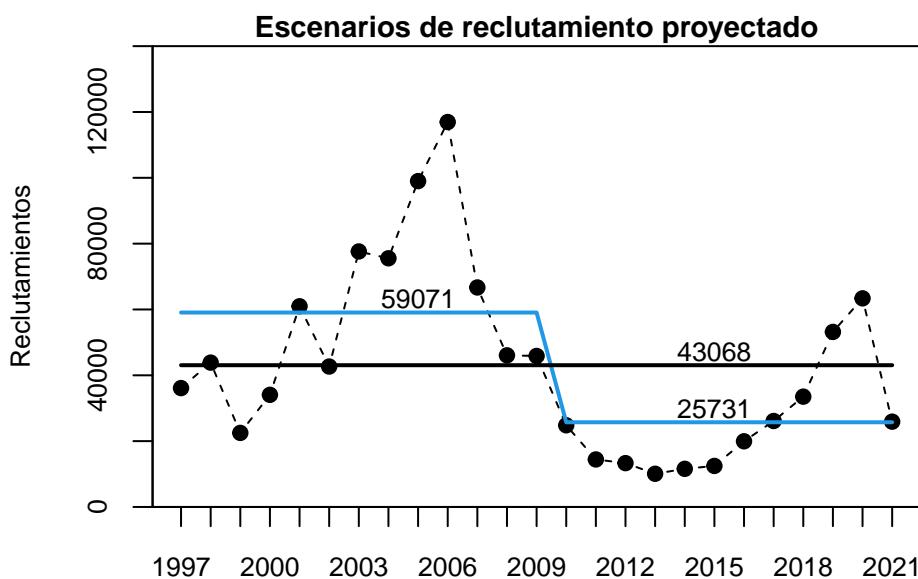
	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2020}$
10 %	181.604	180.493	179.074
20 %	188.349	187.250	185.846
30 %	193.213	192.121	190.730
40 %	197.368	196.284	194.903
50 %	201.253	200.175	198.803

**Tabla 30.** Diferencia porcentuales entre la CBA inicial menos el 2 %descarte y la primera revisión de CBA 2021 menos el 2 %descarte.  $(1 - (\text{1eraRevisiónCBA}/\text{CBAinicial}) * 100)$

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
10 %	-2 %	5 %	15 %
20 %	-9 %	-4 %	4 %
30 %	-14 %	-9 %	-2 %
40 %	-17 %	-12 %	-6 %
50 %	-19 %	-15 %	-10 %

### Segunda revisión CBA 2021 (Asesoría de julio 2021)

Para el cálculo de la CBA 2021 se proyectó el stock 1 año biológico hacia el futuro (julio2021 - junio2022) en base a tres escenarios de reclutamiento: a) un escenario que considera un período favorable entre los años 1997-2009 (59,1 mil millones de ind.). b) un escenario que consiste en el reclutamiento medio histórico de la serie (43,1 mil millones de ind.), c) un escenario que considera el período desfavorable y baja productividad de anchoveta a partir del año 2010 a la fecha (25,7 mil millones de ind.) (**Figura 38**).



**Figura 38.** Escenarios de reclutamiento proyectado de anchoveta centro-sur para la asesoría de julio 2021.

El cálculo de la primera revisión de la CBA para el año calendario 2021 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre, bajo un criterio de explotación de F60 %SPR, sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 %.

La **Tabla 31** muestra los rangos de capturas para el año 2021 estimada bajo un escenario de Rprom(1997-2009) podría situarse entre 190,7 mil t y 207,8 mil t y bajo un escenario de reclutamiento histórico entre 189,6 mil t y 206,6 mil t. y bajo un escenario de Rprom(2010-2021) entre 188,1 mil t y 205,2 mil t.

Para evaluar el efecto que tiene la decisión de la CBA en base a los percentiles de probabilidad de sobrepasar el objetivo de manejo (10 %-50 %), se calculó el resguardo de la captura al RMS a lo cual equivale cada percentil (**Tabla 32**). Esos niveles variaron entre un 2 % - 8 % en promedio, considerando un percentil de probabilidad del 40 % - 10 % para los tres escenarios de reclutamiento.

En la primera sesión del CCT-PP 2021 (febrero 2021) se acordó utilizar un 2 % de descarte para el supuesto de descarte proyectado de anchoveta centro-sur, en base a esto, la **Tabla 33** muestra los rangos de captura menos el 2 % de descarte. La **Tabla 34** muestra las diferencias porcentuales entre la CBA inicial menos el 2 % de descarte y la segunda revisión de CBA 2021 menos el 2 % de descarte.



**Tabla 31.** Segunda revisión de CBA 2021 de anchoveta centro-sur bajo  $Fcte = F_{RMS}$  con sus respectivos percentiles de probabilidad entre 10 % y 50 % y tres escenarios de reclutamiento.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
mean	207.760	206.640	205.210
std	13.322	13.328	13.342
10 %	190.687	189.559	188.112
20 %	196.548	195.423	193.981
30 %	200.774	199.651	198.213
40 %	204.385	203.263	201.830
50 %	207.760	206.640	205.210

**Tabla 32.** Resguardo de la Captura al RMS.

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
10 %	0,08	0,08	0,08
20 %	0,05	0,05	0,05
30 %	0,03	0,03	0,03
40 %	0,02	0,02	0,02
50 %	0	0	0

**Tabla 33.** CBA 2021 menos el 2%descarte

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
10 %	186.873	185.768	184.349
20 %	192.617	191.514	190.101
30 %	196.758	195.658	194.249
40 %	200.297	199.198	197.793
50 %	203.605	202.507	201.106

**Tabla 34.** Diferencia porcentuales entre la CBA inicial menos el 2%descarte y la segunda revisión de CBA 2021 menos el 2%descarte.  $(1 - (2\text{darevisiónCBA/CBAinicial}) * 100)$

	$R_{1997-2009}$	$R_{histórico}$	$R_{2010-2021}$
10 %	1 %	8 %	18 %
20 %	-7 %	-1 %	7 %
30 %	-12 %	-7 %	0 %
40 %	-16 %	-11 %	-5 %
50 %	-19 %	-14 %	-9 %



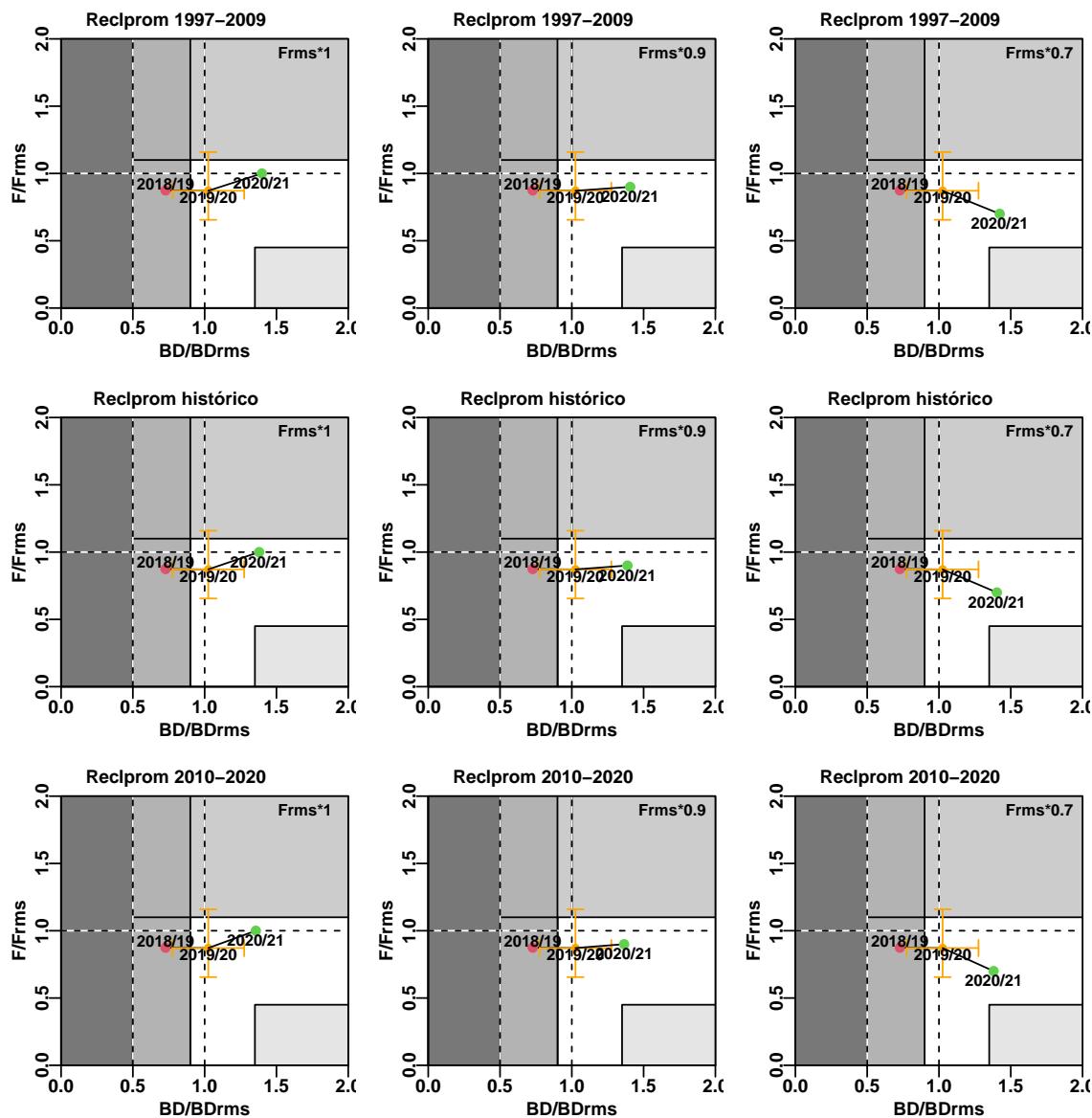
#### 4.3.2. Proyección del stock (Asesoría de septiembre 2020)

En relación al estatus 2020/21, se proyectó el stock bajo tres escenarios reclutamientos que representan los períodos más relevantes de la historia conocida de anchoveta centro-sur y con una mortalidad por pesca en torno al  $F_{RMS}$  (ponderadores de  $F_{RMS}$ ). Al respecto, si bien la anchoveta centro-sur se mantuvo en una condición de colapso entre 2009/10 y 2016/17 y de sobre-explotación entre el 2017/18 y 2018/19, el incremento del reclutamiento los años 2018/19 y 2019/20 junto al aumento de la biomasa adulta (1+ años) permiten la recuperación del stock para el año 2019/20 y con una alta probabilidad (95 %) de mantenerse en una condición de plena-explotación para el año 2020/21 (4 % probabilidad de sobre-explotación y 0 % probabilidad de colapso) (**Tabla 35**) independiente de los escenario de reclutamiento futuros y ponderadores de  $F_{RMS}$  (**Figura 39**). El incremento de los reclutamientos y biomassas de anchoveta centro-sur durante los dos años previos y la baja probabilidad de sobre-explotación y colapso generan un escenario favorable para el stock de anchoveta el 2020/21.

**Tabla 35.** Incertidumbre del estatus previo 2018/19, actual 2019/20 y proyectado 2020/21 bajo tres escenarios de reclutamiento y ponderadores de  $F_{RMS}$ . **Asesoría de septiembre 2020.**

Escenario Reclutamiento	Año biológico	Probabilidad de Estatus	$F_{RMS} * 1,0$	$F_{RMS} * 0,9$	$F_{RMS} * 0,7$
$R_{1997-2009}$	2018/19	$p(\text{sobre-explotación})$	0,94	0,94	0,94
		$p(\text{colapso})$	0,02	0,02	0,02
	2019/20	$p(\text{sobre-explotación})$	0,24	0,24	0,24
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,04	0,04	0,03
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{histórico}$	2018/19	$p(\text{sobre-explotación})$	0,94	0,94	0,94
		$p(\text{colapso})$	0,02	0,02	0,02
	2019/20	$p(\text{sobre-explotación})$	0,24	0,24	0,24
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,04	0,04	0,04
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{2010-2020}$	2018/19	$p(\text{sobre-explotación})$	0,94	0,94	0,94
		$p(\text{colapso})$	0,02	0,02	0,02
	2019/20	$p(\text{sobre-explotación})$	0,24	0,24	0,24
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,05	0,05	0,05
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00

- $p[\text{BD} < 0,9\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de sobre-explotación
- $p[\text{BD} < 0,5\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de colapso



**Figura 39.** Diagramas de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca mostrando el estatus de anchoveta centro-sur para el año previo 2018/19 (punto rojo), año actual 2019/20 (punto y cruz naranja) y año proyectado 2020/21 (punto verde) bajo un escenario de reclutamiento promedio bajo [1997-2009] (panel superior), reclutamiento promedio histórico [1997-2020] (panel intermedio), reclutamiento promedio reciente [2010-2020] (panel inferior) y ponderadores de  $F_{RMS}$  (1; 0,9 y 0,7). **Asesoría de septiembre 2020**



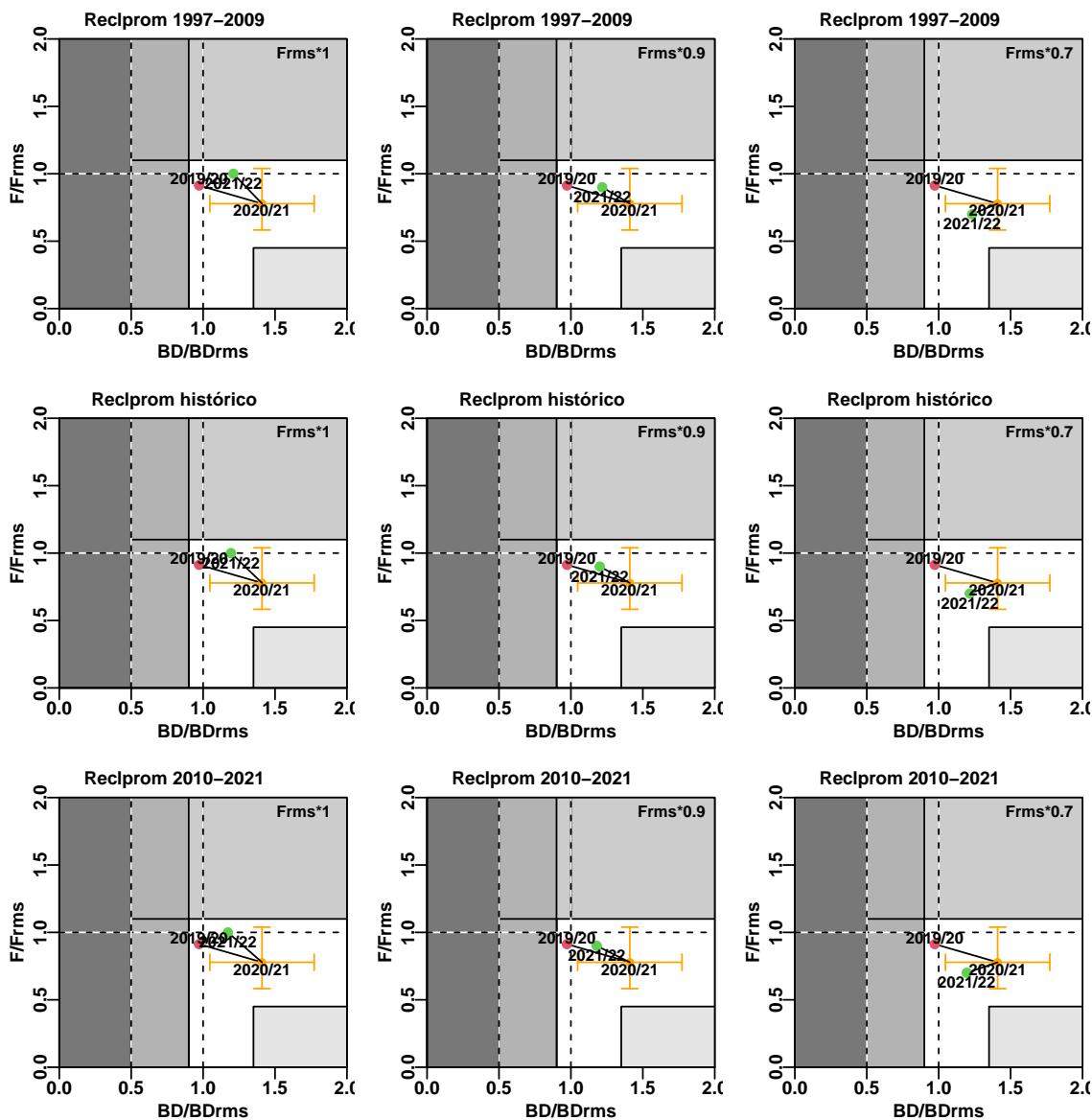
#### 4.3.3. Proyección del stock (Asesoría de marzo 2021)

En relación al estatus 2020/21, en la asesoría anterior (septiembre 2020) la proyección mostraba una alta probabilidad (95 %) de mantenerse en una condición de plena-explotación para el año 2020/21 (4 % probabilidad de sobre-explotación y 0 % probabilidad de colapso) (**Tabla 36**) independiente de los escenario de reclutamiento futuros y ponderadores de  $F_{RMS}$  (**Figura 40**). El incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20 junto al aumento de la biomasa adulta (1+ años) de anchoveta centro-sur durante los dos años previos y la baja probabilidad de sobre-explotación y colapso generan un escenario favorable para el stock de anchoveta el próximo año. La primera actualización del estatus 2020/21 realizada en la actual asesoría (marzo 2021) con información del crucero de verano 2021, confirman una condición de plena-explotación (98 % de probabilidad). Se espera que anchoveta se mantenga en una condición de plena-explotación para el año 2021/22, no obstante, dado la disminución del reclutamiento estimado para el 2021 en torno al reclutamiento promedio más reciente (bajos), la probabilidad de mantenerse en la condición de plena-explotación disminuye a un 86 %.

**Tabla 36.** Incertidumbre del estatus actual 2020/21 y proyectado 2021/22 bajo tres escenarios de reclutamiento y ponderadores de  $F_{RMS}$ . **Asesoría de marzo 2021.**

Escenario Reclutamiento	Año biológico	Probabilidad de Estatus	$F_{RMS} * 1,0$	$F_{RMS} * 0,9$	$F_{RMS} * 0,7$
$R_{1997-2009}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,02	0,02	0,02
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,11	0,11	0,10
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{histórico}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,02	0,02	0,02
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,12	0,12	0,11
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{2010-2021}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,02	0,02	0,02
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,14	0,14	0,13
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00

- $p[\text{BD} < 0,9\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de sobre-explotación
- $p[\text{BD} < 0,5\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de colapso



**Figura 40.** Diagramas de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca mostrando el estatus de anchoveta centro-sur para el año previo 2019/20 (punto rojo), año actual 2020/21 (punto y cruz naranja) y año proyectado 2021/22 (punto verde) bajo un escenario de reclutamiento promedio bajo [1997-2009] (panel superior), reclutamiento promedio histórico [1997-2020] (panel intermedio), reclutamiento promedio reciente [2010-2021] (panel inferior) y ponderadores de F RMS (1; 0,9 y 0,7). **Asesoría de marzo 2021.**



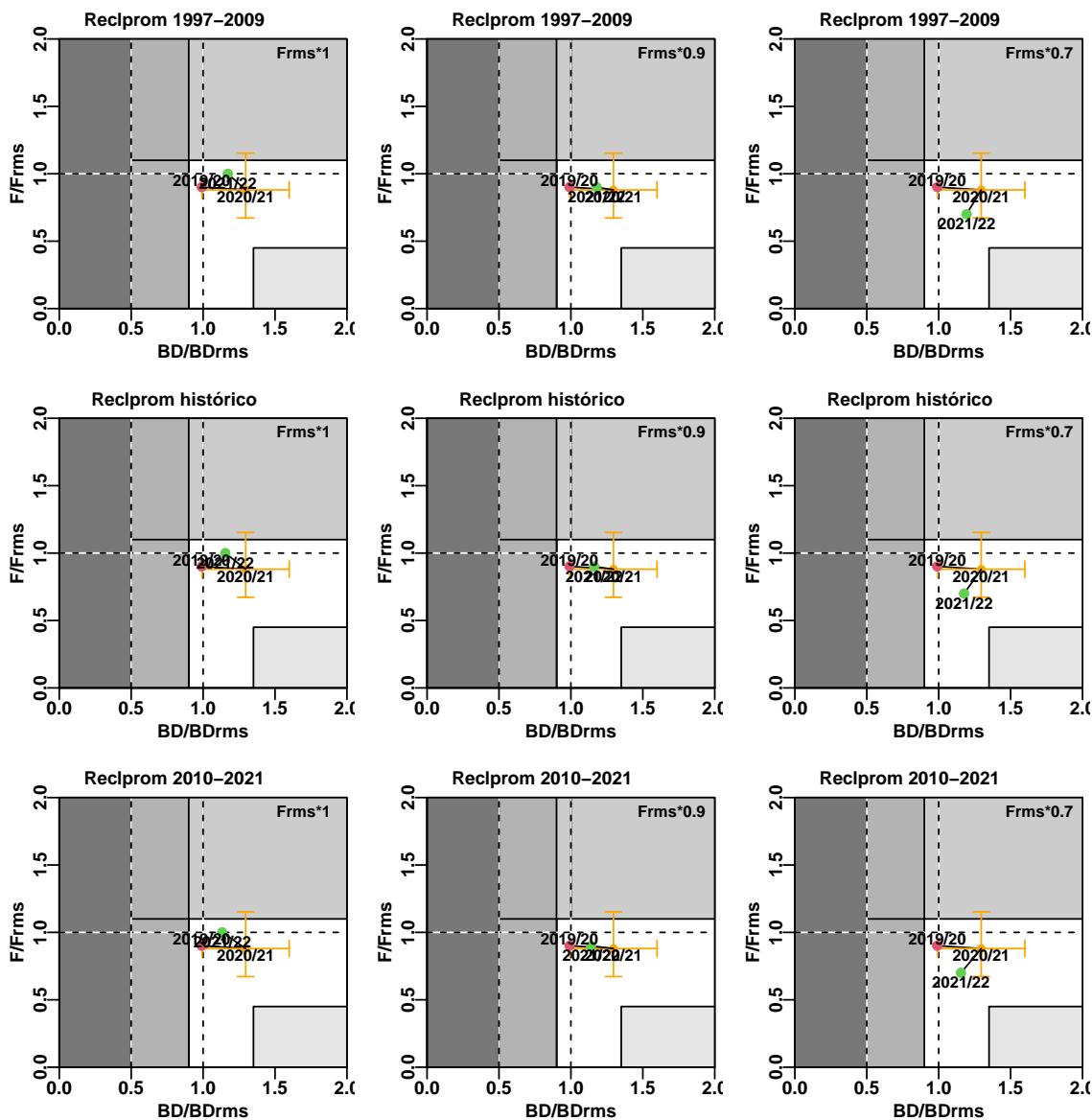
#### 4.3.4. Proyección del stock (Asesoría de julio 2021)

En relación al estatus 2020/21, en la asesoría de septiembre 2020, la proyección mostraba una alta probabilidad (95 %) de mantenerse en una condición de plena-explotación para el año 2020/21 (4 % probabilidad de sobre-explotación y 0 % probabilidad de colapso) (**Tabla 37**) independiente de los escenario de reclutamiento futuros y ponderadores de  $F_{RMS}$  (**Figura 41**). El incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20 junto al aumento de la biomasa adulta (1+ años) de anchoveta centro-sur durante los dos años previos y la baja probabilidad de sobre-explotación y colapso generan un escenario favorable para el stock de anchoveta el próximo año. La primera y segunda actualización del estatus 2020/21 realizada en marzo y julio 2021, con información del crucero de verano y otoño 2021, confirman una condición de plena-explotación (97 % de probabilidad). Se espera que anchoveta se mantenga en una condición de plena-explotación para el año 2021/22, no obstante, dado la disminución del reclutamiento estimado para el 2021 en torno al reclutamiento promedio más reciente (bajos), la probabilidad de mantenerse en la condición de plena-explotación disminuye a un 85 %.

**Tabla 37.** Incertidumbre del estatus actual 2020/21 y proyectado 2021/22 bajo tres escenarios de reclutamiento y ponderadores de  $F_{RMS}$ . **Asesoría de julio 2021.**

Escenario Reclutamiento	Año biológico	Probabilidad de Estatus	$F_{RMS} * 1,0$	$F_{RMS} * 0,9$	$F_{RMS} * 0,7$
$R_{1997-2009}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,03	0,03	0,03
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,11	0,10	0,09
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{histórico}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,03	0,03	0,03
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,12	0,12	0,11
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
$R_{2010-2021}$	2020/21	$p(\text{sobre-explotación})$	0,03	0,03	0,03
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00
	2021/22	$p(\text{sobre-explotación})$	0,15	0,14	0,13
		$p(\text{colapso})$	0,00	0,00	0,00

- $p[\text{BD} < 0,9\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de sobre-explotación
- $p[\text{BD} < 0,5\text{BD}_{RMS}]$  = probabilidad de colapso



**Figura 41.** Diagramas de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca mostrando el estatus de anchoveta centro-sur para el año previo 2019/20 (punto rojo), año actual 2020/21 (punto y cruz naranja) y año proyectado 2021/22 (punto verde) bajo un escenario de reclutamiento promedio bajo [1997-2009] (panel superior), reclutamiento promedio histórico [1997-2020] (panel intermedio), reclutamiento promedio reciente [2010-2021] (panel inferior) y ponderadores de  $F_{RMS}$  (1,0.9 y 0.7). **Asesoría de julio 2021.**

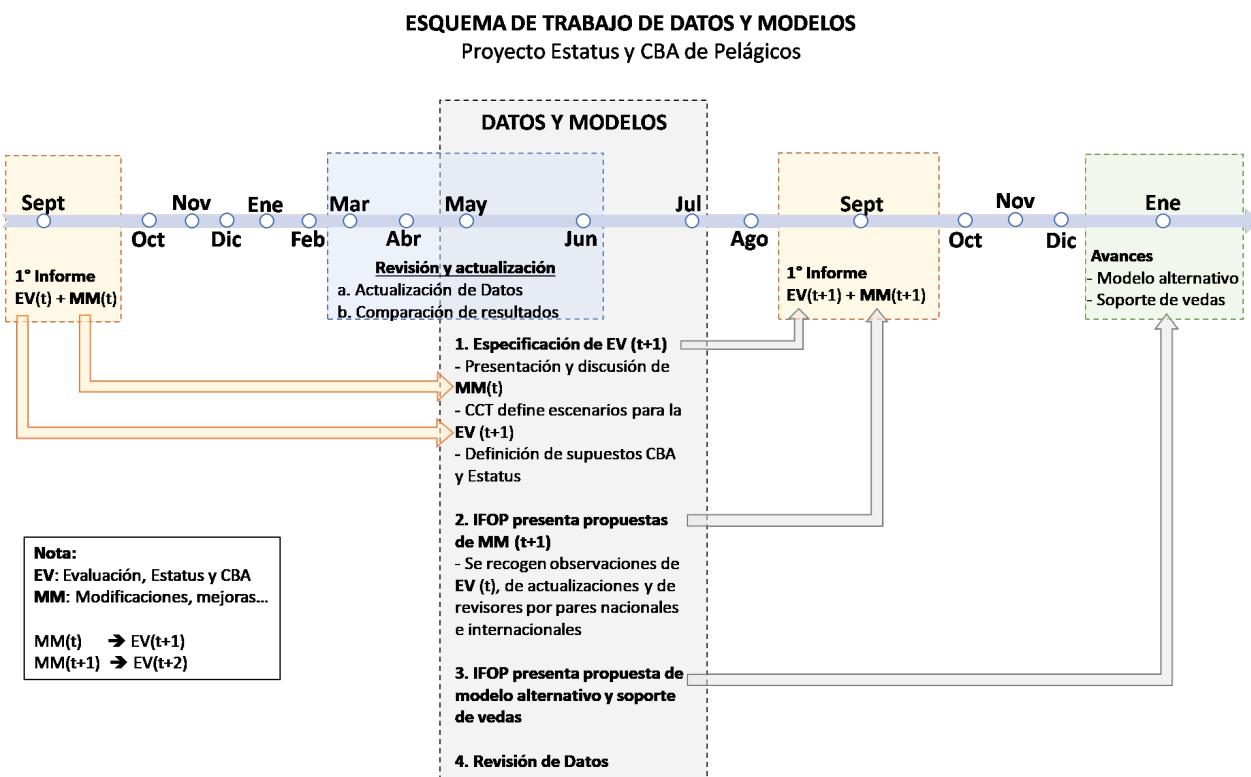
#### 4.4. Objetivo específico 4:

*“Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente estudio, respecto al cumplimiento de recomendaciones formuladas en procesos de RPEI y priorizadas por el CCT, cuando corresponda.”*

##### 4.4.1. Esquema de trabajo y plan de actividades

Los procesos de evaluación de stock son de carácter dinámico e involucran un mejoramiento continuo tendiente a facilitar la administración de los recursos pesqueros explotables. En este sentido, el Instituto de Fomento Pesquero, específicamente el Departamento de Evaluación de Recursos (DER), mantiene un ánimo de colaboración con la administración pesquera que da espacio para la discusión de mejoras analíticas y técnicas, como también, la detección de brechas de investigación.

Es en este marco, y en coherencia con los requerimientos indicados en los Términos Técnicos de Referencia (TTR) del proyecto “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales”, años 2017 a 2020, que el DER ha reconocido un conjunto de actividades que pueden ser desarrolladas y abordadas con SSPA, las cuales han sido discutidas e implementadas durante este período. Además de los correspondientes informes técnicos, se han identificado una serie de aspectos a ser abordados en el marco de la evaluación de stock. Para ello se propone el esquema de trabajo presentado en el **Figura 42**, el cual fue discutido y consensuado con la SSPA en reunión efectuada el día 12 de junio de 2017 (Zúñiga *et al.* 2018b).



**Figura 42.** Esquema de trabajo de Datos y Modelos propuesto por SSPA e IFOP para la implementación de mejoras y modificaciones (MM) a la evaluación de stock (EV) durante el desarrollo del Proyecto de Estatus y CBA de las pesquerías de Pelágicos.



El esquema general se mantiene para los futuros proyectos de la siguiente forma.

