

#### **INFORME FINAL**

#### **Proyecto**

#### FIPA 2018-49

# "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO (EEM) EN LAS PESQUERÍAS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN"

#### **Proponente**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

#### Mandante

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA

VALPARAÍSO, OCTUBRE, 2020

#### **AUTORES**

## Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Cristian M. Canales R (Jefe de Proyecto) Nicolás Adasme L. Nazareth Sánchez E. Jesús Curiel P.

## Instituto de Investigación Pesquera

Marcos Arteaga V. Carlos Gonzáles A. Claudio Gatica M. Roberto San Martín V. Aquiles Sepúlveda O.

## **Expertos Independientes**

James Ianelli Carryn De Moor Lee Qi

#### 1. RESUMEN EJECUTIVO

En la última década, las bases científicas que sustentan las recomendaciones de manejo de los recursos pesqueros se han enfocado hacia la representación y cuantificación de la incertidumbre. Se ha observado una creciente tendencia en la gestión pesquera, en cuanto a reducir la relevancia de enfoques "tradicionales de evaluación de stock" y avanzar hacia la implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM). Esta metodología, aparte de transparentar e incluir la toma de decisión en una forma explícita, permite probarla mediante simulación para confirmar que el objetivo de manejo puede ser alcanzado no obstante las múltiples fuentes de incertidumbre.

El proyecto FIPA 2018-49 "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común", constituye un esfuerzo y contribución en el desarrollo de esta metodología EEM para pesquerías chilenas. Como primera actividad, se identificaron diversas fuentes de incertidumbre a fin de establecer las condiciones en la cual se encuentra el modelo de manejo pesquero actual de las pesquerías de anchoveta y sardina en la zona centro sur de Chile. Estas fuentes de incertidumbre fueron identificadas mediante revisión bibliográfica, revisión de modelos conceptuales, revisión por pares, y realización de talleres consultivos a usuarios, científicos, fiscalizadores, y sectorialistas. Los informes de revisión por pares de expertos internacionales permitieron recoger recomendaciones y precisar las fuentes de incerteza y/o brechas que no han sido cubiertas en el programa de seguimiento de pesquerías y la evaluación de stock que realiza el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), lo cual puede ser utilizado como una guía para priorizar las fuentes de incertidumbre y condicionar un modelo de simulación. Se realizaron encuestas semi-estructuradas y talleres a usuarios de la pesquería, Científicos, Técnicos, y Analistas. Estas actividades permitieron levantar valiosa información respecto de percepciones del sistema biológico y de manejo pesquero, fuentes de incertidumbre, necesidades y opinión respecto de posibles reglas de control de captura, e indicadores operacionales que podrían ser implementados en el manejo de estas pesquerías.

El modelo actual de manejo considera la evaluación de stock modelo-basada como elemento relevante en la decisión anual de captura. En este contexto, el desarrollo del proyecto abordó el

análisis de los niveles de sesgo de estimación del modelo de evaluación actual (IFOP) y del análisis de modelos de estimación alternativos (PUCV, INPESCA, y SS3). Los resultados de autoverificación de modelos de estimación determinaron que, en anchoveta, los tres modelos tienden a sobreestimar el tamaño de la población, mientras que en sardina tienden a subestimarlo. Los análisis mostraron que el modelo IFOP presenta inconsistencias entre fuentes de datos tanto para anchoveta como sardina. Para el caso de anchoveta, el desvío de los reclutamientos y las composiciones de edades de las capturas de la flota sugieren que la escala de la población debiese ser mayor, en tanto las composiciones de edades de los cruceros y sus biomasas sugieren lo contrario. Para la sardina, se observó una fuerte inconsistencia entre las composiciones de edades del crucero Pelaces y su biomasa.

El sistema biológico-pesquero fue simulado en base al modelo de estimación empleado por IFOP, pero esta vez en la forma de un modelo de simulación o Modelo Operativo (MO). El condicionamiento del MO consideró el ajuste del modelo de evaluación a los datos disponibles. La condición de partida considera que al 2017 los reclutamientos y población de anchoveta atravesaban por un período de baja productividad y en valores mínimos desde el año 2010. En cuanto a la sardina, los resultados indicaron que el recurso mostraba un período de alta productividad en la escala de los reclutamientos desde el 2005. A partir de esto, se modeló y simuló la dinámica poblacional y pesquería de estos recursos, incluyendo diversas fuentes de incertidumbre en distintos niveles del modelo (procesos y observaciones). Se consideró un horizonte de simulación de 10 años, período en el cual se implementaron y simularon 6 reglas/escenarios de decisión de mortalidad por pesca o capturas, 5 de las cuales fueron monoespecíficas y una de carácter mixto. Se destaca entre estas reglas el desempeño de reglas de decisión empíricas, en las cuales las decisiones de manejo ocurrían sin evaluación de stock modelo-basada, sino basadas en el desempeño relativo de los cruceros acústicos como principal insumo de decisión.

Independientemente de las estrategias analizadas, los análisis mostraron que en todas aquellas donde se considera la evaluación de stock, la Biomasa del Máximo Rendimiento Sostenido ( $B_{RMS}$ ) puede ser alcanzada, pero con un riesgo de sobrepesca y sobreexplotación igual o mayor al 50% (principalmente en anchoveta). Del mismo modo, los análisis mostraron que un

escenario de estabilidad de la pesquería y altas capturas es incompatible y genera un alto riesgo para las poblaciones. La participación de los usuarios fue evaluada por medio de la regla propuesta por el Comité de Manejo. Los resultados mostraron que esta regla ofrecería las mayores capturas sostenibles (430 mil t de ambas especies combinadas) pero con una gran variabilidad interanual. Comparativamente, el procedimiento de manejo actual basado en la aplicación de una tasa de mortalidad por pesca constante independiente del estado de la población, generaría en promedio capturas ligeramente menores, pero más estables. Del mismo modo, los análisis mostraron que aún sin pesca y sujeto solo a la variabilidad del reclutamiento pelágico, existe un bajo riesgo (menor al 8%) de caer en condiciones de sobreexplotación natural (B<B<sub>RMS</sub>). En cuanto a la viabilidad de una supuesta pesquería mixta, la cual supondría que no habría asignación previa de capturas por especies, se estima que capturas de poco más de 400 mil toneladas son sostenibles en el tiempo, y que capturas constantes mayores a las 550 mil toneladas generarían riesgos de agotamiento mayores al 30%. Los análisis permitieron concluir que los eventos de "buenos niveles de capturas" observados en las pesquerías han sido solo parte de la variabilidad natural de los reclutamientos, las que en ningún caso serían sostenibles en el largo plazo.

En cuanto a las medidas basadas en la variabilidad de los cruceros (reglas empíricas), el análisis determinó que las capturas esperadas para ambas especies resultarían en promedio más bajas que las esperadas con el procedimiento de manejo actual, y por ende con menor riesgo de sobreexplotación de los recursos. Del mismo modo, pero en base a una regla mixta en la cual las dinámicas de sardina y anchoveta coinciden al mismo tiempo y las decisiones se establecen solo en base a los cruceros, los resultados mostraron que las capturas podrían superar las 430 mil toneladas. En estos escenarios se pondría en mayor riesgo a la especie más dominante como es la sardina, y se reduciría el riesgo de agotamiento para la especie menos abundante (anchoveta). La pesquería de pequeños pelágicos es en extremo variable y no es posible compatibilizar una estrategia de estabilidad en la pesquería y capturas altas. La variabilidad actual de esta pesquería podría ser aún mayor si no existiera la decisión/regla superlativa, que evita reducir las cuotas de capturas al interior del año o Hiper-Regla. La Hiper-Regla actúa como un amortiguador de la variabilidad en la pesquería y determina cuan influyente pueden llegar a ser los cruceros en la

decisión final dependiendo de la especie y de la regla de decisión que sea implementada. En el procedimiento actual, se estima que el crucero Reclas sería el más influyente en anchoveta y el Pelaces en sardina, situación que cambia radicalmente si la regla propuesta por el Comité de Manejo fuese aplicada, en la cual los cruceros de anchoveta resultaron igualmente determinantes en la decisión final de captura de este recurso.

Los resultados obtenidos en esta investigación han permitido avanzar en una mejor comprensión del efecto que tienen las diversas fuentes de incertidumbre en el manejo pesquero de estos recursos. Se analizó mediante simulación el desempeño que tendrían diversos procedimientos de manejo alternativos, y aunque no existe uno mejor que otro, los resultados son orientadores en cuanto a las consideraciones en las futuras decisiones. La Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) en estas pesquerías involucra un desafío permanente tanto en mejorar la comprensión sobre la dinámica de estos recursos, como en la identificación de aquellas estrategias que permitan no solo la sostenibilidad de la pesquería y de las poblaciones, sino que además representen los intereses de todas las partes involucradas en las pesquerías.

#### **Executive Summary**

In the last decade, the scientific bases that support the recommendations for the management of fishery resources have focused on the representation and quantification of uncertainty. A growing trend has been observed in fisheries management, in terms of reducing the relevance of "traditional stock assessment" approaches and moving towards the implementation of Management Strategy Evaluation (MSE). This methodology, apart from being transparent and including decision-making in an explicit way, allows simulation testing to confirm that the management objective can be achieved despite multiple sources of uncertainty.

In the development of the FIPA 2018-49 project "Design and implementation of Management Strategy Evaluation (MSE) in the anchovy and common sardine fisheries", as a first activity, various sources of uncertainty were identified in order to establish the conditions in which the current fisheries management model of the anchovy and sardine fisheries in the central south zone of Chile is in. These sources of uncertainty were identified through bibliographic

review, conceptual model review, peer review, and consultative workshops for users, scientists, auditors, and sectoralists. The peer review reports of international experts allowed us to collect recommendations and specify the sources of uncertainty and / or gaps that have not been covered in the fisheries monitoring program and stock assessment carried out by the Institute for Fisheries Development (IFOP), which can be used as a guide to prioritize sources of uncertainty and condition a simulation model. Semi-structured surveys and workshops were conducted with fishery users, scientists, technicians, and analysts. These activities allowed gathering valuable information regarding perceptions of the biological and fisheries management system, sources of uncertainty, needs and opinion regarding possible catch control rules, and operational indicators that could be implemented in the management of these fisheries.

The current management model considers model-based stock assessment as a relevant element in the annual catch decision. Accordingly, the development of the project addressed the analysis of the estimation bias levels of the current evaluation model (IFOP) and the analysis of alternative estimation models (PUCV, INPESCA, and SS3). The self-verification results of estimation models determined that, in anchovy, the three models tend to overestimate the population size, while in sardines they tend to underestimate it. The analyzes showed that the IFOP model shows inconsistencies between data sources for both anchovy and sardine. In the case of anchovy, the deviation of recruitments and the age compositions of the fleet catches suggest that the population scale should be greater, while the age compositions of the cruises and their biomasses suggest otherwise. For sardines, a strong inconsistency between the age compositions of the Pelaces cruiser and its biomass was highlighted.

Despite the above, the biological-fishing system was simulated based on the estimation model used by IFOP, but this time in the form of a simulation model or Operational Model (OM). The OM conditioning considered the fit of the evaluation model to the available data. The starting condition considers that in 2017 the anchovy recruitments and population were going through a period of low productivity and at minimum values since 2010. Regarding sardines, the results indicated that the resource showed a period of high productivity in the recruitment scale since 2005. From this, the population and fishery dynamics of these resources were modeled and simulated, including various sources of uncertainty at different levels of the model (processes and

observations). A simulation horizon of 10 years was considered, in which 6 rules/scenarios of mortality decision for fishing or catches were implemented and simulated, 5 of which were monospecific and one of mixed character. Among these rules, the performance of empirical decision rules stands out, in which management decisions occurred without model-based stock assessment, but based on the relative performance of acoustic surveys as the main input for decision-making.

Regardless of the strategies analyzed, the analyzes showed that in all those where stock assessment is considered, the Maximum Sustained Yield Biomass (Bmsy) can be achieved, but with a risk of overfishing and overexploitation equal to or greater than 50% (mainly in anchovy). Similarly, the analyzes showed that a scenario of stability and high catches is incompatible with a low risk for the stocks. The participation of the users was evaluated through the rule proposed by the Management Committee. The results showed that this rule would offer the highest sustainable catches (430 thousand tons of both species combined) but with great variability. Comparatively, the current management procedure based on the application of a constant fishing mortality rate independent of the state of the population would generate, on average, smaller but more stable catches. Similarly, the analyzes showed that even without fishing and despite the variability of the pelagic environment, there is a low risk (less than 8%) of falling under overfished conditions (B < Bmsy). Regarding the viability of a supposed mixed fishery, which assumes that there would be no previous allocation of catches by species, it is estimated that catches of just over 400 thousand tons are sustainable in time, and that constant catches greater than 550 thousand tons would generate exhaustion risks greater than 30%. The analyzes allowed us to conclude that the events of "good catch levels" have only been part of the natural variability of the recruitments and that in no case are they sustainable in the long term.

Regarding the measures based on the variability of the surveys (empirical rules), the analysis showed that the expected catches for both species would be lower on average than those expected under the current management procedure, and therefore with less risk of overexploitation. Likewise, but based on a mixed rule in which the sardine and anchovy dynamics coincide at the same time and the decisions are established based on surveys, the results showed that the catches could exceed 430 thousand tons. In these scenarios, the most dominant species

such as sardines would be put at greater risk, and the risk of exhaustion for the less abundant species (anchovy) would be reduced. The small pelagic fishery is extremely variable and it is not possible to combine a stability strategy in the fishery with high levels of catches. This variability could be even greater if there were no superlative capture decision not to reduce the quotas within the year, denominated in this work as "Hyper-Rule". The Hyper-Rule would act as a buffer to variability and determine how influential surveys can be in the final decision depending on the species and the decision rule. In the current procedure, it is estimated that the Reclas survey would be the most influential in anchovy and the Pelaces in sardine, a situation that radically changes if the rule proposed by the Management Committee were applied, in which anchovy surveys were equally decisive in the final decision to capture this resource.

The results obtained in this research have made it possible to advance in a better understanding of the effect that the various sources of uncertainty have on the fisheries management of these resources. The performance of various alternative management procedures was analyzed by simulation, and although neither is better than the other, the results are guiding as regards considerations in future decisions. The Management Strategy Evaluation (MSE) in these fisheries involves a permanent challenge both in improving the understanding of the dynamics of these resources, and in identifying those strategies that allow not only the sustainability of the fishery and the populations, but that also represent the interests of all parties involved in fisheries.

# 2. ÍNDICE GENERAL

1.		Resumen Ejecutivo		
2.		Índice General	10	
3.		Índice de figuras y tablas	11	
4.		Índice de anexos	19	
5.		OBJETIVOS	21	
5.	.1. (	Objetivo General	21	
5.	.2. 0	Objetivos Específicos	21	
6.		Antecedentes	22	
7.		Metodología	27	
	7.1 pe	Objetivo Especifico 1: Identificar las principales fuentes de incertidumbre asociadas a esquería de la sardina común y anchoveta centro sur.		
	7.2 inc	Objetivo Especifico 2: Desarrollar un modelo operativo que incorpore las principales fuentes certidumbre asociadas a la evaluación de stock de sardina común y anchoveta.		
	7.3 Ma	Objetivo Especifico 3: Implementar diferentes opciones de manejo utilizando Procedimientos anejo (PM) empíricos y PM modelo-basado alternativos para las pesquerías		
	7.4 ma	Objetivo Especifico 4: Evaluar la efectividad del manejo para alcanzar el o los objetivos anejo establecidos para las pesquerías de sardina común y anchoveta por La LGPA		
8.		Resultados	65	
	8.1 pe	Objetivo Especifico 1: Identificar las principales fuentes de incertidumbre asociadas a esquería de la sardina común y anchoveta centro sur.		
		2 Objetivo Especifico 2: Desarrollar un modelo operativo que incorpore las principales fuentes certidumbre asociadas a la evaluación de stock de sardina común y anchoveta.		
		3 Objetivo Especifico 3: Implementar diferentes opciones de manejo utilizando Procedimientos anejo (PM) empíricos y PM modelo-basado alternativos para las pesquerías		
		4 Objetivo Especifico 4: Evaluar la efectividad del manejo para alcanzar el o los objetivos de manestablecidos para las pesquerías de sardina común y anchoveta por La LGPA	•	
9.		Análisis y discusión de resultados	94	
1(	0.	Conclusiones y recomendaciones	05	
1:	1.	Referencias bibliográficas	10	
12	2.	Anexos 2	18	

# 3. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

# Figuras

Figura 1. Distribución latitudinal de la pesquería pelágica de la zona Centro-Sur y las subzonas de pesca (Fuente: Caballero, 2013)
Figura 2. Desarrollo del proceso de validación de encuesta con pescadores artesanales claves 31
<b>Figura 3</b> . Esquema del Modelo Operativo aplicado para las Reglas de Control de Captura 1, 2, y 3 (Arriba) y para la Regla de Control de Captura 5 y 6 (Abajo)
Figura 4. Ejemplo del modo en que opera la Regla de Control de Captura 1, con F constante 56
Figura 5. Diagrama de flujo para el procedimiento de decisión 57
<b>Figura 6</b> . Ejemplo de Regla con Rampa entre una base al X% de Frms y el X% de Brms, y el techo al 90% de Frms y el 50% de Brms. El valor de Frms se alcanza al 90% de Brms. (X% varía dependiendo de la especie a analizar)58
<b>Figura 7</b> . Ejemplo de regla con rampa en 90% Brms y RMS fijo, donde La captura es equivalente al RMS de largo plazo si la biomasa es mayor al 90% Brms, de lo contrario se aplica Regla 1 F60%BDPR
Figura 8. Ejemplo de regla con captura constante
Figura 9. Ejemplo de diagrama de radar para comparar reglas de decisión
<b>Figura 10</b> . Series de desembarque oficial para sardina común, capturas desde la evaluación de stock IFOP 2016, y capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras (Extraído Wiff et al., 2018)
Figura 11. Series de desembarque oficial para anchoveta, capturas desde la evaluación de stock IFOP 2016, y capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras (Extraído Wiff et al., 2017)
<b>Figura 12.</b> Esquema temporal de la distribución de reclutas, adultos en diferentes estados de madurez, y probables zonas de pre-reclutas. Las flechas indican probables grados de conectividad asociados con natación activa y ayudada por corrientes (Extraído: Cubillos et al., 2009)
<b>Figura 13</b> . Boxplot y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la anchoveta. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Trimestral (PUCV).
<b>Figura 14</b> . Boxplot y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la anchoveta. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Anual (IFOP)93
Figura 15. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la anchoveta. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Anual (INPESCA)

<b>Figura 16</b> . Boxplot de la variabilidad anual y de error relativo de la mortalidad por pesca de anchoveta: A) Modelo Trimestral (PUCV)., B) Modelo Anual (IFOP), c) Modelo Anual (INPESCA)
Figura 17. Boxplot de la variación de a) biomasa desovante (millones t). La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones. b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del Modelo SS3.
Figura 18. Boxplot de la variación en anchoveta a) reclutamiento (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3
Figura 19. Boxplot de la variación de a) mortalidad por pesca (F), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.
Figura 20. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la sardina común. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Trimestral (PUCV).
Figura 21. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la sardina común. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Anual (IFOP)99
Figura 22. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la sardina común. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Anual (INPESCA)
Figura 23. Boxplot de la variabilidad anual y de error relativo de la mortalidad por pesca de sardina común: A) Modelo Trimestral (PUCV)., B) Modelo Anual (IFOP), c) Modelo Anual (INPESCA)
Figura 24. Boxplot de la variación de a) biomasa desovante (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.
Figura 25. Boxplot de la variación de a) reclutamiento (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 21 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.
Figura 26. Boxplot de la variación de a) mortalidad por pesca (F), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 21 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.

<b>Figura 27</b> . Perfiles del gradiente de log-verosimilitud (L) del reclutamiento virginal RO de sardina para las diferentes fuentes de información. La línea segmentada horizontal representa el límite de confianza al 95%. La línea segmentada vertical representa la solución MAP total
<b>Figura 28.</b> Perfiles del gradiente de log-verosimilitud ( <i>L</i> ) del reclutamiento virginal R0 de anchoveta para las diferentes fuentes de información. La línea segmentada horizontal representa el límite de confianza al 95%. La línea segmentada vertical representa la solución MAP total
<b>Figura 29</b> . Biomasas de cruceros, desembarques y edad promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Anual (IFOP). <b>Anchoveta.</b> 113
<b>Figura 30</b> . Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual y anomalías anuales del reclutamiento por Modelo Anual (IFOP). <b>Anchoveta.</b> 114
Figura 31. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Anual (IFOP). Anchoveta 115
<b>Figura 32.</b> Biomasas de cruceros, desembarques y edad promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Anual (IFOP). <b>Sardina Común</b>
Figura 33. Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual y anomalías anuales del reclutamiento por Modelo Anual (IFOP). Sardina Común
Figura 34. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Anual (IFOP). Sardina Común.
<b>Figura 35</b> . Biomasas de cruceros, CPUE, desembarques y tallas promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV). <b>Anchoveta</b>
<b>Figura 36.</b> Tallas promedio y frecuencias de tallas observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV) y representación de las componentes modales trimestrales en una población virginal. <b>Anchoveta</b>
<b>Figura 37.</b> Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual, anomalías anuales y estacionales del reclutamiento, y distribución a la talla del reclutamiento estimado por Modelo Trimestral (PUCV). <b>Anchoveta</b>
Figura 38. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Trimestral (PUCV). Anchoveta
<b>Figura 39</b> . Biomasas de cruceros, CPUE, desembarques y tallas promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV). <b>Sardina Común</b>
<b>Figura 40.</b> Tallas promedio y frecuencias de tallas observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV) y representación de las componentes modales trimestrales en una población virginal.  Sardina Común
<b>Figura 41.</b> Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual, anomalías anuales y estacionales del reclutamiento, y distribución a la talla del reclutamiento estimado por Modelo Trimestral (PUCV). <b>Sardina Común</b>

Común
<b>Figura 43.</b> Simulación de la dinámica anual de <b>Anchoveta</b> : desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca
<b>Figura 44.</b> Simulación de las composiciones de edades anuales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo), PELACES (verde). <b>Anchoveta</b>
<b>Figura 45.</b> Simulación de la dinámica anual de <b>Sardina</b> : desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca.
<b>Figura 46.</b> Simulación de las composiciones de edades anuales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo), PELACES (verde). <b>Sardina</b>
<b>Figura 47.</b> Simulación de una realización de la dinámica trimestral de <b>anchoveta</b> : desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca
<b>Figura 48.</b> Simulación de una realización de las composiciones de tallas trimestrales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo) y crucero PELACES (verde). <b>Anchoveta</b>
<b>Figura 49.</b> Simulación de una realización de la dinámica trimestral de <b>sardina</b> : desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca
<b>Figura 50.</b> Simulación de una realización de las composiciones de tallas trimestrales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo) y crucero PELACES (verde). <b>Sardina.</b> 154
<b>Figura 51</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 52</b> . Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca de anchoveta, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero. Regla RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo)
<b>Figura 53</b> . Arriba: Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC3. Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza. Abajo: Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero RCC3.
<b>Figura 54</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC4 sin captura (arriba) y RCC4 100 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es

negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza 163
<b>Figura 55</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC4 200 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 56</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC5 con rampa (arriba) y sin rampa (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 57</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 58</b> . Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca de sardina, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero. Regla RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo)
<b>Figura 59</b> . Arriba: Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC3. Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza. Abajo: Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero RCC3.
<b>Figura 60</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC4 sin captura (arriba) y RCC4 200 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 61</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC4 500 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 62</b> . Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC5 con rampa (arriba) y sin rampa (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza
<b>Figura 63</b> . Proyección de la biomasa desovante y mortalidad por pesca de anchoveta (arriba) y sardina (abajo). Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6 1

Figura 64. Proyección de la biomasa desovante y mortalidad por pesca de anchoveta (arriba) y sardina (abajo). Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6_2
Figura 65. Proyección de la proporción verdadera de la anchoveta en las capturas, sesgo en la proporción estimada desde los cruceros, capturas de anchoveta, capturas de sardina y capturas totales. Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6_1
Figura 66. Proyección de la proporción verdadera de la anchoveta en las capturas, sesgo en la proporción estimada desde los cruceros, capturas de anchoveta, capturas de sardina y capturas totales. Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6_2
Figura 67. Probabilidad de sobreexplotación del stock de anchoveta para diferentes estrategias de explotación y niveles de captura promedio
Figura 68. Probabilidad de sobreexplotación del stock de sardina para diferentes estrategias de explotación y niveles de captura promedio
Figura 69. Gráficas de radar para las reglas 1, 2, y 3 para el recurso Anchoveta. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
Figura 70. Gráficas de radar para las variantes de la regla 4 para el recurso Anchoveta. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
<b>Figura 71</b> . Gráficas de radar para las variantes de la regla 5 y 6 para el recurso Anchoveta. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
Figura 72. Gráficas de radar para las reglas 1, 2, y 3 para el recurso Sardina. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
Figura 73. Gráficas de radar para las variantes de la regla 4 para el recurso Sardina. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
Figura 74. Gráficas de radar para las variantes de la regla 5 y 6 para el recurso Sardina. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados
<b>Figura 75</b> . Ejemplo de 20 réplicas aleatorias para el recurso Sardina. En el eje x se muestran los años proyectados, mientras que en el eje y las capturas en toneladas
<b>Figura 76</b> . Gráfico de barras representativas de la proporción de influencia de cuota inicial, crucero Reclas, y crucero Pelaces para los casos Anchoveta (a), Sardina(b) y Mixto (c)

# Tablas

Tabla 1. Detalle de contenido de las preguntas establecidas en la encuesta realizada a pescadores           artesanales.         32
Tabla 2. Detalle de contenido de las preguntas establecidas en la encuesta realizada a analistas, técnicos y científicos (ATC).       36
Tabla 3. Propuesta de reglas de control de la captura para la pesquería de sardina común y anchoveta.
Tabla 4. Propuesta de objetivos operacionales y variables de desempeño asociada
<b>Tabla 5.</b> Objetivos operacionales y variables de desempeño modificada en Taller N°2.         42
Tabla 6. Ejemplo hipotético de una jerarquía de objetivos de gestión con estadísticas de rendimiento asociadas. Los principales objetivos de gestión se basan en el marco normativo (Bentley & Stokes ,2011).         53
<b>Tabla 7</b> . Estimaciones de captura total, retenida y descartada para anchoveta en la zona centro-sur, para la pesquería industrial y artesanal año 2017. Estimaciones en toneladas. Datos de observador científico. A partir de la estimación de la proporción de especies en la captura. Fuente: Vega et al. (2017)
Tabla 8.       Resumen de las respuestas generadas por los pescadores encuestados. Las respuestas se clasificar por ámbito de estudio e ítem específico a consultar.       81
<b>Tabla 9</b> . Resumen de las respuestas generadas por los profesionales encuestados en el taller "Taller de análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería". Las respuestas se clasifican por ámbito de estudio e ítem específico a consultar
<b>Tabla 10.</b> Cuadro comparativo resumen acerca del nivel de coincidencia entre usuarios y científicos (profesionales), frente a preguntas similares realizadas en los ámbitos biológico y operacional de las pesquerías de sardina común y anchoveta
<b>Tabla 11.</b> Promedio de los errores relativos (MRE) y errores relativo absoluto (MARE) para todos los años y para los tres ultimos años de la biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca (F), a partir de los modelos PUCV, IFOP, INPESCA y SS3 para los casos de la sardina y anchoveta. Entre paréntesis se entrega la desviación estándar
<b>Tabla 12.</b> Gradientes de la log-verosimilitud del reclutamiento virginal R0 de sardina para las diferentes fuentes de información (Reclas= Crucero verano, Pelaces=Crucero de otoño, Prop= Prop de edades) 106
<b>Tabla 13.</b> Gradientes de la log-verosimilitud (L) del reclutamiento virginal RO de anchoveta para las diferentes fuentes de información (Reclas= Crucero verano, Pelaces=Crucero de otoño, Prop= Prop de edades)
Tabla 14. Parámetros del Modelo Anual (IFOP) ajustado a los datos de la Anchoveta.       116
Tabla 15. Parámetros del Modelo Anual (IFOP) ajustado a los datos de la Sardina Común

Tabla 16.         Parámetros del Modelo Trimestral (PUCV) ajustado a los datos de la Anchoveta.         127
Tabla 17. Parámetros del Modelo Trimestral (PUCV) adjuntado a los datos de la Sardina Común 133
Tabla 18. Ecuaciones de procesos y observaciones del modelo operativo escala anual.         135
Tabla 19.         Supuestos del error de procesos en el modelo operativo anual de anchoveta y sardina         137
Tabla 20.       Supuestos de las distribuciones de probabilidad empleadas para generar error de observación en el modelo operativo anual de anchoveta / sardina.       137
<b>Tabla 21.</b> Código SCILAB del modelo operativo de simulación de la dinámica anual de anchoveta y sardina.
Tabla 22. Ecuaciones de procesos y observaciones del modelo operativo en escala trimestral
<b>Tabla 23.</b> Supuestos del error de procesos en el modelo operativo trimestral de anchoveta y sardina. 147
<b>Tabla 24.</b> Supuestos de las distribuciones de probabilidad empleadas para generar error de observación en el modelo operativo trimestral de anchoveta / sardina
Tabla 25. Modelo operativo de simulación de la dinámica trimestral de anchoveta y sardina.         148
Tabla 26.       Variables de desempeño de las reglas de control/decisión de capturas evaluadas para la anchoveta. En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general.         179
<b>Tabla 27</b> . Variables de desempeño de las reglas de control/decisión de capturas evaluadas para la sardina. En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general
<b>Tabla 28</b> . Indicadores de desempeño de la regla de control de captura mixta para dos escenarios de combinación de los cruceros (RCC6 1 y 2) y dos niveles de criterio de proporción de captura inicial (p=0.5 – 0.8). En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general
<b>Tabla 29</b> . Capturas recomendadas por la RCC2 versus capturas finales efectivas, proyectado 10 años a futuro (replica aleatoria). (RC: Captura Recomendada. TAC: Cuota final/ Captura Total Permisible) 189
Tabla 30. Proporción de influencia de cada crucero en la cuota final determinada para el año

# 4. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Detalles de encuesta semi-estructurada	218
Anexo 2: Programa y Asistencia a taller de análisis de focos de incertidumbre	225
Anexo 3: Fotografías Taller de Análisis de Focos de Incertidumbre	227
Anexo 4: Encuesta a profesionales Taller N°1	228
Anexo 5: Encuesta a profesionales Taller N°2.	232
Anexo 6: Recomendaciones del revisor experto.	234
Anexo 7: Implementación y resultados de encuestas y talleres realizados con usuarios de investigadores y representantes de organismos institucionales.	•
Anexo 8: Modelamiento de sardina común y anchoveta en Stock Synthesis (SS3)	274
Anexo 9: Solicitud de modificación carta Gantt	277
Anexo 10: Reporte de Revisores Expertos sobre seminario internacional: "Evaluación de E Manejo en Recursos Pelágicos Pequeños en Chile"	_
Anexo 11: Acta Reunión de Coordinación	292
Anexo 12: Asistencia Reunión de Coordinación.	294
Anexo 13: Programa Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias c	
Anexo 14: Asistencia Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de recursos marinos".	-
Anexo 15: Fotografías Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias c	-
Anexo 16: Acta de taller "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo pesquerías de anchoveta y sardina común"	• •
Anexo 17: Asistencia a taller "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de n en las pesquerías de anchoveta y sardina común"	
Anexo 18: Invitación y Agenda del Taller "Difusión de resultados"	306
Anexo 19: Lista de asistencia a Taller "Difusión de resultados"	308

## Equipo de Trabajo

Nombre	Institución	Función
Cristian Canales Ramírez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Jefe de Proyecto. Coordinación de Actividades. Diseño, elaboración y codificación de modelos. Implementación y evaluación de reglas de control. Elaboración de Informes. Evaluación de estrategias de manejo Preparación y participación de Talleres.
Nicolás Adasme Lueiza		<b>Investigador</b> . Análisis de información. Modelamiento. Elaboración de Informes. Preparación y participación en talleres.
Nazareth Sánchez Espinoza		<b>Investigador.</b> Análisis de información. Modelamiento. Elaboración de Informes. Preparación y preparación en talleres.
Jesús Curiel Pérez		Investigador. Elaboración y codificación de modelos.
Aquiles Sepúlveda Oróstica	Roberto San Martín Valdebenito  Carlos González Ayamante  Claudio Gatica Molina	Investigador. Análisis de información. Modelamiento. Elaboración de Informes. Participación en talleres.
		Investigador. Elaboración de Informes. Preparación y preparación en talleres.
		Investigador. Elaboración de Informes. Preparación y preparación en talleres.
Claudio Gatica Molina		<b>Investigador.</b> Análisis de información. Modelamiento. Elaboración de Informes. Preparación y participación en talleres.
Marcos Arteaga Vásquez		<b>Investigador.</b> Análisis de información. Modelamiento. Elaboración de Informes. Preparación y participación en talleres.
James Ianelli	Expertos	<b>Científico experto en EEM.</b> Participación en talleres. Evaluación y revisión de modelos. Evaluación de estrategias de Manejo.
Carryn De Moor	Independientes	Científico experto en EEM. Participación en talleres. Evaluación y revisión de modelos. Evaluación de estrategias de Manejo.
Lee Qi	Independientes	Investigador. Elaboración y codificación de modelos. Participación de talleres.

## 5. OBJETIVOS

#### 5.1. OBJETIVO GENERAL

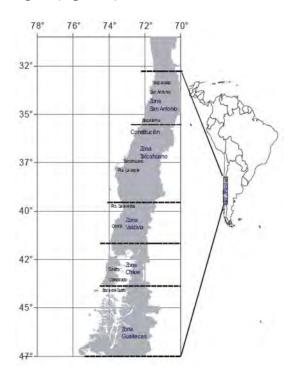
Diseñar e implementar la aproximación Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) para las pesquerías de sardina común y anchoveta entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos.

#### 5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la pesquería de la sardina común y anchoveta centro sur.
- II. Desarrollar un modelo operativo que incorpore las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la evaluación de stock de sardina común y anchoveta.
- III. Implementar diferentes opciones de manejo utilizando Procedimientos de Manejo (PM) empíricos y PM modelo-basado alternativos para las pesquerías.
- IV. Evaluar la efectividad del manejo para alcanzar el o los objetivos de manejo establecidos para las pesquerías de sardina común y anchoveta por la LGPA.

#### 6. ANTECEDENTES

Las pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile, en particular las de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*), son parte de las más importantes del país, tanto por los niveles de desembarque como por el tamaño de la flota que participa en estas pesquerías (Sernapesca, 2019). La distribución geográfica de estas pesquerías en la zona centrosur, abarca desde la V a la X Región (**Figura 1**).



**Figura 1**. Distribución latitudinal de la pesquería pelágica de la zona Centro-Sur y las subzonas de pesca (Fuente: Caballero, 2013).

En la actualidad existe incertidumbre respecto a la condición actual de las pesquerías de sardina común y anchoveta, considerándose en estado de plena explotación la primera y agotada la segunda (SUBPESCA, 2018). Por tal razón, resulta fundamental implementar una herramienta que permita determinar la probabilidad de alcanzar o no el objetivo de manejo demandado por la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), frente a un rango de fuentes de incertidumbre,

representadas a través de escenarios plausibles de la naturaleza. La reciente modificación a la LGPA, introduce además importantes cambios en el marco de la conservación de los recursos y la sustentabilidad de las pesquerías; refiriéndose principalmente en la implementación de los enfoques precautorio y ecosistémico, en la gestión pesquera. También se incorpora la obligatoriedad de desarrollar planes de manejo y de recuperación vinculantes y a la utilización de Puntos Biológicos de Referencia (PBR) objetivo y límite, para definir el estatus de conservación de los recursos.

En Chile, hasta la fecha se han utilizado aproximaciones tradicionales de evaluación de stock, las cuales se basan en el desarrollo de la denominada "mejor evaluación". Esto, mediante la implementación de modelos matemáticos estadísticos que representan la dinámica poblacional e integran todos los datos disponibles, para proveer estimaciones de la abundancia en el pasado y presente, así como también estimados de la productividad de un determinado recurso. Usualmente, involucran la estimación de PBR permitiendo determinar la condición de una pesquería. Estos resultados son traducidos en recomendaciones de Captura Total Permisible (CTP), por ejemplo, proyectando hacia el futuro tendencias de un recurso bajo escenarios alternativos de captura constante.

#### • Manejo y evaluación de los recursos sardina y anchoveta

El sistema de manejo sobre estas especies comienza en la década de los años 90 con la aplicación e implementación de vedas biológicas de reclutamiento y desove. Lo anterior, con el objeto de proteger la alta incidencia de juveniles en la captura y resguardar la fracción desovante. Ambas estrategias de control son establecidas por la Subsecretaría de Pesca, entidad de gobierno responsable de establecer la normativa pesquera y de regulación hacia el sector pesquero chileno a partir de 1976. Más tarde, desde el año 2001 y mediante la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) se decreta los Límites Máximos de Captura (LMC) y Cuotas de Captura Permisible (CTP). El sistema de control para la estimación de CTP y determinación de estado de condición de ambos recursos, se basa en "la mejor evaluación de stock disponible", ajustada estadísticamente en base a índices de abundancia, independientes de la pesquería, como son los cruceros hidroacústicos

efectuados desde el año 2000 (Saavedra et al., 2017), e índices desde la operación pesquera (capturas, CPUE, composiciones de tamaños).

La evaluación de stock en ambas especies es desarrollada en un contexto mono-específico, ignorando la característica mixta en las capturas y la potencial alternancia en los niveles de abundancia entre las especies (Gatica et al., 2007; Pedraza & Cubillos, 2008). En la formulación de una EEM, el condicionamiento de un Modelo Operativo (MO) realista de cada stock, debe considerar las características multi-específicas de las pesquerías. En este sentido, Rademeyer et al. (2007) plantean que la incertidumbre asociada al condicionamiento del MO se traduce en errores de proceso, observación, implementación y aquellas fuentes de incertidumbre asociadas al propio modelo. En esta última consideración de incertidumbre asociada a los modelos, Butterworth & Punt (1999) reconocen la existencia de dos tipos de interacciones de tipo multiespecífica que deben ser consideradas en la creación y condicionamiento de un MO. En primer lugar, la interacción de tipo biológica (e.g., predación y competencia), la cual es muy difícil de determinar debido al pobre entendimiento que existe respecto a los procesos que gobiernan tales interacciones. Secundariamente, la interacción de tipo técnica en el proceso de pesca asociada al carácter mixto de las pesquerías y que guarda relación con la coexistencia espacial y temporal de una especie sobre la otra en la captura, como es el caso de los pequeños pelágicos en Chile centro sur (Cubillos et al., 1998; Pedraza & Cubillos, 2008; Arteaga et al., 2014) y la probable alternancia o asincronía en el reclutamiento de ambas especies, lo que se traduce en variabilidad en el crecimiento de las cohortes (Castillo-Jordán et al., 2010; Feltrim & Ernst, 2010).

Este tipo de interacciones técnicas se deben al hecho de que los cambios en la estrategia de explotación y posterior estimación de una CTP para una especie impactan la captura de la otra. Cochrane et al. (1998) y De Oliveira et al. (1998), abordaron esta problemática en la pesquería mixta sudafricana de anchoveta *Engraulis capensis* y sardina *Sardinops sagax* implementando un PM conjunto, donde la captura incidental de juveniles de sardina se relaciona con la magnitud de la CTP de anchoveta.

#### • Uso y aplicación del enfoque EEM

Los métodos de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) o Procedimientos de Manejo (PM), desarrollados desde fines de la década de los años 80 al interior de la "Comisión Ballenera Internacional" (International Whaling Commission, IWC) (Kirkwood, 1992, 1997), han sido ampliamente aplicados en diversos recursos marinos, desde pesquerías de pelágicos pequeños en Sudáfrica (Cochrane et al., 1998; De Oliveira et al., 1998), especies demersales como la merluza de Namibia (Butterworth & Geromont, 1997) y las merluzas sudafricanas *Merluccius paradoxus* y *M. capensis* (Rademeyer et al., 2008), la langosta de roca *Jasus lalandii* y *Palinurus gilchristi* (Johnston & Butterworth, 2005; Johnston et al., 2008), el *Orange roughy* de Namibia (Branch, 1998) y el jurel (*Trachurus capensis*, Furman & Butterworth, 2012). En Chile, estos enfoques no han sido implementados para el manejo formal de las pesquerías de pequeños pelágicos y los análisis prospectivos se han restringido a la evaluación de estrategias de explotación con proyecciones a diferentes plazos sin considerar retroalimentación entre modelos a diferencia de de lo que ha sido planteado en los métodos de EEM.

Una EEM implica tradicionalmente un enfoque mono-especifico, aunque se conoce de experiencias donde se consideran enfoques ecosistémicos de tipo multi-específico (Smith et al., 2007) y donde además es posible la incorporación de factores ambientales asociados a predicciones de reclutamientos futuros (De Oliveira & Butterworth, 2005). Tradicionalmente, la EEM integra aspectos sobre la dinámica poblacional, el seguimiento de la pesquería, la evaluación de stock y reglas de control y/o manejo, de tal manera que a partir de un Modelo Operativo (MO) que representa la "población verdadera", es posible representar la estructura y variabilidad natural del sistema generando datos simulados tanto de la pesquería como del stock, permitiendo la evaluación bajo incertidumbre de cierta acción de manejo aplicada.

En la última década, las bases científicas que sustentan las recomendaciones de manejo de los recursos pesqueros se han enfocado en la representación y cuantificación de la incertidumbre. En este contexto, un creciente número de científicos pesqueros sostienen que la gestión debería avanzar desde los enfoques tradicionales de evaluación de stock hacia la implementación de un enfoque basado en la Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM). A parte de permitir transparentar e incluir la toma de decisión en una fórmula explícita, este enfoque permite probar

mediante simulación si es viable que una estrategia pueda alcanzar el objetivo de manejo, minimizando el riesgo de ubicar al recurso en un estado poblacional poco saludable. La EEM corresponde al proceso en el cual se utilizan pruebas de simulación para determinar la robustez de las Reglas de Control de Captura (RCC) frente a un rango de incertidumbres asociadas al estatus, dinámica y manejo del recurso, entre otras (Schnute *et al.*, 2007). Una RCC o modelo de manejo se define como un conjunto de reglas específicas para determinar una acción de manejo en la forma de CTP y/o esfuerzo, dados los datos de entrada que provienen de un modelo de estimación (Procedimiento de Manejo modelo-basado) o directamente de los datos de un modelo de simulación (Procedimiento de Manejo empírico) (Rademeyer *et al.*, 2007; Hawkshaw y Walters, 2015).

La evaluación de las consecuencias de diferentes opciones de manejo involucra modelar escenarios plausibles de la dinámica verdadera subyacente de la población de interés y el impacto de su explotación (Wetzel y Punt, 2017). En tal sentido, los modelos operativos son utilizados para representar dicha dinámica en los ensayos de simulación y para generar datos del monitoreo del recurso cuando es proyectado hacia el futuro. Estos modelos capturan el conocimiento histórico a través de la información disponible, permitiendo incluso formular hipótesis alternativas para las cuales no se tienen datos (i.e.: descartes, sub-reportes o condiciones ambientales que afectarán los reclutamientos futuros, Kell *et al.*, 2006).

Considerando los actuales desafíos de la gestión pesquera, los que en definitiva se centran en la gestión apropiada del riesgo bajo el mejor conocimiento posible de la incertidumbre, la implementación de EEM en el proceso de toma de decisiones y en el desarrollo de RCC es fundamental en la administración pesquera moderna, permitiendo identificar las estrategias de manejo que mejor se desempeñan y ofrecen mayor certeza en alcanzar los objetivos planteados, para así transitar desde una mirada táctica a una estratégica. La implementación de esta aproximación es consistente con la aplicación del principio precautorio, al considerar las diferentes fuentes de incertidumbre que han sido identificadas en una determinada pesquería (Butterworth, 2007).

En el presente estudio se muestran los progresos realizados sobre el desarrollo y diseño de modelos operativos en las pesquerías de pequeños pelágicos, incluyendo las principales fuentes de incertidumbre existentes en el sistema de estos recursos de la zona centro-sur de Chile.

#### 7. METODOLOGÍA

7.1 Objetivo Especifico 1: Identificar las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la pesquería de la sardina común y anchoveta centro sur.

La identificación de fuentes de incertidumbre es fundamental a la hora de establecer el marco de un modelo de manejo pesquero. Roughgarden y Smith (1996) sostienen que existen al menos tres fuentes de incertidumbre relevantes para el manejo de pesquerías: 1) la variabilidad en la dinámica de los peces, 2) estimaciones inexactas en el tamaño de las poblaciones y 3) la implementación imprecisa de cuotas de captura.

Con el objetivo de identificar las <u>principales fuentes de incertidumbre</u> asociadas a la pesquería de la sardina común y anchoveta del centro sur de Chile, junto a la <u>caracterización del sistema de manejo pesquero</u> vigente, se aplicó el siguiente enfoque:

Revisión bibliográfica de la literatura nacional para identificar y describir aquellas fuentes de incertidumbre asociadas a la dinámica de la sardina común y anchoveta existentes en la evaluación del estatus y productividad del recurso (estructura de modelo, parámetros, datos, etc.) que pueden incidir en las medidas de manejo. Esta revisión de fuentes de incertidumbre incluyó referencias internacionales de similares características y cubrió desde la toma del dato, hasta la efectividad del cumplimiento de medidas de manejo. La identificación de las fuentes de incertidumbre constituyó la base para la selección del conjunto de escenarios a modelar para evaluar la robustez de las diferentes estrategias de manejo.

- Revisión/definición de un modelo conceptual sobre la dinámica espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona centro sur de Chile. El modelo conceptual actual, se estructuró en una escala temporal que no parece ser la más adecuada para recursos de vida corta, debido a su rápido crecimiento y alta mortalidad. Además, existen indicios de patrones espaciales en la dinámica de estos recursos que sugieren que el supuesto de homogeneidad espacial no es el más adecuado.
- Realización de <u>talleres consultivos a usuarios</u>, fiscalizadores y sectorialistas de la <u>administración pesquera</u> con el objetivo de conocer y priorizar las principales fuentes de incertidumbre en la pesquería, operación de pesca, evaluación de stock y manejo mediante la metodología de constituir un "grupo focal" (*focus group*), utilizada como técnica cualitativa para el estudio las opiniones o actitudes de un grupo de interés.

#### 7.1.1. Fuentes de incertidumbre asociadas al modelo conceptual de dinámica poblacional

Entre las diversas fuentes de incertidumbre por explorar/identificar se destacan tanto las relacionadas con los procesos biológicos como las relativas a la implementación de las medidas administrativas aplicadas en estos recursos y la efectividad del cumplimiento de las medidas de manejo.

En el marco de este primer objetivo específico, se revisó y discutió el modelo conceptual de sardina común y anchoveta, lo cual permitió no solo representar de manera adecuada los procesos poblacionales, sino también incluir de manera explícita la mayor cantidad de incertidumbre biológica y pesquera. El modelo conceptual fue revisado en las rondas de reuniones y consultas con usuarios, administradores y científicos involucrados. La revisión y definición del modelo conceptual fue considerada un elemento clave para implementación del modelo operativo.

#### 7.1.2. Fuentes de incertidumbre asociadas al modelo de manejo

El modelo de manejo actual se sustenta en los resultados de la evaluación de stock, expresada por medio de un modelo de análisis de dinámica poblacional que integra información resultante de un programa de seguimiento y de cruceros acústicos. En este contexto fueron abordados los tipos de errores caracterizados por Francis y Shotton (1997) respecto del: error de proceso, error de observación, error de implementación y error del modelo de estimación.

#### 7.1.3. Identificación de las fuentes de error percibidas por las partes interesadas

El conocimiento ecológico tradicional (CET) puede definirse como un cuerpo acumulativo de conocimientos, prácticas y creencias que evolucionan por procesos adaptativos y pasan de generación en generación a través de la transmisión cultural (Berkes et al., 2000; Berkes, 2008). El conocimiento ecológico tradicional es tanto acumulativo como dinámico, se apoya en la experiencia y se adapta al cambio. Es un atributo de sociedades con continuidad histórica en el uso de recursos en una determinada zona y representa aspectos fundamentales a tener en cuenta con el propósito de lograr una administración racional de los mismos (Haggan et al., 2003; Johannes et al., 2000) en procesos de manejo local de recursos (Berkes 2008). No obstante, reconocer la experiencia del pescador es fundamental para determinar los aspectos a priorizar, considerando no solamente la sostenibilidad de los diferentes recursos pesqueros, sino también la situación económica y social del pescador.

En este caso, el equipo gestor de este proyecto incorporó el CET de los pescadores artesanales dedicados a la captura de sardina común y anchoveta en la región centro sur de Chile, con la finalidad de apoyar la identificación de las fuentes de incertidumbre, basados en la experiencia del pescador artesanal, quién por tradición ha estado ligado de manera permanente a la actividad pesquera viviendo en primera persona el desempeño de la pesquería, su interacción con el medio ambiente e implementación de la normativa que regula esta actividad.

De este modo, se llevó a cabo un levantamiento de información primaria desde los pescadores artesanales, con el fin de extraer el CET que aporte, desde su percepción, hacia el establecimiento de las fuentes de incertidumbre en la evaluación del estado de condición de las

pesquerías de sardina común y anchoveta. Este levantamiento de información consideró una serie de actividades que fueron desarrolladas secuencialmente para este fin, pero que en términos generales correspondieron a la elaboración y validación de un instrumento de consulta (encuesta) y la realización de talleres consultivos, con la correspondiente aplicación de este instrumento a los usuarios.

#### a) Encuestas

#### Diseño y construcción del cuestionario

Se diseñó un instrumento para levantar información primaria, el cual consideró la elaboración de una encuesta semi-estructurada compuesta de un cuestionario de 20 preguntas (Ver Anexo 1, Figura A1), y fue construido según lo propuesto por Medley et al. (2005). El proceso de diseño y construcción del cuestionario implicó que el equipo de trabajo se reuniese en varias oportunidades para definir los contenidos considerados como relevantes para la obtención de la percepción de los pescadores artesanales acerca de las fuentes de incertidumbre. Una vez identificados los ámbitos, se construyeron tablas con esta información (Ver Anexo 1, Tablas A1, A2, y A3), las cuales fueron analizadas al interior del equipo, considerando el juicio de experto, el nivel de complejidad a abordar con los pescadores, la cantidad de contenidos y los tiempos requeridos para abordar la encuesta diseñada. Una vez definidos los contenidos, se procedió a definir el propósito y objetivos orientados a la construcción de una o más preguntas, esto permitió que este instrumento fuese aplicado de manera homogénea, posibilitando que las preguntas fueran formuladas sin la existencia de sesgos por parte del encuestador y sobre todo debido a eventuales aclaraciones a los encuestados, frente a dudas surgidas durante la aplicación de las encuestas (ver Anexo 1, Figura A2).

#### Validación de la encuesta

Una vez elaborado el instrumento (encuesta), éste fue sometido a un proceso de validación para establecer si las preguntas generadas eran claras y apuntaban al propósito planteado para cada una de ellas. Este proceso además se realizó con la finalidad de determinar si era factible que los

pescadores artesanales respondiesen cada pregunta y en casos donde se encontraron defectos que no hacían entendible la pregunta, o no apuntaba al propósito, se realizaron cambios en la forma de la pregunta para así obtener una respuesta acorde al propósito establecido.

Este proceso de validación se implementó en dos etapas, la primera se realizó con investigadores del equipo de trabajo del proyecto, y la segunda consideró la aplicación de esta encuesta con pescadores artesanales claves. En este segundo caso, se consideraron tres representantes de los pescadores que poseían más de 10 años de experiencia en el rubro que además fuesen armadores de embarcaciones que se dedican a la actividad pesquera en la Octava Región (**Figura 2**).



Figura 2. Desarrollo del proceso de validación de encuesta con pescadores artesanales claves.

#### Obtención de la encuesta

Una vez finalizado el proceso de validación de la encuesta se consolidó el instrumento (ver encuesta en **Anexo Digital**), el cual estuvo compuesto por 20 preguntas (**Tabla 1**) en cuyo contenido se abarcaron los ámbitos que se indican a continuación:

#### Ámbito Biológico

- La sardina común y/o anchoveta como unidades poblacionales
- Modelo conceptual espacial de las especies
- Ciclo biológico de las especies (vinculado a la temporalidad anual)

- Marco de investigación adecuado para la obtención de conocimiento biológico.
- Cruceros de investigación

## - <u>Ámbito Operacional</u>

• Interacción técnica en la captura (mezcla) y prácticas operacionales no deseadas.

## - <u>Ámbito Manejo</u>

- Problemas en la asignación de cuotas
- Estado y disponibilidad en la que se encuentra los recursos

**Tabla 1**. Detalle de contenido de las preguntas establecidas en la encuesta realizada a pescadores artesanales.

N°	Contenido preguntas
1	Eventual diferenciación en grupos distintos en toda la macrozona, para cada recurso.
2	Identificación de flujos migratorios de peces en la macrozona (dirección; % migra)
3	Identificación de área de crianza y engorda
4	Relación ambiente-abundancia de adultos sobre la abundancia de reclutas.
5	Periodos de dominancia de un recurso por sobre el otro.
6	Causas que provocan la mortalidad natural.
7	Pertinencia de los cruceros de investigación (periodos de tiempo y evaluación).
8	Presencia de sub-reporte
9	Efectividad de la fiscalización en el registro del desembarque real.
10	Causas que incrementan el descarte (magnitud descarte/factores que lo inducen).
11	Regionalización de las cuotas.
12	Percepción del porcentaje del 40% de extracción de imputación conjunta.

Tabla 1. Continuación.

13	Detección de problemas en la asignación anual de las cuotas.
14	Pertinencia de vedas biológicas.
15	Existencia de biomasa no disponible para la captura.
16	Identificación de estaciones con alta y baja abundancia.
17	Identificación de cruceros que representan mejor la biomasa.
18	Percepción del estado de los recursos.
19	Nivel mínimo de las capturas sostenibles.
20	¿Cómo cree usted que podría mejorar el manejo pesquero de estos recursos?

En este cuestionario el énfasis estuvo en los elementos que intervienen en la fuente de incertidumbre de la dinámica de la sardina y anchoveta, lo cual además incluyó elementos que están en el marco de la identificación de estrategias de manejo como insumo para el desarrollo del objetivo 3. El instrumento se planteó de esta manera para evitar tener que efectuar nuevas convocatorias y entrevistas con pescadores por temas que para ellos son relacionados.

#### Aplicación de la encuesta

Se consideró pertinente que esta encuesta fuese contestada por patrones de pesca de las embarcaciones artesanales y por armadores artesanales. Se reconoce que muchos armadores fueron originalmente patrones de pesca y por lo tanto, a través de los años han adquirido experiencia en la pesca y en la administración comercial de la actividad.

En relación al tamaño de muestra para el caso de los armadores artesanales, se consideró un mínimo igual a la raíz cuadrada de la cantidad total de armadores artesanales que operan en la pesquería de sardina común y anchoveta (Medley et al., 2005). Para ello, se utilizó la información oficial del registro de armadores artesanales del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. El

número de inscritos que han operado en el año 2018 en la Región del Bio-Bio correspondió a un total de 373 personas. Por lo tanto, se consideró de manera preliminar la utilización de un número muestreal mínimo de 19 armadores artesanales.

Por otro lado, se determinó que era apropiado aplicar esta encuesta en las diferentes localidades en las cuales se distribuye la pesquería dentro de la macrozona Centro-Sur, con la finalidad de establecer eventuales diferencias en la dinámica de estos recursos percibidas por pescadores de las diferentes localidades. En este caso, se acudió a los puertos de San Antonio, Talcahuano, San Vicente, Coronel, Valdivia y Puerto Montt (Calbuco).

La estrategia para convocar a distintos pescadores se realizó de dos maneras:

- A través de algunos armadores industriales, se les solicitó convocar a sus proveedores, para ser encuestados en lugares provistos por agrupaciones artesanales o instalaciones de las propias empresas.
- II. A través de dirigentes de la pesca artesanal y algunos representantes del sector en el
   Comité de Manejo, en lugares que ellos establecieron.

Esta estrategia permitió establecer reuniones masivas de pescadores a los cuales se les aplicó la encuesta y se pudo explicar las preguntas que requirieron de un mayor contexto para entender su alcance. Por otro lado, se realizó la aplicación individual de la encuesta a pescadores que se contactaron mediante el método de la "bola de nieve" (a partir de un encuestado se estableció un contacto para encuestar a otro pescador).

#### Análisis de resultados del proceso de encuestas

La sistematización de las encuestas fue realizada mediante la transcripción a planillas electrónicas de las respuestas generadas por cada encuestado, estructurándose una base de datos con las respuestas a cada pregunta individualizada por encuestado para su posterior análisis. Este análisis permitió establecer contenidos relevantes para establecer fuentes de incertidumbre.

#### Encuestas a analistas, técnicos y científicos

Otra fuente de información primaria fue levantada desde investigadores científicos, técnicos y analistas (CTA) que trabajan en los recursos sardina común y anchoveta a nivel nacional. Esto fue realizado con la finalidad de extraer las percepciones que poseen sobre las fuentes de incertidumbre consultadas a los pescadores artesanales. Es importante destacar que si bien se reconoce que en este grupo de representantes asociados a la ciencia y la aplicación u operación de las medidas de manejo debiera existir una mejor definición de estas fuentes de incertidumbre, de igual manera, fue relevante contrastar sus percepciones sobre la concepción de la dinámica de la pesquería de estos recursos con las percepciones de los pescadores, en pos de encontrar una estimación adecuada respecto sobre que variables era necesario poner mayor énfasis.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los pescadores artesanales, se determinaron los contenidos relevantes percibidos por ellos que representaban fuentes de incertidumbre al modelo de evaluación y se diseñó una nueva encuesta para su aplicación a este grupo de *stakeholders* con la finalidad de poder establecer las percepciones respecto de lo indicado por los pescadores, además de realizar nuevas consultas en relación a otras fuentes de incertidumbre no incluidas en la encuesta de los pescadores.

El diseño de esta encuesta semi-estructurada consideró un número de 20 preguntas, realizada para los ámbitos biológico y operacional (Ver **Anexo Digital**, Encuesta a CTA). El detalle de los contenidos de la encuesta se indica en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Detalle de contenido de las preguntas establecidas en la encuesta realizada a analistas, técnicos y científicos (ATC).

N°	Contenido preguntas
1	La sardina común y la anchoveta desarrollan procesos migratorios.
2	Procesos más relevantes y que influyen en la migración de estos recursos.
3	Determinar si es relevante la evaluación espacialmente explícita.
4	Presencia de escape a la pesquería por migración.
5	Estimación de los porcentajes de escape a la pesquería.
6	Percepción sobre los principales moduladores del reclutamiento.
7	Nivel de importancia de cada factor para el control del reclutamiento.
8	Porcentaje de variabilidad del reclutamiento.
9	Pertinencia de los cruceros en tiempo y cobertura para la medición de la abundancia.
10	Percepción sobre la implementación trimestral de los cruceros acústicos.
11	Porcentaje de la abundancia que no se evalúa en los cruceros.
12	Percepción del nivel de credibilidad de las capturas reportadas por los pescadores
13	Percepción del porcentaje de error de las capturas reportadas.
14	Periodo de años con errores significativos en el reporte de desembarque.
15	Percepción sobre los factores principales que inducen el descarte.
16	Percepción sobre la magnitud del porcentaje de descarte histórico.
17	Acuerdo con el porcentaje de la biomasa que no está disponible a la flota.
18	Percepción del porcentaje de la biomasa que no está disponible a la flota.
19	Acuerdo con los factores moduladores de la muerte natural de estas especies.
20	Percepción sobre el o los factores que impacta (n) en la mortalidad natural.

#### b) Taller consultivo de análisis de los focos de incertidumbre

Los resultados obtenidos en la aplicación de las encuestas a los usuarios fueron posteriormente presentados en el **Primer Taller** denominado "Taller de análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería", el cual se realizó en la ciudad de Valparaíso el día 24 de Julio de 2019 (**Anexo 2 y Anexo 3**). A este taller fueron convocados representantes de la Subsecretaría de Pesca, Instituto de Fomento Pesquero, e investigadores de la academia, entre los cuales se encontraron analistas, técnicos y científicos, quienes por un lado están dedicados a la investigación de la dinámica biológica-pesquera y, por otro lado, a la administración de la pesquería de la sardina común y anchoveta. Este taller tuvo por finalidad el levantamiento de información primaria desde este grupo de profesionales a partir de las impresiones generadas por los pescadores artesanales, para lo cual se realizó una presentación de estos resultados al inicio del taller y de manera paralela se aplicó una encuesta para extraer sus impresiones, establecer consensos y validar respecto de los focos de incertidumbre identificados por los pescadores y de las causas que los originan.

Este taller estuvo compuesto de dos fases: en la primera se presentó el contexto del proyecto, lo objetivos del taller y los resultados de la aplicación de una encuesta a los pescadores artesanales con énfasis en la identificación de las fuentes de incertidumbre; y en la segunda, se implementó trabajo consultivo mediante la aplicación de la encuesta a los participantes del taller antes indicado (Tabla 2). Se utilizó la aplicación computacional Socrative que culminó con un intercambio de opiniones realizadas por un moderador del mismo equipo de trabajo del proyecto. Se creó un cuestionario (Anexo 4, encuesta Taller N° 1), utilizando tanto la selección múltiple, como la opción de verdadero o falso, de acuerdo al diseño de preguntas realizado.

En el taller se realizó una breve presentación e inducción de esta herramienta a los participantes del taller y posteriormente se invitó a cada asistente a efectuar su registro y a formar parte del grupo encuestado. A cada pregunta se le asignó un tiempo de alrededor de 2 minutos para que fuera respondida.

Los resultados fueron posteriormente analizados internamente por el equipo de trabajo del proyecto.

Los resultados de esta encuesta, fueron empleados en la siguiente actividad participativa, a desarrollar en otro taller, y que buscaba aunar los criterios sobre las reglas de decisión y objetivos operacionales a evaluar en el modelo operativo. En este sentido, se implementó un **Segundo Taller**, denominado: "Identificación, modificación y priorización de los objetivos operacionales de manejo y reglas de control". Este taller fue realizado con participación de algunos de los miembros del Comité Científico-Técnico de las Pesquerías de Pequeños Pelágicos y el equipo de trabajo del proyecto. El taller tuvo por finalidad presentar a los participantes una propuesta de los objetivos operacionales y las reglas de control de la captura para la pesquería de sardina común y anchoveta. La propuesta fue generada desde el equipo de este proyecto, a partir del análisis de la información secundaria y primaria obtenida en la fase inicial de este proyecto (encuestas a pescadores y grupo científico-técnico y Taller N°1) y así se logró consensuar con ellos su pertinencia, además de establecer sugerencias para realizar mejoras y determinar prioridades.

#### Percepción, modificación y priorización de las reglas de control de captura en Taller 2

La primera parte del taller consideró la presentación a los participantes de una tabla con una propuesta de las reglas de control que debiesen ser consideradas en la administración de la pesquería de sardina común y anchoveta, el detalle de ellas se indica en la **Tabla 3.** 

**Tabla 3**. Propuesta de reglas de control de la captura para la pesquería de sardina común y anchoveta.

REGLAS DE CONTROL DE LA CAPTURA		
1.	Regla F constante (procedimiento actual)	
2.	Regla propuesta por Comité de Manejo Pelágicos Pequeños (Rampa mixta)	
3.	Rampa en Brms	
4.	Captura constante (varios escenarios por especie)	
5.	Regla Empírica monoespecífica basada en los cruceros: con y sin rampa	
6.	Regla Empírica mixta basada en los cruceros: con y sin rampa	

Posteriormente se realizaron consultas a los participantes respecto de su percepción sobre esta propuesta de reglas de control, por ejemplo: ¿qué valor de captura esperan?, ¿qué reglas de control pueden ser más relevantes para ellos?, con la finalidad de consensuar su planteamiento. En este caso, surgieron modificaciones desde los participantes (incorporación o rechazo de conceptos planteados) estableciendo la posibilidad de incorporar nuevas reglas de control para robustecer las ya recomendadas. En esta primera parte del taller, también se trató de buscar una amplia participación, para lo cual en algunos casos la consulta tuvo que ser inducida (preguntándole a cada asistente experto) cuando las respuestas no surgieron de manera espontáneas. Todas las modificaciones e incorporaciones surgidas desde los participantes fueron dispuestas en Socrative una vez alcanzado el consenso.

La priorización de las reglas de control seleccionadas se realizó a partir de la aplicación de una encuesta compuesta de 14 preguntas (Ver **Anexo 5**), utilizándose la plataforma Socrative, cuyas especificaciones de uso y funcionamiento fueron detalladas en la metodología del Taller N°1.

Para ello, se solicitó a los presentes que enumerasen en un ranking las reglas de control del 1 al máximo indicado, siendo el valor menor el más prioritario (1) y el valor más alto (5) el menos prioritario. Una vez terminado el proceso de priorización, se presentaron los resultados a los participantes solicitando justificar con argumentos el orden de preferencia resuelto.

#### Percepción, modificación y priorización de los objetivos operacionales de manejo en Taller 2

En la segunda parte del Taller N°2 se presentó a los participantes un listado de Objetivos Operacionales y sus respectivos indicadores de desempeño que debiesen ser considerados en la administración de la pesquería sardina común y anchoveta, el detalle de ellas se indican en la **Tabla 4.** 

Posteriormente se realizó una consulta a los participantes, respecto de su percepción sobre la propuesta los objetivos operacionales recomendada y los verificadores de desempeño asociados, con la finalidad de consensuar su planteamiento. En este caso, se sugirieron modificaciones (incorporación o rechazo de conceptos planteados) estableciendo la posibilidad de incorporar nuevos objetivos operacionales e indicadores de desempeño para robustecer los ya

recomendados. En esta actividad se trató de buscar una amplia participación, para lo cual en algunos casos la consulta tuvo que ser inducida (preguntándole a cada asistente experto) cuando las respuestas no surgieron de manera espontánea. Además, se solicitó la justificación de las propuestas de modificación o de incorporación de nuevos objetivos operacionales. Todas las modificaciones e incorporaciones realizadas desde los participantes fueron dispuestas en el programa Socrative, una vez alcanzado el consenso.

La priorización de los objetivos operaciones y sus indicadores de desempeño, se realizó a partir de la aplicación de una encuesta de 14 preguntas (Ver Anexo 5), utilizándose la plataforma Socrative, consultándoles acerca del grado de preferencia sobre estos Objetivos para establecer un ranking de acuerdo a la selección que cada uno realizó sobre los diversos objetivos operacionales indicados en la encuesta. Para ello, se solicitó a los presentes que enumerasen nuevamente en un ranking los objetivos operaciones, siendo el valor menor el más prioritario (1) y el valor más alto (5) el menos prioritario. Una vez terminado el proceso de priorización se presentaron los resultados a los participantes, solicitando justificar con argumentos el orden de preferencia resuelto.

