

Documento Técnico Asesoría Gestión Técnica

2025

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2025:
MERLUZA DEL SUR

Subsecretaría de Economía y EMT
Marzo 2025



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - CHILE



Documento Técnico Asesoría Gestión Técnica

Convenio de Desempeño 2024

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente
sustentables de los principales recursos pesqueros
nacionales, año 2025:
MERLUZA DEL SUR

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Marzo 2024

Requirente

**Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño**

**Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño**

Javiera Constanza Petersen Muga

Ejecutor

Instituto de Fomento Pesquero, IFOP

Director Ejecutivo

Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación Pesquera

Carlos Montenegro Silva

Jefe Departamento Evaluación de Recursos

Carlos Techeira Tapia

Jefe de Proyecto

Francisco Contreras Mejías

Autor

Francisco Contreras M.

Selim Musleh V.

Heide Heredia-Azuaje



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	3
1.OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
i. Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biológicamente aceptable (CBA).	6
ii. Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente.....	6
iii. Asesorar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, al Comité Científico Técnico y a los Comités de Manejo en las materias técnicas y de oportunidad que esta Subsecretaría requiera.	6
iv. Implementar análisis de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE.....	6
2. ANTECEDENTES	7
3. METODOLOGÍA	18
3.1 Objetivo Específico N°1:	18
3.2 Objetivo Específico N°2:	31
3.3 Objetivo Específico N°3:	44
3.4 Objetivo Específico N°4:	44
4. RESULTADOS	47
4.1 Objetivo Específico N°1:	47
4.1.1 Información biológico-pesquera	47
4.1.2 Estandarización CPUE de tasas de captura flota industrial	63
4.1.3 Resultados modelos de evaluación	86
4.1.5 Biomasa y mortalidad por pesca	98
4.1.6 Reclutamientos.....	100
4.1.7 Diagnóstico.....	103
4.1.8 Estatus y Puntos Biológicos de Referencia	104
4.2 Objetivo Específico N°2:	107
4.2.1 Capturas límites para el año 2024.....	107
4.2.2 Proyecciones	108
4.2.3 Probabilidades	109
4.2.4 Análisis de sensibilidad	111
4.3 Objetivo Específico N°3:	114
4.3.1 Hitos de asesoría.....	114
4.4 Objetivo Específico N°4:	119
4.4.1 Implementación de a Evaluación de Estrategias de Manejo	119
4.4.2 Resultados.....	121
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	130
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135

Anexo 1: Documento de especificaciones para la evaluación de estrategias de manejo para el recurso: merluza del sur

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, incorpora el plan de trabajo desarrollado para avanzar en el marco del mejoramiento continuo de los proyectos desarrollados por el Instituto de Fomento Pesquero en el recurso merluza del sur. Para esto, se consideran los antecedentes básicos de cada proyecto, sus objetivos y las propuestas de mejoras de los mismos, además de los antecedentes relacionados con el plan de mejora e investigación del Departamento de Evaluación de Recursos respecto de los esquemas de modelamiento y recomendaciones de capturas límites. De igual forma se integran los comentarios realizados por los revisores externos del proyecto FIPA 2023-27, los cuales se abordan de manera integral, tanto en forma y fondo en el desarrollo de este documento técnico final.

Las variables de estado fueron estimadas utilizando procedimientos de evaluación de stock estructurados por edad, los cuales hacen uso de información pesquera, biológica y de cruceros acústicos para reproducir la dinámica poblacional etaria de la merluza del sur en la zona sur-austral de Chile. En esta misma línea, la implementación de los procedimientos de evaluación requiere como primera etapa la actualización de la información pesquera y biológica disponible. Esta actualización involucró la construcción de índices de abundancia, series temporales de desembarques, el cálculo de la captura a la edad, la estimación de biomasa acústica desagregada por edad, y la construcción de vectores de pesos medios a la edad basadas en la información definida por flota de pesca (arrastre industrial, palangre industrial, espinel artesanal). Este conjunto de piezas de información, más parámetros de historia de vida como madurez a la edad y mortalidad natural, conforman la totalidad de datos empleada por el procedimiento de evaluación de stock para la estimación de variables claves para el manejo de la pesquería de merluza del sur.

Para la realización del plan de mejoras de los modelos de evaluación de stock, se ha utilizado un procedimiento que ha permitido abordar las problemáticas identificadas en el último tiempo para los otros recursos, considerando cambios en el modelo de estudio, indicando también posibles soluciones a las problemáticas. Para ello, se continúa en la presente asesoría utilizando el modelo base adoptado el año 2023, el cual presentó mejoras en comparación con otros casos analizados, y que se relacionan a una mejora en la flexibilidad agregada de manera gradual al modelo de estimación. Además, la justificación de la adopción de este enfoque se relaciona con mejorar el grado de explicación de los datos empleados en la evaluación de stock, para lo cual se consideró principalmente el desempeño estadístico del modelo base.

El desembarque total corregido para el año 2023 fue menor comparativamente al año 2021 (24104 vs 25952 ton) sin embargo, al ver las flotas por separadas esta tendencia se observó solamente en la flota de arrastre, mientras que en palangre y artesanal (espinel) los valores de desembarque fueron mayores al año anterior. En cuanto a la proporción de edades en la captura varió según la flota, aumentando a 13 años en palangre y se mantuvo en 12 y 11 años en arrastre y espinel respectivamente.

Los cambios interanuales en la serie de biomásas acústicas sugieren una reducción desde inicios de la serie para luego mantenerse relativamente estables. La abundancia indica una tendencia similar para este periodo, con aumentos para los últimos años de prospección, sin embargo, para el 2022 se observa una caída de los valores. Por su parte, para el año 2022 se estimó una biomasa total de 113162 toneladas con un peso medio de 2084 gramos, valores mayores a los registrados en los anteriores dos años. En cuanto a la fracción desovante, para el año 2019 se registró una disminución de la edad media, que alcanza los 14 años y se mantuvo hasta el 2021, mientras que para el año 2022 se observa un aumento en la edad a 13 años. Lamentablemente este índice no presenta observaciones en el año 2023 por la no realización de este crucero, y durante el año 2024 los resultados no se encuentran disponibles a la fecha de la realización de este estudio.

Para la estandarización de la CPUE de arrastre, se implementaron cinco (5) modelos en el período 1, incorporando como factores el año, mes, buque, zona y cluster asociados a cada lance de pesca, y las interacciones entre el mes y el buque. El modelo que explica un mayor porcentaje de la devianza total corresponde a mod1 (67 %). Para el período 2 se implementaron cuatro modelos, incorporando como factores el año, mes, zona, pesquería, cluster y la interacción entre cluster y zona; asociado a cada lance de pesca. El factor más influyente en estos modelos fue el mes del lance, explicando una mayor proporción de la devianza del modelo para todos los casos (7.89 %), seguido por el factor año (un 5.71 %) el factor zona (entre un 2.85% y 6.11% según el modelo). En cuanto al palangre, se utilizó como medida de esfuerzo el número de anzuelos multiplicado por las horas de calado de cada lance. Esta serie presentó una tendencia muy similar a la observada en la serie de capturas. En relación a el proceso de estandarización del año 2023, en la presente asesoría las series de CPUE estandarizada prestan un rescalamiento positivo de los niveles de abundancia entre el año 2018 y 2023 para la flota arrastrera, y entre los años 2019-2023 para la flota palangrera. De igual forma se modifica la serie de rendimientos nominales de la flota artesanal la cual presentaría una mejor condición a la presentada en años anteriores (periodo 2013-2023), y que se deriva de la información proveniente de la región de los Lagos.

En cuanto a los resultados del modelo, es importante mencionar que el modelo base actual emerge del proceso de análisis y revisión desarrollado durante el año 2023, que reemplaza al antiguo modelo base Mod0_03 implementado en la asesoría año 2020, con el que se implementó la medida interina de una cuota de captura por 3 años. Este modelo base se caracteriza por presentar nuevas configuraciones relacionadas con la incorporación de años iniciales de bloques de selectividad, y de capturabilidad (para más detalles ver Contreras *et al.*, 2024). Las mejoras realizadas consistieron en incorporar cambios en los bloques de selectividad y capturabilidad de las distintas fuentes de datos. Se considera el caso base (actualizado), debido a contar con el mejor desempeño estadístico, así como también presentar un $h = 0.7$, valor considerado por el CCT-RDZSA como el valor más representativo de la población de merluza del sur, teniendo en cuenta los antecedentes reportados por Wiff *et al.*, 2018, quienes estiman un steepness igual a este caso utilizando meta-análisis.

Los cambios temporales en la selectividad de las flotas de palangre, espinel-artesanal se deberían a cambios en el régimen de operacional de la flota. Del mismo modo y en el caso de los cruceros, estos cambios se podrían explicar por la disponibilidad edad-específica de los individuos al momento de la prospección. Para el ajuste de las estructuras anuales de la flota palangrera, el modelo mejora la bondad de ajuste en el periodo 2005 al 2022 comparado con los periodos anteriores, logrando reproducir las magnitudes, modas y tendencia de las observaciones. Los ajustes para la flota artesanal, a diferencia de las otras flotas, incluso del crucero, no presenta sobreestimaciones de edades más longevas. Así y en términos generales, se aprecia que el modelo reproduce las magnitudes y modas presentes en las remociones realizadas por la flota espinelera.

La reducción de la biomasa desovante, comienza con una condición de subexplotación a inicios del período, que luego de los altos niveles de captura aplicados hasta los 90's produjeron una disminución abrupta del potencial reproductivo de la población, sobrepasando el punto biológico objetivo en el tiempo. Al año 2023, el recurso merluza del sur se encuentra en un 33 % de la condición inicial. El estado actual de esta pesquería es de sobreexplotación. Al respecto, independientemente de los escenarios tratados, el nivel de agotamiento poblacional en los últimos siete años se encuentra por debajo del objetivo de manejo y niveles de mortalidad por pesca superiores al criterio técnico de explotación F40%. Finalmente, la población se encontraría en un 82.6% del objetivo de manejo en biomasa, en tanto que la mortalidad por pesca estaría bajo un 7% del nivel de mortalidad por pesca objetivo.

1.OBJETIVOS

Objetivo general

Implementar, en el marco del establecimiento de cuotas globales y anuales de captura, el procedimiento de manejo vigente para la pesquería en cuestión, determinando el estatus, en atención a los datos e información establecida, y aplicando la regla de control de captura que corresponda según el plan de manejo o la que se determine en ausencia de este.

Objetivos específicos

- i. Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biológicamente aceptable (CBA).
- ii. Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente.
- iii. Asesorar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, al Comité Científico Técnico y a los Comités de Manejo en las materias técnicas y de oportunidad que esta Subsecretaría requiera.
- iv. Implementar análisis de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE.

2. ANTECEDENTES

2.1 Antecedentes generales

La actividad pesquera en Chile se ha situado como una de las áreas que ha liderado el crecimiento de la economía nacional. Dicho proceso se ha basado tanto en los niveles de producción y exportaciones de la pesca extractiva, así como también, en el desarrollo de la acuicultura. Por mandato legal, la función pública en la gestión de la actividad pesquera y de la acuicultura le corresponde a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, instituciones responsables de fijar las políticas y establecer las medidas de regulación que tienen por objetivo conformar el marco legal y normativo para brindar las condiciones más adecuadas para el desarrollo sustentable de la actividad de la pesca y la acuicultura.

Para el adecuado cumplimiento de ese rol es esencial contar con fundamentos científicos y técnicos sólidos en cuanto al conocimiento del estado de conservación de los recursos biológicos y su ambiente, así como también, del desempeño de la actividad extractiva. Consecuentemente, la Autoridad Sectorial ha definido la misión institucional en términos de regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura, a través de políticas, normas y medidas de administración, bajo un enfoque precautorio y ecosistémico, que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo del sector.

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

- Diseñar e implementar las políticas, normas y medidas de administración, orientadas a la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos, en coordinación y participación con los agentes económicos del sector pesquero y acuicultor, a través de las instancias de participación establecidas en la Ley.
- Disponer oportunamente de la información sectorial que permita aportar los elementos necesarios para la toma de decisiones en materia de regulación y manejo sectorial

En este sentido, los estudios de análisis de estatus y la exploración de las posibilidades de explotación sustentables de estos recursos juegan un rol fundamental en la orientación y cumplimiento de las políticas y objetivos sectoriales.

Con el objetivo de atender la misión y sus objetivos estratégicos, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura impulsa anualmente un Proceso de Asesoría Científica (PAC), en cuyo contexto, el proyecto denominado “Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales”, es el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) quién se encarga de su ejecución y constituye el sustento técnico fundamental para establecer los rangos de explotación

biológicamente recomendables para los principales recursos pesqueros nacionales, cuyos niveles de biomasa son regulados posteriormente mediante cuotas de captura establecidas por la autoridad. Este proyecto debe integrar el conocimiento científico disponible a la fecha de ejecución que ha sido generado por diversos estudios, proyectos y programas de investigación realizados sobre estos recursos y sus pesquerías, así como también, toda la información técnica proveniente de los programas de seguimiento de las pesquerías y monitoreo de sus recursos, tales como los cruceros de evaluación directa, que permitan actualizar anualmente el estatus de conservación de estos recursos pesqueros.

Sobre la base de lo anterior, es posible analizar posteriormente las posibilidades de explotación de esos recursos para determinar los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de éstos. Para este propósito, otros organismos colaboradores de la Administración Pesquera como el Fondo de Investigación Pesquera financian investigaciones científicas y técnicas vinculadas a estos recursos y su ambiente, lo que también contribuye al PAC (Proceso de Asesoría Científica) que anualmente identifica y encarga para la ejecución esta Subsecretaría.

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) establece que el Instituto de Fomento Pesquero sea el ejecutor de este tipo de proyectos, mediante la asignación directa de fondos sectoriales, en cuanto dicho Instituto se constituye como un organismo asesor relevante en la función de proveer insumos fundamentales para el buen cumplimiento de la función reguladora de la Administración Pesquera del Estado. Ese cuerpo legal establece que, tanto los antecedentes provenientes de este proyecto, así como de otras investigaciones y estudios sectoriales provistos por las distintas entidades de investigación y asesoría que forman también parte del Proceso de Asesoría Científica anual, sean canalizados hacia los Comités Científico-Técnicos (CCTs) correspondientes. Junto con revisar los antecedentes y pronunciarse sobre la calidad, validez y utilidad de estos estudios conforme a los estándares internacionales en uso, estos organismos podrán emplear ese conocimiento para asesorar a las distintas instancias asesoras-consultivas del proceso decisional anual de las pesquerías nacionales (i.e., Ministerio de Economía, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Comités de Manejo respectivos, Consejos Zonales y Nacional de Pesca, entre los principales) y recomendar los niveles de captura apropiados para cumplir con el mandato establecido por la LGPA.

Considerando la necesidad de cumplir con las disposiciones de esta Ley y dado el marco normativo establecido para las principales pesquerías nacionales que facultan al Ministerio para establecer regulaciones a la explotación por razones de conservación de los recursos y de sustentabilidad de la actividad pesquera, considerando el enfoque precautorio y el enfoque ecosistémico en su implementación, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ha definido los presentes Términos Técnicos de Referencia con el propósito de establecer los requerimientos mínimos de asesoría para la determinación del estatus de los recursos pesqueros y el análisis ex ante de escenarios sobre las posibles consecuencias derivadas de la aplicación de estrategias y/o tácticas de explotación en las

principales pesquerías nacionales, dados los distintos estados probables de la naturaleza y las diversas fuentes de incertidumbre.

Lo anteriormente descrito debe entenderse en el marco de lo que se denomina procedimientos o estrategias de manejo. Para efectos del correspondiente TTR, se entenderá por procedimiento de manejo a la secuencia de actividades técnicas conducentes a entregar asesoría científica directa y oportuna para el proceso de toma de decisión.

El procedimiento de manejo (PM) se compone de tres elementos:

- Los datos, información e indicadores del recurso y su pesquería que sean útiles a la evaluación.
- La evaluación del recurso propiamente tal, que generalmente está basada en modelos.
- La regla de control de captura, que es un algoritmo a través del cual se elige la mortalidad o tasa de explotación que debe implementarse para la estimación de la CBA. La regla de control de captura también contempla el algoritmo de proyección de estimación de abundancia, al año de implementación de la CBA.

El PM vigente se define por cada uno de los elementos previamente descritos, por lo que, si algunos de estos elementos sufren cambios por poco significativos que parezcan, se entiende que son cambios al PM, lo que hace que se constituya en un nuevo PM. En este sentido, siempre existen PM alternativos o candidatos que configuran escenarios de análisis. Son Subpesca, IFOP y el CCT en mayor grado, y el comité de manejo, los organismos que son responsables de establecer el PM vigente.

En consecuencia, el presente estudio responde a la realización técnica del PM vigente y al análisis de PM candidatos. Cabe destacar y reiterar que el PM vigente responde a aquel que ha sido seleccionado por el CCT para elaborar su asesoría, considerando lo establecido vinculantemente en los planes de manejo.

2.2 Antecedentes del recurso

La merluza del sur (*Merluccius australis*) es una especie demersal distribuida en aguas exteriores e interiores (canales y fiordos) entre las regiones de Los Lagos y Magallanes y Antártica Chilena. Habita entre los 60 y 800 m de profundidad, con las mayores concentraciones entre los 200 a 400 m. Se encuentra en aguas con temperaturas entre 3.8°C y 12°C (Aguayo 1995), abarcando una distribución en el cono sur de América que se extiende desde los 36°00' S en el océano Pacífico suroriental, bordeando el extremo sur de América para subir hasta los 38°00' S en el lado Atlántico.

El área de operación de la flota dirigida a la captura de merluza del sur se distribuye entre las latitudes 41°28.6'S a 57° S, en aguas exteriores (flotas industriales) e interiores (flota artesanal) de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y Antártica Chilena. De este modo, el área de explotación pesquera se divide en dos unidades de pesquería, una norte (41° 28.6'S – 47°S) y otra sur (47°S – 57°S), subdivididas en áreas administrativas de aguas interiores y exterior, teniendo como límite con la zona exterior las líneas de base recta.

La pesquería de merluza del sur ha operado con clara intencionalidad en la zona austral de Chile desde el año 1977 y ha sido manejada utilizando un sistema de Cuota Anual Global de Captura, restricciones al número de embarcaciones y vedas biológicas, medidas que tienen por objeto evitar o mitigar los efectos de las actividades pesqueras sobre la especie objetivo, fauna acompañante y el ecosistema. La magnitud de estas cuotas surge a partir de las recomendaciones del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en base a la asesoría técnica que se entrega anualmente, mediante las estimaciones de abundancia, el potencial productivo de la población y los niveles de explotación.