- Especificación de EV(t+1) (septiembre) sobre la base de las MM(t) presentadas en la asesoría anterior, EV(t) las cuales serán presentadas y discutidas con el CCT-PP para la definición del caso base, EV(t+1), utilizado para establecer el estatus y CBA.
- Revisión de datos y modelo, IFOP presenta propuestas de MM(t+1) para trabajar durante el desarrollo de este proyecto que recogerán algunas de las observaciones a la EV(t) de revisores por pares (RPP) nacionales, CCT-PP y SSPA, junto a recomendaciones de la RPP internacional realizadas a especies pelágicas.
- IFOP presenta propuesta de modelo alternativo cuyos avances son presentados en la primera sesión anual del CCT-PP (enero).
- Finalmente, en la etapa de revisión y actualización de la EV(t+2 y t+3) a realizarse en marzo y julio, también se comparará con los resultados de la EV(t+1 y t+2) correspondiente a las asesorías previas (septiembre y marzo respectivamente).

#### 4.4.2. Mejoras realizadas al modelo de evaluación de stock

Las mejoras que se han realizado a la evaluación de stock forman parte del plan de mejoramiento continuo que conducen a reducir la incertidumbre del estado del stock de anchoveta centro-sur. Estas mejoras constituirán un Estándar Metodológico en la evaluación de stock, cuyos protocolos se mantendrán vigentes hasta que se considere necesario perfeccionarlos. A continuación se resumen los principales cambios introducidos y adoptados por el CCT-PP al modelo anual en edad (MAE) para la selección del caso base, recomendados en la Revisión por Pares Internacional y CCT-PP de sardina común (septiembre, 2013) y anchoveta centro-sur (agosto, 2015):

- Se aumenta la varianza asumida de la serie de biomasa desovante (MPDH) cambiando de CV=0,3 a CV= 100 (realizado el año 2014)
- Se reduce el coeficiente de variación de las capturas totales de CV=0,1 a CV=0,01 (realizado el año 2014)
- Se asume prior no informativa para la capturabilidad “q” de los cruceros acústicos de verano y otoño (realizado el año 2014)
- Corrección de la matriz de pesos iniciales (realizada el año 2017)
- Se excluyen los años 2003, 2005 y 2015 de la serie de biomasa acústica del crucero de otoño (realizado el año 2017)
- Se excluye el año 2015 de la matriz de composición de edad del crucero de otoño (realizado el año 2017)
- Se cambia el método de cálculo de los tamaños de muestra de media aritmética a media armónica de McAllister y Ianelli (1997) (realizado el año 2017)
- Se incorpora escenario de descarte histórico a la evaluación de stock (realizado el año 2018)
- Se reduce los tiempos de procesamiento de datos de entrada a la evaluación de stock para la determinación de estatus completo (realizado el año 2018)
- Se realiza determinación de edad con asignación de edad en año biológico (realizado el año 2018)
- Se cambia la escala de modelación de año calendario a año biológico (realizado el año 2020)
- Se actualiza el cálculo de BD<sub>0</sub> utilizando la biomasa desovante promedio histórico (1996/97-año actual) y mortalidad por pesca mediana histórica (1996/97-año actual) (realizado el año 2020).

A continuación se describen los últimos cambios del modelo base y del cálculo de estimación de BD<sub>0</sub>:



**Modelo base en escala biológica:** En relación al modelamiento, en la tercera sesión 2020 del CCT- PP IFOP presentó los resultados de un modelo en año biológico el cual tiene una mejor representación del reclutamiento y de la dinámica de anchoveta y un menor nivel de incertidumbre, permitiendo además, contar con información completa para el establecimiento del estatus en el primer y tercer hito. Considerando lo anterior, el CCT-PP acuerda por consenso la adopción de este nuevo modelo para la toma de decisión año 2021 (Acta Sesión N° 3 14 y 15/05/2020 <sup>11</sup>, Zúñiga 2020 <sup>12</sup>).

**Cálculo de Puntos Biológicos de Referencia:** Se revisó los datos utilizados en la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) para determinar el estatus dado que el cambio del modelo de año calendario a año biológico provoca un acortamiento en la serie utilizada para la estimación de BD0 de 19 a 12 años y considerando que la anchoveta cierra su ciclo decreciente iniciado el 2009, el cual en su oportunidad determinó su exclusión del cálculo de  $BD_0$  a la hora de aplicar la metodología descrita en el taller de PBR (Payá et al. 2014), considerándose un caso excepcional. Conforme a lo anterior, el CCT-PP establece que para efectos de la determinación del estatus y CBA 2021, se utilice la serie completa de datos para el cálculo de BD0. De esta manera se aplica íntegramente la metodología recomendada y se estandariza con lo aplicado en sardina común (Acta Sesión N° 5 20-21/08/2020 <sup>13</sup>).

**Procedimiento transitorio de la incorporación del descarte a la evaluación de stock:** Durante el 2021, se han llevado a cabo reuniones entre los equipos técnicos de descarte y evaluación de stock de pesquerías pelágicas con el objetivo de identificar las brechas existentes en la estimación de la captura descartada, como también, definir un porcentaje de descarte que será aplicado como mínimo por un par de años mientras se avanza en la reducción de brechas del programa de descarte. En estas reuniones se revisó la metodología implementada por el programa de descarte pelágico para estimar la captura total, retenida y descartada semestral, por flota y macrozona. A partir de estas estimaciones se obtiene el porcentaje de descarte que será utilizado en la evaluación de stock de cada uno de los recursos pelágicos pequeños para corregir la serie de desembarque que ingresa como dato de entrada en la evaluación de stock. Adicionalmente, para los años en que no se cuente con información de descarte se utilizará un supuesto para el porcentaje de descarte a utilizar en la corrección del desembarque correspondiente y para la proyección de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) se utilizará un supuesto del porcentaje de descarte proyectado. Ambos supuestos serán revisados y sancionados en el seno del Comité Científico Técnico para cada una de las pesquerías de peces pelágicos pequeños. Este procedimiento es necesario tanto para conducir de forma interna los programas de los proyectos de descarte y evaluación de stock, así como para dar respuesta a los requerimientos del CCT-PP. En **ANEXO III** se revisan los datos de descarte y se recomiendan porcentajes de descarte para cada pesquería (anchoveta norte, centro norte, centro sur, sardina común centro sur y sardina austral), se identifican las brechas en el estudio de descarte de la pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños y un plan de trabajo a desarrollar en el mediano y largo plazo. Estos resultados fueron presentados en la primera sesión del CCT-PP (Acta N°1 2021, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238_documento.pdf)).

<sup>11</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-107809_documento.pdf)

<sup>12</sup>[https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471_documento.pdf)

<sup>13</sup>[http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-108563\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-108563_documento.pdf)



#### 4.4.3. Avances en reducción de brechas

**Actividades desarrolladas durante el año 2018:** Durante el año 2018 se realizaron talleres de trabajo interno (Grupo de pesquerías pelágicas de IFOP), en los cuales se abordó el desarrollo de temáticas transversales para los pequeños pelágicos, cuyos resultados fueron presentados en las sesiones del CCT-PP durante el 2018. Adicionalmente, el grupo participó en cursos de capacitación, pasantías y talleres internacionales orientados al proceso de mejora continua y disminución de brechas del conocimiento de peces pelágicos. A continuación, se listan las principales actividades desarrolladas en anchoveta centro-sur.

- Modelo alternativo N° 1. Modelo anual con información de tallas en año calendario
- Modelo alternativo N° 2: Modelo anual con información de tallas en año biológico
- Modelo alternativo N° 3: Incorporación de datos de la X Región a la evaluación de stock
- Modelo alternativo N° 4: Modelo anual con información de edad en año biológico
- Curso “Stock Synthesis”: Exploración de nueva plataforma de modelación
- Taller de trabajo interno: Estandarización de informes de estatus de pesquerías pelágicas
- Taller de capacitación: Hacia la Evaluación de Estrategias de Manejo
- Taller de trabajo interno: Soporte de monitoreo para bajar la escala de modelación
- Taller de trabajo interno: Análisis de riesgo (buffer) y proyección basada en cruceros
- Pasantía en School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington
- Taller internacional: Modelos alternativos implementación “Stock Synthesis”

**Actividades desarrolladas durante el año 2019:** Durante el 2019 se realizaron actividades relacionadas con el proceso de mejora continua y disminución de brechas del conocimiento y asesoría para la toma de decisión de pesquerías de peces pelágicos pequeños. Las principales actividades relacionadas con el proceso de mejora continua fueron la revisión por pares y benchmark de evaluación de stock de anchoveta de la zona norte. Se presentó los resultados del trabajo “Spatial stock assessment of anchovy (*Engraulis ringens*) off Central Southern Chile using the “areas-as-fleets” approach.” en ICES Annual Science Conference 2019 y se realizó un Curso de Evaluación de Estrategias di Manejo dictado por el Dr. Cubillos (**Tabla 38**). Como parte de la asesoría para la toma de desición de estatus y CBA, el grupo de pesquerías pelágicas de IFOP realizó una serie de presentaciones en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas (**Tabla 39**). Finalmente, a solicitud de Subpesca, se participó en talleres del proyecto FIPA 2018-49 “Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común” que desarrolló la escuela de Ciencias del mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Instituto de Investigación Pesquera (**Tabla 40**).

**Actividades desarrolladas durante el año 2020:** Durante el año 2020 se realizaron talleres de trabajo interno (Grupo de pesquerías pelágicas de IFOP), en los cuales se abordó el desarrollo de temáticas transversales para los pequeños pelágicos. El objetivo del grupo de trabajo fue transitar desde el actual enfoque de modelación usado en los stock de anchoveta centro-norte, sardina austral de la Región de Los Lagos (modelos estructurados a la talla), hacia un modelo estructurado a la edad en escala anual y en el caso de anchoveta centro-sur pasar de un modelo en año calendario a un modelo en año biológico. Los resultados de estos trabajos han sido presentados en las sesiones del CCT-PP durante el 2020 (**Tabla 41**). Como parte de la asesoría para la toma de desición de estatus y CBA, el grupo de pesquerías pelágicas de IFOP ha realizado una serie de presentaciones en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas.



**Actividades desarrolladas durante el año 2021:** Durante el año 2021 se realizaron talleres de trabajo interno con grupos de trabajo de descarte, seguimiento y evaluación de stock, en los cuales se abordó el desarrollo de temáticas transversales para los pequeños pelágicos relacionadas con incorporación del descarte a la evaluación de stock, cuyos resultados fueron presentados en la primera sesión del CCT-PP, revisión de los datos de entrada a los modelos de evaluación de stock base y alternativos de sardina austral de la Región de Los Lagos y Aysén, presentados en la tercera sesión del CCT-PP, revisión de escenarios de sensibilidad de modelo alternativo de anchoveta centro-norte, revisión de proyección de la CBA de anchoveta norte y revisión de datos de MPDH y series de capturas corregidas para anchoveta y sardina común Centro-sur, resultados presentados en la cuarta sesión del CCT-PP. Adicionalmente, como parte de la asesoría para la toma de desición de estatus y CBA, el grupo de pesquerías pelágicas de IFOP ha realizado una serie de presentaciones en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas (**Tablas 42 y 43**).

**Tabla 38.** Eventos relacionados al proceso de mejora continua y disminución de brechas.

Eventos durante año 2019	Contenidos
<b>Taller N° 1</b> Revisión por Pares Anchoveta Norte Marzo 2019	Durante los días 11 al 13 de marzo del 2019 se realizó el taller de revisión por pares del stock de anchoveta del sur de Perú y norte de Chile por el Dr. James Ianelli, experto del centro de ciencia pesquera de Alaska de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).
<b>Taller N° 2</b> Benchmark Anchoveta Norte Junio 2019	“Benchmark Stock Assessment” de los diferentes casos del modelo base a usar en base a las recomendaciones realizadas por el Dr. Jim Ianelli. Para este taller se contará con la asesoría de la Dr. Carolina Minte-Vera.
<b>Presentación en ICES</b> Annual Science Conference 2019 Anchoveta VALPO a LAGOS 9 - 12 septiembre, en Gothenburg, Suecia	“Spatial stock assessment of anchovy ( <i>Engraulis ringens</i> ) off Central Southern Chile using the “areas-as-fleets” approach.” fue presentado en modalidad de presentación oral en ICES Annual Science Conference 2019, (theme session E: Integrating information on population structure and migration into fisheries stock assessment and management).
<b>Curso de Evaluación de Estrategias de Manejo</b> 17 al 20 de diciembre 2019 Sala OTIC, Viña del Mar	Curso “Implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo en ADMB”. dictado por el Dr. Luis Cubillos de la Universidad de Concepción.



**Tabla 39.** Presentaciones del grupo de pesquerías pelágicas de IFOP en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas calendarizadas para el año 2019.

Sesiones 2019	Presentaciones del grupo pelágicos del DER/IFOP
<b>Sesión N°1</b> 10 al 11 de enero 2019	Presentación del Trabajo desarrollado durante año 2018 según programa de trabajo propuesto
<b>Sesión N°2</b> 4 y 5 de abril 2019	Presentación de resultados de primera revisión de estatus y CBA 2019 de anchoveta y sardina común de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos
<b>Sesión N°3</b> 2 y 3 de mayo 2019	- Presentación de resultados de actualización de estatus y CBA 2019 de anchoveta Regiones ATCMA a COQ y - Resultados de la Revisión por Pares de la evaluación del stock de la anchoveta Zona Norte.
<b>Sesión N°4</b> 4 y 5 de julio 2019	- Presentación de resultados de actualización de estatus y CBA 2019 de sardina austral Regiones LAGOS y AYSEN. - Taller de datos y modelos de pesquerías pelágicas. - Presentación de la programación del trabajo asociado a la implementación de las recomendaciones de la Revisión Por Pares de Anchoveta Norte.
<b>Sesión N°5</b> 22 y 23 de agosto 2019	Presentación de resultados de actualización de estatus y CBA 2019 de anchoveta y sardina común Regiones de Valparaíso a Los Lagos
<b>Sesión extraordinaria</b> 27 de septiembre 2019	Presentación de análisis alternativos que permitan explorar y evaluar el impacto de la proyección del reclutamiento y nivel de riesgo en la determinación de CBA de sardina común.
<b>Sesión N°6</b> 16 y 18 de octubre 2019	Presentación de resultados de estatus 2019 y CBA 2020 de pesquerías pelágicas.



**Tabla 40.** Participación en talleres del proyecto FIPA 2018-49 “Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común” que desarrolló la escuela de Ciencias del mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Instituto de Investigación Pesquera.

Actividades	Objetivo
<b>Curso EEM</b> 17-19, y 23 de julio, 2019 Aula Media “Ximena Reyes” Esc. Ciencias del Mar. PUCV.	Curso: Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos. El objetivo del curso fue proporcionar los conocimientos fundamentales en la evaluación de procedimientos / estrategias de manejo y explotación de recursos marinos.
<b>Taller N°1</b> 24 julio 2019 Dinamarca 399, cerro Panteón Valparaíso.	Identificación y priorización de las principales fuentes de incertidumbre involucradas en el procedimiento de manejo de las pesquerías de anchoveta y sardina común.
<b>Taller N°2</b> 11 octubre 2019 Aula Media “Ximena Reyes” Esc. Ciencias del Mar. PUCV.	Se reúne a las partes involucradas con el objeto de identificar reglas de decisión, objetivos operacionales y sus variables de desempeño relevantes que representen el interés de cada sector que compone las pesquerías de anchoveta y sardina común.
<b>Seminario-Taller</b> 9 al 11 de marzo Hotel Pullman San Martín, Viña del Mar.	Seminario-Taller “Evaluación de Estrategias de Manejo en Recursos Pelágicos en Chile”. Participación de expertos extranjeros Dra. Carryn de Moor y Dr. Jim Ianelli. • Expertos extranjeros presentan experiencias de EEM en Sud Africa y USA. • Grupo PUCV + INPESCA presentan resultados del proyecto FIPA 2018/49. • Investigadores del Grupo Pelágicos del DER/IFOP realiza dos presentaciones: 1. “Procedimientos de manejo de pesquerías de pelágicos pequeños en la zona centro-sur: PBRs, Evaluación y proceso de actualización de la CBA”. 2. “Implementación de EEM en la anchoveta norte de Chile: Puesta en marcha de un proceso de asesoría científica integral para el manejo pesquero.”



**Tabla 41.** Presentaciones del grupo de pesquerías pelágicas de IFOP en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas calendarizadas para el año 2020.

Sesiones 2020	Presentaciones del grupo pelágicos del DER/IFOP
<b>Sesión N°1</b> 5 y 6 de Marzo 2020	a) Revisión de los avances y propuesta de programación de modelos alternativos para las principales pesquerías de pequeños pelágicos: 1) Anchoveta norte 2) Anchoveta centro-norte 3) Anchoveta centro-sur 4) Sardina austral. b) Revisión de la incorporación del descarte a la evaluación de stock en los hitos del ciclo de manejo y su proyección en la CBA de anchoveta y sardina común centro-sur. c) Protocolo para el establecimiento de resguardo (niveles de riesgo) en la toma de decisiones de CBA.
<b>Sesión N°2</b> 3 de abril 2020	Presentación de resultados de primera revisión de estatus y CBA 2020 de anchoveta y sardina común de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos
<b>Sesión N°3</b> 14 y 15 mayo 2020	- Presentación de resultados de actualización de estatus y CBA 2020 de anchoveta Regiones ATCMA a COQ. - Resultados del taller de datos y modelos de anchoveta Regiones de Valparaíso a Los Lagos.
<b>Sesión N°4</b> 2 y 3 de Julio 2020	- Actualización de estatus y CBA 2020 de sardina austral Regiones de Los Lagos y Aysen. - Actualización de estatus y CBA 2020 de anchoveta zona norte. - Revisión de datos y modelos a) Modelo alternativo de anchoveta Regiones Atacama y Coquimbo y b) Revisión de la proyección de la CBA de anchoveta zona norte.
<b>Sesión N°5</b> 20 y 21 de agosto 2020	- Presentación de resultados de actualización de estatus y CBA 2020 de anchoveta y sardina común Regiones de Valparaíso a Los Lagos - Revisión de datos y modelos a) Modelo alternativo de sardina austral Región de Los Lagos b) Revisión de los criterios utilizados para la toma de decisión 2021 de anchoveta centro-norte. c) Revisión del Cálculo de PBRs en anchoveta centro-sur



**Tabla 42.** Presentaciones del grupo de pesquerías pelágicas de IFOP en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas calendarizadas para el año 2021.

Sesiones 2021	Presentaciones del grupo pelágicos del DER/IFOP
<b>Sesión N°1</b> 25 de febrero 2021	<p>Propuesta de mecanismo transitorio para compensar la incertidumbre propia de las estimaciones de descarte, usada como input en la determinación de la CBA, conforme a lo planteado en la sesión extraordinaria de diciembre de 2020. <b>ANEXO III</b></p> <p>Revisión de nuevas consideraciones metodológicas incorporadas en la proyección del reclutamiento de anchoveta Zona Norte, para el establecimiento de la CBA 2021 establecida en la 6º sesión año 2020.</p>
<b>Sesión N°2</b> 18 y 19 de marzo 2021	<p>Actualización/revisión del estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable de anchoveta y sardina común Regiones de Valparaíso a Los Lagos.</p> <p>Actualización/revisión del estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable de anchoveta zona norte</p>
<b>Sesión N°3</b> 6 y 7 de mayo 2021	<p>Actualización/revisión del estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable de anchoveta de Regiones de Atacama y Coquimbo.</p> <p>Taller de datos y modelos sardina austral Región de Los Lagos, donde se presentó la comparación entre el modelo base (observaciones y dinámica en talla) y el alternativo (observaciones en talla y dinámica en edad), incluyendo además de las variables poblacionales revisadas en sesiones previas, los resultados asociados a la toma de decisiones; estatus y CBA, de ambos hitos de manejo (Hitos 1 y 2).</p> <p>Taller de datos y modelos sardina austral Región de Aysén, donde se presentó una revisión de los datos y supuestos del modelo base, pobre en datos (aproximación de Zhou et al (2013), y resultados preliminares de exploraciones efectuadas con dos modelos pobre en datos: a) SPiCT (Stochastic Surplus Production Model in Continuous Time) b) LBPA (Length-Based Pseudocohort Analysis)</p>



**Tabla 43.** Presentaciones del grupo de pesquerías pelágicas de IFOP en las sesiones del Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas calendarizadas para el año 2021.

Sesiones 2021	Presentaciones del grupo pelágicos del DER/IFOP
<b>Sesión N°4</b> 1 y 2 de Julio 2021	<p>Actualización/revisión del estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable de sardina austral Región de Los Lagos y Región de Aysén</p> <p>Taller de datos y modelos de anchoveta Regiones de Atacama y Coquimbo, se presentó la sensibilización de ponderadores de CPUE y MPDH (CVs) y una nueva ojiva de madurez macroscópica a la talla (Leal y Canales, 2009), considerando que la actualmente utilizada pertenece a la anchoveta de la Zona Norte (Martínez, 2004).</p> <p>Taller de datos y modelos de anchoveta Zona Norte, se presentó escenarios de proyección de la CBA para el hito 1, considerando proyección de 3 y 4 semestres y para el hito 2 proyecciones de 2 semestres, según completitud de la información.</p> <p>Los escenarios de proyección incluyen el uso de los reclutamientos promedio semestrales, desde el año 2000 hasta el último valor estimado (2000-2019,5) y hasta el penúltimo (2000-2018,5), penalizando en ambos casos, la estimación del último semestre con tres métodos distintos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) El límite inferior de la última estimación del reclutamiento</li><li>b) Reclutamiento desde una relación no-lineal con el desembarque</li><li>c) El último valor <i>devlogR0</i> (límite inferior) desde el archivo .pin</li></ul> <p>Taller de datos y modelos de anchoveta y sardina común Zona Centro-sur, se presentó resultados preliminares de 11 escenarios de sensibilidad que involucran:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) Cambios en CV de los cruceros acústicos de verano y otoño</li><li>b) Cambios en CV del crucero de huevos</li><li>c) Actualización de la biomasa desovante estimada por el crucero MPDH</li><li>d) Nuevos índices e densidad de huevos para el crucero de MPDH</li></ul> <p>Además de tres escenarios que involucran la corrección de captura utilizando ponderadores estimados por Wiff et al. (2017) y se espera incorporar otras series que están en desarrollo por parte de IFOP en colaboración con INPESCA. <b>ANEXO II.</b></p>



#### 4.4.4. Recomendaciones realizadas en Revisión por Pares Externa e independiente (RPEI)

Como parte del proceso de mejora continua en el desarrollo de presente proyecto y sin perjuicio de otras recomendaciones, en las **Tabla 44, 45 y 47** se resume la forma de abordar las sugerencias y correcciones recomendadas en la revisión por pares de anchoveta V-X Regiones para el mejoramiento del proceso de evaluación de stock (estudios y programas de investigación) que pueden conducir a una reducción en la incertidumbre del estado del stock de anchoveta centro-sur.

**Tabla 44.** Plan de trabajo basado en las recomendaciones realizadas en el Taller de Revisión Por Pares Externa e Independiente de anchoveta centro-sur.

Ítems	Recomendaciones	Plazo
<b>Edad y crecimiento</b>		
Asignación de fecha de nacimiento	Tomar la fecha de nacimiento que corresponda con el pico de desove en agosto, en lugar del 1ero de enero. Fundamento: al asumir una fecha de nacimiento designado el 1ero de enero, las proporciones del grupo de edad 0, particularmente durante la primera mitad del año, puede sub-representar a los reclutas del año.	Realizado
<b>Cruceros acústicos</b>		
Serie de tiempo	Excluir las estimaciones de abundancia de los cruceros acústicos que no realizaron sesgo de orilla. Excluir las estimaciones de abundancia del crucero Pelaces 2003, 2005 y 2015 de la serie temporal. Fundamento: Al fin de mantener una serie temporal comparable de los índices de abundancia de los dos cruceros acústicos a través del tiempo.	Realizado
Coeficiente de variación	Utilizar los CV obtenidos por los cruceros acústicos anuales en la estimación de la abundancia (en lugar de asumir un CV invariante en el tiempo y cruceros, CV = 30 %). Estos deberían calcularse utilizando el mismo método para todos los años.	2021-2022
Taller de revisión	- Estimar un factor de sesgo de orilla que se aplique a todos los cruceros que realizaron sesgo de orilla con embarcaciones pesqueras simultáneamente al crucero estándar realizado por el B/C "Abate Molina". - Considerar la cobertura espacial y temporal del crucero acústico sobre la distribución de la biomasa total de anchoveta. - Cuantificar los probables factores de error individuales de los cruceros acústicos.	-
<b>Evaluación de stock</b>		
Modelo de evaluación de stock	Desarrollar un nuevo modelo de evaluación de stock para la anchoveta centro-sur que contenga aspectos de los modelos anuales y semestrales.	2022-2023
Incertidumbre de la evaluación de stock	Reconocer adecuadamente las áreas claves de incertidumbre en la evaluación. Si existen áreas claves de incertidumbre sin resolver, como cambios de la mortalidad natural en el tiempo, ajuste de modelos alternativos, conflictos en los set de datos, sería apropiado presentar los resultados como un "Reference Setof models" (Rademeyer <i>et al.</i> 2008). Alternativamente la incertidumbre se puede evaluar mediante la ejecución de una serie de pruebas de sensibilidad. La tabla más abajo presenta algunas pruebas de sensibilidad recomendadas.	2021/22
Estimación de parámetros	Usar MCMC para estimar la pdfs posterior de todos los parámetros del modelo y parámetros adicionales de interés. Fundamento: permitirá estimar más adecuadamente las medias de los parámetros y sus varianzas, que la estimada utilizando la desviación estándar basada en la Hessiana.	2021/22



**Tabla 45.** Plan de trabajo basado en las recomendaciones realizadas en el Taller de Revisión Por Pares Externa e Independiente de anchoveta centro-sur.

Ítems	Recomendaciones	Plazo
Puntos biológicos de referencia	El manejo de los recursos altamente variables no debería usar puntos de referencia basados en la estimación incierta de $B_0$ , sino más bien utilizar las estimaciones de biomassas más contemporáneas (y precisas).	-
Análisis de riesgo	El riesgo para el recurso puede ser considerado comparando proyecciones futuras bajo escenarios de captura alternativa vs escenarios sin captura futura. Por ejemplo, si las condiciones ambientales (reclutamiento pobre) sugieren que sería poco realista suponer un retorno a un BPR en el corto plazo bajo un escenario sin pesca, entonces sería poco realista suponer que tales BPR se puedan alcanzar bajo escenarios de pesca alternativa.	2021/22
Proyecciones	Considerar la alta variabilidad del reclutamiento de este recurso en las proyecciones futuras. Considerar toda la gama de incertidumbre en la evaluación de stock mediante la realización de proyecciones basadas en distribuciones (idealmente posterior) de estimación de los parámetros en lugar de estimaciones puntuales y abarcar un "Reference Set of models" o incluir un rango de pruebas de sensibilidad.	2021/22
Evaluación de estrategias de manejo	La evaluación de estrategias de manejo es un marco adecuado para evaluar el riesgo, tomando en cuenta la incertidumbre estructural y paramétrico.	2021/22

El plazo marcado “-” requiere la participación de otros grupos de trabajo por lo que estas actividades serán programadas posterior a la emisión de este reporte y en la medida de su pertinencia y orden de prioridad.

**Tabla 46.** Pruebas de sensibilidad recomendadas para desarrollar en el corto plazo (2020/21).

Ítems	Recomendaciones
Mortalidad natural	Tasas de mortalidad natural alternativa invariante en el tiempo; y tasas de mortalidad natural diferente entre juveniles y adultos
Desvíos Reclutamiento	Desviaciones sobre el reclutamiento promedio asumiendo variabilidad
Datos de captura entre 1998-2001	Los datos de captura desde 1998 al 2001 reflejan alta incertidumbre tras correcciones sobre la subreporte de jurel. Se recomienda asumir un CV más alto para los datos de capturas comercial desde 1998 a 2001.
Inicio serie de tiempo de captura	Considerar como año inicial el 2000 (que comienza en el equilibrio explotado), lo que excluye la información de captura pre-2000 que puede no ser lo más preciso que el post-2000 y sin embargo, puede influir en el reclutamiento medio utilizado en las proyecciones para recomendaciones de manejo.
Selectividad	Asumir formas paramétricas alternativas para la selectividad. Mientras que las bajas proporciones de edad 3+ de anchoveta en los desembarques comerciales pueden ser un reflejo de su alta mortalidad natural, sería prudente probar la sensibilidad a una curva de selectividad en forma de cúpula que refleja, por ejemplo, el objetivo en áreas de reclutamiento en lugar de áreas de desove/alimentación. 90-95 % de todos los desembarques se producen entre las regiones V y VIII solamente, en lugar de sobre toda la distribución V a X Regiones.



#### 4.4.5. Recomendaciones realizadas en Informe de evaluación técnica de proyectos del programa de investigación básica o permanente para la regulación pesquera y de acuicultura.

Recomendaciones realizadas en Informe de evaluación técnica de proyectos del programa de investigación básica o permanente para la regulación pesquera y de acuicultura. A continuación, se describe las principales observaciones realizadas para el primer y segundo informe (Zúñiga, 2019 y Zúñiga *et al.*, 2020), las cuales serán acogidas como parte del programa de mejoramiento continuo y por lo tanto, serán abordadas durante el período 2020-21 (**Tabla 47**)

**Tabla 47.** Principales observaciones realizadas para el primer y segundo informe 2019 (Zúñiga, 2019), las cuales serán acogidas como parte del programa de mejoramiento continuo y por lo tanto, serán abordadas durante el período 2020-21.

Ítem	Observación
Corrección de capturas	Análisis de sensibilidad respecto de los resultados del proyecto de corrección de capturas que da cuenta de sub-reporte, sobre-reporte y descarte
Mortalidad natural	Las estimaciones de mortalidad natural (M) de anchoveta y sardina común necesitan ser revisadas y tienen un alto impacto en la evaluación de stock, puntos biológicos de referencia y CBA. Se desprende de esta revisión (Objetivo 4), que la temática no solo aflora en esta revisión, sino que ha sido señalado anteriormente por otros revisores. Ambos stocks han sufrido fuertes variaciones poblacionales durante la última década (2010 - 2019) lo cual amerita al menos el estudiar la variabilidad de M entre edades para ambas especies.
Parámetros de Crecimiento y M	El desarrollo de proyectos FIPA ha entregado nuevos antecedentes respecto del crecimiento de ambas especies en la zona centro sur, que debieran permitir una revisión de la misma. Por lo anterior, se solicita la revisión de M de ambos recursos considerando la variación entre juveniles y adultos al menos, utilizando método de M adecuados a los recursos, e informar estimaciones de M con su incertidumbre.



## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El stock de anchoveta en la UPSCS comenzó a ser evaluada oficialmente en 1996 por Barría *et al.* (1998) y (1999), con métodos estructurados por edad en escala calendaria. En la asesoría de septiembre 2020 se realizó el cambio de modelo base de año calendario (MAE) a año biológico (MAEb), el cual fue adoptado por el CCT-PP en la sesión de mayo 2020 (Acta Sesión N°3). Este nuevo modelo base permite una mejor representación del reclutamiento y de la dinámica de anchoveta, disminuyendo la incertidumbre en los indicadores utilizados para medidas de manejo (Zúñiga *et al.*, 2020).

El período de análisis del presente estudio (asesoría de julio 2021) comprende los años biológicos desde 1996/97 a 2020/21. Al respecto, se utiliza datos actualizados del crucero de enero y mayo 2021 (biomasa total y composición de edad), y de la información la flota (desembarques, composición de edad y pesos medios). El porcentaje de descarte 2020/21 se asume igual al 2% (supuesto de proyección acordado en primera sesión del CCT-PP, febrero 2021).

El análisis histórico de los datos de entrada al modelo indican que entre los años 2009 y 2017 se registraron los niveles más bajos de biomasa acústica de verano con un valor promedio de 101 mil t. Sin embargo, el año 2018 se observó un primer incremento importante hasta 347 mil t y los años 2019 y 2020 se consolida éste incremento con valores cercanos a las 588 mil toneladas en promedio. Algo similar se observa en las tendencias de los cruceros de otoño. Sin embargo, en este estudio, la recuperación en la biomasa del stock se apreció a partir del año 2016, registrándose el año 2021 el nivel más alto de los últimos 11 años, en 1,3 millones de t. En relación a las capturas de anchoveta en la UPSCS, su variación es consistente con los cambios en los niveles de biomasa estimados por los cruceros acústicos de verano y otoño. Entre el 2011/12 y 2017/18 se registran desembarques en torno a 62 mil toneladas en promedio. Para el 2018/19 se incrementan a 135 mil toneladas y para el año 2019/20 a 158 mil toneladas, un 16 % mayor al año previo y para el 2020/21 se incrementa a 205 mil toneladas, un 30 % mayor al año previo y un 159 % mayor al promedio de los últimos 9 años (período 2011/12 - 2019/20). La pesquería está sustentada principalmente el stock adulto, es decir, por la abundancia de los grupos de edad (GE) 1 y 2. A partir del 2017 el GE 0 muestra una tendencia al incremento, sin embargo, para el 2020/21 su aporte a la abundancia total es inferior al 10 %. Respecto a los pesos medios, para el GE 0 se encuentra en torno a los 10-15 grs, para el GE 1 en los 20-25 grs en promedio. Desde el año 2014 se observa un incremento en esta variable en todos los GE, excepto en los ejemplares de edad 0. En relación a la información proveniente de los cruceros acústicos, la composición de edad registrada por el estudio de verano muestra que el GE 0 representa en torno al 67 % de la captura en número, mientras que el crucero de otoño muestra mayor variabilidad y un aporte cercano al 60 % del grupo de edad 0. La biomasa estimada por el crucero acústico de otoño 2021 está sustentada principalmente por peces de edad 0 y 1 (47 % y 45 % respectivamente).

El modelo base actual es eficiente en reproducir la tendencia general de la biomasa estimada en los cruceros hidroacústicos, especialmente a partir del año 2009/10. El análisis consigue ajustar apropiadamente la información de la proporción de edades en las capturas y cruceros de evaluación directa. Respecto a las variables poblacionales, el modelo en escala biológica es eficiente en recoger las fluctuaciones en los indicadores del stock, los cuales son consistentes con la variabilidad en los reclutamientos y en los índices (cruceros de verano y otoño) que calibran el modelo de evaluación.

Los resultados de este estudio muestran los cambios que ha experimentado anchoveta en sus tendencias poblacionales en un período de 25 años (1996/97 - 2020/21). El análisis respecto a la media histórica de los indicadores de estado y flujo permite identificar claramente dos ciclos con altos y bajos niveles de abundancia de una duración de 10 años aprox. El período de altos niveles de abundancia de anchoveta se registra desde



el año 2002/03 hasta el año 2008/09 con valores sobre el promedio histórico. Los niveles bajo el promedio histórico se registran desde el año 2009/10 hasta el 2017/18. Los mayores niveles de mortalidad por pesca se registraron durante el período de baja abundancia ( $F > F_{mediana}$ ) debido a los bajos rendimientos. A partir del año 2015/16, se observa el inicio de un nuevo ciclo con tendencia positiva generada por la fuerza de la clase anual reclutada que se incorpora a la población y a los bajos niveles de mortalidad por pesca ( $F < F_{mediana}$ ).

El análisis histórico de la condición de anchoveta centro-sur muestra que entre los años 1996/97 y 2000/01 el stock de anchoveta centro-sur se encontraba sobre-exploitado con biomassas por debajo del objetivo de manejo ( $BD < BD_{RMS}$ ). A partir del 2001/02 se incrementan los niveles de biomasa desovante, permitiendo que el stock transite y se mantenga en una condición de plena-explotación hasta el 2007/08. No obstante, los niveles de reclutamiento para el año 2008 se reducen drásticamente generando niveles de biomasa desovante por debajo del promedio histórico para el 2008/09. Debido a la falla en los reclutamientos, desde el año 2009/10 la anchoveta de la zona centro-sur cambia drásticamente su estatus a una condición de agotamiento y/o colapso, manteniéndose en esa condición durante 8 años (2009/10 al 2016/17). A partir del año 2017/18 se manifiesta una recuperación del stock, transitando en la zona de colapso a la zona de sobre-explotación los años 2017/18 y 2018/19 y de plena-explotación los años 2019/20 y 2020/21. En términos de los niveles de mortalidad por pesca ( $Ft \text{ año}^{-1}$ ), en general, se ha mantenido históricamente por sobre el nivel objetivo de referencia  $F_{RMS}$ , no obstante, a partir del año 2016/17, los niveles de  $Ft$  estuvieron bajo el objetivo de manejo. Por lo tanto, el incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20 junto a la disminución de la mortalidad por pesca por debajo del objetivo de manejo ( $F < F_{RMS}$ ) y 2/3 por debajo de  $M$  ( $M=0,7 \text{ año}^{-1}$ ) y el incremento de la biomasa total y desovante 2019/20 y 2020/21 generan una condición de plena-explotación con una baja probabilidad de sobre-explotación (3%) y de sobre-pesca (13%). Se proyecta una condición favorable para el año 2021/22, con una alta probabilidad (85%) de mantenerse en plena-explotación (15% probabilidad de sobre-explotación y 0% probabilidad de colapso).

La pesquería de anchoveta centro-sur 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. El análisis de los indicadores de ambos stock muestran niveles de productividad muy disímiles (ver **Figura 6**) revelando alternancia y predominancias importantes una sobre la otra. Estos cambios de productividad podrían ser producto de diversos factores biológicos (fenómenos depensatorios de la dinámica poblacional, reducción del potencial reproductivo) y factores oceanográficos desfavorables para anchoveta y que han favorecido la producción de la sardina común dejando en evidencia la alternancia de ambas especies, las cuales son explotadas en la misma área y por la misma flota. Al respecto, considerando la recuperación de anchoveta los últimos años, Saavedra *et al.* (2020) señalan que nos podríamos encontrar frente a un escenario en que anchoveta pasa a cohabitar junto a sardina común con una mayor presencia geográfica (1.420 mn<sup>2</sup> vs 1.033 mn<sup>2</sup> de distribución efectiva), mayor cantidad de ejemplares (84.958 vs 69.294 millones de individuos) y mayor biomasa (1.005.293 t vs 867.257 t) transformándose por este momento en la especie principal en el ecosistema de la zona centro-sur. Adicionalmente, el estudio de variables ambientales realizado por Aranis *et al.* (2020) indica que entre el 2015-2017 se registró una condición más cálida que podría haber impulsado condiciones reproductivas levemente más intensas para ambos recursos, no obstante, sólo se registrarían reclutamientos exitosos para anchoveta, coincidiendo con una condición ambiental neutra 2018-19.

En el Sistema de Corriente de Humbolt (HCS) se han descrito regímenes que caracterizan un sistema dominado por anchoveta o por sardina, sobre la base de series anuales de capturas, series temporales de volumen de zooplancton y parámetros ambientales físicos como la temperatura superficial del mar, índices



de surgencia, índices de oscilación del sur, profundidades de termoclina y otros (Chavez *et al.* 2003, Alheit & Niñuen 2004, Montecinos *et al.* 2003, Alheit & Bakun, 2009). Según Swartzman *et al.* (2009), los cambios de régimen son causados por períodos duraderos de anomalías en la temperatura cálida o fría relacionadas con la intrusión o retroceso de aguas oceánicas subtropicales cálidas a la costa de Perú y Chile. Algunos estudios señalan que si la productividad promedio en el tiempo ha sido influenciada por las condiciones ambientales cambiantes, entonces los objetivos de manejo pueden no ser sostenibles si se basan en el reclutamiento futuro basado en condiciones que ya no existen (Haltuch *et al.* 2009). De este modo, considerando el efecto de la variabilidad ambiental en el reclutamiento, es probable que se mejore el asesoramiento científico a través de un enfoque más preventivo asumiendo que se ha producido un cambio en el reclutamiento (Wayte, 2013). Según Polovina (2005), cuando se ha producido un cambio de régimen, las políticas para reconstruir el stock a niveles anteriores no son posibles. En este caso, el stock debería ser manejado en su nuevo nivel de productividad. Sin embargo, aceptar o no que ha ocurrido un cambio en la productividad de los stocks es una decisión difícil de tomar para los científicos y administradores. Klaer *et al.* (2015), señalan que un cambio de productividad se define como un cambio en el tiempo en las características biológicas de una población de peces que conduciría a un cambio en los puntos de referencia biológicos (como el rendimiento máximo sostenible). En la estimación de los puntos de referencia biológicos, se supone a menudo que la mortalidad natural, la relación longitud a la edad, longitud peso, madurez a la edad/longitud y la relación del reclutamiento con la biomasa desovante son constantes a lo largo del tiempo. Un cambio temporal substancial en cualquiera de estos factores causaría lo que llamamos un cambio de régimen en la población. Al respecto, si bien hacia el último año se registró una falla del reclutamiento de sardina común, Aranis *et al.* (2020) informan que el factor de condición indica una condición saludable para ambos recursos, con mejores índices para sardina común, lo que permite inferir que esta es una especie mejor adaptada al ambiente centro-sur y que la alometría positiva indica que es altamente probable que no exista una limitante de la oferta ambiental. En base a estos antecedentes, no es posible indicar un cambio de régimen en la zona centro-sur de Chile. Adicionalmente, para el año 2021 se ha registrado una recuperación del reclutamiento de sardina común, lo cual podría estar relacionada a las condiciones ambientales favorables registradas hacia fines del 2020 e inicios del año 2021, donde se registró una condición fría, con gran cobertura espacial de ATSM negativas al norte de los 40°S y procesos de intensa surgencia costera, con elevadas concentraciones de clorofila-a en la costa, lo que se tradujo en una mayor disponibilidad de alimento (fitoplancton) para los reclutas de anchoveta y sardina común (Saavedra *et al.*, 2021a). En el caso de anchoveta los resultados del crucero de otoño confirman la tendencia al alza y recuperación del recurso, y al igual que el año pasado, anchoveta pasa a cohabitar junto a sardina común con una mayor distribución geográfica y mayor biomasa, transformándose en este período otoñal, en la especie principal en el ecosistema de la zona centro-sur. No obstante, Saavedra *et al.* (2021b) advierten que esta situación es momentánea ya que en el período estival esta situación normalmente cambia, dependiendo de un reclutamiento exitoso para revertirse.

La pesquería de anchoveta ha sido manejada históricamente de manera monoespecífica, considerando la incertidumbre asociada a la evaluación de stock. No obstante, desde el punto de vista de la administración pesquera, la característica de pesquería mixta de anchoveta y sardina común y que ambas se encuentran en niveles de productividad muy disímiles, resulta complejo alcanzar el máximo rendimiento sostenido simultáneamente para cada una de las especies, por lo tanto, una mirada en conjunto podría facilitar su manejo en el mediano plazo, considerando principalmente el cambio en las tendencias de los últimos años en ambos recursos.

En relación al descarte de peces pelágicos, se han identificado problemáticas relacionadas con la alta incertidumbre en la estimación del descarte producto de la corta serie anual, diferencia de cobertura y tamaños de muestra espacial y temporal, forma de estimación del descarte (eg. visual), variación en la



proporción de especies, entre otros. Esta incertidumbre complejiza la toma de decisión, por lo cual, el CCT-PP acordó mantener un valor fijo por un período interino (Acta sesión extraordinaria Nº1<sup>14</sup>) para utilizar en el descuento de la CBA. Este valor fue discutido en la primera sesión del CCT-PP realizada el 25 de febrero 2021, consensuando en un 4 % de descarte proyectado para sardina común y un 2 % para anchoveta de la zona centro-sur. En la sesión correspondiente al Taller de Datos y Modelos de mayo 2021 se revisará nuevamente los valores históricos para su corrección si es necesario.

De acuerdo al ciclo de manejo histórico de esta pesquería, este estudio entrega la información base para el segundo hito correspondiente al cálculo de la primera revisión de la CBA que permite al Comité Científico Técnico de Pesquerías Pelágicas (CCT-PP), revisar el estatus 2020/21 y el rango de CBA para el año 2021. El cálculo de la CBA para el año calendario 2021 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre, bajo un criterio de explotación de F60 %SPR, sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 % de sobrepasar dicho criterio.

Los percentiles de probabilidad equivalen entre un 10 % y un 0 % de resguardo de la captura al RMS. De este modo, la captura para el año 2021 estimada bajo una condición de reclutamiento altos (período 1997-2009) y descontando el 2 % de descarte alcanza un rango entre 186,9 mil toneladas y 203,6 mil toneladas. Considerando reclutamientos bajos (período 2010-2021), con el descuento del 2 % de descarte el rango se encuentra entre 184,3 - 201,1 mil toneladas y bajo un escenario de reclutamiento promedio histórico el rango de captura se encuentre entre 185,8 - 202,5 mil toneladas.

Continuando con el ciclo de manejo, en el tercer hito se realiza la segunda revisión de la CBA 2021, incorporando información completa del año biológico 2020/21. Por lo tanto, en este hito el estatus 2020/21 y la estimación del rango de captura 2021 es calculado con menor incertidumbre y son considerados más confiables, a diferencia de los hitos previos. En el segundo hito se realiza la primera revisión de la CBA 2021, incorporando información del crucero de enero 2021 (Asesoría de marzo). No obstante, en este hito la incertidumbre en los indicadores utilizados para medidas de manejo es alta producto de la incompletitud de datos, ya que solo se cuenta con información del crucero de verano, el resto de la información se basa en supuestos. En marzo se inicia el período de extracción y en mayo se realiza el segundo crucero de evaluación acústica (crucero de otoño) para actualizar el estatus y revisar una vez más la CBA 2021. Por lo cual se recomienda para el segundo hito considerar un estatus preliminar a la espera de completar la información de la flota y crucero de otoño en el tercer hito de revisión (Asesoría de julio) y rango de captura precautorio. Se recomienda una revisión del ciclo de manejo actual, ya que desde un punto de vista práctico y administrativo es imposible disminuir la cuota asignada, aunque se cuente con información actualizada y estimados de estatus y CBA más confiables, esto debido a que por lo general a mitad de año gran parte de la cuota ha sido consumida. Ante esta situación el CCT-PP ha recomendado mantener una situación de “*status quo*” cada vez que se ha presentado una disminución de la CBA en el segundo y/o tercer hito del ciclo de manejo. Al respecto, en la segunda sesión del CCT-PP 2021 (Acta de Sesión No2, marzo 2021) el Comité recomienda mantener *status quo* de CBA máxima 2021 de 210.167 toneladas, debido a la disminución en torno al 9 % de la 1era revisión de CBA respecto la CBA inicial (considerando como referencia el percentil del 30 % y reclutamiento histórico). Para el mismo criterio, la 2da revisión de CBA (asesoría actual) disminuye un 7 % respecto la CBA inicial.

---

<sup>14</sup>[https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471_documento.pdf)



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo M & SB 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.

Alheit J & M Niñen. 2004. Regime shifts in the Humboldt current ecosystem. Progress In Oceanography 60: 201–222.

Alheit, J. & A. Bakun. 2009. History of international co-operation in research. In: Climate change and small pelagic fish. Ed. by D. M. Checkley, J. Alheit, Y. Oozeki and C. Roy. Cambridge: Cambridge Univ. Press: 1-5.

Arancibia H, L Cubillos, J Remmaggi & R Alarcón. 1994. Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. Biología Pesquera, 23: 11-17.

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, K Walker, M Ramírez, L Caballero, G Eissele, F Cerna, C Valero, A Lopez, C Machuca, L Muñoz, M Troncoso, M Albornoz, M Pizarro, H Reyes, U Cifuentes & A Bustamante. 2020. Informe Final. Programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile, regiones de Valparaíso y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, año 2019. Subsecretaría de Economía y EMT, Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 306 p + Anexos.

Arcos D, L Cubillos & 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.

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.

Barría P, MG Böhm, A Aranis, R Gili, M Donoso & S Rosales. 1999. Evaluación indirecta y análisis de la variabilidad del crecimiento de sardina común y anchoveta en la zona Centro-Sur. Informe Final. FIP N° 97-10. 115 pp + Anexos.

Beverton RJH & SJ Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Gt. Britain, Fishery Invest, Ser. II, Vol. XIX. 533 pp.

Cadigan NG & PJ Farrell. 2005. Local influence diagnostics for the retrospective problem in sequential population analysis. ICES Journal of Marine Science, 62: 256-265.

Cadrin SX & DS Vaughn. 1997. Retrospective analysis of virtual population estimates for Atlantic menhaden stock assessment. U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin, 95: 445–455.



Canales C, MJ Zúñiga & 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 Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 92 pp.+ anexos.

Canales CR & MJ Zúñiga. 2016. SEGUNDO INFORME DE ESTATUS Y CUOTA. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016 en anchoveta V-X Regiones. Anchoveta V-X Regiones, 2016. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 110 p + Anexos.

Castillo-Jordán C, LA Cubillos & J Paramo. 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, A Saavedra, V Catasti, F Leiva, C Lang, R Vargas, H Reyes, M Pizarro, E Molina, F Cerna, A López, S Núñez, L Valenzuela & J Silva. 2013. Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta sardina común entre la V y X Regiones, año 2013. Informe Final FIP 2012-12. Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 307 pp + Figuras y Tablas.

Chavez FP, J Ryan, SE Lluch-Cota & M Ñiquen. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. Science 299: 217–221.

Cubillos L & 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 & H Arancibia. 1993b. Análisis de la pesquería de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) del área de Talcahuano, Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 21: 3-21.

Cubillos L, M Canales, D Bucarey, A Rojas & R Alarcón. 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). Investigaciones Marinas. 28: 73–85.

Cubillos L, D Arcos, D Bucarey & M Canales. 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano, Chile (37°S, 73°W): a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling?. Aquatic Living Resources. 14: 115–124.

Cubillos LA, P Ruiz, G Claramunt, S Gacitúa, S Núñez, LR Castro, K Riquelme, C Alarcón, C Oyarzún, & A Sepúlveda. 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.

Fournier DA, HJ Skaug, J Ancheta, J Ianelli, A Magnusson, MN Maunder, A Nielsen & J Sibert. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. Optimization Methods & Software 27 (2), 233–249.

Francis RICC. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Canadian Journal of



Fisheries and Aquatic Sciences. 68: 1124–1138.

Francis RICC. 2014. Replacing the multinomial in stock assessment models: A first step. *Fisheries Research*. 151: 70-84.

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.

Haltuch MA, AE Punt & MW Dorn. 2009. Evaluating the estimation of fishery management reference points in a variable environment. *Fisheries Research*. 100: 42–56.

Hutchings L, M Barange, SF Bloomer, Aj Boyd, RJM Crawford, JA Huggett, M Kertson, JL Korrubel, JAA De Oliveira, SJ Painting, AJ Richardson, IJ Shannon, FH Shulein, CD van der Lingen & HM Verheyen. 1998. Multiple factors affecting South African anchovy recruitment in the spawning, transport and nursery areas. *South African Journal of Marine Science*. 19:211-225.

Ichinokawaa M, H Okamura & Y Takeuchi. 2014. Data conflict caused by model mis-specification of selectivity in an integrated stock assessment model and its potential effects on stock status estimation. *Fisheries Research*, 158: 147-157.

Klaer NL, RN O'Boyle, JJ Deroba, SE Wayte, LR Little, LA Alade, & PJ Rago. 2015. How much evidence is required for acceptance of productivity regime shifts in fish stock assessments: are we letting managers off the hook? *Fisheries Research*, 168: 49 –55.

Lee HH, KR Piner, RD Methot & MN Maunder. 2014. Use of likelihood profiling over a global scaling parameter to structure the population dynamics model: An example using blue marlin in the Pacific Ocean. *Fisheries Research*. 158, 138–146.

Maunder MN. 1998. Integration of Tagging and Population Dynamics Models in Fisheries Stock Assessment. PhD thesis, University of Washington.

Maunder MN & RB Deriso. 2003. Estimation of recruitment in catch-at-age models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60, 1204–1216.

McAllister MK & JN Ianelli. 1997. Bayesian stock assessment using catch-age data and the sampling-importance resampling algorithm. *Canad. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 284–300.

Mohn R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 473-488.

Montecinos A, S Purca & O Pizarro. 2003. Interannual to interdecadal sea surface temperature variability along the western coast of South America. *Geophysical Research Letters* 30,1570.19.1929/2003GL017345.

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.



Progress Oceanography. 92: 192-205.

Parrish RH, A Bakun, DM Husby & CS 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: 731-777.

Patterson K. 1992. Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. Rev. Fish. Biol. Fisheries, 2: 321-338.

Payá I, C Canales, D Bucarey, M Canales, F Contreras, F Espíndola, E Leal, C Montenegro, J Quiroz, R Tascheri & MJ 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, PD Boersma, IL Boyd, DO Conover, P Cury, T Essington, SS Heppell, ED Houde, M Mangel, D Pauly, É Plagányi, K Sainsbury, & RS Steneck. 2012. Little Fish, Big Impact: Managing a Crucial Link in Ocean Food Webs. Lenfest Ocean Program. Washington, DC. 108 pp.

Polovina JJ. 2005. Climate variation, regime shifts, and implications for sustainable fisheries. Bull. Mar. Sci. 76 (2), 233–244.

Saavedra A, R Vargas, E Molina, C Lang, U Cifuentes, M Pizarro, C Grendi & A Bustamante. 2017. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2017. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 33 p + Figuras y Tablas.

Saavedra A, R Vargas, E Molina. Informe de Avance Nº2. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, Año 2020. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 31 p + Figuras y Tablas.

Saavedra A, R Vargas, E Molina, C Grendi, A Bustamante, T Berger & K Gómez. 2021a. Informe de Avance Nº1. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, Año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 32 p + Anexos.

Saavedra A, R Vargas, E Molina, C Grendi, A Bustamante, U Cifuentes. 2021b. Informe de Avance Nº2. Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos, Año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 36 p + Anexos.

Sepúlveda A, L Cubillos & D Arcos. 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.

Serra R. 1983. Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. FAO Fish. Rep.,



(291) Vol. 2: 255-284.

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. *Progress Oceanography*, 92(1): 178-191.

Swartzman G, A Bertrand, M Gutiérrez, S Bertrand & L Vasquez. 2009. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography*. 79: 228-237.

Vega R, L Ossa, B Suárez, A González, S Henríquez, R Ojeda, A Ramírez, A Simeone, M Sepúlveda, MJ Pérez & R Escobar. 2017. INFORME FINAL. Programa de Observadores Científicos, 2016. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 232 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, A González, S Henríquez, R Ojeda, MF Jiménez, A Ramírez, J Le-Bert, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos & H Araya. 2018. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos 2017-2018. Programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2017-2018. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 241 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, MF Jiménez, S Henríquez, A González, R Ojeda, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos & H Araya. 2019. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos 2018-2019. Programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2018-2019. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 305 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, MF Jiménez, S Henríquez, A González, R Ojeda, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos, J Cavieres, P Paredes, I Cari, P Zárate & D Devia. 2020. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos: Programa de investigación y monitoreo del descarte y de la captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas, 2019-2020. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 341 p + Anexos.

Wang SP, MN Maunder, KR Piner, AM Aires-da-Silva & HH Lee. 2014. Evaluation of virgin recruitment profiling as a diagnostic for selectivity curve structure in integrated stock assessment models. *Fisheries Research*, 158: 158–164.

Wayte S. 2013. Management implications of including a climate-induced recruitment shift in the stock assessment for jackass morwong (*Nemadactylus macropterus*) in south-eastern Australia. *Fisheries Research*. 142, 47-55.

Wiff R, M Lima, S Gelcich, M Canales, D Queirolo, M Ahumada, F López, S Gacitúa, A Flores & L Serramalera. 2017. Metodología para la estimación de las capturas totales anuales históricas. Caso de estudio: Pesquería de sardina común y anchoveta V-X Región. Informe Final. CAPES-UC- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura



(SSPA). Proyecto CUI 2015-72-DAP-27. 225 pp.

Yáñez E, C Silva, A Órdenes, F Gómez, A Valdenegro, S Hormazábal, A Montecinos, F Espíndola & 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, MA 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.

Zeileis A, C Kleiber, W Krämer & K Hornik. 2003. Testing and dating of structural changes in practice. Computational Statistics y Data Analysis. 44: 109-123.

Zúñiga MJ & CR 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. Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 87 p + Anexos.

Zúñiga MJ. 2017a. INFORME 2 DE ESTATUS. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2017 en anchoveta V-X Regiones. anchoveta V-X Regiones, marzo 2017. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 135 p + Anexos.

Zúñiga MJ, D Bucarey, E Leal, F Espíndola, JC Quiroz. 2018b. INFORME CONSOLIDADO. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018 en anchoveta V-X regiones, julio 2018. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 141 p + Anexos.

Zúñiga MJ, E Leal & JC Quiroz. 2020. Primer Informe. Estatus y posibilidad de explotación biológicamente sustentables de anchoveta, Región de Valparaíso a Los Lagos, año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 87 p + Anexos.

Zúñiga MJ, D Bucarey & JC Quiroz. 2021. Segundo Informe. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de anchoveta, Región de Valparaíso a Los Lagos, año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 95 p + Anexos.

# **A N E X O S**

---

# **A N E X O I**

---

Proceso de actualización de datos de entrada al modelo de evaluación  
de stock de Anchoveta de la Región de Valparaíso a la Región de Los  
Lagos

# **ANEXO I**

Proceso de actualización de datos de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos

## **Índice**

1. Contexto . . . . .	2
2. Actualización de datos . . . . .	2
3. Descripción del modelo base y procesos involucrados en la revisión de julio 2021. . . . .	5
4. Actualización de las principales variables de estado . . . . .	6



## 1. Contexto

Cada proceso de revisión de CBA involucra la actualización y/o supuestos de datos para evaluar el impacto en las variables de estado asociado a la incorporación incremental de piezas de información. Al respecto, la actualización de datos de la asesoría actual corresponde principalmente a la información de la flota del año biológico 2020/21 (desembarques, descarte, composición de edad, pesos medios) y la incorporación de datos del crucero acústico de otoño 2021 correspondiente a la biomasa total y composición de edad.

## 2. Actualización de datos

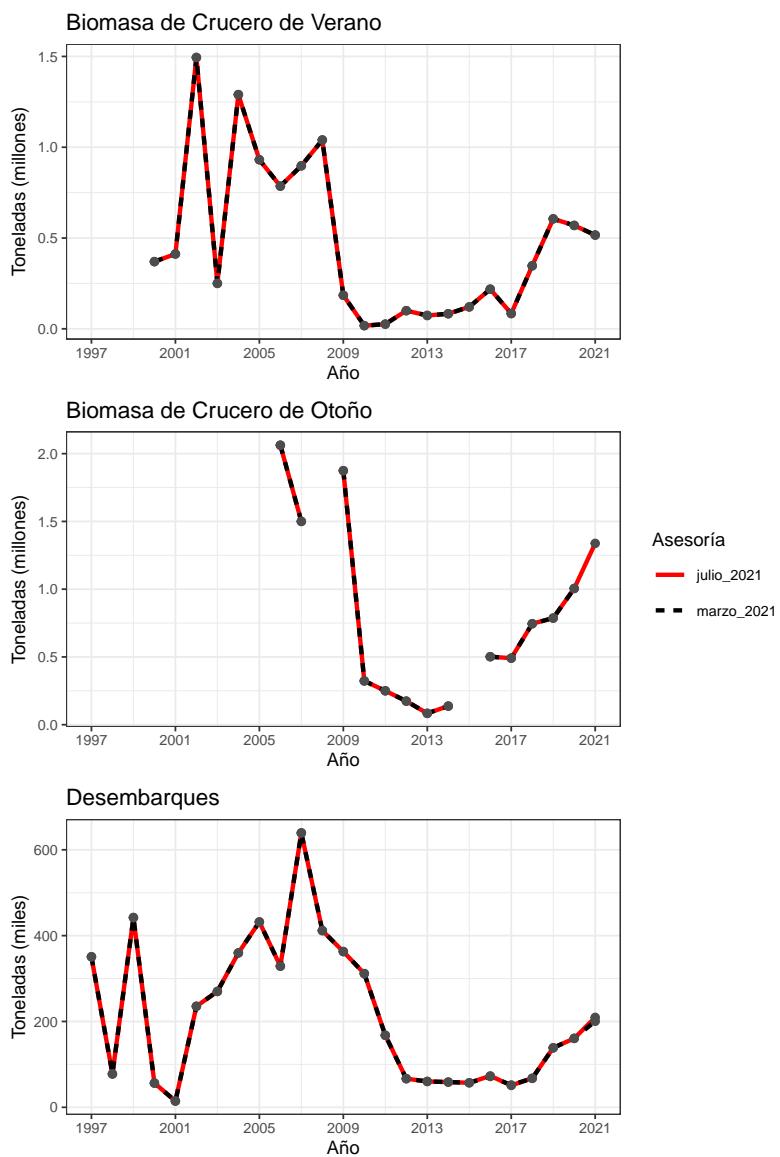
En la **Tabla 1** se comparan las fuentes de información utilizadas en asesoría científica realizada en septiembre 2020, marzo y julio del 2021 para el cálculo de la CBA inicial, primera revisión de CBA y la asesoría actual correspondiente a la segunda actualización de CBA. Estas asesorías tienen como objetivo la recomendación de captura biológicamente aceptable (CBA) para el año 2021. En términos de datos, las diferencias entre la última evaluación (marzo 2021) y esta nueva revisión (julio 2021) corresponde a la actualización de los desembarques, descarte, composición de edad y pesos medios provenientes de las capturas para el año biológico 2020/21. Además, se incorporan los resultados del crucero de evaluación hidroacústico realizado en mayo de 2021.