**Tabla 4**. Propuesta de objetivos operacionales y variables de desempeño asociada.

Objetivo Operacional	Variable de desempeño generada en el MSE
Sostenibilidad: "Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería"	
1.1. Evitar el riesgo de sobre- explotación/agotamiento	Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductora cae por debajo del valor de referencia/colapso.
1.2. Evitar el riesgo de sobre-pesca	Proporción de veces en las cuales la mortalidad por pesca excede el valor de referencia.
1.3. Maximizar el escape de juveniles	<ul><li>3. Proporción de adultos en las capturas</li><li>4. Talla promedio de las capturas</li></ul>
2. Restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas "	
2.1. Aumentar la probabilidad de alcanzar la plena explotación	5. Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra sobre-explotada.

2.2. Aumentar la probabilidad de salir de la condición de agotamiento	6. Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento
2.3. Reducir el tiempo de recuperación poblacional	7. Número de años que en promedio la biomasa tarda en salir de su condición de sobre-explotación o agotamiento
3. Usuarios de la pesquería: "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería"	
3.1. Maximizar el rendimiento	8. Captura anual promedio
3.2. Minimizar la incertidumbre en el sector	<ul> <li>9. Proporción de años con cambios de CBA en más de un 10%</li> <li>10. Variabilidad de las capturas anuales</li> <li>11. Riomasa y proporción de peces grandes (definire)</li> </ul>
3.3. Maximizar los ingresos de la pesca	11. Biomasa y proporción de peces grandes (definir talla de referencia)
4. Bienestar social de la pesquería: "Asegurar el máximo empleo del sector"	12. Esfuerzo de pesca promedio

Los resultados de este taller permitieron adecuar la propuesta de las reglas de captura y los objetivos operacionales para apoyar la administración de la pesquería de la sardina común y anchoveta y generar una propuesta modificada que fue presentada posteriormente, en una nueva actividad participativa. En este caso, se convocó al Comité de Manejo de sardina común y anchoveta en donde intervienen pescadores artesanales, representantes de las empresas y de las instituciones gubernamentales, para lo cual se implementó un **Tercer Taller** denominado: "Identificación de las reglas de control e indicadores operacionales más adecuados", con la finalidad de establecer desde los asistentes sus percepciones respecto de lo adecuadas que pueden ser para ellos las reglas de control de la captura y los indicadores operacionales y sus respectivos indicadores de desempeño propuestos para ser incorporados alternativamente en el análisis poblacional de la pesquería de sardina y anchoveta.

Para el desarrollo de este taller, se realizó una consulta a los participantes respecto de su percepción sobre la propuesta de los objetivos operacionales recomendada y los verificadores de desempeño asociados (**Tabla 5**), con la finalidad de consensuar su planteamiento, así como las reglas de captura diseñadas. En este caso, para levantar información desde los usuarios se utilizó

el método de investigación cualitativa en base a la conformación de dos grupos focales o "focus group", los que fueron constituidos con asistentes al azar. Cada grupo eligió un representante, se entregó papel *kraft*, plumones y tarjetas, solicitándose que contestaran las siguientes preguntas una vez presentada la propuesta modificada (**Tabla 5**):

- 1. ¿Cuál (es) indicador (es) operacional (es) le parece más necesario?
- 2. ¿Cuáles (son) factible (s) de implementar?
- 3. ¿Existe otro que se pueda implementar?
- 4. ¿podría describirlo?

Cada representante comunicó a la asamblea los aportes de sus respectivos grupos, complementando recomendaciones para organizar y/o modificar los conceptos expresados en la propuesta.

**Tabla 5**. Objetivos operacionales y variables de desempeño modificada en Taller N°2.

Objetivo Operacional	Variable de desempeño generada en el MSE
Sostenibilidad: "Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería"	
1.1. Evitar el riesgo de sobre- explotación/agotamiento	Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductora cae por debajo del valor de referencia/colapso.
1.2. Evitar el riesgo de sobre-pesca	<ol> <li>Exceso relativo de la mortalidad por pesca cuando excede el valor de referencia.</li> <li>Magnitud de sobrepesca.</li> </ol>
1.3. Maximizar el escape de juveniles	<ol> <li>Magnitud de adultos en las capturas y en los cruceros</li> <li>Talla promedio de las capturas</li> </ol>
2. Restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas "	
2.1. Aumentar la probabilidad de alcanzar la plena explotación	número de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra sobre- explotada.

2.2. Aumentar la probabilidad de salir de la condición de agotamiento	Número de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento.     Proporción de especies.
2.3. Reducir el tiempo de recuperación poblacional	Número de años que en promedio la biomasa tarda en salir de su condición de sobre- explotación o agotamiento
3. Usuarios de la pesquería: "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería"	
3.1. Maximizar el rendimiento	Captura anual promedio
3.2. Minimizar la incertidumbre en el sector	<ol> <li>Proporción de años con cambios de CBA en más de un 10%</li> <li>Variabilidad de las capturas anuales</li> </ol>
3.3. Maximizar los ingresos de la pesca	Biomasa y proporción de peces grandes     (definir talla de referencia)
4. Bienestar social de la pesquería: "Asegurar el máximo empleo del sector"	1. Esfuerzo de pesca promedio

## 7.2 Objetivo Especifico 2: Desarrollar un modelo operativo que incorpore las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la evaluación de stock de sardina común y anchoveta.

El <u>modelo operativo</u> (MO) o modelo de simulación de la dinámica poblacional y su pesquería, fue formulado e implementado considerando las particularidades de las pesquerías pelágicas en estudio (sardina común y anchoveta), tanto en los aspectos temporales como los relativos al crecimiento y reclutamiento. Un modelo operativo es un conjunto de ecuaciones que representan la dinámica, la pesquería y el manejo bajo condiciones de incertidumbre en todos los componentes. Como precursores del modelo operativo, se consideraron modelos de estimación/evaluación. El modelo fue implementado en lenguaje de programación y se utilizó para evaluar el desempeño de diversas reglas de capturas o procedimientos de manejo.

#### 7.2.1. Evaluación del desempeño de modelos de estimación/evaluación

En la implementación de evaluación de estrategias de manejo es habitual incorporar diferentes fuentes de error, con el objeto de reproducir de alguna forma la incertidumbre alojada en los diversos componentes del sistema por analizar. A menudo se desea evaluar la robustez de un determinado procedimiento de manejo a la incertidumbre, pero en muy pocas ocasiones se mide la incertidumbre generada durante el proceso de estimación/evaluación poblacional.

Una de las fuentes de incertidumbre generalmente no consideradas en la evaluación de estrategias de manejo/explotación (EEM) es la que proviene de los modelos de evaluación empleados regularmente en la asesoría. Sin embargo, una conclusión errónea sobre alguna regla de decisión particular podría estar determinada por una mala especificación del modelo de evaluación. La incertidumbre en el proceso de estimación puede traducirse tanto en los niveles poblacionales como en las tendencias, particularmente para establecer el estado de las poblaciones en los años más recientes (Deroba et al., 2015). En el contexto de pesquerías nacionales, Canales (2012) (https://sites.google.com/site/stockassessmentmodelvalidation/) evaluó el sesgo de las variables poblacionales y del coeficiente de capturabilidad en los recursos pelágicos pequeños de la zona centro sur de Chile (sardina común y anchoveta), por medio de simulación vía un modelo operativo. Este tipo de técnicas de simulación han sido recomendadas para evaluar la capacidad de los modelos en su nivel de precisión y exactitud en la estimación de las condiciones de las poblaciones para distintos escenarios (NRC, 1998; Restrepo, 1998; Punt et al., 2002; Kell et al., 2007). Esta técnica ha sido empleada para examinar la incertidumbre relativa a la disponibilidad de datos, la especificación de modelos (incertidumbre estructural) y los efectos de error de observación y de proceso, entre otros (Linton and Bence, 2008; Wetzel and Punt, 2011; Deroba and Schueller, 2013; Canales et al., 2019).

En este contexto, el modelo operativo (MO) fue empleado como generador de datos a partir de una realidad virtual conocida (variables poblacionales de interés como B<sub>0</sub>, B<sub>rms</sub>, Reclutamientos, etc) para ambas especies de estudio. Se evaluó entonces el desempeño (sesgo y precisión) de 4 estimadores/modelos de evaluación como candidatos:

- Modelo IFOP. Modelo edad estructurado con información de edades y empleados en la actualidad para brindar la asesoría a SSPA (Zúñiga y Canales, 2016). Ese modelo se encuentra codificado en ADMB.
- Modelo INPESCA. Modelo edad estructurado con información en tallas empleado para proveer una evaluación alternativa en los Comité Científicos de Recursos Pelágicos (Arteaga, 2017). Ese modelo se encuentra codificado en ADMB.
- **Stock Synthesis SS3**. Modelo edad estructurado con información en edades y/o tallas que fue implementado durante el proyecto. Ese modelo se encuentra codificado en ADMB.
- Modelo PUCV. Modelo espacialmente explícito con dinámica en tallas aplicado a invertebrados y a la anchoveta del norte de Chile (Canales et al., 2016; Canales et al., 2019). Ese modelo se encuentra codificado en ADMB y fue adaptado a la dinámica de sardina común y anchoveta.

Los parámetros y estimaciones originales de cada modelo fueron considerados como verdaderos y se generaron 200 réplicas estocásticas del conjunto de datos empleados en la evaluación de stock. Estas réplicas se generaron por medio de simulación Monte Carlo, considerando los datos estimados inicialmente y los mismos supuestos de distribución de probabilidades empleadas en la evaluación de stock. Los datos trimestrales fueron agrupados conforme a la necesidad de las escalas de evaluación (anual y/o trimestral).

Para el caso de los modelos basados en composiciones de edades de las capturas/cruceros, las composiciones de tallas fueron convertidas a edades por medio de un arreglo probabilístico condicional de la talla a la edad dependientes de los parámetros de crecimiento (Fournier et al.,1998, Punt et al., 2013). Las variables poblacionales estimadas fueron evaluadas respecto de las verdaderas (aquellas generadas por el MO) por medio de métricas de precisión en base a la media del error relativo absoluto (sigla en inglés MARE) y el sesgo expresado por el promedio del error relativo, sigla en inglés MRE (Punt, 2003; Johnson et al., 2014; Ono et al., 2014). En términos generales el error relativo, como argumento de las métricas anteriores, se calculó como:

$$E_i = \frac{Q_i^{est} - Q^{true}}{O^{true}} \tag{21}$$

donde  $E_i$  es el error relativo en la i-esima simulación de la variable de interés  $Q_i^{est}$  estimada por alguno de los modelos candidatos, y  $Q^{true}$  es la variable verdadera generada por el MO.

#### 7.2.2. Evaluación del nivel de información contenida en los datos (Perfiles de verosimilitud)

En una evaluación de stock moderna, la integración de diversas fuentes de información involucra conocer tanto de la pesquería y biología del recurso como de la influencia que ejerce cada conjunto de datos en la determinación del tamaño poblacional y la condición de la población. Una mala especificación del modelo, como por ejemplo en los supuestos de selectividad o la capturabilidad, puede determinar que un conjunto de datos aparentemente valioso deje de aportar información respecto de parámetros poblacionales claves.

En estos recursos y no obstante su gran variabilidad interanual, mientras los desembarques se suponen conocidos (cv=0.01), lo habitual es otorgar mayor nivel de consideración o peso estadístico a las biomasas estimadas en los cruceros acústicos de verano y otoño (RECLAS y PELACES). Estas piezas de información se suponen consistentes con el resto de la información involucrada en la evaluación de stock (capturas a la edad o talla, composiciones de edades/tallas de los cruceros, etc).

El uso de perfiles de verosimilitud respecto del parámetro que define la escala de la población corresponde a 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, permitiendo identificar probables problemas de mala especificación del modelo (Lee et al., 2014, Wang et al, 2014).

Para evaluar el nivel de información contenida en los datos respecto del parámetro que define la escala poblacional, correspondiente al reclutamiento promedio de largo plazo (RO) en el modelo de IFOP, se implementó un procedimiento computacional para generar los perfiles de

verosimilitud. En el modelo, RO es desconocido y es estimado en el proceso de evaluación de stock. Como documentos de referencia se consideraron los trabajos de Francis (2011), Lee et al (2014), Wang et al (2014) y Maunder & Piner (2015). El código del modelo de IFOP fue ligeramente modificado estableciendo un determinado valor de RO, para luego ejecutar una corrida del modelo y así obtener el valor de cada componente marginal de la función de verosimilitud. Estos componentes responden a medidas del error de cada uno de los sets de datos empleados en la evaluación junto a las penalizaciones sobre parámetros de interés, tales como el desvío de los reclutamientos respecto de la relación S/R.

Una vez ajustado el modelo a los datos y conocida la estimación máxima a posteriori MAP de RO (parámetro estimado), se definieron 11 intervalos de valores probables en un rango de variación del 10%. Cada uno de los valores fueron fijados y el modelo fue ejecutado 11 veces a través de un archivo de programa codificado en SCILAB, registrándose en cada ejecución del modelo los respectivos valores de los componentes de la función de verosimilitud definidos por una flota y su respectiva composición de edad y las capturas, 2 índices de abundancia (Reclas y Pelaces) y sus composiciones de edades, más las penalizaciones referidas a los desvíos del reclutamiento, de la mortalidad por pesca y de la capturabilidad respecto de sus priors. Como resultado de lo anterior se generó una matriz con el valor de las log-verosimilitud para cada uno de los 7 principales componentes de error/verosimilitud y para cada uno de los 11 escenarios de log\_RO. La magnitud de las diferencias para cada componente fue evaluada en base al test de Razón de Verosimilitud, considerándose como criterio de significancia el valor Chi-2 de 1.92 de la diferencia  $L_i$  - min( $L_i$ ), donde L es el negativo de la log verosimilitud de cada componente de verosimilitud integrado sobre el rango total (i=1,2,...11) de valores de RO.

Idealmente, los perfiles de verosimilitud de cada fuente de datos debieran exhibir la forma de una parábola invertida (Maunder & Piner, 2015) cuyo mínimo representa la estimación máxima a posteriori (MAP) de RO para cada fuente de error/verosimilitud. Si las fuentes de datos son consistentes entre ellas, los respectivos MAP debieran estar próximos entre sí, como también se espera que la diferencia de la log-verosimilitud respecto del mínimo se eleve por sobre el

criterio estadístico Chi<sup>2</sup>=1.92. Valores por sobre este criterio indican que dicha fuente de datos contiene información significativa respecto del parámetro RO. Asimismo, es esperable que la verosimilitud total y su curvatura esté más bien influenciada por los datos que por las penalizaciones o distribuciones a priori (supuestos).

#### 7.2.3. Condicionamiento del Modelo Operativo.

Con la finalidad de poder condicionar el modelo operativo en su componente biológica y de datos, se determinó el mejor conjunto de parámetros para iniciar el proceso de simulación-estimación. Luego, los modelos (IFOP y PUCV) fueron ajustados a los datos disponibles. El modelo de IFOP corresponde al trabajo de Zúñiga (2017) y debido a su uso e implicancias para la asesoría de manejo de estos recursos, fue considerado como <u>el modelo de estimación base</u>. Por su parte, la aplicación e implementación del Modelo Trimestral (PUCV) a los datos de sardina y anchoveta (Canales et al, 2019) es inédito y merece mayor atención de sus potencialidades. Este último modelo, generaría composiciones de tallas de las capturas trimestrales, las que por medio del uso de claves edad-tallas, podrían ser convertidas a composiciones de edades de las capturas para fines de ser usadas en el modelo de estimación de IFOP.

A diferencia del modelo de IFOP (modelo en escala anual), el MO PUCV (en escala trimestral) es exploratorio y se justificaría más su uso, debido al marcado patrón estacional en los procesos de desove, reclutamientos y crecimiento en pelágicos pequeños (Roy et al., 1992; Cubillos et al., 2001; Tommassi et. al., 2017), esto como respuesta a diversos procesos asociados con la variabilidad ambiental, distribución geográfica y temporada del año. Debido a las escalas anuales comúnmente empleadas en los modelos de evaluación de stock, estos aspectos terminan pasando como inadvertidos.

Sin perjuicio de lo anterior y si bien un *modelo operativo espacialmente explícito* podría ser la mejor alternativa para caracterizar la dinámica de estas dos especies, siendo a la vez viable de implementar y simular, su condicionamiento formal demandaría el desarrollo de nuevos

modelos de estimación que exceden a los objetivos de este proyecto. De acuerdo con Bentley & Stokes (2011), las condiciones de un modelo operativo deben representar de la mejor forma posible todo nuestro conocimiento de la pesquería sobre la base de los datos disponible, mientras Punt et al (2014b) sugieren que el condicionamiento de un modelo operativo se debería realizar a partir del ajuste del modelo candidato a los datos, seguido de la estimación de sus medidas de incertidumbre basadas precisamente en los datos empleados. Por el momento se desconocen los patrones migratorios y las tasas de desplazamiento de sardinas y anchovetas entre regiones, que pudieran establecer las condiciones de un modelo de simulación espacialmente explícito.

#### 7.2.3.2. Codificación/implementación del Modelo Operativo

El modelo operativo fue implementado en Scilab (<a href="https://www.scilab.org/">https://www.scilab.org/</a>), software libre y de código abierto para cómputo numérico que proporciona un poderoso entorno para aplicaciones de ingeniería y científicas. Scilab incluye cientos de funciones matemáticas. Se basa en un lenguaje de programación de alto nivel que permite el acceso a estructuras de datos avanzados y funciones gráficas 2-D y 3-D. Gracias a su capacidad de interconexión con tecnologías de terceros y aplicaciones, Scilab también puede actuar como una plataforma única para reunir a los códigos escritos en lenguajes de programación diferentes (como por ejemplo C++) en una lengua unificada, facilitando así su distribución, su respaldo y uso.

# 7.3 Objetivo Especifico 3: Implementar diferentes opciones de manejo utilizando Procedimientos de Manejo (PM) empíricos y PM modelo-basado alternativos para las pesquerías.

La extracción de recursos marinos es una de las actividades más relevante en Chile y en el mundo, debido a su importante contribución al bienestar nutritivo, económico y social (Purcell, 2010). Sin embargo, en nuestro país actualmente de las 27 pesquerías que presentan Punto Biológicos de Referencias (PBR), 8 se encuentran en estado de plena explotación, 11 sobre-explotadas y 8 agotadas o colapsadas (SSPA, 2019). El crítico estado de las principales pesquerías ha demandado incorporar enfoques en términos de manejo que permitan la explotación sustentable de los recursos; y en este caso, las decisiones tomadas por los administradores responsables son primordiales para poder alcanzar los objetivos establecidos. Así lo señala también Cadima (2003) quién enfatiza que la correcta gestión de los recursos pesqueros permitiría su producción prácticamente ilimitada en el largo plazo. Sin embargo, la toma de decisiones eficientes es siempre un tema complejo considerando que se tiene que lidiar con un alto nivel de incertidumbre en el estado actual y la dinámica futura del sistema que se desea administrar. Además de enfrentarse a múltiples partes interesadas con objetivos múltiples, que a menudo suelen ser conflictivos (Bentley & Stokes, 2011).

En base a lo anterior, uno de los enfoques que ha tomado relevancia en el último tiempo son los procedimientos de manejo. Estos se orientan hacia la toma de decisiones en la gestión pesquera, se caracterizan por ser más estratégicos, menos subjetivos, más transparentes y más inclusivos que otros enfoques convencionales. En términos formales, mediante los procedimientos de manejo se define el cómo, el qué y cuándo se deben realizar acciones de gestión en respuesta a los cambios en una pesquería, constituyendo una colección de especificaciones, fórmulas y reglas que mapean el camino desde los datos pesqueros hasta las acciones de ordenación pesquera.

Unas de las grandes diferencias con otras políticas de tomas de decisiones convencionales es que el desempeño de los procedimientos de manejo puede evaluarse mediante simulación. Esto surge porque los procedimientos de manejo son formulados para establecer una descripción

exacta del proceso de toma de decisiones tácticas. Los procedimientos de manejo pueden formar una parte central de un plan más amplio de gestión de la pesca, pero su función debe limitarse a aquellos aspectos de la pesquería que pueden simularse de manera realista.

Otra diferencia clave con los enfoques tradicionales es la participación de las partes interesadas en la determinación de cómo las pesquerías pueden ser sostenibles, permitiendo abrir el proceso de toma de decisiones para que las justificaciones de las decisiones sean claras una vez que éstas sean tomadas. Por esta razón y para lograr la eficacia del enfoque, debe existir la participación y compromiso tanto de los usuarios como de los administradores de que cumplirán con el procedimiento de manejo establecido. Adicionalmente, este enfoque permite que se puedan definir circunstancias excepcionales, donde se justifique una revisión, y sea posible un cambio en el procedimiento de manejo.

#### 7.3.1 Estrategia y tácticas en la toma de decisiones pesqueras

El proceso de toma de decisiones puede dividirse en decisiones estratégicas y tácticas:

<u>Decisiones estratégicas</u>: Se basan en los objetivos establecidos en la pesquería, se decide un plan (la estrategia) que permita alcanzar tales objetivos.

<u>Decisiones tácticas</u>: Es decidir las acciones (las tácticas) para lograr el plan.

Las decisiones estratégicas suelen estar poco presentes en el enfoque convencional, dado que generalmente la estrategia se limita a establecer puntos de referencias asociadas a satisfacer un conjunto limitado de objetivos de gestión como la sostenibilidad y el rendimiento. Otros objetivos de gestión, como la eficiencia económica o el disfrute de la pesca recreativa, a menudo no se incorporan formalmente en estrategias de manejo explícitas. Las decisiones tácticas en el enfoque convencional consisten en estimar el estado del stock ajustando los modelos de evaluación del stock a los datos de la pesquería, para luego usar el modelo para estimar el estado del stock en relación con los puntos de referencia. Este proceso normalmente se realiza cada año,

generalmente de forma más esporádica y a menudo de manera reactiva, en respuesta a los problemas percibidos por la pesquería. Se caracteriza por ser un proceso costoso, dado que requiere de muchos recursos para su realización. A pesar de ello, comúnmente surgen disputas sobre los datos utilizados y los supuestos incorporados en los modelos.

En los procedimientos de manejo, los objetivos de gestión se formulan acompañados de un conjunto de estadísticas o indicadores de desempeño. Se diseñan procedimientos alternativos de gestión y se evalúan con respecto a esas estadísticas de desempeño. Esta evaluación se realiza utilizando uno o varios modelos de simulación, los cuales están condicionados a la utilización de los datos disponibles, con el objetivo de reflejar el conocimiento que actualmente se dispone para la pesquería. A partir de las estadísticas desempeño derivadas de la evaluación, se selecciona un único procedimiento de manejo entre los candidatos. Las decisiones tácticas son simplemente la operación del procedimiento de manejo elegido. Las reglas y fórmulas en el procedimiento de manejo definirán exactamente qué acciones de gestión deben realizarse en respuesta a los datos de la pesquería.

De acuerdo con lo anterior, los objetivos de gestión son primordiales en el procedimiento de manejo. Bentley & Stokes (2011) señalan que una técnica útil para definir objetivos es expresarlos como un árbol jerárquico. Los objetivos de gestión genéricos y amplios se dividen sucesivamente en objetivos específicos, los cuales deben expresar lo que los interesados desean en la pesquería y su ecosistema. En la *Tabla 6* se muestra un ejemplo de una pesquería hipotética de cómo algunos objetivos de manejo pueden ser más específicos.

**Tabla 6.** Ejemplo hipotético de una jerarquía de objetivos de gestión con estadísticas de rendimiento asociadas. Los principales objetivos de gestión se basan en el marco normativo (Bentley & Stokes ,2011).

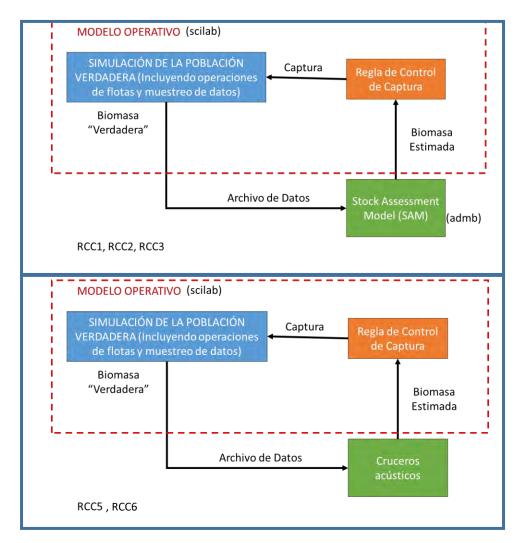
Objetivo de Gestión	Estadística de rendimiento
Sostenibilidad: "Sostenible para que la salud a largo plazo no se sacrifique por beneficios a corto plazo "	Minimizar la proporción de años por debajo de los cuales la biomasa reproductora cae por debajo del 10% de los niveles no explotados.
Restauración: "Las pesquerías deprimidas se reconstruirán en un tiempo específico"	Maximizar la proporción de años en que la biomasa aumenta cuando la biomasa está por debajo del nivel objetivo.
3. Comunidades pesqueras: "Reconocer los intereses a largo plazo de las personas que dependen de la pesca"	
3.1. Maximizar el rendimiento	Maximizar la captura anual promedio
3.2. Minimizar la incertidumbre	Minimizar la frecuencia de los cambios de TAC
3.3. Minimizar el costo de la pesca	Maximizar la abundancia de peces de más de 30 cm de longitud
4. Valores no consuntivos: "disfrute estético y recreativo"	
4.1 Maximizar el tamaño del pez	Maximizar la longitud media de los peces.
4.2. Maximizar la abundancia de peces	Maximizar la abundancia de peces
5. Captura incidental: "La captura incidental de recursos vivos marinos en la pesca se limitará a tipos y cantidades aceptables"	Abordado en otra parte del plan de ordenación pesquera
6. Conservación del hábitat: "El hábitat de la vida silvestre marina debe mantenerse, restaurarse o mejorarse, y cualquier daño causado por las prácticas de pesca debe minimizarse"	Abordado en otra parte del plan de ordenación pesquera
7. Conservar sistemas completos: "No solo se deben conservar las poblaciones de vida marina explotadas, sino las especies y hábitats que conforman el ecosistema del que forman parte"	Abordado en otra parte del plan de ordenación pesquera

En el marco de este objetivo se realizó en primera instancia un taller de "Percepción y Diseño de Procedimientos de Manejo" con el fin de identificar, en base a la percepción de todas las partes interesadas, reglas de capturas y variables de desempeño que representen el interés de cada una de las partes integrante de la pesquería de pelágicos pequeños de la zona centro- sur de Chile.

Posteriormente, se implementó y evaluó el desempeño de un esquema de Evaluación de Estrategias de Explotación, en el cual se probaron 6 diferentes reglas de control de captura incluyendo el procedimiento actual. Este procedimiento considera la información empleada en la actualidad como dato de entrada en los modelos de estimación. El análisis general contempló 5 reglas de carácter mono-específico (destacando variantes según políticas de escape constante) y una regla de carácter multi-específico. Además, se consideraron las recomendaciones de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en lo relativo a implementar y evaluar diferentes opciones de manejo (reglas control de capturas). Esta tarea fue realizada por medio de actividades previas consultivas y de retroalimentación, en donde se incluye el Seminario de Evaluación de Estrategias de Manejo, con la presencia de los expertos internacionales Carryn de Moor y Jim Ianelli.

#### 7.3.2 Reglas de Decisión

Las 6 reglas de decisión evaluadas fueron acordadas por el equipo de trabajo en conjunto con participantes de las reuniones previamente descritas. En términos generales, el procedimiento fue realizado simulando datos y evaluando la regla de decisión conforme a la estimación de la población, ya sea basada en un modelo o en un diseño de prospección (**Figura 3**). Cabe destacar que las variantes de la Regla de Control de Captura 4 (Captura constante) no presentan evaluación de stock y, por tanto, no implican el uso de un modelo operativo.



**Figura 3**. Esquema del Modelo Operativo aplicado para las Reglas de Control de Captura 1, 2, y 3 (Arriba) y para la Regla de Control de Captura 5 y 6 (Abajo).

#### • Regla 1: Regla F constante

Se proyecta una captura recomendada (RC) inicial a partir del último año. Posteriormente, se realizan dos actualizaciones de evaluación de stock después de cada encuesta acústica (Reclas y Pelaces). Para cada caso, las capturas recomendadas se estiman aplicando  $F_{rms} = F_{60\%}$  SPR, de manera constante (**Figura 4**).

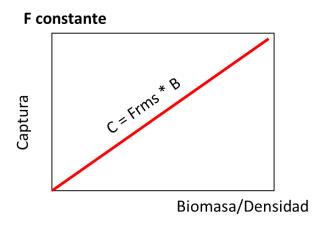


Figura 4. Ejemplo del modo en que opera la Regla de Control de Captura 1, con F constante.

El SSB<sub>rms</sub> se calcula como el 55% de SSB0. El valor de SSB0 corresponde a un procedimiento adhoc (no se calcula a partir de R0). Los criterios de decisión de esta regla consisten en determinar el cuantil al 10% en la RC inicial, y cuantiles del 30% en la actualización de las dos segundas RC. La captura final recomendada corresponde al valor máximo de estos tres valores.

En el siguiente diagrama de flujo se esquematiza el proceso de decisión para esta regla, aplicado al momento de correr el modelo en ADMB. El esquema indica los momentos en que son ingresados los datos de los cruceros Reclas y Pelaces, y si se mantiene o no la captura recomendada anterior (**Figura 5**).

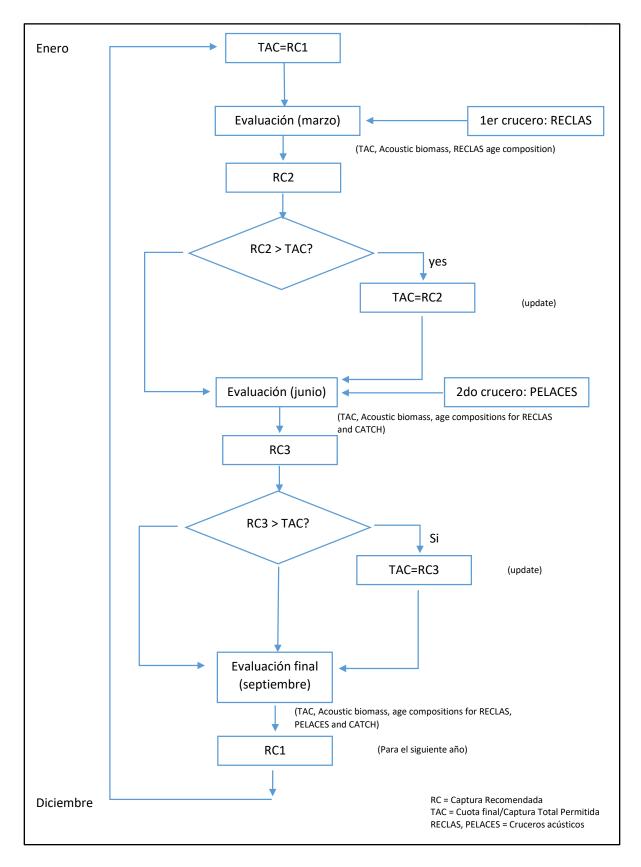
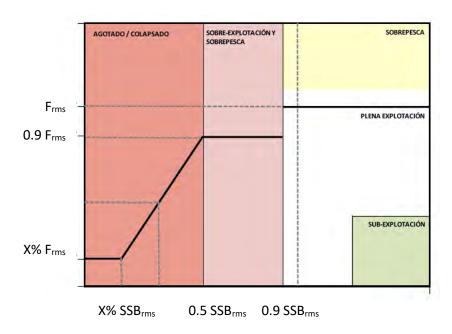


Figura 5. Diagrama de flujo para el procedimiento de decisión.

#### • Regla 2: Regla propuesta por el Comité de Manejo Pelágicos Pequeños. (Rampa mixta)

En primer lugar, se proyecta una RC inicial del último año a partir de una regla de decisión basada en la relación de SSB vs. F. La mortalidad por pesca F se actualiza dependiendo de la relación SSB/SSBrms estimada en la evaluación del stock (**Figura** 6). Tal como en la regla 1, se realizan dos actualizaciones de evaluación de stock después de cada encuesta acústica, donde la captura final recomendada es el valor máximo de estos tres valores. Las RC se estiman en función del valor de la mortalidad por pesca como una proporción de  $F_{rms} = F_{60\%}$  SPR.

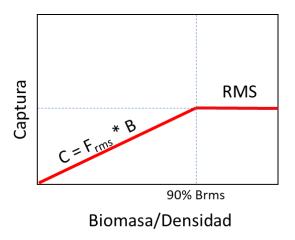
El porcentaje mínimo de mortalidad %F y de biomasa %Brms fue fijado a partir de la evaluación de stock histórica. Para la anchoveta se fijaron valores pivotes de 8%SSBrms y 5%Frms. Para la sardina se consideraron las referencias 15%SSBrms y 15%Frms.



**Figura 6**. Ejemplo de Regla con Rampa entre una base al X% de Frms y el X% de Brms, y el techo al 90% de Frms y el 50% de Brms. El valor de Frms se alcanza al 90% de Brms. (X% varía dependiendo de la especie a analizar)

#### • Regla 3: Rampa en 90% Brms y RMS fijo

Corresponde a un procedimiento alternativo de la Regla de Control de Captura 2. Considera una rampa de "palo de hockey" entre SSB vs. Captura. La captura se actualiza según la relación SSB/SSBrms estimada en la evaluación del stock. Se realizan dos actualizaciones dentro del año después de cada crucero acústico, donde la captura final recomendada es el valor máximo de estos tres valores. Las capturas se estiman aplicando la Regla de Control de Captura 1 cuando el valor de SSB/SSBrms es inferior a 0.9. En caso contrario, la captura toma el valor RMS de largo plazo (Figura 7).



**Figura 7**. Ejemplo de regla con rampa en 90% Brms y RMS fijo, donde La captura es equivalente al RMS de largo plazo si la biomasa es mayor al 90% Brms, de lo contrario se aplica Regla 1 F60%BDPR.

#### Regla 4: Captura constante

La captura se mantiene fija entre años, independiente del tamaño de la población (**Figura 8**). Al ser captura constante, no se realiza Evaluación de Stock ni cruceros acústicos dentro del año. Esta regla permite evaluar diferentes niveles de riesgo para cada escenario. Para esta regla, se evaluaron 6 alternativas o escenarios de captura mono-específica para cada especie (sardina

común y anchoveta). Para ambas especies, se consideró un escenario con captura 0 con el fin de evaluar el comportamiento de las poblaciones y sus rangos de variabilidad.

# Captura constante Ccte Biomasa/Densidad

Figura 8. Ejemplo de regla con captura constante

#### • Regla 5: Regla empírica Mono-específica, basada en cruceros

La captura recomendada (RC) se estima en función del desempeño de las campañas de verano (Reclas) y otoño (Pelaces), respecto a su biomasa histórica promedio. Para esta regla se evalúan dos escenarios alternativos:

a) Se considera una rampa tipo "palo de hockey" de la biomasa de las campañas, con respecto a su referencia en el RMS. Si la biomasa de la campaña es mayor que su referencia, la captura se fija como un proxy de RMS. Finalmente, la captura recomendada es el máximo de los tres valores (inicial, pos-reclas, pos-pelaces).

$$RC = \begin{cases} MSY * \left(\rho * \frac{B^{reclas}}{\overline{B^{reclas}}} + (1 - \rho) * \frac{B^{pelaces}}{\overline{B^{pelaces}}}\right) & B^{s} < B^{s}_{msy} \\ MSY & B^{s} \ge B^{s}_{msy} \end{cases}$$

b) No considera rampa. La captura es una función del rendimiento de la biomasa acústica. La captura recomendada del año es el máximo de los tres valores.

$$RC = MSY * \left(\rho * \frac{B^{reclas}}{B^{reclas}} + (1 - \rho) * \frac{B^{pelaces}}{B^{pelaces}}\right)$$

#### • Regla 6: Regla empírica de captura mixta, basada en cruceros

La última regla analizada corresponde a una variante de la regla 5, esta vez para capturas mixtas. Al igual que en la regla anterior, para esta regla se evalúan dos escenarios alternativos:

a) Se considera una rampa tipo "palo de hockey" de la biomasa de las campañas, con respecto a su referencia en el RMS. Si la biomasa de la campaña es mayor que su referencia, la captura se fija como un proxy del RMS. Finalmente, la captura recomendada es el máximo de los tres valores (inicial, pos-reclas, pos-pelaces).

$$RC = \begin{cases} MSY * \left(\rho * \frac{B^{reclas}}{\overline{B^{reclas}}} + (1 - \rho) * \frac{B^{pelaces}}{\overline{B^{pelaces}}}\right) & B^{s} < B^{s}_{msy} \\ MSY & B^{s} \ge B^{s}_{msy} \end{cases}$$

b) No considera rampa. La captura es una función del rendimiento de la biomasa acústica. La captura recomendada del año es el máximo de los tres valores.

$$RC = MSY * \left( \rho * \frac{B^{reclas}}{B^{reclas}} + (1 - \rho) * \frac{B^{pelaces}}{B^{pelaces}} \right)$$

Este sistema se realiza para cada especie, calculando los valores de CBA de la forma:

$$CBA^{mix} = CBA^{sard}p^{sard} + CBA^{anch}(1 - p^{sard})$$

Se probaron para las variantes a y b, dos valores de  $\rho$ , correspondiente al aporte del crucero reclas: 0.5 y 0.8.

## 7.4 Objetivo Especifico 4: Evaluar la efectividad del manejo para alcanzar el o los objetivos de manejo establecidos para las pesquerías de sardina común y anchoveta por La LGPA

Se analizó una gama de indicadores de desempeño acorde con los objetivos de manejo que se han establecido en el marco de la Ley de Pesca y Acuicultura, en conjunto con y los usuarios de la pesquería, que permitan evaluar la efectividad y robustez de las estrategias de manejo implementadas conforme a la gama de incertidumbres representadas.

El resultado de la EEM ofrece la posibilidad de que una determinada regla de control/decisión cumpla con los objetivos de manejo acordados previamente de una pesquería, ya sea de manera individual o en combinación con otras medidas. Para esto, se optó por una representación de los resultados en el formato de *Diagramas de Radar*, así como también *tablas de decisión*, las cuales contienen una amplia gama de indicadores que permitieron comparar las diversas reglas analizadas. Tal como mencionan Punt et al (2014), se prefiere que los resultados en términos gráficos y numéricos sean fáciles de interpretar por las partes interesadas.

#### 7.4.1 Variables de desempeño

Las variables de desempeño representan medidas relativas tanto al procedimiento de estimación (evaluación) como del procedimiento de manejo, en lo que se supone representa la realidad (modelo operativo). Se proporcionan entre otras: medidas del sesgo de estimación del modelo de evaluación, relaciones de la biomasa desovante esperada respecto de la biomasa objetivo (Brms), capturas y su variabilidad, riesgo de sobre-explotación y sobrepesca, riesgo de agotamiento (B<0.5 Brms), riesgo de colapso, y riesgo de no alcanzar la cuota fijada.

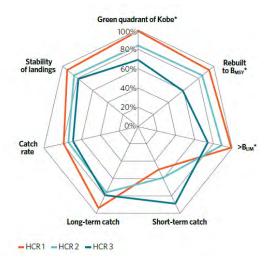
Estas variables operacionales representan aquellos índices de interés tanto para manejadores, conservacionistas y usuarios de la pesquería (industriales y artesanales). Las variables representan la situación promedio de los últimos 5 años de proyección, situación en la

cual los resultados ya no dependen de las condiciones de partida sino de las fuentes de incertidumbre consideradas.

Al igual que en el análisis del desempeño de modelos de evaluación, las variables poblacionales proyectadas y estimadas fueron evaluadas respecto de las verdaderas (generada por el MO) por medio de métricas de precisión en base a la media del error relativo absoluto MARE y el sesgo expresado por el promedio del error relativo MRE (Punt, 2003; Johnson et al., 2014; Ono et al., 2014).

#### 7.4.2 Diagramas de Radar

Con el fin de generar un mejor entendimiento visual a la hora de comparar cada regla de decisión en cuanto a las variables de desempeño seleccionadas, se generaron para cada regla y sus variantes, diagramas de radar tanto para anchoveta como sardina. Este tipo de diagramas permiten una fácil comparación visual, indispensable para obtener un primer acercamiento a la elección de reglas que se adecuen a los objetivos en mente del consultor. Tal como se observa en el ejemplo (**Figura 9**), el diagrama permite comparar distintas reglas de decisión en términos de objetivos de manejo seleccionados.



**Figura 9**. Ejemplo de diagrama de radar para comparar reglas de decisión (Extraído de *The Pew Charitable Trust*, 2016).

#### 7.4.3 Evaluación de la "Hiper-Regla"

Frente a los análisis realizados, se plantea para este objetivo el estudio de la que denominaremos como "Hiper-Regla". Esta regla (determinada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura) actúa como una regla superlativa por sobre las anteriormente analizadas, y se encarga de prevenir una disminución de las capturas intra-anuales. Mediante estos análisis, se propone evaluar el peso de las capturas recomendadas por cada crucero o campaña (Reclas o Pelaces), con el fin de entregar información que permita entender de mejor manera cómo funciona la toma de decisiones.

#### 8. RESULTADOS

- 8.1 Objetivo Especifico 1: Identificar las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la pesquería de la sardina común y anchoveta centro sur.
- 8.1.1. Fuentes de incertidumbre desde el seguimiento, evaluaciones acústicas y fiscalización de las pesquerías de sardina común y anchoveta en la zona centro sur

#### 8.1.1.1 Programa de seguimiento de las pesquerías de sardina común y anchoveta

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) es parte de la investigación y ordenamiento del sector pesquero y responsable de la asesoría directa para la recomendación científica del estatus de peces pelágicos explotados en Chile. En la actualidad, existe un Convenio de Asistencia Técnica entre IFOP y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), para la tarea de monitoreo de la actividad pesquera de los recursos hidrobiológicos de importancia económica. Este programa de seguimiento ha sido sometido a un proceso de revisión por pares transparente e independiente (Wiff et al., 2018), cuyo objetivo se enmarca en los programas de mejoramiento continuo. Los resultados de estas revisiones son de utilidad para conocer potenciales fuentes de incertidumbre en el proceso de seguimiento y permiten condicionar el modelo operativo de este estudio. Los resultados se presentan a la forma de comentarios generales, específicos y recomendaciones del revisor experto al Programa de Seguimiento.

#### Comentarios generales al Programa de Seguimiento

Las principales observaciones se sustentan en los siguientes aspectos: a) Integración del Programa de Seguimiento con los programas de los cruceros de investigación y con el Programa de Descartes, b) Estratificación espacial del programa para efectos de muestreo y reporte de los resultados, c) Documentación de la base de datos, y d) Formato y evaluación de informes.

En relación con los indicadores de desembarque, se reconoce diferencias significativas entre las capturas y las composiciones por especie estimadas por IFOP y las reportadas por SERNAPESCA.

Pese a lo anterior, los modelos de evaluación de stock de sardina común y anchoveta utilizan el registro de desembarque proveniente de SERNAPESCA. Desde el punto de vista de indicadores operacionales, se sugirió utilizar medidas de esfuerzo alternativas y que contemplen contabilizar el tiempo de búsqueda, el tiempo de pesca y los viajes sin pesca, debido a la tendencia de agregación en pequeños pelágicos. No obstante, IFOP en la actualidad no considera el índice de abundancia relativa de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en la modelación de ambos recursos pelágicos. Se recomendó que, para los indicadores biológicos, mantener los análisis histológicos, los cuales son importantes para la toma de decisión relacionado con los criterios de establecimiento de vedas. Además, se recomendó inter-calibrar los criterios de asignación de estados de madurez y de asignación de edades entre observadores, de manera que el error de observación sea minimizado. Se consideró muy importante la validación de los incrementos diarios tanto en la fase larval y juvenil como en los adultos. Finalmente, se considera crucial continuar con el monitoreo biológico en los periodos de veda.

Con respecto a los indicadores biológico-pesqueros, el principal punto en discusión se relaciona con la pertinencia de unificar las muestras obtenidas a bordo con aquellas obtenidas en tierra para estimar la estructura de tallas y robustecer la base de datos. Los resultados de la revisión indican que no existen procedimientos de vinculación entre bases de datos y parece ser que son mezcladas sin definición de criterios y supuestos. En el contexto del enfoque ecosistémico, se declara la importancia de mejorar la integración entre datos pesqueros y oceanográficos. El revisor detectó sobredimensión del muestreo y se solicitó reestimar los tamaños muestrales.

Las principales recomendaciones de corto y largo plazo por parte del revisor experto, son importantes para seleccionar potenciales fuentes de incertidumbre desde el programa de seguimiento, que deben ser consideradas en el condicionamiento del modelo operativo o en la determinación de reglas de control de captura. Entre las principales se puede mencionar:

 No se observa los análisis de incertidumbre de las estimaciones de diferentes indicadores del programa.

- Evaluar los indicadores de esfuerzo de pesca utilizados. Cotejar las estimaciones de CPUE anuales con estimaciones de abundancia provenientes de cruceros acústicos.
- En relación con los indicadores reproductivos, se sugiere continuar con estudios histológicos para monitorear el proceso de desove. Las estimaciones del índice Gonadosomático (IGS), deben basarse en criterios de madurez relacionados al índice. El inicio y término de las vedas y sus respectivos períodos complementarios de anticipación y extensión de la medida dependen del programa de seguimiento. El seguimiento del proceso reproductivo debe ser un complemento entre análisis macro y micro, debido a la variabilidad interanual que presentan los períodos reproductivos (Claramunt *et al.*, 2014).
- Desarrollar estudios de validación de anillos diarios para individuos adultos de las diferentes especies. Dado que el crecimiento es un elemento importante en evaluación de stock, estimaciones sesgadas y poco informativas contribuyen al incremento de incertidumbre.
- Integrar datos desde los programas de seguimiento, cruceros acústicos y descarte.
   Considerar observadores en común a los tres programas y generar el cruzamiento y relaciones entre información biológica (reclutamiento-desove) y estimación de capturas totales, vinculando la asociación descarte-desembarque.
- Estimar indicadores del esfuerzo de pesca estandarizados y robustos al comportamiento de hiper-agregación de sardina común y anchoveta.
- Reestimación estadística del tamaño de muestra (número de muestras y número de individuos por muestra). El revisor experto detecta un sobre-muestreo en el programa de seguimiento. Esta fuente de incertidumbre, se relaciona con excesos de muestreo en sitios ya cubiertos, en desmedro de potenciales zonas no muestreados afectando la cobertura y representatividad del muestreo.
- Por otro lado, se observa un retardo en la entrega de información para los hitos de evaluación de stock de sardina común y anchoveta. A saber, se establecen tres hitos de revisión anual del estatus y recomendación de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) y en cada uno de ellos, los insumos asociados con las estructuras de edades en la captura y pesos medios a la edad, normalmente tiene desfases y no están disponibles en el momento adecuado de

revisión. En consecuencia, se utilizan supuestos basados en el promedio histórico de la información.

• Se observa y analiza la comparación y diferencia encontrada en las series de captura reportada por IFOP vs SERNAPESCA.

### 8.1.1.2 Programa de evaluación acústica de los stocks de sardina común y anchoveta de la zona centro-sur de Chile

Debido a la importancia de las evaluaciones hidroacústicas para la evaluación de stock, en el presente estudio se requirió realizar una revisión crítica de todos los procedimientos asociados a la evaluación de los cruceros acústicos de sardina común y anchoveta, tomando en cuenta su diseño, implementación y análisis (Lillo, 2018). La revisión por pares de esta evaluación directa se llevó a cabo por los siguientes expertos con reconocida experiencia en el tópico a evaluar: Dr. Edwin Niklitschek, Dr. Mariano Gutiérrez y Mg. Hugo Robotham. En relación con la revisión de antecedentes y documentos que describen el diseño, metodología de análisis y resultados de los cruceros de sardina común y anchoveta, se puede mencionar las siguientes observaciones fuentes de incertidumbre:

#### a) Diseño de muestreo acústico

El sesgo de orilla es minimizado bajo un enfoque combinado de prospección (Abate Molina más lancha artesanal de cerco), esto reduce potenciales fuentes de incertidumbre relacionadas con la estimación de abundancia debido a la cobertura del Abate Molina. La minimización del sesgo de orilla además permite ampliar la cobertura espacial de la evaluación directa. No obstante, los revisores indican la necesidad de precisar metodológicamente los criterios de selección de zonas de sesgo de orilla, además describir en detalle el tratamiento de los datos acústicos (como la identificación de especies, composición de especies y tallas de los lances de pesca bajo redes con selectividades diferentes) en las zonas de superposición de ambas modalidades de prospección. Las zonas costeras de potencial aplicación del sesgo de orilla no están documentadas ni validadas,

existe la posibilidad de encontrar otras zonas potenciales en la franja costera en la distribución de las especies. Este aspecto trae consigo alta incertidumbre asociada con abundancias que el crucero no esté prospectando, sobre todo cuando se reconoce que estas especies habitan preferentemente la zona costera.

#### b) Identificación de ecotrazos y asignación de energía acústica

Una de las principales fuentes de incertidumbre de la mayoría de las evaluaciones hidroacústicas se relaciona con la proporción respecto del total de ecorregión integrada y asignada a cada especie. Se observa la omisión de información clave para reducir la variabilidad entre analistas y años. Además, no se informa los criterios y/o protocolos utilizados para la identificación y delimitación de ecorregiones, ni la manera en que se trató a ecorregiones secundarias o adyacentes. Como consecuencia se ignora, suma, o sustrae el valor de energía acústica  $S_A$  de la ecorregión principal. Tampoco se presentan los supuestos empleados acerca de la composición específica de las ecorregiones principales (por ejemplo: monoespecíficos o mixtos).

Se asigna un peso relevante a los lances de identificación y se indica que fueron ejecutados inmediatamente después de realizar un registro acústico de interés. Sin embargo, por razones logísticas obvias, esto no fue realizado para todos y cada una de las ecorregiones identificadas *a priori* para anchoveta o sardina común. Además, se indica que las observaciones acústicas fueron asociadas a lances cercanos, pero no se describe los criterios de cercanía en espacio y/o tiempo utilizados. En general, no se reporta la proporción de ecorregiones identificadas directamente mediante lances y aquella identificada indirectamente por proximidad, juicio experto y/o modelos discriminantes.

#### c) Estimación de biomasa y abundancia

Se presentan las estimaciones totales de abundancia a la talla desagregadas por subzona y región, se incluye además la estimación de la abundancia de los reclutas a la talla por especie, crucero y

región. Las estimaciones regionales no son determinadas a partir de análisis geoestadístico regional, sino que se derivan de las estimaciones obtenidas para cada subzona. Como las agrupaciones en subzonas no coinciden con la distribución regional, es necesario informar el detalle del ajuste del cálculo de abundancia entre regiones y subzonas. Además, el revisor indica que las estimaciones de abundancia regionales no presentan la variabilidad asociada al Coeficiente de Variación (CV), debido a que no es posible obtener el error relativo de la estimación regional. En efecto, los CV de las estimaciones de abundancias para el área total se encuentran en rangos aceptables bajo el nivel del 20%. Para la totalidad de los cruceros el nivel de CV en el modelo de evaluación de stock es igual a 30%.

#### d) Pertinencia espacial y temporal

La pertinencia espacial de los cruceros a partir de las distribuciones de las capturas artesanales e industriales para otoño (abril-junio) y verano (enero-marzo) de los años 2014-2017 mostró que al sobreponer los datos interpolados con las transectas de los cruceros de verano y otoño, es posible observar un alto grado de sobreposición, el cual no excluye la existencia de áreas de concentración principalmente de sardina común por fuera del límite oeste del área prospectada. En general y dado que existe alta sobreposición entre las capturas y la cobertura del diseño de muestreo del crucero, la existencia de áreas no cubiertas no representa un problema de relevancia. Sólo sería relevante si aumentara la variabilidad del patrón espacial de operación sobre estas especies, pero es poco probable debido a que la distribución de ambas especies es predominantemente costera.

Del punto de vista de la pertinencia temporal, la asociación entre los promedios mensuales del IGS entre 2007 y 2016, indican que el período máximo reproductivo se presenta entre octubre-diciembre para anchoveta y agosto-octubre para sardina común. La sobreposición entre reclutas y crucero se cumpliría con tallas entre 4-5 cms de LT en enero (crucero RECLAS) para sardina común y mayo (crucero PELACES) para anchoveta (Lillo, 2018). No obstante, la serie utilizada de IGS no considera el comportamiento del índice entre 1990-2005, cuya información es

complemento necesario para determinar que existe importante variabilidad en la extensión y el momento del máximo reproductivo (Claramunt et al., 2014). Además, existe un diferenciado comportamiento del índice bajo el contexto espacial, yaque en hembras de menor tamaño históricamente ubicadas en la zona frente a las Regiones del Biobío y Ñuble, el IGS es de menor duración e intensidad comparados con ejemplares de mayor tamaño provenientes de la zona sur frente a Valdivia y Corral (Cubillos et al., 2014). En consecuencia, el período de realización de los cruceros no debería ser fijo, sino más bien dinámico atendiendo a la inherente variabilidad espacio-temporal del desove en ambas especies. Con el objeto de disminuir incertidumbre en las estimaciones de abundancia, como etapa preliminar a la realización de la prospección acústica, se requiere establecer monitoreos acerca de la condición reproductiva y de la nueva cohorte.

#### e) Incertidumbre asociada a la estimación del tamaño del stock

En relación con la incertidumbre asociada a la estimación del tamaño del stock, el procedimiento de estimación empleado por IFOP considera regularmente incertidumbre asociada a los siguientes errores de observación; i) Muestreo acústico (S<sub>A</sub>), ii) Muestreo biológico (proporción de la abundancia por clase de talla), iii) Relación talla-peso, iv) Relación talla-fuerza de blanco. La fuente de incertidumbre no considerada actualmente en estas estimaciones acústicas, corresponde a incertidumbre del área efectiva de distribución del stock. El procedimiento aplicado por IFOP considera una delimitación manual de estratos basada en criterios como la continuidad observada en su distribución espacial y la relativa homogeneidad de la composición de tallas observada en los lances de identificación. Esta selección manual y arbitraria del área de distribución efectiva del stock es un procedimiento de estimación sujeto a error y cuya incertidumbre no está siendo incorporada en la estimación global de incertidumbre de abundancia y la biomasa.

#### 8.1.1.3 Descarte

Las capturas de sardina común y anchoveta en Chile centro sur son efectuadas por naves artesanales e industriales cuyo método de arte de pesca consiste en el cerco. El producto capturado principalmente es destinado a reducción para la producción de harina de pescado. Considerando ese escenario, el descarte no debiera ser una práctica habitual dado que todo el pescado retenido es dirigido a la planta de reducción. No obstante, en la pesquería de sardina común y anchoveta la captura exhibe alto grado de interacción técnica y con evidencia de alternancia y ciclicidad en la abundancia de ambas especies (Arteaga et al., 2014). Esto genera disímiles cuotas de captura, constituyéndose como uno de los principales incentivos para descartar la especie limitante y consecuentemente completar la cuota de captura del recurso objetivo. Dado que generalmente el descarte se produce sobre la especie con bajo nivel de abundancia, la mortalidad por pesca no consignada en el modelo de evaluación de stock generaría sesgo en la estimación debido al desconocimiento acerca del grado de descarte realizado.

A partir del año 2014 se ha estado ejecutando el Programa de Observadores Científicos (Vega et al., 2017), el cual tiene como objetivo desarrollar programas de investigación destinado a recopilar los antecedentes técnicos que permitan elaborar planes de reducción del descarte en pesquerías pelágicas, tanto de las especies objetivo como de la fauna acompañante y de la captura de pesca incidental y, asimismo, monitorear y evaluar la efectividad de dichos planes y de las medidas de reducción adoptadas. Los principales resultados de este programa indican que el porcentaje de descarte de sardina común fluctuó entre 1% a 3% (Tabla 7), con mayor nivel verificado en la zona de operación pesquera al sur de la distribución. Para el caso de anchoveta (Tabla 7), el porcentaje de descarte varió entre 2% y 7%, donde el mayor nivel de descarte se observó en la región del Bio-Bío con 7%.

**Tabla 7**. Estimaciones de captura total, retenida y descartada para anchoveta en la zona centro-sur, para la pesquería industrial y artesanal año 2017. Estimaciones en toneladas. Datos de observador científico. A partir de la estimación de la proporción de especies en la captura. Fuente: Vega et al. (2017).

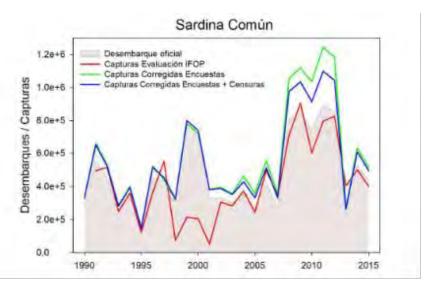
Especie	Flota	Zona	Captura total	Captura retenida	Captura descartada	% Descarte
	Industrial	centro sur	14068	16889	178	1%
	Artesanal	V	2363	2334	29	1 %
sardina común	Artesanal	VIII	172048	168474	3574	2 %
	Artesanal	XIV	41119	40078	1041	3 %
_	Flota Total	Zona total	229598	227775	4823	2 %
	Industrial	centro sur	6032	5856	176	3 %
	Artesanal	V	3861	3667	195	5 %
anchoveta	Artesanal	VIII	42682	39823	2859	7 %
	Artesanal	XIV	4727	4616	111	2 %
	Flota Total	Zona total	57302	53961	3342	6 %

### 8.1.1.4 Sub-reporte

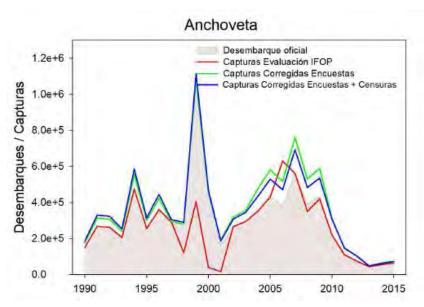
El sub-reporte se puede definir como la cantidad de pesca desembarcada y declarada, pero en menor cantidad que la real, particularmente por naves registradas oficialmente. Las capturas y/o desembarques de sardina común y anchoveta han sido documentadas y en gran parte del periodo fiscalizado. Sin embargo, existe incerteza respecto de los períodos en los cuales ambas pesquerías no tenían valor económico de relevancia como en la actualidad. Además, el fuerte incremento de la flota artesanal en la década de los años 2000 (Cubillos et al., 2009), derivó en la sobrecarga al proceso de vigilancia impactando la cobertura de los registros de captura. Por lo tanto, las series de desembarque utilizadas en evaluación de stock contienen sesgo debido a la falta de veracidad de certificación de niveles de extracción pesquera.

En efecto, la determinación del descarte por medio de programas de observadores a bordo (Vega et al., 2017), indica bajos niveles no sobrepasando 7%. Por el contrario, las tasas de sub-reporte son elevadas y parece ser que constituyen el principal foco de incerteza en la determinación de capturas. El estudio de reconstrucción de capturas históricas de sardina común y anchoveta de la zona centro sur de Chile ejecutado por Wiff et al. (2017), indicaron que hubo

discrepancias en los niveles de desembarque históricos reportados en ambos recursos, repercutiendo en una importante fuente de incertidumbre en el nivel de extracción pesquera. La **Figura 10** muestra series de captura de sardina común corregidas por metodologías (encuestas y encuestas + censuras), presentando importantes diferencias que no han sido incorporadas en los modelos de evaluación de stock. Destaca que la capturas utilizada por IFOP tiene períodos con niveles muy alejados respecto de los valores corregidos. En el caso de anchoveta, se observan periodos con alta divergencia entre lo corregido e informado. También, las diferencias son más acentuadas en relación a los desembarques utilizados por IFOP en la evaluación de stock (**Figura 11**).



**Figura 10**. Series de desembarque oficial para sardina común, capturas desde la evaluación de stock IFOP 2016, y capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras (Extraído Wiff et al., 2018).



**Figura 11**. Series de desembarque oficial para anchoveta, capturas desde la evaluación de stock IFOP 2016, y capturas corregidas usando encuestas o el procedimiento conjunto de encuestas y estadísticas de censuras (Extraído Wiff et al., 2017).

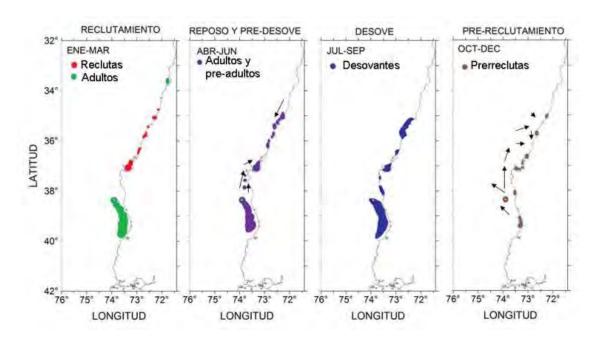
### 8.1.2. Revisión/definición de un modelo conceptual sobre la dinámica espacio-temporal de sardina y anchoveta en la zona centro sur de Chile

El modelo conceptual espacial y temporal de la dinámica biológica y pesquera de sardina común y anchoveta fue estudiado por Cubillos et al. (2009), quienes definieron patrones espacio-temporales persistentes determinando que la abundancia de ambas especies al norte de la Isla Mocha está sustentada principalmente por reclutas, mientras que al sur de la misma se sostiene sobre individuos adultos. Operacionalmente, la dinámica espacio-temporal de la flota artesanal concentra mayor número de embarcaciones y viajes de pesca en la Región del Biobío, por su parte la flota industrial orienta su esfuerzo pesquero principalmente frente a Corral y Puerto Saavedra y en menor grado en alrededores de la Isla Mocha, al norte de Talcahuano (35°S-36°S) y al sur de San Antonio.

A partir de los resultados provenientes de los cruceros acústicos, el seguimiento biológico pesquero de la pesquería y la ejecución de los proyectos basados en el Método de Producción de Huevos (MPH), se determinan patrones recurrentes donde destaca lo siguiente; la fracción recluta de sardina común y anchoveta tiende a ser más importante entre los 34º30'S (norte de Constitución) y los 37º10'S (Golfo de Arauco), al sur de la Isla Mocha (38º20'S) los ejemplares son de mayor tamaño y equivalen a la fracción parental; el desove se concentró en dos estratos geográficos 34º30'S-37º10'S y en 38ºS-39ºS, siendo este último el que demuestra una consistente y recurrente abundancia de huevos (Cubillos et al., 2007), la estructura de tallas de la flota frente a Corral no detecta alta incidencia de reclutas a lo largo del año, siendo más bien vulnerada la fracción adulta del stock. En virtud de lo anterior, Cubillos et al. (2009) proponen el siguiente modelo conceptual (Figura 12):

- a. El sistema de bahías de la zona centro sur al norte del Golfo de Arauco (37º10'S) constituyen áreas de crianza, donde pre-reclutas y reclutas menores a seis meses de edad crecen y se desarrollan. Esto es, durante una ventana temporal que va entre el desove y el reclutamiento (julio a diciembre). Estacionalmente entre octubre y diciembre, ocurriría una conectividad o migración activa ayudada por flujos costeros de corrientes en chorro, lo que determina un reclutamiento al norte de Golfo de Arauco;
- b. En enero, los ejemplares han reclutado con una talla promedio de entre 6 y 7 cm, principalmente al norte del Golfo de Arauco. En esta época, enero-marzo, los adultos (> 11 cm, y de más de un año de edad), tienden a distribuirse preferentemente hacia el norte (Carranza, desembocadura del Itata) y al sur de los 38º20'S (sur de la Isla Mocha a Corral);
- c. 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;
- d. Durante la transición invierno-primavera (julio-septiembre), la fracción adulta ingresaría a la región más costera (sistemas de bahías) para reproducirse, particularmente porque el área de crianza pasaría a constituirse en un área de desove;
- e. Bajo este esquema conceptual, el desarrollo de los individuos juveniles que han sido capaces de sobrevivir en las zonas protegidas, al crecer y alcanzar la madurez al término

- del primer año de vida, cerrarían el ciclo de vida en la época invernal (primer desove). A su vez, al ser más abundantes que los peces más viejos, contribuirían al desove en las zonas costeras donde fueron criados, transformando la zona de crianza en una zona de desove (particularmente entre Constitución y el Golfo de Arauco);
- f. Posteriormente, los individuos que han desovado por primera vez abandonarían las zonas protegidas para distribuirse hacia el norte y sur. En el sector sur, comprendido entre la Isla Mocha y Corral (38º20'S-40ºS), los individuos de mayor tamaño localizados en esta área eventualmente podrían desarrollar una migración hacia el norte y hacia la costa, para desovar en las áreas de desove durante la época de desove.



**Figura 12.** Esquema temporal de la distribución de reclutas, adultos en diferentes estados de madurez, y probables zonas de pre-reclutas. Las flechas indican probables grados de conectividad asociados con natación activa y ayudada por corrientes (Extraído: Cubillos et al., 2009)

El modelo conceptual propuesto representa la dinámica espacio temporal de sardina común y anchoveta en la zona centro sur de Chile. En otro tipo de investigaciones, Soto-Mendoza et al. (2012) desarrollaron un modelo hidrodinámico acoplado a modelos basados en el individuo ("IBM") para analizar la influencia de los parámetros de desove espacial y temporal en el transporte y la supervivencia de *Engraulis ringens* en el centro sur de Chile. Los resultados mostraron que las variaciones espacio-temporales en el desove modularon la supervivencia de huevos y larvas con saco vitelino de anchoveta, específicamente la mortalidad debida a la temperatura y las pérdidas por advección fueron más intensas en la distribución sur de esta especie (Lebu-Corral).

Por su parte, Parada et al. (2012) implementaron un sistema de modelación biofísica para sardina común, con el objetivo de generar índices de reclutamiento independientes de la pesquería e incorporaron de manera explícita el efecto de señales ambientales y su variabilidad. La relación entre los estados tempranos (densidad de huevos) con la temperatura mostró que los desoves están asociados a bajas temperaturas. La sardina común, presenta una estrategia reproductiva que consiste en desovar al término del invierno (julio-agosto), cuando se presentan condiciones ambientales favorables de convergencia costera que logran concentrar y retener huevos en la costa y así, evitar el intenso transporte hacia el océano observado en la época estival. Es decir, se determinó una asociación positiva entre la densidad de huevos y vientos en dirección norte.