2.2.1 Estructura poblacional

Es posible indicar que el primer estudio sobre unidades poblacionales en merluza del sur fue realizado por el IFOP en el año 1993, a través de 3 técnicas: marcadores genéticos, análisis de la carga parasitaria y estudios morfométricos. Para el caso de los marcadores genéticos se analizaron un total 670 ejemplares, 400 correspondientes a aguas exteriores y 270 a aguas interiores. Este análisis, realizado a través de electroforesis de proteínas, mostró que no existen diferencias significativas en las muestras que provienen de aguas exteriores e interiores de la PDA (Chong y Galleguillos, 1993). Esto es concordante con los resultados encontrados a través de la composición y magnitud de la fauna parasitaria y de la morfometría de merluza del sur, que de la misma forma indica una alta similitud cualitativa entre las zonas de pesca. Por otra parte, Chong (1993) utilizó el análisis morfométrico de estructuras duras (otolitos sagitales), debido a que permite la discriminación fenotípica entre individuos de diferentes unidades poblacionales. A través de análisis multivariado de los otolitos, concluyó que, si bien las variables morfológicas soportan la existencia de grupos locales, las variables discriminantes muestran una importante sobreposición, sugiriendo que los grupos analizados presentan un alto grado de mezcla, lo que impide considerarlos como unidades discretas.

En el marco de un estudio FONDEMA “Diagnóstico merluza del sur y congrio dorado, aguas Interiores, XII Región”, se desarrollaron estudios del tipo genético, parasitológico, morfométrico y merístico, con objeto de determinar la existencia de unidades de stock y poblaciones residentes de merluza del sur en la XII Región (Daza et al., 2005). Para verificar la existencia de un stock puro o genético en este estudio se utilizaron como marcadores moleculares segmentos de ADN mitocondrial (D-Loop, NADH, Cyt B) y nuclear (Calmodulina e ITS). Los resultados obtenidos indicaron valores muy bajos de diferenciación genética poblacional, no permitiendo diferenciar más de un stock de merluza del sur. Desde la determinación de stocks ecológicos (poblaciones residentes) por medio de análisis parasitológicos, morfométricos y merísticos, no se obtuvieron diferencias significativas en la abundancia de parásitos según el sexo del pez y según la estación de año.

2.2.2 Mortalidad natural, crecimiento y madurez

Para el modelo de evaluación de sexos combinados, la mortalidad natural se supone igual a 0.21 y constante a través de los años y las edades. El modelo implícitamente incorpora el crecimiento en las matrices de captura a la edad, que como ha sido característico en esta pesquería, no muestra las fuerzas de las clases anuales o las consecuencias de explotación severa como la ocurrida entre los años 1986 y 1992, salvo para los años 2006-2008 donde se observan importantes proporciones de individuos juveniles de edades entre 4 y 7 años. Los parámetros biológicos indicados en la **Tabla 1** son supuestos constantes en el modelo.

Tabla 1. Parámetros biológicos a utilizar en el modelo de evaluación. Se muestra la madurez, mortalidad natural y los pesos a la edad teórica (dependientes del crecimiento basado en longitud) y empírico (observados desde la pesquería). Ver sección pesos medios para detalles sobre la utilización de los pesos medios en el modelo de evaluación.

Edad Teórico	Peso Madurez	Ojiva Natural	Mortalidad
1	0.1155	0.0	0.21
2	0.2805	0.0	0.21
3	0.4829	0.0	0.21
4	0.677	0.0	0.21
5	0.968	0.0	0.21
6	1.2693	0.0	0.21
7	1.577	0.0	0.21
8	1.8764	0.1	0.21
9	2.1725	0.3	0.21
10	2.5144	0.5	0.21
11	2.835	0.7	0.21
12	3.1729	0.9	0.21
13	3.5757	1.0	0.21
14	3.8947	1.0	0.21
15	4.2517	1.0	0.21
16	4.73	1.0	0.21
17	5.0927	1.0	0.21
18	5.4109	1.0	0.21
19	5.8218	1.0	0.21
20	6.4273	1.0	0.21
21	6.6707	1.0	0.21
22	7.0426	1.0	0.21
23	7.533	1.0	0.21
24	8.1934	1.0	0.21

2.2.3 Época de desove

Los primeros antecedentes de los aspectos reproductivos de merluza del sur corresponden a observaciones macroscópicas realizadas durante los años 1977 y 1978 en cruceros de investigación. En estos estudios se señaló que esta especie desovaría de acuerdo con un esquema similar al de merluza común, es decir, a fines de primavera y probablemente parte del verano. En estos cruceros se observaron ejemplares con signos de madurez a partir de los 70 cm en las hembras y los 59 cm en machos (Avilés y Aguayo, 1979).

Aguayo *et al.*, (1986, 1987) basado en el análisis del IGS señaló que la actividad gonádica entre febrero y mayo es leve, aumentando en junio-julio y declinando en agosto, lo que indicaría el inicio del desove masivo. El análisis de los estados de madurez de los ovarios es coincidente con el comportamiento del IGS. En efecto, Chong (1991) señaló que la merluza del sur presenta un ciclo de madurez gonádica que se inicia en febrero y abril con el desarrollo de ovocitos previtelogénicos y vitelogénicos. Estos últimos son más frecuentes entre mayo y junio, culminando la madurez y gatillando desoves masivos durante los meses julio, agosto y septiembre. Aquellos resultados fueron coincidentes con los

reportados por Balbontín y Bravo (1993) y también con estudios realizados por Aguayo *et al.*, (2001). Las investigaciones disponibles señalan que pueden existir diferencias interanuales de algunas semanas en la fecha de máxima actividad reproductiva, sin embargo, el desove en merluza del sur alcanza su máxima actividad a fines de invierno.

En cuanto a la zona de desove, Aguayo *et al.*, (2001) señaló que el área principal de desove en merluza del sur se encuentra ubicada entre la isla Guafo (43°37'S) y la Península de Taitao (47°S), foco en el cual se registran los mayores valores de IGS para el período 1985-1998. Se registra un núcleo secundario de desove, el cual presenta valores intermedios de IGS, ubicado entre la Bahía San Pedro (41°S) y la isla Guafo (43°37'S).

2.2.4 Revisión de aspectos biológicos

El modelo conceptual poblacional de merluza del sur asume que en aguas chilenas existe un único stock autosustentable distribuido en toda la zona económica exclusiva. Este supuesto aún es la base de todos los escenarios de evaluación presentados en la asesoría del año 2014 (Payá, 2015) y ha sido respaldado por el Comité Científico (Quiroz y Wiff, 2012) como también en las reuniones bilaterales IFOP-SUBPESCA relacionada con la estructura espacial de la población de merluza del sur (Quiroz *et al.*, 2013).

Antecedentes indican que se identifica una zona única de desove de gran extensión, además existe información científica que respalda la existencia de zonas de crianza en aguas interiores de la zona austral, con mayor preponderancia en los canales y fiordos de la X y XII Regiones. La distribución de larvas entre aguas interiores y exteriores muestra una mayor presencia de larvas de pequeños tamaños en los fiordos y canales de la zona sur austral, sin detectar mayores diferencias entre la macrozona norte y macrozona sur¹.

¹ El límite entre macrozonas está determinado administrativamente en el paralelo 47°S. Sin embargo, de acuerdo con diversos estudios de biogeografía, ecología y oceanografía, las características entre estas zonas son, en algunos casos, ampliamente diferentes.

2.2.5 Migraciones

Pocos estudios sobre el comportamiento migratorio de la merluza del sur existen en la actualidad. Con base en lo anterior, los antecedentes sobre este comportamiento se derivan básicamente de la actividad de la flota que opera sobre este recurso. En este contexto, Aguayo (1995) identificó dos tipos de migración:

- Migraciones latitudinales: se señala que desde julio hasta octubre de cada año existe una migración gatillada por el desove, donde los individuos se desplazan desde los centros de abundancia y crianza hacia la zona ubicada entre Guafo e isla Guamblín (43.5° to 44.5° S) y alrededor de la Península de Taitao (46.5° to 47° 'S; Flores et al 2019). Desde octubre en adelante esta especie migra hacia el norte, posiblemente en busca de alimento.
- Migraciones longitudinales: se observa que a fines de primavera y comienzos del verano existe una importante migración desde aguas exteriores hacia aguas interiores. En otoño comienza a desplazarse hacia aguas exteriores, donde los adultos comenzarían su migración para el desove que se produce a fines de invierno y principios de primavera.

Estas migraciones, de las que se tiene alguna evidencia en otolitos, tienen un patrón parcial, ya que no todos los individuos migran, siendo más probable en una fracción alta de individuos de origen estuarino, los cuales son capturados en ambos hábitats (Toledo et al 2019). Las causas de estas migraciones no se conocen a cabalidad, pero probablemente sea de carácter trófico, asociado con cambios la abundancia estacional de la sardina de los canales y merluza de cola, como ítems alimenticios principales (Lillo et al. 2008, Medina et al. 2014, Toledo et al. 2020). En el caso de la migración reproductiva, podría estar asociada a condiciones oceanográficas favorables para la reproducción (Osorio-Zuñiga et al. 2018)

2.2.6 Zonas de concentración larval y de juveniles

Los primeros antecedentes disponibles sobre la distribución de huevos y larvas de merluza del sur provienen del crucero de evaluación del stock desovante realizado el año 1995 en la zona sur austral (Lillo *et al.*, 1996). Este estudio abarcó la zona comprendida entre el norte de la isla Guafo ($43^{\circ}20'S$) hasta cabo Raper ($46^{\circ}20'S$). De todas las estaciones se constató solo un foco significativo de abundancia de larvas situado al noreste de la isla Guafo. Se señala que el aporte de huevos de merluza fue escaso con una densidad no mayor a 8 huevos/10 m² y mostraron una distribución latitudinal reducida, con presencia entre las cercanías de Cabo Raper y la isla Garrido ($45^{\circ}12'S$).

Por otro lado, Rubilar *et al.* (2000) señalaron que la proporción de ejemplares juveniles en las capturas de merluza del sur en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y Antártica Chilena presentan una clara variación estacional, con aumentos importantes hacia invierno y primavera. Esta tendencia se refleja en otros indicadores como la talla y edad promedio en las capturas. En aguas interiores de la región de Los Lagos, la mayor presencia de juveniles se registra en el seno de Reloncaví, destacando la zona de Contao donde la presencia de juveniles es permanente durante todo el año. En la región de Aysén, se observó una dinámica similar, existiendo áreas donde la proporción de juveniles es permanente durante todo el año como sucede en el sector comprendido entre la isla Casma y canal Costa. En cuanto a la región de Magallanes y Antártica Chilena, se detecta un aumento de la proporción de juveniles en las capturas hacia otoño e invierno, pero la proporción es claramente inferior a lo encontrado en las regiones de Los Lagos y Aysén. Resultados similares para las zonas y épocas de concentración de juveniles fueron reportadas por Aguayo (1995).

Rubilar *et al.* (2000) además señalaron que el aumento de los ejemplares juveniles de merluza del sur en la captura registrada en las estaciones en invierno y primavera sería producto de comportamientos migratorios de la especie entre aguas exteriores e interiores. En este sentido, estos autores han planteado la hipótesis referente a que durante invierno y primavera, parte de la fracción adulta de aguas interiores migra hacia aguas exteriores. Así la población de merluza del sur que permanece en aguas interiores se caracteriza por una fuerte presencia de juveniles. Esta hipótesis se encuentra apoyada por las consideraciones realizadas por Aguayo (1995), por medio de observaciones obtenidas desde los programas de monitoreo de la pesquería.

Obtención de muestras flota artesanal (Espinel)

Con relación a la actividad que permite la toma de muestras de la pesquería artesanal, es necesario comentar que la como indican Garcés *et al* 2023, la pesca monitoreada en Los Lagos se concentra en el Golfo de Ancud, seguida de Chiloé Interior y el Seno de Reloncaví, mientras que en Aysén el esfuerzo de pesca (viajes) se concentró principalmente en puerto Gaviota (canal Puyuguapi), puerto Gala (canal Jacaf-canal Moraleda) y en los alrededores del fiordo de Aysén (**Figura 1**). Por su parte, la actividad en Magallanes fue escasa y estuvo restringida a la toma de información en muelle en la ciudad de Punta Arenas de embarcaciones que operaron en el estrecho de Magallanes (Paso del Hambre). Se incluye esta figura por diversas dudas surgidas en el CCT-RDZSA, en cuanto a que existen dudas sobre la procedencia de las observaciones de edad obtenidas desde observaciones de la flota artesanal. En esta figura queda claramente establecido que las observaciones para esta flota provienen íntegramente de aguas interiores.

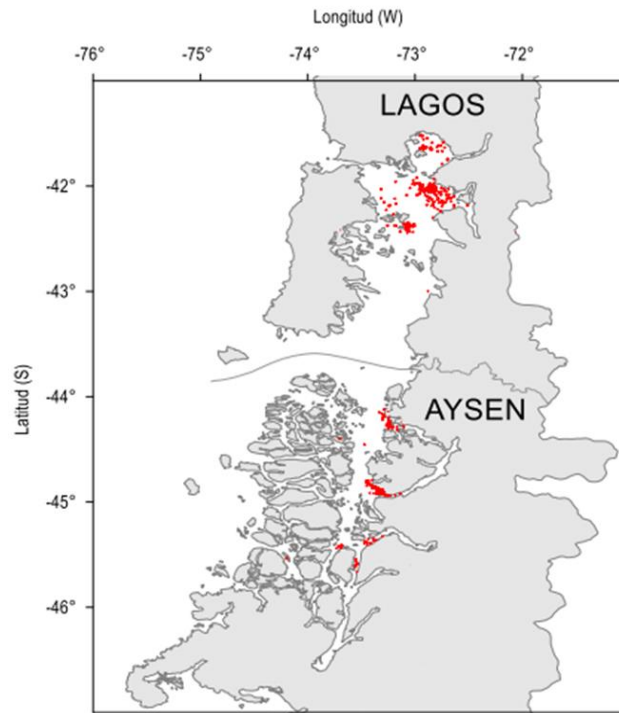


Figura 1. Distribución del esfuerzo de muestreo (viajes de pesca cubiertos con personal IFOP) durante el 2022 en la flota artesanal de botes que operó en aguas interiores de Los Lagos y Aysén. Fuente IFOP.

Para la evaluación de stock se considera que existe una sola unidad de stock (Chong y Galleguillos, 1993). Las investigaciones disponibles señalan que pueden existir diferencias interanuales de algunas semanas en la fecha de máxima actividad reproductiva, sin embargo, el desove en merluza del sur alcanza su máxima actividad a fines de invierno. El área principal de desove se encuentra ubicada entre la isla Guafo ($43^{\circ}37'S$) y la Península de Taitao ($47^{\circ}S$).

La relación de cuotas de captura y desembarques declarados en los años más recientes es la siguiente (**Tabla 2**):

Tabla 2. Desembarque y Cuotas Globales de Captura de la última década. Nota: desembarque sin corrección por descarte y/o subreporte.

Año	Desembarque(t)	Cuota (t.)
2012	20288	23000
2013	19346	21000
2014	12393	12120
2015	16150	16219
2016	16804	17708
2017	16355	19010
2018	19059	20310
2019	18203	19537
2020	15732	17654
2021	17947	19446
2022	17202	19446
2023	17787	19446

3. METODOLOGÍA

3.1 Objetivo Específico N°1:

Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biológicamente aceptable (CBA).

Programa de mejora evaluación de stock

En el Acta N°1-2023 del Comité Científico (CCT-CD), realizado el día 12 de mayo de 2023, se presenta la propuesta del plan de mejora actualizada para la evaluación de stock (**Figura 2**). Este plan, es presentado por Francisco Contreras, el cual explicita las cuatro etapas consideradas en el proceso de revisión y mejora del modelo de evaluación de stock 2023-2024, y que considera los siguientes puntos:

1. Proceso de auditoría: Estandarización de códigos (procesos, tipología y nombres de variables). Propuesta de modificaciones, Plataforma de modelamiento.
2. Consistencia en el cálculo de CBA: Trabajo interno de IFOP: PBRs y distribución de mortalidades por pesca. Utilización de datos en la evaluación de stock, integración de cruceros acústicos en la toma de decisión, revisión de los criterios de cálculo de CBA.
3. Revisión por pares, identificación de brechas mayores en base a un proceso de auditoría, como punto de partida para la revisión por pares, adopción de un plan de investigación de mediano y largo plazo (este tópico considera contraparte técnica externa).
4. Adopción de modelo base.

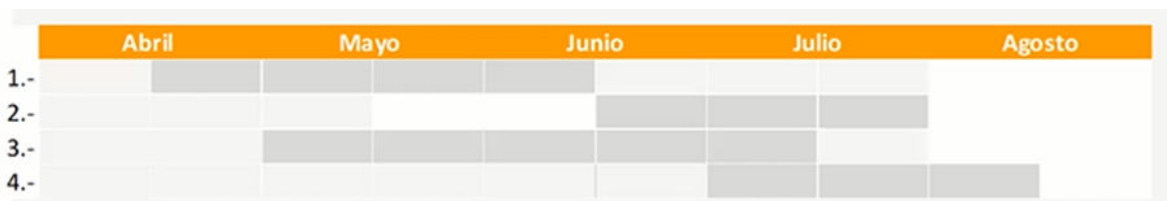


Figura 2. Calendarización general de actividades consideradas en el programa mejora evaluación de stock.

Este plan correspondió a una actualización del programa de trabajo de merluza del sur, como respuesta a un modelo base que había sido cuestionado por los siguientes aspectos:

- Las variables principales (biomasa desovante) del modelo son insensibles a la incorporación de nuevos datos.
- Las series de captura están influenciadas por factores de corrección que deben ser revisados, principalmente por la precisión en los ponderadores de pesca para las flotas industriales y los procesos de sub-reporte en la pesca artesanal.
- Las recientes cohortes detectadas en las evaluaciones acústicas no son reproducidas por el modelo.

El CCT considera que esta propuesta de mejora para la evaluación de stock es apropiada e indica que debe considerarse como un proceso abierto y transparente. En relación a este último punto, se espera contar con la participación de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, así como del propio CCT, en las actividades que generen la implementación del plan. Para poder ejecutar este plan de trabajo, en IFOP contamos con la consultoría externa que le permitió destinar más horas al cumplimiento de estos compromisos y facilitar el proceso de revisión y mejora. En este sentido IFOP, se presentó un cronograma de acciones más detallado para indicar cada una de las acciones que se llevarán a cabo en el corto, mediano y largo plazo. Como se verá en presente documento, quedara establecido que se respetó propuesta cronológica, permitiendo la asesoría (octubre de 2023), y disponiendo de un escenario alternativo basado en el modelo base mejorado.