**Tabla 1.** Información relevante para el cálculo de CBA 2021 en cada una de las etapas de estimación.

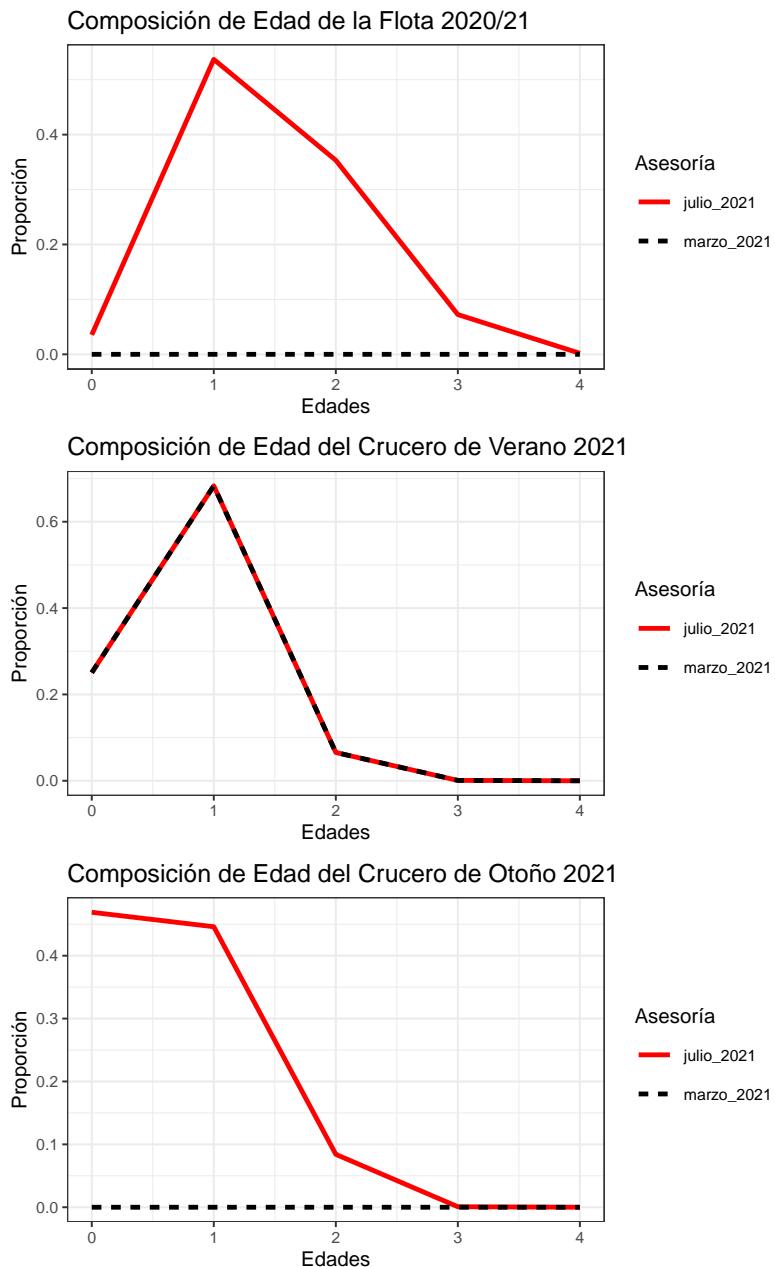
Datos de entrada al modelo	CBA INICIAL Septiembre 2020	1ERA REVISIÓN Marzo 2021	2DA REVISIÓN Julio 2021
Desembarques	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991- junio 2020 + Supuesto de captura 2020/2021	Julio 1991 - preliminar a junio 2021
Biomasa acústica Crucero de verano	2000 – 2020	2000 – 2021	2000 – 2021
Biomasa acústica Crucero de otoño	2003 – 2020	2003 – 2020	2003 – 2021
Composición de edad Flota	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1991 - mayo 2021
Composición de edad Cruceros de verano	2001 – 2020	2001 – 2021	2001 – 2021
Composición de edad Cruceros de otoño	2007 – 2020	2007 – 2020	2007 – 2021
Pesos medios a la edad	Julio 1991 - junio 2020	Julio 1990 - junio 2020 Promedio de los últimos 5 años de la serie histórica para julio 2020-junio 2021	Julio 1990 - mayo 2021
Madurez sexual a la edad	Constante	Constante	Constante
Mortalidad natural	Constante	Constante	Constante
Proyección del reclutamiento	2 años biológicos (años 2020/21 y 2021/22)	1 año biológico (año 2021/22)	1 año biológico (año 2021/22)

La información actualizada en la presente evaluación es presentada en las **Figuras 1, 2 y 3**. El desembarque total del año biológico 2020/21 fue un 4,5% mayor que el supuesto en la asesoría de marzo 2021. La composición de edad registrada por la flota comercial durante el año biológico 2020/21, muestra que la captura estuvo sostenida principalmente por peces de edad 1, registrándose una baja proporción de peces capturados de edad 0 (menor al 10%) **Figura 2**. Respecto a la actualización de los pesos medios a la edad registrados durante el año 2020/21 **Figura 3**, se observa un incremento de un 38 % en el peso de individuos de edad 0 y una disminución del 5 % apróx. en peces de edad 1 a 3 años, registrándose una mayor diferencia

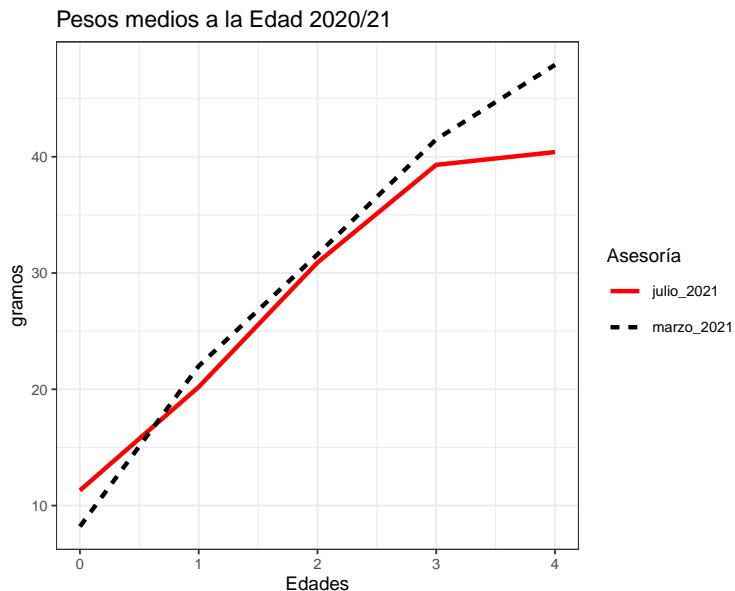
en el grupo de edad 4, 16 % menor respecto a los pesos medios supuestos en la asesoría de marzo 2021. No obstante, el aporte de los grupos de edad 3 y 4, la abundancia total es menor al 10 %. En relación a la biomasa total estimada por el crucero de otoño para el año 2021, se registró el nivel más alto de los últimos 11 años (estimada en 1,3 millones de t), aumentando en un 33 % respecto al estimado el año 2020 **Figura 1**. La biomasa estimada por el crucero acústico de otoño 2021 está sustentada principalmente por peces de edad 0 y 1 (47 % y 45 % respectivamente) **Figura 2**.



**Figura 1.** Comparación entre los datos utilizados en la asesoría de marzo y julio 2021 para el stock de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos. Se actualiza información para el año 2021.



**Figura 2.** Comparación entre la proporción de edad de la flota y cruceros acústicos de verano y otoño de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos. Se compara la información utilizada en la asesoría de marzo y julio 2021.



**Figura 3.** Comparación entre los pesos medios a la edad de anchoveta de las Regiones de Valparaíso a Los Lagos. Se compara la información utilizada en la asesoría de marzo y julio 2021.

### 3. Descripción del modelo base y procesos involucrados en la revisión de julio 2021.

El stock de anchoveta en la UPSCS comenzó a ser evaluada oficialmente en 1996 por Barría *et al.* (1998) y (1999), con métodos estructurados por edad en escala calendaria. En la asesoría de septiembre 2020 se realizó el cambio de modelo base de año calendario (MAE) a año biológico (MAEb), el cual fue adoptado por el CCT-PP en la sesión de mayo 2020 (Acta Sesión N°3). Este nuevo modelo base permite una mejor representación del reclutamiento y de la dinámica de anchoveta, disminuyendo la incertidumbre en los indicadores utilizados para medidas de manejo (Zúñiga *et al.*, 2020).

Para mantener la consistencia en el proceso de evaluación del stock y estimación de CBA, se utilizó un modelo edad estructurado igual al usado en las asesorías previas (septiembre 2020 y marzo 2021). Con objeto de evaluar el impacto en las variables de estado debido a la incorporación de nuevos datos, se realizó un proceso incremental de incorporación de piezas de información de acuerdo a la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Escenarios de que permiten evaluar el impacto de la incorporación de datos actualizados en el proceso de actualización

Casos	Descripción
1 <sub>MAE0321</sub>	Caso base asesoría marzo 2021
2	Actualiza serie de descarte 2017/18, 2018/19 Y 2019/20
3	Actualiza desembarque 2020/21 + supuesto de descarte 2020/21
4	Actualiza composición de edad de la flota del año biológico 2020/21
5	Actualiza pesos medios e iniciales a la edad del año biológico 2020/21
6	Actualiza biomasa crucero acústico de otoño, año 2021
7 <sub>MAE0721</sub>	Actualiza composición de edad crucero acústico de otoño, año 2021

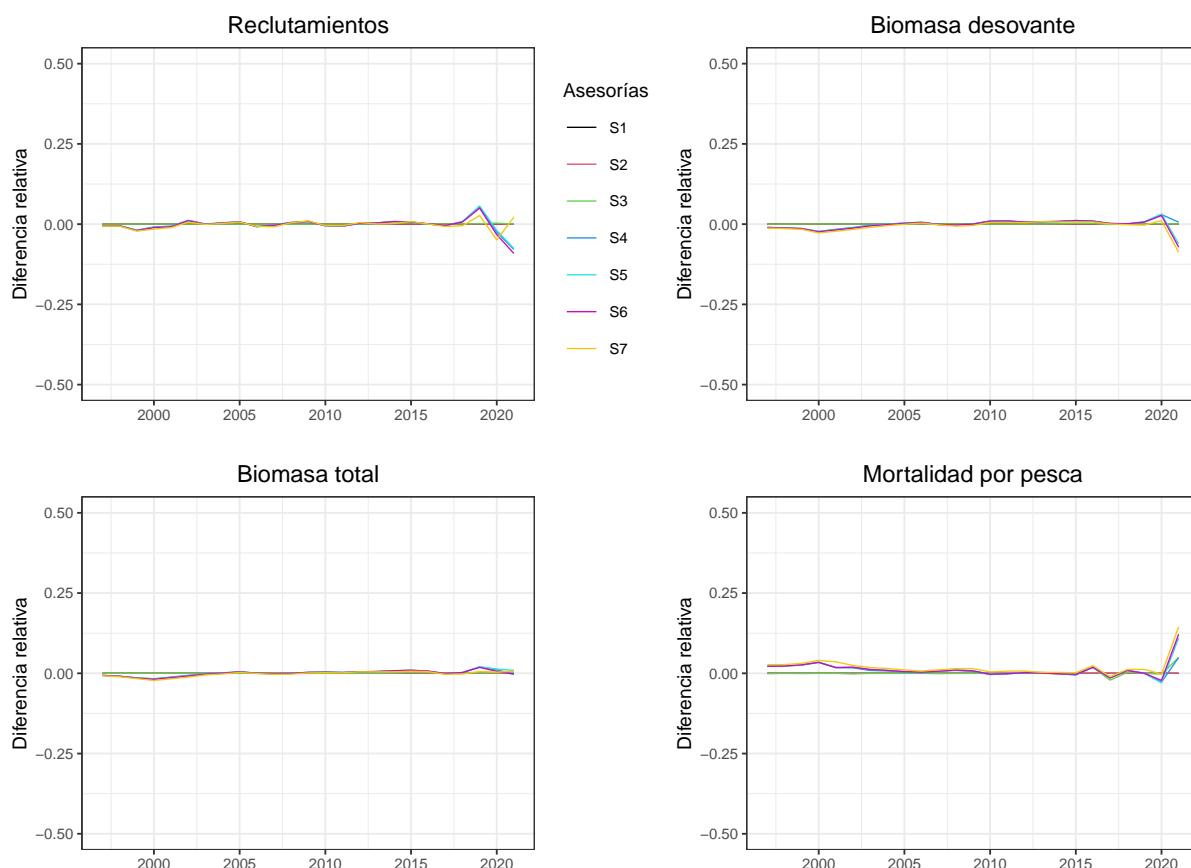


#### 4. Actualización de las principales variables de estado

En la **Tabla 3** y **Figura 4** se muestra el impacto de la incorporación y actualización de la información en las principales variables de estado para el caso 1 (asesoría de marzo 2021, MAE0321b). Los resultados muestran que la actualización del descarte de los años biológicos 2017/18, 2018/19 y 2019/20 (caso 2) y la actualización del desembarque 2020/21 más el supuesto de descarte 2020/21 (caso 3) no genera diferencias significativas en las variables poblacionales (Reclutamientos, BD y  $BD/BD_{RMS}$ ), mostrando un incremento del 5 % de la mortalidad por pesca en el caso 3. La incorporación de la composición de edad de la flota correspondiente al año 2020/21 (caso 4), tiene un efecto principal en el reclutamiento, mostrando una disminución del 8 %. La actualización de los pesos medios del año 2020/21 (caso 5), generan una disminución del 6 % de la BD y  $BD/BD_{RMS}$  y un incremento del 11 % de la mortalidad por pesca, producto de la disminución de los pesos medios del grupo de edad 3 y 4 principalmente (ver **Figura 3**). El caso 6 no muestra diferencias significativas respecto del caso 5, no obstante, cuando se incorpora la biomasa del crucero de otoño 2021 en conjunto con su composición de edad (caso 7, MAE0721) el reclutamiento muestra un incremento del 2 % respecto de la asesoría de marzo (caso 1, MAE0321), una disminución del 9 % de la BD y de un 8 % de  $BD/BD_{RMS}$  y un incremento del 14 % de la mortalidad por pesca.

**Tabla 3.** Estimaciones de las principales variables de estado para el caso 1 (asesoría marzo 2021, MAE0321b) comparado con los resultados según la incorporación de cada pieza de información y en su conjunto (caso 7, asesoría julio 2021, MAE0721b). Se presenta el valor de estimación central y la diferencia en términos porcentuales. R= Reclutamiento, BD= Biomasa desovante,  $BD/BD_{RMS}$ = Reducción de la población respecto el RMS y F= Mortalidad por pesca.

Casos	R	BD	$BD/BD_{RMS}$	F	R.diff	BD.diff	$BD/BD_{RMS}.diff$	F.diff
1	25,4	686,8	1,41	0,34				
2	25,4	686,8	1,41	0,34	0	0	0	0
3	25,4	687,1	1,41	0,36	0	0	0	0,05
4	23,4	691,1	1,42	0,36	-0,08	0,01	0	0,05
5	23,4	644,7	1,33	0,38	-0,08	-0,06	-0,06	0,11
6	23,0	637,5	1,32	0,39	-0,09	-0,07	-0,07	0,12
7	25,9	626,5	1,30	0,39	0,02	-0,09	-0,08	0,14



**Figura 4.** Diferencias relativas de las estimaciones de las principales variables de estado para el caso base (Asesoría de marzo 2021) comparado con los resultados según la incorporación de cada pieza de información.

# **A N E X O II**

---

Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) de la evaluación de stock de Anchoveta y Sardina común de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.

# **ANEXO II**

Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) de la evaluación de stock de Anchoveta y Sardina común de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.

## **Índice**

<b>1. Contexto</b>	<b>2</b>
<b>2. Análisis Exploratorios</b>	<b>3</b>
2.1. Sobre la incorporación de la biomasa desovante estimada por el Método de Producción Diaria de Huevos (MPDH) . . . . .	3
2.2. Sobre la incorporación de un índice de densidad de huevos alternativos a la Biomasa Desovante estimada por MPDH . . . . .	4
2.3. Sobre los coeficientes de variación asignados a los Cruceros de huevos, verano (RECLAS) y otoño (PELACES). . . . .	7
2.4. Algunos resultados preliminares . . . . .	10
2.5. Sobre la Corrección de los desembarques oficiales registrados por Sernapesca . . . . .	13
<b>3. Referencias bibliográficas</b>	<b>17</b>



## 1. Contexto

Uno de los objetivos del Proyecto “Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de Anchoveta y Sardina común de la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos” se refiere al Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de Asesoría Científica (PMCCAC,) el cual se enfoca en sintetizar las brechas de datos, información y conocimiento en relación con la situación general de la pesquería y de esta forma una sistematización para el desarrollo continuo de la asesoría científica. De este modo, los procesos de evaluación de stock son de carácter dinámico e involucran un mejoramiento continuo tendiente a facilitar la administración de los recursos pesqueros explotables. En este sentido, el Instituto de Fomento Pesquero, específicamente el Departamento de Evaluación de Recursos (DER), mantiene un ánimo de colaboración con la administración pesquera que da espacio para la discusión de mejoras analíticas y técnicas, como también, la detección de brechas de investigación.

Es en este marco que en la cuarta sesión del CCT-PP (2 de julio 2021) se presentó un programa de trabajo a desarrollar durante el año 2021/2022, cuyos resultados serán presentados en el próximo taller de datos y modelos del CCT-PP (mayo 2022). Algunos de los escenarios a evaluar serán los siguientes:

- Actualización de la biomasa desovante estimada por el método de producción diaria de huevos (MPDH).
- Evaluar la sensibilidad de utilizar un índice de densidad de huevos en lugar de biomasa desovante del MPDH.
- Evaluar la sensibilidad de cambios en CVs de los cruceros acústicos de verano, otoño y crucero de huevos
- Analizar bloques de capturabilidad
- Analizar la sensibilidad a cambios en los CVs de prior de capturabilidad de los cruceros
- Analizar series de corrección de capturas propuestas por Wiff *et al.* (2017)
- Analizar serie de corrección de capturas en base a datos de proporción de especies de IFOP

Se utilizará como indicadores de desempeño los perfiles de verosimilitud, análisis retrospectivo y análisis de residuos para sardina común y anchoveta centro-sur, que será utilizado como base para el contraste/comparación con los análisis propuestos anteriormente.



## 2. Análisis Exploratorios

### 2.1. Sobre la incorporación de la biomasa desovante estimada por el Método de Producción Diaria de Huevos (MPDH)

La serie de biomasa desovante del MPDH fue utilizada en la evaluación de stock hasta la asesoría del año 2012. Una de las problemáticas en la incorporación de la biomasa desovante estimada por MPDH, tuvo relación con los CVs estimados por el método que exceden el 55 % en general y en dos de los nueve cruceros las estimaciones exceden el 100 % (**Tabla 1**). Cubillos *et al* (2017) señalan que la densidad de huevos depende del grado de agregación/dispersión del desove y por lo tanto en algunos años no es factible cumplir con criterios de precisión deseable para medir la producción diaria de huevos con coeficientes de variación bajos (con precisión). En el modelo de evaluación se asumía 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 consecuencia, en Zúñiga & Canales (2014) se presentaron los resultados de los cambios en los supuestos mencionados anteriormente y la comparación entre caso base actual y el anterior, concluyendo de esta forma que el valor de CV para el crucero de huevos es igual a 100, lo cual significa que esta pieza de información no tiene peso en la evaluación de stock actual. Se evaluará la sensibilidad del modelo al incorporar nuevamente esta fuente de información, considerando cambios en los coeficientes de variación de los tres cruceros (verano, otoño y huevos), que hasta hoy no ha sido evaluado.

**Tabla 1.** Biomasa desovante estimada por el Método de Producción Diaria de Huevos (MPDH) y sus respectivos coeficientes de variación de anchoveta y sardina común centro-sur.

Año	Anchoveta Biomasa desovante (t)	CV	Sardina común Biomasa desovante (t)	CV
2002	112.323	0,289	498.337	0,58
2003	-	-	-	-
2004	153.150	0,368	5.186	0,57
2005	637.223	0,441	125.008	0,56
2006	-	-	-	-
2007	255.016	0,380	168.611	0,06
2008	313.432	1,050	109.162	1,11
2009	73.983	0,578	213.762	1,02
2010	77.613	0,494	579.715	0,74
2011	109.348	0,390	649.985	0,60
2012	50.772	1,650	157.893	2,62
2013	17.779	0,605	87.575	1,95
2014	17.303	-	83.554	0,20
2015	59.886	0,145	210.694	0,146
2016	28.197	0,139	70.296	0,187
2017	-	-	-	-
2018	207.744	0,251	107.559	0,252
2019	136.588	-	103.333	-
2020	643.089	0,261	445.601	0,280



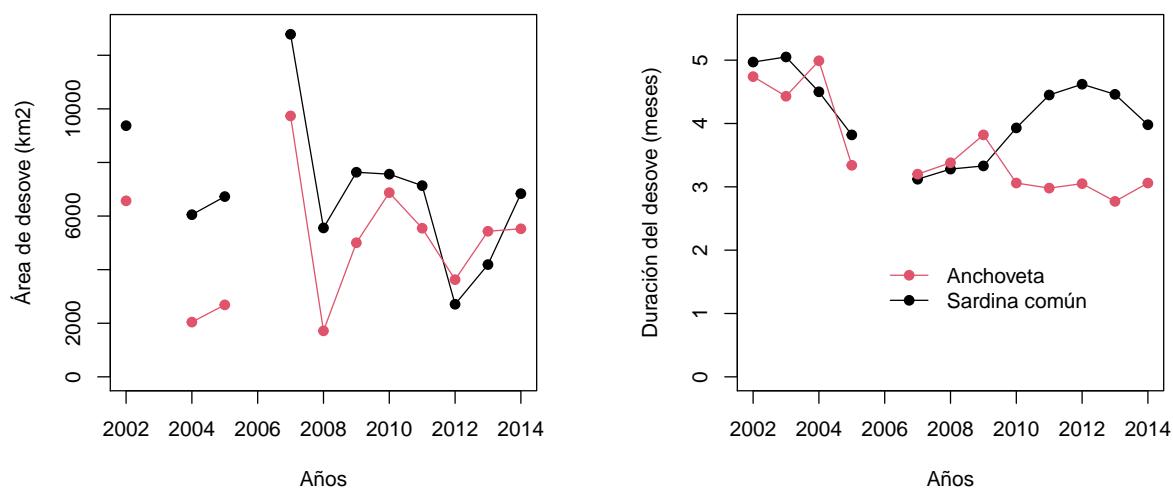
## 2.2. Sobre la incorporación de un índice de densidad de huevos alternativos a la Biomasa Desovante estimada por MPDH

Con el objeto de obtener un índice de abundancia relativa de huevos que sea un proxy de la producción diaria de huevos y de la biomasa desovante, Cubillos *et al* (2017) analizaron el número de huevos con un Modelo Lineal Generalizado (MLG) para sardina común y anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Considerando que una de las dificultades del método corresponde al grado de agregación/dispersión del desove, el índice de densidad de huevos propuesto considera los siguientes factores fijos: a) periodo: 2002 al 2019, excepto los años 2006 y 2017 sin crucero MPDH; b) en los tres sectores: norte ( $34^{\circ}\text{S}$ - $35^{\circ}\text{S}$ ); centro ( $34^{\circ}30'\text{S}$ -  $37^{\circ}10'\text{S}$ ) y sur ( $37^{\circ}30'\text{S}$ - $41^{\circ}20'\text{S}$ ) y c) se consideraron tres estratos de profundidad: 0-100 m, 100-200 m y >200 m. Grendi *et al* (2020) reportan el índice de densidad de huevos estandarizado de anchoveta y sardina común obtenido con MLG, familia binomial negativo (**Tabla 2**), el cual será incorporado como un proxy del potencial reproductivo en la evaluación de stock como escenario alternativo.

**Tabla 2.** Índice de densidad de huevos estandarizado obtenido con MLG, familia binomial negativo, con sus coeficientes de variación de anchoveta y sardina común centro-sur.

Años	Anchoveta Densidad (huevo/m <sup>2</sup> )	CV	Sardina común Densidad (huevo/m <sup>2</sup> )	CV
2002	137	0,141	249	0,184
2003	611	0,171	20	0,245
2004	272	0,210	13	0,330
2005	625	0,208	72	0,293
2006	-	-	-	-
2007	4.706	0,178	3.535	0,236
2008	747	0,183	223	0,246
2009	133	0,189	129	0,248
2010	340	0,356	43	0,540
2011	232	0,192	532	0,250
2012	42	0,208	45	0,267
2013	84	0,198	303	0,249
2014	375	0,187	438	0,247
2015	802	0,184	356	0,247
2016	306	0,177	666	0,231
2017	-	-	-	-
2018	353	0,184	170	0,248
2019	430	0,183	1.398	0,240

Adicionalmente, Cubillos *et al* (2017) analizaron otros índices de abundancia de huevos, con el objeto de considerar el área de desove y la duración del desove (**Figura 1**), éste último calculado a partir del índice gonodosomático según metodología de Claramunt *et al* (2014). Los índices de abundancia alternativos que se basan en la corrección por la duración del período de desove, el área de desove y por ambos se resumen en la **Tabla 3**. Estos índices serán utilizados para evaluar la sensibilidad del modelo de evaluación de stock, sin embargo, dado que no se cuenta a la fecha con una serie actualizada, no podrán ser propuestos como un escenario alternativo.



**Figura 1.** Área de desove (km<sup>2</sup>) (panel izquierdo) y Duración del desove (meses) (panel derecho) estimado por el crucero de huevos de sardina común y anchoveta centro-sur durante los años 2002-2014.

**Tabla 3.** Índices de abundancia de huevos alternativos que se basan en la corrección por la duración del período de desove (índice 2), el área de desove (índice 3) y por ambos (índice 4), con sus coeficientes de variación de **anchoveta centro-sur**.

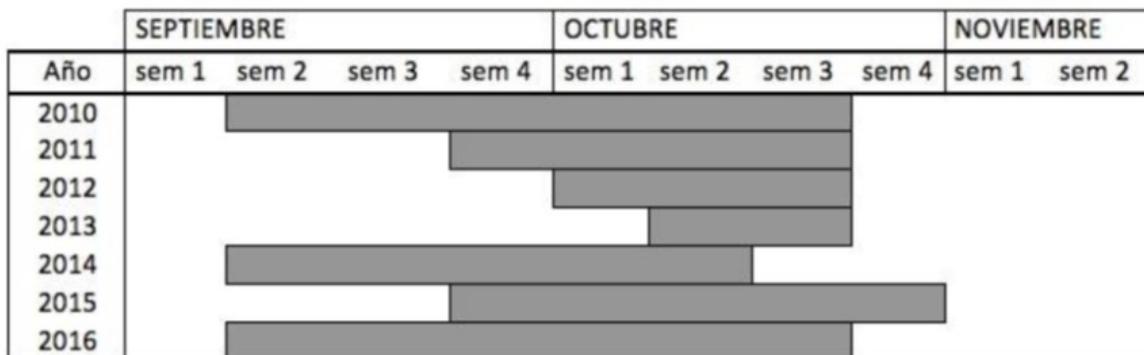
Años	Índice 2	CV	Índice 3	CV	Índice 4	CV
2002	694	0,238	1,31	0,238	6,50	0,238
2003	2.568	0,232	-	-	-	-
2004	1.285	0,332	1,73	0,332	7,77	0,332
2005	2.283	0,300	4,02	0,300	15,35	0,300
2006	-	-	-	-	-	-
2007	6.214	0,217	25,49	0,217	79,43	0,217
2008	1.410	0,271	2,39	0,271	7,84	0,271
2009	496	0,314	1,14	0,314	3,79	0,314
2010	1.934	0,557	3,72	0,557	14,63	0,557
2011	841	0,315	1,35	0,315	6,00	0,315
2012	199	0,398	0,12	0,360	0,54	0,398
2013	363	0,360	0,34	0,360	1,52	0,360
2014	983	0,298	1,69	0,298	6,72	0,298



**Tabla 4.** Índices de abundancia de huevos alternativos que se basan en la corrección por la duración del período de desove (índice 2), el área de desove (índice 3) y por ambos (índice 4), con sus coeficientes de variación de **sardina común centro-sur**.

Años	Índice 2	CV	Índice 3	CV	Índice 4	CV
2002	1.168	0,261	1,62	0,261	7,67	0,261
2003	78	0,461	-	-	-	-
2004	65	0,649	0,03	0,649	0,13	0,649
2005	283	0,484	0,23	0,484	0,76	0,484
2006	-	-	-	-	-	-
2007	4.175	0,271	12,70	0,271	40,65	0,271
2008	652	0,363	0,33	0,363	1,12	0,363
2009	601	0,368	0,79	0,368	3,01	0,368
2010	182	0,952	0,41	0,952	1,25	0,952
2011	1.200	0,332	2,23	0,332	6,66	0,332
2012	132	0,470	0,16	0,470	0,48	0,470
2013	988	0,338	1,94	0,338	5,37	0,338
2014	1028	0,337	1,86	0,337	5,68	0,337

Adicionalmente, se considerará la variabilidad del período de realización del crucero (**Figura 2**), en los escenarios a analizar. De este modo, se incorporará un dt variable para cada escenario de sensibilidad de los índices de abundancia de huevos.



**Figura 2.** Período de muestreo del crucero de huevos (MPDH) en sectores centro y sur, período 2010-2016.



## 2.3. Sobre los coeficientes de variación asignados a los Cruceros de huevos, verano (RECLAS) y otoño (PELACES).

Los coeficientes de variación son empleados en los índices de abundancia y en las capturas. Son utilizados para asignar 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  $cv=0,1$  (por ejemplo, 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 discutido por Francis (2011) sin que por ahora se disponga de reglas claras para su determinación, sino más bien criterios a tomar en cuenta.