Para el caso de la anchoveta centro sur, y basado en la metodología de Parada et al. (2012), Vásquez et al. (2014) generaron índices de reclutamiento a partir de modelación biofísica, concluyendo que la tasa de sobrevivencia se correlacionó negativamente con los procesos de acoplamiento desove-advección, determinando que las pérdidas advectivas son el principal modulador de la dinámica del reclutamiento de *E. ringens*. El esquema de modelación hidrodinámico permitió identificar que la zona de desove de la anchoveta muestra mayor actividad en torno a los 39°S, donde la retención costera fue promovida por la baja dinámica de vientos e importante gradiente salino promovido por el aporte fluvial. Además, Vásquez et al. (2014) desarrollaron un modelo conceptual basado en los hallazgos de Cubillos et al. (2009), adicionando elementos provenientes de la modelación biofísica de anchoveta. Este modelo

conceptual se focaliza en el primer año, donde se desencadena gran parte del progreso ontogenético (desde huevo a ejemplar maduro) y donde el ambiente ejerce mayor control sobre la sobrevivencia. Se señala que posterior al desove, los huevos y larvas son transportadas por la corriente de forma pasiva hasta alcanzar los 10 mm. El transporte por corrientes genera pérdidas advectivas en toda el área de distribución siendo máximas de punta Lavapié al norte, y conecta las áreas de desove con las áreas de crianza, las cuales pueden variar entre años dependiendo del régimen atmosférico-oceanográfico. En consecuencia, los periodos de máxima sobrevivencia larval se asocian a épocas con índices "El Niño" predominantemente positivas las cuales, a su vez, estuvieron relacionadas a épocas con disminución del estrés del viento y el transporte costa afuera. Por el contrario, períodos asociados con el evento "La Niña" generan mayor advección producto de la intensificación del viento y una disminución de la sobrevivencia. Por lo tanto, los regímenes climáticos inciden directamente en la sobrevivencia de los estados tempranos de anchoveta, afectando la variabilidad del reclutamiento. Modelos de evaluación de stock que no consideren este tipo de incertidumbre de variación del reclutamiento asociado a los regímenes ambientales, pueden ver sesgada sus estimaciones de abundancia y acciones de manejo.

### 8.1.3. Fuentes de error de incertidumbre advertidas en el proceso de revisión por pares

La asesoría contratada por el Estado de Chile a IFOP, es relevante en el proceso de manejo pesquero. En este sentido y con el objeto de reducir las fuentes de incertidumbre y mejorar el proceso de asesoría, las evaluaciones de stock de sardina común y anchoveta han sido analizadas y revisadas en talleres con pares internacionales. La primera revisión fue realizada durante el año 2012 por el Dr. Tom Polacheck (Australia) y se concentró sobre sardina común (Ernst, 2013). En la misma línea, durante el año 2015 se realizó el taller de revisión por pares de la evaluación de stock de *E. ringens* centro-sur a cargo de la experta sudafricana e integrante del equipo de este proyecto Dra. Carryn de Moor (Ernst 2014).

Entre las principales recomendaciones de estas revisiones se destacan observaciones acerca de los supuestos de homogeneidad de la unidad de stock, la interacción técnica en la captura entre sardina común y anchoveta, corrección de series de desembarque atribuidas al

descarte y subreporte, índices de abundancia acústica usados en la evaluación de stock, año biológico vs año calendario en la especificación anual del modelo de estimación, escalas espacio temporales intra-anuales, PBRs, entre otros. Algunas de las recomendaciones parecen no haber sido incorporadas en la evaluación de stock por parte de IFOP, las que son consideradas como potenciales fuentes de incertidumbre en el diseño de los modelos operativos. El detalle de las principales fuentes de incertidumbre es presentado en el **Anexo 6.** 

## 8.1.4. Realización de talleres consultivos a usuarios, fiscalizadores y sectorialistas de la administración pesquera

### 8.1.4.1 Implementación de la encuesta a pescadores artesanales

Se realizó una amplia convocatoria para agentes activos de la pesca artesanal, que incluyó a armadores y patrones de pesca distribuidos en 6 localidades de la Región de Valparaíso, Región del Biobío, Región de Los Lagos y Región de los Ríos (Anexo 7: Tabla 1; Figura 1), y representantes de los pescadores artesanales participantes del Comité de Manejo (Anexo 7: Figura 2). La encuesta fue aplicada de manera individual (Anexo 7: Figura 2) y en grupos de pescadores (Anexo 7: Figura 3), donde en ambos casos fue guiada para estandarizar la comprensión de las preguntas del instrumento. La encuesta fue contestada por 64 pescadores (Anexo 7: Tabla 2), verificándose un 29% de rechazo a su aplicación. Las razones aludidas para no responder la encuesta fueron la desconfianza frente a este tipo de consultas y que la información entregada a SUBPESCA es percibida perjudicial para sus intereses. Se destacó la motivación en las localidades de la Región del Biobío y Los Ríos por responder las encuestas.

De los 64 pescadores artesanales encuestados provenientes de las Regiones del Biobío y Los Ríos, los que incluyen a armadores y patrones de embarcaciones, el 94% correspondió al género masculino y sólo 6% al género femenino. Las mayores frecuencias de edades de los encuestados se concentraron entre 46 y 60 años, mientras que el rango mínimo de edad fluctuó entre 25 a 30 años y el máximo entre 66 y 70 años (**Anexo 7:** Figura 4). La experiencia declarada en la actividad

pesquera sobre sardina común y anchoveta, en la gran mayoría superó los 20 años, llegando algunos a alcanzar 50 años de actividad (**Anexo 7**: Figura 6). Los principales resultados obtenidos desde la encuesta aplicada a los pescadores que participan de la pesquería de sardina común y anchoveta se presentan en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**. Resumen de las respuestas generadas por los pescadores encuestados. Las respuestas se clasifican por ámbito de estudio e ítem específico a consultar.

Ámbito	Ítem	Respuestas
Biológico	Mezclas o flujos migratorios de sardina común y anchoveta	Existen mezclas o flujos migratorios de peces en la zona de distribución (Valparaíso - Puerto Montt). En relación a las direcciones predominantes adoptadas por estas especies, 80% de los encuestados indicó que la sardina común se desplaza en dirección norte, mientras que 58% indicó que la anchoveta presenta un desplazamiento hacia el sur. La mayor parte de los encuestados señaló que sardina común y anchoveta migrar fuera del área de la pesquería en un 90%. Por otro lado, hubo un grupo de pescadores que no contestó ya que consideran que no es posible estimar un valor con tal especificidad.
	Biomasa no disponible para la pesca	Existe un porcentaje de biomasa de ambos recursos que no está disponible para la pesca, los pescadores del Biobío indicaron que este porcentaje correspondía a 60%, mientras que los pescadores de los Ríos 80%. Se señaló que esta condición ocurre debido a que el recurso se distribuye al interior de la primera milla náutica y que la regionalización impide acceder a otras zonas de pesca.
	Abundancias de peces reclutas	Respecto de las mayores abundancias de peces reclutas en la operación pesquera, se indicó que para la anchoveta ésta se relaciona tanto con el ambiente como con la cantidad de adultos desovantes, y para la sardina común se relaciona en presencia de ambos condicionantes.

	Cruceros de investigación	Se indicó que los cruceros no son realizados en periodos apropiados y sugieren que se realicen bajo periodicidad trimestral. Se indica que se debe "respetar y considerar el año biológico de los recursos" y mejorar los tiempos administrativos para que los resultados de estos estudios estén disponibles a tiempo en otoño (primera temporada). La totalidad de los encuestados indicó que permanece biomasa sin evaluar que podría ser de hasta 50%. Asimismo, los encuestados indicaron que los cruceros MPDH y el crucero de verano se aproximan de mejor forma a la biomasa disponible.
Operacional	Declaración oficial de la proporción de especies	EL 94% de los encuestados indicó que los porcentajes declarados oficialmente de captura mixta son reales y sólo 6% mencionó lo contrario. La ocurrencia de este 6% ocurre principalmente por deficiencias en la fiscalización y personal incompetente.
	Descarte	La mayor parte distingue que los valores de descarte más altos de sardina común han variado entre 30% y 50%, mientras que en anchoveta pudo alcanzar hasta 40%. Entre los elementos que se identifican como causantes de incremento del descarte, destaca la baja abundancia y cuota de pesca de una especie respecto de otra.
Manejo	Regionalización de la pesquería	79% de los encuestados indicó no estar de acuerdo con el manejo de la regionalización de la pesquería de ambos recursos, la mayoría (94%) plantea dejar abiertas las regiones, asimismo se indicó que el manejo debe basarse en la distribución efectiva de la biomasa de los recursos.
	Imputación conjunta del 40%	97% declaró no estar de acuerdo con el nivel de imputación conjunta de 40% de extracción como medida de manejo para mitigar el descarte. Se planteó que este valor debe ser mayor, entre 50% y 80%.
	Vedas biológicas	64% de los encuestados indicó sentirse conforme con el actual marco temporal de vedas biológicas. No obstante, el grupo restante plantea que las vedas deben ser distribuidas de mejor forma, por ejemplo, debería existir una sola veda por el periodo de agosto a enero, además se recomendó la existencia de vedas dinámicas que consideren su activación bajo reglas de decisión pre acordadas.

Disponibilidad estacional	83% de los encuestados identifica la existencia de periodos marcados al interior del año, donde cada recurso está más o menos disponible. De este modo, señalan que la sardina común durante el periodo de primavera, verano y otoño se encuentra más disponible en términos de abundancia. Por su parte, la anchoveta durante el verano está más disponible y en invierno lo contrario.
Percepción del estatus de los recursos	93% de los encuestados mencionó que la sardina común se encuentra en estado desde "bien a muy bien", aludiendo a la condición de plena explotación al momento de la aplicación de la encuesta. Mientras que en anchoveta, sólo el 65% percibe que se encuentra en este mismo estado, argumento sostenido por los bajos niveles de biomasa de la última década y leve mejoría en los últimos tres años (2017-2019).
Nivel de capturas sostenibles	Ante la consulta: ¿qué nivel mínimo de capturas de la cuota total podrían ser sostenibles?, los encuestados indicaron que 611.000 ton globales anuales en conjunto (sardina común y anchoveta) y 3.000 ton por embarcación, permiten viabilizar la operación pesquera.
Propuesta de Acciones de manejo	Finalmente, se identificaron 24 acciones para mejorar el manejo pesquero.  Las siguientes medidas son indicadas de manera decreciente en cuanto a su frecuencia de preferencia por parte de los encuestados:  O Aumento de cuota de captura O Aumento del monitoreo de los recursos O Veda continua de 6 meses O Redistribución de cuotas no capturadas O Eliminación de licitación de cuotas de pesca O Cuota 100% artesanal O Plan de trabajo operacional O Cuota por eslora O Monitoreo conjunto con artesanales O Mejorar la fiscalización

### 8.1.4.6 Encuesta a profesionales en Taller N°1

Implementación de la encuesta a profesionales de la investigación y administración.

En el marco del taller denominado: "Taller de análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería", realizado el día 24 de Julio de 2019 en la ciudad de Valparaíso, se reunió a profesionales de la SUBPESCA, IFOP y universidades (Anexo 7). En este taller, se presentó y discutió los resultados de la encuesta aplicada a los pescadores artesanales de sardina común y anchoveta centro sur. La encuesta aplicada en esta instancia correspondió a un instrumento semiestructurado diseñado por el equipo del proyecto, sobre la base de los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los pescadores, con la finalidad de establecer retroalimentación y levantar percepciones sobre las fuentes de incertidumbre identificadas (ver Anexo 7: encuestas a profesionales Taller N°1). Los principales resultados obtenidos en la encuesta aplicada a profesionales que participan de la pesquería de sardina común y anchoveta se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9**. Resumen de las respuestas generadas por los profesionales encuestados en el taller "Taller de análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería". Las respuestas se clasifican por ámbito de estudio e ítem específico a consultar.

Ámbito	Ítem	Respuestas
Biológico	Mezclas o flujos migratorios de sardina común y anchoveta	<ul> <li>El 100% señaló que existen mezclas o flujos migratorios de sardina común y anchoveta en la zona de distribución, siendo los aspectos reproductivos de crianza y crecimiento los factores más relevantes asociados al proceso de migración.</li> <li>El 100% respondió que existe un proceso de escape de los recursos asociado a migración, sugiriendo que fluctuaría entre 31% a 50%.</li> <li>El 100% considera necesario que las especies sardina común y anchoveta</li> </ul>
		deben ser evaluadas (modeladas) de manera espacialmente explícita.
	Biomasa no disponible para la pesca	- El 100% señala desacuerdo con lo señalado por los usuarios, quienes indican que entre 60% a 80% de la biomasa no está disponible a la flota pesquera. En este sentido, sugieren que la biomasa no disponible fluctuaría entre 11% y 30%.
	Cruceros de investigación	- 77% indicó que los cruceros acústicos en términos temporales son realizados adecuadamente.
		- En general no se consideró necesario modificar hacia una frecuencia trimestral. Sin embargo, 72% sostiene que el porcentaje de abundancia que no es evaluado varía entre 11% y 50%.
Operacional	Declaración oficial de la proporción de especies	- 85% de los consultados manifiesta desacuerdo con los usuarios, en relación a la apreciación que ellos manifiestan de alto nivel de credibilidad de capturas reportadas en la actualidad. Se indica que el porcentaje de error en las capturas debiera estar entre 31% y 50%, pero otros perciben que este valor puede ser mayor llegando a alcanzar incluso 90%.
		- El periodo de años en los que se registraría errores significativos en el reporte de los desembarques estaría entre el 2000 y 2010, y entre 1990 y 1999.
	Descarte	- 100% indicó que el principal factor que induce al descarte en estas pesquerías, constituye la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra.
		- La mayoría de los encuestados no estuvo de acuerdo con los usuarios en relación al porcentaje de descarte histórico, ya que argumentan que oscilaría entre 30% y 50%.

A partir de las encuestas realizadas a usuarios y profesionales (científicos e investigadores) relacionados a la pesquería de sardina común y anchoveta (Anexo 7, Tablas 8 y 9), fue construido un cuadro comparativo (Tabla 10) con el propósito de determinar niveles de coincidencia en las percepciones de usuarios y profesionales frente a preguntas comunes realizadas en los ámbitos biológicos y operacionales de estas pesquerías. En este caso, las respuestas confrontadas correspondieron a diez opiniones, valorizadas en porcentaje, siendo categorizado el nivel de coincidencia entre alto, medio y bajo (variable categórica).

En general, predominó un bajo nivel de coincidencia en el porcentaje de encuestados que respondieron preguntas comunes (i.e. factores que causan mortalidad natural, cruceros acústicos de investigación realizados en el momento adecuado, veracidad de la captura mixta declarada) o sobre algún valor porcentual sobre una determinada variable consultada (i.e. porcentaje del stock pesquero de sardina común y anchoveta que logra migrar, porcentaje de la biomasa de ambos recursos que no está disponible para pesca). Sin embargo, existió un alto nivel de coincidencia respecto al porcentaje de respuestas relacionadas en: i) la existencia de flujos migratorios de peces, ii) abundancia de reclutas asociadas con el ambiente y la fracción parental, y iii) el principal factor que induce al descarte, es la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra.

**Tabla 10.** Cuadro comparativo resumen acerca del nivel de coincidencia entre usuarios y científicos (profesionales), frente a preguntas similares realizadas en los ámbitos biológico y operacional de las pesquerías de sardina común y anchoveta.

Afirmación respecto de la consulta	<u>Usuarios</u> (% respuestas)	Profesionales (% respuestas)	Nivel de coincidencia	Observación
Porcentaje de encuestados que reconocen la existencia de flujos migratorios de peces en la zona de distribución (Valparaíso - Puerto Montt).	98% encuestados	100% encuestados	ALTO	
Porcentaje del stock pesquero de sardina común y anchoveta que logra migrar.	90% (73% encuestados)	<b>31% a 50%</b> (70% encuestados)	BAJO	

Porcentaje de la biomasa de ambos recursos que no está disponible para pesca.	recursos que no está		BAJO	Biomasa de recurso que está dentro de la milla o fuera de la región
Porcentaje de encuestados que indican que las mayores abundancias de peces reclutas detectadas en la operación pesquera se relaciona con el ambiente y la cantidad de adultos desovantes.	98% encuestados	92% encuestados	ALTO	
Porcentaje de encuestados que reconocen que los cruceros acústicos de investigación sí son realizados en el momento y cobertura temporal adecuados para medir la abundancia de las especies.	28% encuestados	77% encuestados	BAJO	Varios profesionales no creen apropiado que éstos sean realizados en una escala trimestral u otra más fina. Sin embargo, los usuarios indicaron que se debe considerar el año biológico de los recursos, mejorándose además los tiempos administrativos para que los resultados de estos estudios estén disponibles a tiempo en otoño.
Porcentaje de la biomasa no	50%	11% a 50%		
evaluado en estos cruceros de investigación.	(85% encuestados)	(72% encuestados)	MEDIO	
Porcentajes de encuestados que reconocen que las proporciones de la captura mixta declaradas oficialmente son reales.	94% encuestados	15% encuestados	BAJO	Los usuarios indicaron que la "mala fiscalización", incluyendo a "personal incompetente" para realizar esta labor, serían las causas que afectarían que los porcentajes declarados sean irreales.

Porcentajes de encuestados que reconocen que el principal factor que induce al descarte en estas pesquerías es la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra.	93% encuestados	100% encuestados	ALTO	
Porcentaje de encuestados que reconocen que la proporción de descarte histórico mencionado por los usuarios fluctúa entre 30% y 50%.	82% encuestados	45% encuestados	MEDIO	
Porcentaje de encuestados que reconocen que la mortalidad natural, según los usuarios, ocurre principalmente por factores asociados a la contaminación, falta de oxígeno, temperatura y vejez.	75% encuestados	15% encuestados	BAJO	La mayor parte de los profesionales indicaron que las causas corresponden al factor ambiental extrínseco como el factor que impacta en la mortalidad natural de estas especies.

# 8.2 Objetivo Especifico 2: Desarrollar un modelo operativo que incorpore las principales fuentes de incertidumbre asociadas a la evaluación de stock de sardina común y anchoveta.

Se analizaron los niveles de sesgo de distintos modelos de estimación como precursores de un modelo operativo de simulación. Esto permitió conocer una de las fuentes de incertidumbre que existen dentro del procedimiento de manejo. Luego se analizó el nivel de información que aportan los distintos conjuntos de datos en el modelo de estimación/evaluación de stock empleado para fines de decisión. En muchos casos la incertidumbre de las estimaciones provino de información conflictiva o inconsistente empleada en los modelos de evaluación de stock.

A partir del condicionamiento de modelos operativos candidatos, se modeló la dinámica poblacional y la pesquería (codificado en SCILAB), incluyendo diversas fuentes de incertidumbre en distintos niveles del modelo (procesos y observaciones).

El modelo operativo fue empleado en la evaluación de las reglas de control/decisión, establecidas en conjunto con la autoridad y usuarios. Además, se aplicó la plataforma de evaluación SS3 como parte de la exploración de este modelo, como estimador poblacional de sardina y anchoveta. Los detalles de la implementación y características del modelo, así como de los archivos control utilizados tanto para sardina como anchoveta, son indicados en el **Anexo 8**.

### 8.2.1. Auto-verificación de modelos de estimación/evaluación

Para cada uno de este conjunto de datos se ajustó el modelo de estimación respectivo. Los datos fueron tratados como variables aleatorias, y correspondieron a las composiciones de tallas/edades de las capturas, capturas e índices de abundancia (biomasa y composiciones de tallas/edades) de los cruceros hidroacústicos RECLAS (verano) y PELACES (otoño).

### Anchoveta

En las estimaciones de biomasa y reclutamiento de la anchoveta e independientemente de sus tendencias se observó que, de los tres modelos analizados, el modelo de IFOP presentó un notable sesgo positivo (sobre-estimación) particularmente hacia los últimos 3 años de la pesquería.

Esta evidencia resulta más notable al examinar la frecuencia del error relativo, en las cuales y para los últimos 3 años, la moda de este error se observó desplazada significativamente hacia la derecha del valor cero (Figura 13, Figura 14, y Figura 15). El menor nivel de sesgo de la biomasa se obtiene con el Modelo Trimestral (PUCV) con un valor MRE=-0.005 mientras el más alto en el Modelo Anual (IFOP) con un valor MRE=0.034. Si se consideran los últimos 3 años, el sesgo en la biomasa del Modelo Anual (IFOP) alcanza un 19% (MRE=0.19), el Modelo Anual (INPESCA) un 3.9% (MRE=0.039) y el Modelo Trimestral (PUCV) un 1.7% (MRE=0.017). Consecuentemente con lo anterior, el Modelo Trimestral (PUCV) es el más preciso de los tres modelos con un valor MARE=0.044 (Tabla 11). Gran parte de estos niveles de sesgo se deben a las estimaciones de los reclutamientos y mortalidad por pesca de los años más recientes.

En el Modelo Anual (IFOP) se observa un sesgo positivo en la estimación del reclutamiento expresado en una sobre-estimación del 10.5% (MRE=0.105) y en una sub-estimación de la mortalidad por pesca del 14.9% (MRE=-0.149). En el Modelo Anual (INPESCA), la sobre-estimación del reclutamiento se reduce al 2.1% (MRE=0.021) y en la mortalidad por pesca al 1.9% (MRE=0.019), mientras que en el Modelo Anual (IFOP) se sobre-estima el reclutamiento en un 10.5% (MRE=0.105) y se sub-estima la mortalidad por pesca en un 14.9% (MRE=-0.149) (**Tabla 11**, **Figura 16**). De acuerdo a lo anterior y no obstante el Modelo Anual (IFOP) presenta el mayor nivel de sesgo hacia los tres últimos años de la serie tanto en biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca, los tres modelos presentan similares niveles de precisión en las estimaciones del reclutamiento con medidas MARE=0.15-0.17.

Respecto al desempeño del modelo SS3, los resultados mostraron que, en el caso de la anchoveta, para la biomasa total (Figura 17) es posible apreciar un error que en promedio presenta un sesgo positivo sobreestimando cerca del 17% (MRE= 0.166), particularmente para los últimos años, donde se calcula una sobreestimación cercana al 28% (MRE= 0.276). Los reclutamientos (Figura 18) presentan un sesgo comparativamente similar a las estimaciones de biomasa, y el modelo entrega el menor sesgo para los últimos años de reclutamiento (MRE = 0.105). La mortalidad por pesca (Figura 19) muestra un claro patrón de sobreestimación para el total de años,

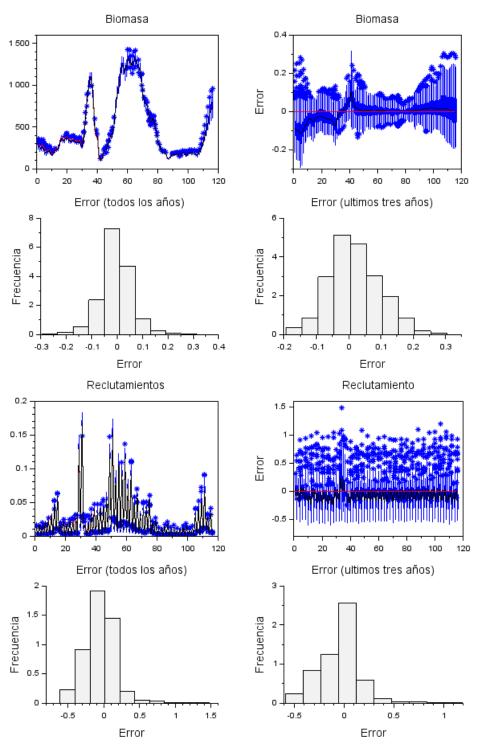
sobreestimando esta variable en más de un 270% (MRE = 2.758), y con una sobreestimación para los últimos años que se escapa de toda escala (MRE mayor a 10) (**Tabla 11**).

### Sardina común

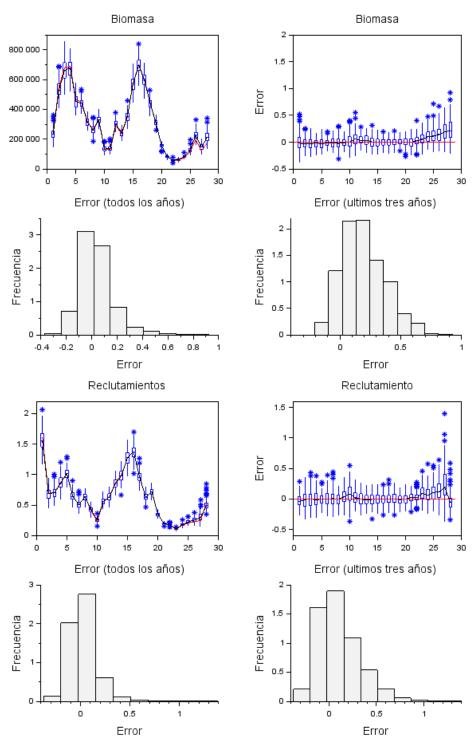
En el caso de la sardina para los tres modelos analizados, y al igual que en la anchoveta, el Modelo Trimestral (PUCV) presentó el menor sesgo en las estimaciones de biomasa mientras el Modelo Anual (INPESCA) el mayor. En el caso del Modelo Anual (IFOP) se observó un sesgo negativo (subestimación) persistente durante todo el horizonte de análisis (Figura 20) mientras el Modelo Anual (INPESCA) presentó un patrón de sobre-estimación de manera incremental hacia los últimos 3 años de la serie (sesgo positivo) (Figura 21). En ambos casos las razones se deben a sesgos de similares características en la estimación de los reclutamientos (Figura 20, Figura 21 y Figura 22). En todos los casos analizados, el modelo estacional PUCV mostró mínimo sesgo tanto en las estimaciones de biomasa como en el reclutamiento.

Las frecuencias del error relativo para los últimos tres años muestran, por ejemplo, el notable desplazamiento hacia la izquierda del cero en la moda del error de la biomasa y reclutamientos en el Modelo Anual (IFOP) (Figura 21) mientras que, al contrario, el Modelo Anual (INPESCA) muestra el desplazamiento de la distribución de error hacia la derecha (sobre-estimación) (Figura 22). El sesgo de la biomasa en el Modelo Trimestral (PUCV) es el más bajo con una sub-estimación del 1.2% (MRE=-0.012), mientras en el Modelo Anual (INPESCA), este valor llega al 30.6% (MRE=0.306) para los últimos 3 años (Tabla 11).

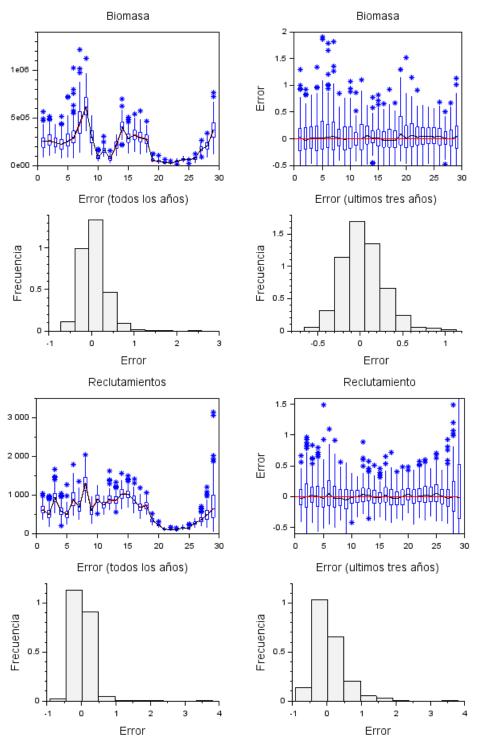
El Modelo Anual (IFOP) presenta un sesgo sistemático del 11% de sub-estimación (MRE=-0.112) en la biomasa el cual se incrementa al 18% para los últimos tres años.



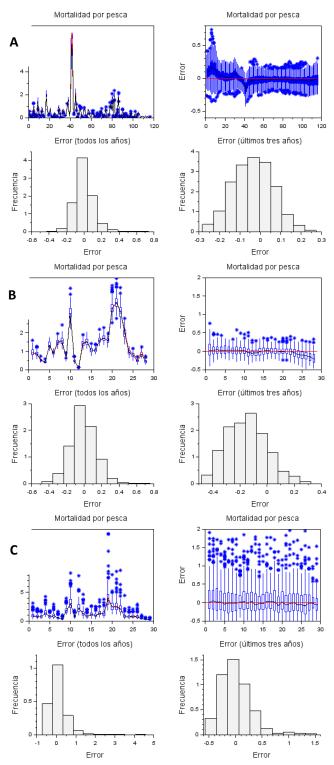
**Figura 13**. Boxplot y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>anchoveta</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones <u>Modelo Trimestral (PUCV)</u>.



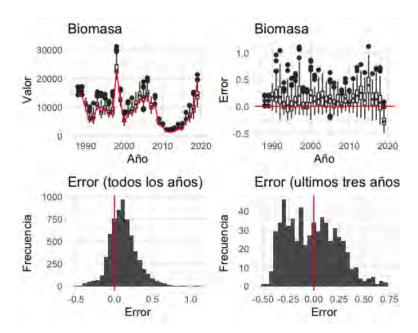
**Figura 14**. Boxplot y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>anchoveta</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones <u>Modelo Anual (IFOP)</u>.



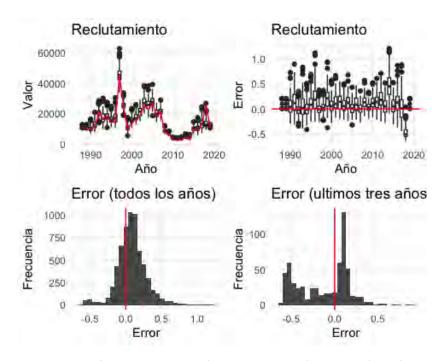
**Figura 15**. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>anchoveta</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones <u>Modelo Anual (INPESCA)</u>.



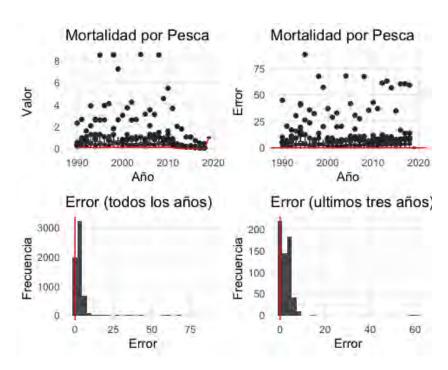
**Figura 16**. Boxplot de la variabilidad anual y de error relativo de la mortalidad por pesca de <u>anchoveta</u>: A) Modelo Trimestral (PUCV)., B) Modelo Anual (IFOP), c) Modelo Anual (INPESCA).



**Figura 17**. Boxplot de la variación de a) biomasa desovante (millones t). La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones. b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del <u>Modelo SS3</u>.

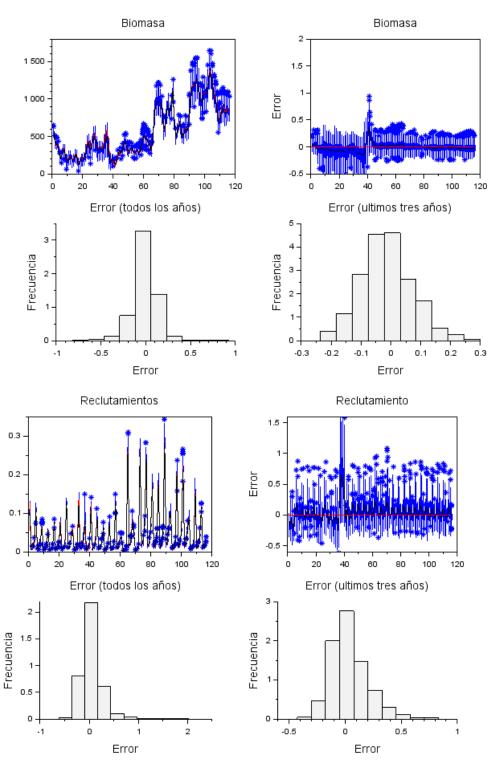


**Figura 18**. Boxplot de la variación en anchoveta a) reclutamiento (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.

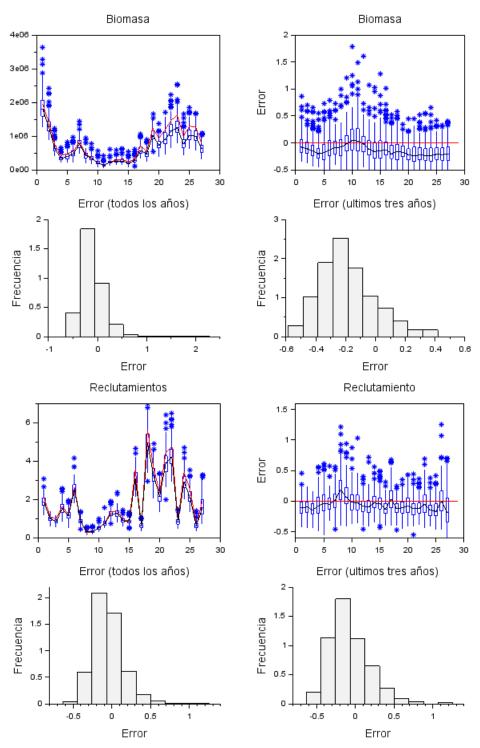


**Figura 19**. Boxplot de la variación de a) mortalidad por pesca (F), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.

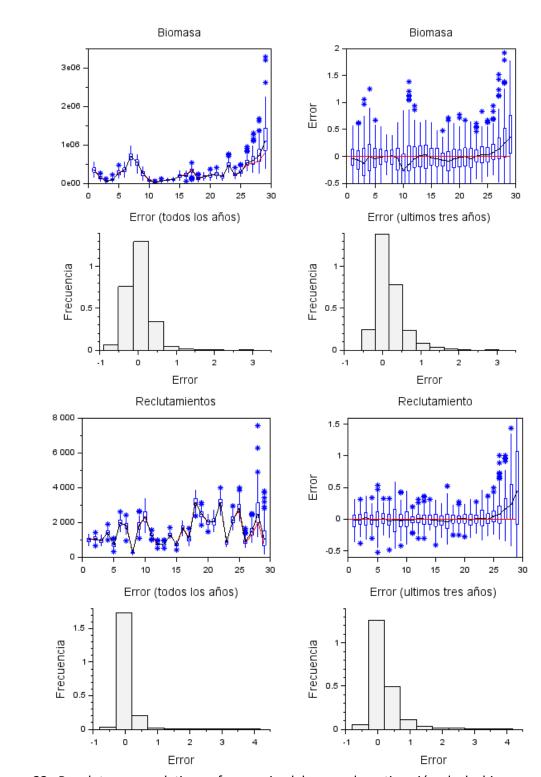
En cuanto a los reclutamientos, el Modelo Anual (INPESCA) presenta la máxima sobre-estimación que alcanza el 36.5% (MRE=0.365). Por el lado de la mortalidad por pesca (**Figura 23**), el modelo de IFOP presenta el mayor nivel de sesgo con una sobre-estimación del 19% (MRE=0.19) promedio general, y en un 28.5% (MRE=0.285) para los 3 últimos años. Mientras que el Modelo Trimestral (PUCV) es el de menor sesgo (menores a 3.5%) y fue el más preciso con un valor MARE=0.096 en biomasa, mientras los modelos IFOP e INPESCA mostraron valores de MRE>0.2 (**Tabla 11**).



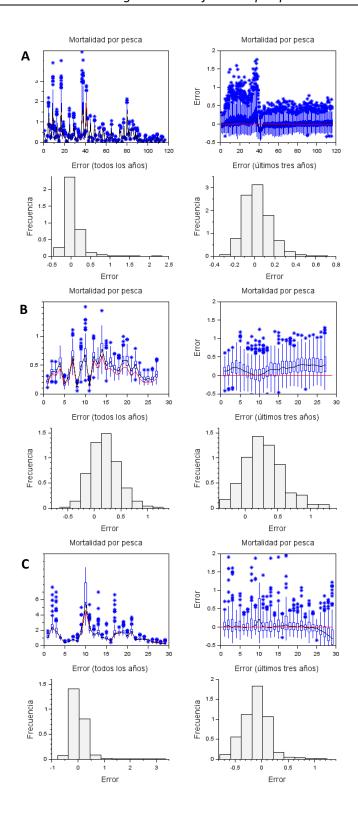
**Figura 20**. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>sardina común</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones <u>Modelo Trimestral (PUCV)</u>.



**Figura 21**. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>sardina común</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones Modelo Anual (IFOP).

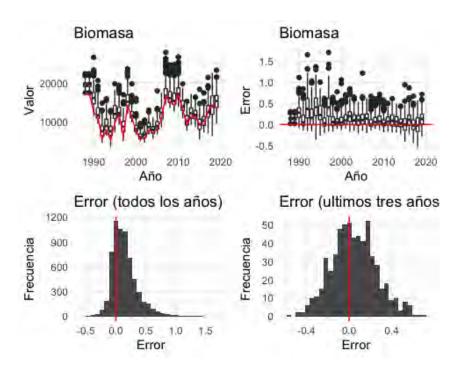


**Figura 22**. Boxplot, error relativo y frecuencia del error de estimación de la biomasa desovante y reclutamientos de la <u>sardina común</u>. La línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones <u>Modelo Anual (INPESCA)</u>.

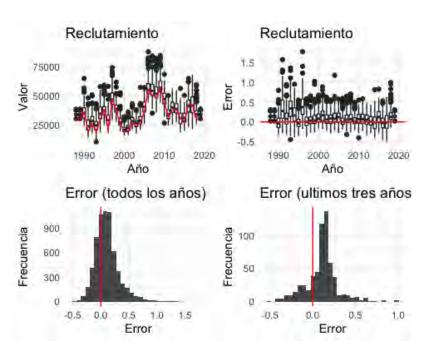


**Figura 23**. Boxplot de la variabilidad anual y de error relativo de la mortalidad por pesca de <u>sardina común</u>: A) Modelo Trimestral (PUCV)., B) Modelo Anual (IFOP), c) Modelo Anual (INPESCA).

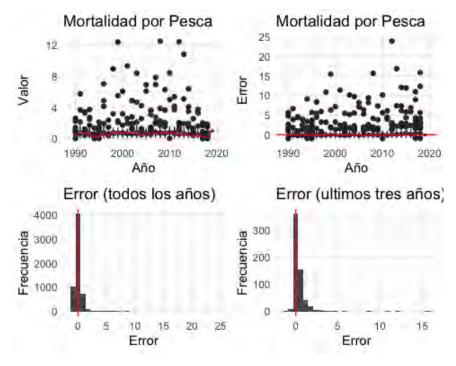
Al igual que en anchoveta, el desempeño del modelo SS3 mostró que, para sardina, es posible apreciar un error con tendencia de sobre-estimación de valores de biomasa para todo el período analizado (Figura 24), con un valor de MRE de 0.22. En relación con los reclutamientos (Figura 25), se presenta una sobre-estimación de los datos principalmente desde el comienzo de la serie hasta el año 2010, obteniendo un valor total de sobreestimación cercano al 20% (MRE = 0.214). Posteriormente, estos valores comienzan a distribuirse más cercanos al valor verdadero, aunque con una sobre-estimación de menor nivel que lo observado en mortalidad por pesca, obteniendo una menor sobreestimación de los últimos años (MRE = 0.147). Por último, los resultados del estimado de mortalidad por pesca (Figura 26), a diferencia de las estimaciones de biomasa y reclutamiento, muestran una elevada sobre-estimación en relación con el valor verdadero para el total de años, equivalente al 98% (MRE = 0.98) (Tabla 11).



**Figura 24**. Boxplot de la variación de a) biomasa desovante (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 200 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.



**Figura 25.** Boxplot de la variación de a) reclutamiento (millones t), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 21 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.



**Figura 26.** Boxplot de la variación de a) mortalidad por pesca (F), la línea roja representa el valor "verdadero" y la línea negra la mediana de las 21 estimaciones, b) error relativo, c) frecuencia del error relativo para todos los años y d) frecuencia del error relativo para los últimos tres años del modelo SS3.

Los resultados obtenidos tanto para la anchoveta como para la sardina no implican necesariamente que el modelo con mayor sesgo es el peor, sino que es una de las características a tomar en cuenta a la hora de evaluar diferentes procedimientos de manejo. Las medidas de sesgo evaluadas permiten determinar el nivel de consistencia en la estimación de un modelo en base a sus propios datos y los supuestos de error de observación. El Modelo Anual (IFOP) es el modelo empleado para fines de manejo de estas pesquerías y gran parte de su sesgo se debe a que el modelo es incapaz de estimar el nivel de reclutamiento y mortalidad por pesca en los años más recientes. Esto no es una falla del modelo sino una insuficiencia en el tipo de datos que están siendo empleados. Por ejemplo, tanto en la anchoveta como en la sardina las composiciones de edades de las capturas y los cruceros son poco informativas respecto de la mortalidad por pesca y los reclutamientos. Se trata de a lo sumo tres grupos de edades que en escala anual enmascaran muchos procesos de mortalidad y crecimiento que ocurren en tiempos intra-anuales. Estas composiciones de edades suelen ser estables en el tiempo no obstantes grandes cambios en la escala de las poblaciones.

**Tabla 11.** Promedio de los errores relativos (MRE) y errores relativo absoluto (MARE) para todos los años y para los tres ultimos años de la biomasa, reclutamiento y mortalidad por pesca (F), a partir de los modelos PUCV, IFOP, INPESCA y SS3 para los casos de la sardina y anchoveta. Entre paréntesis se entrega la desviación estándar.

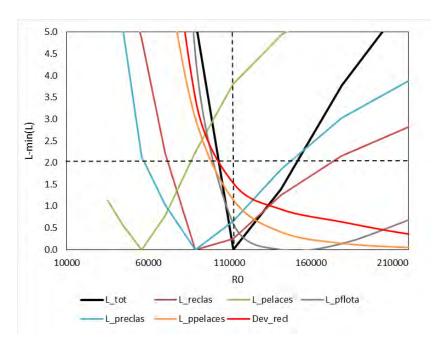
		Anchoveta						
Modelos	Variables	MRE(total)	MARE(total)	MRE(3 años)	MARE(3 años)			
	Biomasa	-0.005 (0.061)	0.044 (0.042)	0.017 (0.084)	0.067 (0.053)			
PUCV	Reclutamiento	-0.053 (0.206)	0.153 (0.148)	-0.059 (0.204)	0.154 (0.146)			
	Mortalidad por pesca	-0.003 (0.106)	0.079 (0.07)	-0.034 (0.099)	0.085 (0.061)			
	Biomasa	0.034 (0.131)	0.097 (0.094)	0.196 (0.18)	0.211 (0.162)			
IFOP	Reclutamiento	0.025 (0.133)	0.099 (0.093)	0.105 (0.226)	0.179 (0.173)			
	Mortalidad por pesca	-0.013 (0.141)	0.11 (0.088)	-0.149 (0.145)	0.175 (0.112)			
	Biomasa	0.045 (0.284)	0.217 (0.189)	0.039 (0.21)	0.169 (0.129)			
INPESCA	Reclutamiento	0.021 (0.244)	0.170 (0.176)	0.021 (0.205)	0.160 (0.129)			
	Mortalidad por pesca	0.064 (0.405)	0.288 (0.291)	0.019 (0.396)	0.287 (0.273)			
	Biomasa	0.166 (0.145)	0.118 (0.186)	0.276 (0.089)	0.275 (0.091)			
SS3	Reclutamiento	0.165 (0.154)	0.083 (0.21)	0.105 (0.035)	0.105 (0.035)			
	Mortalidad por pesca	2.758 (3.737)	2.744 (3.747)	>10	>10			
			Sarc	lina				
Modelos	Variables	MRE(total)	MARE(total)	MRE(3 años)	MARE(3 años)			
	Biomasa	-0.012 (0.133)	0.096 (0.093)	-0.02 (0.09)	0.074 (0.055)			
PUCV	Reclutamiento	0.046 (0.211)	0.146 (0.16)	0.034 (0.164)	0.122 (0.115)			
	Mortalidad por pesca	0.036 (0.187)	0.13 (0.14)	0.032 (0.134)	0.104 (0.09)			
	Biomasa	-0.112 (0.235)	0.212 (0.151)	-0.189 (0.187)	0.232 (0.131)			
IFOP	Reclutamiento	-0.048 (0.196)	0.159 (0.125)	-0.078 (0.256)	0.217 (0.157)			
	Mortalidad por pesca	0.194 (0.266)	0.258 (0.205)	0.285 (0.293)	0.327 (0.246)			
	Biomasa	0.015 (0.308)	0.227 (0.209)	0.306 (0.456)	0.387 (0.389)			
INPESCA	Reclutamiento	0.04 (0.267)	0.143 (0.229)	0.365 (0.637)	0.47 (0.565)			
	Mortalidad por pesca	0.03 (0.273)	0.174 (0.212)	-0.175 (0.3)	0.286 (0.197)			
	Biomasa	0.185 (0.186)	0.143 (0.220)	0.180 (0.145)	0.139 (0.185)			
SS3	Reclutamiento	0.173 (0.167)	0.109 (0.214)	0.147 (0.047)	0.147 (0.047)			
	Mortalidad por pesca	0.437 (0.881)	0.082 (0.980)	>10	>10			

### 8.2.2. Evaluación del nivel de información contenida en los datos (Perfiles de verosimilitud)

Los perfiles de verosimilitud obtenidos para el caso de anchoveta muestran que en el Modelo Anual de IFOP (Escenario S6 del informe de Zúñiga, 2017a), si bien todos los datos aportaron información significativa sobre la escala de la población (curvas que superan el límite de significancia), existen conjuntos de datos que son inconsistentes entre ellos debido a que sus valores MAP de R0 se encuentran distantes de la solución MAP total (Figura 27). Tanto la penalización del desvío de los reclutamientos como las composiciones de edades de las capturas de la flota sugieren que la escala de la población debiese ser mayor, mientras que las composiciones de edades de los cruceros y sus biomasas sugieren lo contrario. Si se considera la cercanía del MAP de cada uno de los grupos de datos respecto de la solución total, es posible concluir que la composición de edades de las capturas y la señal del crucero de verano (RECLAS) contienen el conjunto de datos que aportan con mayor información en la escala poblacional estimada por el modelo de evaluación de stock de IFOP (Tabla 12).

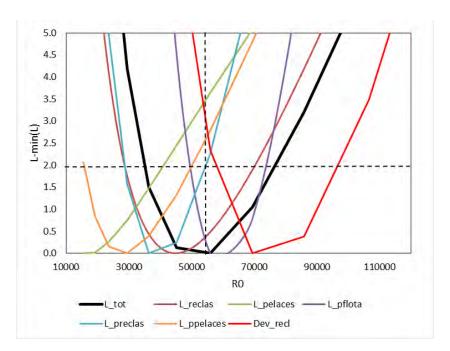
**Tabla 12.** Gradientes de la log-verosimilitud del reclutamiento virginal R0 de sardina para las diferentes fuentes de información (Reclas= Crucero verano, Pelaces=Crucero de otoño, Prop= Prop de edades).

Reclutamiento	Total	Biom	Biom	Prop.	Prop.	Prop.	Desv.
(R0)	IUlai	Reclas	Pelaces	capturas	Reclas	Pelaces	Reclutam
35105	225.7	7.6	1.1	96.3	9.8	17.6	101.3
44298	146.6	6.5	0.6	64.2	5.1	12.2	66.1
55899	80.2	4.9	0.0	37.7	2.1	8.3	35.2
70538	30.4	2.2	0.8	17.8	1.0	6.4	10.3
89001	5.2	0.0	2.2	4.5	0.0	3.0	3.5
112308	0.0	0.3	3.8	0.6	0.7	1.1	1.5
141719	1.4	1.3	4.9	0.0	1.8	0.4	0.9
178832	3.8	2.2	5.7	0.1	3.0	0.1	0.6
225663	6.1	2.9	6.0	0.8	4.0	0.0	0.3
284731	8.2	3.5	6.3	1.5	4.8	0.0	0.1
359295	10.1	4.0	6.5	2.2	5.4	0.0	0.0



**Figura 27**. Perfiles del gradiente de log-verosimilitud (L) del reclutamiento virginal R0 de sardina para las diferentes fuentes de información. La línea segmentada horizontal representa el límite de confianza al 95%. La línea segmentada vertical representa la solución MAP total.

En el caso de la sardina, se observa que la solución MAP del Escenario S6 del informe de Zúñiga (2017b) está fuertemente restringida por la información que proveen las proporciones de edades del crucero Pelaces, la proporción de edades de las capturas de la flota y el desvío del reclutamiento. Esta información indica que la escala de la población debiese ser mayor, dado que valores de R0 por debajo del MAP total producen un incremento significativo en la escala de la log-verosimilitud (Figura 28). La información de las composiciones de edades del crucero Pelaces junto a la proporción de edades y biomasa del crucero Reclas sugieren que la escala poblacional debiese ser más baja que el MAP total. En este escenario se destaca la evidente consistencia que hay entre las composiciones de edades y la biomasa del crucero Reclas, las que comparten el MAP marginal. Sin embargo, se advierte una fuerte inconsistencia entre las composiciones de edades del crucero Pelaces y su biomasa (Tabla 13).



**Figura 28.** Perfiles del gradiente de log-verosimilitud (*L*) del reclutamiento virginal R0 de anchoveta para las diferentes fuentes de información. La línea segmentada horizontal representa el límite de confianza al 95%. La línea segmentada vertical representa la solución MAP total.

**Tabla 13.** Gradientes de la log-verosimilitud (L) del reclutamiento virginal RO de anchoveta para las diferentes fuentes de información (Reclas= Crucero verano, Pelaces=Crucero de otoño, Prop= Prop de edades).

Reclutamiento	Total	Biom	Biom	Prop.	Prop.	Prop.	Desv.
(R0)	iotai	Reclas	Pelaces	capturas	Reclas	Pelaces	Reclutam
15477	200.7	11.3	0.0	107.4	17.0	2.1	73.4
19177	13.9	7.2	0.0	76.2	10.1	0.8	54.8
23763	8.3	4.0	0.3	50.3	4.9	0.1	38.9
29443	4.2	1.8	0.8	29.7	1.6	0.0	25.7
36483	1.5	0.4	1.5	14.5	0.0	0.4	15.2
45207	0.1	0.0	2.4	4.6	0.2	1.3	7.4
56016	0.0	0.5	3.6	0.0	2.3	2.8	2.3
69411	1.1	1.9	5.1	0.8	6.1	4.8	0.0
86000	3.2	4.2	6.8	6.9	11.7	7.4	0.4
106564	6.4	7.4	8.7	18.3	19.2	10.5	3.5
132045	10.6	11.6	10.8	35.1	28.4	14.1	9.3

### 8.2.3. Formulación del Modelo operativo (MO) para sardina común y anchoveta

De acuerdo con Punt et al. (2014), un modelo operativo (MO) corresponde a una representación matemática del sistema a ser manejado. Un MO debe representar los componentes biológicos, la pesquería que opera sobre la población modelada, la recolección de los datos para el sistema de manejo incluyendo los errores de medición, y el procedimiento de implementación de las medidas de manejo. En este sentido, constituye una ventaja considerar como herramienta de simulación/estimación al modelo de dinámica en edades en base anual de IFOP para fines de evaluación de stock y decisión de manejo, acorde a los planteamientos de Lee et al. (2011). Con la finalidad de poder controlar los errores de especificación del modelo y para propósitos de nuestro estudio, el diseño e implementación del Modelo Operativo (MO) es abordado desde dos enfoques diferentes:

- A partir de un modelo operativo desde el modelo de evaluación de IFOP
- A partir de un modelo operativo alternativo que corresponde al Modelo Trimestral (PUCV) propuesto por Canales et al (2019), el cual considera una dinámica poblacional en tallas en base trimestral donde se reconocen patrones estacionales (efectos fijos) en los desvíos del reclutamiento y hace explícito el crecimiento a la talla.

### 8.2.3.1. Condicionamiento del Modelo Operativo

Se presentan a continuación los resultados para los modelos IFOP y PUCV, ajustados a los datos disponibles.

#### Características relevantes del modelo de estimación de IFOP

El modelo de estimación se basa en una dinámica en edades y en escala anual. La mortalidad natural es considerada constante en el tiempo, en tanto que la mortalidad por pesca es variable entre años y edades en respuesta a la variabilidad de las capturas y al efecto de un patrón de selectividad edad-específico, pero supuesto invariante entre años. El reclutamiento se modela como un desvío aleatorio en escala logarítmica en torno a un reclutamiento promedio de largo plazo. Este error de proceso considera una desviación 0.6 suficientemente grande para absorber las variaciones naturales del reclutamiento.

En la anchoveta, Zúñiga (2017a) indica que su dinámica es en año calendario, vale decir que el cumpleaños ocurre a inicios de año calendario (inicios de enero) y el desove a mediados de julio (mitad de año). El crucero de verano, centrado en enero, representa a la población a inicios del año, mientras que el crucero de otoño ocurriría a mediados de abril. Los pesos medios son empleados para generar las estimaciones tanto del crucero de otoño y los desembarques, mientras que los pesos calculados a inicios del año (inicios de enero) representarían el peso de la biomasa total y el crucero de verano (RECLAS).

En el caso de la sardina, Zúñiga (2017b) destaca que el modelo de evaluación de stock se basa en el mismo análisis estadístico de la dinámica de estructuras de edad anual que incorpora información biológica y pesquera, pero que es agregada en año biológico. La información que ingresa al modelo es convertida a temporada de pesca considerando la estacionalidad de la pesquería.

### Anchoveta

El modelo se ocupa de reproducir de la mejor forma posible la señal de los cruceros RECLAS y PELACES condicionado a la veracidad de las capturas. Las composiciones de edades de las capturas, representadas por la edad promedio, parece ser bien representada por la tendencia del modelo, en tanto las composiciones de edades de los cruceros parecen estar sujetas a importantes fuentes de error de observación o proceso, dado que en general el modelo no reproduce bien la tendencia que sugieren los datos (Figura 29). En este modelo tanto la

selectividad de la flota como los cruceros son invariantes en el tiempo e indican que la representación de individuos de edad cero es nula. Los detalles de sus parámetros se entregan en **Tabla 14**.

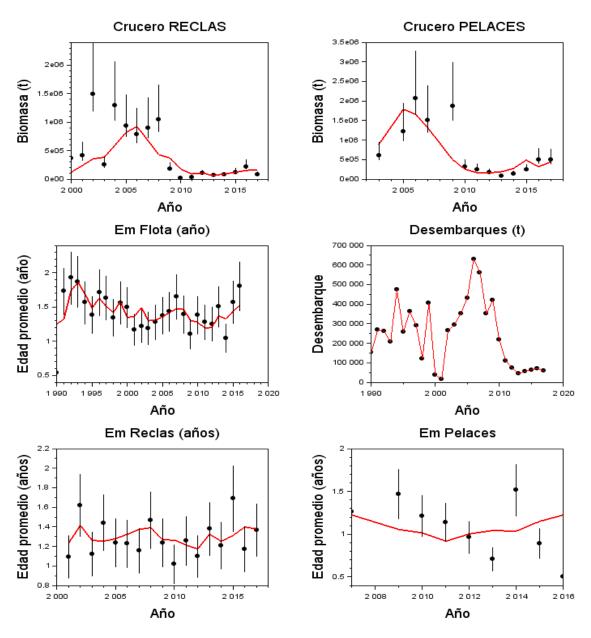
Mientras la mortalidad por pesca tuvo su mayor expresión entre los años 2009 y 2011, la dinámica de los reclutamientos estimados indica que el recurso atraviesa por un período de baja productividad desde el año 2008 (Figura 30). Como consecuencia de lo anterior, la biomasa total y desovante ha disminuido notablemente y se ha mantenido en valores mínimos desde el año 2010 a la fecha (Figura 31). En términos relativos a la biomasa desovante virginal de largo plazo, el tamaño de la población se ubicaría en torno al 15% de su condición virginal, en tanto que bajo el escenario de cambio de productividad/régimen debido a cuestiones ambientales, la biomasa desovante actual superaría el 60% de la población que hubiese existido sin explotación (Figura 31).

# Sardina Común

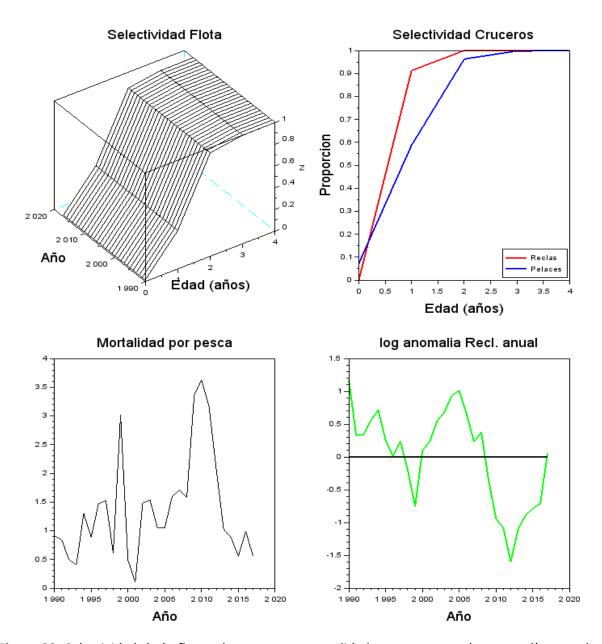
Para el caso de la sardina, el modelo de evaluación de IFOP (Zúñiga, 2017b) parece representar de mejor forma las tendencias y variaciones en la biomasa de los cruceros RECLAS y PELACES. Sin embargo, las composiciones de edades de las capturas (representadas por la edad promedio) presentan notables desvíos, sugiriendo patrones en los residuales caracterizados por una tendencia a la sobre-estimación en el período 1990-2000 y sub-estimación desde el 2001 a la actualidad (Figura 32). El ajuste del modelo a las composiciones de edades de los cruceros es regular, destacándose la sobre-estimación en la edad promedio desde el año 1999 en adelante. Esto significa, al igual que en la anchoveta, la existencia de importantes fuentes de error de observación o proceso en los datos de composiciones de edades de las capturas (Figura 32).

A diferencia de la anchoveta, en este modelo la selectividad de la flota indica que los individuos de edad 0 en las capturas es significativa y mayor al 80%, en tanto en los cruceros, los individuos se encontrarían completamente reclutados/disponible en la zona de evaluación. En este modelo, tanto la selectividad de la flota como los cruceros son invariantes en el tiempo e indican que la representación de individuos de edad cero es nula. El detalle de sus parámetros se

entrega **Tabla 15**. En este modelo de evaluación las estimaciones indican que la mortalidad por pesca ha disminuido en más de la mitad y de manera sostenida desde el año 2005, y al mismo tiempo, coinciden con el inicio de un período de alta productividad en la escala de los reclutamientos. Las anomalías positivas en el reclutamiento han predominado desde el año 2006 (**Figura 33**) y se ha generado un incremento de la biomasa poblacional con niveles máximo en torno a 3 millones de toneladas, registradas el año 2012 (**Figura 34**). La proporción de la biomasa desovante virgen de largo plazo habría superado el 60% durante la década más reciente, en tanto que la razón dinámica de biomasas muestra que el agotamiento poblacional de este recurso ha fluctuado ligeramente por debajo del 60%.



**Figura 29**. Biomasas de cruceros, desembarques y edad promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Anual (IFOP). **Anchoveta.** 



**Figura 30**. Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual y anomalías anuales del reclutamiento por Modelo Anual (IFOP). **Anchoveta.** 

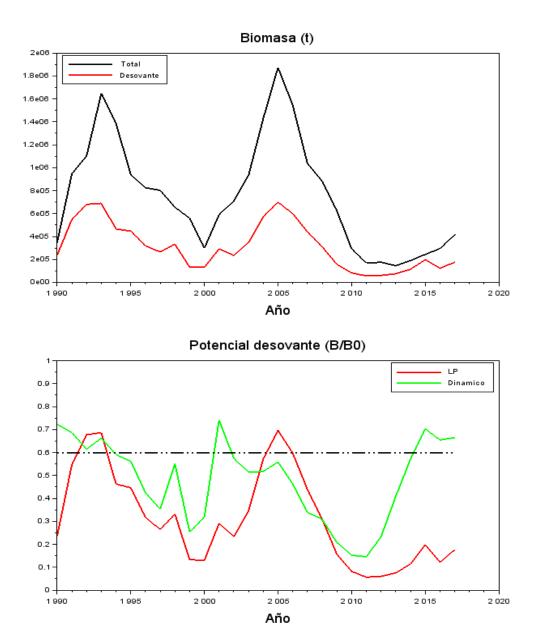
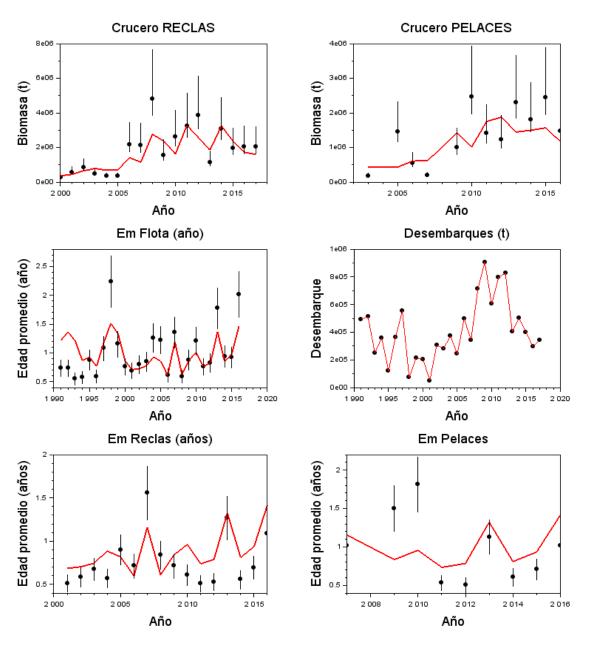


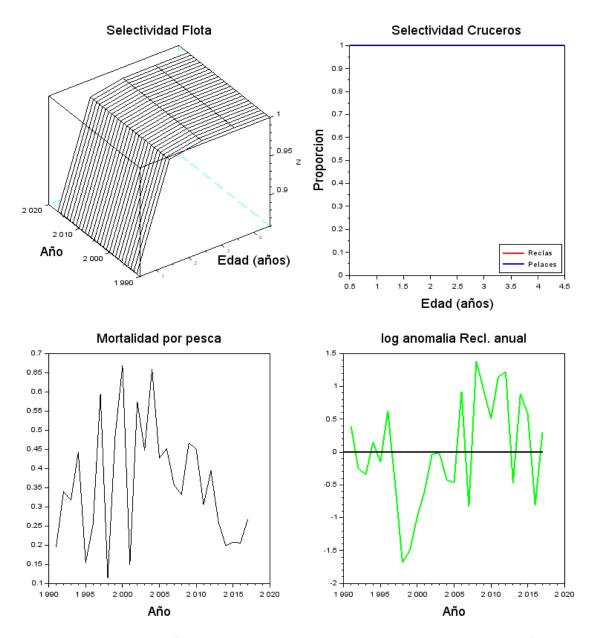
Figura 31. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Anual (IFOP). Anchoveta.

Tabla 14. Parámetros del Modelo Anual (IFOP) ajustado a los datos de la Anchoveta.

```
# Number of parameters = 76 Objective function value = 621.164449901501 Maximum gradient
component = 0.000106078387885647
# A50f:
1.10003889646
# log_rangof:
-0.197044566574
# A50c:
0.870326869728
# log_rangoc:
-2.30731368469
# A50pela:
0.0450151148822
# log_rangopela:
-2.63601330612
# log_Ro:
10.7185324703
# log_desv_No:
  0.351586669438 - 1.03817085097 - 1.25884712828 - 2.31189674550
# log_desv_Rt:
  0.996788881572
                                                   0.252189470247
                                                                                                     0.265608529599
                                                                                                                                                        0.468671703767
                                                                                                                                                                                                         0.609172307626
0.247219591454
                                                0.0606498297873
                                                                                                   0.273455782821
                                                                                                                                                    0.139785117292
                                                                                                                                                                                                   -0.0576483853445
0.621854897212
                                             0.343497910943
                                                                                                    0.644388560467
                                                                                                                                                      0.768690190357
                                                                                                                                                                                                         0.867036477889
0.934669848101
                                              0.804847633992 \qquad 0.297207335292 \qquad 0.0135287791869 \qquad -0.574629219972
0.915513415314 -1.07373703864
                                                                                           -1.64940228072
                                                                                                                                          -1.30050652991
                                                                                                                                                                                            -1.32709125772
1.06788926010 \ -0.759274363737 \ -0.136627756355 \ 0.146436137537 \ 0.106620522666
# log_Ft:
  -0.290865726419 \\ \phantom{-}0.279081986827 \\ \phantom{-}0.703240763081 \\ \phantom{-}0.905968226068 \\ \phantom{-}0.235824880288 \\ \phantom{-}0.23582488028 \\ \phantom{-}0.235824
-0.734096770024
                                                                                                                                                                                            0.494258860269
1.75505496501
                                           -3.17075794796
                                                                                          -0.469678708488
                                                                                                                                           -0.329687535529
                                                                                                                                                                                            -0.556605030761
                                          0.195396855369
0.357082702785
                                                                                                0.195226708557
                                                                                                                                               -0.00811465562268
                                                                                                                                                                                                          0.810380986272
1.23197875978
                                            1.10595443050 0.604071041090
                                                                                                                                   -0.0743821553580 -0.102532545032
0.337457985542 \ -0.560216400896 \ -0.855534180468 \ -1.55155622121 \ -1.70942003744
# log_qrecl:
-0.441015747782
# log_qpela:
0.617302743102
# log_qmph:
-0.590210744951
# log_Lo:
2.00000000000
# log_cv_edad:
-2.52000000000
# log_M:
0.0000000000
# log_Fref:
  0.388836582255 0.717704880598
```



**Figura 32.** Biomasas de cruceros, desembarques y edad promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Anual (IFOP). **Sardina Común**.



**Figura 33.** Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual y anomalías anuales del reclutamiento por Modelo Anual (IFOP). **Sardina Común**.

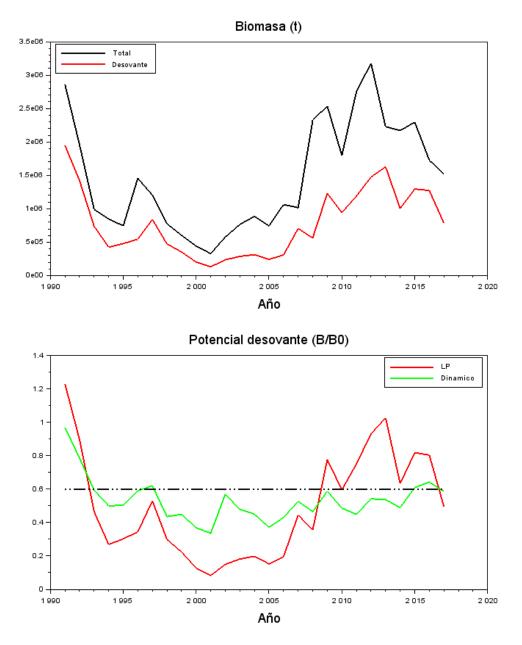


Figura 34. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Anual (IFOP). Sardina Común.