Proceso de mejora interna

Para la realización del plan de mejoras de los modelos de evaluación de stock, se ha utilizado un proceso de autoría que considera un procedimiento de análisis como queda consignado en la **Figura 3**. Este procedimiento ha permitido abordar las problemáticas identificadas en el último tiempo para los otros recursos, considerando cambios en el modelo de estudio, indicando también posibles soluciones a las problemáticas, mediante análisis que serán presentados en el seno de la tercera reunión del CCT-RDZSA (2023). Este procedimiento además considera la verificación de resultados, indicando que, si estos no permiten establecer un modelo base 2023 con las características de confiabilidad necesaria, se debiese volver a considerar nuevas soluciones para tal efecto.

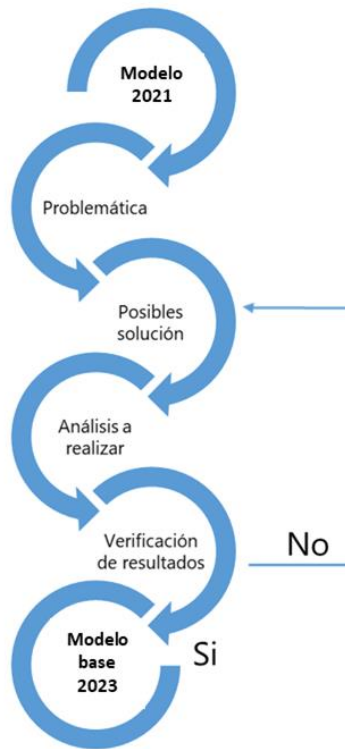


Figura 3. Procedimiento de análisis para la realización de mejoras en el modelo actual.

3.1.1 Estandarización CPUE de tasas de captura - Flota industrial

i. Intencionalidad de pesca

La pesquería industrial de merluza del sur ha operado en la zona austral de Chile (41°20'S-57°00'S) desde el año 1978. Los reportes de pesca han dejado ver una alta variedad de especies como fauna acompañante en las capturas desde inicios de los 80's, las que incluso han superado las 100 especies durante la temporada de pesca. Si bien, no más de 6 grupos taxonómicos (merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado, bacalao y condriktios) representan en promedio el 85% del total de desembarques anual, el restante 15% corresponde a otros taxones en diferentes proporciones dependiendo del tipo de flota y la estacionalidad de las capturas. Por ejemplo, las capturas de la flota arrastrera frecuentemente muestran un alto número de especies como fauna acompañante, aunque la importancia relativa de estas especies tiende a ser baja, y en contraste, la flota palangrera tiende a capturar un menor número de especies, pero con un número importante de registros de pesca donde la captura de especies no objetivo es alta.

La dinámica de la flota que captura merluza del sur dificulta la identificación de la intencionalidad de pesca, requisito indispensable para el proceso de estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). El carácter multispecífico de las flotas hace necesario explorar mecanismos o metodologías para la identificación del esfuerzo de pesca empleado en las operaciones de pesca con dirección a una especie objetivo (i.e. horas de arrastre, días de pesca, número de anzuelos). Por lo anterior, desde el año 2007 el proceso de estandarización de la CPUE en merluza del sur utiliza el concepto denominado “táctica de pesca” (Pelletier y Ferraris, 2000) para clasificar las operaciones de pesca que son dirigidas a merluza del sur. Utilizando estadística multivariada, el procedimiento de clasificación de tácticas de pesca consiste en identificar y clasificar las operaciones de pesca que contienen similitud entre los ensamblajes de especies capturadas a nivel de lance o viaje de pesca. A este grupo de operaciones le llamamos “táctica de pesca”. Luego de obtener aquellos grupos de lances que representan una táctica de pesca particular, regularmente se examinan las características espacio-temporales que presenta cada táctica de pesca. En esta sección se detallan los resultados de la identificación de tácticas de pesca en merluza del sur.

El procedimiento de estandarización incorpora la táctica de pesca como un predictor en los modelos lineales de predicción de las tasas de captura, esto como una vía para aislar los predictores temporales (Quiroz y Wiff, 2012; Quiroz *et al.*, 2013). Como resumen de la metodología de estandarización, se implementan 6 etapas donde por medio de análisis multivariados y modelos lineales es posible identificar las estrategias de pesca que influyen los predictores temporales. Se realizaron análisis independientes por flota y zonas de pesca dentro de la zona austral, analizando las bitácoras de pesca que contenían merluza del sur en sus registros. En el caso de la flota arrastrera, el análisis abarca desde 1979 a 2022, mientras que en la flota palangrera abarca el período entre 1987 y 2022.

Las etapas realizadas en este proceso son:

1. Construcción de matrices con composición de captura para cada lance en el caso del espinel. Para el arrastre se construyeron matrices con composición de captura para cada embarcación en un mes determinado en una subzona determinada. Cada subzona corresponde a medio grado de latitud. Para cada subzona se acumularon las composiciones de captura para un barco en un mes determinado.
2. Análisis de componentes principales (ACP) de la composición de captura, cuyo objetivo es reducir el total de especies (columnas) en las componentes ortogonales que representan en su totalidad más del 85% de la varianza.
3. Análisis de Cluster no-jerárquico de los vectores propios derivados del ACP que cumplieran la condición anterior. Este análisis se realizó a través del método de K-means y como medida de

similitud se usó la distancia euclidiana. Esto permite reducir el número total de registros (lances de pesca) a 2500 centroides. El uso del cluster no-jerárquico se debe a que el análisis de dendrograma (cluster jerárquico) es muy extensivo desde un punto de vista computacional.

4. Análisis de Cluster jerárquico para construir los dendrogramas de similitud de los centroides derivados del punto anterior. Se utilizó la distancia euclidiana y el método de Ward como medida de agrupación entre las observaciones.
5. Construcción de los dendrogramas y recuperación de los datos originales (lances de pesca) para asignarlos a un cluster (táctica de pesca) determinado.
6. Estandarización de la CPUE utilizando la táctica de pesca (cluster) como variables categóricas en un modelo lineal generalizado.

En el caso de la implementación del modelo lineal generalizado, el primer paso consiste en aplicar un Modelo Aditivo Generalizado (MAG) usando como variable respuesta a la captura por unidad de esfuerzo y cuyas variables categóricas pueden ser año, mes y barco, mientras que la profundidad, latitud y longitud pueden ser asumidas como variables continuas. Esto permite obtener una aproximación a los coeficientes para posteriormente incorporar los niveles cluster (intencionalidad de pesca) en un predictor de un modelo lineal para la CPUE.

ii. Proceso de estandarización

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es ampliamente usada como índice de abundancia relativa en muchas pesquerías del mundo. Las variaciones de este índice se asocian principalmente a las características y composición de la flota, así como a factores de tipo ambiental. Aquí se presenta la estandarización de las tasas de captura en la pesquería de merluza del sur, usando la información proveniente de las bitácoras de pesca entre los años 1979 y 2022 para el arrastre, 1987 a 2022 para palangre. Las series de datos disponibles tanto para arrastre como palangre fueron divididas temporalmente en dos períodos debidos a que se observaron cambios en los coeficientes de capturabilidad, identificándose como punto de inflexión el año 1997. Esta modificación acordada dentro del Comité Científico Técnico ha sido utilizada en los últimos años de evaluación de este recurso. Es así, y debido a que no se agrega observaciones al primer período de las series de CPUE estandarizada de arrastre y palangre su estandarización permanece constante y sólo se realiza año a año la estandarización de las series del segundo período, agregando nuevas observaciones y evaluando potenciales mejoras en este índice.

Se utilizaron modelos lineales generalizados (MLG), técnica que actualmente es el método más utilizado en la estandarización de CPUE (Punt et al., 2000). Este método permite realizar interacciones entre las variables explicativas en la CPUE, así como explorar distintas distribuciones de error mediante

la utilizaci3n del valor de verosimilitud en el ajuste del modelo (McCullagh y Nelder, 1989). Bajo este enfoque, el modelo general para la determinaci3n de la CPUE es:

$$\log(cpue) = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k x_k + \epsilon$$

donde, β_0 es el intercepto, β_k son los coeficientes que dan cuenta de la variaci3n en la CPUE con respecto al predictor x_k y ϵ es un error normal con media 0 y varianza constante σ^2 . Los factores analizados para el caso de la pesquería de arrastre y espinel fueron: ańos, meses, barco (aleatorio), zona (unidad de pesquería) y cluster. El efecto cluster corresponde a la táctica de pesca y se representa en las bitácoras de pesca por medio de una “etiqueta” que lleva cada lance de acuerdo al cluster donde se ha agrupado la operaci3n de pesca.

La CPUE anual es funci3n de tres variables estimadas a trav3s de MLG:

$$f(\theta, \mu, \sigma) = CPUE_i = \varepsilon^{(\theta_i + \mu + \frac{\sigma^2}{2})},$$

donde, θ_i es el coeficiente estimado para el ańo i , μ es el intercepto del modelo (media global o referencial) y σ^2 representa el parámetro de dispersi3n de la distribuci3n asumida para el error.

3.1.2 Estatus

La determinaci3n del estatus de merluza del sur consiste en la implementaci3n de procedimientos de evaluaci3n de stock basados en la mejor informaci3n y conocimiento disponible, y considerando la aplicaci3n del enfoque precautorio para la pesca establecido por la FAO el ańo 1996. En este marco, este objetivo se centra en:

- i) La descripci3n de la informaci3n pesquera-biol3gica y su utilizaci3n en el procedimiento de evaluaci3n de stock
- ii) La formulaci3n matemática del modelo de evaluaci3n de stock
- iii) Evaluar características como bondad de ajuste, consistencia y pertinencia del procedimiento de evaluaci3n de stock basado en métodos estadísticos.

3.1.3 Información pesquera-biológica

Esta sección se enfoca en la actualización y consolidación de la información pesquera y biológica disponibles para las unidades de pesquería de merluza del sur situadas al sur del paralelo 41°28.6' S. Además, se recaba y compila todos los datos referidos a parámetros de historia de vida (e.g. madurez) que permiten sustentar el modelo conceptual que subyace bajo el modelo de evaluación de stock. La escala y nivel de agregación espacial y temporal empleada en este estudio es definida en coherencia con la información disponible, las recomendaciones de expertos y los lineamientos definidos por los Comités Científico Técnicos y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Paralelamente, en esta sección se describen y actualizan las estimaciones de biomasa acústica realizadas por las prospecciones independientes de la pesquería, efectuadas en la zona sur-austral de Chile.

i. Información Pesquera

El proceso de evaluación de stock implementado incorpora explícitamente tres fuentes de información pesquera:

- a) La primera corresponde a los desembarques reportados en las estadísticas oficiales, que representan los niveles de remoción por pesca del stock provenientes de las estadísticas oficiales de control cuota reguladas por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). Este sistema de control cuota define la importancia relativa de los distintos puertos de descarga y, por lo tanto, es de interés administrativo y comercial. Específicamente en esta evaluación, se revisó y actualizó la información de desembarques para el periodo 1977-2022.
- b) Los niveles de descarte y sub-reporte representan la segunda fuente pesquera incorporada en el procedimiento de evaluación de stock. Si bien, a la fecha no existe consenso sobre los métodos y niveles de omisión de captura, en la evaluación de stock realizada el año 2014 (Payá, 2015) se acordó en el seno del Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-DZSA) utilizar un conjunto de ponderadores de descarte y subreporte a nivel de flota. Basados en estos ponderadores, las series de desembarques anuales oficiales fueron corregidas por investigadores de IFOP y sensibilizadas en el modelo de evaluación de stock.
- c) Finalmente, la tercera pieza de información incorporada en el procedimiento de evaluación de stock corresponde a los rendimientos de pesca desagregados por flota pesquera. Esta información es utilizada para la construcción de índices de abundancia derivados de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) para las flotas industriales de arrastre y palangre, como también, para la construcción de un indicador de tasa de captura nominal representativo de la actividad pesquera realizada por la flota artesanal.

ii. Información biológica

El monitoreo de la pesquería de merluza del sur es realizado por el Proyecto de Investigación Situación Pesquerías de Peces Demersales y Aguas Profundas, que forma parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales, estudio requerido anualmente por la Subsecretaría de Pesca al Instituto de Fomento Pesquero. Este proyecto permite obtener indicadores como las estructuras de edad, claves talla-edad, composiciones de tamaños y pesos medio a la edad, los cuales conforman el núcleo principal de la información biológica empleada en el procedimiento de evaluación de stock. En este marco, y con fines de actualizar los datos de entrada al modelo de evaluación de stock, se revisaron los siguientes indicadores biológicos:

- a) Captura por edad: Denominada también como composición etaria de las capturas, corresponde a la expansión de la captura por flota (arrastre, palangre y artesanal), zona (norte y sur del paralelo 47°S) y sexo (machos – hembras) mediante una clave edad-talla construida en base a lecturas de otolitos recopilados durante la temporada de pesca. La recopilación de los otolitos está basada en un diseño de muestreo estratificado por clase de tallas, que permite construir una matriz de información que presenta la distribución de los ejemplares presentes en la captura por grupo de edad y por estrato de tamaño. A pesar de que se dispone de una estructura de edad por zona, sexo y flota, para efecto de la evaluación de stock esta información es agregada por sexo y zonas con fines de obtener una estimación global por flota para la unidad de pesquería. Esta información es empleada en el proceso de evaluación de stock para evaluar los supuestos de la mortalidad por pesca diferenciada por grupos de edad, además de identificar las clases anuales que sustentan la fracción vulnerada por cada pesquería.
- b) Pesos a la edad: El crecimiento intra-anual de la merluza del sur incorporado en el modelo de evaluación de stock es recogido en tres matrices de pesos medios a la edad, las que corresponden respectivamente a las estimaciones a mitad de año luego de la asignación de la edad, calculadas para las flotas de pesca que operan en aguas interiores y exteriores: 1) flota industrial de arrastre, 2) flota industrial de palangre, y 3) flota artesanal de espineles de fondo. El peso medio es empleado para generar las estimaciones de desembarques y biomasa vulnerable por cada flota, como también, la biomasa estimada en agosto de cada año por los cruceros de prospección acústica realizados en la zona sur-austral. La información base de pesos para cada edad se encuentra desagregada por año, flota arrastre, palangre y artesanal, zona (norte y sur de los 47°S) y sexo (macho-hembra). Para la evaluación, esta información es agregada por flota mediante la sumatoria de los individuos muestreados por sexo, área y flota, ponderados por la sumatoria de las capturas oficiales reportadas por año en cada una de las flotas. Los datos de pesos medios estimados del crucero de investigación realizado por el IFOP que fueron incluidos en el modelo, corresponden a los registros de 2022, debido a que en 2023 no se realizó una prospección para merluza del sur.

iii) Informaci3n biol3gica

Para la implementaci3n del procedimiento de evaluaci3n se recogen estudios cient3ficos y t3cnicos que reportan informaci3n asociada a los par3metros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez. De esta forma, el proyecto tiene un rol de integraci3n del conocimiento y utiliza los productos de todos los programas y proyectos de investigaci3n para modelar la din3mica del recurso.

iv) Biomasa desovante acústica

La informaci3n independiente de la pesquería utilizada en la evaluaci3n de merluza del sur corresponde a los cruceros acústicos desarrollados durante el per3odo de agregaci3n reproductiva. Desde estos cruceros se obtienen las claves talla-edad necesarias para generar matrices de abundancia a la edad. Adem3s, los cruceros reportan estimaciones de biomasa desovante para el mismo per3odo, que para su inclusi3n en el modelo son considerados como valores de biomasa desovante relativa.

3.1.4 Modelo de evaluaci3n de stock

La evaluaci3n de stock en Chile ha sido desarrollada y perfeccionada por IFOP durante los últimos 15 ańos, y cuya metodología se encuentra en general acorde con los est3ndares internacionales vigentes. Como una vía para mantener este est3ndar, tambi3n se han incorporado las recomendaciones emanadas tanto desde los Comités Científico T3cnicos como de los lineamientos entregados por el equipo de expertos internacionales en el marco del proyecto “Revisi3n de los puntos biol3gicos de referencia (Rendimiento M3ximo Sostenido) en las pesquerías nacionales” (Pay3 *et al.*, 2014).

El modelo poblacional de merluza del sur asume que en aguas chilenas existe un único stock autosustentable distribuido en toda la zona econ3mica exclusiva. El ciclo anual del modelo comienza con el ingreso de nuevos reclutas de edad 1 (a inicios de ańo) que dependen de un único stock desovante. No se consideran procesos de migraci3n e inmigraci3n. Se implementa un modelo que asume error de observaci3n en las capturas utilizando la ecuaci3n de Baranov (1918) y donde las mortalidades por pesca son estimadas como par3metros en el modelo. Las biomاسas son calibradas utilizando series de abundancia relativas basadas en CPUE y estimaciones de cruceros acústicos.

Durante la implementaci3n del modelo poblacional de merluza del sur, se consideran elementos de incertidumbre estructural basados en el nivel de conocimiento y de la informaci3n o datos disponible, así como la incertidumbre de estimaci3n generada de su aplicaci3n al conjunto de datos disponibles. En este sentido, el modelo de evaluaci3n de stock de merluza del sur se basa en el an3lisis estadístico de la din3mica de estructuras de edad anual y pesos medios a la edad, por medio de los siguientes componentes:

i) Condiciones iniciales

Se asume que la poblaci3n de merluza del sur al comienzo del a1o 1977 se encontraba en una condici3n de equilibrio libre de pesca. Bajo este supuesto, el reclutamiento del a1o 1977 corresponde a un reclutamiento virginal (R_0) consistente con una biomasa desovante virginal (S_0), mientras que en posteriores a1os (>1977) es dependiente de una relaci3n stock-recluta Beverton-Holt (funci3n de la BD, B_0 , R_0 y h) perturbada por desviaciones obtenidas desde una distribuci3n de probabilidad normal. Si bien este supuesto simplifica la estructura del modelo, es un escenario altamente probable para la poblaci3n de merluza del sur. De esta forma, el n1mero de ejemplares de edad a , al comienzo del a1o 1977 es definida como,

$$N_{a,1977} = \begin{cases} R_0, & a = 1 \\ N_{a-1,1}e^{-M}, & a > 2, \dots, m-1. \\ \frac{N_{a-1,1}}{(1-e^{-M})}, & a = m \end{cases}$$

La biomasa desovante virginal (en n1mero) es obtenida como,

$$S_0 = e^{-\frac{9M}{12}} \sum_{a=1}^m N_{a,t} m s_a w_a, \quad t = 1977,$$

donde $m s_a$ y w_a corresponden a la proporci3n de hembras maduras y pesos medios a la edad a , respectivamente.

ii) Reclutamiento

Con objeto de estimar los reclutamientos (especificados a la edad 1), se utiliz3 el modelo stock-recluta de Beverton-Holt con una estructura de error log-normal, que incorpora un t1rmino de varianza que soslaya el sesgo durante la transformaci3n a escala real,

$$R_t = \frac{S_{t-1}}{a + b S_{t-1}} e^{\left(\epsilon_t^R - \frac{\sigma_R^2}{2} \right)},$$

donde S_t es la biomasa desovante en el a1o t , ϵ_t^R es la desviaci3n del reclutamiento en el a1o t , y σ_R^2 es la desviaci3n est1ndar de las desviaciones del reclutamiento en escala logar1tmica. La relaci3n entre los niveles virginales de reclutamiento y abundancia desovante, y los par1metros a y b del modelo Beverton-Holt es dada por,

$$a = S_0 \frac{1-h}{4hR_0}, \quad b = \frac{5h-1}{4hR_0},$$

donde h es un parámetro que define la fuerza de la denso-dependencia, S_0 es la biomasa desovante virginal, y R_0 es el reclutamiento promedio producido cuando la poblaci3n se encontraba en equilibrio libre de pesca (reclutamiento virginal). El término h , definido como el parámetro de escarpamiento, representa el nivel de reclutamiento relativo al reclutamiento virginal, que ocurre cuando la biomasa desovante ha sido reducida a un 20% de su nivel virginal. Para el presente análisis se incorpora una variaci3n de h segun los escenarios de evaluaci3n, variando entre 0.5 y 0.7. Dichos casos, son descritos posteriormente.