Estos factores son a menudo consensuados entre especialistas y es común asumir desviaciones que reflejen el nivel de credibilidad relativa que se tienen a ciertas piezas de información. Comúnmente se asignan bajos niveles de incertidumbre a los desembarques y mayores a los cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones directamente asociadas con la mortalidad por pesca, mientras las estimaciones de biomasa de cruceros están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones de una población “no observable”, lo que en definitiva insta a suponer que estos tienen mayor incertidumbre y/o son tratados como medidas relativas de abundancia. Francis (2011) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, es decir, un análisis exploratorio que considere aquel coeficiente de variación teórico que resulta de aplicar el “mejor” modelo de tendencia central a los datos aislados. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos. Canales *et al.* (2012) aplicó este procedimiento a las biomassas estimadas en los cruceros acústicos, empleando polinomios de orden 2 y 3 como estimadores de tendencia central lo que generó valores de  $cv=0,99$  para el crucero de verano y un  $cv=0,67$  para el crucero de otoño. Para fines de evaluación se consideró como referente un valor aproximado a  $cv=0,3$  ya que de otro modo imposibilitaría el uso de estas series como índice de abundancia. Con respecto a los CV de las capturas, debido a que existe poca o ninguna información 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 estimación 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 centro-sur.

De este modo, los coeficientes de variación utilizados en los casos bases actuales de anchoveta y sardina común centro-sur corresponden a valores fijos para todos los años de 0,3 para los cruceros de verano y otoño y 100 para el crucero de huevos (**Tablas 5 y 6**). Al actualizar la información de biomasa desovante estimada por el método de producción de huevos o con el índice de densidad de huevos propuesto anteriormente, se disminuirá el CV a 0,3 para comenzar, no obstante, se probarán escenarios con cambios en los CVs de los tres cruceros, considerando criterio experto y los CVs estimados por cada método, los cuales son resumidos en las **Tablas 7 y 8**. De este modo, evaluaremos la sensibilidad del modelo a la incorporación de este nuevo



índice, y los cambios en los CVs. Los escenarios que presenten el mejor desempeño serán presentado al taller de datos y modelos como escenarios alternativos.

**Tabla 5.** Índices de abudancia con sus coeficientes de variación utilizados en la evaluación de stock de anchoveta centro-sur.

Años	Biomasa total (t) Crucero verano	CV	Biomasa total (t) Crucero otoño	CV	Biomasa desovante (t) Crucero de huevos	CV	Desembarques (t) + descarte	CV
1997		0,3		0,3		100	350.755	0,01
1998		0,3		0,3		100	77.701	0,01
1999		0,3		0,3		100	442.110	0,01
2000	370.054	0,3		0,3		100	56.441	0,01
2001	412.103	0,3		0,3		100	14.545	0,01
2002	1.494.267	0,3		0,3	112.323	100	235.359	0,01
2003	250.295	0,3		0,3		100	269.955	0,01
2004	1.289.818	0,3		0,3	153.150	100	359.681	0,01
2005	931.140	0,3		0,3	637.223	100	431.902	0,01
2006	785.840	0,3	2.062.538	0,3		100	328.805	0,01
2007	897.777	0,3	1.500.000	0,3	255.016	100	639.364	0,01
2008	1.040.062	0,3		0,3	313.432	100	411.747	0,01
2009	184.774	0,3	1.874.556	0,3	73.983	100	362.871	0,01
2010	17.550	0,3	323.000	0,3	77.613	100	311.530	0,01
2011	25.797	0,3	250.000	0,3	109.348	100	167.758	0,01
2012	100.020	0,3	174.000	0,3	50.772	100	66.681	0,01
2013	73.551	0,3	83.755	0,3	17.779	100	60.226	0,01
2014	82.996	0,3	137.374	0,3	17.303	100	58.785	0,01
2015	120.727	0,3		0,3	59.886	100	57.116	0,01
2016	218.422	0,3	501.740	0,3	28.197	100	73.181	0,01
2017	84.188	0,3	490.994	0,3	-	100	50.977	0,01
2018	347.160	0,3	745.055	0,3	207.744	100	67.692	0,01
2019	605.670	0,3	786.931	0,3	136.588	100	138.656	0,01
2020	569.463	0,3	1.005.239	0,3	643.089	100	160.484	0,01
2021	516.374	0,3	1.338.007	0,3		100	209.506	0,01

**Tabla 6.** Índices de abudancia con sus coeficientes de variación utilizados en la evaluación de stock de sardina común centro-sur.

Años	Biomasa total (t) Crucero verano	CV	Biomasa total (t) Crucero otoño	CV	Biomasa desovante (t) Crucero de huevos	CV	Desembarques (t) + descarte	CV
1991		0,3		0,3		100	494.567	0,01
1992		0,3		0,3		100	514.787	0,01
1993		0,3		0,3		100	250.237	0,01
1994		0,3		0,3		100	358.949	0,01
1995		0,3		0,3		100	120.608	0,01
1996		0,3		0,3		100	361.735	0,01
1997		0,3		0,3		100	552.515	0,01
1998		0,3		0,3		100	73.892	0,01
1999		0,3		0,3		100	212.993	0,01
2000	252.601	0,3		0,3		100	205.616	0,01
2001	567.819	0,3		0,3		100	52.469	0,01
2002	844.713	0,3		0,3	498.337	100	317.467	0,01
2003	477.998	0,3		0,3		100	293.654	0,01
2004	351.125	0,3		0,3	5.186	100	387.597	0,01
2005	339.783	0,3		0,3	125.008	100	252.695	0,01
2006	2.178.397	0,3	552.880	0,3		100	516.296	0,01
2007	2.134.043	0,3	188.675	0,3	168.611	100	358.380	0,01
2008	4.813.144	0,3		0,3	109.162	100	742.168	0,01
2009	1.555.625	0,3	991.730	0,3	213.762	100	942.051	0,01
2010	2.623.565	0,3	2.467.720	0,3	579.715	100	627.588	0,01
2011	3.216.857	0,3	1.416.034	0,3	649.985	100	828.172	0,01
2012	3.843.000	0,3	1.217.169	0,3	157.893	100	859.565	0,01
2013	1.133.477	0,3	2.296.489	0,3	87.575	100	418.607	0,01
2014	3.079.434	0,3	1.805.815	0,3	83.554	100	520.667	0,01
2015	1.972.148	0,3		0,3	210.694	100	417.249	0,01
2016	2.032.684	0,3	1.482.799	0,3	70.296	100	300.574	0,01
2017	2.025.002	0,3	1.565.315	0,3	-	100	415.391	0,01
2018	2.424.330	0,3	1.577.507	0,3	107.559	100	372.974	0,01
2019	2.275.425	0,3	1.421.176	0,3	103.333	100	316.634	0,01
2020	1.050.175	0,3	867.257	0,3	445.601	100	284.311	0,01
2021	2.363.380	0,3	1.100.020	0,3		100	391.294	0,01

**Tabla 7.** Índices de abundancia con sus coeficientes de variación estimados por cada crucero de anchoveta centro-sur.

Años	Biomasa total (t) Crucero verano	CV	Biomasa total (t) Crucero otoño	CV	Biomasa desovante (t) Crucero de huevos	CV
2000	370.054					
2001	412.103	0,14				
2002	1.494.267	0,15			112.323	0,289
2003	250.295	0,07				
2004	1.289.818	0,20			153.150	0,368
2005	931.140	0,10			637.223	0,441
2006	785.840	0,08	2.062.538			
2007	897.777	0,11	1.500.000		255.016	0,380
2008	1.040.062	0,25			313.432	1,050
2009	184.774	0,12	1.874.556	0,22	73.983	0,578
2010	17.550	0,07	323.000	0,05	77.613	0,494
2011	25.797	0,28	250.000	0,13	109.348	0,390
2012	100.020	0,14	174.000	0,10	50.772	1,650
2013	73.551	0,19	83.755	0,15	17.779	0,605
2014	82.996	0,05	137.374	0,10	17.303	-
2015	120.727	0,14			59.886	0,145
2016	218.422	0,16	501.740	0,075	28.197	0,139
2017	84.188	0,075	490.994	0,11	-	-
2018	347.160	0,166	745.055	0,13	207.744	0,251
2019	605.670	0,063	786.931	0,052	136.588	-
2020	569.463	0,030	1.005.239	0,033	643.089	0,261
2021	516.374	0,070	1.338.007	0,05		

**Tabla 8.** Índices de abudancia con sus coeficientes de variación estimados por cada crucero de sardina común centro-sur.

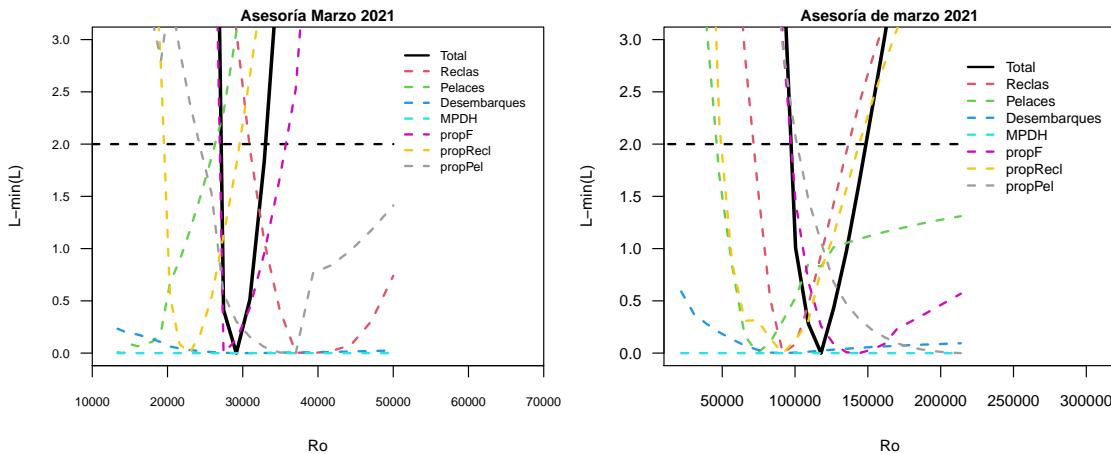
Años	Biomasa total (t) Crucero verano	CV	Biomasa total (t) Crucero otoño	CV	Biomasa desovante (t) Crucero de huevos	CV
2000	252.601	-				
2001	567.819	0,16				
2002	844.713	0,16			498.337	0,58
2003	477.998	0,16				
2004	351.125	0,12			5.186	0,57
2005	339.783	0,15			125.008	0,56
2006	2.178.397	0,08	552.880			
2007	2.134.043	0,14	188.675	0,13	168.611	0,06
2008	4.813.144	0,14		-	109.162	1,11
2009	1.555.625	0,20	991.730	0,11	213.762	1,02
2010	2.623.565	0,07	2.467.720	0,17	579.715	0,74
2011	3.216.857	0,11	1.416.034	0,29	649.985	0,60
2012	3.843.000	0,15	1.217.169	0,12	157.893	2,62
2013	1.133.477	0,10	2.296.489	0,20	87.575	1,95
2014	3.079.434	0,06	1.805.815	0,12	83.554	0,20
2015	1.972.148	0,21		-	210.694	0,146
2016	2.032.684	0,05	1.482.799	0,10	70.296	0,187
2017	2.025.002	0,15	1.565.315	0,17	-	-
2018	2.424.330	0,13	1.577.507	0,07	107.559	0,252
2019	2.275.425	0,05	1.421.176	0,08	103.333	-
2020	1.050.175	0,07	867.257	0,04	445.601	0,280
2021	2.363.380	0,04	1.100.020	0,07		

## 2.4. Algunos resultados preliminares

La **Tabla 9** muestra los análisis de sensibilidad sobre ponderadores (CVs) y nuevos índices del crucero de huevos presentados en el Taller de datos y Modelos de la cuarta sesión del CCT-PP (2 de julio 2021) con el propósito de discutir sobre las aproximaciones metodológicas que serán exploradas en el transcurso de la asesoría científica. Estos escenarios, junto a los nuevos casos propuestos en este anexo, serán evaluados en términos de desempeño por medio de perfiles de verosimilitud, análisis retrospectivos y análisis de residuos. La **Figura 3** muestra un ejemplo de perfiles de verosimilitud para anchoveta y sardina común, que serán utilizados como base para el contraste/comparación con los análisis realizados.

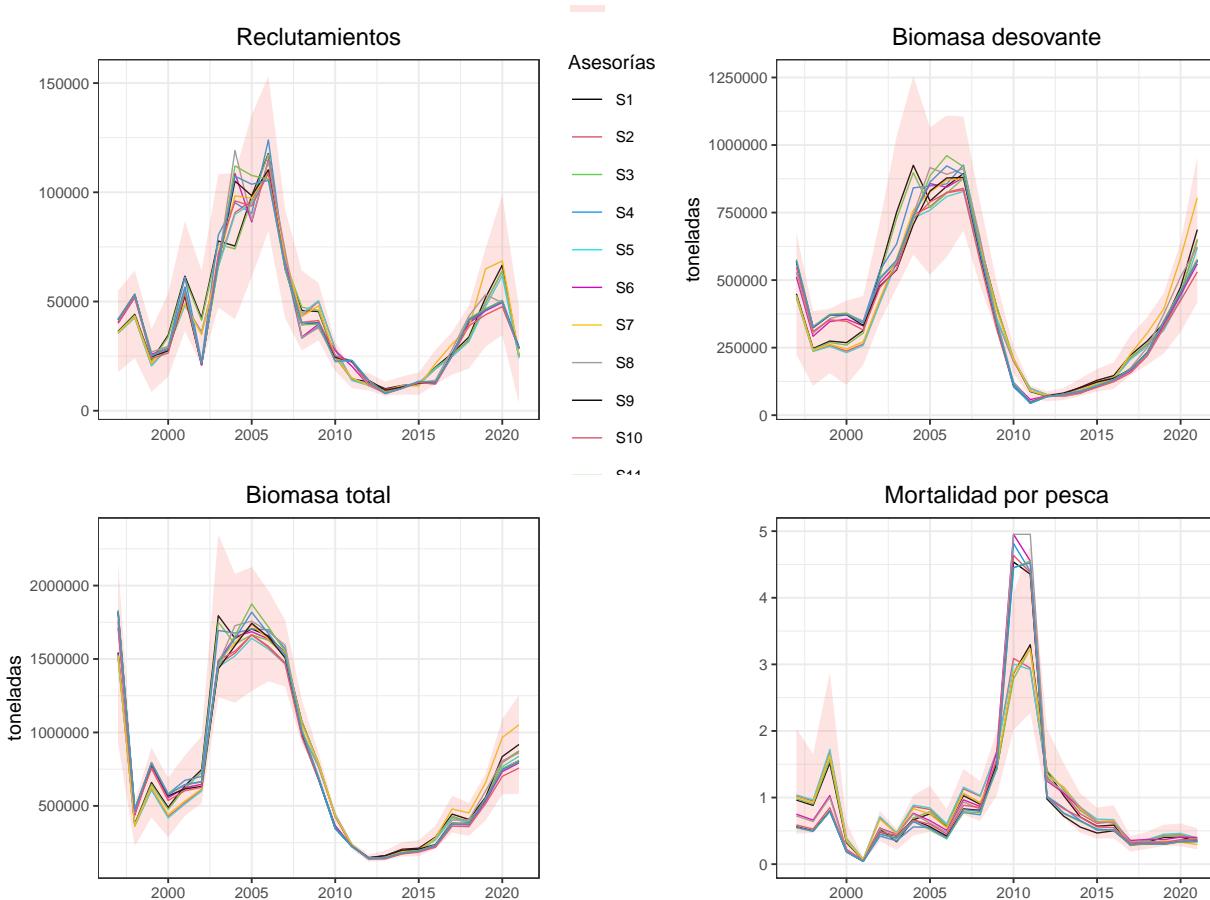
**Tabla 9.** Escenarios de sensibilidad utilizados para resumir los análisis sobre el impacto de cambios en la ponderación (CVs) de índices de crucero, actualización de biomasa desovante estimada por el MPDH e inclusión de nuevos índices de densidad de huevos.

Escenarios	Descripción
S1	igual a caso base
S2	cambia CV MPDH a 0,3
S3	cambia CV crucero otoño a 0,25
S4	cambia CV crucero verano a 0,15
S5	cambia CV mpdh 0,3 y CV crucero otoño a 0,25
S6	cambia CV mpdh 0,3, CV crucero otoño a 0,25 y CV crucero verano 0,15
S7	índice MPDH actualizado, CV mpdh 0,3, CV crucero otoño a 0,30 y CV crucero verano 0.30
S8	índice MPDH actualizado, CV mpdh 0,3, CV crucero otoño a 0,25 y CV crucero verano 0,15
S9	CV de crucero mpdh = 0,3, CV pelaces = 0,25, CV reclas = 0,15, cambia índice de mpdh N°1
S10	CV de crucero mpdh = 0,3, CV pelaces = 0,25, CV reclas = 0,15, cambia índice de mpdh N°2
S11	CV de crucero mpdh = 0,3, CV pelaces = 0,25, CV reclas = 0,15, cambia índice de mpdh N°3
S12	CV de crucero mpdh = 0,3, CV pelaces = 0,25, CV reclas = 0,15, cambia índice de mpdh N°4
...	

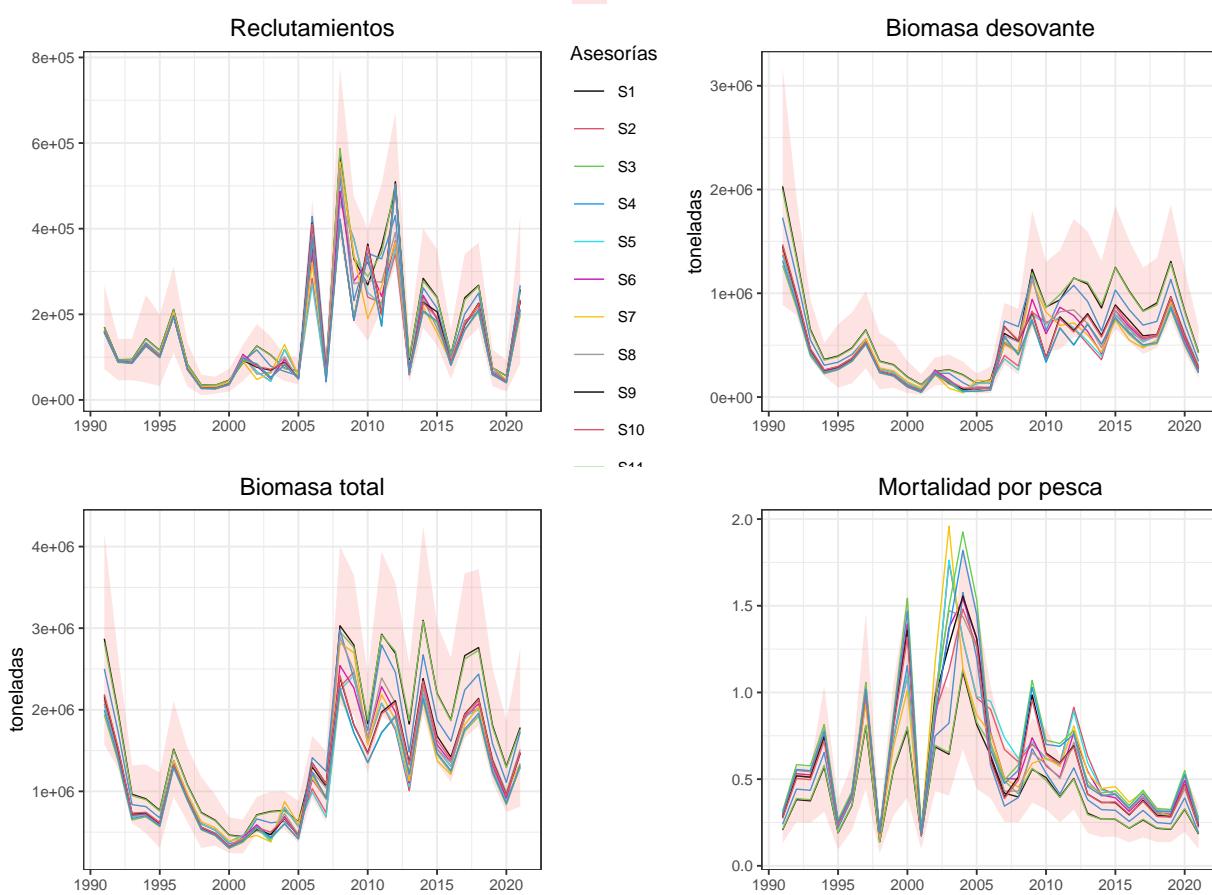


**Figura 3.** Perfiles de verosimilitud para anchoveta (panel izquierdo) y sardina común (panel derecho) que serán utilizados como base para el contraste/comparación de hipótesis respecto de la ponderación de índices de crucero e incorporación de nuevos índices, entre otros.

Las **Figuras 4 y 5** muestran que los análisis preliminares del impacto de los diferentes escenarios de sensibilidad no conducen a concluir que el nuevo proceso de ponderación y/o la incorporación de nuevos índices de abundancia generarán desviaciones importantes en la actuales magnitudes y tendencias de las variables de estado.



**Figura 4.** Tendencias y magnitud de las principales variables de estado para **anchoveta centro-sur** frente a la evaluación de los diferentes escenarios de sensibilidad indicados en la **Tabla 9**

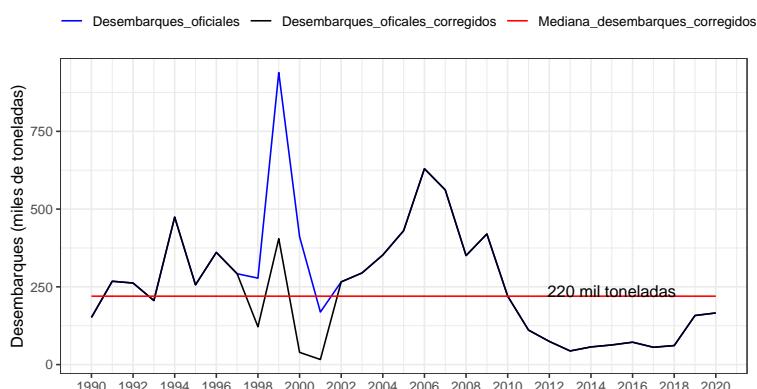


**Figura 5.** Tendencias y magnitud de las principales variables de estado para **sardina común centro-sur** frente a la evaluación de los diferentes escenarios de sensibilidad indicados en la **Tabla 9**

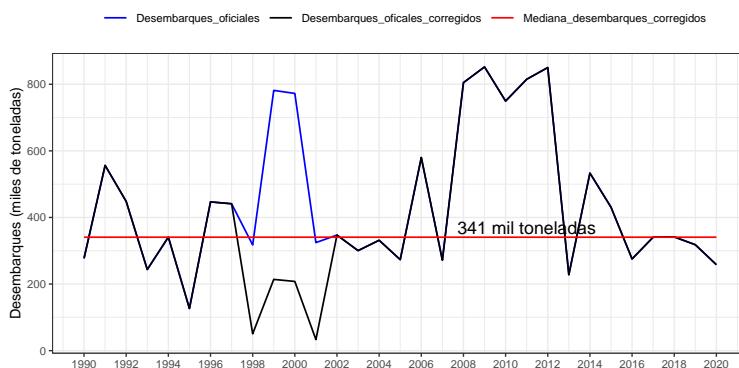
## 2.5. Sobre la Corrección de los desembarques oficiales registrados por Sernapesca

Los desembarques oficiales registrados por Sernapesca corresponden 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 más descarte. 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 2021. La evaluación de stock es realizada en base al año biológico (de julio a junio de cada año), y la serie de desembarques anuales es convertida a temporada de pesca considerando la estacionalidad de la pesquería y la serie oficial corregida entre el 1998-2001 de desembarques anuales.

Existen algunos 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) postularon que las condiciones ambientales pre y durante “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 cual 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) (**Figuras 6 y 7**).



**Figura 6.** Desembarques oficiales de Sernapesca y corregidos por IFOP en el período 1998 - 2001 de anchoveta centro-sur.



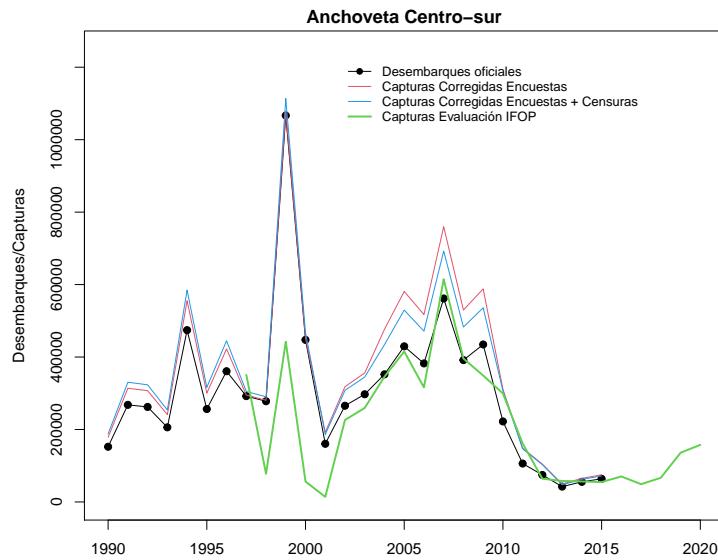
**Figura 7.** Desembarques oficiales de Sernapesca y corregidos por IFOP en el período 1998 - 2001 de sardina común centro-sur.

Los eventos de sub-reportaje y sobre-reportaje son eventos muy probables en esta pesquería, por la presencia en las capturas de sardina común y anchoveta en las regiones de Valparaíso a Los Lagos de mote o bacaladillo, machuelo o trite, o el pampanito, las cuales no están reguladas (Aranís *et al.* 2018). Particularmente, en el caso de la extracción del mote, los registros de desembarques artesanales de Sernapesca señalan que se producen principalmente en la Región del Bío-bío junto a los recursos anchoveta y sardina común. En este sentido, el muestreo de la composición de especies de las capturas a bordo tiene relevancia para poder identificar las especies reales presentes. De lo contrario, podría ocurrir casos de sobre y sub-reportaje de especies, lo que sería una clara manipulación de información, afectando los análisis de monitoreo y determinación de cuotas. Aranís *et al* (2018) mencionan puntualmente eventos de sub-reportaje cuantificados en año 2006.

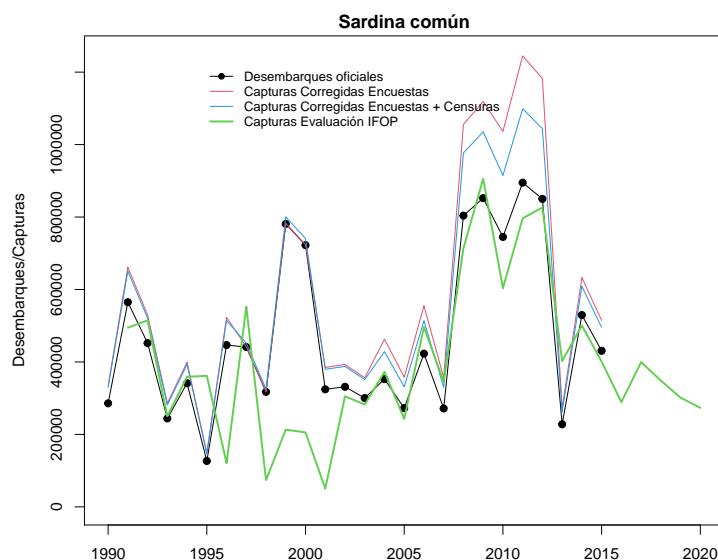
Otra de las problemáticas identificadas en esta pesquería que tienen relación directa con los niveles de capturas de una embarcación en su faena de pesca, independiente de las cuotas que sean asignadas, son la capacidad de bodega y el tamaño de la red. En el caso de las embarcaciones artesanales, con eslora entre 6,0 y 18,0 m, las bodegas pueden fluctuar entre los 4 y 100 m<sup>3</sup> (60 m<sup>3</sup> en promedio). El 52 % de las embarcaciones artesanales se encuentran próximas al tamaño legal de eslora (17 y 18 m) con alta capacidad de pesca lo que conlleva a problemas para la administración y control (Aranís *et al.* 2018). Cabe destacar especialmente, que en la Región del Bío-bío, pese a la regulación pesquera se produjo entre 2003 y 2009 un crecimiento del esfuerzo pesquero, agotamiento de cuotas y presión para que sean aumentadas, sub-reportaje de las especies reguladas y sobre-reportajes de las no reguladas, hechos que distorsionan las estadísticas y en consecuencia provocan riesgos de afectar la sustentabilidad de la pesquería (Aranís *et al.* 2018).

El año 2016 la Pontificia Universidad Católica de Chile desarrolló un proyecto orientado a la corrección de las capturas totales históricas de la pesquería de sardina común y anchoveta V-X Regiones (Wiff *et al.* 2017, Proyecto CUI 2015-72-DAP-27). En este trabajo se identificó una etapa de explotación intensa entre los años 1989-2013, donde se observan importantes cambios de fases respecto de las capturas entre especies (55 % sardina y 45 % de anchoveta para el período) y altos niveles de desembarque. Durante este período, el manejo de la pesquería tuvo relevancia en términos de los forzantes que modularon los descartes y sobre/sub-reportes. Se determinaron 6 períodos entre 1990 y 2015 de distinta longitud, donde las proporciones de corrección de mantienen constantes. Esta información es usada para la construcción de encuestas que fueron aplicadas a 88 usuarios de la pesquería, considerando al sector de extracción como también a los administrativos y científicos y posteriormente, se aplicó un El modelo estadístico para

datos censurados. De este modo, el proyecto propone dos series de capturas corregidas para ambas pesquerías, una serie proveniente completamente de las encuestas y otra que pondera a las encuestas con información de censuras. Estas series serán utilizadas para evaluar la sensibilidad del modelo ante 4 escenarios alternativos de capturas de anchoveta y sardina común (**Figuras 8 y 9**). Los escenarios serán los siguientes: caso 1 = desembarques oficiales, caso 2 = desembarques corregidos período 1998-2001 por IFOP, caso 3 = desembarques corregidos con datos de encuestas y caso 4 = desembarques corregidos con datos de encuestas + censura.



**Figura 8.** Desembarques oficiales de Sernapesca, capturas corregidas por IFOP (1998-2001), capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras. **anchoveta centro-sur**.



**Figura 9.** Desembarques oficiales de Sernapesca, capturas corregidas por IFOP (1998-2001), capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras. **sardina común centro-sur**.