Tabla 15. Parámetros del Modelo Anual (IFOP) ajustado a los datos de la Sardina Común.

```
# Number of parameters = 70 Objective function value = 1082.82033854363 Maximum gradient
component = 0.000401962122913680
# A50f:
-0.118365546793
# log_rangof:
-3.42576351731e-007
# A50c:
0.00614831175375
# log_rangoc:
-2.70695866036
# A50pela:
-0.149688355060
# log_rangopela:
-2.37599488155
# log_Sflo:
 # log_Scru:
 -5.50000000000 -5.50000000000 -5.50000000000 -5.50000000000 -5.50000000000
# log_Scru_pela:
 -5.500000000000 -5.50000000000 -5.500000000000 -5.500000000000 -5.500000000000
# log_Ro:
11.6754257242
# log_desv_No:
 -0.374510224608 1.29052116036 -0.351725799446 -9.99466958817
# log_desv_Rt:
 0.393914403738
                 -0.250739270475
                                   -0.344813929490
                                                     0.150584271948
                                                                      -0.155317000127
0.626070208655
                -0.492687641229
                                 -1.68309898227 -1.49913623248
                                                                  -0.983786863820
0.593419639581
                -0.0337767318462
                                 -0.0138161837341
                                                     -0.427646921448 -0.466582182281
0.920559037940 \ -0.832747790795 \ 1.38332208368 \ 0.947613063004 \ 0.507780938932 \ 1.14807797475
1.21862938620
                -0.473709239629
                                  0.883423166992 0.573433053556
                                                                      -0.809342410176
0.307213429986
# log_Ft:
-1.63226565767 \quad -1.08105867198 \quad -1.14805003449 \quad -0.816118071911 \quad -1.87854193644
1.37026650231 -0.520446347522 -2.17260954927
                                                 -0.724650667933 -0.402123944158
1.90416847193 \quad -0.555059798891 \quad -0.804459032233 \quad -0.416327074731 \quad -0.849786438719
0.796449556579 -1.03208795533
                               -1.10286976922
                                                 -0.762114515567
                                                                   -0.797915915514
1.18564166844
              -0.931940414453 -1.34048710979
                                                 -1.61882282084
                                                                   -1.57610405695
1.58372951376 -1.32171580902
# log_grecl:
0.206749494089
# log_qpela:
0.610329405335
# log_qmph:
-1.59814137657
# log_Lo:
2.00000000000
# log_cv_edad:
-2.52000000000
# log_M:
0.0000000000
# log_Fref:
 0.266643350805 0.646342258282
```

# **Modelo Trimestral (PUCV)**

El ajuste del Modelo Trimestral (PUCV) a los datos de anchoveta y sardina permitió obtener valiosa información relativa al patrón de reclutamientos, hasta ahora poco estudiados. El modelo logró reproducir de manera adecuada las tendencias de los indicadores de abundancia determinados por las biomasas de los cruceros acústicos de verano (RECLAS) y de otoño (PELACES). En este modelo, se supuso que los cruceros RECLAS y PELACES ocurren de manera instantánea a inicios del primer y segundo trimestre, respectivamente. El reclutamiento es el resultado de una relación stock-recluta tipo Beverton y Holt, con moderado nivel de independencia del stock desovante (h=0.9) y con error de proceso log-normal fraccionado en dos componentes: uno sistemático o de efecto fijo relativo al trimestre, y otro aleatorio relativo al efecto año. Este último fue supuesto normalmente distribuido con media cero y desviación 0.6. Los detalles de este modelo pueden ser consultados en Canales et al. (2019).

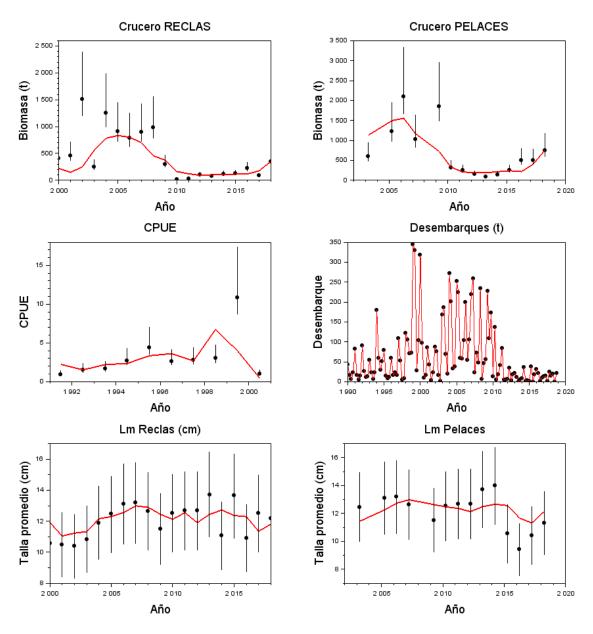
### Anchoveta

Al igual que con el modelo IFOP, el modelo PUCV ajusta bien para los últimos 9 años los valores de biomasa de los cruceros RECLAS y PELACES. La CPUE estimada ajusta al comportamiento de los datos, salvo para 1999 donde se registran altas capturas con una alta variabilidad. Dado que este modelo emplea la variable trimestral de manera explícita, se refleja de mejor manera la variabilidad intra-anual en los desembarques. Las tallas promedio obtenidas a partir de los cruceros presentan un alto margen de error, sin embargo, el modelo PUCV es capaz de estimar la tendencia del crucero RECLAS, pero no así las tendencias de PELACES aun cuando se mantiene dentro del margen de error (Figura 35). El modelo tiene un buen ajuste tanto a las tallas promedio como a las frecuencias de tallas observadas para la flota y para los cruceros RECLAS y PELACES (Figura 36). El detalle de los parámetros del modelo se entrega en Tabla 16.

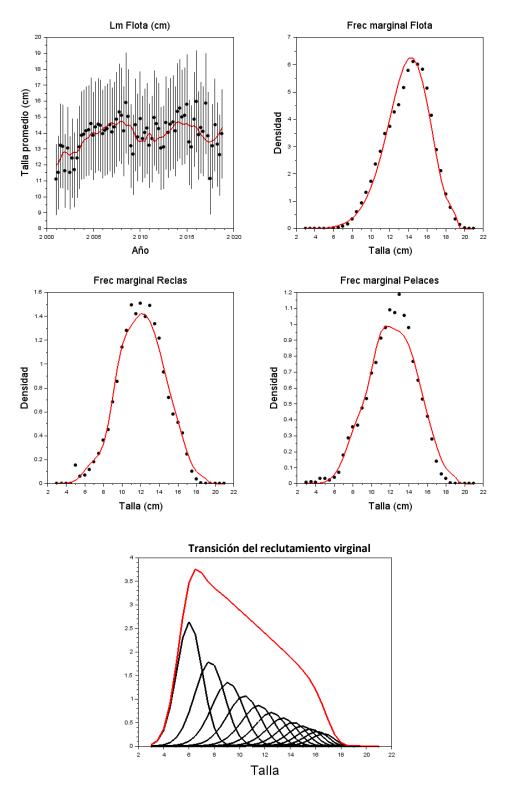
Tal como en el modelo IFOP, este modelo representa una selectividad invariante en el tiempo para flota y cruceros, donde se obtuvo una talla al 50% de selectividad de 18.9 cm para la

flota, 10 cm para RECLAS, y 11 cm para PELACES (**Figura 37**). En cuanto a la mortalidad por pesca, se observa el máximo valor el año 2000 (F = 6.81) y una tendencia a la disminución desde el año 2010 en adelante, lo que se explica también en las bajas capturas presentes en los últimos años. Por otra parte, la dinámica de los reclutamientos señala que entre el 2010 y el 2015 el recurso presentó anomalías negativas, mientras que para los últimos años se observa un aumento en los reclutamientos (**Figura 37**). Estos reclutamientos también dan cuenta de un patrón estacional intra anual, donde la productividad es mayor en el primer y tercer trimestre de cada año y la talla promedio de los reclutamientos oscila en torno a 6 cm (**Figura 37**).

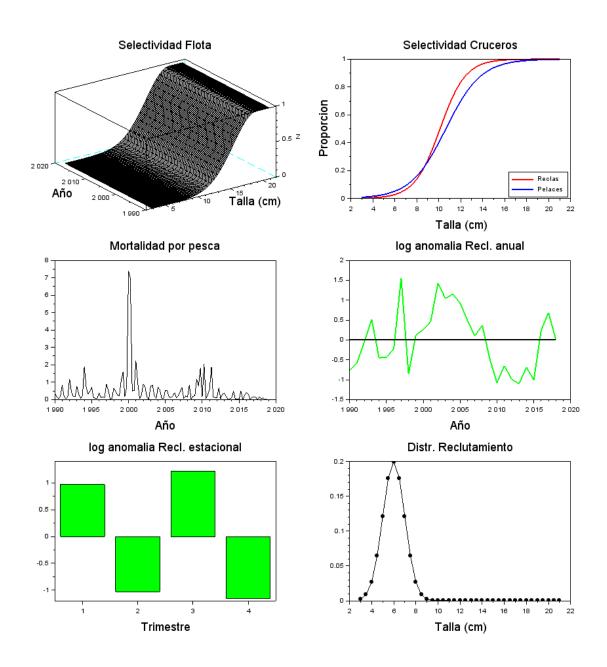
Las anomalías negativas en el reclutamiento explican la disminución en la biomasa entre el 2010 y 2016 así como también el aumento considerable para los últimos años (Figura 38). Dados los resultados para los años más recientes, el tamaño actual de la población de anchoveta se ubica muy por sobre la media de la biomasa a largo plazo, mientras que bajo el escenario de cambio de productividad/régimen, la biomasa desovante actual ha ido en aumento constante desde el 2011 hasta la fecha, acercándose al valor virginal (Figura 38).



**Figura 35**. Biomasas de cruceros, CPUE, desembarques y tallas promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV). **Anchoveta** 



**Figura 36.** Tallas promedio y frecuencias de tallas observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV) y representación de las componentes modales trimestrales en una población virginal. **Anchoveta** 



**Figura 37.** Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual, anomalías anuales y estacionales del reclutamiento, y distribución a la talla del reclutamiento estimado por Modelo Trimestral (PUCV). **Anchoveta** 

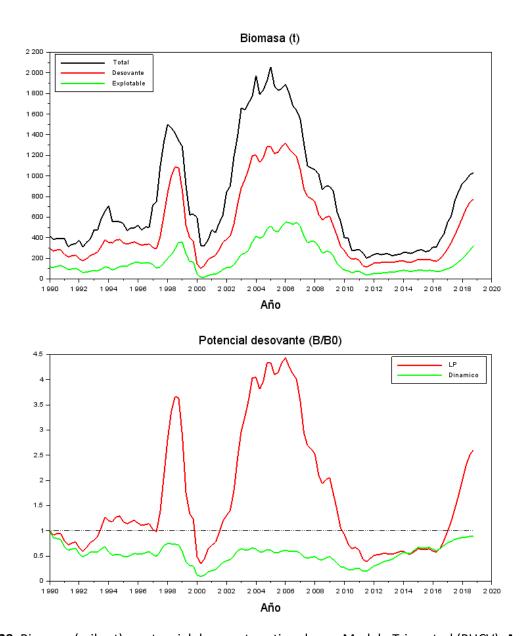


Figura 38. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Trimestral (PUCV). Anchoveta

Tabla 16. Parámetros del Modelo Trimestral (PUCV) ajustado a los datos de la Anchoveta.

```
# Number of parameters = 159 Objective function value = 12252.4925227893 Maximum gradient
component = 0.000413474956555127
# log_L50:
 2.93615561631679
# log_sigma1:
1.25699187106210
# log_sigma2:
6.90775527898214
# log_L50pel:
2.35781630109
# log spel:
1.52820875833
# log_L50recl:
2.31300414702
# log_srecl:
1.21972762012
# log_Rmed:
2.33351683333
# log desv Rt:
 -0.762113128804 \quad -0.586236184849 \quad -0.0543229335060 \quad 0.517451511297 \quad -0.445385245905
0.442006597309
                  -0.218435766382
                                     1.55181006818
                                                      -0.857337613308
                                                                          0.144985496043
0.274501112735 \ \ 0.485774522230 \ \ 1.45531478298 \ \ 1.03616626179 \ \ 1.15169021331 \ \ 0.918865167478 
0.485750025129
                0.0800552910988
                                   0.381303855313 -0.445129254826 -1.04398574941
                 -0.954300394951
0.598328252897
                                     -1.12136784321
                                                      -0.751606938544
                                                                         -1.08579139000
0.211631465820 0.668512595505 0.00253492498635
# log desv Rs:
0.968487581252 -1.01364759496 1.20805029029 -1.16289027658
# log F:
 -0.963840976328
                   -1.94605348464
                                  -3.01142500887
                                                    -1.69236322687
                                                                     -0.239710621662
1.74972480269
               -2.91701374451
                                 -1.89598212072
                                                   0.140557388866
                                                                    -0.857796931853
1.69909365147
                -1.78755899831
                                 -0.300004244930
                                                   -1.20956396744
                                                                     -2.56277128857
1.59632700632
                0.615008319540
                                 -0.332628331650
                                                   -1.20349486933
                                                                     -0.810426144470
0.388314622743 -2.17407731292
                                -2.86774791765
                                                   -2.56960697049
                                                                     -0.960928769603
2.19372655161
                -1.85190913193
                                 -2.20738727939
                                                  -0.149112054082
                                                                     -0.644639410920
3.22191106533
               -2.89830957008
                                 -0.439462760805
                                                    -0.764568784330
                                                                     -1.36993941233
1.56630770512
                0.0565651166016
                                    0.444130703017
                                                      -1.73318293036
                                                                         -0.356494799151
1.99999999224
                1.91906999337
                                -0.724839954381
                                                   -0.721335495530
                                                                     0.755227390486
0.0639596522104 -3.02986039384 -1.40908549307
                                                   -0.184262423548
                                                                     -0.393470425194
2.14661468943 -4.51191360845
                                 -0.314745287432
                                                   -0.272531235197
                                                                     -1.42253681941
2.95838409879
                -0.401785417186
                                  -0.662291228816
                                                    -2.57646488669
                                                                      -2.55874083671
0.686862893501
                 -0.706238857456
                                  -2.04563963783
                                                    -2.18196334694
                                                                      -1.65522640046
                -2.26140480456
                                                   -0.794865128116
                                                                     -0.396657460856
0.969686725973
                                  -1.62301123542
2.69928745544
                -1.58660347488
                                  -1.98043098475
                                                   -0.200819345008
                                                                     -3.68456411703
1.73521691960
                -1.50877527485
                                  0.151438300350
                                                   -0.244580802316
                                                                     0.571664543032
1.93195305919
                0.678751100824
                                  -2.65928321808
                                                      -1.40045466686
                                                                        -0.520413748793
0.566328972822
                -2.00210932570
                                  -2.18382745356
                                                   -2.17151165924
                                                                    -0.475326638345
2.91925230163 -1.26430005505 -1.12906909683 -1.80282149761 -6.61069802800 -3.00100909065
-2.37367184763
                 -0.793512522409
                                  -4.22378650793
                                                    -3.26182628857
                                                                      -3.71861389582
                 -6.65166374748
                                  -1.49207434690
                                                    -0.863979495097
0.753904185320
                                                                      -1.15565310125
3.50995536203 - 2.06278905767 - 1.92211476637 - 1.99618606534 - 4.09991885484 - 1.85225688445
-2.56314030811 -2.38519196328 -7.86249323553 -2.65766191028
# log_qflo:
 -3.78560314458
# log_q_pel:
0.150234729974
# log_q_recl:
-0.583516687625
# log_Lr:
1.79175946923
# log_beta:
-0.693147180560
```

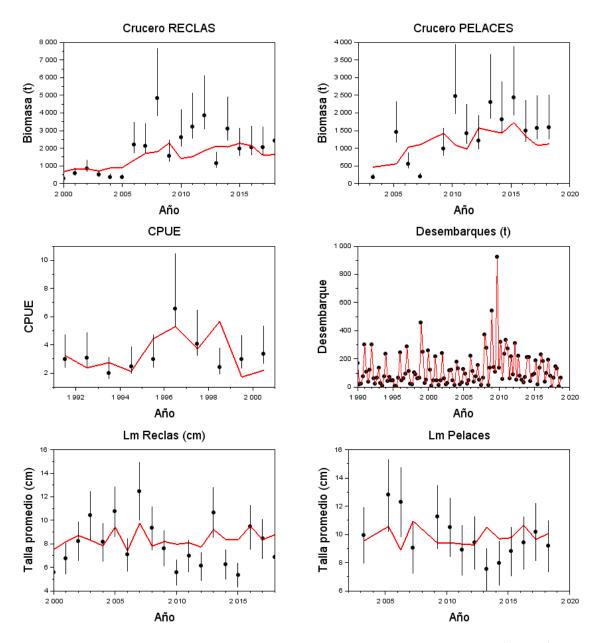
### Sardina Común

En este caso, con el modelo PUCV si bien es capaz de seguir la tendencia de los datos, no se logra un buen ajuste de éstos para los cruceros RECLAS y PELACES. Los mayores desembarques se registraron para el año 2009-2010. El ajuste de la talla promedio a los datos de ambos cruceros no es capaz de seguir la tendencia anual, manteniendo un patrón relativamente estable y con poca variación a lo largo de los años con una media en torno a los 8 cm para el PELACES y 10 cm para el RECLAS (**Figura 39**). Sin embargo, el modelo es capaz de ajustar bien la variabilidad en las tallas promedios entregadas por la flota, promediando una talla en torno a los 11 cm (**Figura 40**). La frecuencia marginal de tallas de ambos cruceros permite observar de manera clara la presencia de dos grandes modas, registrando una pequeña acumulación de individuos grandes (en torno a los 14 cm).

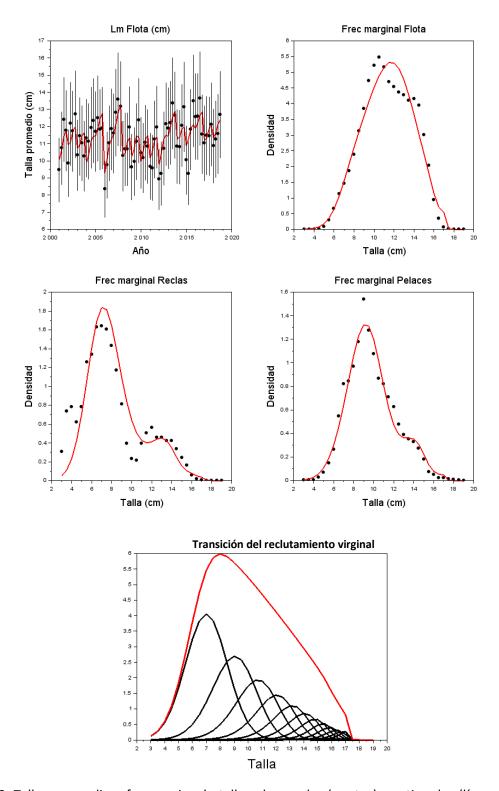
La selectividad invariante en el tiempo, determinada por el modelo, indica que la talla al 50% de la selectividad de la flota se encuentra en torno a los 16 cm, mientras que para ambos cruceros (RECLAS y PELACES) el modelo no es capaz de representar la ojiva de selectividad a la talla (Figura 41). A diferencia de la anchoveta, la mortalidad por pesca para sardina tiene un rango de variación mucho más acotado y que oscila entre 0.001 y 2.08, obteniendo el mayor valor para el año 2010 y una disminución en el promedio desde el año 2012 hasta el año más reciente (Figura 41). El registro de anomalías anuales del reclutamiento señala que la sardina pasa por fases de bajo y alto reclutamiento bastante notorias y para los últimos 5 años, si bien el reclutamiento presenta anomalías positivas, éste señala una tendencia a la baja para los años más recientes. La sardina presenta una marcada estacionalidad en el reclutamiento solo para un trimestre del año, donde el reclutamiento es menor en el segundo trimestre del año y comienza a ser cada vez mayor hasta acentuarse en la época de verano, donde la distribución promedio del reclutamiento oscila en torno a los 7 centímetros. (Figura 41). Todos estos parámetros se encuentran especificados en la Tabla 17.

El comportamiento dual de las anomalías en el reclutamiento de la sardina explica los bajos niveles de biomasa entre 1990 y 2006 y el constante aumento desde el 2006 hasta el 2017. Con respecto a la biomasa desovante, el modelo señala que actualmente la biomasa desovante

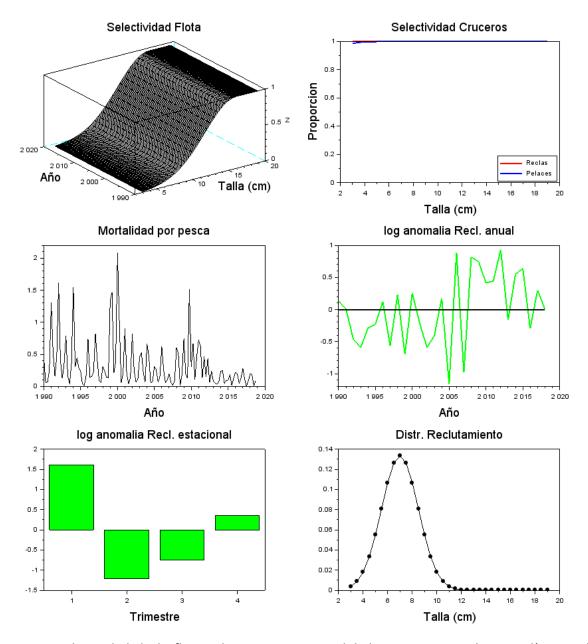
virginal de largo plazo se encuentra en torno a un 160% de su condición virginal. Sin embargo, esto está influenciado por las variaciones decadales de la biomasa del recurso, donde la condición virginal se encuentra en un momento de baja presencia de sardina. La razón dinámica de biomasas señala que el recurso se encuentra cercano al 70% de la condición virginal (**Figura 42**).



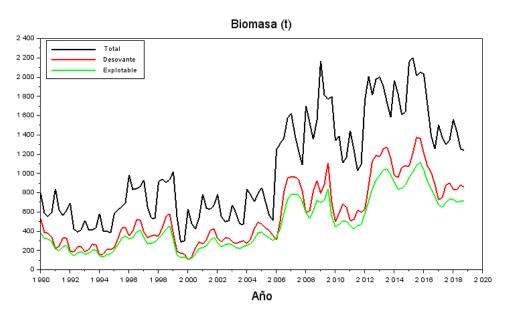
**Figura 39**. Biomasas de cruceros, CPUE, desembarques y tallas promedio observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV). **Sardina Común** 



**Figura 40.** Tallas promedio y frecuencias de tallas observadas (puntos) y estimadas (línea roja) Modelo Trimestral (PUCV) y representación de las componentes modales trimestrales en una población virginal. **Sardina Común** 



**Figura 41.** Selectividad de la flota y los cruceros, mortalidad por pesca anual, anomalías anuales y estacionales del reclutamiento, y distribución a la talla del reclutamiento estimado por Modelo Trimestral (PUCV). **Sardina Común**.



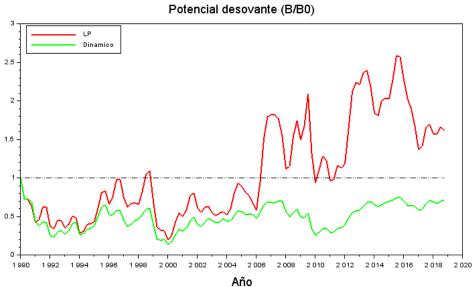


Figura 42. Biomasa (miles t) y potencial desovante estimado por Modelo Trimestral (PUCV). Sardina Común

### Tabla 17. Parámetros del Modelo Trimestral (PUCV) adjuntado a los datos de la Sardina Común

```
# Number of parameters = 157 Objective function value = 12556.2563477546 Maximum gradient
component = 3.23822303250639e-005
# log_L50:
2.77253113450709
# log_sigma1:
1.46390847983350
# log_sigma2:
6.90775527898214
# log_L50pel:
-2.30258509299
# log spel:
0.693147180560
# log_L50recl:
-2.35592623931
# log_srecl:
-1.65684607676
# log_Rmed:
3.10643873395
# log desv Rt:
0.132030137166 \quad 0.00582997483657 \quad -0.462776183141 \quad -0.593275427182 \quad -0.288342548498
0.231009545388
                0.124505486038
                                   -0.565072345978
                                                      0.235915351325
                                                                        -0.696592811043
0.254945823715
                -0.211470913637
                                  -0.592821011473 -0.406009852719 0.172996291253
                                                       0.817657895802
1.16790570850
                 0.888563318563
                                   -0.981453566178
                                                                        0.743655872197
0.413901719263
                 0.443081381392
                                    0.932152564230
                                                      -0.164597284248
                                                                         0.548626138008
0.640941596787 - 0.299160982922 \ 0.300474479219 \ 0.00521015111023
# log desv Rs:
1.60955254731 -1.21515173301 -0.755662820769 0.361262006475
 -0.823694035673
                  -2.85486151467 -2.68137794408
                                                    -1.38666130125
                                                                    0.267017709371
0.628522983178 -1.85068709887 -0.766690906277
                                                   0.477876892725
                                                                    -0.891464105801
2.08062595776
               -1.04497161658
                                 -0.238486296240
                                                  -1.80370544411
                                                                     -3.23595165359
              0.436466763927
1.03271888049
                                 -1.19289207984
                                                  -0.815503698392
                                                                     -1.24097575977
1.47580353066
              -3.38117001554
                                 -4.18831648419
                                                  -1.69787508305
                                                                    -0.306837277447
1.94392041002
               -1.88369923771
                                 -1.47491136390
                                                  -0.193010331390
                                                                    -0.898568021361
2.39992646436 -2.78431472742 -1.16552749269 -1.41357086266 -1.93473939344 -1.99409577276
0.284050710339 0.384767180397 -1.55606055144
                                                  -0.964213098988 0.731468992111
0.00745037086421 \quad -2.79316020358 \quad -1.61812315284 \quad -0.110038747275 \quad -1.67423134463
3.15980712095 -1.98280109781 -0.206586485189
                                                   -1.38327565967
                                                                     -2.66449449096
2.26981971449
               -0.787667227254
                                 -0.640494339544
                                                    -1.53566514106
                                                                     -2.77064082593
0.415692915509
               -0.752994275607 -2.94055528231
                                                    -2.55934266384
                                                                     -1.16399473687
1.35299482454
                -2.72367927103
                                 -1.85876110610
                                                   -0.466079704381
                                                                     -1.34550663627
2.79633589562 -2.31280220582 -1.63353475349 -2.76358123582 -4.02184608443 -2.41186851639
-0.496126157489 \quad -0.659447484722 \quad -4.02784487937 \quad -1.67202435435 \quad -0.296098288397
1.66094526910
              -2.05279138468
                                 0.410972541157
                                                   -1.19523891230
                                                                    -0.401042123654
2.17291825809
                                 -0.325004349520
                                                                    -2.02865927505
               -0.769381324832
                                                   -0.457812514186
0.771479975081
                -1.90360134997
                                  -0.839024448191
                                                    -2.78417987054
                                                                     -1.44920469776
2.52117021084 -2.99689361105 -3.46130724471 -2.62187158066 -1.46004442513 -1.40011838624
-3.00988616851
                 -2.37813821130
                                  -2.31574383180
                                                   -1.70547745076
                                                                     -4.16026588001
2.10359772744 - 1.50523477535 - 1.60708039964 - 3.07273381526 - 2.05086549892 - 1.27283698132
-2.12225373313
               -6.55528833437
                                 -2.45889385513 -1.62047984768
                                                                     -1.68634333118
5.87992961794 -2.37004031108
# log_qflo: -4.30249663920
# log_q_pel: -0.242379309566
# log_q_recl: 0.0549641652663
# log_Lr: 1.94591014906
# log_sr: 0.405465108108
# log_beta: -0.693147180560
```

# 8.2.3.2. Codificación/implementación del Modelo Operativo

Se presentan los resultados de la codificación en Scilab para ambos modelos operativos (IFOP y PUCV):

# Modelo Operativo basado en edades y escala anual (IFOP)

Las ecuaciones del modelo operativo en escala anual y sus parámetros se detallan en **Tabla 18 y Tabla 19**. El modelo consideró simulación paramétrica Montecarlo en la mayoría de los parámetros. Estos parámetros fueron supuestos distribuidos normal en su escala logarítmica y se emplearon las estimaciones del error estándar generadas en el proceso de ajuste y condicionamiento inicial (**Tabla 20**). Otra fuente de error correspondió al peso medio a la edad y año, cuya variabilidad fue aprovechada para generar incertidumbre en las observaciones. El peso medio para cada año fue tomado como una muestra aleatoria desde la matriz de pesos medios existente.

Los resultados de una corrida de simulación de la pesquería de anchoveta para 25 años se resumen en las **Figura 43 y Figura 44**. Esta pesquería fue simulada considerando variaciones aleatorias del reclutamiento y de la mortalidad por pesca en base al valor promedio histórico. La escala de los desembarques fluctuó en torno a 150 mil toneladas con variabilidad acotada entre 50 mil y 400 mil toneladas anuales. El modelo reproduce la variabilidad de los cruceros acústicos, cuyos valores se alejan de la línea que representa el valor esperado debido al error de observación y de proceso incluido en la capturabilidad. Este nivel de variabilidad determinaría la falta de afinidad que existe en el valor de las biomasas entre ambos cruceros. En esta simulación, las fluctuaciones de la biomasa parecen estar más dominadas por las variaciones en los reclutamientos que la mortalidad por pesca (**Figura 43**). El modelo también genera composiciones de edades de las capturas y los cruceros (**Figura 44**) cuyas diferencias son debido a la selectividad y a la influencia de los reclutamientos. La selectividad en la anchoveta indica que los individuos de edad 0 es muy baja, determinando por ende que la proporción de edades de las capturas están dominadas principalmente por los grupos de 1 y 2 años de edad. De manera extraordinaria las

composiciones de edades de las capturas pueden llegar a estar representadas por una moda en los dos años, cuando se produce un gran reclutamiento previo con 3 años de desfase y moderados niveles de mortalidad por pesca.

En el caso de la sardina, el efecto de los reclutamientos es más notable sobre los indicadores poblacionales que en la anchoveta. El modelo operativo simula la variabilidad y tendencia en las capturas (Figura 45) muy relacionadas con las fluctuaciones de los reclutamientos. En este ejemplo de simulación, los desembarques de sardina fluctuaron en torno a las 200 mil toneladas con máximo de 500 mil toneladas. Del mismo modo, la simulación de los cruceros acústicos muestra que entre estos (RECLAS Y PELACES) hay menor diferencia en sus escalas (Figura 45) comparativamente al caso de la anchoveta, pero con baja relación entre estos. El análisis también muestra que la proporción de individuos de edad 0 (reclutas) en la selectividad de la flota es mayor al 50%, lo cual determina que las composiciones de edades de las capturas están concentradas fuertemente en solo dos grupos de edad, siendo el grupo de edad 0 años el más importante (Figura 46).

Este modelo operativo será considerado como caso base en este proyecto (**Tabla 21**). Los datos generados permiten evaluar la capacidad de estimación del modelo de evaluación de stock. Una vez discutida y acordada las reglas de decisión de capturas, el mismo modelo será empleado para proyectar la población y su pesquería así como las decisiones en el futuro. En este último proceso se deberán identificar e incluir potenciales fuentes de incertidumbre, como por ejemplo las debidas a la implementación.

**Tabla 18.** Ecuaciones de procesos y observaciones del modelo operativo escala anual.

Proceso/observación	Ecuación
<u>Sobrevivencia</u>	$N_{a,y} = N_{a-1,y-1}S_{a-1,y-1}$
a: edad, q: trimestre	
	$S_{a,y} = e^{-Z_{a,y}}$
Mortalidad total	
F <sub>y</sub> : efecto anual de la mortalidad por	$Z_{a,y} = F_y \psi_a + M$
pesca, M: mortalidad natural	,

Selectividad	
	$\psi_a = \left(1 + exp\left[-ln(19)\frac{(a - a_{50\%})}{\Delta}\right]\right)^{-1}$
<u>Reclutamiento</u>	D D ( 0.5.2)
$\varepsilon_{y} \sim N(0, \sigma_{\scriptscriptstyle R}^{2});$	$R_y = R_0 \exp\left(\varepsilon_y - 0.5\sigma^2\right)$
Capturas a la edad	
	$C_{a,y} = \frac{N_{a,y}}{Z_{a,y}} F_{a,y} (1 - e^{(-Z_{a,y})})$
Desembarques en peso	
$w_{a,t}$ es el peso a la edad entre años	$Y_a = \sum_a C_{a,y} w_{a,y}$
Biomasa total y desovante	
${\cal O}_a$ corresponde a la ojiva de madurez	$B_{y} = \sum_{a} N_{a,y} w_{a}$
sexual a la edad y Δ <sup>y</sup> es la fracción del año en la cual ocurre del desove.	$BD_y = \sum_a N_{a,y} w_a e^{(-\Delta^y Z_{a,y})} O_a$
Biomasa cruceros	
$\Delta^c$ es la fracción del año en la cual se	
realiza el crucero.	$N_{y,a}^c = N_{y,a} \psi_a{}^c e^{-\Delta Z_{y,a}}$
$q^c$ es la capturabilidad del crucero	$B_{y}^{c} = q^{c} \sum_{l} N_{y,a}^{c} w_{y,a}$
Proporción de la abundancia a la edad	$B_y^c = q^c \sum_l N_{y,a}^c w_{y,a}$ $p_{y,a}^c = \frac{N_{y,a}^c}{\sum_a N_{y,a}^c}$
<u>cruceros</u>	$\sum_a N_{y,a}^c$
Proporción de la captura	$p_{y,a}^f = \frac{C_{y,a}^f}{\sum_l C_{y,a}^f}$

**Tabla 19.** Supuestos del error de procesos en el modelo operativo anual de anchoveta y sardina.

Variable	Parámetro	Anchoveta	Sardina	
Reclutamiento	log_R0	~N(10.72,0.05)	~N(11.45,0.07)	
	Sigma_R	0.6	0.6	
Mort por pesca	F	~N(1,0.79)	~N(0.36,0.15)	
Steepness	h -		-	
Mort natural	log_M	~N(log(0.7),0.1)	~N(0,0.1)	
Selectiv. flota	A50	~N(1.1,0.08)	~N(-0.12,2.46)	
	log_rango	~N(-0.2,0.74)	~N(0,0)	
Selectiv. RECLAS	A50	~N(0.87,89)	~N(0.01,839)	
	log_rango	~N(-2.3,68.9)	~N(-2.71,>1000)	
Selectiv. PELACES	A50	~N(0.05,70.16)	~N(-0.15,>1000)	
	log_rango	~N(-2.63,0.11)	~N(-2.4,>1000)	
Capturabilidad	log_q_reclas	~N(-0.44,0.11)	~N(0.2,0.2)	
	log_q_pelaces	~N(0.62,0.25)	~N(0.61,0.36)	
Abundancia a la edad	0	60184	70370	
	1	30975	13934	
	2	10580	14165	
	3	2100	5716	
	4	598	713	

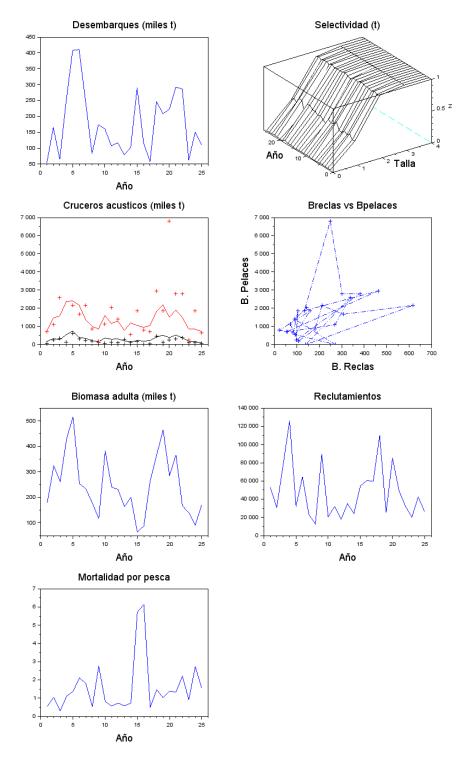
**Tabla 20**. Supuestos de las distribuciones de probabilidad empleadas para generar error de observación en el <u>modelo operativo anual</u> de anchoveta / sardina.

Observación	Distribución	Parámetro dispersión
Composición de tallas de las capturas	multinomial	30 / 40
Composición de tallas de los cruceros RECLAS	multinomial	30 / 20
Composición de tallas de los cruceros PELACES	multinomial	30 / 20
Biomasa cruceros RECLAS	lognormal	0.3 / 0.2
Biomasa cruceros PELACES	lognormal	0.3 / 0.2
Desembarques	lognormal	0.05/0.05

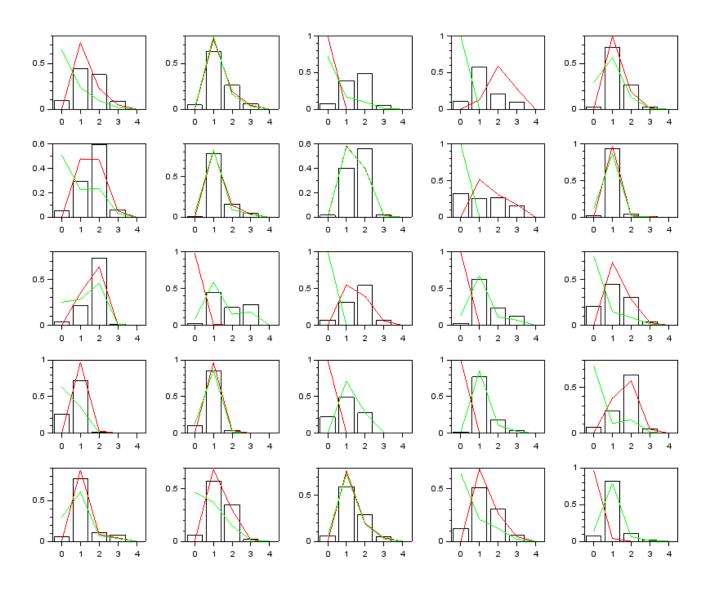
Tabla 21. Código SCILAB del modelo operativo de simulación de la dinámica anual de anchoveta y sardina.

```
clear
//_____ Parametros de condicionamiento del modelo------
specie=1; // 1: anchoveta, 2: sardina
exec('D:\Mi unidad\FIPA 2018-49 SARDINA Y ANCHOVETA\modelos\MO_ifop\settings.sce', -1)
// Función selectividad-----
function Sel=select(A50, rango, x)
    sel=1./(1+exp(-log(19)*(x-A50)/rango))
endfunction
//----
N=Nlast;
Fref=mean(log(Fyear));
sFref=stdev(log(Fyear));
years=10;
L50_f(1) = L50f;
rango_f(1)=rangof;
Sel(1,:)=Sflast;
F(1,:)=Fyear(length(Fyear))*Sflast;
M(1) = Mo;
Z(1,:)=F(1,:)+M(1);
S(1,:)=\exp(-Z(1,:));
for i=2:years // años
     r(i)=grand("nor",0,0.6);
     N(i,1) = \exp(\log_R 0 + r(i));
     N(i,2:length(edades))=N(i-1,1:length(edades)-1).*S(i-1,1:length(edades)-1);
     N(i,length(edades))=N(i,length(edades))+N(i-1,length(edades))*S(i-
1,length(edades));
     L50_f(i)=grand("nor",L50f,sL50f);
     rango_f(i)=grand("nor", rangof, srangof);
      Sel(i,:)=select(L50_f(i),rango_f(i),edad);
      F(i,:)=exp(grand("nor",Fref,sFref))*Sel(i,:);
     M(i) = \exp(grand("nor", log(Mo), 0.1));
      Z(i,:)=F(i,:)+M(i);
     S(i,:)=\exp(-Z(i,:));
end
 if specie==1 then
 Peso_recl=Peso_ini;
 Peso_pel=Peso_med;
else
 Peso_recl=Peso_med;
 Peso_pel=Peso_ini;
 Peso_med=Peso_ini;
end
// Captura anual
```

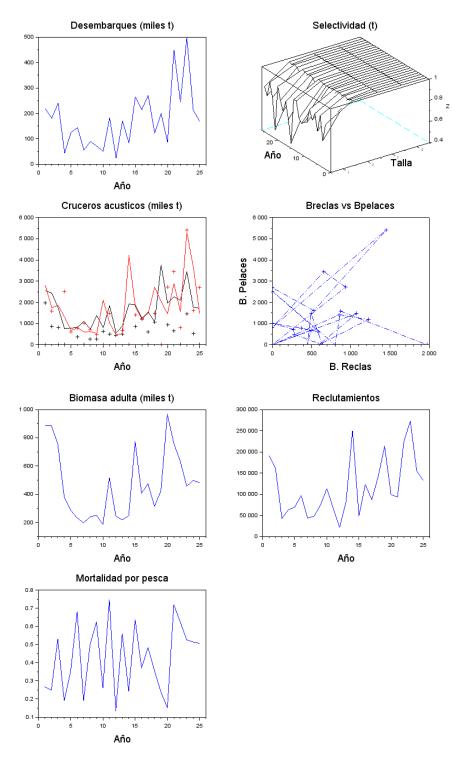
```
Cedad=N.*F.*(1-exp(-Z))./Z;
  Yt=sum(Cedad.*Peso_med(round(grand(years,1,"unf",1,10)),:),'c');
  Bt=sum(N.*Peso_ini(round(grand(years,1,"unf",1,10)),:),'c');
  BD=sum(N.*Peso_med(round(grand(years,1,"unf",1,10)),:).*exp(-
dt(1)*Z).*(ones(years,1)*madurez)),'c');
// -----Reclas y Pelaces
Nr=N.*exp(-dt(3)*Z);
Np=N.*exp(-dt(4)*Z);
for i=1:years
  L50_r(i)=grand("nor", L50r, sL50r);
  rango_r(i)=grand("nor", rangor, srangor);
  L50_p(i)=grand("nor",L50p,sL50p);
  rango_p(i)=grand("nor", rangop, srangop);
  Selr(i,:)=select(L50_r(i),rango_r(i),edad);
  Selr_v(i,:)=select(L50r,rangor,edad);
  Selp(i,:)=select(L50_p(i),rango_p(i),edad);
  Selp_v(i,:)=select(L50p,rangop,edad);
  qu_r(i)=grand("nor",g_r,sq_r);
  qu_p(i)=grand("nor",q_p,sq_p);
  Nr(i,:) = Selr(i,:).*N(i,:).*exp(-dt(2)*Z(i,:));
Br(i)=qu_r(i)*sum(Nr(i,:).*Peso_recl(round(grand("unf",1,10)),:))*exp(grand("nor",0,0.3
));
  Br_v(i) = q_r * sum(Selr_v(i,:).*N(i,:).*Peso_recl(round(qrand("unf",1,10)),:));
  Np(i,:) = Selp(i,:).*N(i,:);
Bp(i)=qu_p(i)*sum(Np(i,:).*Peso_pel(round(grand("unf",1,10)),:))*exp(grand("nor",0,0.3)
);
  Bp_v(i) = q_p * sum(Selp_v(i,:).*N(i,:).*Peso_pel(round(grand("unf",1,10)),:));
end
// -----Proporción de captura/cruceros a la edad
for i=1:years*4;
    prop_f(i,:) = grand(1,"mul",1500,(Cedad(i,:)/sum(Cedad(i,:)))')';
    prop_r(i,:)=grand(1,"mul",1500,(Nr(i,:)/sum(Nr(i,:)))')';
prop_p(i,:)=grand(1,"mul",1500,(Np(i,:)/sum(Np(i,:)))')';
prop_f(:,1)=[];
prop_r(:,1)=[];
prop_p(:,1)=[];
```



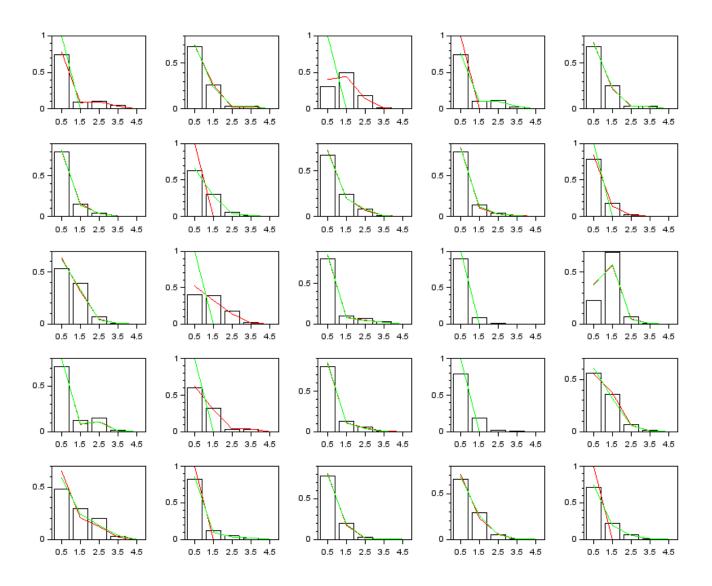
**Figura 43.** Simulación de la dinámica anual de **Anchoveta**: desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca.



**Figura 44.** Simulación de las composiciones de edades anuales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo), PELACES (verde). **Anchoveta**.



**Figura 45.** Simulación de la dinámica anual de **Sardina**: desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca.



**Figura 46.** Simulación de las composiciones de edades anuales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo), PELACES (verde). **Sardina**.

# Modelo Operativo basado en tallas y escala trimestral (PUCV)

Este modelo fue propuesto por Canales et al. (2019) y se basa en una función de sobrevivencia anual talla-estructurada similar a la propuesta por Sullivan et al (1990), Punt & Kennedy (1997), Zheng & Siddeek (2011), Haddon (2011) y Turnok & Rugolo (2011) entre otros. El reclutamiento se distribuye sobre un cierto rango de tallas y ocurre a inicios de cada período de tiempo una vez que los sobrevivientes a la pesca y mortalidad natural han crecido. A diferencia de los modelos de dinámica en tallas tradicionales, Canales et al. (2018) modelan el reclutamiento por trimestre y año/talla, como el producto entre un escalar anual, otro trimestral y un vector que describe la proporción relativa de distribución de éste en los intervalos de tallas. El reclutamiento temporal es modelado por una relación S/R sujeta a error de proceso. Este error ha sido habitualmente definido como una variable aleatoria distribuida normal con media cero,  $\varepsilon \sim N(0, \sigma R)$  (e.g., Walters and Hilborn, 1976; Peterman, 1978, Hennemuth et al., 1980; Maunder and Deriso, 2003) cuya desviación es igual a σR y es a menudo supuesta lo suficientemente grande para representar la incertidumbre de proceso. Canales et al. (2019) proponen una función para mejorar la comprensión de los efectos que determinan las variaciones del reclutamiento en este tipo de recursos. Esto, a través de una estructura aditiva del error de proceso del reclutamiento en función de efectos mixtos: uno aleatorio anual y otro fijo estacional intra-anual.

Las ecuaciones de proceso en escala trimestral se presentan en la **Tabla 22**. Para la generación aleatoria de procesos y observaciones se consideraron los principales parámetros y sus respectivas desviaciones estándar del modelo de evaluación (estimaciones bayesianas). En todos estos casos se supusieron distribuciones de probabilidad normales (**Tabla 23**) y el logaritmo de la mortalidad natural *M* suponiendo para ello un coeficiente de variación del 10%. Por su parte, el error de observación fue generado a partir de los mismos supuestos empleados en la evaluación de stock; para índices de abundancia y desembarques, se supuso distribución lognormal y para las composiciones de tallas de las capturas, multinomial (**Tabla 24**).

En el caso de la anchoveta, el modelo operativo reproduce la variabilidad de las capturas y los índices conforme a su condicionamiento inicial y el efecto estacional del reclutamiento. La variabilidad estacional del reclutamiento está representada por dos máximos (primer y tercer

trimestre), lo cual se ve reflejado en la variabilidad de las capturas (Figura 47). Se presentan los cruceros acústicos simulados considerando error de proceso tanto en los parámetros de la selectividad y en el coeficiente de capturabilidad, así como error de observación en el valor esperado de la biomasa acústica (Tabla 25). Si bien los reclutamientos presentan una notable estacionalidad, estos no llegan a impactar de manera instantánea en la biomasa adulta dado que el reclutamiento se define en un intervalo de tallas acotado en torno a 7 cm. En esta simulación, los incrementos de la biomasa se observan con retardo de al menos un año desde un evento positivo en el reclutamiento. Las composiciones de tallas de las capturas y los cruceros son generadas de manera muy realista, destacándose que por los efectos selectivos diseño-basados, las composiciones de tallas de los cruceros representan de mejor forma la dinámica de los individuos más pequeños menores a los 10 cm (Figura 48).

Del mismo modo, en el modelo de simulación de la dinámica trimestral de la sardina destaca el notable efecto en la estacionalidad de los reclutamientos (Figura 49). El reclutamiento de este recurso presentaría un gran pulso durante el primer trimestre del año. El efecto de esta estacionalidad se ve mejor representada en la serie de desembarques, aun cuando y al igual que la anchoveta, el reclutamiento está confinado a los individuos pequeños en torno a los 7 cm. En el ejemplo simulado, el incremento de la biomasa está determinado por la fuerza del reclutamiento en tanto que la simulación de las composiciones de tallas de las capturas y cruceros parece muy realista (Figura 50). En esta situación se advierte que las distribuciones de tallas entre cruceros y capturas tienden a ser más similares respecto a lo mencionado para la anchoveta.

Este modelo fue explorado de manera alternativa como simulador de procesos (modelo operativo), por lo que fue necesario convertir las composiciones de tallas de las capturas/cruceros a composiciones de edades para ser usadas en la evaluación de stock edad-estructurada. Para efectos de esta conversión, se consideraron las claves edad-talla trimestrales que genera IFOP en el programa de seguimiento de pesquerías pelágicas y los cruceros acústicos. Dado que este modelo genera escalas de biomasa que no son comparativas a la escala anual, el foco del análisis no fue la medición de sesgo en la estimación poblacional, sino que el éxito en alcanzar un determinado objetivo de manejo por medio de cierta regla de decisión.

**Tabla 22.** Ecuaciones de procesos y observaciones del modelo operativo en escala trimestral.

Proceso/observación	Ecuación
Sobrevivencia	$(T(S_{\nu-1,4}N_{\nu-1,4}) + R_{\nu,a}, q = 1)$
a: edad, q: trimestre, y: año, T: matriz de transición	$N_{y,q} = \begin{cases} T(S_{y-1,4}N_{y-1,4}) + R_{y,q}, & q = 1\\ T(S_{y,q-1}N_{y,q-1}) + R_{y,q}, & q = 2, 3, 4 \end{cases}$
	$S_{y,q} = e^{-Z_{l,y,q}}$
Mortalidad total  F <sub>y</sub> : efecto anual de la mortalidad por pesca, M: mortalidad natural	$Z_{l,y,q} = F_{y,q}\psi_l + M$
Selectividad	$\psi_l = \left(1 + exp\left[-log(19)\frac{(l - l_{50})}{\Delta}\right]\right)^{-1}$
Reclutamiento	$R_{y,q} = r_{y,q}  \varphi_l$
$\varepsilon_{y} \sim N(0, \sigma_{\scriptscriptstyle R}^{2});$	$r_{y,q} = E(r_{y,m})e^{\varepsilon_{y,q}-0.5\sigma_R^2}$
	$ \varepsilon_{y,q} = \varepsilon_y + \varepsilon_q $
	$E(r_{y,q}) = \frac{\alpha BD_{q-1}}{\beta + BD_{q-1}}$
	$\alpha = \frac{4hR0}{5h-1};  \beta = \frac{(1-h)B0}{5h-1}$
Crecimiento	$T = \int_{l(i)}^{l(i+1)} \frac{1}{\delta_l \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[l - (l + \Delta(l))]^2}{2{\delta_l}^2}\right) dl$
Capturas a la edad/talla	$C_{y,q,l} = \frac{F_{y,q,l}}{Z_{y,q,l}} N_{y,q,l} (1 - e^{-(M+F_{l,q,y})})$
Desembarques en peso	$Y_{\cdot, \cdot, \cdot} = \sum_{i=1}^{n} C_{\cdot, \cdot, \cdot, i} w_{\cdot, \cdot, \cdot}$
$w_{(l,q,y)}$ es el peso anual por talla y trimestre	-y,q Z = y,q,t · · y,q,t
Biomasa total y desovante	$Y_{y,q} = \sum_{l} C_{y,q,l} w_{y,q,l}$ $B_{y,q} = \sum_{l} N_{y,q,l} w_{y,q,l}$
${\cal O}_a$ corresponde a la ojiva de madurez sexual a la talla	$BD_{y,q} = \sum_{l} N_{y,q,l} w_l O_l$
Biomasa cruceros	$N_{y,q,l}^c = N_{y,q,l} \psi_l^c$
$q^{^c}$ es la capturabilidad del crucero	$B_{y}^{c} = q^{c} \sum_{l} N_{y,q,l}^{c} w_{l}$

Proporción de la abundancia a la edad cruceros	$p_{y,l}^c = \frac{N_{y,q,l}^c}{\sum_l N_{y,q,l}^c}$
Proporción de la captura	$p_{y,q,l}^f = \frac{C_{y,q,l}^f}{\sum_l C_{y,q,l}^f}$

**Tabla 23.** Supuestos del error de procesos en el modelo operativo trimestral de anchoveta y sardina.

Variable	Parámetro	Anchoveta	Sardina
Reclutamiento	log_R0	~N(2.33,0.19)	~N(3.1,0.09)
	Sigma_R	0.6	0.6
	log_Lr	~N(1.79,0.1)	~N(1.95,0.1)
	log_sr	0.0	0.4
Efecto Estacional	log_Tr1	0.97	1.61
	log_Tr2	-1.01	-1.22
	log_Tr3	1.2	-0.76
	log_Tr4	-1.16	0.36
Crecimiento	Loo	20.8	18.1
	k	0.11	0.18
	beta	0.5	0.5
Mort. por pesca	F	~N(0.50,0.98)	~N(0.33,0.38)
Steepness	h	0.75	0.75
Mort natural	log_M	~N(log(0.22),0.1)	~N(log(0.37),0.1)
Selectiv. flota	L50	~N(18.84,0.42)	~N(16,0.6)
	log_rango	~N(1.26,0.13)	~N(1.46,0.22)
Selectiv. RECLAS	L50	~N(10.1,0.18)	~N(0.09,0.1)
	log_rango	~N(1.22,0.22)	~N(-1.66,0.1)
Selectiv. PELACES	L50	~N(10.57,0.31)	~N(0.1,0.1)
	log_rango	~N(1.53,0.42)	~N(0.69,0.1)
Capturabilidad	log_q_reclas	~N(-0.58,0.04)	~N(0.05,0.09)
	log_q_pelaces	~N(0.15,0.12)	~N(-0.24,0.08)

**Tabla 24.** Supuestos de las distribuciones de probabilidad empleadas para generar error de observación en el modelo operativo trimestral de anchoveta / sardina.

Observación	Distribución	Parámetro dispersión
Composición de tallas de las capturas	multinomial	30 / 40
Composición de tallas de los cruceros RECLAS	multinomial	30 / 20
Composición de tallas de los cruceros PELACES	multinomial	30 / 20
Biomasa cruceros RECLAS	lognormal	0.3 / 0.2
Biomasa cruceros PELACES	lognormal	0.3 / 0.2
Desembarques	lognormal	0.05/0.05

Tabla 25. Modelo operativo de simulación de la dinámica trimestral de anchoveta y sardina.

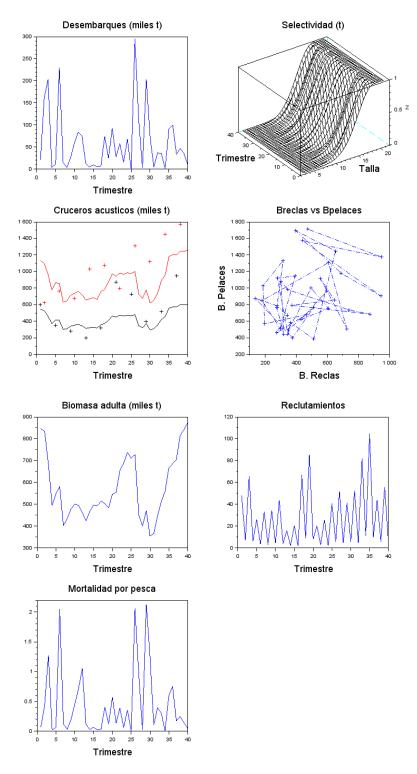
```
clear
//____ Parametros de condicionamiento del modelo-----specie=1; // 1: anchoveta, 2: sardina
exec('C:\Users\cristian\Desktop\MO_pucv\settings.sce', -1)
// Distribucion del reclutamiento a la talla-----
function pdf=normalpdf(mu,sigma,x)
   pdf = exp(-0.5*((x-mu)/sigma).^2);
endfunction
// Función selectividad-----
function Sel=select2n(mu,s1,s2,x)
   sell=exp(-0.5*((x-mu)/s1).^2);
   sel2=exp(-0.5*((x-mu)/s2).^2);
   Sel=sel1;
   Sel(find(x>mu)) = sel2(find(x>mu));
endfunction
// matriz de transicion-------
function T=transicion(Linf,k,b,Talla)
 delta=(Linf-Talla)*(1-exp(-k));// incremento en tallas
 Lesp=Talla+delta; // talla esperada luego del crecimiento
 sigmaL=delta*b;
 T=eye(length(Talla),length(Talla)); //matriz identidad
 for i=1:length(Talla)
    for j=1:length(Talla)
     if sigmaL(i)>0;
     T(i,j)=normalpdf(Lesp(i),sigmaL(i),Talla(j));
     end
    end
 end
    for j=1:length(Talla)
     T(j,:)=T(j,:)/sum(T(j,:))+le-10;
    end
endfunction
T=transicion(Loo,k,b,Talla);
//-----
N=Nlast;
```

```
BD=sum(N.*Peso.*Madurez);
alfa_sr=4*h*exp(log_R0)/(5*h-1);//
beta_sr=(1-h)*SSB0/(5*h-1);// Reclutamiento
pre=normalpdf(Lr,Sr,Talla)/sum(normalpdf(Lr,Sr,Talla));
Fref=mean(log(Fyear));
sFref=stdev(log(Fyear));
cuenta=1;
L50_f(cuenta) = L50f;//grand("nor",L50f,sL50f);
rango_f(cuenta)=rangof;//grand("nor",rangof,srangof);
Sel(cuenta,:) = Sflast; //(1./(1+exp(-log(19)*(Talla-L50_f(cuenta)))/rango_f(cuenta)))')';
F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{Fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{cuenta},:); \\ F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{Fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{cuenta},:); \\ F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{Fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{cuenta},:); \\ F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{Fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{cuenta},:); \\ F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{Fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{cuenta},:); \\ F(\texttt{cuenta},:) = \texttt{Fyear}(\texttt{length}(\texttt{fyear})) * \texttt{Sflast}; // \texttt{exp}(\texttt{grand}(\texttt{"nor"},\texttt{log}(0.5),0.1)) * \texttt{Sel}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{grand}(\texttt{gra
M(cuenta)=Mo;//exp(grand("nor",log(Mo),0.1));
Z(cuenta,:)=F(cuenta,:)+M(cuenta);
S(cuenta,:) = exp(-Z(cuenta,:));
for i=1:years // años
           r(i)=grand("nor",0,0.6);
         for j=1:4
                Reclutas(cuenta)=exp(log_R0)*exp(r(i) + devR_st(j));
                 if cuenta>1 then
                   L50_f(cuenta)=grand("nor",L50f,sL50f);
                   rango_f(cuenta)=grand("nor", rangof, srangof);
                   Sel(cuenta,:)=select2n(L50_f(cuenta),rango_f(cuenta),1000,Talla);
                    F(cuenta,:) = exp(grand("nor", Fref, sFref)) * Sel(cuenta,:);
                   M(cuenta) = exp(grand("nor", log(Mo), 0.1));
                   Z(cuenta,:)=F(cuenta,:)+M(cuenta);
                    S(cuenta,:)=exp(-Z(cuenta,:));
                   Rpred(cuenta)=(alfa_sr*BD(cuenta-1)/(alfa_sr+BD(cuenta-1)));
                    Reclutas(cuenta)=Rpred(cuenta)*exp(r(i) + devR_st(j));
                   N(cuenta,:)=(N(cuenta-1,:).*S(cuenta-1,:))*T+pre*Reclutas(cuenta);
                   BD(cuenta)=sum(N(cuenta,:).*Peso.*Madurez);
                 end
                 cuenta=cuenta+1;
            end
      end
 // Captura trimestral
      Ctrim=N.*F.*(1-\exp(-Z))./Z;
      Ytrim=Ctrim*Peso';
     Btrim=N*Peso';
 // -----Reclas y Pelaces
Nr=N*0;
Br=BD*0;
id=1:4:40;
id2=2:4:40;
for i=1:years*4;
     L50_r(i)=grand("nor", L50r, sL50r);
      rango_r(i)=grand("nor", rangor, srangor);
      L50_p(i)=grand("nor", L50p, sL50p);
      rango_p(i)=grand("nor", rangop, srangop);
      Selr(i,:)=select2n(L50_r(i),rango_r(i),1000,Talla);
      Selr_v(i,:)=select2n(L50r,rangor,1000,Talla);
      Selp(i,:)=select2n(L50_p(i),rango_p(i),1000,Talla);
      Selp_v(i,:) = select2n(L50p, rangop, 1000, Talla);
      qu_r(i)=grand("nor",q_r,sq_r)
      qu_p(i)=grand("nor",q_p,sq_p)
      Nr(i,:)=Selr(i,:).*N(i,:);
```

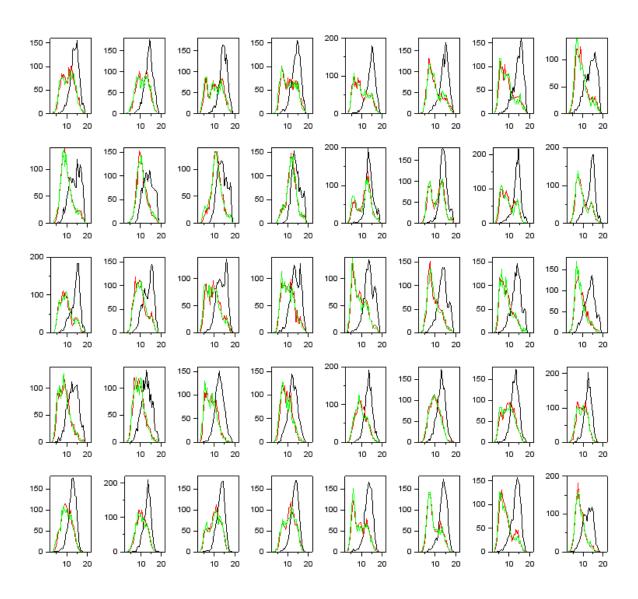
```
Br(i)=qu_r(i)*sum(Nr(i,:).*Peso)*exp(grand("nor",0,0.3));
Br_v(i)=q_r*sum(Selr_v(i,:).*N(i,:).*Peso);

Np(i,:)=Selp(i,:).*N(i,:);
Bp(i)=qu_p(i)*sum(Np(i,:).*Peso)*exp(grand("nor",0,0.3));
Bp_v(i)=q_p*sum(Selp_v(i,:).*N(i,:).*Peso);
end

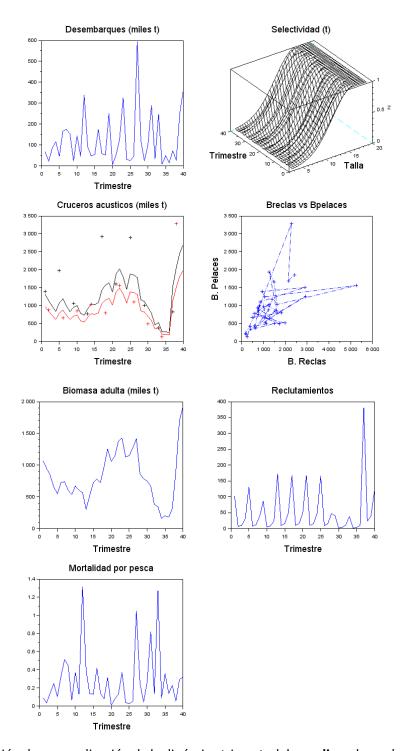
for i=1:years*4;
    prop_f(i,:)=grand(1,"mul",1500,(Ctrim(i,:)/sum(Ctrim(i,:)))')';
    prop_r(i,:)=grand(1,"mul",1500,(Nr(i,:)/sum(Nr(i,:)))')';
    prop_p(i,:)=grand(1,"mul",1500,(Np(i,:)/sum(Np(i,:)))')';
end
prop_f(:,1)=[];
prop_r(:,1)=[];
prop_r(:,1)=[];
```



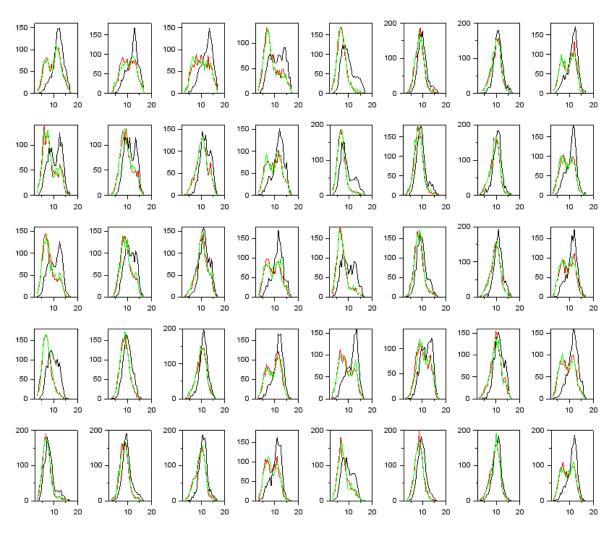
**Figura 47.** Simulación de una realización de la dinámica trimestral de **anchoveta**: desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca.



**Figura 48.** Simulación de una realización de las composiciones de tallas trimestrales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo) y crucero PELACES (verde). **Anchoveta**.



**Figura 49.** Simulación de una realización de la dinámica trimestral de **sardina**: desembarques, selectividad, cruceros (rojo: reclas, negro: pelaces), relación de biomasas entre cruceros, biomasa adulta, reclutamientos y mortalidad por pesca.



**Figura 50.** Simulación de una realización de las composiciones de tallas trimestrales de las capturas (negro), crucero RECLAS (rojo) y crucero PELACES (verde). **Sardina.** 

8.3 Objetivo Especifico 3: Implementar diferentes opciones de manejo utilizando Procedimientos de Manejo (PM) empíricos y PM modelo-basado alternativos para las pesquerías.