Como base estructural se continúa utilizando la biomasa desovante como predictor de los reclutamientos, que y es calculada en septiembre de cada año por la siguiente expresi3n:

$$S_t = \sum_{a=1}^m N_{a,t} e^{\frac{-9}{12} Z_{a,t}} m S_a w_a.$$

iii. Evoluci3n temporal de cohortes

La abundancia de merluza del sur a la edad a al tiempo t , es modelada por:

$$N_{a,t} = \begin{cases} R_{a,t}, & a = 1 \\ N_{a-1,t-1} e^{-Z_{a-1,t-1}}, & a > 2, \dots, m-1, \\ N_{a-1,t-1} e^{-Z_{a-1,t-1}} + N_{a,t-1} e^{-Z_{a,t-1}}, & a = m \end{cases}$$

tal que,

$$Z_{a,t} = M + \sum_{i=1}^g S_a^i F_t^i,$$

donde M es la tasa instantánea de mortalidad natural para la edad a al tiempo t , m es el grupo plus y $Z_{a,t}$ es la mortalidad total edad-específica. En este sentido, se plantea que la dinámica poblacional de la abundancia $N_{a,t}$ a la edad a al tiempo t , puede ser representada por un modelo de sobrevivencia donde las mortalidades por pesca anuales, F_t^g para cada flota de pesca g , son aplicadas en forma continua durante la estaci3n de pesca para cada edad a de acuerdo a una ojiva de selectividad S_a^g .

iv. Selectividades

La curva de selectividad implementada en el modelo para las flotas arrastre, espinelera y palangrera, como tambi3n en los cruceros, corresponde a una funci3n doble-normal definida para todo el rango de edad. La funci3n doble-normal utiliza tres par3metros, la edad m3xima de selectividad (k) y las varianzas del lado derecho (v^r) e izquierdo (v^l) de la curva. Estos tres par3metros otorgan considerable flexibilidad a la funcionalidad de la selectividad, definida como,

$$S_a^g = \begin{cases} 2^{-\left[\frac{a-k}{v^l}\right]^2}, & a \leq k \\ 2^{-\left[\frac{a-k}{v^r}\right]^2}, & a > k \end{cases}$$

La curva de selectividad es asint3tica cuando la varianza derecha (v^r) tiende a valores altos y conforma una curva tipo domo cuando adopta valores bajos. Se considera constante entre a3os tanto a nivel de par3metros de posici3n (edad al 50% de explotaci3n) como de dispersi3n (pendiente de la curvatura). Las justificaciones para este supuesto se basan en la poca variabilidad que presentan las composiciones de edades de las capturas y en menor grado en los cruceros, como tambi3n a que en esta pesquer3a no se conocen procesos de escape significativos de individuos longevos fuera de la zona donde opera la pesquer3a en el caso de curvas de selectividad asint3ticas.

v. Valores Predichos

Los 3ndices anuales de abundancia relativa (I_t^g) para cada flota g , incluyendo las estimaciones de los cruceros hidro-ac3sticos, se asumen proporcional a la biomasa vulnerable estimada a mitad del a3o, seg3n

$$I_t^g = q_g e^{-0.5M} \left(\sum_t \sum_a S_a^g N_{a,t} w_{a,t} \right) e^{\epsilon_t},$$

donde q_g corresponde al coeficiente de capturabilidad de cada uno de los artes o aparejos de pesca. En el caso de los cruceros ac3sticos, se asume que las estimaciones representan una fracci3n de la biomasa desovante disponible, lo que en otras palabras se traduce en que el 3ndice de proporcionalidad o capturabilidad es estimado en el modelo sujeto a una distribuci3n a priori, establecida siguiendo una distribuci3n lognormal con media 0 y error est3ndar 0.4. Lo anterior se justifica dado que el proceso de agregaci3n de la merluza del sur posiblemente es m3s extendido que el tiempo prospectado, de manera que el crucero admite un coeficiente de variaci3n de 40% en t3rminos de la precisi3n de estimaci3n.

La proporci3n de edad observada de las flotas de pesca $p_{a,t}^{-g}$ y los cruceros $p_{a,t}^{-cru}$ fueron obtenidas mediante,

$$\bar{p}_{a,t}^g = \frac{C_{a,t}^g}{\sum_a C_{a,t}^g}, \quad \bar{p}_{a,t}^{cru} = \frac{N_{a,t}^{cru}}{\sum_a N_{a,t}^{cru}},$$

donde $C_{a,t}^g$ corresponde a la matriz de captura a la edad observada de la flota g , mientras que $N_{a,t}^g$ corresponde a la abundancia a la edad estimada en los cruceros acústicos.

Los tamaños de muestra para el ajuste de las composiciones de edades de la flota arrastrera, palangrera, artesanal y crucero acústico fueron de 10, 5, 20 y 5 respectivamente.

El desembarque anual por flota Y_t^g es modelado asumiendo un error de observación en el proceso de pesca, de esta forma, los desembarques son estimados como:

$$\hat{C}_{a,t}^g = N_{a,t} w_a \frac{F_{a,t}^g (1 - e^{-Z_{a,t}})}{-Z_{a,t}},$$

$$\hat{Y}_t^g = \sum_g \sum_a \hat{C}_{a,t}^g.$$

Las capturas totales incorporadas en el modelo corresponden a los niveles de desembarques anuales realizados por las flotas de pesca industrial (arrastre y palangre) y artesanal (espinel).

vi. Bondad de ajuste y consistencia del modelo de evaluación de stock

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

- Se analizó la consistencia de la evaluación mediante análisis retrospectivos, sobre la base del mismo conjunto de datos empleados.
- Se presentará gráficamente el ajuste del modelo a los datos y la bondad de ajuste de los diferentes modelos empleados, cuando corresponda. Lo anterior se acompañará con análisis de residuales de las principales fuentes de datos.
- Se incluye la comparación de resultados con versiones anteriores u otros modelos para evaluar la consistencia de la evaluación presente (análisis retrospectivo empírico).

Sobre la base de estos análisis, se identificaron las oportunidades de mejoras en la implementación del procedimiento de evaluación, los vacíos de conocimiento y de información, entre otros.

3.2 Objetivo Específico N°2:

Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente.

3.2.1 Definición de Estatus

El estado de explotación de la merluza del sur se establece en base a la posición relativa de la biomasa desovante y mortalidad por pesca con respecto a los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) basados en el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS). Por lo tanto, las variables de estado como la biomasa desovante (o adulta), reclutamientos y mortalidad por pesca, son parte del conjunto de resultados que en primera instancia resultan desde el proceso de evaluación de stock. En este mismo proceso son estimados los niveles de incertidumbre para las variables de estado relevantes que definen el estado de explotación de merluza del sur.

En el contexto de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) se establece que las pesquerías deberán alcanzar o mantenerse en torno del RMS considerando las características biológicas de los recursos explotados. El RMS se produce cuando el stock desovante se reduce notablemente antes que el reclutamiento se vea impactado, para lo cual requiere estimar los siguientes PBRs:

- Biomasa desovante en el Rendimiento Máximo Sostenible (BDRMS), bajo la cual el recurso califica en sobreexplotación.
- Mortalidad por Pesca en el Rendimiento Máximo Sostenible (FRMS), sobre la cual el recurso califica en sobreexplotación.
- Biomasa desovante límite (BLIM) bajo la cual una pesquería califica como agotada o colapsada.
- Mortalidad por Pesca límite (FLIM) a partir de la cual el recurso califica en sobrepesca.

La estimación de estos PBRs se basa en el Marco Biológico de Referencia establecido por el CCTRDZSA y la determinación de Puntos Biológicos de Referencia (PBR).

3.2.2 Puntos Biológicos de Referencia

Durante el año 2014, el Instituto de Fomento Pesquero implementó un Sistema de Niveles (conocido en la literatura pesquera como Tiers System), donde cada stock explotado no solamente fue clasificado de acuerdo con la calidad y cantidad de información disponible para propósitos de la evaluación de stock, sino también, en base a los métodos de evaluación más plausibles que podrían ser implementados con los datos disponibles (**Figura 4**).

En el caso de la merluza del sur existe una gran cantidad de información disponible para realizar la evaluación de stock, contándose con índices de abundancia para cada flota comercial, como también, un crucero acústico que abarca un periodo de 15 años. Además, existe información edad estructurada para un periodo de más de 20 años en cada flota. La evaluación consiste en un modelo de evaluación estándar estructurado a la edad que utiliza una relación stock recluta Beverton-Holt para modelar la tendencia central en el reclutamiento. Bajo este esquema de información, la merluza del sur se clasifica en el Sistema de categoría de datos bajo el Nivel 1b (Payá *et al.*, 2014).

Lo anterior implica que la definición del estado de explotación para merluza del sur debe estar condicionada a proxies de Puntos Biológicos de Referencia (PBR) basados en el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS), tomando en cuenta la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia de la población. Por tanto, se definieron los siguientes PBR:

$$F_{RMS} = F_{45\% \text{ bdpr}}$$

Es decir, la mortalidad por pesca que reduce a 45% la biomasa desovante por recluta, y

$$BD_{RMS} = BD_{40\%B_0} = R_0 * bdpr_{F=0} * 0.4,$$

es decir, la biomasa desovante virginal reducida a un 40%. Donde BD_{RMS} y F_{RMS} representan los PBR objetivos, los cuales son consistentes con el requerimiento de manejar los stocks comerciales en base al RMS; mientras que $bdpr_{F=0}$ representa la biomasa desovante por recluta en ausencia de explotación ($F=0$) para un nivel de reclutamiento medio o virginal R_0 . Complementariamente, se estableció como PBR límite para la biomasa desovante, el 50% de BD_{RMS} , que es equivalente a $BD_{20\%B_0}$.

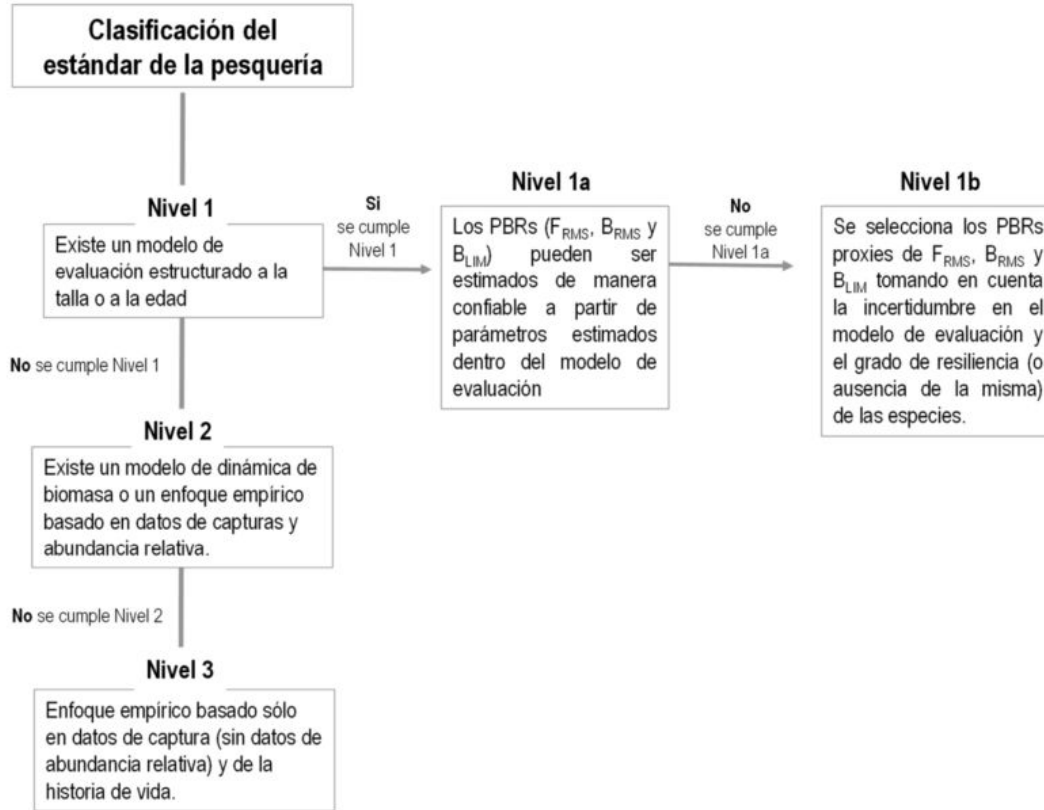


Figura 4. Sistema de niveles para la determinación de los PBRs de acuerdo con la cantidad, tipo y la calidad de la información disponible y métodos de evaluación de stock empleados en cada pesquería.

Estimación de F_{RMS}

Frente a la incertidumbre en la relación stock-recluta en merluza del sur, la determinación de F_{RMS} está basado en el análisis de biomasa desovante por recluta que describen el cambio de la biomasa de una cohorte o clase anual por efectos de la mortalidad natural y la pesca. La biomasa adulta o desovante por recluta ($bdpr$) es obtenida como función de la mortalidad por pesca (F), y en esta curva es factible identificar el nivel de referencia biológico $F_{45\% bdpr}$ que se supone debería minimizar el impacto de la pesca sobre el stock, permitiendo el escape en torno al 45% respecto del valor que existiría en ausencia de explotación pesquera.

La estimación de esta curva y su valor de referencia ($45\%bdpr$) se obtiene por medio de la dinámica de la abundancia en equilibrio definida como:

$$N_a = \begin{cases} 1 & a = 1 \\ N_{a-1} \exp(-M - F * S_{a-1}) & 1 < a < m, \\ \frac{N_{a-1} \exp(-M - F * S_{a-1})}{1 - \exp(-M - F * S_m)} & a = m \end{cases}$$

donde N_a es la abundancia en n3mero a la edad $a + 1$ para una poblaci3n con longevidad m3xima m , S_{a-1} corresponde a la selectividad edad especifca, M es la mortalidad natural y F la mortalidad por pesca.

Basada en esta abundancia, la biomasa desovante por recluta se define como

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

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

donde d_t es la fracci3n del a3o donde ocurre el desove (agosto), m_a es la fracci3n de peces maduros a la edad y w_a es el peso medio a la edad. Con el objeto de resolver el par3metro $F_{RMS} = F_{45\% \text{ bdpr}}$ se utiliz3 la siguiente funci3n objetivo

$$f = \left(\frac{BDPR_{F_{RMS}}}{BDPR_{F=0}} - 0.45 \right)^2.$$

Diagrama de fases de explotaci3n

El estado del recurso se estableci3 en base a la posici3n relativa de la mortalidad por pesca y biomasa desovante versus los puntos biol3gicos de referencia basado en el rendimiento m3ximo sostenible (RMS), tales como, FRMS y BDRMS. De este modo se obtienen los indicadores del estatus (F/FRMS y BD/BDRMS) que permiten construir un diagrama de fase, donde los puntos de referencia biol3gicos se muestran en las l3neas verticales y horizontales en $x=1$ e $y=1$. Las l3neas verticales indican la biomasa desovante en el rendimiento m3ximo sostenible (BDRMS), bajo el cual el recurso califica en sobreexplotaci3n y biomasa desovante l3mite (BDLIM) bajo el cual una pesquer3a califica de agotada y/o colapsada y la l3nea horizontal el punto de referencia correspondiente a la mortalidad por pesca en el rendimiento m3ximo sostenible (FRMS), sobre la cual el recurso califica en sobreexplotaci3n. La **Figura 5** muestra el diagrama de fase definido por el CCT-RDZSA para la pesquer3a de merluza del sur.

El estado de la pesquería en Plena Explotaci3n se define en la Ley de Pesca como "un nivel en el que el punto biol3gico ha alcanzado o est3 a su m3ximo rendimiento sostenido". Debido a la variabilidad natural en las condiciones ecol3gicas y ambientales, FRMS no es est3tica, pero fluctuar3 alrededor de BD_{RMS} . Para reconocer esta variabilidad, una definici3n operativa para la regi3n de Plena Explotaci3n se define que se extiende a ambos lados de los puntos de referencia de RMS. A continuaci3n, se describen los umbrales para la definici3n de estatus en merluza del sur:

- **Sobrepesca:** Se consider3 necesario diferenciar al interior de la zona de sobreexplotaci3n definida por la LGPA, el 3rea de sobrepesca, con el objeto de aplicar las medidas de Administraci3n m3s acordes con dicha condici3n. En tal sentido, la sobrepesca ocurriría cuando la mortalidad por pesca F (variable de flujo y de control) exceda un valor considerado umbral o l3mite, que en este caso corresponde al valor superior en mortalidad por pesca (valor relativo al objetivo) de la zona de plena explotaci3n.
- **Sobreexplotado:** En correspondencia con la definici3n anterior, la sobreexplotaci3n ocurriría cuando la biomasa (variable de estado) cae bajo un valor umbral o l3mite, correspondiendo 3ste al valor inferior en biomasa (valor relativo al objetivo) de la zona de plena explotaci3n.