No obstante, las series de capturas corregidas usando datos de encuestas y estadísticas de censuras sólo consideran información hasta el año 2015. Actualmente, existen antecedentes que podrían indicar posible subreportes durante el 2016 y 2020. Específicamente, durante los años 2019 y 2020, se detectó en las bases de datos de IFOP la ausencia de información de desembarques de una fracción de la flota cerquera artesanal (botes a remo, botes a motor y lanchas (< 15 m) que descarga recursos pelágicos en algunos períodos de operación. Los registros externos y declaraciones de Sernapesca no reflejan lo observado comúnmente, respecto de las contribuciones de fauna acompañante, asumiendo subreportes de recursos regulados por cuotas de captura como son la sardina común y anchoveta, aspecto que distorsiona los resultados del seguimiento y evaluación de estas pesquerías. Este contexto, en acuerdo con la Subsecretaría de Pesca y solicitado por el CCT-PP se recomendó un trabajo conjunto entre IFOP e INPESCA para complementar y corregir la información indicada.

Al respecto, actualmente se están desarrollando reuniones de trabajo colaborativas entre los equipos técnicos de seguimiento y evaluación de stock de IFOP, INPESCA y SUBPESCA, para trabajar en una propuesta de desembarques corregidos para anchoveta y sardina común de la zona centro-sur, que permita contrastar el desembarque oficial reportado al Sernapesca durante los últimos años. Este trabajo se desarrollará sobre las bases de datos de bitácoras de pesca, estructuras de talla y proporción de especies de las instituciones involucradas.

Las tareas a desarrollar en el mediano plazo son las siguientes:

- Identificar una metodología común para corregir las capturas y desembarques, la cual ha sido aplicada independientemente por ambas instituciones basadas en los muestreos de proporción de especies.
- Precisar los niveles frecuentes o normales de fauna acompañante de la pesquería pelágica centro-sur.
- Identificar los periodos de ausencia de información consistente de IFOP y comparar con las series de INPESCA para evaluar la factibilidad de integración de datos.
- Definir los espacios muestrales de período temporal, segmento de flota, regiones y recursos a corregir (especie(s) objetivo, fauna acompañante).
- Completar series de información y realizar las eventuales correcciones de captura por recurso, período y región basado en los muestreos de proporción de especies. Aplicar una metodología común para la corrección de capturas.
- Evaluar la pertinencia de incorporar las correcciones a los estudios de Seguimiento y Evaluación ya sea directamente o como escenarios corregidos.



### 3. Referencias bibliográficas

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, K Walker, G Muñoz, L, Caballero, G Eisele, F Cerna, C Valero, A Lopez, C Machuca, L Muñoz, M Ramirez, M Troncoso, M Albornoz, J Bonicelli, U Cifuentes. 2018. Informe pre-final. Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la zona centro-sur de Chile, V-XI Regiones, año 2017. Subsecretaría de Economía y EMT, Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 315 p+Anexos.

Arcos D, L Cubillos & 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.

Canales C, MJ Zúñiga & 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 Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 92 pp.+ anexos.

Claramunt G, L Cubillos, L Castro, C Hernández & M Arteaga. 2014. Variation in the spawning periods of *Engraulis ringens* and *Strangomera bentincki* off the coasts of Chile: A quantitative analysis. Fish. Res.160, 96-102

Cubillos L, L Castro, G Claramunt & S Soto. 2017. Informe Final. Evaluación de stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Regiones, año 2016. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 168 p + Anexos.

Grendi C, L Cubillos, L Castro, S Soto, G Claramunt et al., 2020. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos, año 2019. Convenio de Desempeño 2019, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso. 197 p + Anexos.

Wiff R, M Lima, S Gelcich, M Canales, D Queirolo, M Ahumada, F López, S Gacitúa, A Flores & L Serramalera. 2017. Metodología para la estimación de las capturas totales anuales históricas. Caso de estudio: Pesquería de sardina común y anchoveta V-X Región. Informe Final. CAPES-UC- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA). Proyecto CUI 2015-72-DAP-27. 225 pp.

Zúñiga MJ & CR 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. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 87 p + Anexos.

# A N E X O III

---

Procedimiento transitorio de incorporación del descarte en la evaluación de stock y descuento en la proyección de la Captura Biológicamente Aceptable de peces pelágicos pequeños de Chile.

# **ANEXO III**

## **Procedimiento transitorio de incorporación del descarte en la evaluación de stock y descuento en la proyección de la Captura Biológicamente Aceptable de peces pelágicos pequeños de Chile.**

María José Zúñiga Basualto, Rodrigo Vega Muñoz, Benjamín Suárez Ahumada, Juan Carlos Quiroz Espinosa

### **Índice**

1. RESUMEN . . . . .	2
2. ANTECEDENTES . . . . .	3
3. METODOLOGÍA . . . . .	6
3.1. Captura total, retenida y descartada estimada por el Programa de Seguimiento del descarte.	6
3.2. Corrección de la serie de desembarque utilizado en la evaluación de stock . . . . .	9
3.3. Descuento del porcentaje de descarte a la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) . .	9
4. RESULTADOS . . . . .	10
4.1. Descarte de la pesquería de anchoveta de la zona norte. . . . .	10
4.2. Descarte de la pesquería de anchoveta centro-norte. . . . .	13
4.3. Descarte de la Pesquería de anchoveta y sardina común de la zona centro-sur. . . . .	16
4.4. Descarte de la pesquería de sardina austral de la Región de Los Lagos. . . . .	25
4.5. Identificación de brechas en el estudio de descarte de la pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños. . . . .	28
4.6. Plan de trabajo a futuro . . . . .	29
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	30



## 1. RESUMEN

Este documento técnico se presenta en el marco del proceso de asesoría 2022 de los recursos anchoveta norte, centro norte, centro sur, sardina común centro sur y sardina austral, en los cuales se requiere adoptar un procedimiento para incorporación del descarte en la evaluación de stock y CBA. Este procedimiento es necesario tanto para conducir de forma interna los programas de los proyectos de descarte y evaluación de stock, así como para dar respuesta a los requerimientos del CCT-PP. Se han llevado a cabo reuniones entre los equipos técnicos de descarte y evaluación de stock de pesquerías pelágicas con el objetivo de identificar las brechas existentes en la estimación de la captura descartada, como también, definir un porcentaje de descarte que será aplicado como mínimo por un par de años mientras se avanza en la reducción de brechas del programa de descarte. En estas reuniones se revisó la metodología implementada por el programa de descarte pelágico para estimar la captura total, retenida y descartada semestral, por flota y macrozona. A partir de estas estimaciones se obtiene el porcentaje de descarte que será utilizado en la evaluación de stock de cada uno de los recursos para corregir la serie de desembarque que ingresa como dato de entrada en la evaluación de stock. Adicionalmente, para los años en que no se cuente con información de descarte se utilizará un supuesto para el porcentaje de descarte a utilizar en la corrección del desembarque correspondiente y para la proyección de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) se utilizará un supuesto del porcentaje de descarte proyectado. Ambos supuestos serán revisados y sancionados en el seno del Comité Científico Técnico para cada una de las pesquerías de peces pelágicos pequeños. En este documento se revisan los datos de descarte y se recomiendan porcentajes de descarte para cada pesquería, se identifican las brechas en el estudio de descarte de la pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños y un plan de trabajo a desarrollar en el mediano y largo plazo.



## 2. ANTECEDENTES

Las pesquerías de peces pelágicos pequeños en Chile utilizan redes de cerco y su captura es destinada principalmente a la reducción de harina de pescado, por lo tanto, en teoría, tendrían bajas tasas de descarte. Particularmente, la pesquería de la zona norte se ha caracterizado los últimos años por la alta presencia de individuos bajo talla (menores a 12 cm LT), generando descarte producto del enmalle y por el bajo valor y calidad del producto de peces de bajo tamaño. Por otro lado, la pesquería de carácter mixta, capturando conjuntamente sardina común y anchoveta en la zona centro-sur, junto con el disímil estado de explotación de cada especie y con establecimiento de cuotas de pesca significativamente diferentes, conforman un relevante incentivo para descartar el recurso limitante y así poder completar la cuota de captura asignada al recurso principal (especie objetivo). Para dimensionar esta problemática, a partir del 2014 se desarrolló el Programa de Observadores Científicos que estudió, entre otros, el descarte y captura incidental de aves, mamíferos y tortugas marinas en las flotas cerqueras artesanales e industrial de peces pelágicos de sardina común (*Strangomera bentincki*), anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona centro-sur, a partir del 2014-2015 y anchoveta en la zona norte de Chile (XV a II regiones) y sardina austral (*Sprattus fueguensis*) de la Región de Los Lagos, desde el año 2017. Por otro lado, la pesquería de anchoveta centro norte aún se encuentra en ejecución de su programa de investigación inicial.

El levantamiento de información base proviene de la observaciones directas realizadas a bordo por observadores científicos, complementada por información entregada por los capitanes y patrones de pesca a través de una bitácora de autoreporte. En estas bitácoras los capitanes registran la información de capturas totales por lance, los descartes, la pesca incidental y las causas del descarte. A partir de esta información, Vega *et. al.*, (2017, 2018, 2019 y 2020) realizaron la estimaciones de captura total, estimación de descarte y sus causas, proporción de captura retenida y descartada, características biológicas de las especies objetivo y fauna acompañante, junto a información de captura de pesca incidental y mortalidad de aves, mamíferos y tortugas marinas en las flotas cerqueras artesanales e industriales en las diferentes zonas de operación. La estimación de capturas a bordo de embarcaciones cerqueras artesanales e industriales, se realizó mediante la estimación del patrón o capitán de pesca, a través de la lectura de equipos de detección, en conjunto con una estimación visual en el fin del virado de la red de pesca, permitiendo la estimación del descarte, pues se realiza principalmente desde la captura en el agua.

El Artículo 7ºB 1 de la actual Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, N°18.892) indica que no podrá realizarse el descarte de individuos de una especie objetivo, cualquiera sea su régimen de acceso, y su fauna acompañante, salvo que i) se haya fijado una cuota global anual de captura para la especie objetivo y, ii) en el proceso de establecimiento de la cuota global anual de captura se haya considerado el descarte. En este sentido, Zúñiga & Quiroz (2017) expusieron algunas opciones para incorporar en el modelo de evaluación de stock otras fuentes de mortalidad por pesca no representadas en las series de capturas, evaluando escenarios que incorporan potenciales niveles de descartes.

Estos escenarios fueron revisados por el CCT-PP en la sesión de octubre 2017 (Acta 06/2017, escenario 5) donde se adoptó utilizar un 4 % de descarte para el período 2000/01 - 2015/16 y un 2 % de descarte para los años siguientes. En septiembre 2020, estos porcentajes fueron revisados con información del Programa de descarte 2019/20 (Vega *et al.* 2020). Basado en esta revisión, el CCT-PP se acordó que el porcentaje de descarte en la evaluación de stock debería actualizarse regularmente con información del Programa de descarte de IFOP. (Acta N°1 año 2020 [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109918\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109918_documento.pdf)).

En marzo del 2020 se realizó una presentación del Programa de descarte de IFOP al CCT-PP con el objetivo de informar sobre el proceso de descarte y sus impactos en el manejo de estas pesquerías



pelágicas centro-sur, enfatizando en aspectos analíticas asociados al estimador. (Acta N°1 año 2020 [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109918\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109918_documento.pdf)). El estimador de captura del descarte pelágico es diseño-basado y que expande, desde una primera etapa a nivel de lance hacia las capturas totales.

Este estimador se expande a nivel de viaje generando una captura promedio. También posee un estimador de varianza tanto por lance como por viaje de pesca. Al respecto, los datos de capturas descartadas de sardina común estimadas para los años 2017, 2018 y 2019 evidencian un aumento en el porcentaje de captura descartada desde el 2017 al 2018, debido a que hubo una mayor cantidad de lance con descarte en el 2018. Surge una intensa discusión al interior de CCT-PP sobre el procedimiento de evaluación y cuantificación del descarte a bordo de las embarcaciones pesqueras.

Hay cierta inquietud porque la estimación del total de toneladas descartadas está basada en registros visuales, dependientes de las personas que observan, que en la mayoría de los casos corresponde al capitán o al patrón de pesca. Se reconoce que este procedimiento tiene elementos de subjetividad, como por ejemplo que se tienda a no descartar cuando el observador científico se encuentre a bordo. El CCT-PP consideró interesante avanzar en levantar un diagnóstico que tipifique las causas del descarte porque pueden ser variadas y multifactoriales.

La naturaleza multifactorial de las causas de descarte llevan a preguntarse cuál es el supuesto de descarte más razonable de incorporar en la proyección que se utiliza para descontar en la CBA. Una de las opciones para ello es suponer que se mantendrá el mismo porcentaje del año anterior. Sin embargo, el CCT-PP considera que debido a esta naturaleza multifactorial, que gatilla incertidumbre sobre los valores centrales (eg, promedio o mediana) de descarte, se requiere avanzar en la definición de ciertos umbrales y/o criterios. Surge una discusión al interior de CCT-PP de cómo avanzar para lograr resumir información para evaluar cuál es la importancia real del descarte en la evaluación, reconociendo que el descuento que se hace de la cuota es un mecanismo precautorio. En esa dirección pareciera que se debiese avanzar hacia un análisis de sensibilidad con distintos escenarios mediante procesos de simulación.

Finalmente por consenso los miembros del CCT-PP declaran que se debe transitar hacia un valor referencial base inmediato para este año y el próximo, mientras se obtienen los resultados de la nueva normativa que deberá tender a consolidar un descarte mínimo. También desde la Subsecretaría de Pesca se subraya que el proceso de implementación de monitoreo con cámaras a bordo y bitácoras electrónicas disponible en tiempo real, facilitará el registro y diagnóstico del descarte en el mediano plazo.

En la 6ta sesión del CCT-PP se discutió largamente sobre el porcentaje de descarte a utilizar en el descuento de la CBA 2021 (Acta N°6, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles108975\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles108975_documento.pdf)) por lo cual se solicitó al equipo técnico del programa de descarte de IFOP realizar, en una sesión extraordinaria realizada en diciembre 2020 (Acta Sesión Extraordinaria N°1, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-109471_documento.pdf)), una presentación que exponga el abanico de estimaciones de captura descartada. Al respecto, una de las problemáticas identificadas tiene relación con la alta incertidumbre en la estimación del descarte, que potencialmente responde a la reducida serie anual, diferencia de cobertura y tamaños de muestra entre estratos, forma de estimación de descarte (eg, visual), variación de la proporción de las especies; complejizando su uso para la toma de decisiones. Dado lo anterior, el CCT-PP consideró necesario, destinar una sesión específica de trabajo para abordar la temática y evaluar la viabilidad administrativa y técnica de algunas propuestas de solución que fueron planteadas, como por ejemplo, mantener un valor fijo por un período interino (Acta Sesión Extraordinaria N°1).

En el marco del proceso de asesoría 2021 de los recursos anchoveta norte, centro norte, centro sur, sardina



común centro sur y sardina austral, se requiere adoptar un procedimiento para incorporación del descarte en la evaluación de stock y CBA. Este procedimiento es necesario tanto para conducir de forma interna los programas de los proyectos de descarte y evaluación de stock, así como para dar respuesta a los requerimientos del CCT-PP en las materias y problemáticas expuestas en párrafos previos.

Para abordar esta solicitud, la SSPA solicitó a IFOP una propuesta que viabilizara un valor central de descarte (expresado en porcentaje) a utilizar en el descuento de la CBA. Esta propuesta debe ser presentada al CCT-PP para su discusión y adopción en la primera sesión que se realizará el 25 de febrero 2021 (Acta No 1 2021, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238_documento.pdf)) . Al respecto, se han llevado a cabo reuniones entre los equipos técnicos de descarte y evaluación de stock de pesquerías pelágicas con el objetivo de identificar las brechas existentes en la estimación de la captura descartada, como también, definir un porcentaje de descarte para ser aplicado como mínimo por un par de años mientras se avanza en la reducción de brechas del programa de descarte.



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Captura total, retenida y descartada estimada por el Programa de Seguimiento del descarte.

La **Tabla 1** muestra las especies objetivos analizadas de las pesquerías de peces pelágicos pequeños por macrozona y flotas muestreadas para los años de estudio del descarte. De acuerdo a la metodología reportada por Vega *et. al.*, (2020), para la estimación de la captura total, retenida y descartada se utiliza información tomada a bordo de embarcaciones que realizan operaciones de pesca comercial. Las capturas por lance (total, retenida y descartada) se estiman visualmente, considerando además información proveniente de los equipos de detección del barco. Cuando se observa un descarte completo desde la red en el agua, la proporción de especies se estima de manera visual debido a la dificultad de acceder a la muestra. Cuando el descarte es parcial, se asume que la proporción de especies y las características biológicas de los ejemplares descartados son los mismos que los ejemplares muestreados en el lance de la captura retenida.

**Tabla 1.** Especies objetivos analizadas de la pesquerías de peces pelágicos pequeños por macrozona, flotas muestreadas y años de estudio de descarte.

Especies objetivo analizadas	Macrozonas analizadas	Flotas muestreadas	Años de estudio del descarte
Anchoveta norte	1 macrozona: Regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta	Artesanal e industrial	2017, 2018, 2019 y 2020
Anchoveta centro-norte	1 macrozona: Regiones de Atacama a Coquimbo.	Artesanal	2018, 2019 y 2020
Anchoveta centro-sur	3 macrozonas: Regiones de Valparaíso, Bío bío, Los Ríos	Artesanal	2017, 2018, 2019 y 2020
Sardina común centro-sur	3 macrozonas: Regiones de Valparaíso, Bío bío, Los Ríos	Artesanal	2017, 2018, 2019 y 2020
Sardina austral	1 macrozona: Aguas interiores de Región de Los Lagos	Artesanal	2017, 2018, 2019 y 2020

Para estimar la captura total, retenida y descartada, se utiliza estimadores diseño-basados, asociados a un diseño de muestreo estratificado de conglomerados bietápico, en donde la unidad de primera etapa fue el viaje y la unidad de segunda etapa fue el lance de pesca. Las estratificaciones son de tipo espacial (por región o macrozona), temporal (año o semestre según corresponda) y operacional (por flota) (**Tabla 2**). Como factor de expansión se utiliza el número total de viajes realizados por la pesquería ( $N_h$ ). Para determinar el número total de viajes se utiliza la base de datos de desembarque registrado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), asumiendo que cada desembarque es equivalente a un viaje de pesca. Finalmente, para estimar la captura total, retenida y descartada de las pesquerías de peces pelágicos pequeños de cada macrozona se utilizó la proporción de especies de cada lance muestreado. Se asume una relación directamente proporcional entre la captura de la especie en particular y la captura total, retenida y descartada estimada para el estrato correspondiente (especie objetivo/macrozona/flota) (**Tabla 4**).



**Tabla 2.** Estimadores de la captura, varianza y coeficiente de variación diseño basado, asociados a un diseño de muestreo estratificado de conglomerados bietápico, en donde la unidad de primera etapa es el viaje y la unidad de segunda etapa es el lance de pesca para cada estrato considerado.

Estimador	símbolo	Ecuación	Descripción
<b>Captura estimada</b>			
a) Captura promedio de los lances muestreados en el viaje $i$ del estrato $h$	$\widehat{Y}_{hi}$	$\frac{1}{m_{hi}} \sum_{j=1}^{m_{hi}} Y_{hij}$	$m_{hi}$ = número total de lances en la muestra del viaje $i$ del estrato $h$ . $Y_{hij}$ = Captura observada del lance $j$ en el viaje $i$ del estrato $h$
b) Captura promedio de los viajes muestreados en el estrato $h$	$\widehat{Y}_h$	$\frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} M_{hi} \widehat{Y}_{hi}$	$n_h$ =número de viajes muestreados en el estrato $h$ . $M_{hi}$ =número total de lances en el viaje $i$ del estrato $h$ . $\widehat{Y}_{hi}$ = Captura promedio de los lances muestreados en el viaje $i$ del estrato $h$ .
c) Captura estimada en el estrato $h$	$\widehat{Y}_h$	$N_h \widehat{Y}_h$	$N_h$ =número total de viajes realizados en el estrato $h$ .
<b>Varianza de la captura</b>	$\widehat{V}(\widehat{Y}_h)$	$N_h^2 \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \frac{1}{n_h} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \left( M_{hi} \widehat{Y}_{hi} \widehat{Y}_h \right)^2}{n_h - 1} \right] + \frac{N_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} M_{hi}^2 \left(1 - \frac{m_{hi}}{M_{hi}}\right) \frac{\sum_{j=1}^{m_{hi}} \left( Y_{hij} - \widehat{Y}_{hi} \right)^2}{m_{hi}(m_{hi}-1)}$	$n_h$ =número de viajes muestreados en el estrato $h$ . $N_h$ =número total de viajes realizados en el estrato $h$ $M_{hi}$ =número total de viajes en el viaje $i$ del estrato $h$ . $\widehat{Y}_{hi}$ = Captura promedio de los lances muestreados en el viaje $i$ del estrato $h$ . $\widehat{Y}_h$ = Captura promedio de los viajes muestreados del estrato $h$
<b>Coeficiente de variación</b>	$CV(\widehat{Y}_h)$	$100 * \frac{\sqrt{\widehat{V}(\widehat{Y}_h)}}{\widehat{Y}_h} \%$	$\widehat{Y}_h$ =Captura estimada en el estrato $h$



**Tabla 3.** Proporción de especies de recursos pelágicos de interés comercial estimados en la captura total, retenida y descartada del viaje y estrato correspondiente y su respectiva varianza.

Estimador	Símbolo	Ecuación	Descripción
Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del viaje $i$ y estrato $h$	$\hat{p}_{ieh}$	$\hat{Y}_{ieh} = \frac{\sum_{j=1}^{m_{ih}} y_{ijeh}}{\sum_{j=1}^{m_{ih}} y_{ijh}}$	$y_{ijeh}$ = Captura total, retenida y descartada observada en el lance $j$ , viaje $i$ , de la especie $e$ y estrato $h$ . $y_{ijh}$ = Captura total, retenida y descartada observada en el lance $j$ , viaje $i$ y estrato $h$ . $Y_{ieh}$ = Captura total, retenida y descartada observada en el viaje $i$ , de la especie $e$ y estrato $h$ . $Y_{ih}$ = Captura total, retenida y descartada observada en el viaje $i$ y estrato $h$ . $m_{ih}$ = Número total de lances en la muestra del viaje $i$ del estrato $h$
Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del estrato $h$	$\hat{p}_{eh}$	$\hat{Y}_{eh} = \frac{1}{\hat{Y}_h} \sum_{i=1}^{n_h} Y_{ih} \hat{p}_{ieh}$	$\hat{p}_{ieh}$ = Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del viaje $i$ y estrato $h$ . $Y_{eh}$ = Captura total, retenida y descartada observada de la especie $e$ en el estrato $h$ . $Y_h$ = Captura total, retenida y descartada observada en el estrato $h$ . $n_h$ = Número de viajes muestrados en el estrato $h$ .
Varianza de la proporción de especies	$\hat{V}_{\hat{p}_{eh}}$	$\left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \sum_{i=1}^{n_h} \frac{Y_{ih}^2}{\hat{Y}_h^2} \frac{(\hat{p}_{ieh} - \hat{p}_{eh})^2}{n_h(n_h-1)} + \frac{1}{n_h N_h} \sum_{i=1}^{n_h} \left(1 - \frac{m_{ih}}{M_{ih}}\right) \frac{Y_{ih}^2}{\hat{Y}_h^2} \frac{\hat{p}_{ieh}(1-\hat{p}_{ieh})}{(m_{ih}-1)}$	$\hat{p}_{eh}$ = Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del viaje $i$ y estrato $h$ . $\hat{p}_{eh}$ = Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada en el estrato $h$ . $n_h$ = Número de viajes muestrados en el estrato $h$ . $N_h$ = Número total de viajes realizados en el estrato $h$ . $M_{ih}$ = Número total de lances en el viaje $i$ del estrato $h$ . $m_{ih}$ = Número total de lances en la muestra del viaje $i$ del estrato $h$ . $Y_{ih}$ = Captura total, retenida y descartada observada en el viaje $i$ y estrato $h$ . $\hat{Y}_h$ = Captura promedio de los viajes muestrados del estrato $h$ .
Captura Total, Retenida y Descartada estimada de la especie $e$ el estrato $h$	$\hat{Y}_{eh}$	$\hat{p}_{eh} * \hat{Y}_h$	$\hat{p}_{eh}$ = Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del estrato $h$ . $\hat{Y}_h$ = Captura estimada en el estrato $h$ .
Varianza de la captura total, retenida y descartada por especie	$\hat{V}_{\hat{Y}_{eh}}$	$\hat{Y}_h^2 \hat{V}(\hat{p}_{eh}) + \hat{p}_{eh}^2 \hat{V}(\hat{Y}_h) - \hat{V}(\hat{Y}_h) \hat{V}(\hat{p}_{eh})$	$\hat{Y}_h$ = Captura estimada en el estrato $h$ . $\hat{p}_{eh}$ = Proporción de la especie $e$ en la captura total, retenida y descartada del estrato $h$ .



Finalmente, para este estudio se utilizó la estimación del porcentaje de descarte obtenido desde la captura total ( $\hat{Y}_{Teht}$ ) y descartada ( $\hat{Y}_{Deht}$ ) estimada para cada especie objetivo ( $e$ ), estrato  $h$  (macrozona/flota) y año/semestre ( $t$ ) proporcionada por el programa de descarte de pesquerías de peces pelágicos.

$$\%Descarte_{eht} = \frac{\hat{Y}_{Deht}}{\hat{Y}_{Teht}} \quad (1)$$

### 3.2. Corrección de la serie de desembarque utilizado en la evaluación de stock

La evaluación de stock de pesquerías pelágicas asume que la captura total es igual al desembarque registrado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) y por lo tanto, el descarte sería una fuente adicional de mortalidad por pesca. Para incorporar el descarte en los modelos de evaluación se utiliza la captura total y descartada estimada por el programa de seguimiento del descarte para calcular el porcentaje de descarte que será utilizado como un factor de corrección de la serie de desembarques anuales/semestrales utilizado en la evaluación de stock.

$$Capturatotal_t = (\%Descarte_t * Desembarque_t) + Desembarque_t \quad (2)$$

Para los semestres/años que no se cuente con información de descarte se propone utilizar el promedio de la captura total y descartada estimada por el programa de descarte para obtener el supuesto del porcentaje de descarte utilizado para corregir el desembarque utilizado en la evaluación de stock y para el supuesto de porcentaje de descarte proyectado que será utilizado en la proyección de la CBA.

### 3.3. Descuento del porcentaje de descarte a la Captura Biológicamente Aceptable (CBA)

La actual Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, Nº18.892) persigue la conservación y el uso sustentable de los recursos pesqueros mediante la aplicación del enfoque precautorio y ecosistémico, garantizando el resguardo de los ecosistemas marinos. En este contexto, el Artículo 7ºB de la LGPA indica que no podrá realizarse el descarte de individuos de una especie objetivo, cualquiera sea su régimen de acceso, y su fauna acompañante, salvo que se i) haya fijado una cuota global anual de captura para la especie objetivo y, ii) que en el proceso de establecimiento de la cuota global anual de captura se haya considerado el descarte, entre otras restricciones indicadas por el citado artículo.

Para dar cumplimiento a esta normativa se estima una  $CBA_{total}$  que da cuenta de toda la mortalidad por pesca incluido el descarte. El CCT-PP debe establecer el rango de CBA que se construye a partir de una CBA máxima ( $CBA_{max}$ ) es decir, el rango por ley es ( $0,8 * CBA_{max}; CBA_{max}$ ). Esta  $CBA_{max}$ , deberá estimarse a partir de la  $CBA_{total}$  descontando el porcentaje de descarte supuesto para el año 2021. La proporción del descarte ( $pd$ ) supuesto para el año 2021 y que deberá ser descontado de la  $CBA_{total}$  para establecer  $CBA_{max}$ .

$$CBA_{max} = CAB_{total} - pd * CBA_{total} \quad (3)$$



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Descarte de la pesquería de anchoveta de la zona norte.

En esta pesquería una de las principales causas del descarte se debe al enmallado de individuos bajo talla comercial (menores a 12 cm), exceder el límite permitido de fauna acompañante (langostino colorado enano), y en menor grado la captura de especies prohibidas. Respecto a la estimación de capturas totales, se observa un comportamiento estacional en las estimaciones de capturas totales tanto en la flota artesanal como industrial. Con mayores niveles de capturas registrados durante el primer semestre de cada año. Los mayores niveles de captura total y descartadas son realizados por la flota industrial, durante el primer semestre. Respecto al número de viajes totales en ambas flotas disminuyen durante el segundo semestre. El número de viajes totales realizados por la flota industrial es de 1965 durante el primer semestre y 1.061 en el segundo semestre en promedio. La flota artesanal realiza 2.255 viajes durante el primer semestre y 1965 viajes durante el segundo semestre. No obstante el número de viajes muestreados de la flota industrial y artesanal está entre 30 a 40 viajes muestreado por flota. Por lo tanto, el porcentaje de cobertura de los viajes muestreados es bajo, es decir, menos del 5 % de los viajes realizados por la flota artesanal e industrial son muestreados por observadores científicos. Durante el primer semestre 2020 se registró el nivel más bajo de captura total y descartada producto de la reducción significativa de los viajes totales. Esta disminución ocurre debido a la prohibición de perforación de la flota industrial, que obligó a redirigir su esfuerzo a la captura de jurel. De este modo, la captura de anchoveta fue realizada solamente por la flota artesanal. Adicionalmente, en la flota artesanal disminuyeron significativamente los viajes muestreados de observadores científicos durante el primer semestre del 2020 por la complejidad de implementar protocolos de seguridad frente a la pandemia, generando una baja cobertura de la flota , siendo el valor más bajo de cobertura del período de estudio (**Figura 1, Tabla 4**). Por lo tanto, la estimación de descarte para el 2020 se considera atípica y poco confiable para ser utilizada en la evaluación de stock de este recurso.

La evaluación de stock de anchoveta norte reportado por Espíndola, (2021) incorpora los porcentajes de descarte estimados entre el 2017 al 2019 (**Tabla 5**) para corregir la serie de desembarques semestrales de la flota chilena artesanal e industrial de anchoveta norte. Los supuestos de descarte utilizados en la evaluación de stock entregada en la asesoría de marzo 2021 (2do Hito CBA 2021) fueron los siguientes:

- I. El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección de la serie de desembarques semestrales (2020,0; 2020,5) para flota artesanal e industrial se obtiene del promedio de serie 2017-2019.
- II. El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA semestral 2021 para la flota total se obtiene del promedio de la serie de datos 2017-2019.