### 8.3.1. Talleres de consulta a expertos

Previo a la evaluación de diferentes estrategias/reglas de control de explotación, se realizó el día 11 de octubre el taller denominado "Taller de percepción y diseño de Procedimientos de Manejo" y el 21 de noviembre de 2019 el "Taller de identificación de las reglas de control e indicadores operacionales más adecuados". En estas actividades se reunió a usuarios de las pesquerías, profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, investigadores (IFOP y otros) e integrantes de Comité Científico Técnico (CCT) y de Manejo (CM). Estos talleres permitieron ratificar la percepción sobre los procedimientos de manejo actuales y los "deseos de manejo". Con ello, se pudo definir y consensuar las reglas de decisión, los objetivos operacionales e indicadores de desempeño a ser evaluados. Mayores detalles sobre estos talleres se presentan en Anexo 7 (Taller N°2 y N°3). A partir de estas decisiones, se iniciaron los análisis de las distintas estrategias de manejo/explotación.

Del mismo modo y conforme a lo planificado, entre el 9 y 11 de marzo del 2020 se realizó el taller-seminario internacional denominado "Evaluación de Estrategias de Manejo en Recursos Pelágicos Pequeños en Chile", el cual contó con profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, investigadores del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), integrantes del Comité Científico-Técnico (CCT), del Comité de Manejo (CM) y los expertos internacionales Carryn de Moor y Jim Ianelli. Los detalles del taller y sus recomendaciones se encuentran en el **Anexo 10**.

# 8.3.2. Evaluación de Estrategias de Explotación

# 8.3.2.1. Regla de decisión mono-específicas.

Se probaron 5 estrategias de explotación mono-específicas: la regla actual (RCC1), la regla propuesta por el Comité de Manejo (RCC2), una regla tipo rampa con pivote en B<sub>RMS</sub> (RCC3), escenarios de captura constante (RCC4) y una regla basada solo en el desempeño de los cruceros (RCC5). Las RCC1, RCC2 y RCC3 emplean la evaluación de stock como estimador del estado de la población, mientras que la RCC5 modifica las decisiones en base a la variación de los cruceros acústicos. En todas las reglas analizadas opera una hiper-regla que no permite reducir la cuota de captura dentro del año. Esto último determina que, aunque los antecedentes dentro del año indiquen lo contrario, la cuota de captura se mantiene al menos a niveles de la cuota inicial. Los resultados fueron seleccionados a valores donde la tasa de explotación fuese como máximo un 95%. La exclusión de escenarios generó un indicador asociado con la viabilidad de la operación de la flota. El efecto veda no pudo ser analizado debido a que la escala del modelo operativo y de evaluación son de base anual.

#### Anchoveta

Los análisis muestran en general, que en la mayoría de los casos e independientemente de la regla de decisión, la biomasa de anchoveta debiera recuperarse debido a que el modelo operativo supone que los reclutamientos volverán a variar aleatoriamente en torno a su promedio de largo plazo. Las RCC1 y RCC2 llevarían rápidamente a la biomasa desovante a valores en torno a la Biomasa desovante que genera el Rendimiento Máximo Sostenible (Brms), pero en este último escenario la biomasa de largo plazo se ubicaría ligeramente por debajo de Brms, mientras que la mortalidad por pesca y las capturas fluctuarían por sobre su valor de referencia (Figura 51). El sesgo en la estimación de la biomasa y mortalidad por pesca, se mide respecto del valor verdadero. La regla RCC1 sobre-estima la biomasa y sub-estima la mortalidad por pesca de manera mucho mayor que la regla RCC2 (Figura 52). En estas reglas, el modelo de evaluación de

stock (MES) es mal estimador del diagnóstico poblacional. Además de esto, e independientemente que las estimaciones de biomasa generadas por el modelo de evaluación son sesgadas, la percepción del estatus es de una permanente situación por debajo de Brms (sobre-explotación). Esto se debe al procedimiento actual en donde se sobre-valora el nivel de la biomasa Brms (Figura 52). Un desempeño similar se observa en la RCC3, la cual considera una rampa en torno a la razón B/Brms estimada por el modelo, subestimada por el alto valor de Brms. En esta regla y al igual que las anteriores, la biomasa tiende al valor objetivo Brms en corto plazo e incluso lo supera. Con esta regla las capturas se observan estables y de baja variabilidad (Figura 53). Contrario a la regla actual (RCC1), el MES presenta buenas estimaciones del diagnóstico poblacional para estas dos últimas reglas (RCC2 y RCC3).

La regla de captura RCC4 simuló escenarios de capturas constantes. Se observa que en el escenario sin capturas (F=0), la biomasa llegaría a la condición virginal luego de 5 años pero sin descartar cierto riesgo de fallas naturales considerando que algunas de las simulaciones se ubicaron por debajo del valor Brms. En este mismo escenario y con 100 mil toneladas, la población crece y alcanza la Brms en 5 años; mientras que con capturas de 200 mil toneladas, la población mantiene su condición de sobreexplotación al no lograr el objetivo Brms y se genera un incremento de la mortalidad por pesca muy por sobre valores conocidos (Figura 54 y Figura 55). Este escenario se independiza de la evaluación de stock al igual que la regla RCC5, la cual basa su decisión en valores de biomasa obtenidas de los cruceros acústicos. En esta regla, la captura se supone variando en torno al valor aproximado de RMS de la pesquería (130 mil t). Cuando se considera una rampa respecto de la biomasa del crucero pelaces promedio histórica, la población alcanzaría el objetivo Brms por la vía de una sostenida reducción de la mortalidad por pesca (Figura 56) con capturas iguales o menores al RMS. En el escenario sin rampa de decisión, donde las capturas varían proporcionalmente con el resultado de los cruceros acústicos del año, la biomasa en el largo plazo no lograría el objetivo de manejo y la mortalidad por pesca variaría por sobre el valor de referencia. En este caso, las capturas podrían tener gran variación superando en muchas ocasiones el valor RMS de la pesquería.

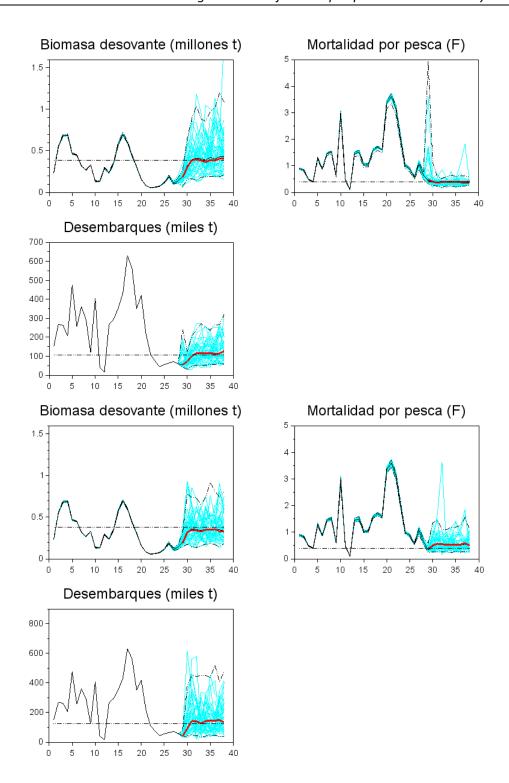
#### • Sardina

En el caso de sardina, los análisis muestran que en todos los escenarios que se emplea la evaluación de stock para la toma de decisiones (RCC1, RCC2 y RCC3), la biomasa verdadera supera con creces el objetivo de manejo mientras el modelo de evaluación subestima la población de manera sustancial (Figura 57 y Figura 58). En estas reglas, el modelo de evaluación mostró ser buen estimador de la mortalidad por pesca, pero no así de la biomasa. Estas reglas permiten que la biomasa alcance o supere el valor Brms, pero con gran incertidumbre si se consideran los intervalos de confianza estimados. Los resultados muestran que no hay diferencias relevantes entre la regla actual RCC1 y la regla propuesta por el comité de manejo RCC2. En estas reglas las capturas de largo plazo podrían variar en torno a las 250 mil toneladas y en ambos casos la mortalidad por pesca se iguala a la mortalidad por pesca objetivo Frms. Similar situación sucede en la regla RCC3 basada en una regla tipo rampa (Figura 59) en la cual la mortalidad por pesca se mantiene variando en torno al nivel objetivo, en tanto la biomasa percibida en la evaluación de stock indique que la población excede Brms. En las tres reglas basadas en la evaluación de stock, la subestimación de la biomasa se mantiene y proyecta en los 10 años de simulación. El sesgo se traduce en un error relativo cercano al 30%. Además de esto y de manera similar a lo observado en anchoveta, el valor de Brms es sobrevalorado razón por la cual la percepción futura será de una persistente sobreexplotación de esta población (Figura 58 y Figura 59). Lo anterior se observa en los histogramas del índice de agotamiento B/Brms, los cuales muestran que la mayor recurrencia de simulaciones se da con valores menores a uno.

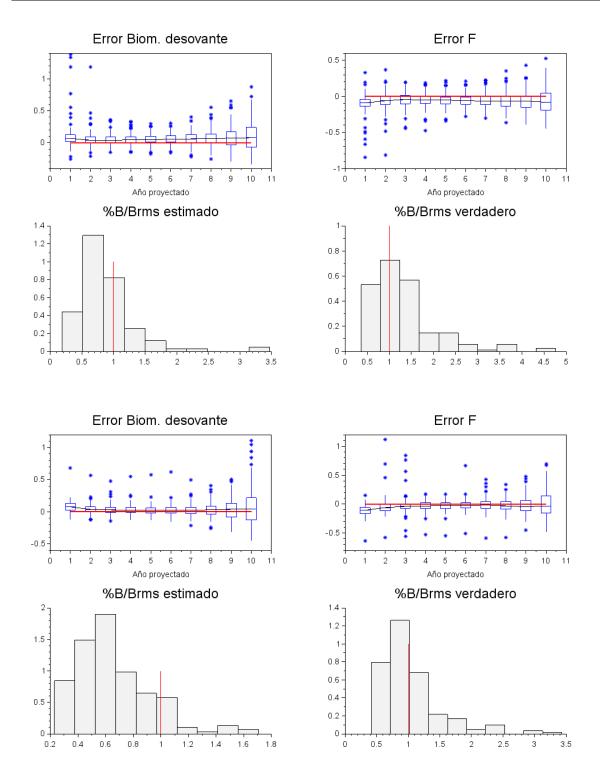
En relación con los escenarios de captura constante (RCC4), los resultados muestran que en un escenario sin capturas (F=0) y si los reclutamientos varían en torno a su valor de largo plazo, la biomasa llegaría a la condición virginal en menos de 3 años, y con aparente bajo riesgo de fallas naturales considerando que algunas de las simulaciones se ubican por debajo del valor Brms (Figura 60). En un escenario de 200 mil toneladas anuales, la población crece y se mantiene en torno a las 900 mil toneladas, pero la variabilidad de la mortalidad por pesca incrementa generando escenarios de valores por sobre la historia conocida (Figura 60). En el extremo, la población no podría sostener capturas constantes de 500 mil toneladas, escenario en el cual la biomasa decrece sostenidamente ubicándose por debajo de Brms al término del horizonte de

análisis y con un incremento desmedido de la mortalidad por pesca (**Figura 61**). En este escenario, es probable que en muchos casos la cuota no pueda ser alcanzada.

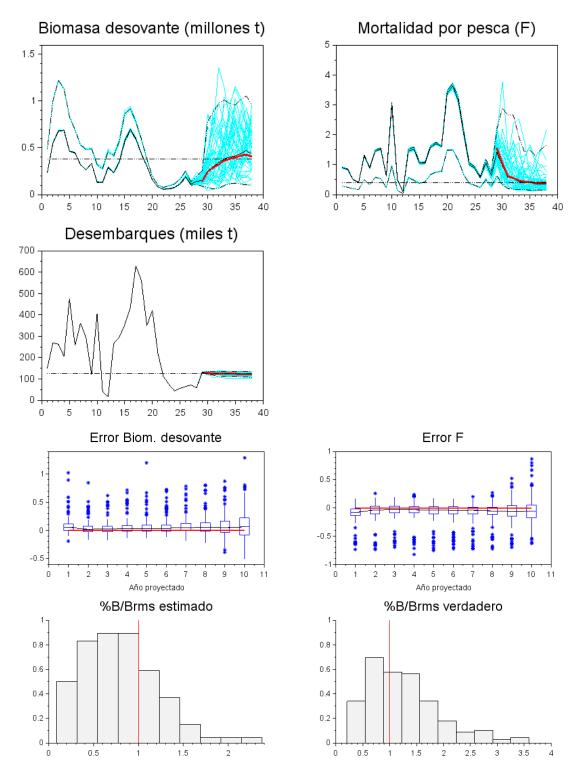
En el mismo sentido de estrategias no dependientes de la evaluación de stock, la regla empírica RCC5 dependiente solo de los cruceros acústicos, muestra que una estrategia rampa que fija el límite máximo de captura en el RMS de esta pesquería en torno a 270 mil toneladas, generaría gran variabilidad en la población con tendencia a la disminución, pero siempre con valores por sobre Brms. Como consecuencia de esto, la mortalidad por pesca se mantendría mayoritariamente por debajo del valor de referencia Frms, mientras las capturas fluctuarían entre 100 mil y 270 mil toneladas anuales (**Figura 62**). Si se libera la restricción del límite de captura máxima (sin rampa), la población igualmente se ubicaría siempre en torno a Brms en niveles similares al escenario de rampa. Sin embargo, las capturas fluctuarían con gran variabilidad en torno al RMS entre 100 mil y 500 mil toneladas anuales.



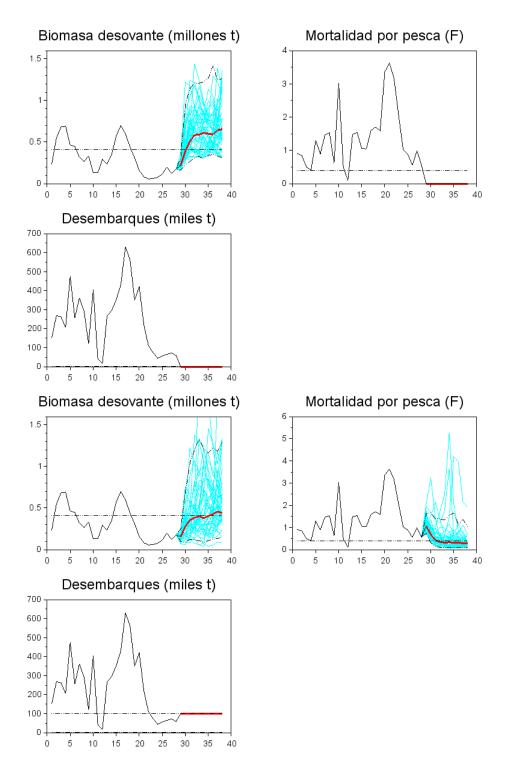
**Figura 51**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.



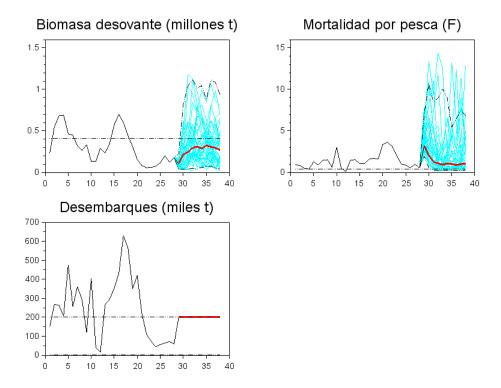
**Figura 52**. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca de anchoveta, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero. Regla RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo).



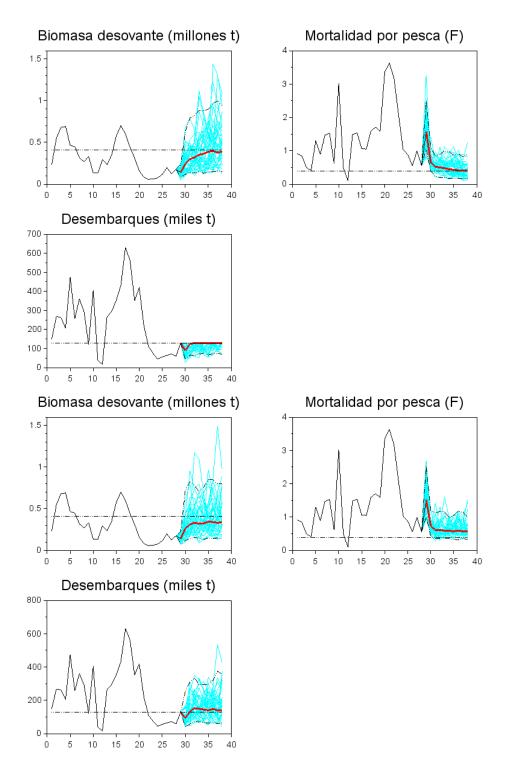
**Figura 53**. Arriba: Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC3. Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza. Abajo: Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero RCC3.



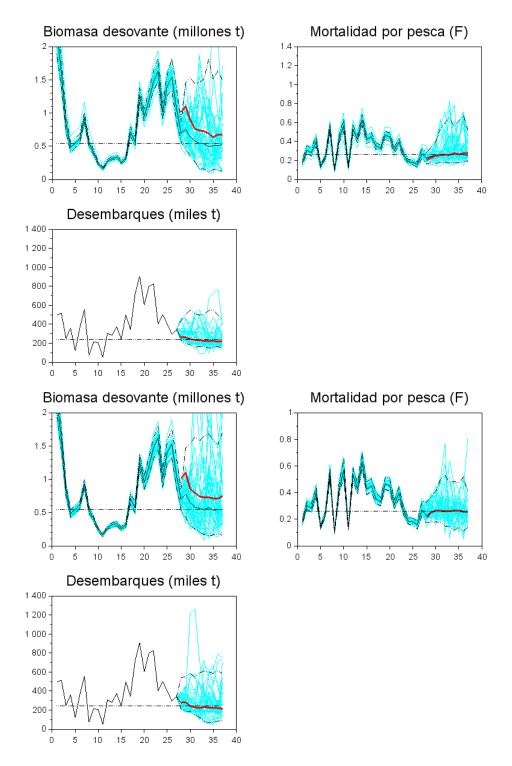
**Figura 54**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC4 sin captura (arriba) y RCC4 100 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.



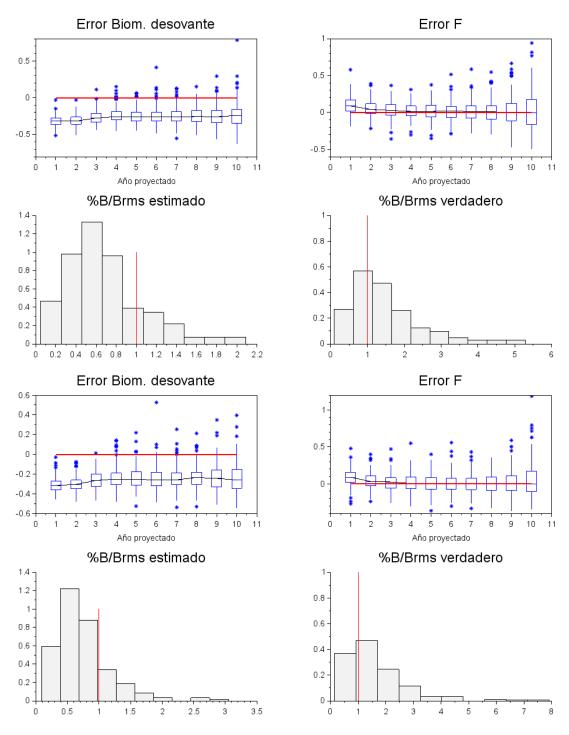
**Figura 55**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC4 200 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.



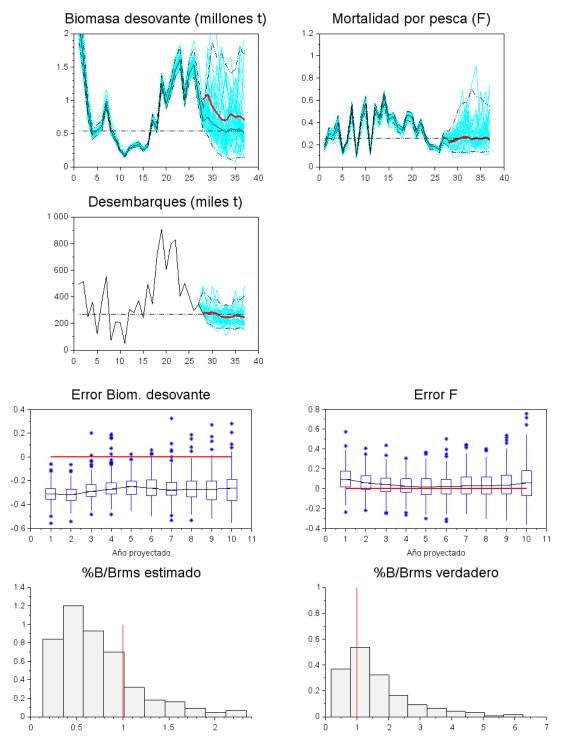
**Figura 56**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la anchoveta a 10 años bajo RCC5 con rampa (arriba) y sin rampa (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las punteadas negras los límites de confianza.



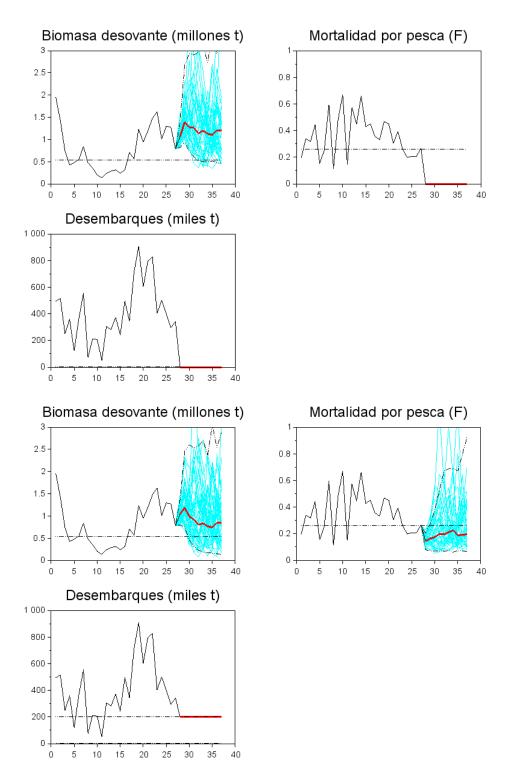
**Figura 57**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.



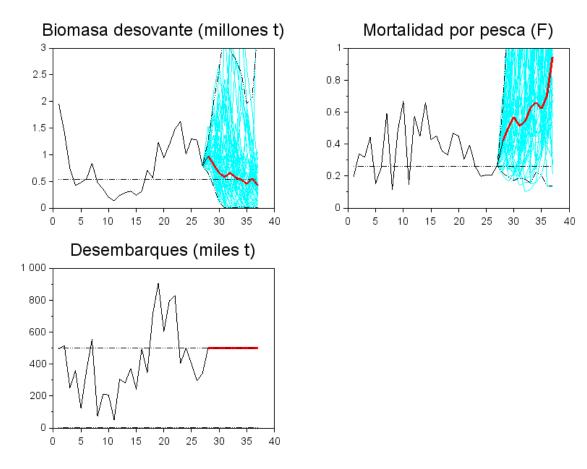
**Figura 58**. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca de sardina, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero. Regla RCC1 (arriba) y RCC2 (abajo).



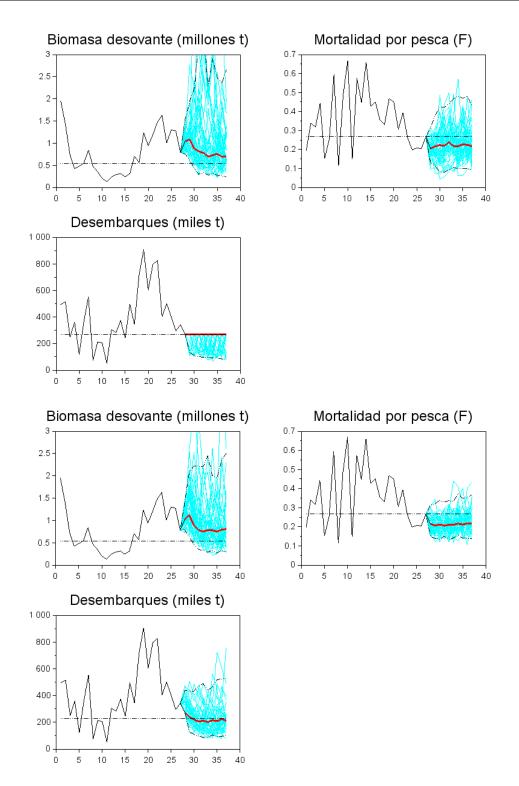
**Figura 59**. Arriba: Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC3. Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza. Abajo: Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, junto a los histogramas del agotamiento poblacional estimado por el modelo de evaluación y el verdadero RCC3.



**Figura 60**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC4 sin captura (arriba) y RCC4 200 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.



**Figura 61**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC4 500 mil t (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza.

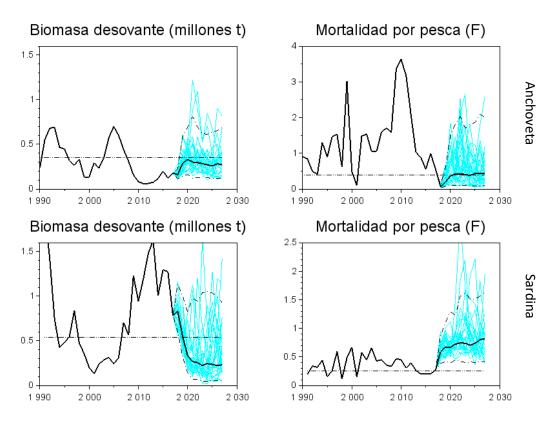


**Figura 62**. Proyecciones estocásticas del stock y la pesquería de la sardina a 10 años bajo RCC5 con rampa (arriba) y sin rampa (abajo). Las líneas celestes representan las simulaciones, la línea roja es la mediana de las proyecciones (la realidad), la línea horizontal es el valor de referencia BRMS, la línea negra la mediana de las estimaciones y las líneas punteadas negras los límites de confianza

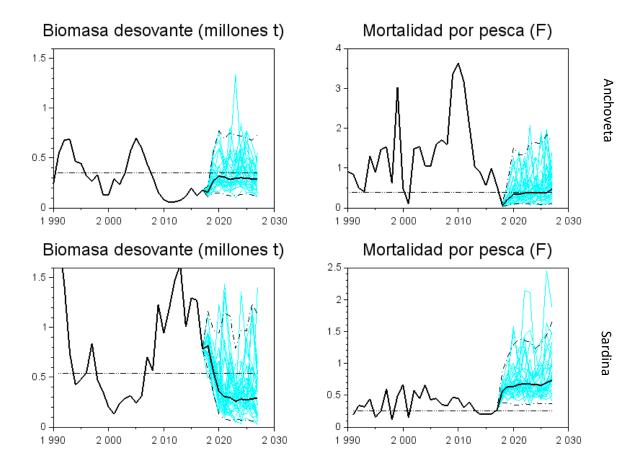
# 8.3.2.2. Regla de decisión multi-específica (RCC6).

Los resultados muestran que independientemente de la regla, la biomasa de anchoveta podría acercarse a la biomasa objetivo Brms con niveles de mortalidad por pesca que en promedio fluctuarían en torno al Frms. Sin embargo, el efecto sobre la sardina sería una importante reducción poblacional por cuanto gran parte del esfuerzo de pesca se concentraría sobre este recurso. Los intervalos de confianza indican que la mortalidad por pesca sobrepasaría de manera significativa el valor Frms (Figura 63, Figura 64). Lo anterior significa que el riesgo de reducir la biomasa por debajo de Brms específico supera el 60% en cualquiera de los dos escenarios (Tabla 28).

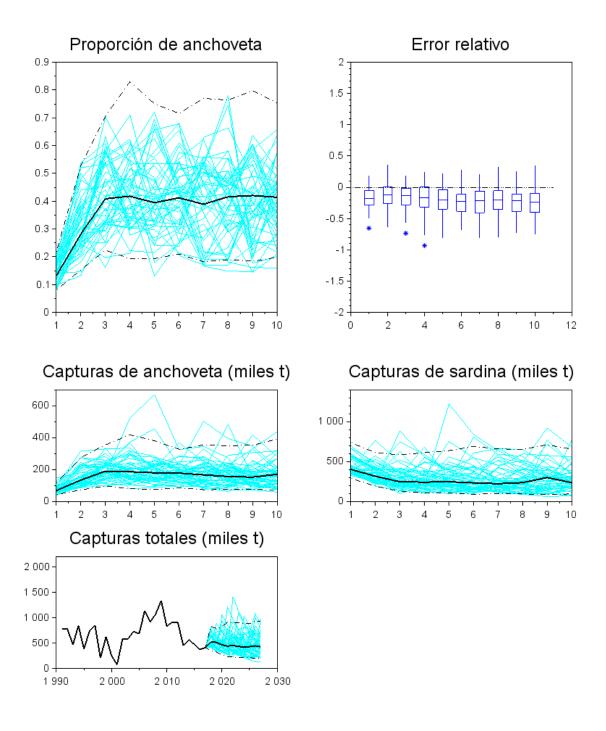
En cualquiera de los casos analizados, la proporción de anchoveta en las capturas fluctuaría con gran variación en torno a 0.4 (Figura 65 y Figura 66), mientras que la percepción de dicha proporción levantada desde los cruceros sería sub-estimada en torno al 20% (Figura 65 y Figura 66).



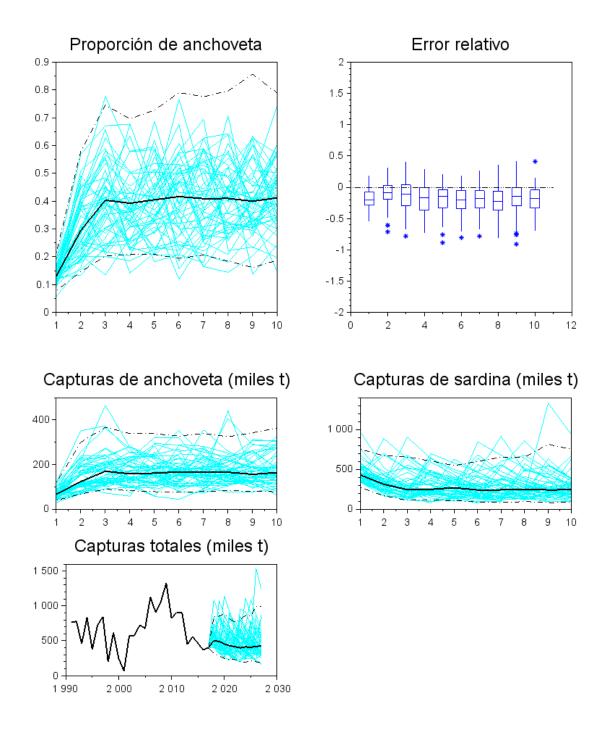
**Figura 63**. Proyección de la biomasa desovante y mortalidad por pesca de anchoveta (arriba) y sardina (abajo). Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6 1.



**Figura 64**. Proyección de la biomasa desovante y mortalidad por pesca de anchoveta (arriba) y sardina (abajo). Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6\_2.



**Figura 65**. Proyección de la proporción verdadera de la anchoveta en las capturas, sesgo en la proporción estimada desde los cruceros, capturas de anchoveta, capturas de sardina y capturas totales. Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6\_1.



**Figura 66**. Proyección de la proporción verdadera de la anchoveta en las capturas, sesgo en la proporción estimada desde los cruceros, capturas de anchoveta, capturas de sardina y capturas totales. Las líneas segmentadas son los intervalos de confianza, la línea gruesa es la mediana, las líneas celestes son ejemplo de 50 realizaciones. Regla cuota global mixta RCC6\_2.

# 8.4 Objetivo Especifico 4: Evaluar la efectividad del manejo para alcanzar el o los objetivos de manejo establecidos para las pesquerías de sardina común y anchoveta por La LGPA

# 8.4.1. Variables de desempeño

#### Anchoveta

Las reglas evaluadas muestran que aquella donde el modelo de evaluación es empleado como estimador poblacional (RCC1, RCC2 y RCC3), aunque existe un sesgo entre el 3% y 7% en la estimación de la biomasa como medida de desempeño, se estima que en el largo plazo la biomasa alcanzaría al objetivo Brms (B/Brms~1). En la regla RCC2, el modelo de evaluación de stock resultó ser más preciso y con bajos valores de sesgo (menores del 5%) en la estimación de la biomasa y mortalidad por pesca. El procedimiento actual RCC1 tuvo mayor precisión en el valor de B/Brms.

En cualquiera de estas reglas, el riesgo de alcanzar un estado de sobreexplotación (B<Brms) es alto, estimado entre un 44% y el 60%. La RCC2 (propuesta por el Comité de Manejo) es la que genera el mayor riesgo, con capturas máximas sostenidas que en promedio podrían fluctuar en torno a las 170 mil toneladas. El procedimiento actual genera capturas sostenibles de 129 mil toneladas y variabilidad cercana a cv=43%, mientras que la RCC3 alcanza capturas levemente menores (123 mil t) y además presentaría la menor variabilidad anual con un cv=6% (Tabla 26). De las tres reglas analizadas, sólo la RCC2 es la que ofrece la mayor probabilidad de evitar la sobrepesca y sobre-explotación simultánea (p=6%), mientras en el procedimiento actual bajo la RCC1, este riesgo llegaría al 36%. En todas estas reglas, el riesgo de sobrepesca (F>Frms) excede el 53%, mientras la probabilidad de agotamiento (B<0.5Brms) es menor al 10%. De igual modo, en todas estas reglas se tiene una alta probabilidad de que las capturas sean alcanzadas.

Complementariamente, se probaron distintos escenarios de capturas constantes. En estas condiciones no se realiza la evaluación de stock. Se estima que sin pesca y bajo condiciones de régimen normal de reclutamientos, el riesgo de sobre-explotación latente de sobrepesca (B<Brms) llega al 8% y el riesgo de agotamiento natural es nulo (RCC4\_0) (Tabla 26). Los análisis muestran que todos los niveles de riesgo aumentan significativamente si las capturas exceden de

150 mil toneladas. En estos escenarios, la biomasa esperada no alcanzaría el objetivo Brms. De hecho, capturas sostenidas de 150 mil t o más, implicarían riesgos de sobrepesca superiores al 80% y riesgos de agotamiento mayores al 26%. Con capturas iguales o mayores a las 250 mil toneladas, el riesgo que la flota no logre la captura establecida supera el 56%. Este riesgo se mide como la cantidad de veces en que la tasa de explotación excede del 95% de la biomasa anual, lo cual demandaría un nivel de esfuerzo casi imposible para poder lograr la cuota anual (**Tabla 26**).

Alternativamente se probaron reglas de capturas empíricas, esto es, decisiones de capturas basadas en la variabilidad de los cruceros acústicos de verano (RECLAS) y otoño (PELACES). Se probaron dos reglas, una regla en la cual se establece una captura máxima equivalente al cuando la biomasa de los cruceros supera el promedio histórico (RCC5a), y otra en la cual la captura anual varía proporcionalmente con el desempeño de los cruceros (RCC5b). Los resultados muestran que en ambos casos se logra el objetivo de alcanzar el Brms. En la opción sin rampa RCC5b las capturas promedio son mayores en torno a 126 mil toneladas, pero con considerable mayor variabilidad (cv=0.47). Esta opción de regla empírica involucra además un alto riesgo de sobrepesca y muy pocas posibilidades de que el recurso se ubique en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (p=0.048), con un riesgo de agotamiento cercano al 8% (Tabla 26). Un análisis integrado del riesgo de sobreexplotación a través de todas las estrategias analizadas, muestra que el riesgo de sobreexplotación excede del 70% para cualquier estrategia que busque acercarse a capturas promedio históricas en el largo plazo (Figura 67). Por su parte, estrategias que persigan el RMS conllevan niveles de riesgo permanente en torno al 40%-60%.

#### Sardina

De manera más notable que el caso de anchoveta, en aquellas reglas donde el modelo de evaluación es empleado como estimador poblacional (RCC1, RCC2 y RCC3), el sesgo en la estimación de la biomasa se traduce en una subestimación cercana al 24% y una sobreestimación de la mortalidad por pesca en torno al 12%. Debido a esto, en cualquiera de los casos la biomasa en el largo plazo llegaría a superar el objetivo Brms (B/Brms>1) entre un 25% y 33%. Esto además determina que el riesgo de sobreexplotación (B<Brms) es bajo comparativamente con la

anchoveta, con valores menores al 35%. La RCC2 (propuesta por el Comité de Manejo) es la que produciría las mayores capturas de las tres, con un promedio en torno a las 260 mil toneladas, pero con la mayor variabilidad anual (cv=50%). El procedimiento actual (RCC1) genera capturas sostenibles de 253 mil toneladas y una variabilidad anual cercana a cv=38% (Tabla 27). Tanto la regla RCC1 como la RCC2 son las que ofrecen la mayor probabilidad de evitar la sobrepesca y sobre-explotación simultánea (p=36%), mientras que en la RCC3 este riesgo aumentaría al 43%. En todas estas reglas, el riesgo de sobrepesca (F>Frms) excede el 46%, mientras la probabilidad de agotamiento (B<0.5Brms) es menor al 10% en los tres casos analizados. En todas estas reglas se espera con una alta probabilidad que las capturas sean obtenidas.

En los análisis de escenarios de capturas constante se estima que sin pesca y bajo condiciones de régimen normal de reclutamientos (RCC4\_0), el riesgo de sobre-explotación latente de sobrepesca (B<Brms) llega al 4% y el riesgo de agotamiento natural es nulo (**Tabla 27**). Los resultados muestran que todas las medidas de riesgo aumentan significativamente si las capturas exceden de 300 mil toneladas. Bajo estas condiciones la biomasa futura no llegaría al objetivo Brms. Capturas sostenidas mayores a 500 mil toneladas, incrementan el riesgo de sobre-explotación y sobrepesca por sobre el 70%. En estas condiciones existe una alta probabilidad de que la flota no logre la captura establecida (p= 48%) (**Tabla 27**).

El análisis de reglas de capturas empíricas muestra que en ambos casos la biomasa en el largo plazo excede el objetivo Brms en más del 30%, con lo cual el riesgo de sobre-explotación se mantiene por debajo del 30%. En ambas opciones de esta regla las capturas se estiman entre 220 mil y 230 mil toneladas. Contrario a lo esperado, el escenario sin rampa RCC5\_b tiene la mayor captura promedio y un menor riesgo (0.23) pero una mayor variabilidad en las capturas (cv=45%). Con la regla empírica RCC5\_b existe una probabilidad mayor al 50% de alcanzar el cuadrante "verde" en el diagrama de Kobe y un riesgo de agotamiento del 2% (Tabla 27). Un análisis integrado del riesgo de sobreexplotación a través de todas las estrategias analizadas, muestra que capturas sostenidas por sobre 400 mil toneladas incrementan el riesgo de sobreexplotación por sobre el 50% en el largo plazo y que, en todas las otras opciones analizadas las cuales fluctuarían en torno al RMS, el riesgo de sobreexplotación fluctúa en torno al 30%. En este contexto, la regla RCC5 parece ser la más precautoria y efectiva (Figura 68).

**Tabla 26**. Variables de desempeño de las reglas de control/decisión de capturas evaluadas para la anchoveta. En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general.

Variable	RCC1	RCC2	RCC3	RCC4 0	RCC4 50	RCC4 100	RCC4_150	RCC4 200	RCC4_250	RCC5_a	RCC5_b
Sesgo_B	0.072	0.036	0.074		-	-	-	-	-	a	-
				-	-	-	-	-	-	-	-
Precision_B	0.119	0.109	0.132	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesgo_F	-0.058	-0.016	-0.066	-	-	-	-	-	-	-	-
Precision_F	0.106	0.102	0.131	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesgo_SPR	-0.277	-0.307	-0.308	-	-	-	-	-	-	-	-
Precisión_SPR	0.280	0.311	0.310	-	-	-	-	-	-	-	-
B/Brms_estimado	0.744	0.624	0.750	-	-	-	-	-	-	-	-
B/Brms_verdadero	1.041	0.914	1.077	1.654	1.439	1.135	0.797	0.788	0.632	1.092	0.958
Riesgo B <brms estimado<="" td=""><td>0.741</td><td>0.881</td><td>0.711</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></brms>	0.741	0.881	0.711	-	-	-	-	-	-	-	-
Riesgo sobre-explotación	0.472	0.596	0.446	0.078	0.169	0.390	0.623	0.636	0.733	0.435	0.550
Capturas prom (miles t)	129	170	123	0	50	100	150	200	250	99	126
CV_capturas	0.43	0.65	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.47
p(F>Frms & B <brms)(1)< td=""><td>0.329</td><td>0.433</td><td>0.432</td><td>0.000</td><td>0.004</td><td>0.307</td><td>0.623</td><td>0.636</td><td>0.733</td><td>0.422</td><td>0.532</td></brms)(1)<>	0.329	0.433	0.432	0.000	0.004	0.307	0.623	0.636	0.733	0.422	0.532
p(F>Frms & B>Brms)	0.172	0.341	0.103	0.000	0.000	0.022	0.188	0.246	0.260	0.145	0.402
p(F <frms &="" b<brms)<="" td=""><td>0.143</td><td>0.163</td><td>0.014</td><td>0.078</td><td>0.165</td><td>0.083</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.013</td><td>0.018</td></frms>	0.143	0.163	0.014	0.078	0.165	0.083	0.000	0.000	0.000	0.013	0.018
p(F <frms &="" b="">Brms)(2)</frms>	0.356	0.063	0.451	0.922	0.831	0.588	0.189	0.118	0.007	0.420	0.048
Prop influencia de RECLAS	0.557	0.311	0.250	-	-	-	-	-	-	0.052	0.180
Prop influencia de PELACES	0.394	0.318	0.347	-	-	-	-	-	-	0.893	0.520
Prop cuota inicial precautoria	0.049	0.371	0.403	-	-	-	-	-	-	0.055	0.300
Riesgo de agotamiento	0.036	0.066	0.102	0.000	0.010	0.089	0.260	0.268	0.367	0.064	0.075
Riesgo de sobrepesca	0.537	0.747	0.673	0.000	0.004	0.329	0.811	0.882	0.993	0.567	0.934
Prob de lograr la Cuota	0.985	1.000	0.995	1.000	1.000	1.000	0.900	0.560	0.750	1.000	1.000

<sup>(1)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante rojo del diagrama de Kobe

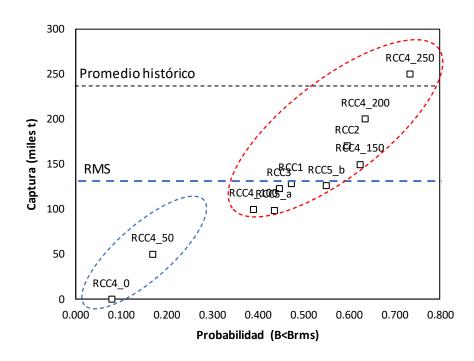
<sup>(2)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante **verde** del diagrama de Kobe

**Tabla 27**. Variables de desempeño de las reglas de control/decisión de capturas evaluadas para la sardina. En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general.

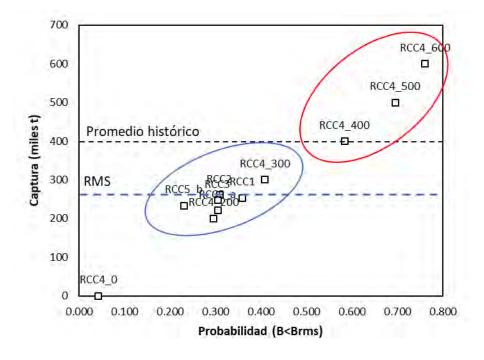
Variable	RCC1	RCC2	RCC3	RCC4_0	RCC4_200	RCC4_300	RCC4_400	RCC4_500	RCC4_600	RCC5_a	RCC5_b
Sesgo_B	-0.242	-0.242	-0.262	-	-	-	-	-	-	-	-
Precision_B	0.251	0.250	0.268	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesgo_F	0.016	0.017	0.040	-	-	-	-	-	-	-	-
Precision_F	0.127	0.117	0.117	-	-	-	-	-	-	-	-
Sesgo_SPR	-0.511	-0.504	-0.521	-	-	-	-	-	-	-	-
Precisión_SPR	0.512	0.504	0.521	-	-	-	-	-	-	-	-
B/Brms_estimado	0.614	0.655	0.654	-	-	-	-	-	-	-	-
B/Brms_verdadero	1.270	1.329	1.367	2.159	1.471	1.222	0.766	0.412	0.112	1.317	1.464
Riesgo B <brms estimado<="" td=""><td>0.801</td><td>0.794</td><td>0.797</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></brms>	0.801	0.794	0.797	-	-	-	-	-	-	-	-
Riesgo sobre-explotación	0.359	0.309	0.305	0.042	0.296	0.408	0.584	0.695	0.761	0.305	0.230
Capturas prom (miles t)	253	260	247	0.001	200	300	400	500	600	221	233
CV_capturas	0.383	0.504	0.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.301	0.455
p(F>Frms & B <brms)(1)< td=""><td>0.262</td><td>0.170</td><td>0.212</td><td>0.000</td><td>0.221</td><td>0.374</td><td>0.563</td><td>0.684</td><td>0.759</td><td>0.120</td><td>0.072</td></brms)(1)<>	0.262	0.170	0.212	0.000	0.221	0.374	0.563	0.684	0.759	0.120	0.072
p(F>Frms & B>Brms)	0.285	0.335	0.257	0.000	0.119	0.318	0.298	0.270	0.222	0.194	0.132
p(F <frms &="" b<brms)<="" td=""><td>0.097</td><td>0.139</td><td>0.093</td><td>0.042</td><td>0.075</td><td>0.034</td><td>0.021</td><td>0.011</td><td>0.002</td><td>0.185</td><td>0.158</td></frms>	0.097	0.139	0.093	0.042	0.075	0.034	0.021	0.011	0.002	0.185	0.158
p(F <frms &="" b="">Brms)(2)</frms>	0.356	0.356	0.438	0.958	0.585	0.274	0.118	0.035	0.017	0.501	0.638
Prop influencia de RECLAS	0.062	0.086	0.056	-	-	-	-	-	-	0.013	0.056
Prop influencia de PELACES	0.397	0.558	0.391	-	-	-	-	-	-	0.877	0.618
Prop cuota inicial precautoria	0.541	0.356	0.553	-	-	-	-	-	-	0.110	0.326
Riesgo de agotamiento	0.098	0.062	0.070	0.000	0.086	0.196	0.404	0.535	0.642	0.022	0.021
Riesgo de sobrepesca	0.547	0.505	0.469	0.000	0.170	0.346	0.431	0.477	0.491	0.314	0.204
Prob de lograr la Cuota	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.940	0.700	0.485	0.650	1.000	1.000

<sup>(1)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante rojo del diagrama de Kobe.

<sup>(2)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante verde del diagrama de Kobe



**Figura 67**. Probabilidad de sobreexplotación del stock de anchoveta para diferentes estrategias de explotación y niveles de captura promedio.



**Figura 68**. Probabilidad de sobreexplotación del stock de sardina para diferentes estrategias de explotación y niveles de captura promedio.

## Regla de decisión Mixta (RCC6)

Las variables de desempeño muestran que independientemente de la regla mixta, las capturas de largo plazo de la pesquería fluctuarían en torno a las 458 mil toneladas, pero de gran variabilidad (cv>0.4). Esta variabilidad resultaría mayor en la opción RCC6 2, en la cual ambos cruceros son empleados para definir la cuota final del año (Tabla 28). En cualquiera de los casos, la variabilidad de las capturas sería mayor en la pesquería de sardina que en anchoveta. El riesgo de sobrepesca y sobre-explotación (1er quadrante del diagrama de Kobe) superaría el 50% en sardina y menos del 18% en la anchoveta. Del mismo modo, el riesgo de agotamiento de sardina se aproxima al 50% en ambas reglas de decisión y al 100% de riesgo de sobre-pesca. Si bien esta regla está determinada por la variabilidad de los cruceros, la influencia de estos dependerá del nivel con que sea fijada la cuota inicial. En el caso que la cuota inicial fuese el 80% de la cuota del año inmediatamente anterior, esta situación determinaría la cuota anual en más del 47% de los casos. En este escenario la influencia de los cruceros alcanzaría en conjunto poco más del 50% de la decisión final (Tabla 28). En estas condiciones, la probabilidad de que la flota logre la cuota se estima es de un 57% (escenario 1) y de un 63% (escenario 2). Esta situación cambiaría radicalmente si se establece como criterio que la cuota inicial sea el 50% de la cuota del año anterior. En este caso, la captura sería levemente menor y fluctuaría en torno a las 436 mil toneladas, pero con mayor variabilidad que el caso antes analizado (cv>0.46). El riesgo que la pesquería en conjunto ingrese al estado de sobre-explotación se incrementa a más del 65% y el riesgo que uno de los dos recursos caiga en el estado de agotamiento se aproxima al 50% (sardina). No obstante, el desempeño de la pesquería podría ser más continuo considerando que la probabilidad de que la cuota sea alcanzada supera el 86%.

**Tabla 28**. Indicadores de desempeño de la regla de control de captura mixta para dos escenarios de combinación de los cruceros (RCC6 1 y 2) y dos niveles de criterio de proporción de captura inicial (p=0.5 – 0.8). En negrilla se destacan las variables relacionadas directamente con el procedimiento de manejo general.

	F	RCC6_1	F	RCC6_2		
p=0.8	Sardina	Anchoveta	Sardina	Anchoveta		
B/Brms	0.429	0.775	0.519	0.839		
Riesgo de sobreexplotación	0.882	0.704	0.869	0.662		
Capturas prom (miles t)	282	176	282	175		
CV_capturas	0.551	0.410	0.632	0.384		
p(F>Frms & B <brms)(1)< th=""><td>0.503</td><td>0.183</td><td>0.542</td><td>0.167</td></brms)(1)<>	0.503	0.183	0.542	0.167		
p(F>Frms & B>Brms)	0.067	0.122	0.082	0.147		
p(F <frms &="" b<brms)<="" th=""><td>0.000</td><td>0.218</td><td>0.001</td><td>0.247</td></frms>	0.000	0.218	0.001	0.247		
p(F <frms &="" b="">Brms)(2)</frms>	0.000	0.047	0.000	0.064		
Prop_reclas	0.265	0.265	0.293	0.293		
Prop_pelaces	0.277	0.277	0.234	0.234		
Prop_inicial	0.458	0.458	0.474	0.474		
Riesgo de agotamiento	0.584	0.133	0.472	0.098		
Riesgo de sobrepesca	1.000	0.535	0.998	0.502		
Prob de lograr la Cuota	0.570	0.570	0.625	0.625		
p=0.5	Sardina	Anchoveta	Sardina	Anchoveta		
B/Brms	0.504	0.789	0.540	0.835		
Riesgo de sobreexplotación	0.859	0.702	0.867	0.651		
Capturas prom (miles t)	273	162	247	155		
CV_capturas	0.675	0.462	0.749	0.426		
p(F>Frms & B <brms)(1)< th=""><th>0.742</th><th>0.204</th><th>0.823</th><th>0.174</th></brms)(1)<>	0.742	0.204	0.823	0.174		
p(F>Frms & B>Brms)	0.122	0.155	0.126	0.182		
p(F <frms &="" b<brms)<="" th=""><td>0.001</td><td>0.403</td><td>0.001</td><td>0.444</td></frms>	0.001	0.403	0.001	0.444		
p(F <frms &="" b="">Brms)(2)</frms>	0.000	0.103	0.000	0.150		
Prop_reclas	0.403	0.403	0.395	0.395		
Prop_pelaces	0.499	0.499	0.527	0.527		
Prop_inicial	0.097	0.097	0.078	0.078		
Riesgo de agotamiento	0.494	0.120	0.443	0.092		
Riesgo de sobrepesca	0.999	0.415	0.999	0.375		
Prob de lograr la Cuota	0.865	0.865	0.950	0.950		

<sup>(1)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante rojo del diagrama de Kobe

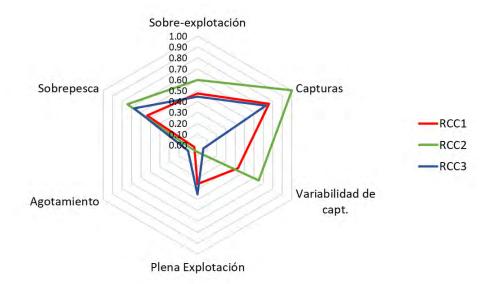
<sup>(2)</sup> Probabilidad de estar en el cuadrante **verde** del diagrama de Kobe

### 8.4.2 Diagramas de Radar

Como fue señalado en la metodología, se presenta a continuación para cada regla y sus variantes, diagramas de radar tanto para anchoveta como sardina. Cabe señalar que, para todos los gráficos de radar presentados, la variable "captura" es la única que se encuentra estandarizada respecto al mayor valor de cada grupo.

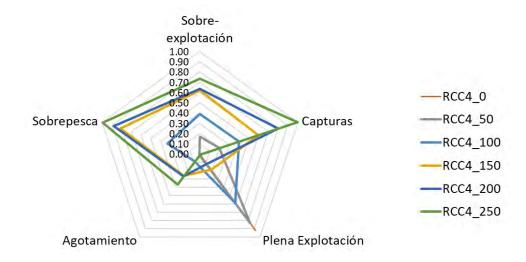
### Anchoveta

En la *Figura 69* se entregan los radares para las reglas de control de captura 1, 2, y 3. Entre estas reglas, las capturas promedio de las reglas 1 y 3 se mantienen similares, sin embargo, la variación de capturas de la RCC3 es muchísimo menor (6%) que la entregada por la RCC1 (43%). Además, la RCC3 presenta la mayor probabilidad de llevar al recurso a un estado de plena explotación (probabilidad de que F<Frms y B>Brms) con un 45% de probabilidades. La RCC2 presenta las mayores capturas, pero también la mayor variabilidad de éstas. Además, la RCC2 representa un mayor riesgo de sobrepesca y una menor probabilidad de llevar a la población a un estado de plena explotación. Si bien el mayor riesgo de agotamiento lo presenta la RCC3, este valor es bajo para las tres reglas presentadas.



**Figura 69**. Gráficas de radar para las reglas 1, 2, y 3 para el recurso *Anchoveta*. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados. Datos de captura estandarizados

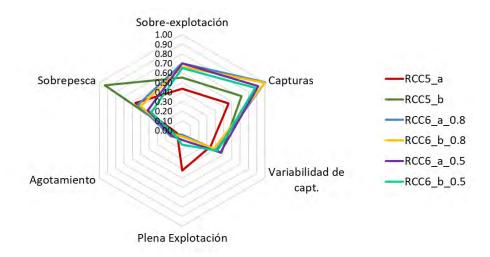
En la regla 4, se evaluaron 6 niveles de captura constante desde 0 a 250 mil toneladas (**Figura 70**) y destaca que la principal diferencia radica en las capturas promedio, y por tanto en los riesgos de la pesquería. El riesgo de sobreexplotación aumenta conforme aumenta la captura promedio, sin embargo, este aumento es cada vez menor (pero no por esto es bueno), llegando a un riesgo por sobre 60% para las capturas constantes entre 150 y 250 mil toneladas. Cabe destacar que este riesgo, así como el de sobre pesca y agotamiento, son relativamente similares para las variantes de 150 y 200 mil toneladas. Así mismo, la probabilidad de llevar a la población a un estado de plena explotación disminuye conforme aumentan las capturas.



**Figura 70**. Gráficas de radar para las variantes de la regla 4 para el recurso *Anchoveta*. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados.

Por último, se comparan en la **Figura 71** las variantes con y sin rampa de la RCC5 y las 4 variantes de la RCC6 (regla empírica mixta) señaladas en la metodología. Los datos señalan que la versión sin rampa bajo la RCC5 permite un mayor número de capturas que la RCC\_5a, asumiendo a su vez mayores riesgos en la pesquería. Cabe destacar que el riesgo de sobrepesca aumenta considerablemente cuando no se ocupa una rampa. La variante con rampa (RCC5\_a) es la única de éstas dos con probabilidades de llevar al recurso a un estado de plena explotación, mientras que la versión sin rampa (RCC5\_6) entrega elevadas probabilidades de sobrepesca del recurso. En

cuanto a la regla mixta (RCC6) es importante señalar que entrega elevadas capturas, pero con una variabilidad mayor. Así mismo, presenta en todas sus variantes, mayores probabilidades de sobreexplotación (sobre 65%), y bajas probabilidades de llevar al recurso a un estado de plena explotación (bajo un 15%).



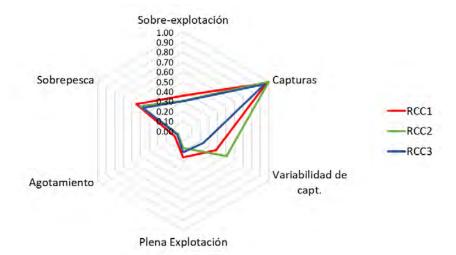
**Figura 71**. Gráficas de radar para las variantes de la regla 5 y 6 para el recurso *Anchoveta*. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados.

#### Sardina

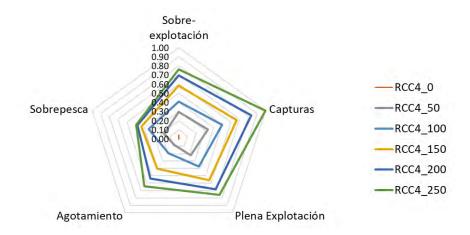
Para el caso de sardina, las reglas 1, 2, y 3 (*Figura 72*) entregan valores similares de captura promedio, sin embargo, la RCC2 es la que posee la mayor variación de capturas mientras que bajo la RCC3, las capturas varían en menor grado. Para este recurso, las variables de riesgo de sobreexplotación y sobrepesca presentan valores relativamente similares entre estas reglas. Se puede destacar la diferencia en los valores de riesgo de agotamiento, donde la RCC1 presenta el mayor riesgo de estas reglas, mientras que la RCC2 presenta el menor riesgo de agotamiento. Además, la RCC1 presenta la mayor probabilidad de llevar el recurso a un estado de plena explotación.

En cuanto a las variantes de la regla 4 (**Figura 73**), al igual que con el caso de anchoveta, el riesgo de sobreexplotación aumenta conforme aumenta la captura promedio. Además, la probabilidad

de llevar a la población a un estado saludable (cuadrante verde del diagrama de Kobe), disminuye conforme aumentan las capturas.



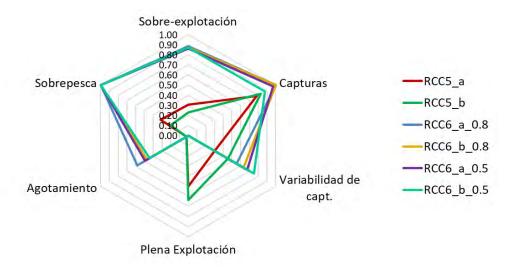
**Figura 72**. Gráficas de radar para las reglas 1, 2, y 3 para el recurso *Sardina*. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados.



**Figura 73**. Gráficas de radar para las variantes de la regla 4 para el recurso Sardina. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados.

Por último, se comparan las variantes con y sin rampa de la RCC5 y las variantes de la regla mixta RCC6 (*Figura 74*). Se observa que, si bien las variantes de la RCC5 entregan valores de captura relativamente similares a la RCC6, estos valores son menores y presentan menor variabilidad. Las variantes de RCC5 generan altas probabilidades de llegar a la plena explotación, estado que no es

posible alcanzar por ninguna variante de la regla 6. En cuanto a la regla mixta (RCC6) es importante señalar que, en todas sus variantes, lleva al recurso sardina a un estado de sobrepesca con una probabilidad del 100%, y presenta probabilidades de sobreexplotación sobre un 86%. En contraparte, esta regla no puede llevar en ningún caso al recurso a un estado de plena explotación. Con la RCC6 el recurso sardina es el que se ve mayormente afectado.



**Figura 74**. Gráficas de radar para las variantes de la regla 5 y 6 para el recurso *Sardina*. Se comparan para cada radar los indicadores de desempeño seleccionados.

## 8.4.3 La Hiper-Regla y su efecto en el procedimiento de manejo

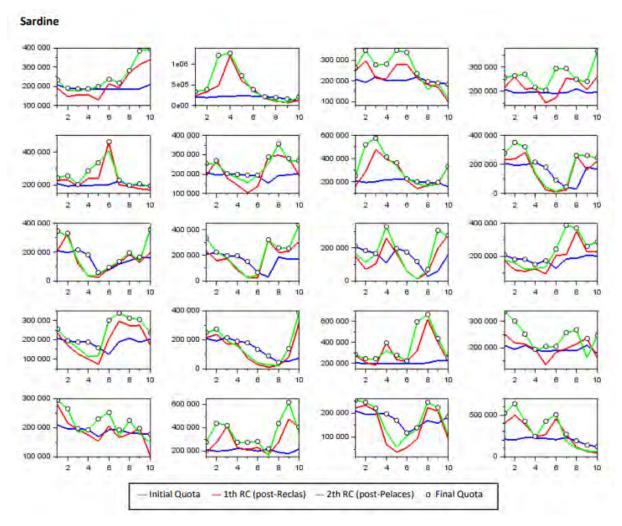
Independientemente de las reglas analizadas, se observan diferentes capturas recomendadas dependiendo de las campañas Reclas y Pelaces. En otras palabras y a modo de ejemplo, si el análisis de la campaña de otoño Pelaces sugiere una disminución en las capturas respecto a la campaña anterior (Reclas), la Hiper-Regla determina que se mantenga la captura primeramente establecida y de mayor captura recomendada.

Parra contextualizar este análisis, se seleccionó una de las 200 réplicas del análisis de la RCC2 para sardina (**Tabla 29**). Dentro de los años proyectados, los años 5, 6, y 10 sugieren una reducción de la captura tanto por parte del crucero Reclas como Pelaces. Sin embargo, la Hiper-regla indica que se mantenga la captura entregada a comienzo de año, puesto que es la más alta y no sería modificable esa recomendación.

**Tabla 29**. Capturas recomendadas por la RCC2 versus capturas finales efectivas, proyectado 10 años a futuro (replica aleatoria). (RC: Captura Recomendada. TAC: Cuota final/ Captura Total Permisible)

	Año										
	Etapa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RC	Inicial	208	197	198	192	197	197	194	193	226	225
	post-Reclas	273	223	200	172	147	179	213	550	340	199
	post-Pelaces	297	272	209	197	196	187	339	587	373	203
	Inicial	208	197	198	192	197	197	194	193	226	225
TAC	post-Reclas	273	223	200	192	197	197	213	550	340	225
	post-Pelaces	297	272	209	197	197	197	339	587	373	225

Para ambos recursos, este análisis permitió ahondar en el grado de incidencia o mayor impacto que tiene cada crucero en la CTP final. Así es posible determinar que para el recurso sardina, la implementación de la RCC2 hace que en un 56% de los casos el crucero Pelaces sea determinante en la captura total final, seguido de la cuota inicial con un 36% y finalmente el crucero Reclas con un 8% (*Figura 75*).



**Figura 75**. Ejemplo de 20 réplicas aleatorias para el recurso Sardina. En el eje x se muestran los años proyectados, mientras que en el eje y las capturas en toneladas.

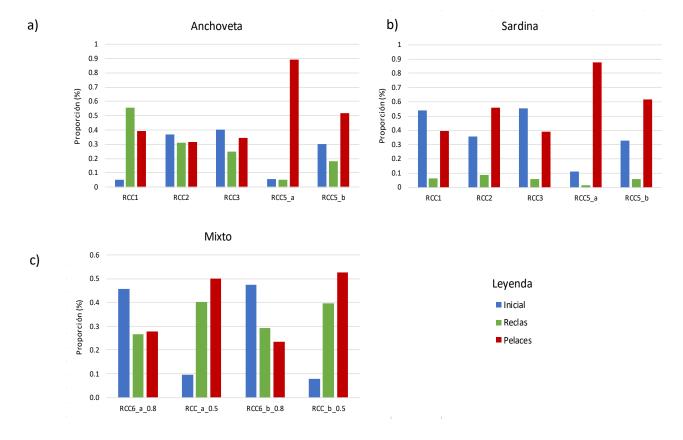
Para evaluar con más detalle estos efectos, se determinó para cada regla la incidencia que tuvieron la cuota inicial, crucero Reclas o crucero Pelaces en la cuota final determinada (*Tabla 30, Figura 76*). Este análisis fue realizado para las 200 réplicas de cada regla, para ambos recursos (incluyendo aquellas reglas de captura mixta). Cabe destacar que la RCC4 (con sus variantes) fue excluida del análisis al no presentar datos de evaluación de stock.

En la *Tabla 30* para el caso de las reglas mono-específicas y para el recurso anchoveta, la RCC1 indica que la mayoría de las veces el crucero Reclas determina la cuota final de captura (56%). Por otra parte, la RCC2 y la RCC3 presentan proporciones similares a la hora de determinar la cuota final. Es importante destacar que la RCC5 en sus dos variantes señalan que el crucero Pelaces es aquel que tiene mayor influencia en la decisión de la cuota final, destacando la versión RCC5a (versión con rampa) donde el Pelaces determina la cuota final en un 88% de las veces (*Figura 76a*). En cambio para el caso de la sardina, si bien hay reglas donde impera la cuota inicial (RCC1 y RCC3) o el crucero Pelaces (RCC2, RCC5a y RCC5b), es importante destacar que el aporte del crucero Reclas nunca supera el 9% en la determinación de la cuota final de captura (*Figura 76b*) quedando así con el menor grado de importancia de los tres.

Por último, bajo la RCC mixta se determinó que las variantes con valor de  $\rho$  = 0.8 señalan que la cuota inicial es aquella que incide en la cuota final en la mayoría de los casos (sobre un 45% de las veces). Mientras que en aquellas variantes con  $\rho$  = 0.5 se destaca que el crucero Pelaces es más influyente en la decisión de la cuota final (sobre un 50% de las veces para las formas a y b), seguido del crucero Reclas y por tanto dejando a la cuota inicial como un valor precautorio para comenzar el año (*Figura 76c*).

Tabla 30. Proporción de influencia de cada crucero en la cuota final determinada para el año.

	Anchoveta			Sardina			Mixto		
Regla	Inicial	Reclas	Pelaces	Inicial	Reclas	Pelaces	Inicial	Reclas	Pelaces
RCC1	0.05	0.56	0.39	0.54	0.06	0.40	-	-	-
RCC2	0.37	0.31	0.32	0.36	0.09	0.56	-	-	-
RCC3	0.40	0.25	0.35	0.55	0.06	0.39	-	-	-
RCC5_a	0.06	0.05	0.89	0.11	0.01	0.88	-	-	-
RCC5_b	0.30	0.18	0.52	0.33	0.06	0.62	-	-	-
RCC6_a_0.8	-	-	-	-	-	-	0.46	0.27	0.28
RCC6_a_0.5	-	-	-	-	-	-	0.10	0.40	0.50
RCC6_b_0.8	-	-	-	-	-	-	0.47	0.29	0.23
RCC6_b_0.5	-	-	-	-	-	-	0.08	0.40	0.53



**Figura 76**. Gráfico de barras representativas de la proporción de influencia de cuota inicial, crucero Reclas, y crucero Pelaces para los casos Anchoveta (a), Sardina(b) y Mixto (c).