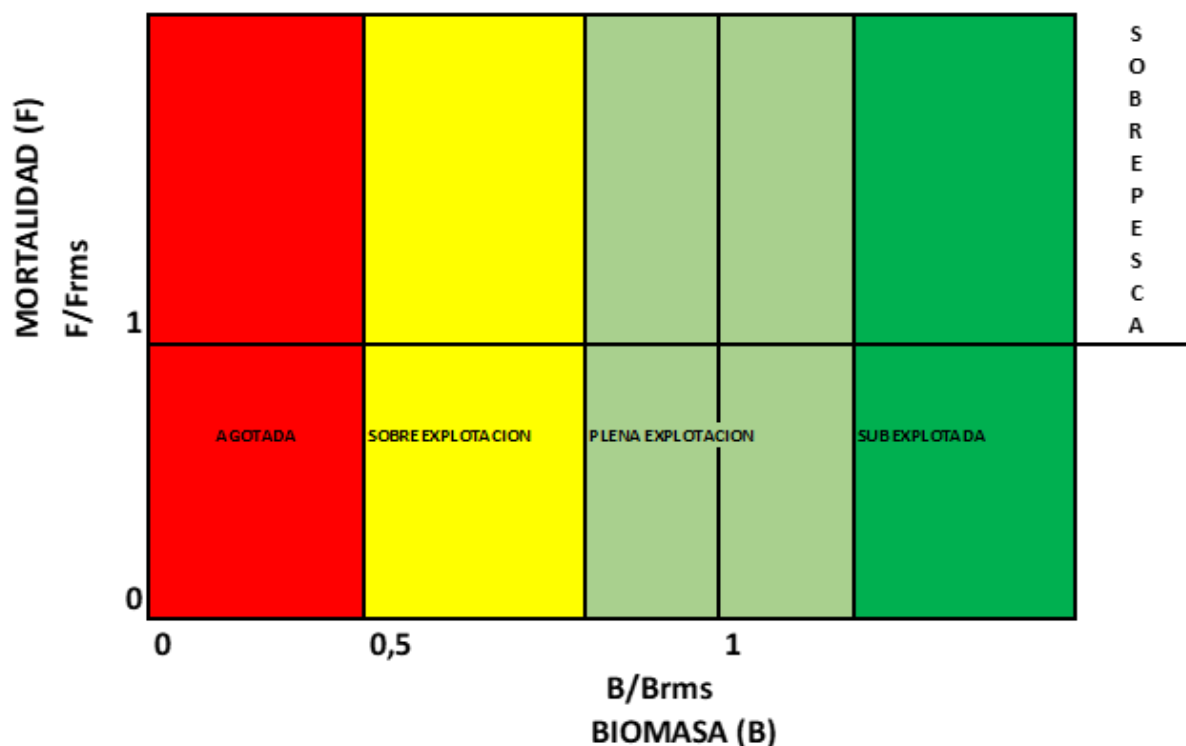


Figura 5. Diagrama de fase definido Comit3 Científico T3cnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA) para la pesquería de merluza del sur.

3.2.3 Protocolo en la estimación de la CBA

Como ha sido recurrente en la evaluación de la pesquería de merluza del sur, existe un retraso en la disponibilidad de información biológica y pesquera de al menos un año. Por lo que el protocolo de evaluación considera los siguientes pasos para fijar la CBA al año siguiente (2024):

1. Actualizar la información biológica-pesquera hasta el año 2023 y estimar la abundancia a diciembre de este mismo año.
2. Debido a que la evaluación de stock se realiza a lo largo del año 2024 (temporada de pesca actual), la proyección de la abundancia poblacional desde diciembre del año 2022 a diciembre del año 2023 es realizada para descontar la máxima mortalidad que debe originar la CBA implementada durante el año 2024. En este sentido, y para calcular el desembarque de cada flota durante la temporada 2024, se asumió el mismo porcentaje de participación observado el año 2023 y se multiplicó por el ponderador de descarte, subreporte, o ambos.
3. Finalmente, las alternativas de CBA para el año 2024 son calculadas por aplicar la mortalidad por pesca correspondiente al PBR objetivo (o sus ponderadores) sobre la abundancia estimada a diciembre del año 2023.

3.2.4 Fuentes de incertidumbre

En este objetivo se informan las fuentes de incertidumbre asociadas al modelo, avances alcanzados durante el desarrollo de este estudio, enfocándose no solo en las brechas de datos, información y conocimiento, sino incluyendo también la pertinencia, consistencia, calidad y coherencia de los datos con la situación general de la pesquería, acorde con los requerimientos de asesoría solicitados por la administración pesquera.

No obstante, y con el propósito de alcanzar el estándar completo, se identifican las brechas y limitaciones que impiden lograr ese objetivo y se proponen detalladamente las acciones que se consideren necesarias para alcanzarlo, en el corto o mediano plazo, según corresponda. Al respecto, se reporta un listado de comprobación, en el que se da cuenta técnica y detalladamente de todas las recomendaciones emanadas de los revisores expertos, con el propósito de que, tanto los sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca, evaluadores externos, pares nacionales, miembros del Comité Científico Técnico y cualquier científico, académico y ciudadano puedan verificar el cumplimiento de cada una de las observaciones, correcciones y recomendaciones señaladas por los revisores.

Como parte integral de las actividades del proyecto, se considera la participación en las reuniones establecidas por el CCT-RDZSA, así como las actividades demandadas por la Revisión por Pares Externos e Independientes (RPEI), las que constituirán el Estándar Metodológico en la Evaluación, cuyos protocolos se mantendrán vigentes mientras no se requiera de una actualización.

También se estudia la distribución de la biomasa desovante virginal (BDo), la biomasa desovante del año 2023 (BD₂₀₂₃) y la reducción del stock (BD₂₀₂₃/BDo), estudiando la probabilidad e incertidumbre (con el intervalo de confianza) en cada uno de ellos. Teniendo en consideración que ADMB, permite explorar la incertidumbre de estimación, mediante el cálculo de:

- La matriz hessiana
- El perfil de verosimilitud
- MCMC

Una estimación sensata de los parámetros del modelo es elegir los valores que maximicen la probabilidad de las observaciones reales.

$$\hat{\theta} = \underset{\theta}{\operatorname{argmin}} \ell(y|\theta)$$

La curvatura de la función de verosimilitud logarítmica negativa da una estimación del estimador de verosimilitud máxima:

$$\widehat{\operatorname{var}}(\hat{\theta}) = \left(\frac{\partial^2 \ell(y|\theta)}{\partial \theta^2} \Big|_{\theta=\hat{\theta}} \right)^{-1}$$

Donde la Matriz hessiana será calculada utilizando el método "delta":

$$\mathcal{H}(\hat{\theta}) = \left(\frac{\partial^2 \ell(y|\theta)}{\partial \theta^2} \Big|_{\theta=\hat{\theta}} \right)$$

Tanto el estimador como la matriz de hessiana se encuentran a menudo mediante métodos numéricos. Entonces, de manera inicial se utilizarán los archivos *.std y *.corr para la obtención de las estimaciones y su respectiva desviación estándar, lo que permitirá el cálculo de incertidumbre de las principales variables de interés por medio de la aproximación normal. Lo anterior nos permitirá conocer la probabilidad, y el intervalo de confianza de BDo, BD₂₀₂₃ y la BD₂₀₂₃/BDo.

La incertidumbre, tal como se definió en la Consulta Técnica sobre el Enfoque Precautorio en Pesquerías (CTEP), es "la imperfección en el conocimiento sobre el estado o los procesos de la naturaleza" (FAO/Gobierno de Suecia, 1995). La incertidumbre estadística es "la aleatoriedad o el error proveniente de varias fuentes como las descritas al usar la metodología estadística". La CTEP define el riesgo como "la probabilidad de que pase algo malo." Note que, en términos de teoría de decisiones, el riesgo es definido como las pérdidas promedio o las pérdidas que se pronostican cuando algo malo

sucede. En relación con este tópico se considera que existen varias fuentes de incertidumbre en el cálculo de los puntos de referencia y en la evaluación del estado de las poblaciones con respecto a estos puntos de referencia. En este sentido se reconocen habitualmente cinco tipos de incertidumbre, que emergen de un conocimiento impreciso del estado de la naturaleza de acuerdo con Rosenberg y Restrepo (1994), las cuales son:

- **Incertidumbre en la medición**, es el error en las cantidades observadas tales como la captura o los parámetros biológicos;
- **Incertidumbre en el proceso**, es la aleatoriedad subyacente en la dinámica poblacional tal como la variabilidad en el reclutamiento;
- **Incertidumbre en el modelo**, es la especificación errónea de la estructura del modelo;
- **Incertidumbre en la estimación**, es la que puede resultar de cualquiera, o de una combinación, de las incertidumbres descritas anteriormente y es la inexactitud e imprecisión en la abundancia o en la tasa de mortalidad por pesca;
- **Incertidumbre en la implementación**, es la consecuencia de la variabilidad que resulta de una política de ordenación, i.e. incapacidad para alcanzar exactamente el objetivo de una estrategia de captura.

En relación a este último punto, las aproximaciones aquí desarrolladas se encargan de la incertidumbre de estimación y, mediante análisis de sensibilidad, se analiza la incertidumbre de observación. Con relación a este punto, se espera que en las siguientes versiones de este estudio se puedan considerar otros tipos de incertidumbre (particularmente la incertidumbre en el modelo). El estudio de la incertidumbre de modelo destaca aspectos no resueltos y las principales interrogantes, juntamente con aspectos de especial complicación para la evaluación, incluidas cuestiones relacionadas al mejor modelo, entre otras (Punt y Kinzey 2009). De acuerdo con Harley y Maunder (2003) un análisis de sensibilidad exhaustivo puede considerar variar los supuestos de parámetros tales como la mortalidad natural, índices de abundancia alternativos, factores de ponderación de los datos, exclusión de los datos de composición por edades, la variación sistemática de la ponderación de las diferentes piezas de información, entre otros.

Definición del caso base

La definición del caso base es producto de la asesoría desarrollada durante el año 2023 (Contreras et al., 2024). Considero el procedimiento descrito por Carvalho et al 2021, realizando un análisis de sensibilidad, un modelo ASPM, un perfil de verosimilitud, un análisis retrospectivo, analizando además una evaluación de la bondad de ajuste de las estructuras de edad que provienen de las distintas flotas y que permiten realizar la evaluación de stock de merluza del sur. De igual forma es necesario considerar que este modelo se presentó en durante el desarrollo del proyecto FIPA 2023-27, denominado como “Revisión merluza del sur y merluza de tres aletas²”. En este procedimiento revisión por pares se presentaron 7 ponencias que abarcaron los siguientes temas:

1. Modelo conceptual de Merluza del sur.
2. Información para la evaluación de stock de Merluza del sur.
3. Estandarización de CPUE
4. Modelo evaluación de stock de Merluza del sur.
5. Objetivos de manejo y PBR.
6. Estatus.
7. Modelo de proyección.

Para la validación del modelo utilizado para la determinación del estatus y CBA de merluza del sur se consideró el procedimiento descrito por Carvalho *et al.*, 2017. En este sentido estos autores comentan que el análisis integrado ha sido cada vez más el enfoque preferido para realizar evaluaciones de poblaciones y proporcionar la base para el asesoramiento de gestión de poblaciones de peces e invertebrados en todo el mundo (**Figura 6**). Sin embargo, se requieren muchas decisiones cuando se desarrollan evaluaciones integradas de poblaciones. Por ejemplo:

- El analista debe decidir si el modelo se ajusta a los datos
- Si la optimización fue exitosa
- Si las estimaciones son consistentes retrospectivamente
- y si el modelo es adecuado para predecir futuras respuestas de las poblaciones a la pesca.

Además, proporcionan un diagrama de flujo conceptual que establece un proceso genérico de desarrollo y selección de modelos utilizando herramientas cuantitativas de diagnóstico. Proponen también cuatro propiedades como criterios objetivos para evaluar la plausibilidad de un modelo: (1) convergencia del modelo, (2) ajuste a los datos, (3) consistencia del modelo y (4) capacidad de predicción.

² <https://sites.google.com/view/merluzas2023-27/inicio?authuser=0>

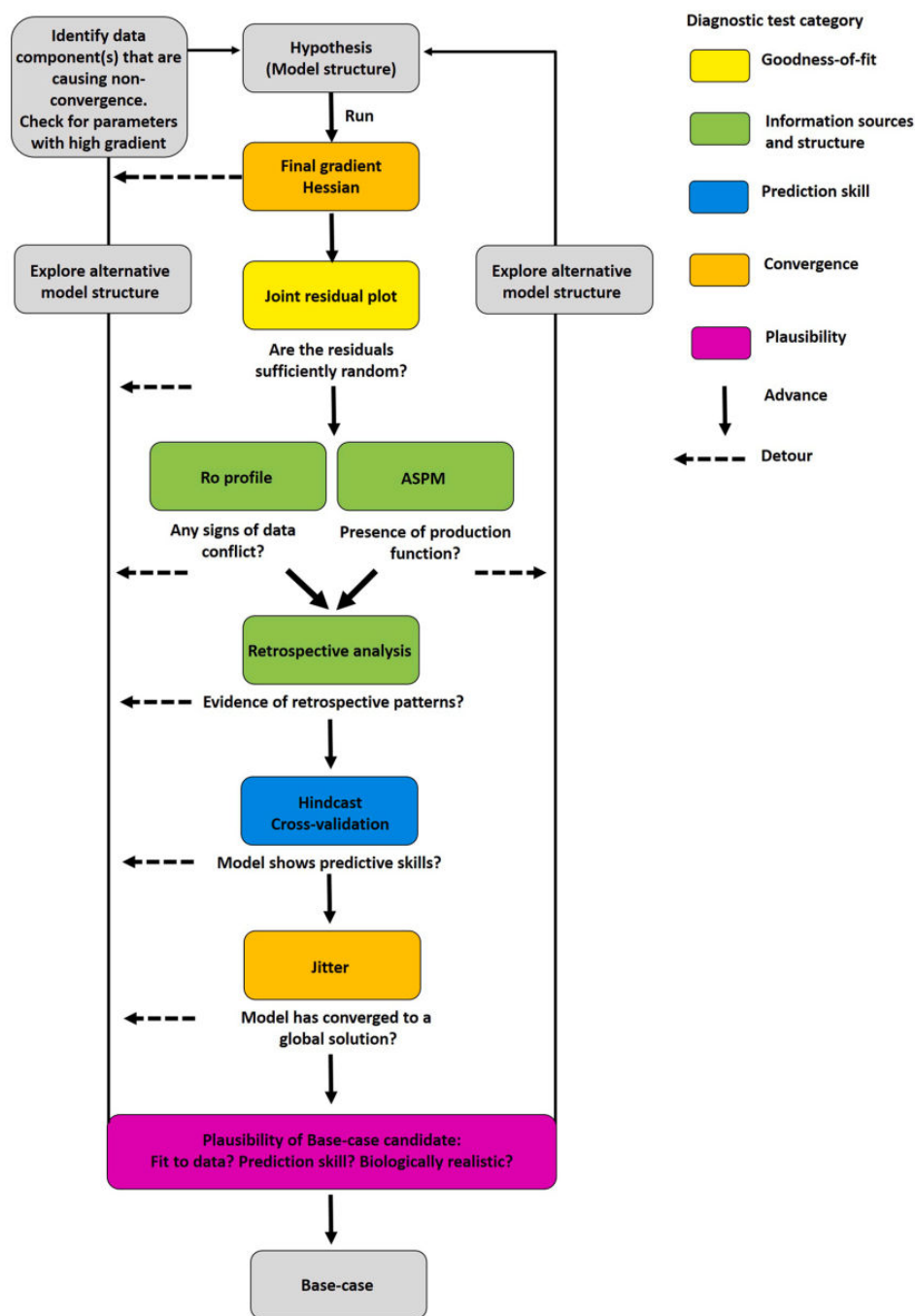


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso conceptual que ilustra una serie de pruebas de diagnóstico recomendadas al desarrollar un modelo base (o un conjunto de modelos candidatos) (Carvalho *et al.*, 2021).

Estos autores recomiendan como pruebas de diagn3stico, espec3ficamente en relaci3n a las fuentes de informaci3n, as3 como de la estructura del modelo a el perfil de Ro, ASPM y el an3lisis retrospectivo.

3.1.8 An3lisis retrospectivo

Mohn (1999) describe el an3lisis retrospectivo como una incoherencia sistem3tica entre una serie de estimaciones del tama1o de la poblaci3n o las variables involucradas en la evaluaci3n, relacionado con series de informaci3n cada vez mayores. Los patrones retrospectivos pueden ser causados por una serie de factores, pero todos requieren un cambio en el valor del par3metro o valor del modelo asumido en el tiempo. Seg3n Legault (2009) las tres principales causas que provocar3an los patrones retrospectivos son:

- Cambios en el nivel de las capturas en la evaluaci3n
- Cambios en la tasa de mortalidad natural (M)
- Cambios en la capturabilidad (q)

El estad3stico rho de Mohn (1999) se ha utilizado com3nmente para medir el patr3n retrospectivo y se define como la suma de la diferencia relativa entre una cantidad estimada a partir de una evaluaci3n con una serie de tiempo reducida y la misma cantidad estimada a partir de la serie de tiempo completa.

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

Donde X denota alguna variable de la evaluaci3n de stock como F o SSB, y denota el a1o, *npeels* expresa el n3mero de a1os que se eliminan de forma sucesiva y la repetici3n de la evaluaci3n, Y es el 3ltimo a1o en la serie de tiempo completo, *tip* muestra la estimaci3n terminal de una evaluaci3n con una serie de tiempo reducida, y *ref* indica la evaluaci3n utilizando la serie de tiempo completa.

Este c3lculo ser3 cero cuando las evaluaciones reducidas coincidan exactamente con la evaluaci3n completa o cuando las diferencias entre las evaluaciones limitadas y evaluaci3n completa est3n equilibradas tanto positivas como negativamente. El primer caso no tiene el cambio de a1o en a1o, mientras que el segundo caso se caracteriza por exhibir ruido, pero no un patr3n retrospectivo. El valor de *rho* ser3 grande, ya sea positivo o negativo, cuando hay un patr3n consistente de cambio en las evaluaciones reducidas relativo a la evaluaci3n de series de tiempo completas.

Análisis de sensibilidad

Toda evaluación de stock está sujeta a supuestos representados en procesos o parámetros que a menudo se suponen conocidos. La incertidumbre estructural se basa en analizar cómo podrían cambiar las variables poblacionales y la percepción respecto de la población, frente a variaciones en parámetros considerados relevantes. En este trabajo tradicionalmente se realizaba un análisis de sensibilidad respecto del modelo base, considerando variaciones de: las capturas y del crucero acústico. La configuración de los distintos casos se detalla en **Tabla 3**, en la cual se incluyen los escenarios S1, y S2 donde se evalúa el desempeño general del modelo base cuando se modifica la serie de remociones del recurso. Los casos S3, S4 y S5 considera la utilización de datos históricos para realizar un análisis de previsión.