El supuesto 1 se justifica debido a la alta incertidumbre de la estimación de captura descartada del primer semestre 2020 por las siguientes razones:

- Se prohíben perforaciones de la flota industrial
- Sólo captura anchoveta flota artesanal
- Flota industrial redirige su esfuerzo a captura de jurel (baja captura de anchoveta)
- Disminuyen el número de viajes muestreados por protocolos de seguridad (pandemia)
- Baja cobertura de muestreo

Los supuestos sugeridos para la asesoría de septiembre 2021 (1er Hito CBA 2022) son los siguientes:

- I. El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección de la serie de desembarques semestrales (2020,0) para flota artesanal e industrial se obtiene del promedio de serie 2017 - 2019. Se sugiere



revisar el supuesto de descarte del Segundo semestre del 2020 (2020,5) con información actualizada del descarte.

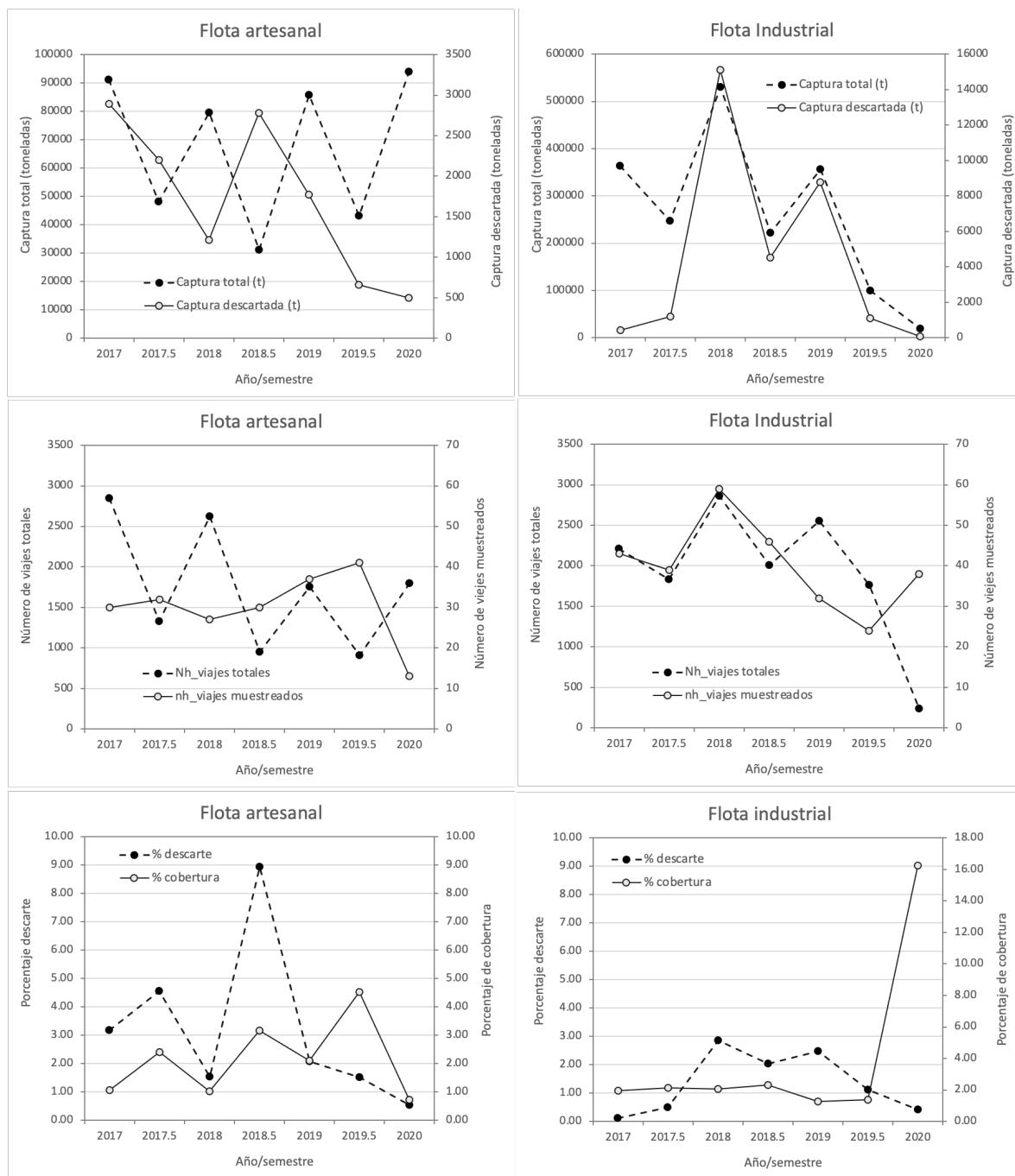
- II. El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA semestral 2021 y 2022 para la flota total se obtiene del promedio de la serie de datos 2017 - 2019.

**Tabla 4.** Estimaciones de captura total (*CT*), retenida (*CR*) y descartada (*CD*) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para el período 2017 al 2020 por semestre y flota de la pesquería de cerco de **Anchoveta de la zona norte**.

Año	Semestre	Flota	Captura total (t)	$CV_{CT} \%$	Captura retenida (t)	$CV_{CR} \%$	Captura descartada (t)	$CV_{CD} \%$	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2017	1	Artesanal	91.182	14,1	88.290	14,7	2.892	35,4	3,2	30	2.845	1,1
		Industrial	363.031	12,7	362.620	12,8	411	62,8	0,1	43	2.210	1,9
	2	Artesanal	48.199	12,6	46.003	14,2	2.196	52,1	4,6	32	1.331	2,4
		Industrial	246.902	13,5	245.702	13,7	1.200	79,5	0,5	39	1.835	2,1
2018	1	Artesanal	79.450	17,2	78.238	17,7	1.213	56,5	1,5	27	2.620	1,0
		Industrial	530.289	9,8	515.183	9,5	15.106	95,4	2,8	59	2.864	2,1
	2	Artesanal	31.106	17,6	28.325	16,6	2.781	65,5	8,9	30	947	3,2
		Industrial	221.449	13,5	216.934	13,8	4.515	65,8	2,0	46	2.004	2,3
2019	1	Artesanal	85.711	8,1	83.941	8,6	1.770	79,3	2,1	37	1.756	2,1
		Industrial	355.916	13,8	347.147	13,9	8.769	82,7	2,5	32	2.551	1,3
	2	Artesanal	43.221	9,0	42.565	9,0	656	68,2	1,5	41	905	4,5
		Industrial	98.755	16,7	97.652	16,2	1.103	84,2	1,1	24	1.764	1,4
2020	1	Artesanal	93.957	17,0	93.462	17,0	496	82,6	0,5	13	1.800	0,7
		Industrial	18.240	15,4	18.166	15,4	74	47,5	0,4	38	234	16,2
	2	Artesanal										

**Tabla 5.** Captura total (CT) y descartada (CD) promedio 2017-2019 por semestre y flota utilizados para obtener el % de descarte a utilizar en el supuesto 1 (corrección de la serie de desembarques) y para el supuesto 2 (proyección de CBA) se utiliza la captura total y descartada promedio para la flota total chilena. **Supuestos utilizados en la asesoría de marzo 2021 de anchoveta norte.**

Supuestos	Año	Flota	Semestre	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de la serie de desembarques semestrales	2020	Artesanal	1	85.448	1.959	2,3 %
			2	40.842	1.878	4,6 %
		Industrial	1	416.412	8.095	1,9 %
			2	189.035	2.272	1,2 %
Proyección de la CBA semestral	2021	TOTAL	1	501.860	10.054	2,0 %
			2	229.877	4.150	1,8 %



**Figura 1.** Captura total y descartada semestral (panel superior) estimada para la flota artesanal e industrial. (panel intermedio) Número de viajes totales y muestreados en la flota artesanal e industrial. (panel inferior) Porcentaje de descarte y de cobertura de la flota artesanal e industrial. **Anchoveta Norte.**



#### 4.2. Descarte de la pesquería de anchoveta centro-norte.

El programa de descarte de la pesquería de anchoveta centro-norte comenzó el año 2018, pero con tamaños de muestra muy reducidos, por lo cual no fue posible estimar capturas retenidas y descartadas para la flota. La información que se encuentra disponible a la fecha es semestral desde el 2019 al 2020 para la flota artesanal. No obstante, ha existido dificultad en la cobertura de muestreo por un bajo apoyo al estudio del descarte principalmente en la Región de Atacama, donde tampoco se aplica el RAE, por lo tanto, los datos de descarte provienen principalmente de la Región de Coquimbo. No obstante, es necesario un análisis por separado por Región para ratificar esta información. Otra de las limitaciones de muestreo tiene relación con la baja habitabilidad de las embarcaciones menores a 15 metros de eslora. IFOP tiene una política de seguridad permitiendo que los observadores científicos solo se embarquen en embarcaciones sobre los 15 metros de eslora. Una posibilidad de incrementar el porcentaje de cobertura de estas embarcaciones menores podría ser la entrega de bitácoras de autoreporte por parte de los pescadores. Respecto de las estimaciones de capturas totales y descartadas, en general, durante el segundo semestre de cada año no hay registros de captura producto del cierre de las plantas de proceso, por lo tanto, en esta zona la operación de las plantas de proceso determina la operación de la flota (**Tabla 6, Figura 2**).

Respecto al número de viajes totales realizados por la flota artesanal, estos disminuyen durante el segundo semestre. El número de viajes totales realizados por la flota artesanal de 1017 durante el primer semestre y 165 en el segundo semestre en promedio. No obstante el número de viajes muestreados de la flota artesanal está entre 39 primer semestre y 7 segundo semestre (**Tabla 6, Figura 2**). Por lo tanto, el porcentaje de cobertura de los viajes muestreados es bajo, es decir, menos del 5 % de los viajes realizados por la flota artesanal son muestreados por observadores científicos (**Tabla 6, Figura 2**), excepto el segundo semestre del 2020 donde el porcentaje de cobertura fue de un 45 % producto de la significativa disminución de los viajes totales (31 viajes totales).

El programa de estudio del descarte para esta zona terminó el 2020, por lo tanto, para la asesoría de septiembre 2021 se espera comenzar a incorporar esta información a la evaluación de stock (**Tabla 7**). El modelo de evaluación de stock de anchoveta centro-norte utiliza información anual (Bucarey *et al.*, 2021) , por lo tanto, se requieren datos de descarte anuales para la flota artesanal los cuales deben ser incorporados a la serie de desembarques. Para los años en que no se cuente con información se debe utilizar un supuesto. Adicionalmente, el CCT-PP debe descontar un % de descarte a la CBA, por lo tanto también se debe contar con un supuesto de descarte proyectado. Para el descarte proyectado para el año 2022 se considerará el promedio de descarte que considera los años 2019 al 2020 (dos años). Estos supuestos deben ser consensuados previamente con el CCT-PP en el taller de datos y modelo.



**Tabla 6.** Estimaciones de captura total (CT), retenida (CR) y descartada (CD) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para los años 2018 al 2020 por semestre y flota para la pesquería de Anchoveta de la zona centro-norte.

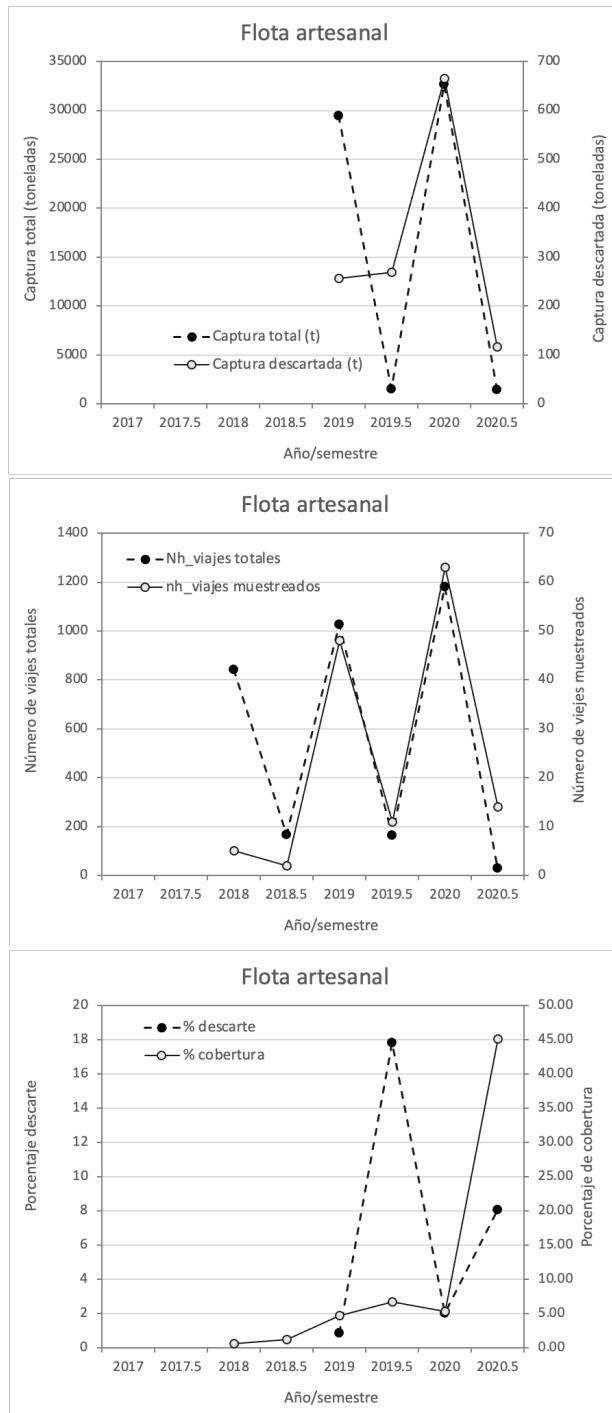
Año	Semestre	Flota	Captura total (t)	$CV_{CT} \%$	Captura retenida (t)	$CV_{CR} \%$	Captura descartada (t)	$CV_{CD} \%$	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2018	1	Artesanal Industrial							5	843	0,6	
	2	Artesanal Industrial										
2019	1	Artesanal Industrial	29.462	19,4	29.205	18,1	257	76,8	0,9	48	1.028	4,7
	2	Artesanal Industrial	1.506	61,1	1.238	66,0	268	67,2	17,8	11	164	6,7
2020	1	Artesanal Industrial	32.651	14,0	31.985	13,9	666	59,3	2,0	63	1.181	5,3
	2	Artesanal Industrial	1.443	20,1	1.326	17,5	116	70,3	8,1	14	31	45,2

**Tabla 7.** Captura total (CT) y descartada (CD) para corrección de desembarques años 2019 y 2020.

Para obtener el % de descarte a utilizar en el supuesto 1 (desembarque 2021). Para el supuesto 2 (proyección de CBA año 2022) se utiliza la captura total y descartada promedio del año 2019 y 2020.

**Supuestos para asesoría de septiembre 2021 de anchoveta centro-norte.**

Supuestos	Año	Semestre	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de desembarques	2019	1	30.968	525	1,70 %
	2020	2	34.094	782	2,29 %
Supuestos					
1. Corrección de desembarque	2021	2	32.531	654	2,01 %
2. Proyección de CBA	2022	1	32.531	654	2,01 %



**Figura 2.** Captura total y descartada semestral (panel superior) estimada para la flota artesanal. (panel intermedio) Número de viajes totales y muestrados en la flota artesanal. (panel inferior) Porcentaje de descarte y de cobertura de la flota artesanal. **Anchoveta centro-norte**



#### 4.3. Descarte de la Pesquería de anchoveta y sardina común de la zona centro-sur.

El programa del estudio del descarte para la pesquería de cerco de anchoveta y sardina común comenzó el año 2014, no obstante, para este estudio se cuenta con información semestral desde el año 2017 al 2019 sólo para la flota artesanal de la Región del Biobío y Los Ríos. La Región de Valparaíso sólo cuenta con información del primer semestre 2017 y La flota industrial no está operando sobre anchoveta y sardina, por lo tanto, no hay registros de descarte para esta flota (**Tabla 8 y 11, Figura 3 y 4**). Desde que terminó el programa de estudio del descarte (año 2017) se generó un conflicto en el sector artesanal negándose a seguir colaborando con el programa de monitoreo del descarte al prohibir del descarte y de la imputación conjunta entre sardina común y anchoveta de 1 es a 1. Desde el 2017, los pescadores no entregan las bitácoras de autoreporte y muchos no permiten que observadores científicos suban a sus embarcaciones. Esto generó una disminución significativa en la cobertura de muestreo de la flota artesanal, la cual ya es compleja de monitorear por su gran magnitud (más de tres mil viajes realizados durante el primer semestre sólo en la Región del Biobío). Adicionalmente, por temas de seguridad los observadores científicos no suben a embarcaciones menores a 15 metros de eslora. Estas embarcaciones pequeñas en general tienen una alta capacidad de acarreo, son poco fiscalizadas y monitoreadas, lo cual podría estar generando un sesgo en las estimaciones de captura total y descartada. Las bitácoras de autoreporte podrían ayudar a aumentar el porcentaje de cobertura de muestreo y si mejorara la colaboración del sector pesquero con el programa de monitoreo.

Las principales causas que incentivarían el descarte en la pesquería pelágica centro-sur tendrían relación con la aplicación de medidas administrativas. Al respecto, se identificaron las siguientes:

1. *Exceder la capacidad de bodega*: cuando esto sucede no se puede traspasar legalmente ni descartar (doble restricción). Una eventual solución para evitar dicho descarte podría ser traspasar el exceso de captura a otras embarcaciones. Subpesca señala que actualmente se está trabajando en una normativa que permita el traspaso de los excedentes del lance a otras embarcaciones. Esta normativa está pronto a salir y permitiría la reducción del descarte.
2. *Captura de especies no autorizadas (sin permiso de pesca)*: para especies como lenguado de ojo chico, pejerrey de mar, merluza común y sierra. Subpesca señala que últimamente como parte de los planes de reducción del descarte en pesquerías de cerco, se han emitido resoluciones que abordan el permiso de desembarque de algunas especies que estaban prohibidas con una cuota o porcentaje de desembarque por viaje o mensual. Esta normativa también incentivaría la reducción del descarte.
3. *Cierre de plantas*: La instrucción de la planta cuando no recibirán el pescado es bien concreto, los pescadores tienen que botar la captura. Hay que buscar la forma de abordar que el cierre o saturación de plantas no genere descarte.
4. *Exceder la cuota establecida*:
  - a) Zonas sin RAE generan carrera olímpica, lo que provoca exceder la cuota establecida y por lo tanto, causa descarte.
  - b) En pesquerías mixta, el descarte podría ser generado cuando uno de los recursos tiene una cuota baja (ejemplo, anchoveta). Sin embargo, en la zona centro-sur generaría la existencia de algún nivel de sobre-reporte de sardina u otra especie de fauna acompañante que es difícil de cuantificar.

Respecto a la estimación de capturas totales y descartada de anchoveta y sardina común, se observa un comportamiento estacional en la flota artesanal de la Región del Biobío y Los Ríos. Con mayores niveles



de capturas registrados durante el primer semestre de cada año. Los mayores niveles de captura total y descartadas son realizados por la flota artesanal de la Región del Biobío, durante el primer semestre (**Tabla 8 y 11, Figura 3 y 4**). En la Región de Los Ríos el año 2019 ocurrieron dos eventos atípicos que generaron un aumento en la observación de captura descartada. El primero ocurrió cuando la planta de proceso de Corral dejó de recibir las capturas que llegaron a puerto por un par de días debido a problemas mecánicos. Las embarcaciones con pesca que no pudieron desembarcar debieron descartar la captura por la perdida de calidad del producto. El segundo evento especial fue una alta disponibilidad de recurso cerca del puerto de desembarque, lo que permitió incrementar el número de viajes muestreados, lo que sumado a lo anterior redundó en la observación de varios eventos de descarte (**Tabla 8 y 11, Figura 3 y 4**).

Respecto al número de viajes totales, estos disminuyen durante el segundo semestre. El número de viajes totales realizados por la flota artesanal de la Región del Biobío es de 3799 durante el primer semestre y 1162 en el segundo semestre en promedio. La flota artesanal de la Región de Los Ríos realiza 583 viajes totales durante el primer semestre y 269 viajes totales durante el segundo semestre. No obstante el número de viajes muestreados por observadores científicos de la flota artesanal de la Región del Biobío y Los Ríos está entre 15 a 30 por zona (**Tabla 8 y 11, Figura 3 y 4**). Por lo tanto, el porcentaje de cobertura de los viajes muestreados es bajo, es decir, menos del 5 % en la región del Biobío donde se registran los mayores niveles de capturas (**Tabla 8 y 11, Figura 3 y 4**).

Los modelos de evaluación de stock de anchoveta y sardina común de la zona centro-sur utilizan información en año biológico (Zúñiga *et. al.*, 2021 a y b), por lo tanto, se requieren datos de descarte semestrales para la flota total para ser utilizados en la corrección del desembarque en año biológico (**Tabla 9 y 12**). Para los años en que no se cuente con información se utilizará un supuesto que fue acordado en la primera sesión del CCT-PP (Acta No1 2021, [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-110238_documento.pdf)) en 2 % para anchoveta y 4 % para sardina común. Estos porcentajes serán utilizados para corregir el desembarque cuando no se tenga información del descarte y para asumir un porcentaje de descarte proyectado para incorporar en la proyección de la CBA (**Tabla 10 y 13**). Los supuestos utilizados para anchoveta y sardina común se describen a continuación:

#### a) Anchoveta centro-sur:

Supuestos para asesoría de marzo y julio 2021 (2do y 3er Hito CBA 2021):

- El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección del desembarque 2020/21 para flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 10**).
- El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA 2021/2022 para la flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 10**).

Supuestos para asesoría de septiembre 2021 (1er Hito CBA 2022):

- El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección del desembarque 2020/21 para flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 10**).
- El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA 2021/2022 y 2022/2023 para la flota total y zona total se obtiene del promedio de los años biológicos 2017/18 - 2019/20 (**Tabla 10**).

#### b) Sardina común Centro-sur

El criterio experto utilizado en el caso de sardina común para definir el 4 % se basa en el supuesto que el descarte disminuirá en los próximos años debido a cambios en algunas medidas de administración que se



señalan a continuación:

1. Autorización para traspasar el exceso de captura a otras embarcaciones
2. Autorización para desembarcar especies no autorizadas
3. En las regiones que no tienen Reglamento de Observadores Científicos (ROC) (generar un mecanismo que permita evitar la carrera olímpica, que genera descarte producto de pasarse en la cuota).
4. Disminución en la incertidumbre de estimación del descarte
  - I. Mayor experiencia de observadores científicos de descarte
  - II. Mayor colaboración de usuarios con el proyecto de descarte
  - III. Implementación del Reglamento de Observadores Científicos

Supuestos para asesoría de marzo y julio 2021 (2do y 3er Hito CBA 2021):

- El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección del desembarque 2020/21 para flota total y zona total se considera criterio experto del 4 % (**Tabla 13**).
- El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA 2021/2022 para la flota total y zona total se considera criterio experto del 4 % (**Tabla 13**).

Supuestos para asesoría de septiembre 2021 (1er Hito CBA 2022):

- El **supuesto 1** de descarte propuesto para la corrección del desembarque 2020/21 para flota total y zona total se considera criterio experto del 4 % (**Tabla 13**).
- El **supuesto 2** de descarte propuesto para la proyección de la CBA 2021/2022 y 2022/2023 para la flota total y zona total se considera criterio experto del 4 % (**Tabla 13**).



**Tabla 8.** Estimaciones de captura total (CT), retenida (CR) y descartada (CD) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para los años 2017 al 2019 por semestre y flota para la pesquería de Anchoveta de la zona centro-sur.

Año	Semestre	Flota	Zona	Captura total (t)	$CV_{CT} \%$	Captura retenida (t)	$CV_{CR} \%$	Captura descartada (t)	$CV_{CD} \%$	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2017	1	Artesanal	Valparaíso	6.036	22,0	5.730	23,1	306	87,6	5,1	13	203	6,4
		Biobío	41.330	29,3	41.263	29,3	68	79,2	0,2	47	3.970	1,2	
		Los Ríos								7	746	0,9	
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos							5	35	14,3	
		Artesanal	Valparaíso	28.381	28,4	22.686	32,6	5.695	92,7	20,1	3	20	15,0
		Biobío	3.962	33,7	3.862	33,6	100	63,5	2,5	11	1.305	0,8	
		Los Ríos								16	437	3,7	
		Valparaíso - Los Ríos								6	30	20,0	
2018	1	Artesanal	Valparaíso							4	129	3,1	
		Biobío	52.565	30,4	51.705	30,1	860	91,3	1,6	40	3.396	1,2	
		Los Ríos	19.422	17,0	19.122	16,7	300	50,9	1,5	11	468	2,4	
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos							2	20	10,0	
		Artesanal	Valparaíso	10.943	32,6	10.931	30,2	12	106,5	0,1	0	87	0,0
		Biobío	829	39,8	829	39,3	0			26	639	4,1	
		Los Ríos								14	187	7,5	
		Valparaíso - Los Ríos								0	4	0	
2019	1	Artesanal	Valparaíso							0	277	0,0	
		Biobío	105.362	17,7	102.919	18,4	2.443	95,2	2,3	34	3.864	0,9	
		Los Ríos	2.954	45,4	2.486	51,1	468	57,0	15,8	24	558	4,3	
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos							0	47	0,0	
		Artesanal	Valparaíso	28.524	21,9	28.182	22,2	342	62,6	1,2	24	1.542	1,6
		Biobío	881	33,4	880	33,6	1	101,6	0,1	16	183	8,7	
		Los Ríos									10		
		Valparaíso - Los Ríos											
2020	1	Artesanal	Valparaíso							4	30	13,3	
		Biobío								0	3.968		
	2	Industrial	Los Ríos							8	562	1,4	
		Artesanal	Valparaíso - Los Ríos							0	2	0	
		Biobío											
		Los Ríos											
		Valparaíso - Los Ríos											

**Tabla 9.** Captura total (CT) y descartada (CD) semestral para la zona centro-sur utilizados para obtener el descarte en año biológico (2017/18, 2018/19 y 2019/20). Se considera la sumatoria de las capturas total y descartada de las tres zonas analizadas. Para los año/semestres con asteriscos (\*) se realizaron consideraciones particulares que se explican bajo la tabla. **Anchoveta Centro-sur.**

Año biológico	Año/Semestre	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
	2017,0	47.366	373	0,8 %
2017/2018	<b>2017,5*</b>	20.589	178	0,9 %
	2018,0	71.988	1.160	1,6 %
2018/2019	2018,5	11.772	12	0,1 %
	<b>2019,0**</b>	105.362	2.443	2,3 %
2019/2020	2019,5	29.405	344	1,2 %
	<b>2020,0***</b>	74.905	1.326	1,8 %
	2020,5			

- **2017,5\*** = Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del segundo semestre 2018 y 2019. El % descarte del segundo semestre 2017 para Región del Biobío no fue considerado por el bajo porcentaje de cobertura (1 %), lo cual genera una sobreestimación del descarte.
- **2019,0\*\*** = Se utiliza sólo captura total y descartada de la Región del Biobío. Alta incertidumbre en la estimación del descarte de la Región de Los Ríos producto del cierre de plantas. Se considera una condición atípica que puede generar sobreestimación

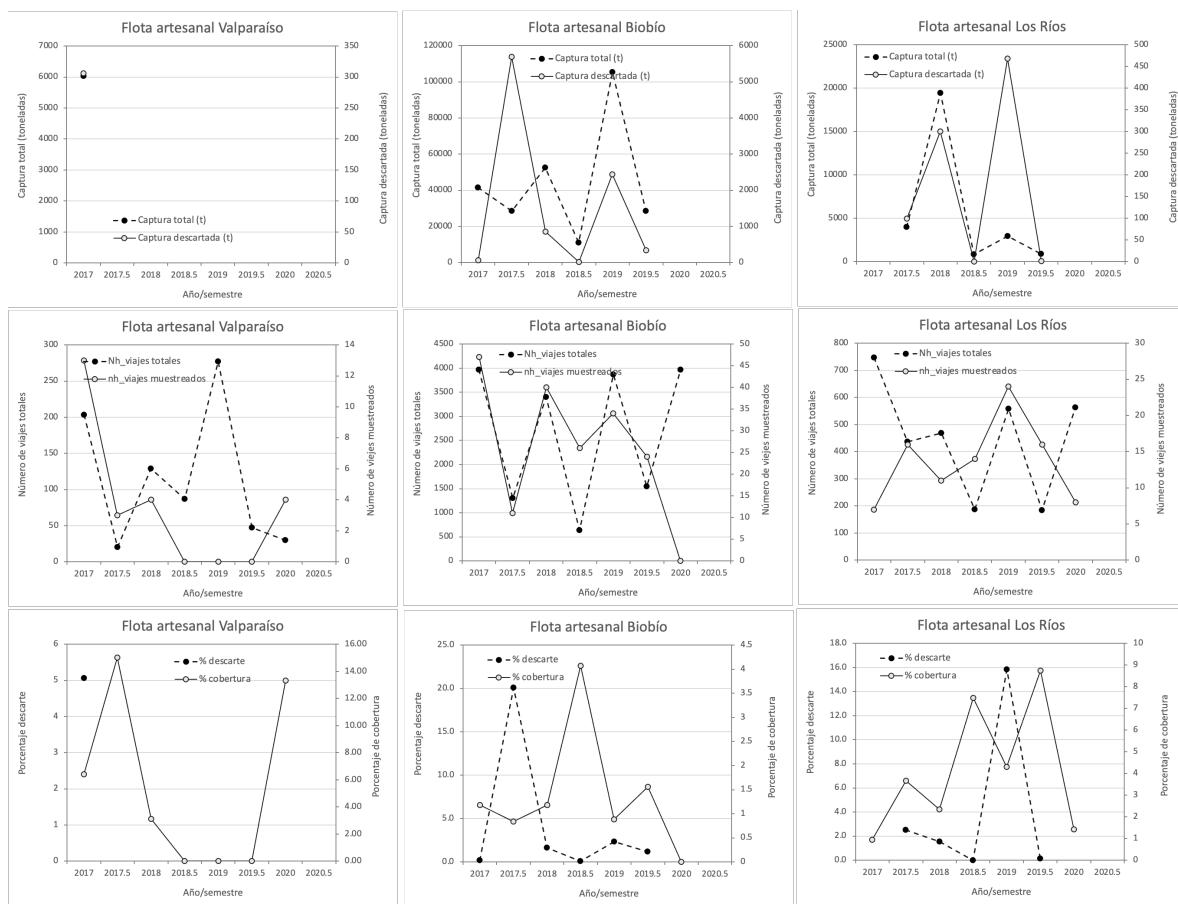


del descarte.