### 8.4.4 Taller de Difusión de Resultados

Con el fin de cerrar el ciclo del presente proyecto, se generó un último taller denominado "Taller de Difusión de Resultados". Este taller se realizó en formato de *videoconferencia* vía plataforma "Zoom", el día 1 de octubre del 2020. Las invitaciones enviadas, así como la agenda propuesta para el taller se encuentran en el **Anexo 18**.

A lo largo de este taller participaron 33 personas, entre las cuales se encontraron integrantes de diversas ONG's, laboratorios de universidades, institutos de investigación, y de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. La lista de asistentes se presenta a continuación en el **Anexo 19**.

Tanto las presentaciones realizadas durante el taller, así como la grabación completa de éste, fueron subidas a una carpeta de Google Drive a disposición de todos los asistentes (https://drive.google.com/drive/folders/132Rj3L4rsTjDtSjrOiuFd2A04kTnTK6H?usp=sharing).

Estos archivos también serán entregados junto a la entrega del presente informe en formato digital.

En cuanto a los resultados de este taller, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura hizo entrega de observaciones que fueron rescatadas de este taller, con el fin de tenerlas consideradas para la entrega de resultados finales.

## 9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

# Fuentes de incertidumbre asociadas a la pesquería de la sardina común y anchoveta centro sur

Con la finalidad de identificar fuentes de incertidumbre, se revisó la información y conocimiento disponible para las especies estudiadas, tanto desde el punto de vista de la información que se utiliza para establecer el estado del recurso, como del conocimiento de la biología y características de la población bajo estudio. Existen numerosos elementos provenientes desde el monitoreo, la biología, estudios de estimación de abundancia y distribución (p. ej: cruceros acústicos), procesos de revisiones por pares y evaluación de stock (p. ej: modelos estructurados). Se identificó niveles de incertidumbre asociados a cada componente, y requerimientos de mejora de conocimiento que consideraron desde precisiones en los procesos de análisis, procesamiento y agregación de la información (como es el caso de los monitoreos y seguimientos) a otros aspectos metodológicos como es el análisis de sesgo de orilla, delimitaciones, selección de zonas y estimación de abundancia de los cruceros acústicos (Wiff et al. 2017). La fecha de realización de los cruceros constituye un factor relevante dadas las condiciones reproductivas y debido a la necesidad de que estos estudios se desarrollen adecuadamente en tiempo y espacio. Además, se debe poner atención a los coeficientes de variación obtenidos desde los cruceros, para hacer uso de ellos en los modelos poblacionales y también en la determinación de coeficientes de capturabilidad, aspectos relevantes en el condicionamiento del modelo operativo.

Por otro lado, la revisión del modelo de historia de vida de ambos recursos establece que la condicionante ambiental es crítica sobre la variabilidad de la abundancia de estas especies. El condicionamiento de modelos operativos incorporando índices ambientales, reduce la variabilidad de las estimaciones de abundancia y genera acciones de manejo con menor sesgo (Hurtado-Ferro et al., 2010). Adicionalmente, el descarte y sub-reporte son otros elementos destacados que presentan incertidumbre. Wiff et al. (2017) indican que hubo importantes discrepancias en los niveles de desembarque históricos reportados en ambos recursos, aportando grandes fuentes de incertidumbre en el nivel de remociones por parte de las flotas.

Las revisiones por pares (Ernst et al., 2013; Ernst et al., 2014) ponen atención en diversos elementos, tales como la necesidad de profundizar en la aplicación de reglas de captura de carácter mixto. En relación a la estructura y conocimiento de la biología, plantean utilizar escalas inter-anuales en los procesos de modelación de la población, así como avanzar hacia una selectividad diferenciada por temporadas, evitando establecer un patrón único de selectividad anual. En el marco del proceso de crecimiento, se señala por estas revisiones, la necesidad de desarrollar el modelamiento por cohortes como ocurre en las poblaciones de ambas especies intra-anualmente, ya que se genera un tipo de enmascaramiento en los procesos de crecimiento y madurez cuando se aplica una escala anual.

En relación con los tipos de incertidumbre, muchos de estos son interdependientes, y la incertidumbre total no puede ser descompuesta. Por lo tanto, no es suficiente la identificación de las fuentes de error y es necesario comprender la relación interactiva entre ellos (Kell et al., 2007). Schaab et al. (2015) indican que las fuentes de incertidumbre en las evaluaciones provienen de supuestos con respecto a: mortalidad natural, capturabilidad, relación stock-recluta, edad de madurez, inconsistencias retrospectivas, falta de contraste, errores de proceso y modelo.

Las fuentes de incertidumbre señaladas implican un desafío complejo ya que involucran diferentes instituciones, grupos de trabajo y estudios particulares, implicando la resolución o clarificación de incertidumbre de estudios y procesamiento de información con una alta demanda de capacidades técnicas y esfuerzo conjunto. En la implementación de la evaluación del procedimiento de manejo pesquero, la identificación de fuentes de incertidumbre es clave para evaluar si una estrategia de manejo es robusta y permite a la vez lograr determinados objetivos. Nuevas investigaciones, debiesen explorar los efectos de diferentes modelos operativos y escalas espaciales-temporales, permitiendo conocer los efectos de las estrategias y medidas de manejo bajo diferentes escenarios poblacionales. En este proyecto se identificaron dichas fuentes de incertidumbre desde dos vías independientes: a partir de la consulta a los usuarios, científicos y administradores, y otra por la vía del error de estimación generado en los modelos actualmente empleados para fines de evaluación y decisión.

## - Identificación de fuentes a partir de consultas

En la primera de estas vías, el conocimiento ecológico tradicional (CET) es un cuerpo acumulativo de conocimientos, prácticas y creencias que evolucionan por procesos adaptativos y pasan de generación en generación a través de la transmisión cultural (Berkes et al., 2000; Berkes 2008). Pese a los beneficios de incorporar el CET en el manejo pesquero, aún en nuestro país es necesario avanzar en el desarrollo de metodologías que permitan la incorporación de este tipo de conocimiento de manera apropiada. En este estudio, reconocer la experiencia de los usuarios se consideró fundamental para determinar tanto a la sostenibilidad de los diferentes recursos pesqueros y su actividad pesquera como también la situación económica y social del pescador. Por lo que se incorporó el CET tanto a los usuarios de la pesquería como sectorialistas de Subpesca e investigadores.

El principio en el que se soporta el levantamiento de información radica en un enfoque "participativo" de valor al conocimiento local y adaptativo para disminuir las fuentes de incertidumbre que permiten eventualmente una re-evaluación del modelo operacional y revisión de las acciones de manejo (Chevalier & Buckles, 2009). El instrumento de levantamiento de información primaria consideró criterios de selección de encuestados (dueños y capitanes de embarcaciones artesanales), localidades (caletas y puertos destacados) y tamaño de muestra mínimo requerido. Este tipo de procedimientos han sido desarrollados en experiencias nacionales sobre pesquerías bentónicas, acción que ha permitido disminuir errores o sesgos provocados en la aplicación de este tipo de aproximaciones (Tapia et al., 2006; González et al., 2018; Romo et al., 2018) y que comienzan a utilizarse de forma más frecuente en procesos de manejo pesquero y enfoque ecosistémico (Defeo, 2015).

La cantidad de encuestas realizadas, superó el tamaño mínimo requerido inicialmente, lográndose encuestar a 64 usuarios, distribuidos en una amplia cobertura geográfica desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Ríos. No obstante, se evidenció un alto nivel de rechazo (29%), producto de la desconfianza de algunos actores a entregar antecedentes al sistema administrativo pesquero, factor indicativo de la complejidad de los sistemas socio-ecológicos, aumentando la tensión y las asimetrías entre usuarios (Wilson, 2006).

## - <u>Identificación de fuentes a partir de errores de estimación</u>

Existe consenso para ambos recursos que debieran ser modelados de manera espacialmente explicita, debido a que sus patrones migratorios son gatillados por procesos reproductivos, de crianza y de crecimiento. No obstante, la implementación de un enfoque espacial conlleva aproximaciones que difícilmente pueden ser abordadas en el corto plazo dada la complejidad de los datos y vacíos en los mismos, en donde además no hay información completa acerca de la distribución espacial en términos de la abundancia y de la actividad pesquera. Esta misma herramienta permitió que las reglas de decisión propuestas fueran consideradas y validadas por las partes, para posteriormente ser empleadas e implementadas en el proceso de evaluación de estrategias de manejo. La opinión de los usuarios permitió identificar variables de desempeño como el grado de variación de las capturas futuras a modo de indicador de la estabilidad económica de la operación. En el mismo sentido, los usuarios relacionaron que la protección del empleo corresponde al nivel de cuota de pesca. No obstante, el deseo de incorporar nuevos indicadores que se relacionen con la dimensión social se debe balancear con los ámbitos biológicos y ecnómicos del manejo pesquero (Benson y Stephenson, 2018).

Otra de las fuentes de incertidumbre analizadas fueron las medidas de sesgo y precisión que tienen los modelos de evaluación evaluados, así como el nivel de información que tienen los datos empleados en la estimación de la escala poblacional. En este caso, es de relevancia que los modelos no tiendan a sobre-estimaciones. De los 4 modelos analizados (IFOP, PUCV, INPESCA y SS3), el modelo PUCV trimestral con dinámica en tallas mostró los menores niveles de sesgo en la estimación del reclutamiento (-5.9%), mortalidad por pesca (-3.4%) y biomasa (1.7%), mientras que el modelo INPESCA fue aquel que presentó el mayor nivel de sesgo, representando una sobreestimación del 30% en la biomasa de sardina para los últimos tres años de estudio. El modelo IFOP (actualmente empleado para fines de decisión) presentó patrones de sesgo sistemáticos e incrementales para los últimos tres años.

En cuanto a la calidad de la información empleada en el modelo IFOP, los perfiles de verosimilitud del reclutamiento promedio mostraron notables inconsistencias entre fuentes de datos y para la anchoveta, la composición de edades de las capturas y la biomasa del crucero de

verano (RECLAS) corresponden a los datos que aportan mayor información en la escala poblacional estimada por el modelo de evaluación. Para la sardina se destaca la fuerte influencia de la composición de edades de las capturas y la notable consistencia que hay entre la composición de edades y la biomasa del crucero RECLAS; esto a diferencia de la fuerte inconsistencia entre la composición de edades del crucero PELACES y su propia biomasa.

Es importante destacar el sesgo que ocasiona el valor de Brms para fines de estatus y decisión final. El valor de Brms obedece a un acuerdo establecido en talleres pasados, más que a una medida funcional verificable. Para todos los efectos, el valor de Brms está sobre-estimado y no corresponde al 55% de la biomasa virginal, sino a una proporción mucho mayor. De esta forma, al aplicar el valor Frms no se logra en el largo plazo el valor de Brms, generando con ello una condición artificial de sobreexplotación permanente con las consecuencias que conlleva para la pesquería. Esto es más acentuado en el caso de un recurso disminuido como es la anchoveta. Como medida remedial se debería considerar puntos biológicos de referencia dinámicos que bajo condiciones de simulación sean alcanzables de manera coherente con el criterio de explotación objetivo.

### Desarrollo de modelos operativos incluyendo distintas fuentes de incertidumbre

Para la implementación del Modelo Operativo (MO) de sardina y anchoveta, se exploraron dos modelos estructuralmente distintos: uno es el modelo de evaluación en escala anual actualmente empleado (IFOP) y otro es un modelo trimestral con dinámica en longitudes (Canales et al, 2019). Se desestimó la posibilidad de implementar un modelo espacialmente explícito debido a las limitaciones en el condicionamiento del mismo ya que para el condicionamiento de un modelo se requiere de parámetros que reflejen el conocimiento actual y se ajusten a los datos, pero esta situación no ha sido explorada a la fecha en un enfoque espacial. Los parámetros y su desviación estándar, de los modelos anual y trimestral, fueron tratados como variables aleatorias de distribuciones de probabilidad conocidas en el error de proceso. Otras fuentes de error de proceso fueron los desvíos anuales de los reclutamientos y la mortalidad natural, la cual se supuso variando uniformemente en torno al 20% de su valor central. El error de observación quedó determinado

por los mismos supuestos distribucionales considerados en los modelos de estimación: distribuciones log-normal tanto para índices como capturas y multinomial para las composiciones de edades de las capturas. Cabe destacar que en el modelo trimestral PUCV, los patrones estacionales del reclutamiento estimados mostraron dos máximos en anchoveta (uno en verano y otro en invierno-primavera), mientras que en la sardina solo domina el reclutamiento de verano.

Los modelos operativos implementados en lenguaje SCILAB y sus ensayos de simulación para sardina y anchoveta consideraron proyecciones a 25 años en el modelo en edades (IFOP) y 40 trimestres para el modelo estacional PUCV. De esta forma se pudo verificar la reproducibilidad de datos de cruceros, capturas, composiciones de tallas y composiciones de edades. Este ensayo permitió advertir la potencialidad de los modelos y de los ajustes necesarios a partir de la opinión de todas las partes interesadas. Asimismo, este ejercicio permitió explorar la potencialidad y viabilidad de desarrollar modelos de simulación a distintas escalas temporales y estructurales. Sin perjuicio de esto, los análisis formales fueron llevados adelante en base al modelo de estimación de IFOP, el cual es el procedimiento de estimación aceptado en el marco del manejo pesquero de estos recursos. La simulación de las distintas estrategias fue implementada sobre la base de 10 años a futuro, tiempo suficiente para reproducir uno o dos ciclos vitales de pequeños pelágicos. Una de las cuestiones relevantes es que, si bien los MO dependen inicialmente de la evaluación de stock más reciente, luego de 5 años el efecto inicial se pierde y predominan sólo las fuentes de incertidumbre consideradas. El condicionamiento inicial de los MO consideró las estimaciones puntuales y el error estándar de los parámetros del modelo de evaluación. Sin embargo, para fines de simulación no se consideraron efectos de correlación de parámetros dado que este efecto se debe a la estructura del modelo matemático más que a cuestiones puramente naturales. En este sentido, las variables poblacionales simuladas fueron tratadas como variables independientes idénticamente distribuidas. La simulación de las observaciones consideró supuestos de distribución de los errores, de tal manera que las capturas y biomasas acústicas fueron perturbadas por errores aleatorios de distribución lognormal cuya desviación estándar correspondió exactamente a los coeficientes de variación supuestos en la evaluación de stock. Las composiciones de edades fueron tomadas desde una distribución multinomial con tamaños efectivos de muestra similares a los empleados en la evaluación.

En las simulaciones, el modelo operativo generó reclutamientos aleatorios anuales en torno al valor de RO influenciando de manera significativa la dinámica de sobrevivencia de toda cohorte. En este proceso también se consideró variabilidad en la mortalidad por pesca, ya que fue perturbada a través de la variabilidad de los parámetros de la función de selectividad y también se produjeron perturbaciones en la estimación de la captura a la edad, afectada también por el tamaño de muestra (menor a 50) considerado en el remuestreo de una distribución multinomial. En lo que respecta a la biomasa de los cruceros, ésta estuvo perturbada tanto por el error de proceso lognormal en la capturabilidad como por el error de observación, cuyo coeficiente de variación fue fijado a partir del valor más reciente empleado en la evaluación de stock.

Los modelos operativos fueron implementados de manera independiente para sardina y anchoveta, y cada uno de ellos fue extendido a las particularidades de las reglas de decisión analizadas. En el caso de una dinámica mixta, se formuló un modelo en el cual ambas dinámicas poblacionales coincidieron en el mismo código de programación, con el fin de acercase lo más posible a la realidad de ambas especies y la pesquería de cada especie, fue entonces simulada de manera simultánea pero en escala cronológica independiente (año calendario para anchoveta y año biológico para sardina). Entonces solo se generaron los cruceros de enero y verano en función de las dinámicas de cada especie, y el procedimiento de manejo basado solo en la variabilidad de los cruceros fue entonces evaluado. Cabe destacar que los tiempos de operación/simulación fueron considerables, particularmente cuando se evalúan procedimientos dependientes del ajuste del modelo de evaluación de stock. Una corrida de 200 simulaciones proyectadas a 10 años para cada regla de decisión demoró entre 10 y 12 horas en un computador con procesador i7. Un menor tiempo se obtiene de las reglas empíricas basadas solo en los cruceros, cuyos tiempos no superan 1 hora para el mismo número de réplicas.

Como desafío futuro, se propone examinar la dinámica intra-anual de ambas especies en un modelo basado a la talla, lo cual permitiría obviar el problema de la cronología año calendario o año biológico. Esta problemática, arrastrada por muchos años, proviene de la lectura de otolitos y de la asignación de edades. En este sentido, en este trabajo implementamos con pleno éxito el modelo talla-basado desarrollado por Canales et al (2019) en escala trimestral para ambas especies, el cual se propone como modelo de evaluación de stock alternativo para el diagnóstico

de poblaciones. Del mismo modo, este modelo podría ser precursor de un MO en escala de tiempo intra-anual que además puede ser extendido a la escala espacial, con el fin de incorporarla como otra de las fuentes de incertidumbre no tratadas en este estudio. Esto último demandaría trabajos adicionales respecto de hipótesis plausibles sobre procesos migratorios. En este MO, la composición en tallas de los cruceros y capturas podría ser convertida a composición por edades conforme a los criterios de asignación de edades de IFOP. Esto permitiría evaluar si esta fuente de error de observación es determinante en el proceso de toma de decisiones actual soportado en un modelo anual basado en edades.

# Evaluación de distintos procedimientos de manejo en la pesquería de anchoveta y sardina en la zona centro sur

Se implementaron 6 reglas/escenarios de decisión de capturas, 5 de las cuales fueron monoespecíficas y una de carácter mixto. Entre estas reglas se destacan aquellas en las cuales no se considera la evaluación de stock como enfoque tradicional, sino la variabilidad de los cruceros para fines de decisión (Reglas RCC4, RCC5 y RCC6). En la cultura tradicional de manejo pesquero se cree que la evaluación de stock (ES) es la piedra angular en todo este proceso. Muy por el contrario, la ES debe ser entendida como una herramienta que provee una "estimación" o percepción del estado de situación del recurso, sujeta a sesgo de estimación del instrumento empleado. Esto significa que las decisiones de manejo habituales han sido tomadas en base a información esencialmente imperfecta y desconocemos si esta modalidad será exitosa en relación a los objetivos de manejo propuestos.

Independientemente de las estrategias analizadas, los análisis mostraron que en todas las estrategias donde se considera la evaluación de stock (RCC1, RCC2 y RCC3), los riesgos de sobrepesca y sobreexplotación son elevados; siendo las probabilidades de sobre-expotaciónmayor en anchoveta (sobre 45%) que en sardina (sobre 30%). Esto no debería de extrañar si el objetivo de manejo es mantener la biomasa poblacional en torno al Brms. El valor de la mediana significa precisamente que la mitad de las veces los escenarios se encontraron por debajo del valor objetivo. Lo que es destacable son las particularidades de cada estrategia y cómo estas podrían

orientar la elección de una de ellas. Para tal efecto son varios los indicadores de desempeño que deberían ser considerados. Desde la perspectiva del pescador, la estabilidad y magnitud de las capturas es un tema prioritario, y en tal sentido, la regla de captura propuesta por el Comité de Manejo (RCC2) sería la de mejor desempeño en capturas, pero no así en estabilidad. Esta regla ofrecería en conjunto el mayor valor esperado de capturas mixta (430 mil t) pero generaría importante variabilidad interanual. Esta variabilidad se debería precisamente a las discontinuidades en la decisión respecto de la posición en que se encuentre la estimación poblacional. El procedimiento actual (RCC1) si bien presentó una captura ligeramente menor, mostró una leve pero mayor estabilidad con elevados coeficientes de variación (sobre el 40%). Otra estrategia evaluada fue considerar una decisión tipo rampa con pivote en Brms (Regla RCC3), la cual si bien mostró la mayor estabilidad promedio en las capturas (variabilidad de 14%), sus capturas fueron las más bajas de los tres escenarios considerados. Es evidente que máximas capturas y mínima variabilidad en la pesquería son incompatibles.

Una forma de contrastar lo anterior fue probar niveles de capturas constantes independientes del seguimiento de la pesquería, cruceros y la evaluación de stock. Este ejercicio mostró que existe un bajo riesgo de caer en sobreexplotación, más aún sin explotación (menor al 8%). Este riesgo es de origen natural y podría ser originado debido a posibles fallas en los reclutamientos. Los análisis permiten corroborar que los valores sostenibles de la pesquería en su conjunto son poco más de 400 mil toneladas, y que capturas mayores a las 550 mil toneladas generarían riesgos de agotamiento mayores al 30%. Los resultados indican que las expectativas de los usuarios son insostenibles y que los eventos de buenos niveles de capturas récord han sido más bien parte de la variabilidad de los reclutamientos y que en ningún caso son sostenibles. A nivel individual, la pesquería de anchoveta no podría sostener capturas mayores a 150 mil toneladas, pues no solo incrementa el riesgo de agotamiento, sino que además en el 50% de los casos la cuota no podría ser alcanzada. La misma situación si las capturas de sardina se mantienen de manera sostenida por sobre las 300 mil toneladas.

Otro escenario evaluado fue el de generar decisiones de capturas basadas en la variabilidad de los cruceros (reglas empíricas). Estos cruceros están sujeto a importantes fuentes de variabilidad debido entre otras fuentes, a cambios en la capturabilidad. El análisis entregó como

resultado y en ambas especies, capturas que en promedio resultaron más bajas que las esperadas bajo el procedimiento de manejo actual, pero con similares niveles de variabilidad. Consecuentemente, los niveles de riesgo de sobreexplotación y sobrepesca disminuyen ligeramente y generan que la biomasa alcance valores incluso por sobre Brms. Se estima que esto podría ser corregido en la medida que la captura de largo plazo establecida como referencia, sea mayor al RMS de cada especie.

En base a una regla mixta, en la cual coinciden las dinámicas de sardina y anchoveta al mismo tiempo, los análisis mostraron que las capturas de largo plazo superarían las 430 mil toneladas, pero con riesgos elevados, esto si consideramos que la probabilidad de agotamiento de sardina puede llegar a superar el 58%. Bajo estas condiciones, una regla mixta pondría en mayor riesgo a la especie dominante mientras el riesgo de agotamiento para la especie menos abundante (anchoveta) se mantendría en torno al 10%. Estos análisis mostraron que la pesquería en conjunto bordea las 400 mil toneladas y en donde la sardina asoma como la especie más dominante con cerca del 66% de participación.

La pesquería de estos pelágicos es en extremo variable, en la cual no es posible compatibilizar una estrategia de estabilidad con altos niveles de capturas. Se estima que esta variabilidad podría ser mayor si no existiera la decisión de captura superlativa de no reducir las cuotas al interior del año. Esta "Hiper-Regla" determina que el valor de la cuota final asignada nunca disminuya, aun cuando las estimaciones de los cruceros realizados entreguen valores menores, manteniéndose así el valor inicialmente establecido. En otras palabras, esta regla cumple una función práctica que impide que pescadores capturen el total de la cuota los primeros meses en caso de disminuir la cuota en base a los cruceros siguientes. El análisis nos entrega indicios sobre la proporción de veces en que un crucero o cuota determinó la cuota final, y nos entrega una idea de cuán influyente son los cruceros en la cuota final dependiendo de la especie y de la regla de decisión. En efecto, mientras en la regla actual RCC1 el crucero Reclas fue el más influyente en anchoveta y el Pelaces en sardina, la situación en anchoveta cambia radicalmente en la regla RCC2 en la cual las tres fuentes resultaron igualmente determinantes. En este sentido, resultaría relevante realizar un análisis histórico que permita revisar el comportamiento de esta Hiper-Regla

y la contribución de los cruceros en RCC1 con el fin de corroborar o descartar las evidencias determinadas en este trabajo.

La evaluación de estrategias de manejo en estas pesquerías involucra un desafío permanente tanto en mejorar la comprensión sobre la dinámica de estos recursos como en la identificación de aquellas estrategias que permitan no solo la sostenibilidad de la pesquería y de las poblaciones, sino que además representen los intereses de todas las partes involucradas en las pesquerías.

### 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto FIP 2018-49 "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común", se puede concluir lo siguiente:

#### Fuentes de incertidumbre

- Las principales fuentes de incertidumbre identificadas radican en los siguientes aspectos; los supuestos de homogeneidad de la unidad de stock; la falta de entendimiento de la interacción técnica en la captura, descarte y sub-reporte; la representatividad de los índices de abundancia acústica; la especificación temporal del modelo de estimación; las escalas espacio-temporales intra-anuales empleados en el modelo de dinámica poblacional; y los supuestos sobre la selectividad o patrón de explotación.
- Los modelos de estimación tienen niveles de sesgo importantes e incrementan las fuentes de incertidumbre de manera distinta en anchoveta y sardina, particularmente para los tres años más recientes.
- El sesgo sistemático en las estimaciones de un modelo de evaluación no compromete el éxito de un procedimiento de manejo.
- El valor de biomasa de referencia Brms está sobreestimado debido a un procedimiento adhoc y genera una falsa percepción de sobreexplotación. En este sentido se hace recomendable revisar este procedimiento y establecer Brms a partir del valor RO o bien, en forma dinámica.

## **Modelos operativos**

 El uso de la plataforma de simulación SCILAB demostró ser eficiente y efectiva tanto en el uso de recursos, su simpleza en los códigos de programación, rapidez, y generación inmediata de resultados gráficos.

- El hecho de no considerar correlación de parámetros permite simulaciones independientes entre procesos. Esta situación a su vez posibilita independizarse de la calidad del modelo de evaluación de stock empleado.
- El condicionamiento inicial de los modelos pierde relevancia luego de un ciclo generacional proyectado en el futuro (5 años). El error de proceso asociado al reclutamiento es el más determinante, principalmente en recursos de vida corta como son las especies analizadas.
- Los tiempos de operación/simulación pueden ser considerables, particularmente cuando se evalúan procedimientos dependientes del ajuste del modelo de evaluación de stock. Un menor tiempo se obtiene de las reglas empíricas basadas solo en los cruceros.
- Considerando que el mejor desempeño se obtiene con un modelo en escala trimestral y
  dinámica en tallas, se recomienda que un enfoque como este debería ser explorado como
  modelo de evaluación alternativo para el diagnóstico de poblaciones. Este modelo podría
  ser precursor de un modelo operativo y extenderlo a la escala espacial. Sin embargo, esto
  último demandaría trabajos adicionales respecto de hipótesis plausibles sobre procesos
  migratorios.

### Evaluación de Estrategias de Manejo

- Todas las reglas de decisión dependientes de la evaluación de stock lograron el objetivo de manejo en el largo plazo, pero con altos riesgo de sobrepesca y sobreexplotación. Esto no debería de extrañar si el objetivo de manejo es mantener la biomasa poblacional en torno al Brms (valor de la mediana).
- La regla de captura propuesta por el Comité de Manejo (RCC2) generaría mayores capturas (estimadas en 430 mil toneladas combinadas sardina-anchoveta), pero sujetas a una mayor variabilidad interanual. Esta variabilidad se debe a las discontinuidades que presentan los perfiles de la mortalidad por pesca respecto de la biomasa.
- En condiciones sin explotación y producto de la variabilidad del reclutamiento pelágico, el riesgo de disminución de la biomasa desovante se estima por debajo de Brms se estima en un 8%.

- El nivel de capturas máximas sostenibles para el conjunto de la pesquería es poco más de 400 mil toneladas. Capturas mayores a las 550 mil toneladas generarían riesgos de agotamiento mayores al 30%.
- Las expectativas de los usuarios en cuanto a niveles de capturas totales por sobre las 600
  mil toneladas son inviables. Los eventos de buenos niveles de capturas récord históricas
  se deberían a eventos exitosos de los reclutamientos y en ningún caso son sostenibles.
- La pesquería de anchoveta no podría sostener capturas mayores a 150 mil toneladas, pues no solo incrementa el riesgo de agotamiento, sino que además en el 50% de los casos la cuota no podría ser alcanzada. La misma situación si las capturas de sardina se mantienen de manera sostenida por sobre las 300 mil toneladas.
- Las reglas empíricas monoespecíficas basadas en el desempeño de los cruceros, generan estimaciones de capturas más bajas que en el procedimiento de manejo actual, con niveles similares de variabilidad y menor riesgo de sobreexplotación.
- La implementación de reglas mixtas determina capturas de largo plazo superiores a 430 mil toneladas, pero con riesgos de sobreexplotación superiores al 50% para la especie más abundante (sardina), y reduce el riesgo de agotamiento al 10% para la especie menos abundante (anchoveta).
- La "Hiper-Regla" reduce la variabilidad de las cuotas de pesca y permite el normal desarrollo de la pesquería dentro del año. Esta regla determina en gran medida la influencia que los cruceros acústicos pueden tener en la cuota final, siendo distinto entre especies y reglas.
- En el procedimiento de manejo actual, el crucero Reclas resultaría ser el más influyente en anchoveta y el Pelaces en sardina.
- El estimador de la biomasa de referencia Brms debe ser evaluado en cuando a su consistencia respecto de la mortalidad por pesca objetivo Frms. En tal sentido, se considera que Puntos Biológicos de Referencia dinámicos podrían ser más adecuados para pesquerías dependientes de la variabilidad del reclutamiento.

## Recomendaciones de expertos independientes

A partir de la revisión realizada por expertos internacionales y en extensión a los futuros análisis para mejorar la implementación de la EEM, las principales recomendaciones realizadas por Dr. Jim lanelli y Dra Carryn de Moor se refieren a:

### Aspectos generales

- Incrementar las capacidades de investigación nacionales en relación a formación de investigadores entrenamiento en modelaciones complejas y generar acciones para la identificación de objetivos en las pesquerías por parte de grupos de interés.
- Los candidatos a procedimientos de manejo (cPM), relacionados con los cruceros Reclas y
  Pelaces deben ser explorados y extendidos en relación a indicadores de fracciones
  poblacionales (i.e. adultos y juveniles).
- Es necesario incluir restricciones a rendimientos y/o capturas en los cPM.
- En relación a la regla propuesta por el CM, se deben evitar las acciones por discontinuidad entre estados del recurso, buscando que estas se correspondan por ejemplo con probabilidades de no caer por determinado nivel de biomasa total, desovante u otro.
- La configuración de datos de MO, debe estar respaldada y disponible para su exploración con cualquier de los PM que sean evaluados/seleccionados para los fines de manejo.
- Es necesario evaluar restricciones por ejemplo al esfuerzo y la Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE).

## En relación al Modelo Operativo

- Realizar test de robustez con condición plausibles, pero poco probables, como pueden ser condiciones de bajos reclutamientos en años continuos.
- Las proyecciones deben ser contrastadas contra variabilidad histórica de las capturas y reclutamiento.

• Asegurar la información de simulación para que esté disponible en próximos años.

## Indicadores de desempeño

- Simplificar y clarificar la estimación y definición de PBR utilizados, i.e. utilización de PBR dinámicos.
- Seleccionar y acotar determinados indicadores de desempeño para la selección de cMP.
- Representación gráfica basada en la mediana y percentiles.
- Realizar proyecciones sin capturas para verificar límites de fluctuaciones naturales, de manera de establecer niveles razonables en condiciones con explotación.
- Se sugiere establecer niveles de riesgo bajos para los TAC iniciales.
- Se requiere establecer estabilizadores de control con respecto a F por ejemplo. También se puede entender como una corrección en las reglas de control.
- Para evaluar si los datos están siendo adecuadamente generados. Se debe contrastar la mediana y rango simulado contra las futuras observaciones, chequeando si valores bajos y altos son realistas en la historia de la pesquería.
- Extender los datos simulados para chequear los sesgos en los modelos de estimación.
- Realizar test de robustez forzando bajos reclutamientos consecutivos basado en niveles históricos.
- Realizar un test de robustez con una variación en el TAC final de un +- 20%.
- Revisar el impacto de modelos operativos con diferentes características como escalas temporales, modelos edad vs talla estructurados.

# 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, M., B. Ernst., C. Gatica. S. Vásquez. 2014. Bases conceptuales para la aplicación de una Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) en sardina común (Strangomera bentincki) y anchoveta (Engraulis ringens) en Chile Centro-Sur. Lat. Am. J. Aquat. Res. Vol. 42. N° 3.
- Arteaga., M. 2017. Evaluación de stock y estatus de los recursos pelágicos sardina común y anchoveta 2019. CBA preliminar 2019. Doc. Tec. Instituto de Investigación Pesquera.
- Bentley, N, K. Stokes., 2011. Fisheries management procedures: a potential decision-making tool for fisheries management in California. Quantitative Resource Assessment LLC. La Jolla, California, USA: 65 pp.
- Berkes, F., J. Colding y C. Folke. 2000. "Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management". Ecological Applications, 10: 1251-1262.
- Berkes, F. 2008. La pesquería de pequeña escala: alternativa al manejo convencional de recursos. En El Manejo de las Pesquerías en Ríos Tropicales de Sudamérica, editado por D. Pinedo y C. Soria, pp. 443-459. Mayol Ediciones, Bogotá.
- Branch, T. A. 1998. Assessment and adaptive management of Orange roughy off southern Africa. MSc thesis, University of Cape Town. 202 pp.
- Butterworth, D. S., & H.F., Geromont. 1997. Evaluation of a range of possible simple interim management procedures for the Namibian hake fishery. Report to the Ministry of Fisheries and Marine Resources, Namibia. 28 pp.
- Butterworth, D.S. y Punt, A.E. 1999. Experiences in the evaluation and implementation of management procedures. ICES J. Mar. Sci. 56. 6: 985-998.
- Butterworth, D.S. 2007. Why a management procedure approach? Some positives and negatives, ICES Journal of Marine Sciences 64:613-617.
- Caballero, L. 2013. Propuesta de distribución de las cuotas de pesca del Régimen Artesanal de Extracción (RAE) en la pesquería de pequeños pelágicos de la Región del Biobío bajo el enfoque del desarrollo sostenible.
- Cadima, E.L. 2003. Manual de evaluación de recursos pesqueros. Documento Técnico de Pesca. No. 393. Roma, FAO. 2003. 162p.
- Canales, C. M. 2012. Estimating the catchability for acoustic surveys. The case of a small pelagic in the Southern of Chile. Seminary/Workshop on Stock Assessment Model Validation. Viña del Mar, Chile.

- Canales C.M., Company, J.B. Arana, P.M. 2016. Using a length-based stock assessment model to evaluate population structure hypotheses of nylon shrimp Heterocarpus reedi (Decapoda, Caridea) exploited off central Chile. Fish. Res., 183: 360-370.
- Canales, C.M., Adasme, N.A., Cubillos, L.A., Cuevas, M.J., Sánchez, N., 2018. Long-time spatio-temporal variations in anchovy (Engraulis ringens) biological traits off northern Chile: an adaptive response to long-term environmental change? ICES J. Mar. Sci. 75(6): 1908-1923.
- Canales, C. M., Cubillos, L. A., Cuevas, M. J., Adasme, N. A., Sánchez, N. 2019. Applying separability assumption in a length-based stock assessment model to evaluate temporal effects of recruitments process error of small-pelagic fish. Fish. Res. 217: 108-121.
- Castillo-Jordán C., L.A., Cubillos., E. Navarro. 2010. Inter-cohort growth rate changes of common sardine (Strangomera bentincki) and their relationship with environmental conditions off central southern Chile. Fisheries Research. 105: 228-236.
- Claramunt. G. Cubillos. L. Castro. L. Hernández. C. & M. Arteaga. 2014. Variations in the spawning periods of Engraulis ringens and Strangomera bentincki off the coasts of Chile: a quantitative analysis. Fisheries Research. Vol 160, pag., 96-102.
- Cochrane, K. L., D. S. Butterworth., J. A. A De Oliveira., B.A Roel. 1998. Management procedures in a fishery based on highly variable stocks and with conflicting objectives: experiences in the South African pelagic fishery. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 8: 177-214.
- Cubillos, L., M. Canales, A. Hernández, D. Bucarey, L. Vilugrón y L. Miranda. 1998. Poder de pesca, esfuerzo de pesca y cambios estacionales e interanuales en la abundancia relativa de Strangomera bentincki y Engraulis ringens en el área frente a Talcahuano, Chile (1990-1997). Investigaciones Marinas, Valparaíso. 26: 3-14.
- Cubillos L., 1999. Estrategia reproductiva, crecimiento y reclutamiento de Strangomera bentincki (Norman, 1936) en el sistema de surgencia de la zona centro-sur de Chile. Tesis de Grado Magíster en Ciencias mención Oceanografía. Universidad de Concepción. 180p.
- Cubillos, L., Arcos, D., Canales, M., Bucarey D., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S-73°W), Chile. A consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquat. Living. Resour. 14, 115-124.
- Cubillos, L.A., Ruiz, P., Claramunt, G., Gacitúa, S., Núñez, S., Castro, L.R., Riquelme, K., Alarcón, C., Oyarzún, C., y Sepúlveda, A., 2007. Spawning, daily egg production, and spawning stock biomass estimation for common sardine (Strangomera bentincki) and anchovy (Engraulis ringens) off central southern Chile in 2002. Fisheries Research 86: 228-240 pp.

- Cubillos, L.A., M. Pedraza, C. Gatica, C. González, P. Ruiz, J. Giacaman, M. Arteaga. 2009. Identificación de indicadores de dinámica poblacional y dinámica de la flota que opera sobre sardina común y anchoveta entre la IX y X Región. Reporte Técnico Final. FIP 2007-25. 155 pp.
- Cubillos, L.A., Paramo, J., Ruiz, P., Núñez, S., Sepúlveda, A., 2008. The spatial structure of the oceanic spawning of jack mackerel (Trachurus murphyi) off central Chile (1998–2001). Fisheries Research 90, 261–270
- Cubillos, L. A., Claramunt, G., Castro L. R., 2014. Simulation of fishery-induced changes on the reproductive cycle of common sardine, Strangomera bentincki, off central southern Chile. Fish. Res. 160: 103-111.
- De Oliveira, J. A. A., D.S. Butterworth., B.A. Roel., K.L Cochrane., J. P. Brown. 1998. The application of a management procedure to regulate the directed and bycatch fishery of South African sardine Sardinaps sagax. South African Journal of Marine Science. 19: 449–469.
- De Oliveira, J, & D. Butterworth. 2005. Limits to the use of environmental indices to reduce risk and/or increase yield in the South African anchovy fishery. African Journal of Marine Science. 27: 191-203.
- Deroba, J.J., & Schueller, A. M. 2013. Performance of stock assessments with mis-specified age-and time-varying natural mortality. Fisheries Research, 146, 27-40.
- Deroba, J.J., Butterworth, D.S., Methot, R.D., De Oliveira, J.A.A., Fernandez, C., Nielsen, A., Cadrin, S.X., et al., 2015. Simulation testing the robustness of stock assessment models to error: some results from the ICES Strategic Initiative on stock assessment methods. ICES J. Mar. Sci. 72(1), 19–30.
- Ernst. B. 2013. Programa Anual de Revisión Experta a la Asesoría Científica de las Principales Pesquerías Nacionales, año 2013: Merluza de tres aletas (Micromesistius australis), Sardina común (Strangomera bentincki). Proyecto CUI 2013-57-DAP-13.
- Ernst. B. 2014. Programa anual de revisión experta a la asesoría científica de las principales pesquerías nacionales, año 2014: congrio dorado y anchoveta centro sur. Informe final. FIPA 2014-02. Subsecretaría de Pesca. 333 pp.
- Feltrim, M., and B. Ernst. 2010. Inter-cohort growth variability and its implication for fishery management of the common sardine (Strangomera bentincki) stock off the coast of south-central Chile. Fisheries Research 106 (3): 368-377
- Fournier D, J Hampton & J Sibert. 1998. MULTIFAN-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment with application to South Pacific albacore, Thunnus alalunga. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 2105-2116.
- Francis, R., & R. Shotton. 1997. Risk in fisheries management: a review. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54: 1699 1715.

- Francis, R. I. C. 2011 Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 68: 1124-1138.
- Furman, L.B. & Butterworth, D.S. 2012. Proposed Catch Control Rules for Horse Mackerel Bycatch in the Small Pelagics fishery and Directed Catch in the Midwater Trawl Fishery. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries Report No. FISHERIES/2012/OCT/SWG-DEM/23, 33 pp.
- Gatica, C., M. Arteaga., J. Giacaman., P. Ruiz. 2007. Tendencias en la biomasa de sardina común (Strangomera bentincki) y anchoveta (Engraulis ringens) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. Invest. Mar. Valparaíso 35. 1: 13–24.
- Haddon, M., 2011. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. CRC Press, 465 pp.
- Haggan, N., Brignall, C., Wood, L. (Eds.) 2003. Putting fishers' knowledge to work. Conference proceedings, August 27-30, 2001. UBC Vancouver. Fisheries Centre Research Reports, 11(1): 1-504.
- Hawkshaw. M. C. Walters. 2015, Autocorrelated recruitment variation, conservation of weak stocks, and economic well-being. Can. J. Fish. Aquat. Sci. vol. 72.
- Hennemuth, R.C., Palmer, J.E., Brown, B.E., 1980. A statistical description of recruitment in eighteen selected fish stocks. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 1, 101-111.
- Johannes, R., Freeman, M. M. R. & Hamilton, R. J. 2000. Ignore fishers' knowledge and miss the boat. Fish and Fisheries, 1: 257-271.
- Johnson, K. F., Monnahan, C. C., McGilliard, C. R., Vert-pre, K. A., Anderson, S. C. Cunningham, C. J., Hurtado-Ferro, F., Licandeo, R. R., Muradian, M. L., Ono, K., Szuwalski C. S., Valero, J. L., Whitten, A. R., Punt A. E. 2014. Time-varying natural mortality in fisheries stock assessment models: identifying a default approach. ICES Journal of Marine Science, 72(1), 137-150.
- Johnston, S.J. & Butterworth, D.S. 2005. Evolution of operational management procedures for the South African West Coast rock lobster (Jasus lalandii) fishery. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 39, 687-702.
- Johnston, S.J., Butterworth, D.S. & Glazer, J.P. 2008. OMP 2008 for the South Coast Rock Lobster Resource.

  Marine and Coastal Management Report No. MCM/2008/AUG/SWG-SCRL/30, 8 pp.
- Kell, L.T., Pilling, G.M., Kirkwood, G.P., Pastoors, M.A., Mesnil, B., Korsbrekke, K., Abaunza, P., Aps, R., Biseau, A., Kunzlik, P., Needle, C.L., Roel, B.A., Ulrich C. 2006. An evaluation of multi-annual management strategies for ICES roundfish stocks. ICES Journal of Marine Science. 636, 12–24.
- Kell, L. T., Mosqueira, I., Grosjean, P., Fromentin, J-M., Garcia, D., Hillary, R., Jardim, E., Mardle, S., Pastoors,
   M. A., Poos, J. J., Scott, F., and Scott, R. D. 2007. FLR: an open-source framework for the evaluation and development of management strategies. ICES Journal of Marine Science, 64: 640–646.

- Kirkwood G. 1992. Background to the development of revised management procedures. Rep. Int. Whal. Comm. 42: 236–243.
- Kirkwood, G. P. 1997. The Revised Management Procedure of the International Whaling Commission. In Global trends: fisheries management, pp. 41–99. Ed. by E. K. Pikitch, D. D. Huppert, and M. P. Sissenwine. American Fisheries Society Symposium, 20, Bethesda, Maryland.
- Lee, H. H., Maunder, M. N., Piner, K. R., & Methot, R. D. 2011. Estimating natural mortality within a fisheries stock assessment model: an evaluation using simulation analysis based on twelve stock assessments. Fisheries Research, 109(1), 89-94.
- Lee, H. H., Piner, K. R., Methot, R. D., Maunder, M. N. 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.
- Lillo, S. 2018. Revisión de pares de las evaluaciones acústicas de anchoveta y sardina común entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. Convenio de desempeño. Informe Final. Subsecretaría de Economía y EMT. 41 pp + anexos.
- Linton, B. C., and Bence, J. R. 2008. Evaluating methods for estimating process and observation error variances in statistical catch-at-age analysis. Fisheries Research, 94: 26–35.
- Maunder, M.N., Deriso, R.B., 2003. Estimation of recruitment in catch-at-age models. J. Fish. Res. Board. Can. 60, 1204-1216.
- Maunder, Mark N., and Piner, K. 2015. Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. ICES Jour. Mar. Sci., 72 (1): 7-18
- Medley, P., S. Walmsley & C. Howard, 2005. Participatory Fisheries Stock Assessment (ParFish) Guidelines. London: MRAG. 166 pp.
- Methot, R; C. Wetzel. 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research 142 (2013) 86–99.
- National Research Council (NRC). 1998. Improving Fish Stock Assessments. The National Academies Press, Washington, DC.
- Niklitschek., N. 2018. "Determinación de unidades poblacionales de anchoveta (Engraulis ringens) en Chile". Informe final. Proyecto FIPA 2015-22.
- Ono, K., Licandeo, R., Muradian, M., Cunningham, C., Anderson, S., Hurtado, F., Johnson, K., McGilliard, C., Monnahan, C., Szuwalski, C., Valero, J., VertPre, K., Whitten, A., Punt, A., 2014. The importance of length and age composition data in statistical age-structured models for marine species. ICES J. Mar. Sci. 72, 31–43.

- Parada C., Fulton E., Vasquez S., et al. 2012. Estimación de índices de reclutamiento basados en variables y modelos biofísicos de pelágicos pequeños de la zona Centro-sur de Chile: Fase I. Informe Final (ID:2012-56-DAP-17). Subsecretaría de Pesca. 153 pp.
- Payá I, C Canales, D Bucarey, M Canales, F Contreras, F Espíndola, E Leal, R Tascheri, A Yañez & MJ Zúñiga. 2014. Revisión de los puntos biológicos de referencia en las pesquerías nacionales. Informe Final. Subsecretaría de Economía y EMT. IFOP. Valparaíso. 51pp
- Pedraza-García, M & L. Cubillos. 2008. Population dynamics of two small pelagic fish in the central-south area off Chile: delayed density-dependence and biological interaction. Environ Biol Fish. 82: 111-122.
- Peterman, R.M., 1978. Testing for density-dependent marine survival in Pacific salmonids. J. Fish. Res. Board. Can. 35, 1434-1450.
- Punt, A.E., Kennedy, R.B., 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, Jasus edwardsii, resources.

  Mar. Fresh. Res. 48, 967-980.
- Punt, A. E., Smith, A. D. M., and Cui, G. 2002. Evaluation of management tools for Australia's South East Fishery. 2. How well can management quantities be estimated? Marine and Freshwater Research, 53: 631–644
- Punt, A. E. 2003. The performance of a size-structured stock assessment method in the face of spatial heterogeneity in growth. Fisheries Research, 65(1), 391-409.
- Punt, A. E., Trinnie, F., Walker, T. I., McGarvey, R., Feenstra, J., Linnane, A., and Hartmann, K. 2013. The performance of a management pro-cedure for rock lobseters, Jasus edwardsii, off western Victoria, Australia in the face of non-stationary dynamics. Fisheries Research, 137: 116–128
- Punt. A., Butterworth. D., De Moor. C., De Oliveira, J., Haddon, M. 2014. Management strategy evaluation: best practices. Fish and Fisheries. 17. 303-334.
- Purcell, S.W.2010. Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. No. 520. Roma, FAO. 2010. 169p.
- Rademeyer, R.A.I, Plaganyil, E.E., Butterworth, D.S. 2007. Tips and trice in designing management procedures. ICES Journal of Marine Science 64:618-625.
- Rademeyer, R.A., Butterworth, D.S., Plaganyi, E.E. 2008. A history of recent bases for management and the development of a species-combined Operational Management Procedure for the South African hake resource. African Journal of Marine Science 30, 291-310.
- Restrepo, V.R. 1998. Possible use of nonparametric recruitment prediction in bluefin tuna projections.

  Inter-national Commission for the Conservation of Atlantic TunasSCRS98/86

- Roughgarden, J. & Smith, F. 1996. Why fisheries collapse and what to do about it. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 93, 5078–5083.
- Roy, C., Cury, P., Kifani, S., 1992. Pelagic fish recruitment success and reproductive strategy in upwelling areas: environmental compromises. S. Afr. J. Marine. Sci. 12:1, 135–146.
- 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. Subsecretaria de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 32 p + Anexos.
- Sernapesca. 2019. Anuario estadístico de pesca y Acuicultura. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Chile
- Schnute, J. T., Maunder, M. N., y lanelli, J. N. 2007. Designing tools to evaluate fishery management strategies: can the scientific community deliver? ICES Journal of Marine Science, 64: 1077-1084.
- Smith, A, E. Fulton, A. Hobday, D. Smith, P. Shoulder. 2007. Scientific tools to support the practical implementation of ecosystem-based fisheries management. ICES Journal of Marine Science. 64: 633-639.
- Soto-Mendoza, S., Parada C., Castro, L., Colas, F., Schneider, W. 2012. Modeling transport and survival of anchoveta eggs and yolk sac larvae in the coastal zone off central-south Chile: assessing spatial and temporal spawning parameters. Progress in Oceanography, Volumes, (92-95): 178-191.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA). 2019. Estado de Situación de las principales pesquerías chilenas. División de administración pesquera. 104p.
- Sullivan, P.J., Lai, H.L., Gallucci, V.F., 1990. A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47, 184–198.
- The Pew Charitable Trusts. 2016. "Management Strategy Evaluation for Fisheries". https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2019/07/harvest-strategies/hs\_mse\_update.pdf
- Tommasi, D., Stock, C.A., Alexander, M.A., Yang, X., Rosati, A., Vecchi, G.A., 2017. Multi-Annual Climate Predictions for Fisheries: An Assessment of Skill of Sea Surface Temperature Forecasts for Large Marine Ecosystems. Front. Mar. Sci. 4-201.
- Turnock, B.J., Rugolo, L.J., 2011. Stock assessment of eastern Bering Sea snow crab. In: Stock assessment and fishery evaluation report for the King and tanner crab fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands Regions. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK, USA, 37-168.
- Vásquez S. 2014. Estimación de índices de reclutamiento basados en variables y modelos biofísicos de pelágicos pequeños de la zona centro-sur de Chile: Fase II. Informe final FIPA 2014-35. Unidad ejecutora: Instituto de Investigación Pesquera. 153 pp + 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. 2017. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2017-2018. Informe final. Subsecretaria de Economía y EM. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 241 p + Anexos.
- Walters, C.J., Hilborn, R., 1976. Adaptive control of fishing systems. J. Fish. Res. Board. Can. 33, 145-159.
- Wang, Sheng-Ping, Mark N. Maunder, Kevin R. Piner, Alexandre Aires-da-Silva, Hui-Hua Lee. 2014. Evaluation of virgin recruitment profiling as a diagnostic for selectivity curve structure in integrated stock assessment models. Fisheries Research 158 (2014) 158–164.
- Wetzel, C.R., Punt, A.E., 2011. Performance of a fisheries catch-at-age model (stock synthesis) in data-limited situations. Mar. Freshw. Res. 62, 927–936.
- Wetzel, C.R., A. Punt. 2017. The performance and trade-offs of alternative harvest control rules torneet management goals for U.S. west coast flatfish stocks. Fisheries Research 187: 139-149.
- 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.
- Wiff. R, A. Silva, J. Lanelli & J. Montero. 2018. "Revisión por pares, programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur". Informe final Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la Zona Centro Sur de Chile, CAPES—UC.
- Zheng, J., & Siddeek, M.S.M., 2011. Bristol Bay Red King crab stock assessment in fall 2011. In: Stock assessment and fishery evaluation report for the King and tanner crab fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands Regions. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK, USA, 169-283.
- Zúñiga M.J & Canales. C. 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018 V-X Regiones. Anchoveta V-X Regiones, 2016. Subsecretaria de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 97 p + Anexos.
- Zúñiga, M. J. 2017a. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2017. Anchoveta V-X Regiones, 2017. Informe 3 de Estatus. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso: 216 p
- Zúñiga, M. J. 2017b. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2017 en sardina común V-X Regiones. Informe 3 de Estatus. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso: 190 p.

# 12.ANEXOS

Anexo 1: Detalles de encuesta semi-estructurada.

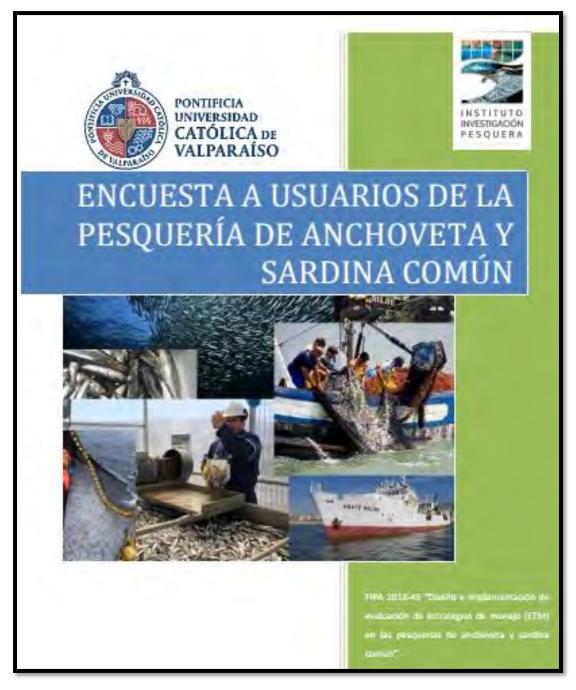


Figura A1. Portada encuesta a usuarios de la pesquería de anchoveta y sardina común.

**Tabla A1**. Establecimiento de ámbitos y contenidos para elaboración de cuestionario de encuesta a pescadores artesanales. Ámbito Biológico

CONTENIDOS PREGUNTA OBJETIVO PREGUNTA		PROPUESTA	DE PREGUNTAS
ÁMBITO BIÓLOGICO			
1. La anchoveta como unidad pol	olacional	ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
Estructura espacial de los stocks pesqueros de ambos recursos en estudio a nivel nacional.	Establecer si se perciben limites espaciales en la unidad del stock para ambos recursos, en distintas regiones del país.	¿Cree usted que es posible diferenciar la anchoveta a nivel nacional en stocks distintos o todo es una misma unidad de Arica a Puerto Montt? En caso de indicar diferenciación, ¿Cuáles son los límites que usted reconoce?	¿Cree usted que es posible diferenciar la sardina común a nivel nacional en stocks distintos o todo es una misma unidad de Valparaíso a Puerto Montt? En caso de indicar diferenciación, ¿Cuáles son los límites que usted reconoce?
Criterios utilizados para diferenciar la individualidad de cada stock pesquero.	Determinar cuáles criterios o rasgos son utilizados para diferenciar a cada stock pesquero	Si indica que existe diferenciación: ¿En qué se fija usted para diferenciar estos stock?, ¿Qué Criterios utiliza usted?, ¿Podría enumerarlos?	Si indica que existe diferenciación: ¿En qué se fija usted para diferenciar estos stock?, ¿Qué Criterios utiliza usted?, ¿Podría enumerarlos?
Conectividad entre subunidades poblaciones (stocks pesqueros)	Establecer si se reconocen conexiones entre subunidades poblacionales (stocks pesquero)	Entre estos stock, que ha indicado que se reconocen, ¿cree usted que existen conexiones o flujos de peces entre estos stock?	Entre estos stock, que ha indicado que se reconocen, ¿cree usted que existen conexiones o flujos de peces entre estos stock?
Aportes porcentuales de la biomasa entre stocks pesqueros entre sí, para cada especie.	En caso de indicar que existe una delimitación espacial de los stocks pesqueros entre distintas áreas de la pesquería, determinar cuál es la proporción de la biomasa de los stocks de estos recursos que entra o sale del área de distribución, desde o hacia otra área.	¿podría indicar porcentajes de intercambio o mezcla entre stock?	¿podría indicar porcentajes de intercambio entre stock?
Temporalidad en la cual es más evidente la mezcla de stocks pesqueros para cada especie, en las áreas señaladas.	Establecer si existe temporalidad en donde es más evidente la mezcla de los stocks pesqueros para cada especie.	Considerando que existe mezcla entre distintos stocks pesqueros, ¿en qué periodo de fechas es más evidente la presencia de estas mezclas?	Considerando que existe mezcla entre distintos stocks pesqueros, ¿en qué periodo de fechas es más evidente la presencia de estas mezclas?

2. Modelo conceptual espacial de la especies		ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
Influencia del ambiente en la distribución espacial de los stock de sardina común y anchoveta y de los stock pesqueros o subunidades poblacionales para cada especie.	Establecer que elementos del medio ambiente juegan un rol importante en la distribución espacial de los stock pesqueros y en cada magnitud influyen.	¿Qué elementos del medio ambiente cree usted afectan la distribución espacial de los stocks pesqueros? De los elementos que usted ha detallado ¿podría indicar cuál es más influyente? Respuesta:(influye levemente-influye moderadamente-influye importantemente)	¿Qué elementos del medio ambiente cree usted afectan la distribución espacial de los stocks pesqueros? De los elementos que usted ha detallado ¿podría indicar cuál es más influyente? Respuesta:(influye levemente- influye moderadamente- influye importantemente)

Modelo de distribución espacial de los recursos sardina común y anchoveta.	Determinar cómo perciben el modelo de distribución espacial de Anchoveta y Sardina común.	¿Percibe usted que los límites de la distribución de anchoveta están bien definidos?, ¿dónde identifica usted espacialmente la cobertura de la zona de crianza, engorda y de este recurso?, utilizar lápiz y mapa	¿Percibe usted que los límites de la distribución de sardina común están bien definidos?, ¿dónde identifica usted espacialmente la cobertura de la zona de crianza, engorda y de desove de este recurso?, utilizar lápiz y mapa
Descripción de la estructura espacial de la población de ambas especies.	Determinar si es posible establecer patrones de conexión entre estadíos para describir la estructura espacial de la población de ambas especies.	¿Por dónde cree usted que los diferentes grupos de tamaños (juveniles-adultos) se comunican entre sí?	¿Por dónde cree usted que los diferentes grupos de tamaños (juveniles-adultos) se comunican entre sí?

3. Ciclo biológico de las especies	(vinculado a la temporalidad		
intra-anual)		ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
Patrones temporales de reclutamiento.	Describir los patrones temporales de reclutamiento.	¿Entre qué periodos de año cree usted que se observa una mayor abundancia de juveniles que entran a la pesquería?	¿Entre que periodos de año cree usted que se observa una mayor abundancia de juveniles que entran a la pesquería?
Patrones temporales de desove.	Describir los patrones temporales de desove.	¿Entre qué periodos de año cree usted que se observa el desove de la anchoveta?	¿Entre qué periodos de año cree usted que se observa el desove de la sardina común?
Procesos migratorios.	Identificar procesos migratorios.	¿Cree usted que la anchoveta desarrolla migraciones entre diferentes zonas del país?, ¿Podría usted indicar entre que regiones se producen estas migraciones?, ¿Cuál es la proporción de la población que logra migrar?	¿Cree usted que la sardina común desarrolla migraciones entre diferentes zonas del país?, ¿Podría usted indicar entre que regiones se producen estas migraciones?, ¿Cuál es la proporción de la población que logra migrar?
Ciclos de alternancia de especies a través de tiempo.	Identificar ciclos de alternancia de especies a través del tiempo.	¿Usted podría identificar la existencia de ciclos de alternancia en el dominio entre las especies anchoveta vs sardina común?, (de ser así) ¿Entre qué periodos cree usted que esto ha existido?, ¿Podría indicar en que porcentajes se dieron estas alternancias?.	

4. Marco de investigación adecua	ido para la obtención de		
conocimiento biológico		ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
		Sobre la muerte natural de	
		la anchoveta, ¿Qué cree	Sobre la muerte natural de la
		usted que la causa?, ¿cuál es	sardina común, ¿Qué cree
		más relevante?, en	usted que la causa?, ¿cuál es
	Describir como ocurre la	comparación con la	más relevante?, en
	mortalidad natural, además de	mortalidad por pesca, ¿Qué	comparación con la
Mortalidad natural asociada, ya	establecer que componentes	porcentaje cree usted que	mortalidad por pesca, ¿Qué
sea a la depredación de otros	son relevantes y en qué	corresponde la mortalidad	porcentaje cree usted que
recursos o muerte por otros	proporción sucede este	natural en la mortalidad	corresponde la mortalidad
motivos.	fenómeno.	total?	natural en la mortalidad total?

5. Cruceros de investigación		ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
Nivel de incertidumbre en la evaluación de la biomasa desarrollada en los cruceros de investigación realizados.	Determinar el nivel de incertidumbre asociada a la evaluación de la biomasa desarrollada en los cruceros de investigación realizados.	Sobre la realización de los cruceros de investigación para evaluar la biomasa de la anchoveta, ¿Cree usted que son realizados en los periodos apropiados? (respuesta negativa) ¿Entonces entre qué periodos sugiere usted que se realicen y por qué?, ¿Cree usted que en estos cruceros queda biomasa sin evaluar?, ¿Cuál cree usted que es porcentaje que no se evalúa?	Sobre la realización de los cruceros de investigación para evaluar la biomasa de la sardina común, ¿Cree usted que son realizados en los periodos apropiados? (respuesta negativa) ¿Entonces entre qué periodos sugiere usted que se realicen y por qué?, ¿Cree usted que en estos cruceros queda biomasa sin evaluar?, ¿Cuál cree usted que es porcentaje que no se evalúa?

**Tabla A2**. Establecimiento de ámbitos y contenidos para elaboración de cuestionario de encuesta a pescadores artesanales. Ámbito Operacional.

## **ÁMBITO OPERACIONAL**

CONTENIDOS PREGUNTA	OBJETIVO PREGUNTA	PROPUESTA DE PREGUNTAS		
1. Problemas operacionales		¿Qué problemas genera la limitación en las cuotas de anchoveta?	¿Qué problemas genera la limitación en las cuotas de sardina común?	
Nivel de incertidumbre en la captura de especies mixtas.	Determinar el nivel de incertidumbre asociado a la captura de especies mixtas.	En consideración de la captura de especies mixtas en la actualidad, ¿los porcentajes declarados oficialmente para cada especie son los reales? (de no ser así), ¿Cuál cree usted que es la variación del valor real que poseen estos porcentajes?, ¿Existen zonas que posean concentraciones más importantes danchoveta o de sardina común?, ¿podría usted identificarlas en un mapa?		
Identificación del grado de mezcla entre la sardina común y la anchoveta.				
Descripción de la existencia de zonas que poseen una mayor concentración de una especie por sobre la otra				
Presencia de pesca ilegal y la proporción en que ésta ocurre.	Determinar el nivel de incertidumbre asociada a la pesca ilegal de anchoveta y sardina común.	¿Cree usted que existe pesca ilegal de anchoveta en la actualidad?, ¿Cuál cree usted que puede ser a magnitud en porcentaje de esta pesca ilegal?	¿Cree usted que existe pesca ilegal de sardina común en la actualidad?, ¿Cuál cree usted que puede ser a magnitud en porcentaje de esta pesca ilegal?	
Incertidumbre en el descarte de anchoveta y/o sardina común.	Determinar el nivel de incertidumbre asociada al descarte de anchoveta y/o sardina común.	¿Cree usted que existe pesca descarte de anchoveta en la actualidad?, (de ser así) ¿Cuál cree usted que puede ser a magnitud en porcentaje de este descarte?	¿Cree usted que existe pesca descarte de sardina común en la actualidad?, (de ser así) ¿Cuál cree usted que puede ser a magnitud en porcentaje de este descarte?	
Percepción del impacto del descarte en la población de ambas especies.	Establecer el nivel de impacto que posee el descarte en la población de anchoveta y sardina común.	¿Está de acuerdo con que el descarte genera impacto en la población de anchoveta?, muy en desacuerdo- en desacuerdo- de acuerdo- muy de acuerdo- sin opinión	¿Está de acuerdo con que el descarte genera impacto en la población de sardina común?, muy en desacuerdo- en desacuerdo- de acuerdo- muy de acuerdo- sin opinión	
Registro de cambios en la disponibilidad de los recursos sardina común y anchoveta debido a variaciones ambientales o predominan las condiciones operativas del mar y en qué proporción ocurren una de otra.	Identificar si se han registrado cambios en la disponibilidad de los recursos sardina común y anchoveta debido a variaciones ambientales o predominan las condiciones operativas del mar y en qué proporción ocurren una de otra.	¿Está de acuerdo que tanto las variaciones ambientales, como las condiciones operativas del mar han sido relevantes en los cambios de la disponibilidad de la anchoveta? muy en desacuerdo- en desacuerdo- de acuerdo- muy de acuerdo- sin opinión. En caso de estar de acuerdo, ¿cuál cree usted que es la proporción en términos de importancia que le otorgaría a las variaciones ambientales, respecto de las condiciones operativas del mar?	¿Está de acuerdo que tanto las variaciones ambientales, como las condiciones operativas del mar han sido relevantes en los cambios de la disponibilidad de la sardina común? muy en desacuerdo- en desacuerdo- de acuerdo- muy de acuerdo- sin opinión. En caso de estar de acuerdo, ¿cuál cree usted es la proporción en términos de importancia que le otorgaría a las variaciones ambientales, respecto de las condiciones operativas del mar?	

**Tabla A3**. Establecimiento de ámbitos y contenidos para elaboración de cuestionario de encuesta a pescadores artesanales. Ámbito Institucional.