Tabla 3. Configuración de los escenarios de evaluación de merluza del sur. Se destaca el incremento de complejidad en la configuración desde el caso base original.

	Casos					
	Base	S1	S2	S3	S4	S5
Capturas	Corregidas (Paya 2015)	Desembarques oficiales y P. descarte	Corrección de capturas y P. descarte	Corregidas (Paya 2015)	Corregidas (Paya 2015)	Corregidas (Paya 2015)
Periodo correccion	1977-2024	2015-2024	1977-2024	1977-2024	1977-2024	1977-2024
Crucero acústico	2000-2022	2000-2022	2000-2022	2000-2024	2000-2024	2000-2024
Metodología datos acústica	Observaciones	Observaciones	Observaciones	Previsión	Previsión Limite inferior	Previsión Limite superior

Análisis de riesgo asociado a la recomendación de CBA

Se realiza un análisis de riesgo frente a la toma de decisiones respecto a la Captura Biológicamente Aceptable (CBA). Siguiendo a FAO (1995), se define el riesgo como “la probabilidad de que suceda algo indeseable”. En este caso, el suceso indeseable es rebasar los puntos de referencia objetivo especificados en este documento, es decir, el F_{RMS} . A diferencia del enfoque de “evaluación optima”, que usa estimaciones puntuales, en el análisis de riesgos la incertidumbre en las cantidades de interés para el manejo es representada como una distribución de probabilidades en torno a la recomendación, en este caso, de las CBA (Captura Biológicamente Aceptable).

Se considera el establecimiento de un percentil entre un 10% - 50% de probabilidad de sobrepasar el objetivo de manejo propuesto por este análisis (F_{RMS}). El percentil corresponde a una distribución de probabilidad acumulada y representa la probabilidad de estar en el RMS. Se determina el rango de CBA seleccionado el percentil de probabilidad y escenario de condiciones de F proyectado (RMS, Status Quo, reducción porcentual, rampa, etc.) con foco en la mortalidad por pesca al RMS. Este

percentil de probabilidad es equivalente a un nivel que se calcula a partir de la captura estimada para cada percentil de probabilidad y la captura al F_{RMS} , de este modo, se tiene un nivel de referencia de cu3nto se est3 resguardando, considerando la condici3n del recurso, lo cual queda expresado de la siguiente manera;

$$f(probabilidad) = \frac{Captura(i)}{Captura(F_{PBR})} * 100, i = Percentil de Captura (10\%; 50\%)$$

Donde la Captura (i) es la captura estimada para cada percentil de probabilidad (10% - 50 %) y Captura al F_{RMS} que corresponde a la media (50% probabilidad).

En cada situaci3n el desempe1o de cada una de las estrategias fue estudiado en t3rminos de la reducci3n de la biomasa desovante en el a1o 30 de la proyecci3n respecto de la biomasa presente en el a1o 2023 ($B_{2050}B_{2023}$), la reducci3n de la biomasa desovante en el a1o 30 respecto de la biomasa objetivo ($B_{2050} < B_{RMS}$), el riesgo de que la biomasa en el a1o 50 fuese inferior a la biomasa objetivo ($P(B_{2050} < B_{RMS})$) y el riesgo de que al final del per3odo proyectado la pesquer3a se encuentre en un estado de agotamiento ($P(B_{2050} < B_{20\%})$). Se describe el tratamiento de las diferentes fuentes de incertidumbre en la evaluaci3n de merluza del sur.

3.3 Objetivo Específico N°3:

Asesorar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, al Comité Científico Técnico y a los Comités de Manejo en las materias técnicas y de oportunidad que esta Subsecretaría requiera.

En función de las instancias de preparación y elaboración de los análisis e informe de evaluación de stock de merluza del sur solicitados por el mandante y por el CCT-RDZSA, se describen los hitos que se realizaron para tal objetivo. En este sentido se consideraron los siguientes hitos;

- a. Reuniones técnicas entre el equipo de trabajo, sectorialistas que fundamentan los análisis.
- b. Presentaciones en CCT-RDZSA con presentación de esquema de trabajo y análisis realizados.
- c. Solicitud formal mediante oficios emanados por el mandante.

3.4 Objetivo Específico N°4:

Implementar análisis de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE.

La Ley General de Pesca y Acuicultura (GLFA) de Chile exige planes de manejo pesquero (FMP), acuerdos vinculantes que especifican los objetivos de manejo para una pesquería y describen una estrategia de manejo que se utilizará para reconstruir o mantener el stock pesquero en un nivel óptimo. El FMP de la merluza austral (*Merluccius australis*) fue aprobado en 2016 (Res. Ex. 3069/2016 UFA), e incluye una regla de control de captura con una estrategia de manejo basada en un modelo estructurado por edad. Sin embargo, el desempeño de esta estrategia de manejo aún no ha sido evaluado formalmente. La evaluación de la estrategia de manejo (MSE) es un enfoque que simula un sistema de manejo pesquero en un modelo computacional y utiliza este modelo para evaluar el desempeño de métodos alternativos de evaluación de stock y reglas de control de captura (estrategias de manejo) y compararlos con un conjunto de objetivos de manejo previamente acordados, con el objetivo de identificar un enfoque que sea robusto a la incertidumbre y con mayores probabilidades de cumplir con los objetivos de manejo a largo plazo para la pesquería. El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ha recibido el encargo de brindar asesoramiento científico para una estrategia de gestión que sea adecuada para la pesquería de merluza del sur.

Esta actividad tiene los siguientes objetivos:

1. Presentar a los administradores de pesquerías, científicos del IFOP y miembros del Comité Científico de Pesquerías Demersales de Merluza del Sur (CCT-RDZSA) los paquetes de software openMSE.
2. Desarrollar la capacidad básica en el uso de los paquetes de software openMSE con una aplicación para la pesquería de merluza del sur.
3. Brindar asistencia técnica y experiencia para la implementación de un proceso de MSE para la pesquería de merluza del sur, y para la presentación de informes y comunicación de los resultados de MSE.
4. Comunicar los resultados de MSE a través de aplicaciones estandarizadas para facilitar el debate entre las partes interesadas, los encargados de formular políticas y el público en general, y fomentar la transparencia y la toma de decisiones informada.

Hitos de evaluación del proceso de implementación de la EEM:

- Actividades de desarrollo de capacidades sobre conceptos MSE y el uso de los paquetes openMSE en niveles introductorio y avanzado.
- Informes breves que describan las actividades de capacitación, los cuales fueron entregados por Blue Matter Science Ltd, 15 días después de la finalización del taller de desarrollo de capacidades, incluyendo recomendaciones para futuras mejoras.
- Apoyo y asesoramiento para el diseño y desarrollo de un MSE completo de la Pesquería de Merluza del Sur (el proceso MSE completo estará condicionado a una elicitación viable de la actividad de las partes interesadas).
- Apoyo y asesoramiento sobre la comunicación efectiva de los resultados del MSE (por ejemplo, aplicación Shiny y/o informe HTML).
- Revisión de los borradores e informes finales del MSE de merluza del sur.
- Informe breve de todas las actividades de capacitación y apoyo, incluyendo recomendaciones para futuras mejoras entregado por Blue Matter Science Ltd el 28 de febrero de 2025 de acuerdo con lo pautado.

Actividades Ejecutadas:

1. Taller avanzado para la capacitación de un equipo analítico principal (principalmente científicos del IFOP): uso avanzado de openMSE, estudio práctico de las estrategias de gestión de la pesquería de Merluza del Sur. Diseño del proceso final del MSE. Formato presencial. 18 al 22 de noviembre de 2024.
2. Apoyo para las siguientes actividades: Contribuir en el desarrollo del taller a las partes interesadas, análisis finales de MSE, comunicación de los resultados del MSE. Revisión de los borradores e informes finales. Formato en línea. diciembre 2024 - enero 2025.
3. Entrega de un informe final del proyecto. Formato en línea. Febrero 2025.

Los resultados de este objetivo se incluyeron considerando el progreso debido de cada proceso antes descrito (Figura 7).

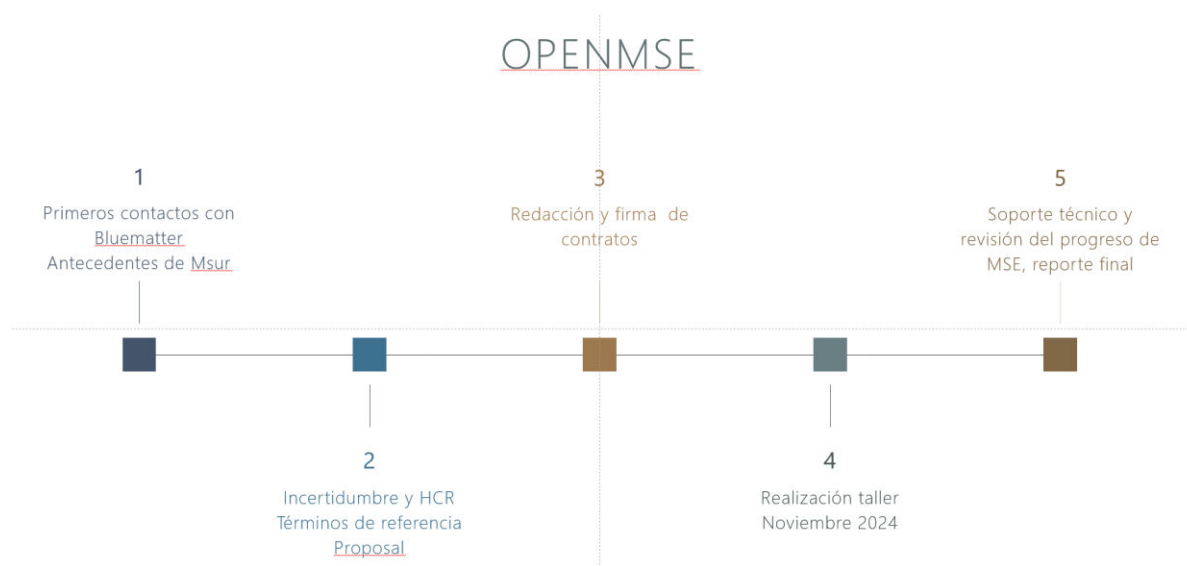


Figura 7. Cronología de actividades relacionadas con el desarrollo del objetivo de Implementación del análisis de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE.

4. RESULTADOS

4.1 Objetivo Específico N°1:

Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biológicamente aceptable (CBA).

4.1.1 Información biológico-pesquera

a) Desembarques y descartes

Los volúmenes de desembarques de merluza del sur se muestran en la **Tabla 4** y **Figura 8**. Estos valores corresponden a la sumatoria de desembarques oficiales en aguas de la unidad de pesquería norte y sur entre el período 1977 y 2023 en el caso de la flota arrastrera industrial, período 1987 y 2023 en el caso de la flota palangrera industrial, y finalmente, para la flota artesanal la sumatoria de los desembarques informados entre las Regiones X-XII para el período 1981 y 2023.

Sin embargo, es conocido que las flotas tienen incentivos para el descarte (principalmente la flota industrial) y subreporte (por parte de la flota artesanal), motivados principalmente por restricciones del mercado y limitaciones en los niveles de cuotas de captura. Por ejemplo, Quiroz (2016) mostró que los niveles de descarte por parte de las flotas industriales son elevados, principalmente para la flota arrastrera donde en promedio entre los años 2000 y 2020 el nivel de evasión alcanzó un valor promedio de 5917 toneladas, con un máximo de 8483 toneladas el año 2019. Menor participación en el descarte y subreporte se observó en la flota artesanal, que alcanzó su nivel máximo de evasión en el año 2003 con 883 toneladas (**Figura 9**). Desafortunadamente la ausencia de muestreos rigurosos de las capturas artesanales durante la primera década de esta actividad, como también importantes vacíos legislativos que imposibilitaba la cuantificación del descarte en las naves industriales, limitaron la estimación de factores de corrección confiables para los desembarques oficiales.

Durante la asesoría del año 2014 y utilizando antecedentes proporcionados por Payá *et al.* (2000), quienes estimaron la estructura de edades de la captura total (industrial y artesanal) para el período 1987-1996 basándose en las estadísticas de exportaciones por calibres comerciales y en claves talla-calibre; como también aproximaciones de Céspedes y Adasme (2007) sobre subreporte-descarte para los años 2001 a 2007 para las flotas de arrastre y espinel artesanal, Payá (2015) construyó una serie de factores de corrección para ambas flotas que cubrió el período 1977-2014. Específicamente, los criterios de Payá (2015) fueron los siguientes.

Para las flotas arrastreras la estimación se basó en la razón entre las capturas observadas por los muestreadores a bordo de las embarcaciones y las capturas declaradas por los pescadores, mientras que para la captura artesanal se estimó como el porcentaje en peso de los peces descartables (supuestos menores de la talla mínima legal de 60 cm) en los muestreos de tallas de la captura.

Además, se utilizaron los criterios de Céspedes y Adasme (2011) quienes estimaron para el año 2011 factores de descarte-subreporte de 1.74 para el arrastre fábrica y 4.3 para el arrastre surimero. Aunque es importante notar que no existe ninguna estimación preliminar del subreporte y descarte en las flotas industriales de palangre hasta la fecha de edición de este reporte, se han utilizado los mismos criterios de la asesoría del año 2014, actualizando los ponderadores para el desembarque del año 2014. Por lo tanto, los valores de descarte y subreporte mencionados en este informe están basados en probables niveles históricos acordados en el seno del Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA). Si bien estos niveles de descarte han permitido reconstruir las series de desembarques oficiales (**Tabla 5** y **Figura 9**), el marco legal vigente indicado en el Artículo 7°B de la actual Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, N° 18.892) sostiene que el proceso de descarte en las pesquerías manejadas por cuotas de capturas debe ser considerado en el establecimiento de la cuota global anual de captura. La **Figura 10** presenta otras fuentes de información relacionadas con series de captura /desembarques totales de merluza del sur en aguas nacionales, reportados por distintas fuentes para el periodo 1977-2023. En relación con este punto llama la atención la importante diferencia entre los desembarques oficiales corregidos, y FAO con los proporcionados por el FIPA 2015-45. Este estudio cuantificó diferencias del orden promedio para la serie 1980-2015, de 2.7 veces la estadística oficial del país, llegando incluso a 3.05 veces el año 1988 y a 5.2 el año 2015.

Tabla 4. Desembarques oficiales (toneladas) de las flotas de arrastre, palangre y espinel artesanal.

Año	Arrastre	Palangre	Artesanal	Total
1977	2250	0	0	2250
1978	36342	0	0	36342
1979	44065	0	0	44065
1980	35731	0	0	35731
1981	38245	0	606	38851
1982	44046	0	535	44581
1983	30221	0	673	30894
1984	29281	0	2256	31537
1985	24201	0	7485	31686
1986	31311	0	10207	41518
1987	28707	2740	25171	56618
1988	26689	6080	36533	69302
1989	25359	8887	23162	57408
1990	17847	6801	27283	51931
1991	13636	8309	17024	38969
1992	17003	4599	16735	38337
1993	10372	2894	9475	22741
1994	12814	3066	8987	24867
1995	11572	4608	9447	25627
1996	10811	3598	9949	24358
1997	10615	2929	9925	23469
1998	9573	4723	10061	24357
1999	11818	4858	11014	27690
2000	11658	5623	12264	29545
2001	6978	6311	14692	27914
2002	7565	6259	13741	27565
2003	8677	6033	14692	29402
2004	9563	5831	15245	30639
2005	9083	5177	14904	29164
2006	10132	5210	14194	29536
2007	10113	4322	15439	29874
2008	10005	4366	14664	29035
2009	9953	4788	13302	28043
2010	10103	4425	10998	25526
2011	10074	2399	7440	19913
2012	11024	3716	5549	20289
2013	11328	2368	5677	19373
2014	7087	1481	3552	12120
2015	7121	1574	7305	15999
2016	10705	1314	6776	18795
2017	9910	934	6004	16848
2018	13534	423	5997	19954
2019	13704	169	5142	19015
2020	11785	784	3552	16121
2021	13448	518	3208	17174
2022	12175	561	3946	16269
2023	11935	462	5384	17781

Tabla 5. Desembarques corregidos (toneladas) de las flotas de arrastre, palangre y espinel artesanal.