- **2020,0\*\*\*** = No hay información de descarte por bajos tamaños de muestra por efecto de la pandemia. Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del primer semestre 2018 y 2019. El bajo porcentaje de cobertura de muestreo no permite estimar el descarte.

**Tabla 10.** Porcentajes de descarte estimados para corregir la serie de desembarques de los años biológicos 2017/18, 2018/19 y 2019/20. Supuestos transitorios del porcentaje de descarte utilizado en la corrección del desembarque del último año y proyección de la CBA de **Anchoveta Centro-sur**.

Criterio	Año biológico	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de los desembarques en año biológico	2017/2018	92.576	1.338	1,4 %
	2018/2019	117.134	2.455	2,1 %
	2019/2020	104.310	1.669	1,6 %
Supuestos				
1. Corrección del desembarque	2020/2021	104.673	1.821	2 %
2. Proyección de la CBA	2021/2022	104.673	1.821	2 %



**Figura 3.** Captura total y descartada semestral (panel superior) estimada para la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos. (panel intermedio) Número de viajes totales y muestrados en la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos. (panel inferior) Porcentaje de descarte y de cobertura de la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos.  
**Anchoveta centro-sur.**



**Tabla 11.** Estimaciones de captura total (CT), retenida (CR) y descartada (CD) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para los años 2017 al 2019 por semestre y flota para la pesquería de **sardina común de la zona centro-sur**.

Año	Semestre	Flota	Zona	Captura total (t)	$CV_{CT} \%$	Captura retenida (t)	$CV_{CR} \%$	Captura descartada (t)	$CV_{CD} \%$	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2017	1	Artesanal	Valparaíso	2.809	37,7	2.771	38,0	38	94,0	1,3	13	203	6,4
		Biobío	213.019	7,6		211.034	7,6	1.985	77,2	0,9	47	3.970	1,2
		Los Ríos									7	746	0,9
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos								5	35	14,3
		Artesanal	Valparaíso	49.207	22,2	44.759	25,5	4.449	92,7	9	3	20	15,0
		Biobío	23.968	13,6		23.219	13,1	749	39,8	3,1	11	1.305	0,8
		Los Ríos									16	437	3,7
		Valparaíso - Los Ríos									6	30	20,0
2018	1	Artesanal	Valparaíso								4	129	3,1
		Biobío	230.138	11,1		212.585	11,3	17.554	56,0	7,6	40	3.396	1,2
		Los Ríos	15.992	19,8		15.443	19,7	550	38,7	3,4	11	468	2,4
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos								2	20	10,0
		Artesanal	Valparaíso	35.719	17,3	33.151	15,8	2.569	88,7	7,2	0	87	0,0
		Biobío	10.607	11,9		10.340	11,9	267	96,2	2,5	26	639	4,1
		Los Ríos									14	187	7,5
		Valparaíso - Los Ríos									0	4	0
2019	1	Artesanal	Valparaíso								0	277	0,0
		Biobío	101.285	18,0		96.739	19,0	4.546	79,1	4,5	34	3.864	0,9
		Los Ríos	42.344	9,1		35.422	6,6	6.922	34,1	16,3	24	558	4,3
	2	Industrial	Valparaíso - Los Ríos								0	47	0,0
		Artesanal	Valparaíso	25.721	23,6	25.539	23,9	183	67,9	0,7	24	1.542	1,6
		Biobío	10.156	13,7		9.619	12,7	537	68,0	5,3	16	183	8,7
		Los Ríos										10	
		Valparaíso - Los Ríos											
2020	1	Artesanal	Valparaíso								4	30	13,3
		Biobío									0	3.968	
	2	Industrial	Los Ríos								8	562	1,4
		Artesanal	Valparaíso - Los Ríos								0	2	0
		Valparaíso											
		Biobío											
		Los Ríos											
		Valparaíso - Los Ríos											

**Tabla 12.** Captura total (CT) y descartada (CD) semestral para la zona centro-sur utilizados para obtener el descarte en año biológico (2017/18, 2018/19 y 2019/20). Se considera la sumatoria de las capturas total y descartada de las tres zonas analizadas. Para los año/semestres con asteriscos (\*) se realizaron consideraciones particulares que se explican bajo la tabla. **Sardina común**.

Año biológico	Año/Semestre	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
	2017,0	215.828	2.023	1 %
2017/2018	<b>2017,5*</b>	73.176	5.198	7 %
	2018,0	246.131	18.103	7 %
2018/2019	2018,5	46.326	2.835	6 %
	<b>2019,0**</b>	101.285	4.546	4 %
2019/2020	2019,5	35.877	719	2 %
	<b>2020,0***</b>	187.748	8.224	4 %
	2020,5			

- **2017,5\*** = Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del segundo semestre 2018 y 2019. El % descarte del segundo semestre 2017 para Región del Biobío no fue considerado por el bajo porcentaje de cobertura (1 %), lo cual genera una sobreestimación del descarte.
- **2019,0\*\*** = Se utiliza sólo captura total y descartada de la Región del Biobío. Alta incertidumbre en la estimación del descarte de la Región de Los Ríos producto del cierre de plantas. Se considera una condición atípica que puede generar sobreestimación

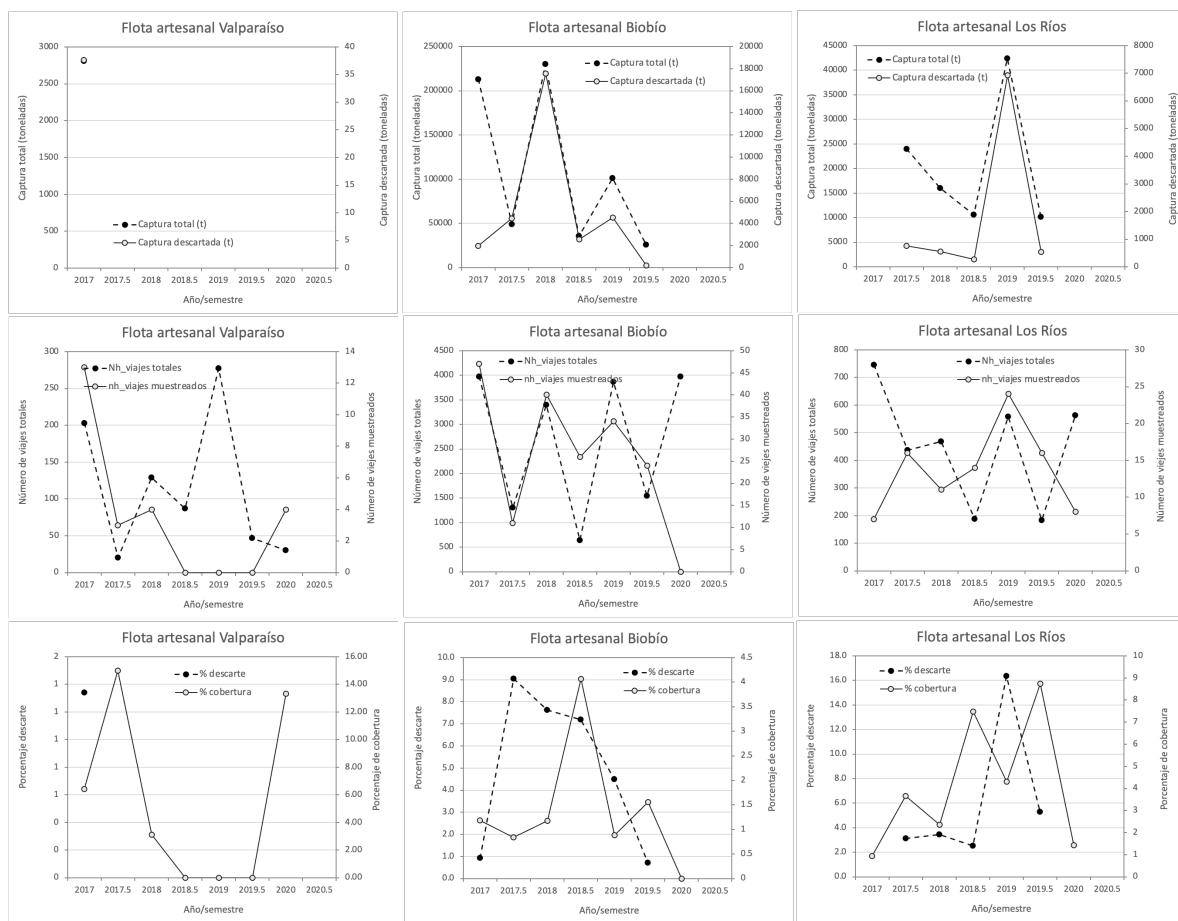


del descarte.

- **2020,0\*\*\*** = No hay información de descarte por bajos tamaños de muestra por efecto de la pandemia. Se utiliza el promedio de la captura total y descartada del primer semestre 2018 y 2019. El bajo porcentaje de cobertura de muestreo no permite estimar el descarte.

**Tabla 13.** Porcentajes de descarte estimados para corregir la serie de desembarques de los años biológicos 2017/18, 2018/19 y 2019/20. Supuestos transitorios del porcentaje de descarte utilizado en la corrección del desembarque del último año y proyección de la CBA de **Sardina común**.

Criterio	Año biológico	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de los desembarques en año biológico	2017/2018	319.306	23.301	7 %
	2018/2019	147.610	7.381	5 %
	2019/2020	223.625	8.943	4 %
Supuestos				
1. Corrección del desembarque	2020/2021	Jucio experto	Jucio experto	4 %
2. Proyección de la CBA	2021/2022	Jucio experto	Jucio experto	4 %



**Figura 4.** Captura total y descartada semestral (panel superior) estimada para la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos. (panel intermedio) Número de viajes totales y muestreados en la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos. (panel inferior) Porcentaje de descarte y de cobertura de la flota artesanal de la Región de Valparaíso, Biobío y Los Ríos. **Sardina común Centro-sur.**



#### 4.4. Descarte de la pesquería de sardina austral de la Región de Los Lagos.

El programa de descarte de la pesquería de sardina austral comenzó el año 2017, la información que disponible a la fecha es semestral desde el 2017 al primer semestre del año 2020 para la flota artesanal. El año 2018 sólo se registra información para el segundo semestre (**Tabla 14, Figura 5**). Es una pesquería multiespecífica (sardina austral, sardina común y anchoveta), pero sólo se regula la sardina austral. Los primeros años del programa de descarte ingresó mucha anchoveta (año 2017) a esta zona, provocando un exceso del límite permitido de fauna acompañante. Debido al retraso de la medida administrativa de imputación conjunta (se aplicó solo a fines de ese año 2017), generó que los valores de descarte se elevaran significativamente ese año (**Tabla 14, Figura 5**). Estos valores se estabilizaron cuando bajó la proporción de sardina común y anchoveta. Otras causas probables de descarte en esta zona son las siguientes:

- Exceder la capacidad de bodega de las embarcaciones
- Exceder límite permitido de fauna acompañante (como anchoveta y mote)
- La captura de especies no comerciales (langostino de los canales)
- Lances con poca pesca
- Criterios de calidad. Por ejemplo, el desplazamiento de las embarcaciones dentro del área de la pesquería, podría afectar la calidad de la captura que puede pasar varios días en la bodega.
- Exceder la cuota establecida.

Respecto al número de viajes totales realizados por la flota artesanal están en torno a los 228 viajes por semestre. El número de viajes muestreados estuvieron entre los 10 a 20 viajes por semestre (**Tabla 14, Figura 5**). El porcentaje de cobertura de los viajes muestreados es bajo, es decir, menos del 8 % de los viajes realizados por la flota artesanal son muestreados por observadores científicos. Existe muy poca información de descarte para esta zona, registrándose información principalmente para el primer semestre del 2017, 2019 y 2020 y con alta variabilidad entre estos años (**Tabla 14, Figura 5**), lo cual complejiza su utilización en la evaluación de stock de sardina austral de la Región de Los Lagos.

El modelo de evaluación de stock utiliza información en año calendario, por lo tanto, se requieren datos de descarte anuales para la flota artesanal para corregir la serie de desembarques (Leal & Zúñiga, 2020). Dada la alta variabilidad en las estimaciones de captura descartada, se requiere utilizar un supuesto de descarte para corregir la serie de desembarques utilizado por la evaluación de stock y un supuesto para el descarte proyectado que será utilizado en la proyección de CBA.

Para la propuesta de valores de descarte utilizados para la corrección de la serie histórica de captura, no se consideraron datos del primer semestre de 2017, ya que fue el año de implementación del proyecto con alta desconfianza de los pescadores, lo que finalmente resultó en una baja cobertura (**Tabla 15**). Además, fue un año con condiciones diferentes en cuanto a las especies presentes en las zonas de pesca (alta presencia de anchoveta). No se consideró información de 2020, ya que son datos preliminares y no están disponibles para el año completo, de acuerdo al mismo criterio que el punto anterior. El análisis con datos 2018-2019 entregó un valor de descarte de sardina austral de 2,32 %.

Finalmente, en base a la información previa, en la tercera sesión del CCT-PP (Acta Sesión N°3) se acordó que para la sardina austral de la Región de Los Lagos, se aplicará de forma transitoria un descarte de de 2,3 % anual para corregir la serie histórica de capturas. Este porcentaje considera la información registrada en los años 2018 y 2019, eliminando los valores del 2017 por su baja representatividad. Además, se aplicará un descarte de 2,3 % anual a la CBA máxima, de forma transitoria en el período 2021 y 2022.

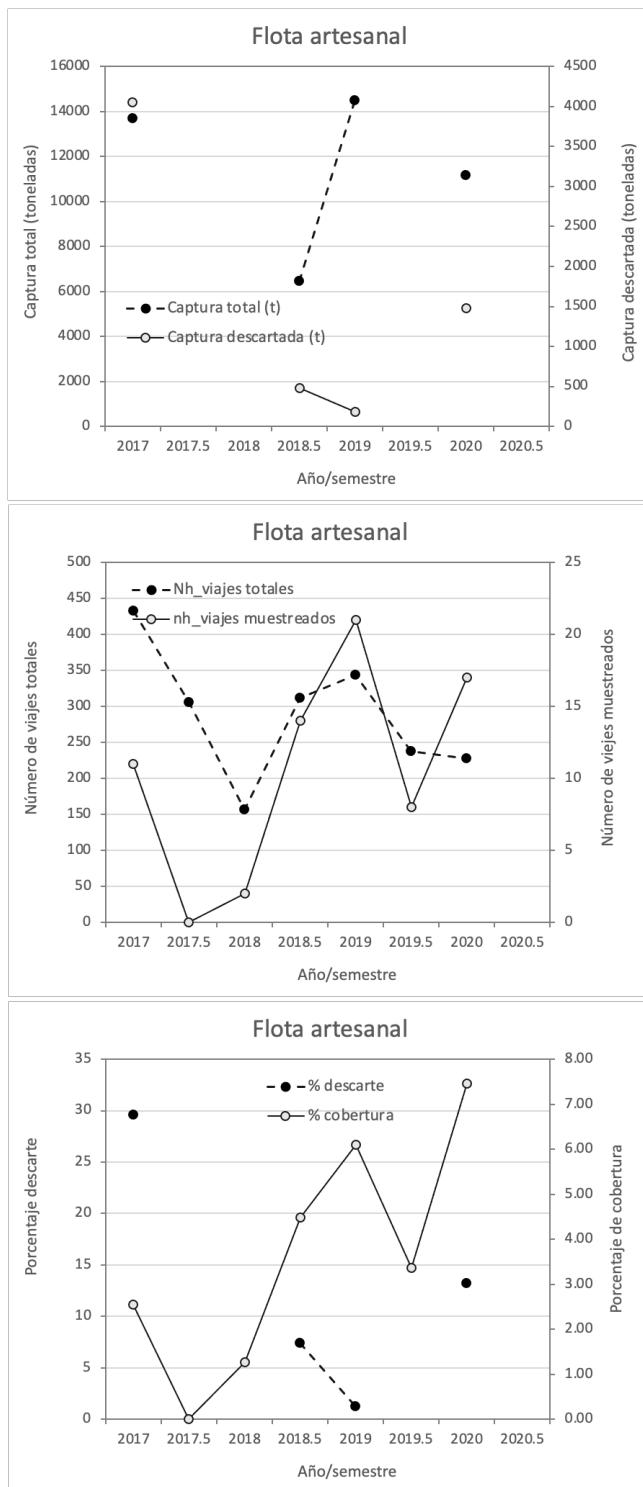


**Tabla 14.** Estimaciones de captura total (*CT*), retenida (*CR*) y descartada (*CD*) con sus respectivos coeficientes de variación ( $CV_{CT}$ ,  $CV_{CR}$ ,  $CV_{CD}$ ), porcentaje de descarte , tamaños de muestra de los viajes muestreados y totales y porcentaje de cobertura para los años 2017 al 2020 por semestre y flota para la pesquería de **sardina austral Región de Los Lagos**.

Año	Semestre	Flota	Captura total (t)	$CV_{CT}$ %	Captura retenida (t)	$CV_{CR}$ %	Captura descartada (t)	$CV_{CD}$ %	% descarte	$n_h$ viajes muestreados	$N_h$ viajes totales	% cobertura
2017	1	Artesanal	13.685	29,9	9.637	35,6	4.048	56,1	29,6	11	433	2,5
	2									0	306	0
2018	1	Artesanal	6.464	22,4	5.988	24,3	476	63,6	7,4	2	157	1,3
	2		14.501	14,6	14.322	15,3	178	49,1	1,2	14	312	4,5
2019	1	Artesanal								21	344	6,1
	2									8	238	3,4
2020	1	Artesanal	11.156	20,8	9.681	16,1	1.475	87,1	13,2	17	228	7,5
	2											

**Tabla 15.** Porcentajes de descarte estimados para corregir la serie de desembarques 2018 y 2019. Supuestos transitorios del porcentaje de descarte utilizado en la corrección del desembarque 2020 y 2021 y proyección de la CBA de **Sardina austral Región de Los Lagos**.

Criterio	Año calendario	Captura total (t)	Captura descartada (t)	% descarte
Corrección de los desembarques	2018	12.877	626	4,86 %
	2019	23.503	23.285	0,93 %
Supuestos				
1. Corrección del desembarque 2. Proyección de la CBA	2020 y 2021	36.380	844,6	2,32 %
	2022	36.380	844,6	2,32 %



**Figura 5.** Captura total y descartada semestral (panel superior) estimada para la flota artesanal. (panel intermedio) Número de viajes totales y muestreados en la flota artesanal. (panel inferior) Porcentaje de descarte y de cobertura de la flota artesanal. **Sardina austral Región de Los Lagos.**



#### **4.5. Identificación de brechas en el estudio de descarte de la pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños.**

- El descarte se prohíbe después de tres años de ejecución del proyecto de descarte. No obstante, no todos los pescadores están en conocimiento de esto, por lo tanto, es necesario que Subpesca y Sernapesca realice una adecuada inducción a los pescadores sobre este tema.
- De la misma forma, los pescadores necesitan informarse de la nueva normativa que permite el desembarque de especies anteriormente prohibidas que ahora poseen cierto porcentaje o cuota de desembarque por viaje o mes.
- El porcentaje de cobertura de muestreo es directamente proporcional al tamaño de la flota. Contar con información adicional como las bitácoras de autoreporte podría incrementar el porcentaje de cobertura de los viajes muestreados.
- A diferencia de las flotas industriales, en la flota artesanal de la pesquería se la zona centro-sur no está implementado el Reglamento de Observadores Científicos (ROC), por tanto, el embarque de observadores científicos (OC) está condicionado a la voluntad de armadores y patrones de pesca.
- Entre 2017 y 2019 han existido diversos conflictos en el sector que han minimizado el acceso de OC en la flota artesanal.
- Cuando el sector no permiten embarcar OC, se obtienen bajos tamaños de muestra que finalmente generan estimaciones con mayor incertidumbre. Esta circularidad produce desconfianza en los usuarios por los resultados obtenidos. Dado lo anterior, se recomienda fuertemente la implementación del ROC en la flota pesquera artesanal.
- En vista de lo mencionado anteriormente, IFOP unificó las metodologías de trabajo de los OC de pesquerías de cerco pelágicas de los dos proyectos de Seguimiento y del proyecto de descarte lo que busca aumentar el esfuerzo de muestreo al doble. En el informe de avance del proyecto (2020), ya se utiliza toda la información disponible para abordar las estimaciones de captura y descarte, causas del descarte y captura incidental, entre otros.
- Problemáticas identificadas en capacitación de observadores científicos son: existe una alta rotación de observadores (dificultad en retenerlos y que incrementen su experiencia ), bajo número de personal que desee embarcarse y baja capacidad del Departamento de Gestión de Muestreo (DGM) de capacitar a los observadores.
- Respecto a las bitácoras de autoreporte, no es obligación después de los 3 años de inicio del proyecto de descarte, por lo tanto, es información escasa. Además es necesario capacitar a los pescadores para que puedan registrar esos datos.
- Respecto al ROC, funciona bien sólo en la flota industrial, en la flota artesanal centro-sur son muchas lanchas, sólo en las zonas norte y centro-norte se puede lograr cierto nivel de confianza. Aún no se ha implementado formalmente el ROC, sólo se implementó en términos administrativos y legales, sin embargo aún no hay una disposición de los pescadores a colaborar. El autoreporte es una opción aunque en este momento no una obligación, no obstante, la bitácora es muy compleja para los usuarios y desincentiva entregar esta información. El programa se compromete en simplificar esta bitácora para aprovechar esta información.
- Respecto a la metodología estadística para el cálculo de captura total, retenida y descartada, quedan dudas sobre la incertidumbre asociada a la cobertura de muestreo producto del error de observación (ya que es diseño basado) y el error de medición de la captura descartada del lance (el observador estima visualmente, o le consulta al capitán ).
- Otro tema a clarificar es el factor de expansión utilizado para estimar la captura total, retenida y descartada para cada macrozona, ya que se utiliza para ello los desembarques de Sernapesca (pero



se filtran algunas embarcaciones según la eslora).

- La incertidumbre asociada al estimador de descarte es muy alta, sobre el 50 % de coeficiente de variación, producto que los eventos de descarte son escasos (muchos datos cero).
- Se asume que el estimador de la captura descartada no tiene error de medición. Sin embargo, la medición de la captura descartada del lance, la medición se realiza visualmente, por lo tanto, depende de la experiencia del observador científico y del capitán y conduce al error de medición al no contar con un instrumento que permita realizar la medición cúbica de los peces descartados en el copo.
- Hay que buscar una manera de reducir el error de medición, para ello es necesario primero cuantificar el error. Para cuantificar el error se requiere de tecnología avanzadas más metodologías (diseño de experimento), una vez cuantificado se puede generar un factor de corrección del descarte. Para lograr este objetivo se requiere del apoyo de la industria y de instrumentos tecnológicos.
- Otra de las problemáticas asociadas con la estimación de descarte es la naturaleza de la pesquería, es decir, el tamaño de la flota, los cambios de abundancia de las especies (cambios de régimen), cambios en la proporción de especies (alternancia entre especies objetivos) y temas administrativos (normativas, decretos y leyes). Factores relacionados con la variabilidad espacial y temporal del descarte.
- Los aportes de las composiciones de tamaños o edad de la captura descartada no son posibles de obtener en el caso de las pesquerías de cerco, debido a la dificultad de tomar muestras del copo cuando se realiza el descarte. Por lo tanto, se asume que la composición de tallas/edad de la captura descartada es igual a la de la captura retenida.

#### 4.6. Plan de trabajo a futuro

- En el mediano plazo IFOP propone la realización de talleres con los equipos de Descarte, Evaluación de stock y SSPA orientados a discutir sobre como avanzar en la implementación del descarte en el proceso decisional.
- Mejorar las coberturas de observación y cooperación de los usuarios por el impacto que genera la información de descarte.
- Se recomienda incentivar la entrega de bitácoras de autoreporte que permitan aumentar la cobertura de muestreo, incorporar las embarcaciones menores a 15 metros de eslora, en las regiones que no tienen RAE (generar un mecanismo que permita evitar la carrera olímpica, que genera descarte producto de sobrepasar la cuota establecida).
- Identificar una metodología para la jerarquización de las fuentes de error, con objeto de lograr valores centrales ponderados. Esta metodología puede integrar conocimiento experto, aportes del sector, opiniones de gobernanza (SSPA, CCT-PP, IFOP).



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bucarey D, MJ Zúñiga, JC Quiroz. 2021. SEGUNDO INFORME. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2021. Anchoveta y Sardina Española Región de Atacama a Región de Coquimbo. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 92 p + Anexos.

Fernando E. 2021. SEGUNDO INFORME. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de anchoveta y sardina española entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de Antofagasta, año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 108p + Anexos.

Leal E, MJ Zúñiga. 2020. PRIMER INFORME. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de sardina austral, Región de Los Lagos, año 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 80 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, A González, S Henríquez, R Ojeda, A Ramírez, A Simeone, M Sepúlveda, MJ Pérez & R Escobar. 2017. INFORME FINAL. Programa de Observadores Científicos, 2016. Subsecretaría de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 232 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, A González, S Henríquez, R Ojeda, MF Jiménez, A Ramírez, J Le-Bert, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos & H Araya. 2018. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos 2017-2018. Programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2017-2018. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 241 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, MF Jiménez, S Henríquez, A González, R Ojeda, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos & H Araya. 2019. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos 2018-2019. Programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2018-2019. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 305 p + Anexos.

Vega R, L Ossa, B Suárez, MF Jiménez, S Henríquez, A González, R Ojeda, A Simeone, C Anguita, M Sepúlveda, MJ Pérez, M Santos, J Cavieres, P Paredes, I Cari, P Zárate & D Devia. 2020. INFORME FINAL. Programa de observadores científicos: Programa de investigación y monitoreo del descarte y de la captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas, 2019-2020. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 341 p + Anexos.

Zúñiga MJ & JC Quiroz. 2017c. INFORME 1 DE ESTATUS. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018 en sardina común V-X regiones. Sardina común V-X regiones, septiembre 2017. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 161 p + Anexos.

Zúñiga MJ, D Bucarey, JC Quiroz. 2021a. SEGUNDO INFORME. Estatus y posibilidades de explotación



biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2021. Anchoveta Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos, 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 95 p + Anexos.

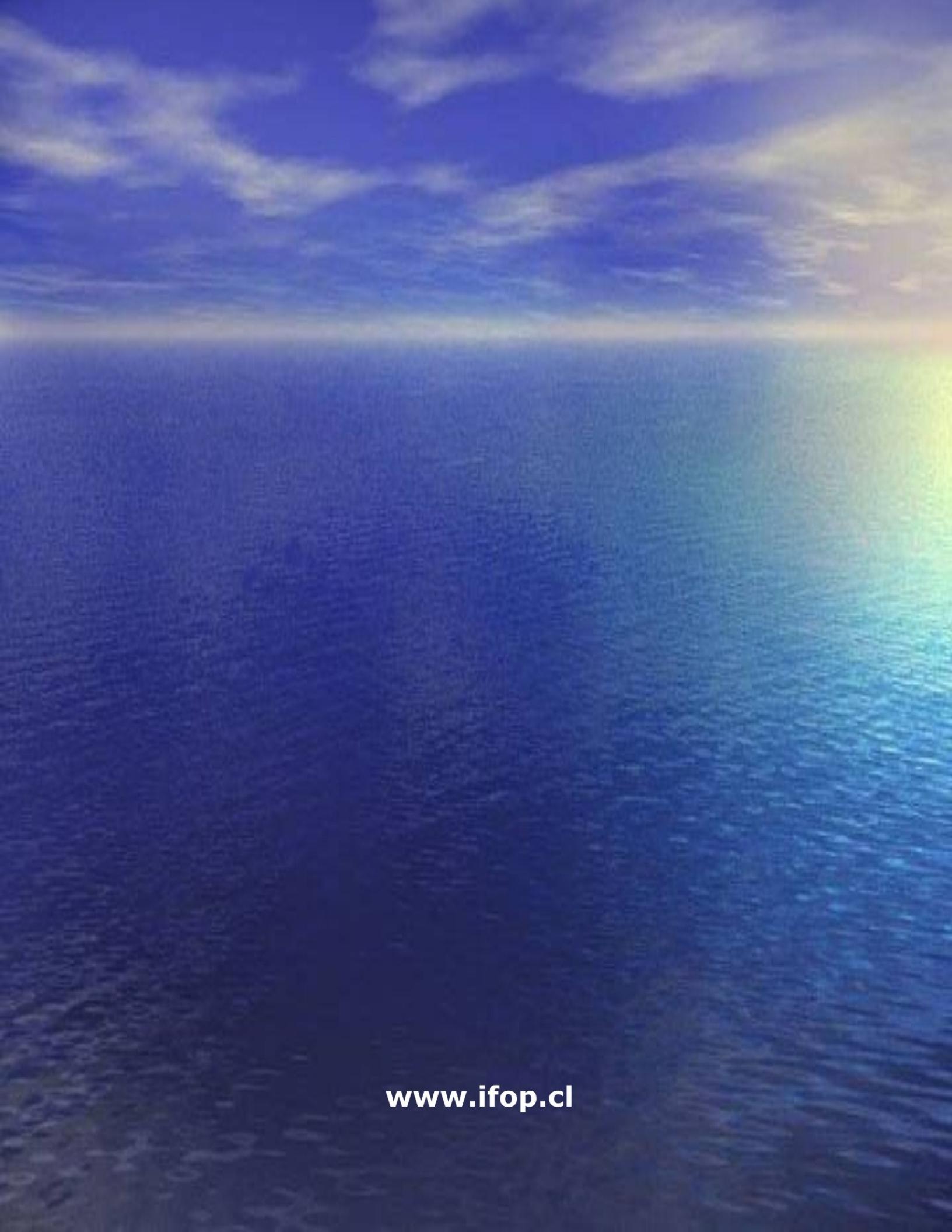
Zúñiga MJ, JC Quiroz, D Bucarey. 2021b. SEGUNDO INFORME. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2021. Sardina común Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos, 2021. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 111 p + Anexos.



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**  
Almte. Manuel Blanco Encalada 839  
Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
**[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)**

---

A wide-angle photograph of a vast ocean meeting a dramatic sky at the horizon. The sky is filled with dynamic, layered clouds in shades of blue, white, and yellow. A vibrant, multi-colored rainbow arches across the upper right quadrant of the image, transitioning from red to violet. The ocean's surface is a deep, dark blue, with subtle ripples and reflections of the sky.

**www.ifop.cl**