## ÁMBITO INSTITUCIONAL

2. Manejo recursos		ANCHOVETA	SARDINA COMÚN
Descripción del grado de impacto en el manejo podría tener una eventual estructuración de tamaños de la población (Sardina común y anchoveta).			
manejo espacial de los recursos		¿Está de acuerdo con la regionalización de las cuotas de anchoveta?, de no ser así ¿Qué propone usted?	¿Está de acuerdo con la regionalización de las cuotas de sardina común?
Grado de error producido en la fiscalización en los desembarques para ambos recursos.	Establecer el nivel de error que se genera en la fiscalización de los desembarques.	En cuanto a la fiscalización de los desembarque la fiscalización logra registrar el desembarque muy en desacuerdo- en desacuerdo- de acuer opinión. En el caso de no estar de acuerdo, ¿C no logra ser registrado? Por último, ¿cree usta homogéneo o variable entre las embarcaciona	real del 100% de la flota?, rdo- muy de acuerdo- sin Qué porcentaje cree usted que ed que el control es
Grado de error en la imputación del 40%, que viabiliza la captura conjunta en base a esta proporción del 40%.  Establecer el nivel de error que se genera en la imputación del 40%, que viabiliza la captura conjunta en base a la proporción del 40%		¿Usted percibe algún error en la determinación del 40% de extracción de imputación conjunta. Se debe extraer más o menos porcentaje en anchoveta?	¿Usted percibe algún error en la determinación del 40% de extracción de imputación conjunta. Se debe extraer más o menos porcentaje en sardina común?
Descripción de los inconvenientes que ocurren en la asignación de las cuotas.  Determinar inconvenientes que ocurren en la asignación de cuotas		¿Qué problemáticas percibe usted en la asignación de cuotas de anchoveta?, enumérelas de 1 a 5	¿Qué problemáticas percibe usted en la asignación de cuotas de sardina común?, enumérelas de 1 a 5
Descripción de los inconvenientes que ocurren en la aplicación de las vedas de reclutamiento, biológica, y vedas asociadas a monitoreos.	Determinar inconvenientes que ocurren en la aplicación de las vedas de reclutamiento, biológica, y vedas asociadas a monitoreos.	¿Las vedas biológicas deben extenderse o acortarse en anchoveta, en el plazo determinado?	¿Las vedas biológicas deben extenderse o acortarse en sardina común, en el plazo determinado?
Dificultades que presenta el fraccionamiento de la flota.  Determinar las dificultades que presenta el fraccionamiento de la flota.		¿La asignación de porcentajes de cuotas por fracción artesanal e industrial es adecuada para anchoveta?, ¿Cuál cree usted que debiera ser el porcentaje?	¿La asignación de porcentajes de cuotas por fracción artesanal e industrial es adecuada para sardina común?
Impactos en la distribución del recurso producidos por la estacionalidad ambiental.	Determinar el impacto que posee la estacionalidad ambiental en la distribución de la anchoveta y la sardina común.	¿Cree usted que la estacionalidad ambiental genera algún impacto en la distribución de la anchoveta?	¿Cree usted que la estacionalidad ambiental genera algún impacto en la distribución de la sardina común?
Períodos en donde por cuestiones de disponibilidad no tiene éxito.	Identificar eventuales periodos en donde por cuestiones de disponibilidad no tiene éxito.	¿Existen períodos que son recurrentes en dónde por cuestiones de disponibilidad no tiene éxito en la captura de la anchoveta?	¿Existen períodos que son recurrentes en dónde por cuestiones de disponibilidad no tiene éxito en la captura de la sardina común?

que durante la operación de pesca no es posible separar a a cardúmenes mixtos.			
Pregunta	Resp	uesta	Observaciones
8. En consideración de la captura mixta de especies en la actualidad, ¿los porcentajes declarados oficialmente para cada especie son los reales?	Si	NO	
8.1. De no ser así, ¿Cuál cree usted que es el porcentaje que no se declara?			

**Figura A2**. Representación de un ejemplo de la estructura de las preguntas del cuestionario, en este caso se corresponde a la pregunta 8.

# Anexo 2: Programa y Asistencia a taller de análisis de focos de incertidumbre.







## PROGRAMA TALLER FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Proyecto: FIPA 2018-49 "Diseño e Implementación de Evaluación de Estrategias de

Manejo (EEM) en las Pesquerías de Sardina común y Anchoveta"

Lugar: Dinamarca 399, cerro Panteón, Valparaíso Fecha: 24 de Julio de 2019 (09:00 - 13:30 hrs)

9:00 - 9:15 Inscripción al taller

9:15 - 09:30 Introducción: sistema de manejo y fuentes de incertidumbre (Jefe proyecto, Cristian Canales)

09:30 - 09:50 Presentación marco metodológico encuesta información primaria (Investigador, Carlos González, INPESCA)

10:00 - 10:30 Servicio de cafetería

10:30 - 13:00 Resultados de encuesta y dinámica grupal (discusión para obtención de consenso y validación de resultados encuesta) (Grupo de Trabajo INPESCA y PUCV)

13:00 - 13:30 Cierre de taller







# LISTADO DE ASISTENCIA TALLER Nº1 FOCOS DE INCERTIDUMBRE

Proyecto: FIPA 2018-49 "Diseño e Implementación de Evaluación de Estrategias de

Manejo (EEM) en las Pesquerías de Sardina común y Anchoveta"

Lugar: Dinamarca 399, cerro Panteón, Valparaíso Fecha: 24 de Julio de 2019 (09:00 - 13:30 hrs)

	NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA
1	Maria José Zuniga	1FOP	murls strong
2	Karen Walker V.	1 FOP	094
3	MILLE MERMOUD	SUBPISIA	Mid mermad.
4	Tonje Faniar A.	Agri	
5	VICTOR ESPEJO B	SSPA	Coston
6	Alejandra Hormindos.	SSPA	MIT
7		Doy IFO?	126
	Jesus Cond Perez	PUCU	A CL
	NARMETH SNUTTER E	Rea	Villy
10	Micobis Alasma Lucisa	Pucu	State .
	Clarker John	Topeson	( Jud
	DATUS RIPOSTA.	SSPA - UPAG	007
.3	Mayor Atteage V.	Impesca	TAPA
	lastom Cardy	PUCV	Minds
	Conh Couziller A	Duperce	A

Anexo 3: Fotografías Taller de Análisis de Focos de Incertidumbre.



# Anexo 4: Encuesta a profesionales Taller N°1

TALLERPEL	Socrative	07/24/2019
TALLER DE FUENTES	DE INCERTIDUMBRE	Total de preguntas: 20
La mayoría de las respuestas correctas: #0		Menos respuestas correctas: #0
1. ¿Está de acuerdo u migratorios?	sted que la sardina y anchovet	a desarrollan procesos
11/13 (A) SI		
0/13 B NO		
2. ¿Cuál proceso cons	idera usted más relevante aso el más relevante en su opinión	ciado a la
7/13 (A) Reproductiva		
1/13 B Alimentaria		
7/13 C Crianza y crecim	liento	
0/13 D Evasión predado		
1/13 E Variabilidad am		
3. ¿Dado estos resulta evaluadas (modeladas)	ados, considera usted que esta de manera espacialmente exp	s especies deben ser olícita?
13/13 (A) SI		
0/13 B NO		
<ul> <li>4. ¿Usted coincide en en pelágicos pequeños</li> </ul>	que existe escape a la pesque ?	ría por conductas de migración
13/13 A SI		
0/13 B NO		
5. ¿Puede usted estal	olecer un porcentaje de escape	a la pesquería?
<b>0/13</b> A 0-10%		
3/13 B 11-30%		
7/13 31-50%		
0/13 D 51-70%		
0/13 E 71-90%		
0/13 F >90%		

0	princ	Está usted de acuerdo con los resultados de los usuarios en relación a que los ipales moduladores del reclutamiento en ambas especies son el ambiente y la ión parental?
	12/13	A SI
	1/13	B NO
0	ع. 7.	Qué nivel de importancia tiene cada factor para el control del reclutamiento?
	12/13	A Factor ambiental extrínseco (alto)
	1/13	B Factor ambiental extrínseco (medio)
	0/13	C Factor ambiental extrínseco (bajo)
	3/13	D Factor parental intrínseco (alto)
	5/13	E Factor parental intrínseco (medio)
	4/13	F Factor parental intrínseco (bajo)
0	0/13 0/13 2/13 9/13 6/13 4/13	Podría indicar un porcentaje de variabilidad del reclutamiento?.  (A) 0-10% (B) 11-30% (C) 31-50% (D) 51-70% (E) 71-90% (F) >90%
0		Los cruceros se realizan en el momento y cobertura temporal adecuados para r la abundancia de las especies?.  A SI B NO
0	10. trime recur 5/13 7/13	Reconoce usted que el crucero acústico desarrollado en una frecuencia estral (u otra escala más fina) es apropiado para estimar la abundancia de los esos?.  A SI B NO

0	11. acús	¿Qué porcentaje de abundancia considera que no es evaluado por los crucero ticos (considerar sesgos de orilla u otros)?.
	3/13	A 0-10%
	5/13	B 11-30%
	5/13	C 31-50%
	1/13	D 51-70%
	0/13	E 71-90%
	0/13	F >90%
0	12. de cr	¿Coincide usted con los usuarios en relación a su apreciación de un alto nivel edibilidad de capturas reportadas en la actualidad?.
	2/13	(A) SI
	11/13	B NO
0	13. capti	En el contexto histórico, ¿Podría usted establecer un porcentaje de error de uras reportadas?.
	0/13	A 0-10%
	3/13	B 11-30%
	8/13	C 31-50%
	2/13	D 51-70%
	1/13	E 71-90%
	1/13	F >90
0	14. repo	¿Podría indicar usted, en qué períodos de años hubo significativos errores de rte en el desembarque?.
	6/13	A 1990 - 1999
	8/13	B 2000 - 2010
	3/13	C 2011 - 2018
	15. pesq 12/13 0/13	¿Considera usted que el principal factor que induce al descarte en estas uerías es la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra?.  A SI B NO

0		¿Coincide usted que el principal porcentaje de descarte históricos mencionado os usuarios fluctúa entre 30% y 50%?
	5/13	(A) SI
	6/13	B NO
0	la bi	¿De acuerdo a lo indicado por los usuarios, coincide usted que el 60% a 80% de omasa no está disponible a la flota pesquera de estas especies?.
	0/13	(A) SI
	12/13	(B) NO
0	18. porc	¿En el caso de no estar de acuerdo con estos niveles, ¿Cuál es su percepción de entaje de biomasa no disponible a la pesca?.
	2/13	(A) 0-10%
	11/13	B 11-30%
	2/13	© 31-50%
	0/13	D 51-70%
	0/13	E 71-90%
	0/13	F > 90%
0	asoc acue	Según los usuarios, la mortalidad natural ocurre principalmente por factores iados a la contaminación, falta de oxígeno, temperatura y vejez. ¿Está de rdo con que estos factores son los principales moduladores de la muerte ral de estas especies?.
	2/13	(A) SI
	11/13	B NO
0	20. de es	Podría indicar ¿Cuál es el principal factor que impacta en la mortalidad natural stas especies?
	8/13	A Factor ambiental extrínseco (alto)
	3/13	B Factor ambiental extrínseco (medio)
	1/13	C Factor ambiental extrínseco (bajo)
	2/13	D Factor parental intrínseco (alto)
	4/13	E Factor parental intrínseco (medio)
	3/13	F Factor parental intrínseco (bajo)

# Anexo 5: Encuesta a profesionales Taller N°2.

socrative	
Γaller 11 de Octubre 2019 Indicadores Operacionales	Puntuaci ón:
<ol> <li>Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductor valor de referencia/colapso.</li> </ol>	ra cae por debajo del
A True	
B False	
2. Exceso relativo de la mortalidad por pesca excede el valo	r de referencia.
A True	
B False	
Magnitud de sobrepesca	
(A) True	
B False	
Proporción de adultos en las capturas y en los cruceros.	
(A) True	
B False	
5. Talla promedio de las capturas.	
A) True	
B False	
<ol> <li>Número de años que en promedio la biomasa tarda en sa sobre-explotación o agotamiento.</li> </ol>	lir de su condición de
A True	
B False	
7. Captura anual promedio.	
A True	
B False	
8. Proporción de años con cambios de CBA en más de un 10	%,
A) True	
B False	
9. Variabilidad de las capturas anuales.	
A True	
B False	

Page 1 of 2

A T	Biomasa y proporción de peces grandes (definir talla de referencia).  True  Talse
A T	Esfuerzo de pesca promedio.  True  Talse
enci	Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se uentra sobre-explotada. True
enci	Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se uentra en condiciones de agotamiento.  True  Talse
A T	Proporción de especies.  True  Talse

# Anexo 6: Recomendaciones del revisor experto.

El grado de avance de las recomendaciones de la revisión experta ha sido incorporada por parte del grupo de evaluación de stock de IFOP (**Tabla A4**). Con este antecedente se puede precisar las fuentes de incerteza y/o brechas que no han sido cubiertas, y puede ser una guía para priorizar las fuentes de incertidumbre y condicionar el modelo operante.

**Tabla A4.** Año de implementación y porcentaje de avance de las recomendaciones realizadas en el Taller de Revisión Por Pares Externa e Independiente (Zúñiga et al., 2019a).

Nro	Ítem		Observación	Año	% avance
1	Modelo evaluación	Frecuencia temporal			75%
		selectividad	Explorar funciones de selectividad alternativas a la logística	2016	5%
		Potencial reproductivo	Analizar el potencial reproductivo considerando la importancia de los peces más viejos/grandes para el stock desovante efectivo	2016	5%
2	Parámetros	Mortalidad natural	Estimar M en el modelo, discutir su efecto en los resultados y en la selección del caso base y una posible tasa diferencial de M a la edad	2014	100%
		Madurez	Documentar y analizar la ead de primera madurez apropiada en la ojiba de madurez ( no necesariamente constante a través del tiempo)	2016	30%
3	Asignación de edad y clave talla-edad	Determinación de edad y clave talla edad	Estudiar la clasificación de los peces con edades asignadas al grupo de edad cero en escala biológica y la agregación de los datos de capturas en una única matriz anual.	2016	50%
			Estudiar el efecto en las estimaciones anuales del peso medio a la edad y en las estimaciones de biomasa desovante.		5%
			Estimar el alcance real de los errores en la determinación de edad y su efecto en los resultados de la evaluación		50%

		Distribución de	Desarrollar experimentos del diseño de	2015	100%
		talla de la captura	muestreo del proceso de descarga en el desembarque para la obtención de frecuencia de tallas.		
			Analizar los datos existentes para determinar si las naves o clases de naves están siendo sub o sobre muestreadas.	2017	5%
			Analizar y re-estimar la frecuencia de tallas para los años 1998-2001 donde las capturas totales fueron corregidas. Evaluar el posible efecto y proporcionar una estimación más realista de la composición de talla/edad de las capturas en esos años.	2016	5%
			Calcular las varianzas de datos de captura a la edad en forma rutinaria para ser consideradas en el proceso de evaluación de stock.	2016	75%
		Claves talla- edad de cruceros acústicos y capturas comerciales	Comparar las claves tallas-edad de las capturas y los cruceros acústicos. Las claves talla-edad podrían utilizarse para entregar estimaciones de la distribución de edad en los cruceros PELACES en aquellos años en los que no existen estimaciones de edad.	2016	50%
4	Información utilizada en la evaluación y su peso relativo	Crucero acústico	Analizar el efecto de asumir distintos valores para los CVs de los cruceros.  Analizar el efecto distintos tamaños de muestra (muy altos y muy bajos) de los datos de captura a la edad de la flota sobre el ajuste de los cruceros RECLAS y PELACES.	2015	75%
		Crucero de huevos	Eliminar el índice de crucero de huevos o aumentar considerablemente la varianza asumida.	2014	100%
		Captura total	Analizar la Información sobre captura no Declarada.		
			Analizar datos de desembarques verificados y no verificados recopilados por SERNAPESCA en años más recientes y Estimar sub-reporte de años más recientes.	2016	50%

		Proporciones talla/edad	Actualizar estimaciones sobre el tamaño real de la muestra al incorporar nuevas composiciones de talla/edad. (Eval stock).  Analizar y evaluar las ponderaciones apropiadas para los datos de frecuencia de edad y talla.  Calcular las CV de las proporciones de frecuencia de edad y Analizar si se debería designar un peso equivalente a los datos de frecuencia de cada año.	2016	50%
5	Cruceros acústicos: selectividad y capturabilidad	Corrección de Orilla	Analizar el procedimiento de extrapolación, comparando los enfoques de estimación alternativos para las áreas costeras.  Analizar los ajustes del diseño/implementación para entregar una mejor estimación de estas áreas costeras.	2017	
		Distribución de tallas	Desarrollar estimaciones derivadas de un rango de datos alternativos para la frecuencia de talla en base a los distintos supuestos para la selectividad de equipos de muestreo y su cobertura espacial.	2017	
			Mejorar la estimación de frecuencia de talla en futuros cruceros e incluir un análisis de estrategias de muestreo alternativas y la cantidad apropiada de esfuerzo de muestreo y su cobertura espacial.	2017	
6	Representación de la incertidumbre en las estimaciones del modelo de evaluación de stock y	Incertidumbre	Analizar la incertidumbre del modelo e incorporar en los resultados generales de la evaluación y en la recomendación de manejo para proporcionar una medida razonable de la incertidumbre y del riesgo, para ello se debe tomar en cuenta un rango más amplio de escenarios de sensibilidad.	2016	75%
		Capturas totales	Construir escenarios para explorar el efecto de sobre o sub-reportes (fuente de incertidumbre en la evaluación y recomendación de manejo)		
	proyección	Interacciones	Analizar el efecto de una combinación de factores (escenarios) para analizar la incertidumbre total.		
		Cálculo de Riesgo	Analizar la estimación de riesgo (la probabilidad de que una captura dará lugar a un F mayor que el objetivo).		

		Asociado con los Niveles de Captura - CBA	Analizar la estimación de riesgo de los escenarios de reclutamiento.		
7	Implementación del modelo de Evaluación	Codificación y documentación	Desarrollar un sistema de control más riguroso que garantice que todas las versiones del programa de evaluación y los archivos de control sean archivados.  Revisión cuidadosa del código, los archivos de entrada y los resultados para garantizar laejecución apropiada de las modificaciones y las ejecuciones.	2015	80%
		Estimaciones de Capturas Totales	Reducción del CVs capturas de 10% a 1%	2014	100%
		Peso medio a la edad	Utilizar una matriz de captura al peso más estrechamente ligado al período de tiempo real en que el modelo está estimando las biomasas.  Utilizar datos reales recopilados de los datos de edad y peso a la talla para generar estimaciones directamente observables del peso medio a la edad en ese momento.  Analizar la consecuencia de la variabilidad en las estimaciones de peso a la edad en la recomendación de la evaluación.	2016	5%
		Selección del caso base	Prior restrictiva en q para el crucero RECLAS y una prior no uniforme para los cruceros PELACES.  Eliminar o aumentar considerablemente la varianza asumida del crucero de huevos  Estimar M en el modelo de evaluación o utilizar un rango de valores fijos de M, ampliando en rango de estimaciones indirectas y el valor estimado a partir del modelo.  Limitar sobre F en 1991 y 1992 o iniciar el modelo en una fecha anterior para haber tenido en cuenta	2014	100%

	las capturas iniciales y considerables que se estaban realizando. Estimaciones de captura total, estimar sub-reporte de las capturas más recientes.	2017	50%
--	--	------	-----

Anexo 7: Implementación y resultados de encuestas y talleres realizados con usuarios de la pesquería, investigadores y representantes de organismos institucionales.

#### 1. Encuesta a pescadores artesanales

#### 1.1. Implementación de la encuesta

De acuerdo en lo planteado en la metodología se realizó una amplia convocatoria para agentes activos de pesca artesanal, que incluyó a armadores, patrones de pesca distribuidos en 6 localidades de las Regiones de Valparaíso, Biobío, Los Lagos y Los Ríos (Tabla 1; Figura 1), esta convocatoria también incluyó a algunos representantes de los pescadores artesanales participantes del Comité de Manejo (Figura 2). Las reuniones que se generaron para realizar la aplicación de las encuestas, en algunos casos fueron realizadas con dirigentes que se comprometieron bajar a las bases la encuesta, para la cual se les entregó copia de algunos ejemplares, realizándose de todas formas una aplicación guiada paso a paso de la encuesta con ellos para estandarizar la comprensión de cada pregunta del instrumento. En otros casos, se realizaron reuniones individuales con algunos pescadores a los cuales se les aplicó la encuesta. Asimismo, se realizaron reuniones masivas con grupos de pescadores (Figura 3), en esta última instancia estos grupos fueron guiados en la aplicación de la encuesta por uno o más encuestadores que fueron apoyando la aplicación explicando el contexto de cada pregunta y respondiendo a preguntas surgidas desde los pescadores encuestados para aclarar dudas respecto del llenado de la encuesta. En total sólo 64 pescadores contestaron la encuesta (Tabla 2) y de este modo, se produjo un 29% de rechazo a su aplicación. Las razones aludidas para no contestar la encuesta se relacionaron principalmente a las desconfianzas de este tipo de consultas que van a entregar información a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura percibiéndose que finalmente puede perjudicarlos.

**Tabla 1**. Identificación de los pescadores que fueron convocados por evento y localidad.

Evento	Localidad	Participantes
1	Coronel	20
2	Talcahuano 1	2
3	Talcahuano 1	8
4	Talcahuano 1	19
5	San Vicente	20
6	San Antonio	1 (20)
7	Valdivia 1	Intermediación
8	Valdivia 2	11
9	Calbuco	8
	Total Convocados	90 pescadores

**Tabla 2.** Número de pescadores que se sometieron a la encuesta por localidad de residencia.

Localidad	Participantes
Tomé	4
Talcahuano	19
Concepción	3
San Pedro	1
Coronel	24
Lota	1
Los Angeles	1
Valdivia	11
Total	64

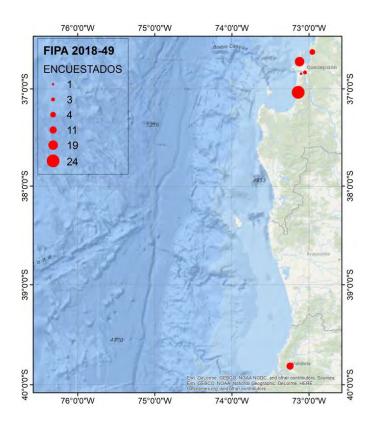


Figura 1. Mapa con la representación espacial de los encuestados.



**Figura 2.** Aplicación de encuesta de manera individual a dirigente y representante del sector pesquero artesanal en el comité de manejo de la sardina común y anchoveta por la V Región.



Figura 3. Aplicación de encuesta de manera grupal a pescadores de la región del Biobío.

#### 1.2. Perfil de los encuestados

De los 64 pescadores artesanales (armadores y patrones de embarcaciones) encuestados en el marco de este proyecto en las Regiones del Biobío y Los Ríos, se pudo caracterizar que el 94% de ellos fueron del género masculino y solo el 6 del género femenino. Las mayores frecuencias de edades de los encuestados se concentraron entre los 46 años y los 60 años, el rango mínimo de edad fue de 25-30 años y el máximo de 66-70 años (**Figura 4**).

La principal actividad que desempeñan los encuestados dentro de la pesquería de sardina común y anchoveta, se relaciona al oficio de Patrón de Pesca (42%), al oficio combinado de armadores artesanales y patrón de pesca (31%) y un 27% de ellos son solo armadores (**Figura 5**). En este caso la se registró un equilibrio en los ámbitos de acción que realizan estas personas.

Finalmente, respecto a la experiencia que tienen estos usuarios relacionada a la actividad pesquera sobre sardina común y anchoveta, se destacó que la gran mayoría de ellos superó los 20 años en la actividad que desempeñan, llegando incluso a alcanzar algunos los 50 años de antigüedad en la actividad (**Figura 6**).

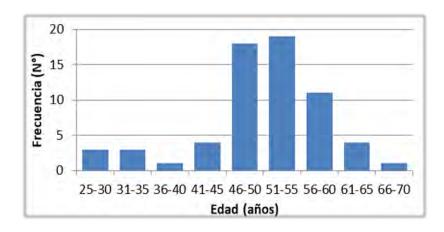


Figura 4. Estructura etaria de los usuarios encuestados.

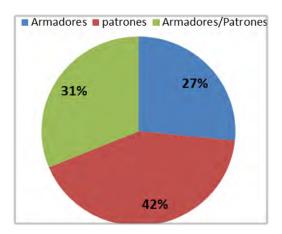


Figura 5. Ámbito de la actividad pesquera de los usuarios encuestados.

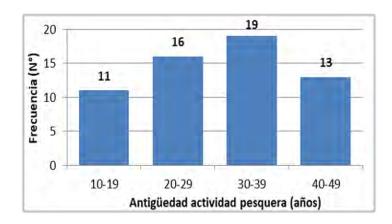
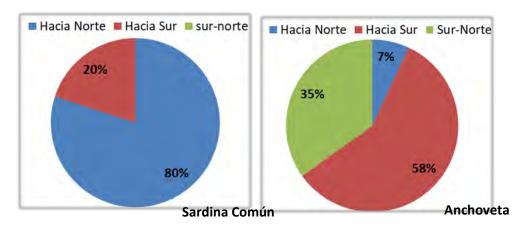


Figura 6. Antigüedad en la actividad pesquera de los usuarios encuestados.

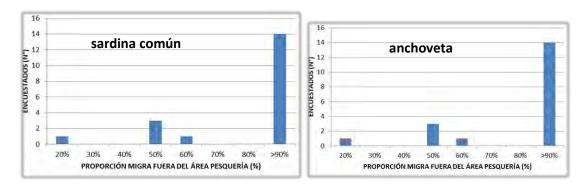
## 1.3. Ámbito Biológico

Respecto de la pregunta ¿Cree usted que existen mezclas o flujos migratorios de peces en la zona de distribución (Valparaíso-Puerto Montt)? casi la totalidad de los encuestados (98%) indicó que para ambos recursos sí existen flujos migratorios. Se destaca que esta pregunta solamente fue respondida por usuarios de la Región del Biobío. Respecto de la pregunta ¿En qué sentido migran estos recursos? Se registraron diferencias entre recursos, en el caso de sardina común el 80% de los usuarios indicó que los flujos migratorios principalmente van hacia el Norte de la zona de distribución. En el caso de anchoveta, el 58% de los usuarios indicó que el recurso migra hacia el sector Sur del área de distribución, pero un 35% indicó que la anchoveta tiene desplazamientos en algunos años hacia el Norte y Sur (Figura 7).



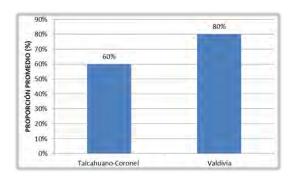
**Figura 7.** Proporción de usuarios encuestados que indican el rumbo del flujo migratorio de peces en la zona de distribución entre Valparaíso y Puerto Montt (n=38 para sardina común y n=43 para anchoveta).

Respecto de la pregunta ¿Cuál es su percepción del porcentaje de cada recurso que logra migrar?, y en el caso que exista migración fuera del área de la pesquería, la mayoría de los pocos encuestados que respondieron indicaron que logra migrar sobre el 90% del stock de sardina común y anchoveta fuera del área de la pesquería (Figura 8). Se destaca que las personas que no respondieron esta pregunta, se justificaron indicaron que no era posible estimar un valor tan específico. En cuanto a la pregunta ¿Cree que una parte de la biomasa de anchoveta o sardina común no está disponible para la captura de la flota?, el 90% de los encuestados indicaron que el recurso sardina común no está disponible para la flota, y un 92% de ellos tuvo la misma respuesta para la anchoveta.



**Figura 8.** Proporción de usuarios encuestados que indican el porcentaje de recurso que logra migrar fuera del área de la pesquería (n=19 para sardina común y n=21 para anchoveta).

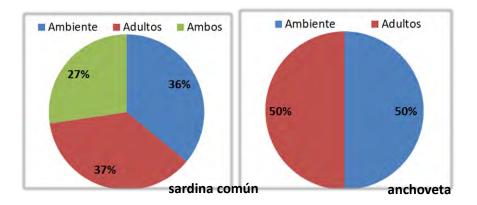
En el caso de que la respuesta a la pregunta anterior haya sido afirmativa, se planteó la siguiente pregunta, ¿Cuál cree usted que puede ser la magnitud en porcentaje que no está disponible para la flota?, los pocos encuestados que lograron responder provenientes del Biobío indicaron que el 60% de la biomasa en promedio de ambos recursos no está disponible para la flota, mientras que los encuestados de la Región de Los Ríos indicaron que un 80% de la biomasa en promedio de ambos recursos no está disponible para la flota (**Figura 9**). La justificación a estas magnitudes se basó principalmente en que el recurso se encuentra al interior de la primera milla náutica y que además la regionalización les impide poder acceder a otras zonas de pesca.



**Figura 9.** Proporción de usuarios encuestados que indican la magnitud de la biomasa de ambos recursos que no está disponible para la captura de la flota. (n= 7 encuestados de Talcahuano-Coronel y n= 11 encuestados de Valdivia).

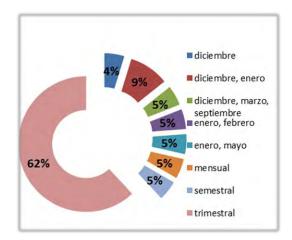
Respecto de la pregunta, ¿Cree que las grandes abundancias de peces reclutas de anchoveta tienen más relación con el ambiente que con la cantidad de desovantes y/o adultos? El 50% de los

encuestados indicó que las grandes abundancias de reclutas de anchoveta se asocian por separado al ambiente y a la cantidad de adultos desovantes (**Figura 10**). En el caso de sardina común, los encuestados indicaron además que al ambiente y los adultos desovantes (27%) tiene un efecto en conjunto sobre las altas abundancias de reclutas de este recurso.



**Figura 10.** Proporción de pescadores artesanales encuestados que indican las variables que tienen más relación con las grandes abundancias de ambos recursos (n=63 para sardina común y n=23 para anchoveta).

En relación de la pregunta, ¿Cree usted que los cruceros de investigación que evalúan abundancia y biomasa, son realizados en los tiempos (periodos) apropiados?, el 72% de los encuestados indicó que los cruceros no son realizados en los periodos apropiados. Si ante la pregunta anterior la respuesta era negativa se planteó la siguiente pregunta, ¿Entonces entre qué periodos de tiempo sugiere usted que se realicen y por qué?, un 62% de los encuestados indicó que los cruceros que evalúan abundancia y biomasa, deberían realizarse con una periodicidad trimestral y sólo un 18% indicó en los meses de verano (Figura 11). En el caso de los encuestados que proponen como periodos los periodos descritos en la pregunta anterior, indicaron que los argumentos que justifican su opinión se basan en que se debe "respetar y considerar el año biológico de los recursos" mejorándose además los tiempos administrativos para que los resultados de estos estudios estén disponibles a tiempo en otoño (Figura 12).

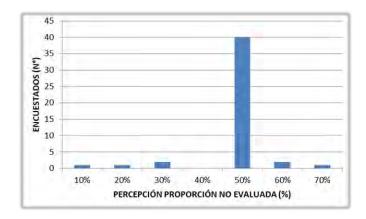


**Figura 11.** Proporción de usuarios encuestados que indican los periodos de tiempo en que deberían ser realizados los cruceros que evalúan abundancia y biomasa. (n=21).



**Figura 12**. Proporción de usuarios encuestados que indican las razones del periodo de tiempo en que deberían ser ralizados los cruceros que evalúan abundancia y biomasa. (n=32).

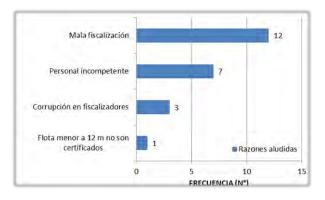
Respecto de la pregunta, ¿Cree usted que en estos cruceros queda biomasa sin evaluar?, el 100% de los encuestados coincidió de forma unánime en que queda biomasa sin evaluar en la realización de estos cruceros de investigación. Respecto de la pregunta ¿Cuál cree usted que es el porcentaje que no se evalúa?, la gran mayoría de los encuestados (n=40) indicó que existe un 50% de la biomasa promedio que no se evalúa (**Figura 13**). El rango biomasa que no se evalúa, varió entre un 10 y 70%.



**Figura 13.** Proporción de usuarios encuestados que indican el pocentaje de biomasa que queda sin evaluar en los cruceros de investigación. (n=47).

## 1.4. Ámbito Operacional

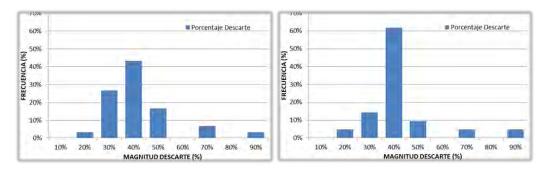
En consideración de la captura mixta de especies en la actualidad, y basada en la pregunta ¿Los porcentajes declarados oficialmente para cada especie son los reales? el 94% de los encuestados indicó que los porcentajes que se declaran de captura mixta son reales, sólo un 6% indicó lo contrario. Se destaca que esta pregunta no fue respondida por los pescadores de Valdivia. Respecto de la pregunta ¿De qué manera no se logra registrar el desembarque real, ya sea de anchoveta y de sardina común? Se indicó que la "mala fiscalización", incluyendo a "personal incompetente" (n=19) para realizar esta labor, serían las causas que afectarían que los porcentajes declarados sean irreales (Figura 14).



**Figura 14**. Proporción de usuarios encuestados que indican las razones para que los desembarques de sardina común y anchoveta no sean declarados oficialmente. (n=23).

Respecto de la pregunta ¿Cree usted que la baja abundancia y baja cuota de una especie respecto de la otra, incrementa el descarte? El 93% de los encuestados indicó, que existe una relación positiva entre la baja abundancia y baja cuota de un recurso para incentivar el descarte de recursos.

Respecto de la pregunta ¿Cuál cree usted que pudo haber sido la magnitud en porcentaje de este descarte? La mayoría de los encuestados indicó que el descarte de sardina común pudo haber estado entre 30% y 50% de las capturas, mientras que el 60% de los encuestados aseguró que el descarte sobre la anchoveta pudo alcanzar el 40% de las capturas (Figura 15). Finalmente, respecto de la pregunta ¿Qué causa cree que produce la mortalidad natural (M), en Anchoveta y Sardina Común? Los encuestados identificaron principalmente tres factores que provocarían la mortalidad natural de estos recursos, relacionados principalmente a eventos de "contaminación" (26%), la "falta de oxígeno" (25%) y a la "vejez" de estos recursos (24%) (Figura 16).



**Figura 15**. Proporción de usuarios encuestados que indican la magnitud en porcentaje del descarte (n=30 para sardina común (izquierda) y n=21 para anchoveta (derecha)).

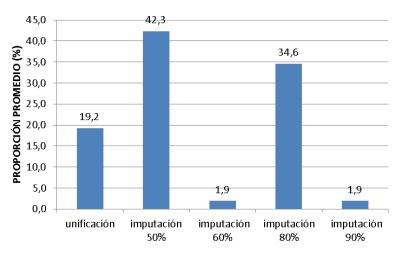


**Figura 16**. Proporción de usuarios encuestados que indican las causas de la mortalidad natural en sardina común y anchoveta (n=63).

## 1.5. Ambito de Manejo

Respecto de la pregunta ¿Está de acuerdo con la regionalización de las cuotas de anchoveta y sardina común?, 79% de los usuarios encuestados, indicaron no estar de acuerdo con el manejo de regionalización de la pesquería de ambos recursos, aludiendo principalmente que la administración debe considerar dejar abiertas las regiones para capturar libremente el recurso (94%) y/o que se debe plantear un manejo que esté basado principalmente en la distribución de la biomasa del mismo.

Respecto de la pregunta ¿Está usted de acuerdo en la determinación del porcentaje de 40% de extracción de imputación conjunta de sardina común y anchoveta? Un 97% de los encuestados declaró no estar de acuerdo con el actual nivel de imputación definido en un 40% de extracción para mitigar el descarte. Asimismo, se debe destacar que ninguno de los usuarios indicó estar de acuerdo con un valor inferior al 40% de imputación (Figura 17), por el contrario, la mayoría de ellos (42% de los usuarios) señaló que habría que aumentar principalmente a un 50% la imputación conjunta o a un 80% (32% de los usuarios). Un grupo menor de usuarios (19%), inclusive estableció que la cuota de ambos recursos debe ser capturada de forma "unificada" (Figura 17), debido según lo pescadores, a la variabilidad que tiene el recurso o a los problemas asociados a la determinación de la biomasa.



**Figura 17.** Proporción de usuarios encuestados que indican el porcentaje de imputación conjunta al cual debe cambiar el usado actualmente (n=52 encuestados).

Respecto de la pregunta ¿Usted percibe algún problema/disconformidad en la asignación anual de cuotas de anchoveta y sardina común?, el 97% de los encuestados indicó estar disconforme sobre forma de asignación de las cuotas que se les otorgan actualmente a los recursos. Las principales razones, entre otras, a las que aluden los usuarios para sentirse disconforme con la asignación de cuotas, se la relaciona con que la "la biomasa existente no representa la cuota establecida" (31%), "baja cuota" (23%), "la cuota no es 100% artesanal" (18%), "criterios del comité científico aplicados en la asignación de la cuota" (8%), "mala distribución" (5%) (Figura 18).



**Figura 18.** Proporción de usuarios encuestados que indican las principales razones por la cual los usuarios encuestados se sienten disconformes en la asignación anual de cuotas de anchoveta y sardina (n=59 encuestados).

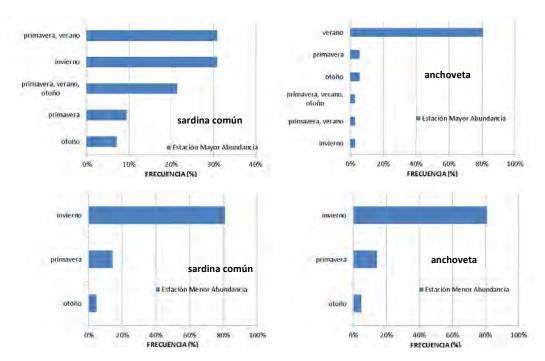
Ante la pregunta: ¿Piensa usted que el actual marco temporal de las vedas biológicas protege al recurso?, la mayor parte de los encuestados (64%) indicó sentirse conforme respecto del actual marco temporal de vedas biológicas, ya que están encaminadas a protegen al recurso anchoveta y sardina común. No obstante, el restante 36% de los usuarios cree que este tipo medida de administración no protege al recurso porque están mal planteadas, ellos aluden principalmente a que las "vedas está mal distribuidas" (48%), también proponen que debe "existir una sola veda por el periodo agosto a enero" (17%), o que debieran "existir vedas dinámicas y que la activación de estas debiera ser bajo reglas de decisión, como por ejemplo cuando se registra presencia de huevos" (10%) (Figura 19).



**Figura 19.** Proporción de usuarios encuestados que indican las principales razones por la cual no están de acuerdo con el actual marco temporal de vedas biológicas para proteger al recurso anchoveta y sardina (n=58 encuestados).

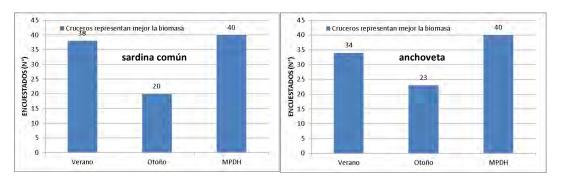
Respecto de la pregunta ¿Cree que una parte de la biomasa de anchoveta o sardina común no está disponible para la captura de la flota?, el 92% de los encuestados indicó que ello es posible en el recurso sardina común, y un 90% lo indicó para el recurso anchoveta. En relación a la pregunta, ¿Cuál cree usted que puede ser la magnitud en porcentaje que no está disponible para la flota?, los encuestados de Talcahuano-Coronel indicaron que un 60% de la biomasa de los recursos no está disponible para su captura, mientras que los usuarios de Valdivia indicaron esta magnitud puede alcanzar hasta un 80%.

Respecto de la pregunta ¿Podría usted identificar estaciones del año con alta y baja disponibilidad, tanto en anchoveta como en sardina común?, el 83% de los encuestados indicó que si era posible identificar la existencia de periodos marcados del año en donde cada recurso está más y menos disponible para la actividad pesquera. A su vez, los encuestados que respondieron afirmativamente lograron identificar las estaciones del año en donde se percibe épocas de mayor y menor abundancia, de este modo, indicaron que la sardina común durante el periodo de primavera, verano y otoño está más disponible y en invierno menos disponible en términos de abundancia. Asimismo, se señaló que la anchoveta durante el verano está más disponible y en invierno lo contrario (Figura 20).

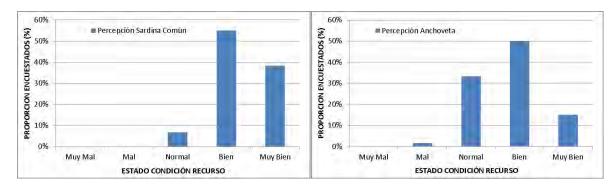


**Figura 20**. Estaciones del año con alta y baja disponibilidad para el recurso sardina común y anchoveta, según los usuarios encuestados (n=42 encuestados).

Respecto de la pregunta ¿Cuál de los siguientes cruceros representaría mejor lo que está pasando con la biomasa del recurso? los encuestados indicaron, de forma similar para ambos recursos, que los cruceros MPDH y el que se realiza durante el verano se aproximarían más a la biomasa que está disponible en el agua (Figura 21). Respecto de la pregunta ¿En qué estado cree usted que se encuentra el recurso anchoveta y/o sardina común? En el caso de sardina común el 93% de los encuestados indicó de acuerdo a la escala presentada que este recurso se encuentra en un estado superior a lo normal encontrándose desde "bien a muy bien". En el caso de anchoveta, sólo el 65% de los encuestados percibe que este recurso se encuentra en una condición de salud poblacional desde "bien a muy bien" (Figura 22).

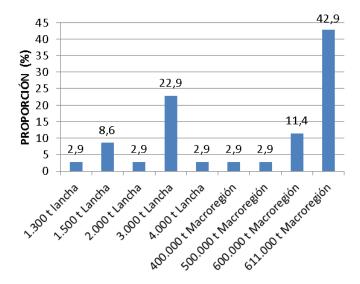


**Figura 21.** Proporción de usuarios encuestados que identifican a los cruceros que representarías mejor lo que está pasando con la biomasa del recurso sardina común y anchoveta (n=64 encuestados).



**Figura 22**. Proporción de usuarios encuestados que indican en los estados poblacionales que se encuentra el recurso sardina común y anchoveta (n=60 encuestados).

Respecto de la pregunta ¿Qué nivel mínimo de capturas de la cuota total podrían ser sostenibles?, los encuestados identificaron dos escenarios para esta consulta, un escenario de capturas a la que opta la lancha artesanal, y el segundo escenario de capturas asociada a la cuota artesanal de la macro región. En este caso, el 43% de los usuarios indicó que un nivel de captura sustentable para ellos correspondería a 611.000 toneladas en conjunto de sardina común y anchoveta otorgadas anualmente para la macro región, y el 23% de ellos respondió que 3.000 toneladas por lancha sería una captura adecuada (**Figura 23**).



**Figura 23**. Proporción de usuarios encuestados que indican el mínimo ideal de capturas de la cuota total que podría ser sostenible desde el punto de vista social-económico (n = 35 de los encuestados).

Finalmente, respecto de la pregunta ¿Cómo cree usted que podría mejorar el manejo pesquero de estos recursos? los encuestados identificaron 24 acciones que se resumen en la **Figura 24.** 



**Figura 24.** Proporción de usuarios encuestados que indican acciones que podrían mejorar el manejo pesquero (n=59 encuestados).

En este caso, las acciones más frecuentes señalas por ellos, correspondieron a "aumento de la cuota" (29% de los encuestados), "aumentar monitoreo de recursos" (25% de los encuestados), "veda por 6 meses" (23% de los encuestados), "redistribuir cuotas no capturadas" (19% de los encuestados), "eliminar licitaciones de pesca" (17% de los encuestados), entre otras.

## 2. Taller N°1: "Análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería"

## 2.1. Implementación de la encuesta a profesionales de la investigación y administración.

Para lograr levantar información primaria sobre los focos de incertidumbre que afectan la determinación del estado de situación de los recursos sardina común y anchoveta desde profesionales de la investigación y administración a nivel nacional, vinculados a la pesquería de estos recursos, así como también establecer consensos y validación respecto de los focos de incertidumbre identificados por los usuarios, se realizó una amplia convocatoria que incluyó a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA), IFOP y algunas universidades, para participar del taller "Taller de análisis de focos de incertidumbre desde usuarios de la pesquería", realizado el día 24 de Julio de 2019 en la ciudad de Valparaíso.

La convocatoria permitió reunir a 13 profesionales de la SUBPESCA, IFOP y universidades a los cuales se les presentó el contexto y objetivos del proyecto, junto con los resultados de la encuesta realizada a los pescadores artesanales de sardina común y anchoveta, en relación a la identificación de fuentes de incertidumbre en la determinación de la dinámica de la pesquería de estos recursos. Esto último con la finalidad de establecer retroalimentación, respecto de los resultados de esta encuesta y de manera paralela levantar desde ellos sus percepciones sobre las fuentes de incertidumbre identificadas. Para ello, se aplicó una encuesta realizada por el equipo del proyecto, basados en la metodología implementada para diseñar y construir este instrumento a los pescadores artesanales, y sobre la base de los resultados obtenidos en su respectiva aplicación.

La encuesta aplicada a los profesionales (ver Anexo 4) contó con 20 preguntas las cuales fueron aplicadas en línea utilizando el portal Socrative (https://socrative.com/), lo cual le otorgó un

carácter dinámico. Cada pregunta fue consultada, posterior a conocer el resultado de la aplicación de la encuesta a los pescadores artesanales. A continuación, se entregan aspectos generales de este taller, además de los resultados procesados de la encuesta aplicada.

# 2.2. Consideraciones destacadas que surgieron durante la interacción y discusión abierta realizada en el taller por los profesionales asistentes

Frente a las preguntas realizadas en la encuesta, surgieron algunas aprehensiones de parte de algunos participantes respecto del sesgo de información que cada uno posee, sobre todo en los aspectos operativos de la actividad pesquera, la cual en muchas ocasiones proviene de los mismos usuarios. Asimismo, se mencionó que la visión que ellos sostienen en algunos casos es más general que la que poseen los pescadores, por ejemplo, en lo que respecta a aspectos migratorios. Desde el equipo de trabajo del proyecto se indicó por otro lado que, a la luz de los resultados del levantamiento de información de este taller, se espera obtener algún "input" que permita decidir por ejemplo, que magnitud pueden tener los flujos migratorios, o el grado de escape de estos recursos desde el norte hacia el sur. En este mismo plano desde los participantes se indicó que "muchas veces se confunden supuestos con realidades y en eso hay que tener mucho cuidado porque cuando eso ocurre, muchas veces se está subestimando la incertidumbre, entonces hay que tener muy claro que si uno piensa que hay migración es porque hay datos que lo demuestran y si no existe es parte de la incertidumbre. Por lo tanto, nuestro modelo operativo -si hay migración- debiera considerar escenarios con diferentes grados del mismo. Se enfatiza que tienen que implementarse diferentes estados de la naturaleza, porque si no, no nos hacemos cargo de todo lo que ocurre".

Por otro lado, se indicó que en términos generales "no existe incertidumbre de primer o segundo grado, todas son importantes y todas deben ser medianamente identificadas e incorporadas al modelo operativo". Así mismo se valoró esta instancia para abordar esta temática de una manera más participativa. Desde el equipo del proyecto, se indicó que "no es apropiado desecharlas, y es importante tener una percepción de esta incertidumbre, por ejemplo, considerar qué grado de variabilidad se puede instalar a una determinada variable. En este aspecto se valoró el trabajo colaborativo que se puede generar con actores de las diversas áreas, tal como la investigación y

administración de estos recursos para establecer la percepción de estas magnitudes. Desde lo anterior, se menciona por ejemplo "que un aspecto relevante puede ser cuanta variabilidad aporta el dato o el proceso de muestreo, ¿Cuánta incertidumbre pueden tener estos elementos?". En este sentido, se señaló que: "la mejor manera de poder medir, analizar o estudiar la incertidumbre que se registra en el proceso de las evaluaciones de stock es tener primero, una mirada crítica respecto a los datos que se usan y luego, en segundo lugar, cómo se interpretan estos datos y en tercer lugar, está el proceso mismo de evaluación de stock. Se mencionó además que "dentro de los principales elementos de la incertidumbre, fuera de los supuestos, están presente dos fundamentales aspectos y que corresponden a la mortalidad natural y el patrón de migración, los cuales contiene alta incerteza".

Finalmente, este taller consultivo permitió levantar las percepciones de los profesionales del área de la investigación y de la administración, respecto de las fuentes de incertidumbre a considerar en la evaluación de stock. Esta información correspondió en este proyecto a un insumo importante para construir las recomendaciones que permitirán obtener una orientación hacia que fuentes de incertidumbre se deben considerar en la evaluación de estos recursos y en qué magnitud se percibe que éstas varían. En este aspecto el consenso entre los usuarios, científicos y administradores de las pesquerías adquiere relevancia, siendo un elemento clave que permitirá iniciar los pasos necesarios para mejorar el desempeño de la pesquería, por medio de la integración mancomunada de diversos actores.

## 2.3. Resultados de aplicación Encuesta en taller N°1

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta (anexo encuesta Taller N°1) aplicada a los participantes de este taller:

Ante la pregunta: ¿Está de acuerdo que la sardina común y anchoveta desarrollan procesos migratorios?, sólo contestaron la pregunta 11 personas de los 13 que asistieron al taller. La totalidad de ellos (100%) indicó una respuesta afirmativa a esta pregunta, determinando que es de consenso de la mayoría que ambos recursos desarrollan procesos migratorios. Asimismo, cuando se consultó: ¿cuál proceso considera usted más relevante asociado a la migración?, y

además se solicitó que seleccione el más relevante en su opinión, 12 asistentes al taller contestaron esta pegunta, estableciendo que ante las alternativas planteadas la mayor parte de ellos (44%) indicó que los procesos más relevantes asociados a la migración de sardina común y anchoveta son: aspectos reproductivos, de crianza y crecimiento (Figura 25)



**Figura 25.** Representación del orden de importancia en términos porcentuales de los procesos más relevantes asociados a la migración en los recursos sardina común y anchoveta (n=12 asistentes).

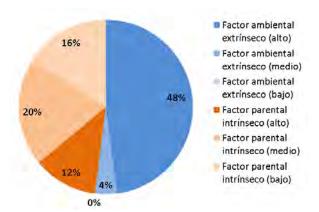
Ante la pregunta: ¿dado estos resultados, considera usted que estas especies deben ser evaluadas (modeladas) de manera espacialmente explícita?, esta pregunta fue respondida por la totalidad de los asistentes al taller, indicando estar de acuerdo con que la modelación sea desarrollada de manera espacialmente explícita.

Al consultarles: ¿usted coincide en que existe escape de peces a la pesquería por conductas de migración en pelágicos pequeños?, se indicó que esta pregunta fue respondida por la totalidad de los asistentes al taller. De manera unánime estuvieron de acuerdo en que existe escape de los recursos sardina común y anchoveta a la pesquería por conductas de migración.

Asimismo, ante la consulta: ¿puede usted establecer un porcentaje de escape a la pesquería?, se indicó que esta pregunta fue contestada sólo por 10 asistentes al taller. De ellos la mayor parte (70%) indicó estar de acuerdo con que el porcentaje de escape a la pesquería estaría en un rango de 31% a 50%. Sin embargo, un grupo menor (30%) estuvo de acuerdo en que este porcentaje sería más bajo y correspondería a un rango entre 11% y 30%.

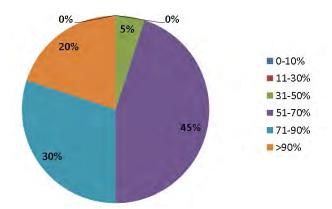
Ante la pregunta: ¿está usted de acuerdo con los resultados de los usuarios en relación a que los principales moduladores del reclutamiento en ambas especies son el ambiente y la fracción

parental?, se indicó que esta pregunta fue respondida por la totalidad de los asistentes al taller. La mayor parte (92%) planteó estar de acuerdo con que los principales moduladores del reclutamiento en ambas especies corresponden al ambiente y la fracción parental. Asimismo, y con el objetivo de profundizar en la respuesta a la pregunta anterior se consultó ¿Qué nivel de importancia tiene cada factor para el control del reclutamiento?, esta pregunta fue respondida por la totalidad de los asistentes al taller. Ante los factores planteados del tipo ambiental o parental en niveles alto, medio y bajo, la mayor parte de los encuestados (48%) indicó que es el factor ambiental en un nivel de relevancia alto, el más importante para el control del reclutamiento (Figura 26).



**Figura 26.** Representación del orden de importancia, en términos porcentuales, de los factores que intervienen en el control del reclutamiento (n=13 asistentes).

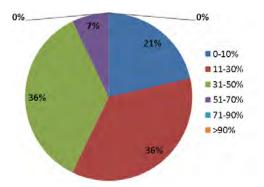
Ante la pegunta: ¿podría indicar un porcentaje de variabilidad del reclutamiento?, sobre un 95% de los encuestados cree que este porcentaje de variabilidad del reclutamiento es superior al 50%, no obstante, un grupo importante (45%) se inclinó por indicar que este porcentaje fluctúa entre un 51% a un 70% (**Figura 27**).



**Figura 27.** Representación del orden de importancia, en términos porcentuales, de la proporción de variabilidad del reclutamiento en los recursos sardina común y anchoveta (n=13 asistentes).

Por otro lado, ante la consulta: ¿los cruceros se realizan en el momento y cobertura temporal adecuados para medir la abundancia de las especies?, un 77% de los encuestados indicó que los cruceros son realizados en el momento y cobertura temporal adecuados para medir la abundancia de las especies, mientras que un 23% indicó lo contrario. Asimismo, ante la consulta ¿reconoce usted que el crucero acústico desarrollado en una frecuencia trimestral (u otra escala más fina) es apropiado para estimar la abundancia de los recursos?, la mayor parte de los encuestados (58%) indicó no estar de acuerdo con que el crucero acústico desarrollado en una frecuencia trimestral u otra escala más fina sea apropiado para estimar la abundancia de los recursos. No obstante, el 42% cree lo contrario.

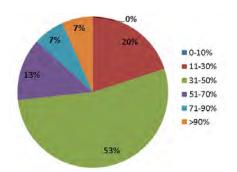
Ante la consulta: ¿qué porcentaje de abundancia considera que no es evaluado por los cruceros acústicos (considerar sesgos de orilla u otros) ?, se logró advertir que un 72% de los encuestados, cree que el porcentaje de abundancia que no es evaluado por los cruceros acústicos, considerando el sesgo de orilla, está entre un 11% y un 50% y un 21% cree que está por debajo de este rango (**Figura 28**).



**Figura 28**. Representación del orden de importancia, en términos porcentuales, de la abundancia de los recursos sardina común y anchoveta que se considera no evaluado por los cruceros acústicos (n=12 asistentes).

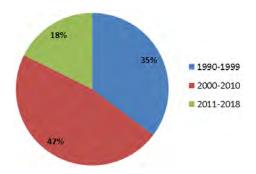
Por otro parte, al consultarles: ¿coincide usted con los usuarios en relación a su apreciación de un alto nivel de credibilidad de capturas reportadas en la actualidad?, un 85% de los encuestados indicó no estar de acuerdo con los usuarios en relación a la apreciación que ellos manifiestan sobre el alto nivel de credibilidad de capturas reportadas en la actualidad, en tanto sólo un 15% indicó estar de acuerdo.

En el contexto histórico, ¿Podría usted establecer un porcentaje de error de capturas reportadas?, un 53% de los encuestados indicó que el porcentaje de error en las capturas reportadas debiera estar entre el 31% y 50%, sin embargo, algunos creen que este valor puede ser mayor llegando a alcanzar inclusive el 90%. Por otro lado, otros creen que puede ser menor al rango indicado, posicionándose por debajo del 11% (**Figura 29**).



**Figura 29**. Proporción en porcentaje de la consideración de los encuestados en relación al nivel de error de capturas reportadas en el contexto histórico (n=13 asistentes).

Ante la pregunta: ¿podría indicar usted, en qué períodos de años hubo significativos errores de reporte en el desembarque?, un 47% de los encuestados indicó que el periodo de años en los cuales se registraron errores significativos en el reporte de los desembarques estaría entre los años 2000 y 2010, un menor número de encuestados (35%) cree que este periodo correspondería a los años 1990 y 1999 (Figura 30).

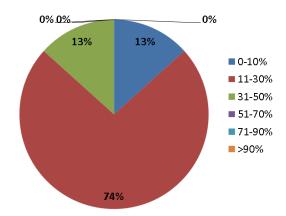


**Figura 30**. Percepción de los encuestados en relación al período de años en los cuales se asume que hubo errores significativos de reporte en el desembarque (n=13 asistentes).

Al consultarles: ¿considera usted que el principal factor que induce al descarte en estas pesquerías es la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra?, la totalidad (100%) de los que respondieron esta pregunta (n=12 asistentes) estuvo de acuerdo en que el principal factor que induce al descarte en estas pesquerías es la baja abundancia y cuota de una especie respecto de la otra.

Por otro parte, al preguntar: ¿coincide usted en que el principal porcentaje de descarte histórico mencionado por los usuarios fluctúa entre 30% y 50%?, la mayor parte de los encuestados (55%) no estuvo de acuerdo con los usuarios en relación al porcentaje de descarte histórico, que según ellos estaría entre un 30% y un 50%. No obstante, un 45% indicó estar de acuerdo con este valor. Ante la consulta ¿de acuerdo a lo indicado por los usuarios, coincide usted que el 60% a 80% de la biomasa no está disponible a la flota pesquera de estas especies?, la totalidad (100%) de los asistentes que respondieron a esta consulta (n=11), no estuvo de acuerdo con lo indicado por los usuarios, en este caso, que el 60% a 80% de la biomasa no está disponible a la flota pesquera de estas especies. Asimismo, para ahondar en la respuesta anterior, se les consultó ¿cuál es su

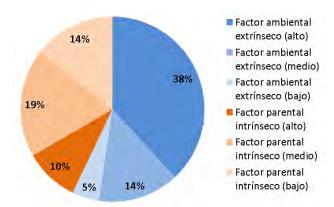
percepción de porcentaje de biomasa no disponible a la pesca?, ante la respuesta negativa a la consulta anterior, un 74% de los encuestados indicó que su percepción en porcentaje de la biomasa no disponible a la pesca estaría entre un 11% a un 30% (**Figura 31**).



**Figura 31**. Proporción en porcentaje de la percepción de los encuestados en relación al porcentaje de biomasa no disponible a la pesca (n=13 asistentes).

Según los usuarios, la mortalidad natural ocurre principalmente por factores asociados a la contaminación, falta de oxígeno, temperatura y vejez, bajo este contexto se les consultó ¿está de acuerdo con que estos factores son los principales moduladores de la muerte natural de estas especies?, un 85% de los encuestados indicó no estar de acuerdo con que la mortalidad natural ocurre principalmente por factores asociados a la contaminación, falta de oxígeno, temperatura y vejez. No obstante, un 15% si está de acuerdo con ello.

Por último, se consultó ¿cuál es el principal factor que impacta en la mortalidad natural de estas especies?, la mayor parte de las preferencias (38%) correspondieron al factor ambiental extrínseco alto como el factor que impacta en la mortalidad natural de estas especies (sardina común y anchoveta). Y en segundo lugar el factor intrínseco medio fue seleccionado con un 19% de las preferencias. En términos generales el factor ambiental (alto, medio o bajo) arrojó un 57% de las preferencias y el factor intrínseco parental indicó un 43% de las preferencias (**Figura 32**).



**Figura 32**. Representación del orden de importancia, en términos porcentuales, de los factores que impactan en la mortalidad natural de los recursos sardina común y anchoveta (n=13 asistentes).

# 3. Taller N°2: "Identificación, modificación y priorización de los objetivos operacionales de manejo y reglas de control".

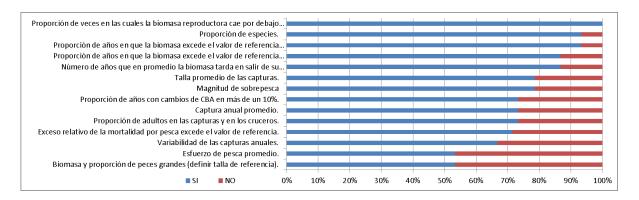
## 3.1. Implementación Taller N°2

Este taller se realizó durante el día 11 de octubre de 2019 en dependencias de la Escuela de Cencías del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en la ciudad de Valparaíso. Contó con la participación de parte de los miembros del Comité Científico y administradores de las pesquerías de pequeños pelágicos en conjunto con el equipo de trabajo del proyecto. El taller tuvo por finalidad presentar a los participantes una propuesta de los objetivos operacionales y las reglas de control de la captura para la pesquería de sardina común y anchoveta, generada desde el equipo de este proyecto, a partir del análisis de la información secundaria y primaria (encuestas a pescadores y grupo científico-técnico y Taller N°1) obtenida en la fase inicial de este proyecto y consensuar con ellos su pertinencia, además de establecer sugerencias para realizar mejoras y determinar prioridades. De esta manera, en una etapa inicial, se realizaron dos presentaciones, la primera dirigida a propuestas de reglas de control de captura e indicadores operacionales.

Posteriormente, se procedió a realizar la actividad práctica y participativa con la presentación de las propuestas que contenían las distintas reglas de control de captura y los objetivos operacionales junto a sus verificadores de desempeño asociados para establecer eventuales modificaciones en consenso con los asistentes al taller (**Tabla 3**). Las modificaciones sugeridas para

los objetivos operacionales, dieron por resultado correcciones e incorporaciones solamente a los verificadores de desempeño (**Tabla 4**). Las reglas de control de captura fueron asumidas y validadas por los presentes para su implementación en el proceso de evaluación de estrategia de manejo (**Tabla 5**).

Más tarde, y con el propósito de establecer cuál de estos objetivos operacionales y verificadores de desempeño fueron de mayor relevancia, se solicitó a los asistentes utilizar la aplicación Socrative y contestar el cuestionario predeterminado, que en esta oportunidad correspondía a los verificadores de desempeño de cada objetivo operacional, con el objeto de que los asistentes indiquen la opción Sí o No a seleccionar. De manera gráfica los resultados se muestran en la **Figura 33**, donde se indica que todos los asistentes que contestaron la encuesta (n=15 asistentes) consideraron de forma unánime y relevante a la "Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductora cae por debajo del valor de referencia/colapso", el cual corresponde al verificador de desempeño del objetivo operacional correspondiente a "Evitar el riesgo de sobre-explotación/agotamiento". Por otro lado, 53% consideró menos importante el "Esfuerzo de pesca promedio", enmarcado en el objetivo "Asegurar el máximo empleo del sector", el cual está asociado al ámbito del bienestar social de la pesquería y además, consideró de forma menos importante el verificador "Biomasa y proporción de peces grandes", asociado al objetivo operacional "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería" enmarcado al ámbito usuarios de la pesquería.



**Figura 33**. Indicación de las preferencias de los asistentes, respecto de los verificadores de desempeño modificadas en el taller (n=15 asistentes).

**Tabla 3**. Propuesta de objetivos operacionales y variables de desempeño asociada.

Objetivo Operacional	Variable de desempeño generada en el MSE
Sostenibilidad: "Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería"	
1.4. Evitar el riesgo de sobre- explotación/agotamiento	<ol> <li>Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductora cae por debajo del valor de referencia/colapso.</li> </ol>
1.5. Evitar el riesgo de sobre-pesca	14. Proporción de veces en las cuales la mortalidad por pesca excede el valor de referencia.
1.6. Maximizar el escape de juveniles	15. Proporción de adultos en las capturas 16. Talla promedio de las capturas
2. Restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas "	
2.1. Aumentar la probabilidad de alcanzar la plena explotación	17. Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra sobre-explotada.
2.2. Aumentar la probabilidad de salir de la condición de agotamiento	18. Proporción de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento
2.3. Reducir el tiempo de recuperación poblacional	19. Número de años que en promedio la biomasa tarda en salir de su condición de sobre-explotación o agotamiento
3. Usuarios de la pesquería: "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería"	
3.1. Maximizar el rendimiento	20. Captura anual promedio
3.2. Minimizar la incertidumbre en el sector	<ul><li>21. Proporción de años con cambios de CBA en más de un 10%</li><li>22. Variabilidad de las capturas anuales</li></ul>
3.3. Maximizar los ingresos de la pesca	23. Biomasa y proporción de peces grandes (definir talla de referencia)
4. Bienestar social de la pesquería: "Asegurar el máximo empleo del sector"	24. Esfuerzo de pesca promedio

**Tabla 4**. Objetivos operacionales y variables de desempeño modificada en Taller N°2.

Objetivo Operacional	Variable de desempeño generada en el MSE
Sostenibilidad: "Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería"	
1.2. Evitar el riesgo de sobre- explotación/agotamiento	Proporción de veces en las cuales la biomasa reproductora cae por debajo del valor de referencia/colapso.
2.2. Evitar el riesgo de sobre-pesca	<ul><li>3. Exceso relativo de la mortalidad por pesca cuando excede el valor de referencia.</li><li>4. Magnitud de sobrepesca.</li></ul>
2.3. Maximizar el escape de juveniles	<ul><li>3. Magnitud de adultos en las capturas y en los cruceros</li><li>4. Talla promedio de las capturas</li></ul>
2. Restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas "	
2.1. Aumentar la probabilidad de alcanzar la plena explotación	número de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra sobre- explotada.
2.2. Aumentar la probabilidad de salir de la condición de agotamiento	<ol> <li>Número de años en que la biomasa excede el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento.</li> <li>Proporción de especies.</li> </ol>
2.3. Reducir el tiempo de recuperación poblacional	Número de años que en promedio la biomasa tarda en salir de su condición de sobre- explotación o agotamiento
3. Usuarios de la pesquería: "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería"	
3.1. Maximizar el rendimiento	Captura anual promedio
3.2. Minimizar la incertidumbre en el sector	<ol> <li>Proporción de años con cambios de CBA en más de un 10%</li> <li>Variabilidad de las capturas anuales</li> </ol>
3.3. Maximizar los ingresos de la pesca	Biomasa y proporción de peces grandes     (definir talla de referencia)
4. Bienestar social de la pesquería: "Asegurar el máximo empleo del sector"	Esfuerzo de pesca promedio

**Tabla 5.** Propuesta de reglas de control de la captura para la pesquería de sardina común y anchoveta.

REGLAS DE CONTROL DE LA CAPTURA		
1.	Regla F constante (procedimiento actual)	
2.	Regla propuesta por Comité de Manejo Pelágicos Pequeños (Rampa mixta)	
3.	Rampa en B <sub>RMS</sub>	
4.	Captura constante (varios escenarios por especie)	
5.	Regla Empírica monoespecífica basado en los cruceros: con y sin rampa	
6.	Regla Empírica mixta basado en los cruceros: con y sin rampa	

## 4. Taller N°3 "Identificación de las reglas de control e indicadores operacionales más adecuados".

## 4.1. Implementación Taller N°3

Este taller denominado "Taller de identificación de las reglas de control e indicadores operacionales más adecuados" se realizó el día 21 de noviembre de 2019 en el auditorio del Instituto de Investigación Pesquera ubicado en la ciudad de Talcahuano. Contó con la participación de los miembros del Comité de Manejo de Pesquerías de Pequeños Pelágicos, usuarios de la pesquería artesanal e industrial, el equipo de trabajo del proyecto y un representante de la Subsecretaría de Pesca. En relación a los resultados del trabajo realizado por medio de "Focus group", es posible indicar que se verificaron importantes aportes sintonizados con los intereses del sector extractivo, en relación con la temática propuesta de reglas de control de captura e indicadores de desempeño para ser aplicado en el contexto de evaluación de estrategias de manejo. El taller se inició con presentaciones de introducción y objetivos del proyecto, reglas de control de captura e indicadores de desempeño propuestos por el equipo de trabajo (Tabla 6). En relación con los indicadores de desempeño, se realizaron las siguientes preguntas en el marco de la dinámica de grupo:

- 1. ¿Cuál (es) indicador (es) operacional (es) le parece más necesario?
- 2. ¿Cuáles (son) factible (s) de implementar?
- 3. ¿Existe otro que se pueda implementar?
- 4. ¿podría describirlo?