Año	Arrastre	Arrastre F.C.	Palangre	Palangre F.C.	Artesanal	Artesanal F.C.	Total
1977	2287	1.016	0	-	0	-	2287
1978	36942	1.016	0	-	0	-	36942
1979	44729	1.016	0	-	0	-	44729
1980	36320	1.016	0	-	0	-	36320
1981	38876	1.016	0	-	606	1	39320
1982	44873	1.019	0	-	535	1	45408
1983	31020	1.026	0	-	673	1	31693
1984	30203	1.031	0	-	2256	1	32459
1985	24893	1.029	0	-	7485	1	32378
1986	32967	1.053	0	-	10207	1	43174
1987	32377	1.128	2740	1	25171	1	60288
1988	28918	1.084	6080	1	36533	1	71531
1989	26659	1.051	8887	1	23162	1	58708
1990	18579	1.041	6861	1.01	27283	1	52723
1991	14103	1.034	8486	1.02	17024	1	39613
1992	17064	1.004	4600	1	16735	1	38399
1993	10783	1.04	2894	1	9475	1	23152
1994	13730	1.072	3066	1	8987	1	25783
1995	12687	1.096	4751	1.03	9447	1	26885
1996	11746	1.086	3795	1.05	9949	1	25490
1997	11683	1.101	3004	1.03	11360	1.145	26047
1998	10682	1.116	4959	1.05	11516	1.145	27157
1999	12522	1.06	4958	1.02	12606	1.145	30086
2000	12089	1.037	5809	1.03	14037	1.145	31935
2001	11300	1.619	6533	1.04	16740	1.145	34573
2002	12251	1.619	6583	1.05	14588	1.062	33422
2003	14051	1.619	6919	1.15	15856	1.079	36826
2004	15486	1.619	6375	1.09	16404	1.076	38265
2005	14709	1.619	5414	1.05	15764	1.058	35887
2006	16407	1.619	5363	1.03	15502	1.092	37272
2007	16377	1.619	4421	1.02	17386	1.126	38184
2008	16202	1.619	4565	1.05	17337	1.182	38104
2009	16118	1.619	4898	1.02	15259	1.147	36275
2010	16360	1.619	4503	1.02	12248	1.114	33111
2011	16314	1.619	2453	1.02	8250	1.109	27017
2012	17852	1.619	3752	1.01	6436	1.16	28040
2013	18344	1.619	2391	1.01	6464	1.139	27199
2014	11474	1.619	1496	1.01	4046	1.139	17016
2015	11527	1.619	1590	1.01	8322	1.139	21439
2016	17331	1.619	1327	1.01	7718	1.139	26376
2017	16044	1.619	952	1.01	6838	1.139	23376
2018	21911	1.619	427	1.01	6830	1.139	29168
2019	22187	1.619	171	1.01	5857	1.139	28214
2020	19917	1.619	792	1.01	4046	1.139	24754
2021	21773	1.619	524	1.01	3655	1.139	25952
2022	19711	1.619	567	1.01	4494	1.139	24772
2023	19323	1.619	467	1.01	6132	1.139	25922

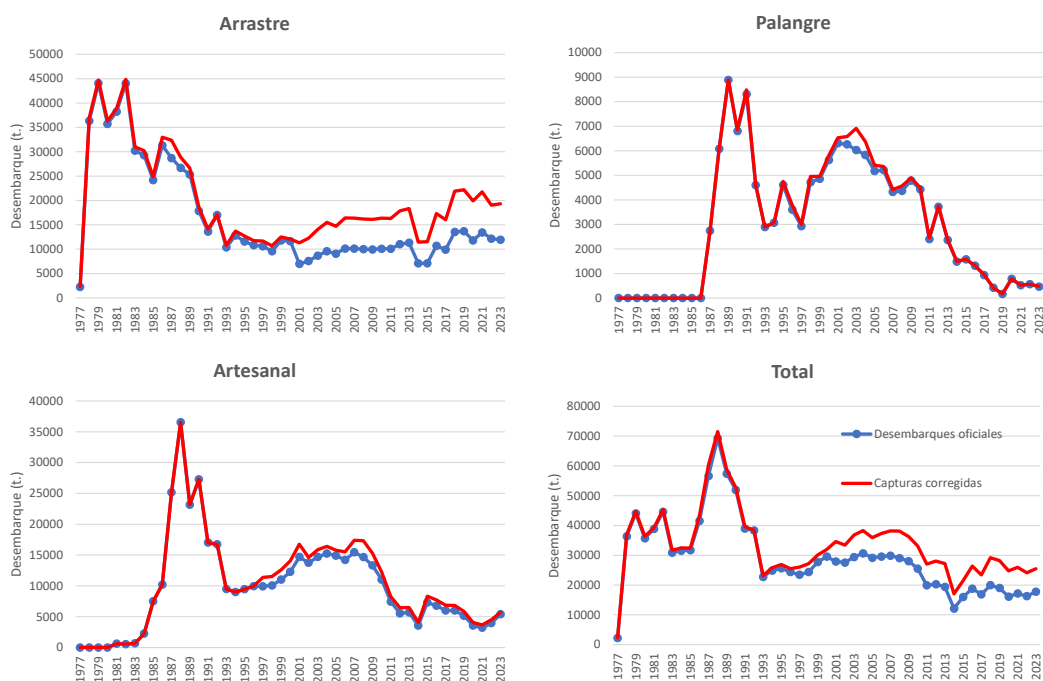


Figura 8. Línea azul: desembarques oficiales (miles de toneladas), línea roja: desembarques corregidos de merluza del sur (con base en **Tabla 4 y 5**), reportados por las flotas industriales y flota artesanal para el periodo 1977-2023.

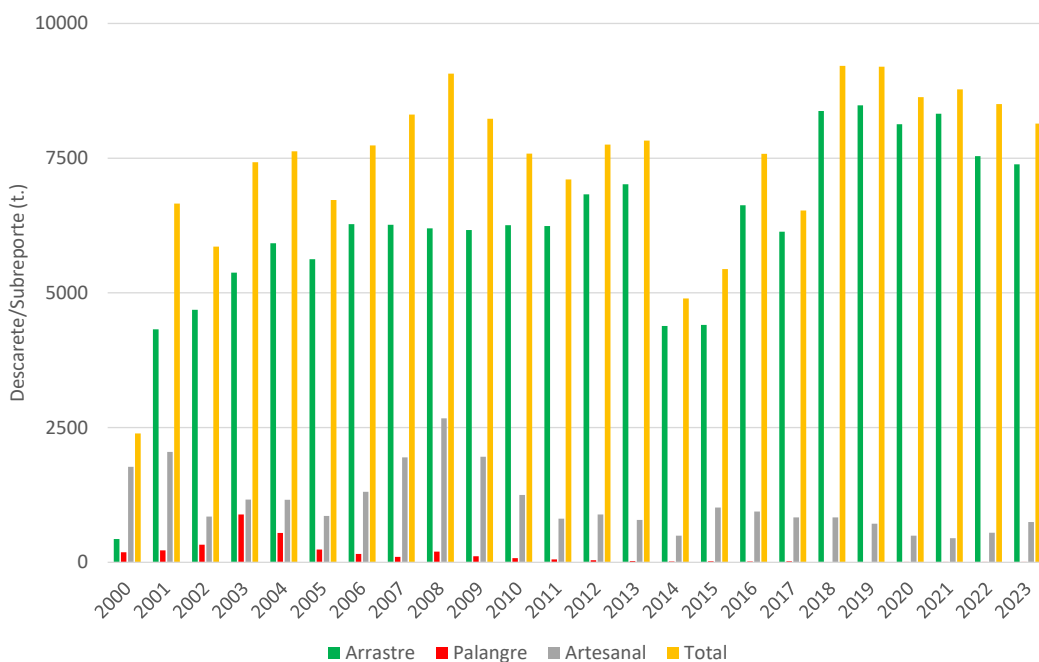


Figura 9. Niveles de descarte/subreporte en toneladas para las flotas industrial y artesanal periodo 2000-2023.

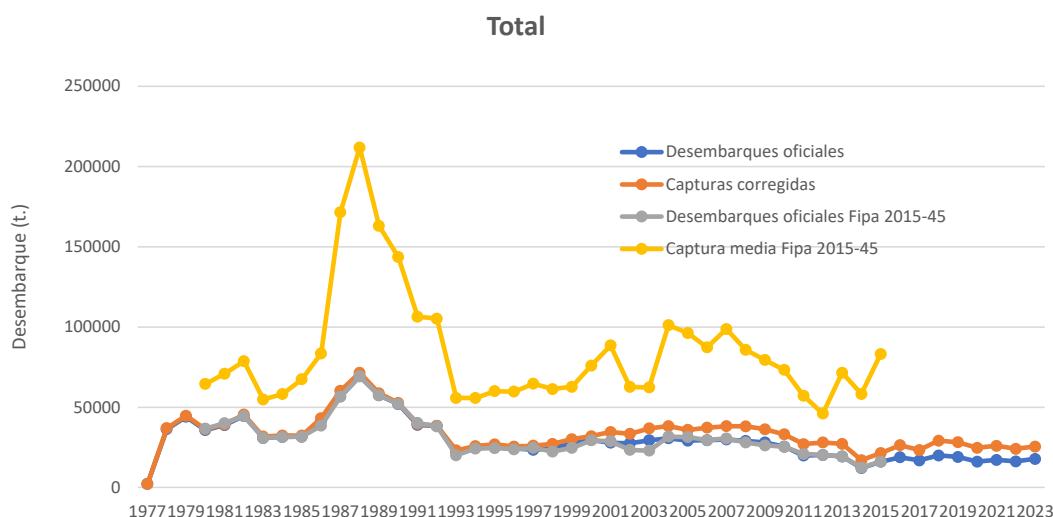


Figura 10. Desembarques totales de merluza del sur, reportados por distintas fuentes para el periodo 1977-2023.

b) Estructura de edades de las capturas comerciales

Como es recurrente, la información de captura a la edad que es incluida en el modelo de evaluación de stock de merluza del sur incluye registros de tres flotas: (i) naves industriales arrastreras operando en aguas exteriores, (ii) naves industriales palangreras con operaciones de pesca principalmente en la zona extremo sur, y finalmente (iii) naves artesanales que utilizan espineles de fondo desplegados principalmente en aguas exteriores e interiores. La información base de captura a la edad se encuentra desagregada por sexo (macho-hembra), flota (las tres mencionadas anteriormente) y área (norte y sur 47°S). Para la evaluación, esta información es agregada por flota mediante la sumatoria de los individuos muestreados por sexo, área y flota, ponderados por los niveles de captura oficiales reportados por flota y área.

- **Flotas industriales**

Se actualizó la información completa del año 2023 totalizando un periodo de datos de 39 años (1982-2023).

La información edad estructurada indica que entre los años 1981-1986 la flota arrastrera capturó importantes niveles de peces longevos, que derivó en un declive importante de la edad media de captura (**Figura 11**). Entre los años 1995 y 2005, las proporciones de peces longevos en ambas flotas fueron reducidas en comparación con los años iniciales. No obstante, desde el año 2013 la edad media se ha mantenido constante en torno a los 13-14 años en la flota arrastrera, mostrando una disminución hasta los 12 años en 2019. Para el año 2020 las estructuras de la flota arrastrera muestran un aumento de la edad promedio a 13 años, manteniéndose para esta evaluación. Por otro lado, la edad media de flota palangrera se mantuvo estable entre los años 2013-2017 hasta los 12 años disminuyendo posteriormente. Para el año 2020 se encontró un aumento respecto a los anteriores, registrando una mayor proporción de individuos de edad 15 años, para luego disminuir a los 13 años, tendencia que se ha mantenido hasta 2023.

Respecto del ingreso de cohortes a la población, la información estructurada no posibilita un seguimiento adecuado, salvo las cohortes nacidas en los años 1980 y 1986 que posiblemente sustentaron las capturas durante la década de los años 90'.

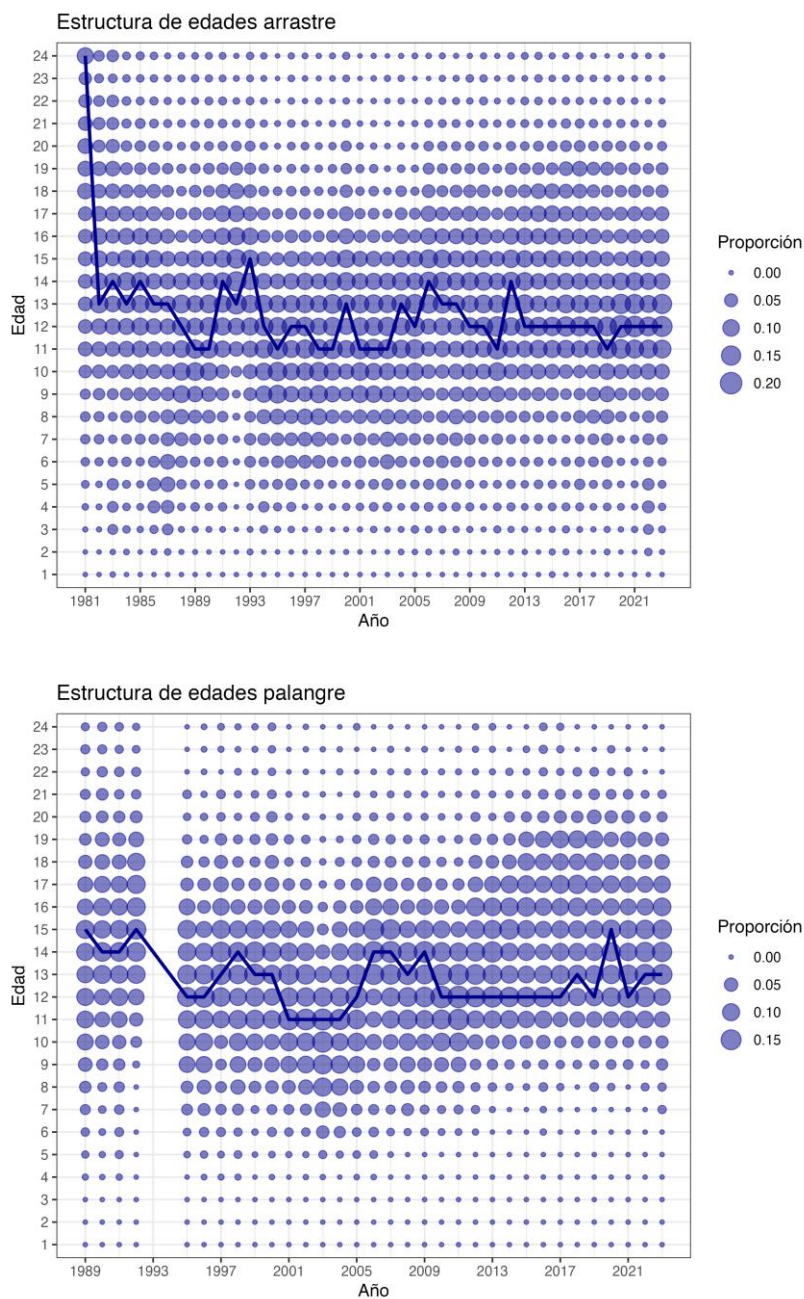


Figura 11. Gráfico de burbujas de la proporción de las edades en la captura de la flota arrastrera (superior) período 1989-2023 y palangrera (inferior) período 1981-2023. La línea azul representa la edad modal de la captura por año.

● Flota espinel artesanal

Para la flota espinelera la información disponible contempló los períodos 1987-1988, 1995-1997 y 1999-2023 (**Figura 12**). La estructura de edades abarca un rango de edades más jóvenes que las flotas de arrastre y palangre, así como una edad media de captura en torno a los 10 años (comparado a 12- 14 años de las flotas industriales). Sobre la serie de datos, los dos primeros años de datos (1987 y 1988) corresponden a los años con grandes capturas artesanales (20 a 30 mil toneladas). No se dispone de datos para el período 1989-1995, donde las capturas aún eran altas, pero con tendencia a la baja. Para el período 1995-1999 se aprecia el desplazamiento de la estructura de edad hacia edades mayores, para luego observar una estructura relativamente estable en los años 2005-2013. Desde 2014 y hasta 2017 se observó un incremento en la edad media desde los 9 hasta los 12 años, para decaer nuevamente en 2018-2019 a los 11 años promedio y establecerse en los 10 años para el 2023.

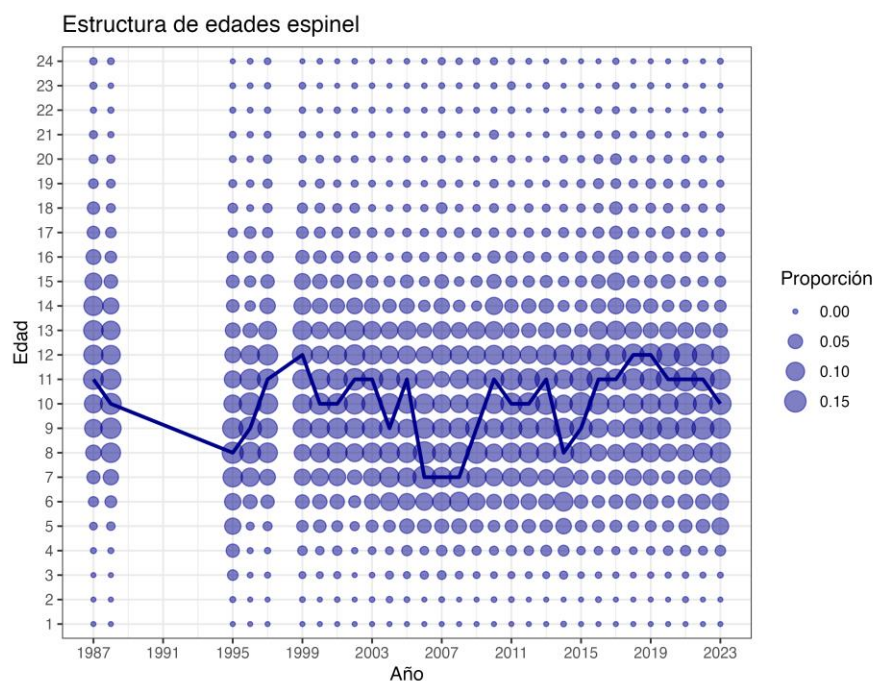


Figura 12. Gráfico de burbujas de la proporción de las edades en la captura de la flota artesanal período 1987-2022. La línea azul representa la edad modal de la captura por año.

c) Pesos medios a la edad

Los datos de pesos medios incluidos en el modelo contemplaron información procedente de tres flotas que operan en el sur de Chile: (i) naves industriales arrastreras que operan en aguas exteriores, (ii) naves industriales palangreras con operaciones de pesca principalmente en la zona extremo sur, y finalmente (iii) naves artesanales que utilizan espineles de fondo para actividades de pesca en aguas interiores y exteriores. La información de pesos medios se encuentra combinada para ambos sexos por cada flota y ponderada a las capturas oficiales por flota.

- **Flota industrial: arrastre y palangre**

Se actualizaron los pesos medios a la edad procedentes de la flota de arrastre para incluir la información disponible de los periodos 1977-1982 y 1983-2023 (**Figura 13**). Los pesos medios de los individuos más grandes capturados por esta flota a principios de la explotación se situaron en torno a los ocho kg, lo cual se observó hasta 1985, donde empiezan a capturarse individuos más pequeños de aproximadamente seis kilogramos. A partir de 2012 se empiezan a capturar individuos que registran pesos medios superiores a los ocho kilogramos, con similitud entre los pesos medios y los pesos ponderados a la captura en 2023.

Los datos de la flota de palangre que opera en el extremo sur se actualizaron para incluir el periodo entre 1989 y 2023 (**Figura 14**). Se observa en la figura que los individuos capturados por esta flota tienden a ser individuos más pequeños, respecto a la flota de arrastre, con menor variabilidad entre años que muestran pesos medios en torno a los seis kilogramos para la fracción de individuos adultos capturados.