La dinámica grupal consistió en generar dos grupos al azar y responder de manera conglomerada por grupos. En consecuencia, los resultados indican lo siguiente:

#### Ámbito sostenibilidad: Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería

- De forma unánime se indicó que el indicador operacional más necesario de implementar corresponde a:
  - a) veces en que la biomasa desovante cae por debajo del valor de referencia/colapso.
  - b) veces en que la mortalidad por pesca excede el valor de referencia.
  - c) magnitud de la sobrepesca F>F<sub>RMS</sub> (%).
- Se indicó sugerencias de modificación de algunos verificadores de desempeño, en este caso, se planteó que la "Proporción de adultos en las capturas y los cruceros" sea modificada por "Porcentaje de ejemplares sobre la talla de madurez sexual en la sardina común" y "Porcentaje de ejemplares sobre la talla de referencia ya sea en sardina común o Anchoveta". También se señaló que es necesario modificar la "Talla promedio de las capturas" por la talla mínima legal para cada recurso, en este caso, como talla de referencia.

#### Ámbito restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas

- De forma unánime se indicó que el indicador operacional de mayor necesidad corresponde a:
  - a) número de veces que la biomasa alcanza el valor de referencia cuando se encuentra sobreexplotada.
  - b) número de veces que la biomasa alcanza el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento.
- Se sugirió eliminar el verificador de desempeño: "proporción de especies", ya que no aplica esta variable de desempeño.

#### Ámbito usuarios de la pesquería: Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería

- De forma unánime se indicó que el indicador operacional que les parece más necesario corresponde:
  - a) número de años con cambios de cuota de captura en más de un 10%.
  - b) variabilidad de las capturas anuales. Sin embargo, en este último punto se indicó que esta variabilidad puede estar influencia por el precio de playa, y por lo cíclico o la alternancia en la disponibilidad de estos recursos en el hábitat (cambio de fases o régimen).
- Sugirieron eliminar el verificador de desempeño "captura anual total", ya que por sí sola, no
  correspondería su utilización y que no aplica como variable de desempeño, ya que se relaciona más
  bien con la disponibilidad de las especies en la zona de pesca. Se debe incorporar como variable de
  desempeño la Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE), ya que se vincula directamente con la
  disponibilidad del recurso por zonas de pesca.
- De forma unánime, se sugirió eliminar el verificador de desempeño "proporción de peces grandes (cuyo rango de tallas no está definida)" e incorporar "el tiempo (fecha) en que la cuota se entrega", para aprovechar la mejor disponibilidad del recurso, la mejor proporción de especies, el mejor factor de condición biológica o el tamaño, en general. La recomendación obedece a obtener un mejor rendimiento de pesca.

#### Ámbito del bienestar social: Asegurar el máximo empleo del sector

• Se argumentó que no corresponde, y se debiera cambiar por el concepto de "cuota de pesca". Indican que una cuota ata se vincula al aumento del empleo y, por el contrario, una cuota baja genera un declive del mismo. Se plantea que en la actualidad existen 2 tercios de la flota sin operar.

Finalmente, los objetivos operacionales y sus respectivos verificadores de desempeño quedaron expresados de la siguiente manera como se indica en la **Tabla 6**.

**Tabla 6**. Objetivos operacionales y variables de desempeño modificada en Taller N°3 (Comité de manejo y usuarios).

<b>Objetivo Operacional</b>	Variable de desempeño generada en el MSE	
1. Sostenibilidad: "Asegurar la sostenibilidad del recurso y su pesquería"		
1.1. Evitar el riesgo de sobre- explotación/agotamiento	Veces en que la biomasa (reproductora) cae por debajo del valor de referencia/colapso.	
1.3. Evitar el riesgo de sobre-pesca	<ol> <li>Veces en que la mortalidad por pesca cuando excede el valor de referencia.</li> <li>Magnitud de la sobrepesca F&gt;F<sub>RMS</sub> (%).</li> </ol>	
1.3 Maximizar el escape de juveniles	<ol> <li>Porcentaje de ejemplares sobre la talla de madurez sexual (sardina común).</li> <li>Porcentaje ejemplares sobre la talla de referencia, ya sea en sardina común (8,5 cm; 11,5 cm) o en anchoveta (12</li> </ol>	
2. Restauración: "Recuperar las pesquerías agotadas o sobre-explotadas "		
2.1. Aumentar la probabilidad de alcanzar la plena explotación	Número de veces en que la biomasa alcanza el valor de referencia cuando se encuentra sobre-explotada.	
2.2. Aumentar la probabilidad de salir de la condición de agotamiento	Número de veces en que la biomasa alcanza el valor de referencia cuando se encuentra en condiciones de agotamiento.	
2.3. Reducir el tiempo de recuperación poblacional	Número de años en que la biomasa tarda en salir de su condición de sobre-explotación o agotamiento	
3. Usuarios de la pesquería: "Reconocer los intereses de largo plazo de los usuarios de la pesquería"		
3.1. Maximizar el rendimiento	CPUE     Disponibilidad de recursos en zona de pesca	
3.2. Minimizar la incertidumbre en el sector	<ol> <li>Número de años con cambios de Cuota en más de un 10%</li> <li>Variabilidad de las capturas anuales</li> </ol>	
3.3. Maximizar los ingresos de la pesca	<ol> <li>CPUE.</li> <li>Cercanía de puerto de la zona de pesca</li> </ol>	
4. Bienestar social de la pesquería: "Asegurar el máximo empleo del sector"	Cuota total de pesca	

- Las reglas de control de la captura que les parecieron más necesarias a los usuarios correspondieron
   a:
  - a) Captura constante (3 escenarios por especie)
  - b) Captura mixta
  - c) Regla Empírica (basado en 2 cruceros) tipo rampa y captura Mono-Específica
- Los rangos de la captura total apropiados para utilizar en la modelación para la macrozona, según los usuarios, corresponderían a escenarios de capturas de 850.000 ton en sardina y 300.000 ton.

## Anexo 8: Modelamiento de sardina común y anchoveta en Stock Synthesis (SS3)

Stock synthesis (SS) es una plataforma de modelación estadística edad-estructurada que ha sido aplicado en una amplia variedad de evaluaciones de peces globalmente. La plataforma es ampliamente escalable a partir de datos limitados donde se trabaja con modelo de producción edad-estructurados hasta situaciones complejas donde es posible incorporar múltiples fuentes de información y dar cuenta de procesos biológicos y ambientales. SS es codificado utilizando AD Model, el cual posee una poderosa capacidad y eficiencia en la estimación de cientos de parámetros utilizando tanto máxima verosimilitud como inferencia bayesiana. El procesamiento de resultados y salidas es realizado principalmente por paquetes desarrollados en R, con rápidas diagnosis

## Dinámica poblacional

Las características generales de stock synthesis (https://vlab.ncep.noaa.gov/group/stock-synthesis/home) son presentadas en la siguiente tabla resumen.

captura	Para cada flota pesquera, inicialmente el cálculo de captura es número a la edad para cada flota, entonces puede ser agregada en biomasa o número. Si F es estimado como parámetro, entonces baja precisión puede ser asignada para cada valor.
Índice de crucero y flota	Es agregado entre edades/tamaños conforme a una selectividad específica o estimada, por lo tanto, el índice es factible como edadespecífico; la capturabilidad puede ser estimada o escalada como constante o parámetro, pudiendo ser estimada tiempo variante o denso-dependiente; si las unidades son esfuerzo, entonces el valor esperado es F/q.
Peso medio, composición de tamaños	Una simple medida del tamaño medio del pez en la captura (i.e. peso total, número total). Para cada flota y crucero; combinación de género, por género, razón sexual, para cada captura o porción retenida. Pequeña constante puede ser adicionada y límites pueden ser comprimidos.
Composición de edades	Al igual que la composición por tamaños, también puede ser interpretada después de aplicar error de lectura para valores esperados. Puede ser para todo el rango de tamaños, o para sub-set de rangos de tamaño (enfoque tamaño-edad).

Composición tamaño generalizada	Así como la composición por edades, pero con intervalos generalizados puede ser en términos de tamaño corporal o peso, y acumulados en términos de números o biomasa en cada intervalo.
Tamaño medio a la edad	Los valores esperados para estos datos toman en cuenta el crecimiento, selectividad por tamaño, imprecisión en la asignación de edad.

#### Archivo control sardina común

El modelo de sardina común implementado en SS3, utiliza un archivo control que determina la forma que son estimados diferentes parámetros poblacionales y modelos utilizados para procesos biológicos. Las ecuaciones gobernando el modelo pueden ser encontradas en Methot and Wetzel (2013). Tanto sardina como anchoveta presentan una configuración y supuestos equivalentes. El modelo asume una sola área, un solo sexo, y es estructurado por edades. Los parámetros estimados fueron capturabilidad, selectividad, reclutamiento y la mortalidad por pesca. El reclutamiento se produce en enero a la edad 0.

A continuación, se presentan sus características.

#### Mortalidad natural:

Es utilizado un vector de valores de mortalidad natural constante entre años y variable entre edades, con valores: 1.2; 0.9; 0.8; 0.8; 0.8 (edades 0-4).

#### Madurez:

La madurez al igual que la mortalidad es constante entre años y variable entre edades con valores: 0.057; 1; 1; 1 (edades 0-4).

## Stock-reclutamiento:

La relación stock-recluta no considera valor de steepness y ajuste no sesgado en conjunto con bajo énfasis en desviaciones de reclutamiento para una obtención no condicionada de estimaciones de reclutamiento:

#### Mortalidad por pesca

La mortalidad por pesca es modelada con método hibrido, donde los valores finales son estimados en términos de valores de F continuos, sin ser necesario su especificación.

#### Archivo control anchoveta:

El modelo de anchoveta implementado en SS3, emplea un archivo control similar al de sardina común con variantes en sus parámetros o valores de entrada.

#### Mortalidad natural:

la mortalidad es constante entre años y edades, equivalente a 0.69 año-1.

#### Madurez:

La madurez al igual que la mortalidad es constante entre años y variable entre edades con valores: 0.32; 1; 1; 1; 1 (0-5).

#### Stock-reclutamiento:

La relación stock-recluta no considera valor de steepness y ajuste no sesgado en conjunto con bajo énfasis en desviaciones de reclutamiento para una obtención no condicionada de estimaciones de reclutamiento:

## Capturabilidad

La capturabilidad es estima como un simple q, proporcional al valor esperado

#### Mortalidad por pesca

La mortalidad por pesca es modelada con método hibrido que utiliza la aproximación de Pope para proveer valores iniciales para un ajuste iterativo de valores continuos de F para aproximarse a los valores observados en las capturas.

#### Bootstrap de datos

Para la obtención de datos simulados a ser utilizados en la evaluación del desempeño del modelo de evaluación de stock, se aplica un boostrap para generar datos que constituyen un nuevo set de datos simulados, generados a través de un procedimiento de bootstrap paramétrico escrito secuencialmente para la generación de archivos y organizados en datos individuales utilizados en nuevas corridas del modelo.

## Anexo 9: Solicitud de modificación carta Gantt.

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFIA



Valparaíso 22 de julio 2019

Sr. Luis Carroza Director Ejecutivo Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura Bellavista 168, Piso 16 VALPARAISO

> Ref. Informa cambio menor en planificación proyecto FIPA 2018-49

De mi consideración,

En el desarrollo del proyecto FIPA 2018-49 "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO (EEM) EN LAS PESQUERÍAS DE ANCHOVETA Y SARDINA COMÚN", y debido al mayor tiempo invertido en el diseño e implementación de un proceso de consulta/encuesta para abordar el 1er taller de trabajo, nos hemos visto en la necesidad de modificar ligeramente la fecha de desarrollo de una de las actividades comprometidas en la Carta Gantt del proyecto. Esta actividad se refiere a la realización del 2do Taller de percepción y Diseño de Procedimientos de Manejo, el cual deberá ser llevado a cabo durante fines de agosto del presente año y por ende no podrá ser reportada en el informe de avance a entregar la primera semana del mismo mes.

Lo anterior significa posponer en un mes dicha actividad y no tiene efectos sobre la programación total del proyecto.

Esperando una favorable acogida a la presente, le saluda

Dr. Cristian M. Canales Jefe de proyecto Anexo 10: Reporte de Revisores Expertos sobre seminario internacional: "Evaluación de Estrategias de Manejo en Recursos Pelágicos Pequeños en Chile".

# MANAGEMENT STRATEGY EVALUATION IN SMALL PELAGIC RESOURCES IN CHILE

## Reviewer's report

Carryn de Moor

Marine Resource Assessment and Management (MARAM) Group

Dept. of Maths and Applied Maths, University of Cape Town, South Africa

James Ianelli Alaska Fisheries Science Center Seattle, Washington, USA

#### A note about MSEs and terminology

A selected "Management Procedure" (MP) is a tested, full specification of how recommended catches (RCs) are calculated. This includes a precisely defined form of calculations and required data to make such calculations. An MSE, is the process of using simulation testing techniques to select an MP among a suite of candidates (CMPs). CMPs are to be tested within an appropriately complex operating model (OM) that incorporates as much resource uncertainty as is practical. Finally, an iterative step with managers and stakeholders involves developing performance metrics that can best evaluate trade-offs against competing management objectives. The process is facilitated by establishing agreed overarching objectives of the managers (e.g., to avoid a historically low biomass with a certain probability). To the extent practical, CMPs should be "tuned" to meet over-arching objectives. In so doing, tradeoffs from other performance statistics (e.g., catch and/or catch variability) can be evaluated in a

Project FIPA 2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común".

## **Executive summary**

Over the course of the two-and-a-half-day workshop we concluded that the advances and developments are a positive sign and this project has been valuable. However, further work is required in order to complete an MSE to select an MP for implementation. In this regard, our key recommendations are given below.

#### - General

- High priority should be given to investing in capacity building to have a) more scientists capable of working on MSE developments and b) managers assigned to interact and provide communication and feedback to stakeholders.
- To the extent practical, some overarching objectives should be proposed and cycled through managers for approval and refinements.
- Some draft suggestions for establishing a timeline of activities and next steps should be revised and followed.

#### CMP related

- For any given operating model, CMPs should be compared against each other but also relative to projections with no fishing mortality. This should provide some perspective the range of future variability without any fishing.
- Consider empirical CMPs, with consideration of within-year changes of catch limits and also how to leverage the fact that RECLAS and PELACES can reflect more (or less) of a recruitment index depending on species.
- For designing some CMPs, some constraint rules should be evaluated (e.g., effort-change limits or maximum change in RC etc.).
- Discontinuities in the HCR part of the CMP should be avoided. Having such breakpoints may affect
  the processes involved in the estimation (being a few grams above or below a breakpoint, for
  example)
- Data specifications from the OM must be precisely specified and available in the future for any CMP that might be selected. i.e., a CMP would be invalid if future data streams used were unlikely to occur.

## OM design/development

- A single best set of data should be used as the basis for all model development by all parties. All
  data should be made available and graded on a scientific basis for including in the operating model
  conditioning.
- The robustness of the CMP to uncertainty should be tested through robustness tests. This entails having OMs configured that have plausible (but unlikely) conditions (e.g., occasional extra natural mortality events).
- The projection period of 10 years (as done for the OM-CMPs evaluated in this project) seems adequate for these short-lived species.
- Projections from OMs should be evaluated against historical variability.

• Ensure that OM simulations project future data for use in the CMP that have a real expectation of being available in future years.

#### Performance metrics

- The biological reference points in place seem either fixed (at some value for which it is difficult to
  evaluate derivation) or estimated within the estimation model, which may be unrelated to their
  analogues from the OM. These should be simplified perhaps just considering the results from the
  OM. Perhaps also consider using empirical reference points (from the OM). For example, the target
  could be set to some historical period of "good" fishing conditions.
- Performance statistics should be carefully chosen to assist in quantitatively evaluating to what extent each CMP is able to satisfy the objectives.
- High priority performance statistics can be used to narrow down the range of acceptable CMPs prior to considering the remaining performance statistics.
- The shape of the HCRs need not be designed to satisfy the objectives (the performance statistics will measure the outcomes) and should be designed to be continuous.
- Graphical representation of performance statistics should be refined; for example, median, 90<sup>th</sup> percentile "swath" plots with a subset of individual simulation realizations as lines. This will be useful for communicating projected timeseries. "Box-and-whiskers" plots may be more useful for communicating e.g. average statistics.

#### Introduction

This report intends to deliver a review and provide technical advice to improve the development of the project "Management Strategy Evaluation in small pelagic resources in Chile". Additionally, the reviewers made two presentations related to the topic of interest based on experience and expert knowledge and participated in a two-and-a-half-day workshop (the presentations and meeting documents were made available online <a href="here">here</a>). The schedule is provided in Appendix I.

Overall, the reviewers found the workshop to be well organized with a comprehensive set of documents (listed in Appendix II). The effectiveness of the reviewers to cover all of the materials was hampered as many documents were unavailable prior to the meeting and some were only in Spanish. Otherwise, the presentations were generally good but it was difficult to understand which document was being presented when (listing the documents that apply to the agenda items would have been useful). The presenters were generally clear and prepared to answer our questions. The Task statement for the reviews is provided in Appendix III.

## **Summary of findings**

The main focus of this review is for the sardine and anchovy resources in the south and central Chile and on the practical aspects of developing MSEs. The work on developing OMs for northern anchovy was also presented, but specific details on a full MSE were missing. Nonetheless, the developments shown have application for parallel MSE approaches. The following sections are organized by general topics. As requested, we have included an abbreviated references section for listing papers related to MSE work.

Harvest Control Rules and "CMPs"

A presentation of CMPs (HCR1, HCR2, HCR3, HCR6) included a statistical assessment method with an HCR applied within that assessment model for a projected catch recommendation. The assessment and HCR were integrated to the extent that they could not be separated. We noted that in some other settings, the assessment is run before and separate from the HCR with the former providing input (e.g. of current biomass) to the HCR leading to a catch decision.

The integrated method used in these CMPs was designed to mimic the current management process. This approach uses a statistical estimation model ("SAM") to produce a projected level of catch under  $F_{MSY}$ . The uncertainty of these estimates forms part of the quota setting process (a lower percentile may be selected as the initial RC). As survey data become available, the model is re-fit and the final quota for the year is based on the updated point estimate of catch at  $F_{MSY}$ . We find this approach to be quite complicated and may suffer from a lack of transparency. Also, testing (and tuning, see below for explanation of why tuning would be useful) such CMPs requires extensive computation time. Other CMPs (specifically HCR5) were empirical and used data sampled directly from the population (e.g., survey biomasses). This CMP ran quickly and could presumably be easily tuned to meet overarching objectives (that should be more clearly defined). Given the type of data available in RECLAS and PELACES, an empirical CMP might be tailored such that one component could be tied to a recruitment signal, and the other to the total biomass (see Hillary et al. 2016 for an example where an "adult" data component and a recruitment component contribute to responsiveness of TAC changes).

The project analysts requested comments on how one might select between the alternative HCRs (and CMPs by extension). To that end, we noted that:

- I. For any given operating model, CMPs should be compared against each other but also relative to projections with **no fishing mortality**.
- II. When presenting results from CMPs, consider the high priority performance statistics first. For example, considering conservation risk and average catch, or variability in the catch may be most important and may facilitate the immediate rejection or amendment of some CMPs (e.g., if p(SSB<0.5\*SSBmsy) is too large).
- III. Dispense with distracting performance statistics. For example, the CMPs in some cases have estimates of MSY and other reference points from the estimation model. Showing these (and MREs etc.) is irrelevant since the OM has the true values. Comparisons of CMP performance should be made against true known values.
- IV. Through interactions with stakeholders and managers, an overarching objective should be agreed so that selecting a CMP can be simplified. This can reduce the dimension of the problem. In Figure 1 we demonstrate this showing the relationship between average catch versus the risk of spawning stock declining below some reference level. Each CMP shows a trade-off between maximising catch and minimising risk. The difficulty here is that the units on the axes are not exchangeable. It's difficult to develop a rational policy that equates a change in average catch with an increase or decrease in risk to the stock. A solution is to define an objective and "tune" each CMP to achieve that objective (Figure 2).
- V. When producing radar plots, it is easier to compare between alternatives if all performance measures are plotted either positively or negatively. So, a "high" value on a radar plot should be "good" (or bad) for all performance statistics.

- VI. When producing radar plots, it is often easier to observe which CMPs outperform others if each radar plot is for a single CMP, showing a number of performance statistics, rather than having each radar plot for a single performance statistic, showing alternative CMPs.
- VII. Remaining performance statistics to be used to check the performance of each CMP against objectives can all be tabulated for the CMPs that successfully pass the above sifting.

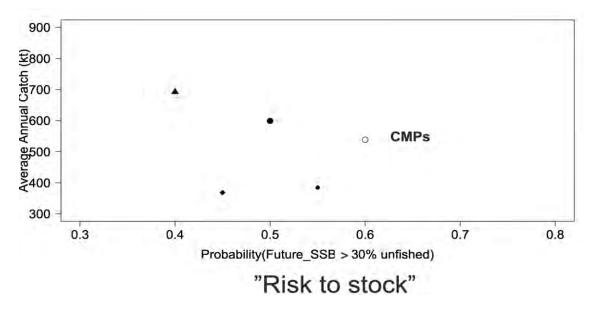
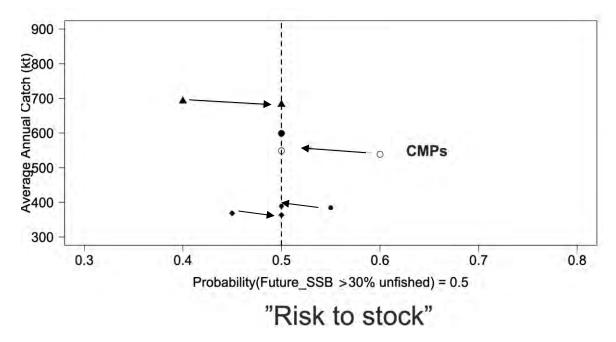


Figure 1. Example case where trade-off between catch and risk to stock varies broadly over CMPs.



**Figure 2.** Example case where CMPs from Figure 1 are "tuned" to achieve the same over-arching objective (in this case a 50% probability that future SSB is above 30% of the unfished level) thus reducing the

dimensionality of the MP selection process. Note that other performance metrics should still be considered in selecting an MP.

The future "zero catch" projection is important to inform on acceptable risk levels, particularly for small pelagics which might naturally (under zero fishing mortality) fluctuate to low levels. If, for example, the p (BFuture < 0.5 BMSY) = 0.05 under a no catch scenario, then it would be unreasonable to expect CMPs to achieve a maximum 5% risk level.

Our understanding is that the management system for Chilean small pelagics allows for an initial TAC (for Jan-Dec of year y) to be set in September (y -1) ("RC"), followed by revisions in April (y) and August (y) ("RC1" and "RC2", respectively). As the allocated quota should not be decreased within season, it may be prudent to provide a precautionary initial RC. For the currently used HCR1, the 10th percentile of the simulated catch was used to calculate the RC, while the 30th percentile of the simulated catch was used to calculate RC1 and RC2. However, for the other HCRs, the 50th percentile was used for RC, RC1 and RC2. We suggest that it might be useful to explore a number of alternative variants of these CMPs. In particular, one might find that by beginning with a lower percentile for RC and increasing the percentile for RC1 and then RC2 as the survey data become available, the risk to the resource could be reduced. The potential cost (e.g. lower average catches) of this potential benefit (lower risk) needs to be evaluated with the performance statistics and testing with tuned CMPs.

The CMPs that have been tested thus far tend to be based on MSY-related parameters. In the mixed fishery HCR6, the value of "MSY" is taken to be 400 000 t. It is worth noting that this rule can be tested on any control parameter value in place of the "MSY" (e.g. historical average catch) and one need not try use a quantity that is difficult to estimate.

HCRs should be continuous to avoid problems with the accuracy of estimation of a dependent variable. For example, the current format of HCR2 is discontinuous in F at 90% of spawning biomass.

The HCR rules considered seem to omit any stabilization controls. Also, it seems that the level of F and landings can change to any value, even those higher than any observed historically. For implementation of most of the HCRs it seems that the catch can be attained regardless of the "F" needed to do so. Recalling that F = Eq where E is effort and q is a catchability coefficient, generally considered to be time invariant. Thus, we note analysts should consider in future CMP designs providing some constraints such that future implied fishing effort be reasonably constrained relative to history. For example, if the historical estimated maximum fishing mortality was (say) 0.6, then a CMP being tested might be constrained to avoid anomalously high levels of fishing mortality (e.g., F = 3.0). With these types of models (i.e., IFOP's SAM) it is common to lose sight of this factor. Accounting for realistic effort levels would seem to be important in refining the HCR / CMP constraint specifications.

Also, since stability is a common goal in fisheries, it seems that some consideration of maximum percentage increase (and decrease) be considered as part of the CMP development. To determine what level of interannual variability in catches is acceptable in the future (what constraints should be added to the CMPs), one could consider what the historical inter-annual variability in catches has been. As the 2nd revision in the TAC occurs in August, there is limited time left between August and December to catch any (large)

increase in the TAC from the 1st revision in April. It may be useful to consider what has historically been caught between August and December and compare that with the increases simulated under the current CMPs. If the CMPs are simulating increases in the 2nd revision of the TAC that are unattainable then a constraint on the within-season increase in TAC in August could be implemented.

## Operating models

To assist with evaluating whether future observations (data) are being adequately generated from the OM, the median and range of simulated future observations can be plotted against those historically observed. This has already been considered for some individual trajectories, but it should be checked for all simulations and separately for each OM. Also, we note one could similarly check if future (true, not observed) recruitment reflects what has been historically estimated. It is important high AND low values are realistic.

An argument was made for using a single "base case" OM rather than a reference set of OMs. However, despite the "best" choice having been made for the base case OM, the robustness of the CMPs should still be tested against alternative OMs (so-called robustness tests):

- I. Robustness tests could consider, for example, alternative M or recruitment scenarios. Each alternative OM must be reconditioned to the historical data, unless the difference only occurs in the future (e.g. (ii) below).
- II. One concern raised during the workshop was whether the IFOP model was the best choice for the base case OM. Should this concern persist, the robustness of the CMPs to the alternative models (INPESCA/PUCV/SS3), tuned to the same data and simulations, could be tested. We noted that for the self-testing of OMs that had been conducted, the models indicated a bias towards the end of the time series. It was unclear whether this pattern would affect the acceptability of an OM since it was likely related to the extent of the data available rather than a flaw in the model specification.
- III. In order to test whether parts of a HCR function as expected, for example under low (or high) biomass scenarios, it may be necessary to consider robustness tests that, for example, force recruitment to be low (or high) for two consecutive future years.
- The current MSE assumes that the RC recommended by the MP is set as a TAC. However, the current management process allows for the final TAC to be selected (by SUBPESCA) from a recommended range of acceptable biological catches (ABCs). A robustness test(s) that simulate the impact of the final TAC being 20% higher or 20% lower than the MP recommended RC (by Scientific Technical Committee) could inform the robustness of the CMPs to this implementation uncertainty. Such a robustness test(s) could also be used to consider the uncertainty between the TAC and actual catches (the % difference could be informed by the historical difference between TACs and actual catches and include some more extreme cases). This would allow comparisons over CMPs to see which perform better. Such robustness tests are important to help select among the CMPs.

The different groups (IFOP and INPESCA, primarily) have data used in their present assessments that differ. The Review Team recommended that these data should be evaluated carefully and combined in a statistically rigorous manner.

Relative to comparisons of alternative approaches for specifying a conditioned OM (Doc 16, Model self-testing), an evaluation should include a more thorough study of why differences arose (e.g. the impact of using monthly vs annual time steps, or the impact of using a size-structured model versus the other age-structured approaches.

## • Objectives and Performance Statistics

The project coordinators had requested input on objectives from a multitude of stakeholders. This was illustrated through (the Spanish language) document regarding a joint INPESCA and PUCV project (C. Gonzalez, Doc 23, FIPA2018-49). This work entailed extensive polling of fishers and stakeholders and a sequence of meetings including reviews from the Scientific Committee. This study indicated a high response rate (71%) among stakeholders in the poll. The results of the polling indicated that the four operational objectives (sustainability, rebuilding depleted resources, achieve good yields, and social wellbeing) were consistent with responses (with slight modifications on wording in some cases). The full participation of all stakeholders in this process is strongly encouraged and this was demonstrated by this study.

The quantification of performance statistics linked to each objective had also been undertaken in consultation with stakeholders. Typically, the most useful performance statistic for an objective would be decided in consultation with the stakeholder(s) who have the greatest interest in an objective (e.g. industry in future harvests, ENGOs in tracking ecosystem impacts). High priority objectives drive the development of OMs to some extent. For example, if the length structure of the population and/or catch is of high priority, then the OM must be sufficiently length-disaggregated to be able to produce performance statistics to quantitatively evaluate whether the objective has been met. The evaluation of objectives within an MSE is limited to performance statistics that can be provided by the OMs. It may therefore be possible that some objectives cannot be evaluated as part of an MSE if they pertain to a scale that differs from the OMs that can be conditioned on currently available data.

In documents that produce results of an MSE, performance statistics must be clearly defined with equations and/or words and not only the condensed notation in tables. This would avoid a situation similar to that which arose during the workshop where it initially appeared that there were some discrepancies between performance statistics that should be comparable, but it was later pointed out that the performance statistics were not comparable as some were averaged over the 10 projected years, others over the last 5 projected years and others over the final year only.

Each performance statistic should be able to assist in quantifying whether one (or more) objective has been met. As mentioned above, performance statistics should quantitatively measure whether a CMP is performing adequately, not whether an OM is, e.g., biased. We note that current performance statistics such as MRE, MARE and %BMSY\_est or p(B< BMSY\_est) for CMP estimation models are by themselves irrelevant and the point is how well they perform relative to the truth in the simulation as specified in the OM.

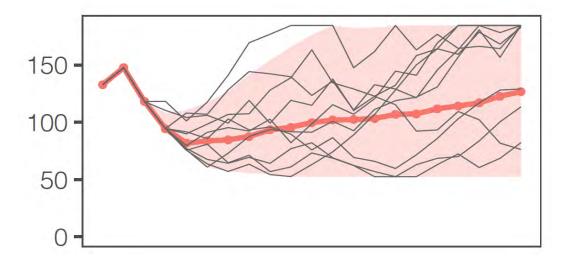
A key Chilean management objective is to achieve or maintain fisheries around MSY, with associated biological reference points. Considering the proportion of times future SSB is estimated to be within each quadrant of the Kobe plot does not necessarily help to quantify whether this objective has been met. An alternative might be to consider the proportion of times future SSB is estimated to be By<0.5 BMSY [risk to

the resource] versus 0.5 BMSY < By <1.5 BMSY [objective achieved] versus By>1.5BMSY [under-exploited]. And similarly for simulated future F values.

It is important to interpret the performance statistics in context. For example, when comparing HCR5a and HCR5b, the alternative 5b has a much higher variability in catch which one may initially consider to imply that HCR5a outperforms HCR5b. However, this variability is presumably mostly achieved at high biomass and catch levels (the region where the 'ramp' would apply in HCR5a). Industry might be more resilient to variability in catches when they are high as compared to when catches are low.

There was some discussion about the usefulness of the RECLAS survey, based on the simulated number of times the TAC is increased at the 1st revision under HCR2. In order to better inform such a discussion, the same analysis would need to be undertaken using all CMPs. Statistics from the current HCR (HCR1) indicate, in contrast to the results presented for HCR2, that the TAC would often increase at the 1st revision. One should also separately consider that while a time series of abundance, such as RECLAS, may not have a large impact on immediate management decisions, the survey might nevertheless be valuable in conditioning the assessment (OM) with greater precision and less bias. This can be tested by comparing an assessment conditioned with and without the historical time series of abundance.

In many presentations of results boxplots were used for showing future trends and the spread of results due to the simulations. This may be confusing and can "hide" characteristics of how "future" realizations might appear. We suggest additionally showing a simple background pattern to show the range of uncertainty and overlay a subset of simulation realizations as a "spaghetti" plot (Figure 3). This approach indicates to managers that while the median trends have an important indicative value, characteristics of realizations show what might happen.



**Figure 3**. Example approach to displaying time-series results for a CMP showing the median value (thick red line), uncertainty extent (rose-colored swath) and a subsample of simulation realizations (black lines).

We note that the target BRP for sardine and anchovy was confusing and varied among some practitioners. Calculating a BO from SR relationship is difficult, especially for small pelagics, and a BRP based on the most

recent years "Dynamic B0" might help. Finally, we note that a CMP should be selected based on constraints by their current laws (i.e., a CMP that achieves target objectives of being consistent with BRP specifications) without having to have annual specification process be tested against the legal constraints (the MSE should provide the appropriate context).

## Seven steps to MSE

- Define and agree on **objectives** & **limits**
- Identify appropriate Management Procedures
- Define a set of **Operating Models**
- Conduct simulations
- Summarize performance
- Select best MP
- Identify limits of application

**Figure 4**. Seven steps to MSE as proposed in Punt and Donovan (2007) and presented in the course for MSE (available at <a href="https://github.com/ejardim/MSE-with-FLR-and-a4a-course">https://github.com/ejardim/MSE-with-FLR-and-a4a-course</a>).

## References

- Butterworth, DS. 2007. "Why a Management Procedure Approach? Some Positives and Negatives." ... Journal of Marine Science: Journal Du ..., no. 1995: 613–17. http://icesjms.oxfordjournals.org/content/64/4/613.short.
- Carruthers, TR, LT Kell, DS Butterworth, MN Maunder, HF Geromont, C Walters, MK Mcallister, et al. 2016. "Performance Review of Simple Management Procedures." *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil* 73 (2): 464–82. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv212.
- De Oliveira JAA, LT Kell, AE Punt, BA Roel and DS Butterworth. 2009. "Managing without best predictions: the Management Strategy Evaluation framework". *In* Advances in Fisheries Science. 50 Years on from Beverton and Holt, pp. 104-134. Eds: A. Payne, J. Cotter and T. Potter. Blackwell Publishing, Oxford.
- Dichmont, CM, A (Roy) Deng, AE Punt, W Venables, and M Haddon. 2006. "Management Strategies for Short-Lived Species: The Case of Australia's Northern Prawn Fishery. 1. Accounting for Multiple Species, Spatial Structure and Implementation Uncertainty When Evaluating Risk." *Fisheries Research* 82 (1–3): 204–20. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.06.010.
- Hillary, RM, AL Preece, CR Davies, H Kurota, O Sakai, T Itoh, AM Parma, DS Butterworth, J Ianelli, and TA Branch. 2016. "A Scientific Alternative to Moratoria for Rebuilding Depleted International Tuna Stocks." *Fish and Fisheries* 17 (2): 469–82. <a href="https://doi.org/10.1111/faf.12121">https://doi.org/10.1111/faf.12121</a>.
- Holland, DS. 2010. "Management Strategy Evaluation and Management Procedures: Tools for Rebuilding and Sustaining Fisheries." *Abhatoo.Net.Ma*, no. 25: 66. https://doi.org/10.1787/5kmd77jhvkjf-en.
- de Moor, CL, and DS Butterworth. 2015. "Assessing the South African Sardine Resource: Two Stocks Rather than One?" *African Journal of Marine Science* 37 (1): 41–51. https://doi.org/10.2989/1814232X.2015.1009166.
- Punt, AE, T A'mar, NA Bond, DS Butterworth, CL de Moor, JAA De Oliveira, MA Haltuch, AB Hollowed, and C Szuwalski. 2013. "Fisheries Management under Climate and Environmental Uncertainty: Control Rules and Performance Simulation." *ICES Journal of Marine Science* 71: DOI: 10.1093/icesjms/fst057. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst057.
- Punt, AE, DS Butterworth, CL de Moor, JAA De Oliveira, and M Haddon. 2014. "Management Strategy Evaluation: Best Practices." *Fish and Fisheries*, November, n/a-n/a. https://doi.org/10.1111/faf.12104.

Punt, AE, and GP Donovan. 2007. "Developing Management Procedures That Are Robust to Uncertainty: Lessons from the International Whaling Commission." *ICES Journal of Marine Science* 64 (4): 603–12. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm035.

Rademeyer, RA, Plagányi, ÉE, and Butterworth, DS, 2007. "Tips and tricks in designing management procedures". ICES J. Mar. Sci. 64, 618–625.

#### • Appendix I. Schedule and activities

DAY 1: oriented to know the main characteristics of the fisheries (Stock assessment model in use, BPRs), presentation of MSE experiences by experts and description of MSE by the project team. This meeting will be held on March 9.

The presentations this day provided background on MSEs and the current state of the management system for small pelagics in Chile. Preliminary characteristics of initial simulation-testing of CMPs for Chilean small pelagics were discussed.

DAY 2: This meeting aims to present the operational model and the MSE results. Experts will be informed in detail about the implementation and conditioning of the operating model to obtain the recommendations. To be held on March 10.

We evaluated aspects of different operating models (and potential for estimation bias from simulated data).

In the afternoon a comprehensive overview of IFOPs simulation testing work was provided. We noted that this presentation discussed IFOP's pathway to implementing MSEs and that it should help streamline decision making while using state-of-the-art computing methods.

The discussion turned then to the N. anchoveta stock which is managed independently of the C-S sardine and anchovy stock. While less development of CMPs have been completed for this stock, assessment modeling improvements have occurred in recent years and these seem to have benefitted in the sense that an operating model may be more properly conditioned and specified.

DAY 3: Presentations of experts in the morning. Discussion, recommendations and critical analysis of the project results presented. To be held on March 11.

The morning session reviewed the contents of the reviewers report and included extensive discussions about clarifications, next steps, and remaining issues.

#### • Appendix III. List of documents

The following documents and presentations were made available during the workshop:

Doc0 Agenda Seminar-Workshop on MSE in small pelagic fish.pdf

Doc1\_MP in small pelagics.pdf

Doc2 Pseudocode HCR.pdf

Doc3 SCILAB code (key part) HCR1 HCR2.pdf

Doc4 HCR for small pelagic fish.pdf

Doc5 Flow chart of general decision procedure.pdf

Doc6 Deterministic testing of the OM in Anchovy.pdf

Doc7 HCR performance in Anchovy.pdf

Doc8\_HCR performance in Sardine.pdf

Doc9 The Hyper Rule.pdf

Doc10\_Performance indicators.pdf

Doc11 Chilean fisheries management IFOP.pdf

Doc12 BRP small pelagics.pdf

Doc13 Data used ABC estimation.pdf

Doc13 MSE General Scheme.pdf

Doc14 Discard ABC estimation.pdf

Doc15 HCR mix species.pdf

Doc16\_Model\_self testing (presentation).pdf

Doc17 Model self testing.pdf

Doc18 HRC in small pelagic fish (presentation).pdf

Doc19 Simulation of the fishery and population.pdf

Doc20 SSP presentation.pdf

Doc21\_MSE\_Metodology \_ presentation.pptx

Doc22 North anchovy IFOP.pdf

Doc23 C GONZALEZ FIPA2018-49 Final 2.pptx

Doc24 RSA Experiences with MSE Carryn.ppsx

Doc25\_MSE\_Results\_presentation.pdf

Doc26 Ianelli MSE.pptx

Doc27 Anchovy MSE Table (new).pdf

Performance of models s.pdf

The hyper rule.pptx

#### • Appendix II. Task Statement

The tasks indicated include:

- 1. Receipt of background documents before the results workshop
- 2. Workshop: Concerning this activity, experts should actively participate in the workshop about the MSE result. They should recommend and advise on the current management system, main sources of uncertainty and operational model implemented, harvest control rules applied and performance based on the selected performance indicators.
- 3. Report: The reviewers should develop a report with the recommendations and scope of the results and presentations shown during the workshop. In that context, the format and contents are defined below:
  - a. The report must contain an executive summary that contains a synthesis of the findings and recommendations regarding the MSE implementation.
  - b. The report must contain the description of the expert's role in the presentation of results activities, also highlighting a summary of the findings regarding weaknesses, strengths, recommendations and conclusions of the results of the project presented.
  - c. Experts should describe the aspects presented during the results workshop, providing a summary of the conclusions and recommendations.
  - d. Specify the consultations carried out and detail the answers and recommendations of the experts in matters of the application of the MSE.
  - e. The expert's report must include bibliographic references used.
- 4. The report or reports of the international experts will include an executive summary with the main conclusions and recommendations on the results of the meeting and the coordination of the task. The main text will include a description of activities, findings, conclusions and recommendations.

#### Glossary

Acronym	Meaning
MSE	Management strategy evaluation
RC	Recommended catch
TAC	Total allowable catch
BRP	Biological reference point
MSY	Maximum sustainable yield
$B_{MSY}$	Spawning biomass that will achieve MSY on average
$F_{MSY}$	Fishing mortality rate that will achieve MSY on average
MP	Management procedure
CMP	Candidate management procedure
MRE	Mean relative error
MARE	Mean absolute relative error

#### Anexo 11: Acta Reunión de Coordinación

# Reunión de coordinación Inicial proyecto FIPA N°2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"

En Valparaíso, en dependencias de las oficinas de la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura (Subpesca), siendo las 15:10 horas del día 05 de marzo de 2019, se da inicio a la primera reunión de coordinación de actividades.

#### 1. A la reunión asisten los siguientes participantes:

#### **Asistentes Presenciales**

- María José Zúñiga (IFOP)
- Silvia Hernández (SUBPESCA)
- Nicole Mermound (SUBPESCA)
- Luis Carroza (FIPA)
- Cristián Canales (Jefe de Proyecto, PUCV)
- Nazareth Sánchez (PUCV)
- Nicolás Adasme (PUCV)

#### 2. La reunión considera los siguientes temas

- Presentación del equipo de trabajo
- Revisión de Metodologías por objetivo específico

#### 3. Equipo de trabajo

El Sr. Cristian Canales hace mención de una posible solicitud de aplazamiento en la entrega del pre-informe final, sujeto a la disponibilidad de los expertos internacionales para su viaje a Chile durante el mes de marzo 2020.

La representante de la SSPA la Srta. Silvia Hernández manifestó la importancia de tener un trabajo colaborativo entre el equipo de trabajo responsable del proyecto y el Instituto de Fomento Pesquero, acordando pedir una solicitud formal a DIP de la institución para la participación de la Srta. María José Zúñiga. Al respecto el Sr. Cristian Canales coincidió con la Srta. Silvia Hernández, y señaló que también realizara las gestiones correspondientes.

#### 4. Revisión de Metodologías por objetivo específico

Respecto al Objetivo Específico 1, la Srta. Silvia Hernández solicitó la posibilidad de revisar un borrador de la encuesta a realizar, con el fin de poder contribuir y así poder lograr con el objetivo correspondiente a la recopilación de posibles fuentes de incertidumbre. Frente a esto, la Srta. Nicole Mermound recomienda un proyecto realizado por CAPES, el cual posee un formato de encuesta que podría ser útil para guiar la elaboración de la encuesta a realizar en este FIP. En este contexto, el Sr. Luis Carroza destacó la importancia de emplear las metodologías apropiadas para que estas puedan ser aplicadas a los distintos actores del sector. El Sr. Cristián Canales está de acuerdo al respecto, y mencionó que la aplicación de encuestas y talleres es para los actores claves de los distintos sectores de la pesquería.

En cuanto a la formulación del Modelo Operativo propuesto en el Objetivo específico 2, el modelo a utilizar será el implementado por IFOP. El Sr. Cristián Canales hizo mención de los problemas de escalas temporales que este conlleva, con lo que la contraparte de SUBPESCA e IFOP estuvieron de acuerdo. Además, la PUCV se compromete a realizar un requerimiento formal de los datos necesarios a IFOP, para llevar adelante la investigación.

Al hablar del Objetivo específico 3, la Srta. Nicole Mermoud menciona un trabajo previo de Cubillos et. al, respecto a reglas de decisión, el cual deberá ser solicitado por parte de la PUCV. El Sr. Cristián Canales señala que el trabajo será revisado y utilizado para efecto de la elaboración de informes. Se menciona que en el proyecto serán incluidas reglas de control Monoespecíficas y Multiespecíficas.

Respecto a la evaluación del efecto de vedas propuesto en el Objetivo específico 3, la Srta. Silvia Hernández consulta si es posible obviar la componente espacial en el modelo, a lo que el sr. Cristian Canales responde que tal componente no presenta un problema.

El Sr. Luis Carroza vuelve a destacar la importancia de la implementación de encuestas, y plantea la idea de un plan B en caso de que estas no sean respondidas en la cantidad suficiente. Frente a esto, el Sr. Cristian Canales señala que no es relevante dado que solo se pretende obtener información en cuanto a las posibles fuentes de incertidumbre en la pesquería. Al respecto, se indicó la importancia de enmarcarse en lo que posibilita la Ley, sobre todo en relación a la construcción e implementación de HCRs.

Por parte del FIPA, se recuerda la importancia de avisar los cambios en el equipo de trabajo o posibles aplazamientos en la entrega de informes.

Por último, se acordó definir junto a SSP una agenda de reuniones de trabajo y capacitación como lo establecen las bases técnicas del proyecto, con el fin de entregar los conocimientos suficientes que permitan el correcto entendimiento del proceso de trabajo.

Siendo las 16:34 PM, se da por terminada la reunión de coordinación Inicial proyecto FIPA N°2018-49.

#### Anexo 12: Asistencia Reunión de Coordinación.







### Reunión de coordinación FIPA 2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"

#### 05 de marzo de 2019

Nombre	Institución	Firma
Mana osé Zúruga B serva Hernández c	1FOP	Anadolanas.
sima Hennández C	SERA	486
vicole Nitzman Alota	SIBRECA	Mich Demod
Luis Canota L.	FIPA	4.
W. olas Adasme L.	PUCV	( of a later )
Cristm Carely	PUCV	gens
NAZANJAN SANCHEZ E	PUCU	alle
		/ .

### Anexo 13: Programa Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos".



#### Curso: Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos

(Proyecto FIPA 2018-49. "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común")

Dr. Cristian M. Canales Profesor ECM-PUCV Escuela de Ciencias del Mar, 17-19, y 23 de julio, 2019 Aula Media "Ximena Reyes" Esc. Ciencias del Mar. PUCV. Altamirano #1424, Valparaíso

**Objetivo**: El objetivo del curso es proporcionar los conocimientos fundamentales en la evaluación de procedimientos /estrategias de manejo y explotación de recursos marinos.

Día 1 (09:30 - 12:30) Procedimiento de manejo pesquero

#### ¿Qué es un procedimiento de manejo pesquero?

- Objetivos de manejo de un recurso pesquero
- Puntos Biológicos de Referencia. ¿Que son y cómo se calculan?
- Componentes del manejo pesquero (datos, evaluación, decisión)
- · Rol de la asesoría científica y capacidades en métodos cuantitativos
- · Recolección de datos y fuentes de incertidumbre,
- Modelos de análisis de datos (¿Porque un modelo?)
- · Tratamiento de la incertidumbre.
- Procedimiento de manejo pesquero en condiciones de datos limitados o pobres
- Ejemplos
- Resumen

Día 2 (09:30 - 12:30)

Diagnóstico de recursos y estrategias de manejo/explotación

#### ¿Qué caminos seguir para recuperar recursos/pesquerías?

- Diagnóstico de un recurso pesquero y el diagrama de Kobe.
- Sobrepesca, sobre-explotación, tipos de estrategias de explotación y reglas de control/decisión de capturas. La participación y algunos ejemplos
- Valor esperado de la población en el largo plazo
- Fuentes de incertidumbre: el ambiente, la pesca no reportada, la falta de conocimiento, etc.
- Análisis de estrategias de explotación bajo condiciones de incertidumbre.
- Caso de pesquerías de datos limitados
- Acciones y consecuencias. Mediciones de riesgo
- Resumen

Día 3 (09:30 - 12:30)

Evaluación de Estrategias de manejo/explotación (EEM) - Management Strategy Evaluation (MSE)

#### ¿Qué es una EEM?

- El modelo operativo y el proceso de simulación-proyección-estimación
- Evaluación de Estrategias de Explotación/Manejo (EEM) vs Análisis de Estrategias de Explotación/Manejo.
- Medición de precisión y sesgo en variables poblacionales
- Componentes estructurales de un EEM. Participantes y capacidades analíticas.
- Preguntas a responder por medio de una EEM. Aplicaciones/usos
- Tiempos de implementación de un EEM. El efecto multiplicativo
- Resumen

Día 4 (09:30 - 12:30) MSE y casos

#### ¿Cuándo emplear una EEM?

- "Best practices" en la aplicación de EEM.
- Ejemplo aplicado: Modelo operativo, simulación de la dinámica población, simulación del dato/observación, simulación de la evaluación de stock (opcional), simulación de la decisión de manejo, medición de precisión y error. Orientaciones finales
- Discusión y conclusiones

Anexo 14: Asistencia Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos".

	ANTECEDE	ENTES PARTICIPANTES		
				FIRMA DE CONFORMIDAD
NOMBRE COMPLETO ESCRIBA TODOS LOS NOMBRES Y TODOS LOS APELLIDOS	RUT	INSTITUCION	CARGO QUE DESEMPEÑA	¿LEYÓ LAS CONDICIONES DEL SERVICIO Y EL PROGRAMA DEL CURSO, REVISÓ SUS ANTECEDENTES, CUMPLE CON LOS REQUISITOS Y/O PERTENECE AL PUBLICO OBJETIVO?
1. J DARIO RIVAS ABURTO	6710.763=	SUBPESUA	COORD, UPDR/DOP	
2. ANDRES RODRIGO CONTE 91 Abacl	W987.521-K	Supposer	Profesional	AR O
3. JORGE CASTILLO PIZARRO	6059650-6	IFOP	MUESTIGADOR	Phu lul
4. / Worder Este Jo BRIONES	10.539.190-0	SUBPESCA	PROFFS NO NAL	A finter
5. Osbrid Lever A.	8409857-4	SSPA-URB	Profesional	Thee
6. / Mª Algranded Pinto B.	12.267.683-8	SSPA. URB	Coordinadora	/// Pulling
MARIO ACEUEDO G.	12.401.789-0	SSPA - PEDGICO	SECTOGIAUSTA	Hours
8. Maras Tromas Valenzuela	15216018-7	SSPA - Demessobs	Sechrilish	1900
9. / Course Fleres	11547ac6K	SSNA	Sepreb 6	
10. GUISELLA MUNDZ IBMANS,	13995.062-3	SSPA-guarãos	Secondison	
11/ Tonge Fariar Akumla	8.890.3064	SIPA-demend	Sectionishits	
12. Joke Hender Saldies	15.617.448-6	SSPA - Pelaguios	Prof.	Thursday .
13. Alaphora Homander Suso	15.498.320-1	SSPA - Pelápicos	Profesional	
14. Soma Cabriela Apenas Rogina	17.328.202-8	SAHI- IFOP	Investigador	Human Twoning.
15. JORGE SATELER GALLEGUILLOS	8.046.118-6	DEP-170P	INVESTIGABOR	701
16. L. Omila Bustos Holiza.	16.545.323-2	SSPA - Altamente	Profesional.	Aun den
17: Micola MEREMUND ALDER	16.869.558-6	SSA-PMHINDS	PROPEROMIL	mid normad
18./ Catalina Raman Valeria	16.906.264-1	Hop	Invistiguelora	CAAR.

					FIRMA DE CONFORMIDAD
	NOMBRE COMPLETO ESCRIBA TODOS LOS NOMBRES Y TODOS LOS APELLIDOS	RUT	INSTITUCION	CARGO QUE DESEMPEÑA	¿LEYÓ LAS CONDICIONES DEL SERVICIO Y EL PROGRAMA DEL CURSO, REVISÓ SUS ANTECEDENTES, CUMPLE CON LOS REQUISITOS Y/O PERTENECE AL PUBLICO OBJETIVO?
19./	Seria Hernández Ronda	12.226.4599	Subsecretaria	Profesional	AC.
20.	Mana José Zúniga	14052298-8	IFOP	Evaluador Stock	marakons
21,/	Mannoth Smither Especiator	14.356.644-8	Pucu	postele ne mudyous	ally
22.	Jesus E. Curiel Perez	26743441-7	Pucu	Asistente de Investiga	J-C/3
23./	Mides Aaron Adame Luciza	18.169,912-4	BUCV	Asistente de Investig.	MAG
24.				0	
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					
31.					
32.					
33.					
34.					
35.					
36.					

Anexo 15: Fotografías Curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos".

## Finalizó el curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos



Desde el 17 al 23 de Julio el Dr. Cristian Canales, Académico de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso dictó el curso "Introducción a la evaluación de procedimientos/estrategias de manejo de recursos marinos". El curso se desarrolló en el marco del proyecto FIPA 2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común". Además, la actividad fue dirigida a funcionarios de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura e Investigadores del Instituto de Fomento Pesquero.



Anexo 16: Acta de taller "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"

### Proyecto FIPA N°2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"

En dependencias del Hotel Pullman, ubicado en San Martín 667 Viña del Mar, el día 9 de marzo de 2020 se da inicio al Taller de Difusión y Presentación de resultados del proyecto FIPA N°2018-49. El presente taller tuvo una duración total de 3 días (9, 10 y 11 de marzo). El listado de asistentes que participaron en los días de taller se presenta en el **Anexo 16**.

#### Desarrollo del taller

#### Día 1:

La actividad da inicio a las 9:39 am. En primera instancia, el jefe del proyecto Dr. Cristian Canales inició la reunión introduciendo un esquema de la jornada de trabajo, para después realizar una introducción al proyecto FIPA 2018-49, mencionando su contexto y objetivos. El Dr. Canales se refirió a los conceptos de manejo y la implementación de estos. Mencionó como opera la regla de manejo actual en Chile, con el fin de dejar claro que la intención es evaluar diversas reglas (incluida la actual) para las pesquerías de sardina y anchoveta. Se destaca la importancia en cuanto a la concesión de indicadores de desempeño, para la eventual selección de reglas de decisión. La presentación del Dr. Canales concluye a las 10:00 am.

A continuación, se presenta Nicole Mermound (Subpesca) a las 10:05. La presentación se centra en el manejo pesquero en Chile, y la aplicación del MSE en sus pesquerías. Resaltó la labor el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) como entidad asesora a la (SUBPESCA) en recomendaciones de evaluación de los recursos y recomendaciones de captura de las especies para el siguiente año. Explicó además la necesidad de testear Reglas de Control de Captura (RCC), así como de evaluar los escenarios de pesquería mixta. Nicole señala que la transparencia en la toma de decisiones ocurre gracias a los análisis de robustez de las reglas. Al finalizar la presentación, el Dr. Canales consulta sobre la factibilidad de Subpesca de aplicar a corto plazo alguna regla que el proyecto determine como apta u óptima. Frente a esto, Nicole menciona que esto forma parte de un primer paso y que, de encontrarse la mejor regla, esta no puede ser implementada de manera inmediata, sino que toma tiempo. Nicole concluye su presentación a las 10:43.

Tras un pequeño receso, se presenta la experta internacional Carryn de Moor a las 11:25, exponiendo sobre la experiencia de la implementación de MSE en Sudáfrica. La doctora señala que si bien en Sudáfrica se conocen cuáles son las mejores prácticas, no siempre son las que se implementan. Al terminar la presentación, Nicole Mermound consulta cómo fue definido el TAC (Total Allowed Catch) mínimo para sardina y anchoveta. Carryn señala que la selección se basó en discusiones principalmente económicas, y no en análisis matemáticos. En este mismo contexto, continúa la presentación de Jim Ianelli a las 12:30. Jim expone sobre la experiencia en Estados Unidos, particularmente de Alaska. Señala que la situación de

Alaska no es transferible a la situación actual de Chile, sin embargo, es posible comparar medidas generales. La presentación concluye a las 13:02 y con esto la sesión de la mañana.

Posterior al almuerzo, se reabre la sesión a las 14:45. María José Zúñiga (IFOP) comienza su exposición sobre la implementación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) y evaluación de Stock. Se discutió sobre el porqué los análisis de sardina se hacen en año biológico y no calendario. María José menciona que actualmente se está avanzando hacia implementar esto también en anchoveta. La presentación concluye a las 15:10.

Se presenta a continuación Carlos Gonzales (INPESCA), exponiendo sobre la creación y obtención de objetivos operacionales y variables de desempeño a partir de consultas realizadas a usuarios de la pesquería y revisión bibliográfica. La presentación concluye a las 15:38. Continúa la presentación de Marcos Arteaga (INPESCA) respecto a las Reglas de Control de Captura. Esta presentación tuvo como objetivo dar a conocer las 6 reglas analizadas durante el proyecto, con sus respectivas variantes.

La última charla del día la dicta el Dr. Cristián Canales, respecto al diseño e implementación de las estrategias de manejo y reglas de control de captura. Se entrega un *flowchart* general de cómo funciona el Modelo Operativo. Ianelli sugiere usar el MCMC. También señala que es necesario considerar la variabilidad histórica de las campañas.

El primer día de trabajo concluye a las 17:50.

#### Día 2:

Siendo las 9:30, se da inicio al segundo día de trabajo. Comienza la ronda de exposiciones Claudio Gatica (INPESCA), exponiendo sobre los inputs y outputs de los modelos generados, enfocándose en el modelo de estimación de IFOP. Para esta presentación indican que se determinó utilizar el modelo IFOP dado que es aquel modelo usado para el manejo actual de estas pesquerías en Chile. Al terminar la presentación, un asistente le consulta si se realizaron más análisis que dieran pie al uso del modelo IFOP por sobre otros. Carryn de Moor sugiere correr otros modelos a modo de hipótesis alternativas. La sesión de preguntas concluye a las 9:52.

A continuación, comienza su presentación a las 9:56 Nicolás Adasme (PUCV), exponiendo el concepto de la *hiper-regla* y cómo influye ésta en el MO, particularmente señalando el efecto que tiene sobre el peso de las campañas realizadas a la hora de la decisión final. Del mismo modo, continuó el Dr. Cristián Canales presentando los resultados de las Reglas de Control de Captura. Carryn sugiere evaluar la magnitud de incrementos de captura al momento de evaluar el Reclas y Pelaces, pero mencionando que todo depende de que es lo que quieran mostrar los autores. Posterior a esto se toma un receso.

Se retoma la sesión de la mañana a las 11:50. El Dr. Canales ejemplifica la variante de la RCC1, la cual considera un nivel de riesgo del 50%. Jim lanelli señala que el valor de p(B<Brms) debiese ser igual a la suma de las probabilidades de los cuadrantes 1 y 3 del diagrama de Kobe, cuando no se está cumpliendo. El Dr. Canales menciona que esto será revisado, y probablemente hay un error puntual, porque esto se cumple en otras reglas de control. Con esto se cierra la sesión de la mañana.

La sesión de la tarde comienza a las 14:40 con la presentación de Juan Carlos Quiroz (IFOP), sobre la dinámica de la anchoveta norte de Chile. La presentación concluye a las 15:25. Posterior a esto expone Fernando Espíndola (IFOP) sobre EEM, mejoras en MSE, y resultados preliminares en MSE de anchoveta norte de Chile. Jim lanelli sugiere usar las mismas *seeds* (opción que permite partir con los mismos números aleatorios) con el fin de comparar las simulaciones. La presentación concluye a las 16:10.

La última presentación de la jornada la dicta Ignacio Payá (IFOP), sobre la simulación en R de la dinámica de la anchoveta norte de Chile. Payá presenta un archivo que contempla un simulador de esta dinámica con todos sus componentes, el cual funciona de manera interactiva.

Siendo las 17:30, se concluye el segundo día de trabajo.

#### Día 3

El tercer día de trabajo se inicia a las 9:30. Comienza su exposición conjunta Carryn de Moor y Jim Ianelli, entregando un resumen del reporte generado por su parte para este taller. Entrega algunas aclaraciones de la terminología implementada a lo largo de la jornada de trabajo. Jim enlista una serie de recomendaciones que surgieron durante el workshop, resumidas en los siguientes puntos:

- Incluir "runs" sin mortalidad por pesca (Z = M)
- Priorizar primero estadísticas de desempeño
- Obviar las estadísticas de desempeño que sean distractoras
- Acordar un objetivo general claro
- Adecuar de mejor manera los gráficos de Boxplot y Radar
- Las RCC no tienen que satisfacer necesariamente objetivos en el diseño, pero si deben hacerlo las estadísticas de desempeño
- Considerar restricciones de estabilidad y ser precautorio por adelantado.

Se sugiere además una nueva interpretación del diagrama de Kobe que permita la determinación de la zona óptima, más que la "zona verde", la cual no es lo suficientemente precisa, y no permite identificar diferencias entre casos extremos al interior de cada cuadrante.

El Taller final de difusión y presentación de resultados se da por finalizado el miércoles 11 a las 12:35.

Anexo 17: Asistencia a taller "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"



3		,			
	NOMBRE	INSTITUCIÓN	FIRMA 69 marzo	FIRMA 10 marzo	FIRMA 11 marzo
17	Morcos Atteago V.	INPECA	J.	(9)	tot.
18	Carryn de moor	university of cape Tany	24	E MIL	100
19	Jan Zanell	AFSC (	all	Villa (	
20	Orighen Canaly	PucV	HAM	1 1/1/1	This
21	Mounto Thorns	IPOP 5	Addition to	Malling	1
22	ALESQUON ROLDSN	1FOR	(	con	and the
23	MARTA CRISTINA PÉRE	IFOP		A STATE OF THE PARTY OF THE PAR	Jan .
24	CAMILA SAGIA C.	· FUBPEICA -	ABJA E	SAMA.	THINK
	Alejondro Yane R.	IFOP	-	THE	ATIL
and the last of th	Silvia Hernánde I	Subjesce	He	ACC	
27	GOALE OFFICE CO.	BEER	9		
28	Alajandra Acrumda	Subposer	Res .	MO	MS
	Vioter Estes	587A 0	pater	and on	
30	Fernando Baindoh R.	IFOP :	T.Eqindok ?	FEGINDOLAR	#Egindali A.
34	ynacio Pagí	IFOP			
37	L MANZI CLO			1 -	-11 -
	I (ENGRAM	- IFOR	. : +	1	
33	. DARNO RIVES A.	SSPA	1		MARGET 10/3)
		^	7	Y	
34	f. Jusu Cork	During	TER	WH.	
	Jong Oliva	10 41	in /	47	1 1 1
35	. John son L	0	2,1	200	1 May
4	Curty (w	ich		The	MIL
77	Curha (w Luis cusille	. 220		KI	J. J.
1-			¥.		

#### Anexo 18: Invitación y Agenda del Taller "Difusión de resultados"







#### INVITACION

Como parte de las actividades del proyecto FIPA 2018-49 "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común" que desarrolla la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Instituto de Investigación Pesquera, se realizará un último Taller de Difusión de Resultados, con el fin de entregar los resultados finales del proyecto.

En este sentido, nos complacería contar con su participación en el mencionado taller, a realizarse en la plataforma "Zoom", el día 1 de octubre entre las 9:30 y 12:00 hrs.

Agradeciendo su atención y esperando contar con su participación, le saluda atentamente

Confirmar a email: cristian.canales.r@pucv.cl naadasme@uc.cl Cristian Canales Ramírez Jefe de proyecto







#### Agenda Taller de Difusión de Resultados

Proyecto FIPA 2018-49: "Diseño e implementación de evaluación de estrategias de manejo (EEM) en las pesquerías de anchoveta y sardina común"

#### Enlace para la Videoconferencia:

https://pucv-cl.zoom.us/j/92748030185?pwd=eWptTnUxbXFiWXNiM0czd1RPNGxOZz09

Enlace para inscripción de asistencia:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc78buwwiHgEf2qtoCwTXLU2yyvROTqlaDcGssU-VBxVa2wUA/viewform?usp=sf\_link

09:00-09:15 Inicio de la videoconferencia. Bienvenida e Introducción al taller

09:15-09:30 Presentación del proyecto y objetivos

09:30-09:50 Fuentes de Incertidumbre y percepción de las partes interesadas.

Preguntas

09:55-10:10 Reglas de control de captura analizadas

Preguntas

#### PAUSA de 10 min

10:25-10:55 Simulación y Evaluación de las reglas propuestas

Preguntas

11:00-11:15 Resumen de la Asesoría de expertos extranjeros

11:15-11:20 Principales conclusiones y recomendaciones del proyecto

11:20-12:00 Discusión

12:00 Cierre del taller

Anexo 19: Lista de asistencia a Taller "Difusión de resultados"

Nombre y Apellido	Institución	Correo Electrónico		
Pedro Salazar Muñoz	A.G. Lo Rojas Coronel	peitsamu@gmail.com		
Carlos Jainaga	Blumar S.A.	carlos.jainaga@blumar.com		
Roberto Contreras Rodríguez	Blumar S.A.	roberto.contreras@blumar.com		
Cesar Parada Sepúlveda	Camanchaca Pesca Sur S.A.	cesar.parada@camanchaca.cl		
Jorge Oliva	Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM)	joliva@ciamchile.cl		
Doris Bucarey	IFOP	doris.bucarey@ifop.cl		
María José Zúñiga	IFOP	Mariajose.zuniga@ifop.cl		
Jorge Castillo	IFOP	jorge.castillo@ifop.cl		
Jorge Castillo	IFOP	jorge.castillo@ifop.cl		
Ignacio Payá C.	IFOP	ignacio.paya@ifop.cl		
Karen Walker	IFOP	KAREN.WALKER@IFOP.CL		
Aquiles Sepúlveda	Instituto de Investigación Pesquera	asepulveda@inpesca.cl		
Claudio Gatica Molina	Instituto de Investigación Pesquera	cgatica@inpesca.cl		
Sebastián Vásquez	Instituto de Investigación Pesquera	svasquez@inpesca.cl		
Marcos Arteaga Vásquez	Instituto de Investigación Pesquera	marteaga@inpesca.cl		
Carlos González	Instituto de Investigación Pesquera	cgonzalez@inpesca.cl		
Jesús Eduardo Curiel Pérez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	jcurielperez2104@gmail.com		
Nazareth Sánchez Espinoza	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	nazareth.sanchez.e@gmail.com		
Cristian Canales Ramírez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	cristian.canales.r@pucv.cl		
Nicolás Adasme Lueiza	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	naadasme@uc.cl		
RAUL SAA	SERNAPESCA	rsaa@sernapesca.cl		
RODRIGO MARQUEZ	Soc. Pesquera Landes S.A.	rmarquez@landes.cl		
Renato Maya	Soc. Pesquera Landes S.A.	rmaya@landes.cl		
Camila Sagua Cepeda	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	csagua@subpesca.cl		
Silvia Hernández	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	SHERNANDEZ@SUBPESCA.CL		
Darío Rivas Aburto	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	drivas@subpesca.cl		
Alejandra Hernández	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	ahernandez@subpesca.cl		
Jorge Farias	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	jfarias@subpesca.cl		
Nicole Mermound	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	NMERMOUD@SUBPESCA.CL		
Lilian Troncoso G.	Universidad Católica Santísima Concepción	lilytroncoso@gmail.com		
Luis Cubillos	Universidad de Concepción	lucubillos@udec.cl		
Sergio Neira	Universidad de Concepción	seneira@udec.cl		
Maria Jose Cuevas	Universidad de Concepción	mariajosecuevasc@gmail.com		