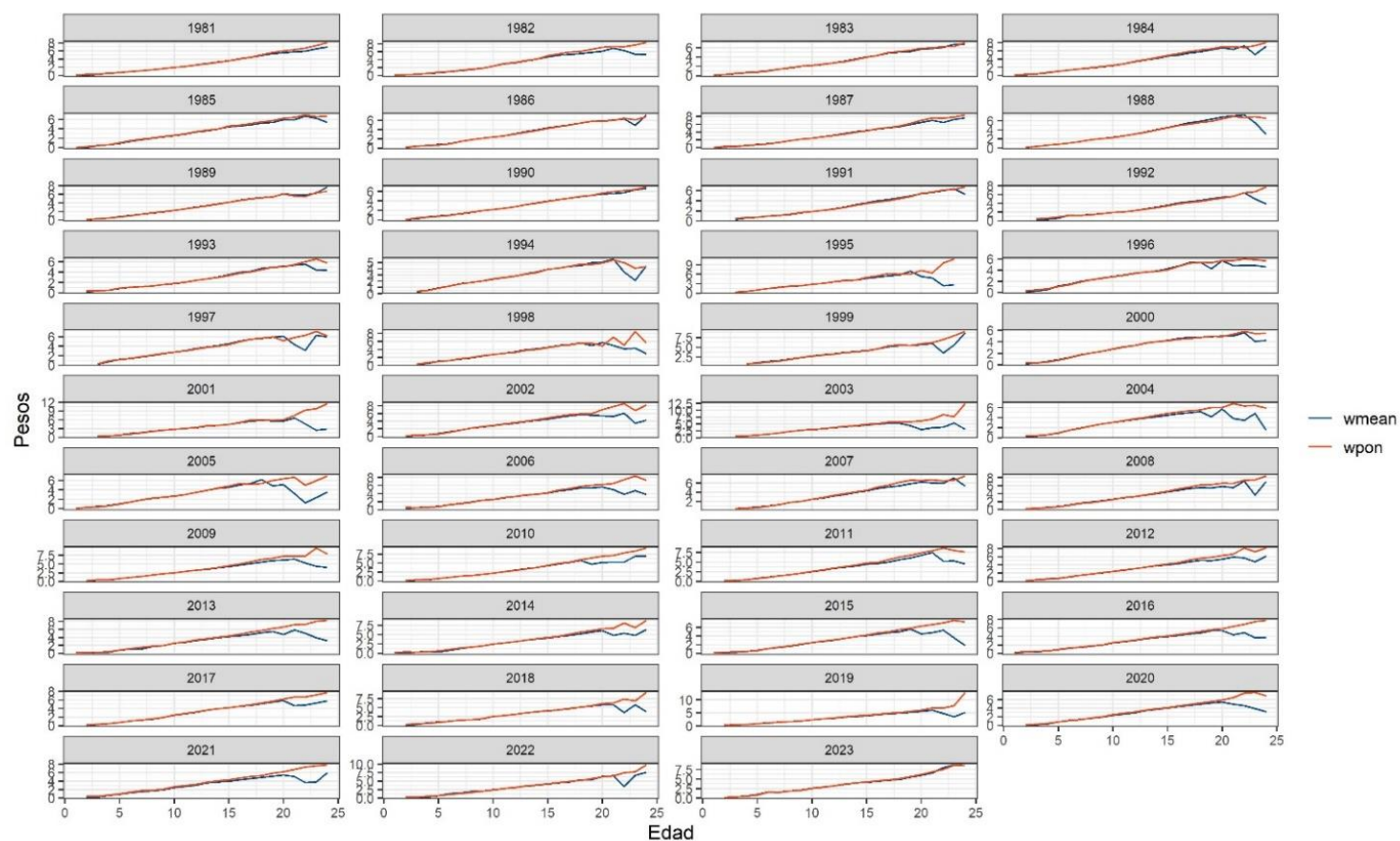


Figura 13. Pesos estimados a la edad de las capturas de merluza del sur por la flota industrial de arrastre. “wmwan” representa los pesos medios estimados de ambos sexos y “wpon” representan los pesos medios ponderados a la captura.

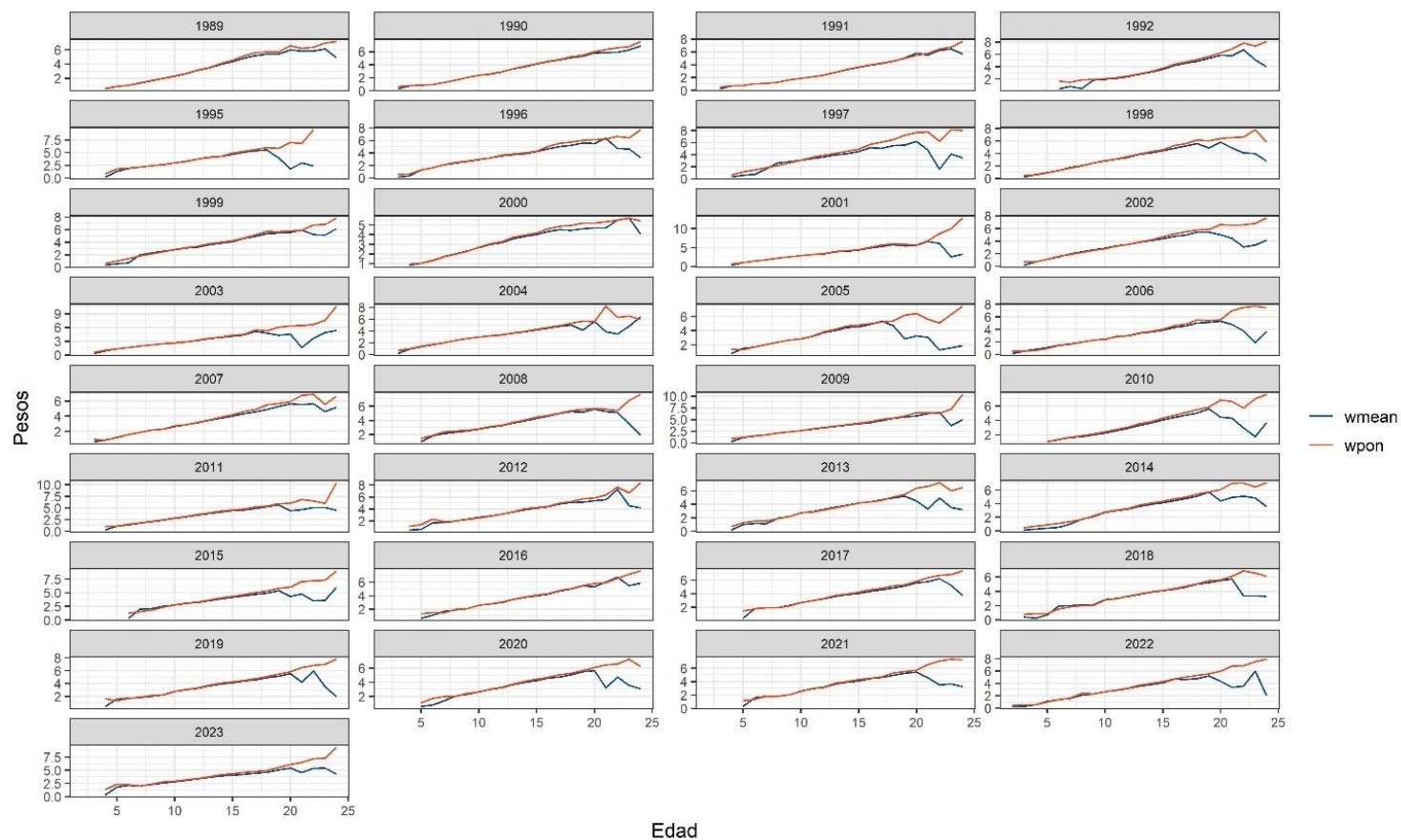


Figura 14. Pesos medios ponderados a la captura de merluza del sur por la flota industrial de palangre. “wmwan” representa los pesos medios estimados de ambos sexos y “wpon” representan los pesos medios ponderados a la captura.

● Flota artesanal

Los datos procedentes de la flota artesanal incluyeron la información entre 1995 y 2023 (**Figura 15**). Los pesos medios ponderados a la captura se mantienen relativamente estables en torno a los seis kilogramos para individuos de edad 20. En 2023 los pesos medios estimados se mantienen a la edad 15, sin embargo, dadas las bajas capturas de individuos de mayor tamaño, se observa un menor valor en el peso ponderado estimado para edades superiores, con respecto de 2022.

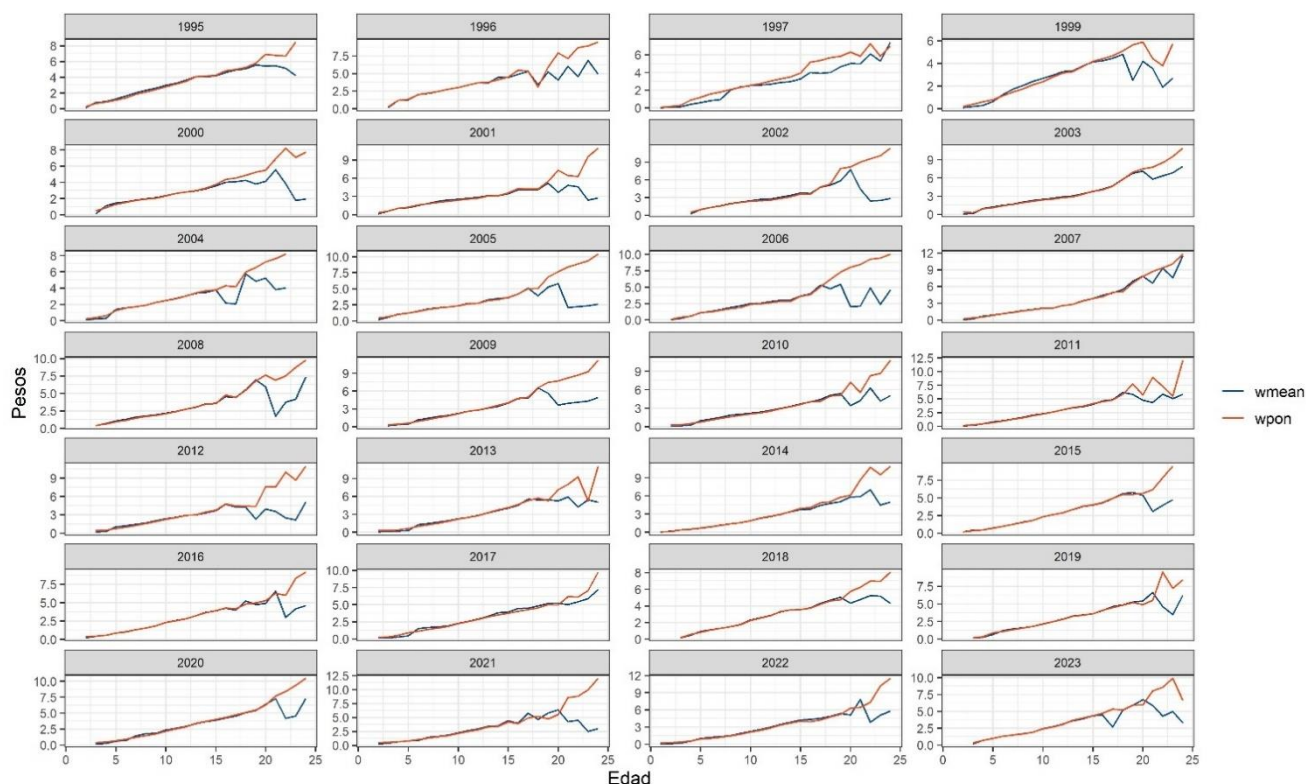


Figura 15. Pesos medios a la edad ponderados por la captura de merluza del sur (flota artesanal). “wmean” representa los pesos medios estimados de ambos sexos y “wpon” representan los pesos medios ponderados a la captura.

Biomasa disponible en la zona de desove

La información independiente de la pesquería utilizada en la evaluación de merluza del sur corresponde a los cruceros acústicos desarrollados durante el período de agregación reproductiva. Desde estos cruceros se obtienen las claves talla-edad necesarias para generar matrices de abundancia a la edad, las cuales son incluidas en el modelo de evaluación para el período 2000-2023. Además, los cruceros reportan estimaciones de biomasa desovante para el mismo período, considerados como valores de biomasa relativa adulta en el modelo. Los cambios interanuales en la serie de biomasa acústicas sugieren una reducción desde inicios de la serie para luego mantenerse relativamente estables durante el período 2010-2015. La abundancia indica una tendencia similar para este periodo (**Tabla 6 y Figura 16**), con aumentos considerables para los últimos años de prospección, sin embargo, para el 2022 se observa una caída de los valores. Por su parte, la biomasa y la abundancia tienen tendencias decrecientes muy similares, excepto en los años 2008 y 2013, donde los pesos promedios disminuyeron debido a la mayor presencia de peces de menores edades. Para los años 2014 al 2019 la biomasa de merluza del sur presentó un aumento, aunque estos últimos años el peso medio fue menor que en años anteriores. Para el año 2023 se estimó una biomasa total de 132190 toneladas con un peso medio de 2084 gramos, valores mayores a los registrados en los últimos dos años anteriores

Tabla 6. Estimaciones del tamaño del stock (geoestadístico) en términos de biomasa (t) y abundancia (millones), y pesos promedios estimados en los cruceros hidroacústicos durante el período 2000- 2022.

Año	Biomasa Total	Biomasa Desovante	N (Millones)	Peso g.	Talla (cm)
2000	133845		36	3762	80
2001	100362	92334	27	3747	79
2002	50356	40453	14	3674	80
2003	84268	81688	21	3949	81
2004	53200	50679	12	4515	84
2005	43763	41058	10	4212	83
2006	-	-	-	-	-
2007	53350	50625	16	3420	79
2008	59102	50000	21	2829	75
2009	65337	57526	19	3510	79
2010	51451	44779	14	3614	80
2011	60394	44884	16	3735	81
2012	51270	42271	14	3780	81
2013	42789	35697	14	3108	77
2014	49254	35048	13	3842	82
2015	50319	39254	14	3651	82
2016	67264	53305	22	3055	77
2017	96082	67617	33.9	2827	75
2018	115067	85078	41.6	2765	74
2019	131443	88866	50.8	2587	72
2020	102240	63578	50.6	2021	67
2021	111211	83633	63.1	1760	64
2022	113162	71261	54.2	2084	62



Figura 16. Biomasa miles de toneladas y abundancia estimada en la zona de desove mediante acústica entre el período 2000-2022.

Estructura de edades del crucero

Con el fin de incluir solo la biomasa adulta del crucero acústico, desde la asesoría año 2018 se utilizan las ojivas de madurez macroscópicas de machos y hembras de cada año para el periodo 2000-2020 eliminando la presencia de ejemplares juveniles detectados durante los últimos 3 años de los registros. La distribución de la abundancia adulta por edades se ha mantenido relativamente estable entre los 13 y 16 años **Figura 17** (línea azul).

Para el año 2019 se registró una disminución de la edad media de la fracción desovante, que alcanza los 14 años y se mantuvo hasta el 2021. Estos valores no son posibles de contrastar con el peso medio de la **Tabla 1** debido a la utilización de las ojivas de madurez para separar ejemplares juveniles de adultos. Para el año 2022 se observa un aumento en la edad a 13 años.

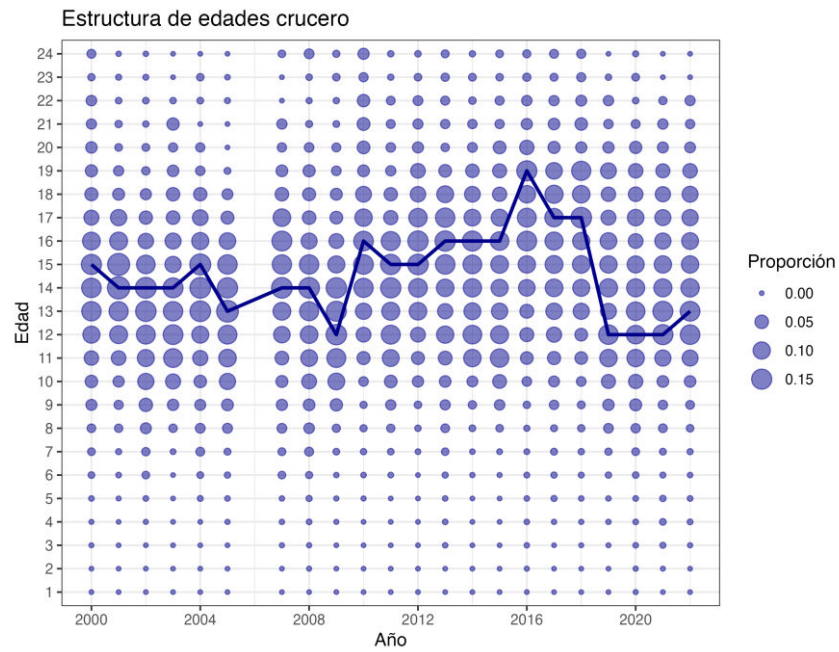


Figura 17. Gráfico de burbujas de la proporción de las edades de la fracción desovante prospectada por los cruceros acústicos período 2000-2022. La línea azul representa la edad modal de la captura por año.

4.1.2 Estandarización CPUE de tasas de captura flota industrial

a) Estandarización CPUE arrastre

La base de datos proviene de las bitácoras de pesca de arrastre y bitácoras de viajes pesca de IFOP que abarcan el período 1979-2023. En la **Tabla 7** se presenta el número de lances totales que se utilizaron para el análisis. Desde inicios de la serie se presenta un valor en torno a los 1000 registros anuales hasta el año 1998, donde los registros aumentan a 6544. Posterior a esto, se observa un período en torno a los 3500 registros (2004-2012), los años 2013-2015 presentan el número de registros más bajo de toda la serie, para aumentar en torno a los 3 mil registros en los últimos años. La estandarización de la CPUE se realiza considerando dos períodos, el primero comprende desde 1979 hasta 1997 y el segundo desde 1998 hasta 2023. Este procedimiento de dividir la serie de captura en dos periodos viene dado porque la primera parte de la serie presenta datos de captura y esfuerzo que no son compatibles con los de la segunda mitad. La primera mitad de la serie presenta valores de captura y esfuerzo que están agrupados espacial y temporalmente, los que no son posibles de separar al nivel de lance que es como están registrados en las bitácoras de pesca implementadas en el segundo periodo.

La **Figura 18** contiene el histograma de los rendimientos de pesca (CPUE) y el logaritmo de la CPUE incluyendo los 18208 lances para el período 1 (1979-1997) y 81424 lances para el período 2 (1998-2023) que fueron retenidos posteriormente a la aplicación de filtros para validar los valores de interés presentes en los registros. El valor en logaritmo presenta una distribución que se acerca a la normalidad necesaria para la estandarización del rendimiento. La CPUE (índice de abundancia relativa) es medida en kilogramos divididos por horas de arrastre (kg/ha).

Tabla 7. Número de lances de pesca utilizados en el proceso de estandarización de CPUE por año para toda la serie (período 1979- 2023).

Años	Lance	Años	Lance
1979	501	2002	3305
1980	589	2003	2438
1981	827	2004	3691
1982	878	2005	3276
1983	812	2006	3566
1984	1003	2007	3314
1985	1037	2008	3398
1986	1008	2009	3650
1987	837	2010	4051
1988	1097	2011	3318
1989	1185	2012	3035
1990	1290	2013	1743
1991	721	2014	1729
1992	1166	2015	1854
1993	1106	2016	3117
1994	1235	2017	2996
1995	1149	2018	2719
1996	834	2019	2568
1997	933	2020	1801
1998	6550	2021	2437
1999	5050	2022	1939
2000	3452	2023	2138
2001	4289		

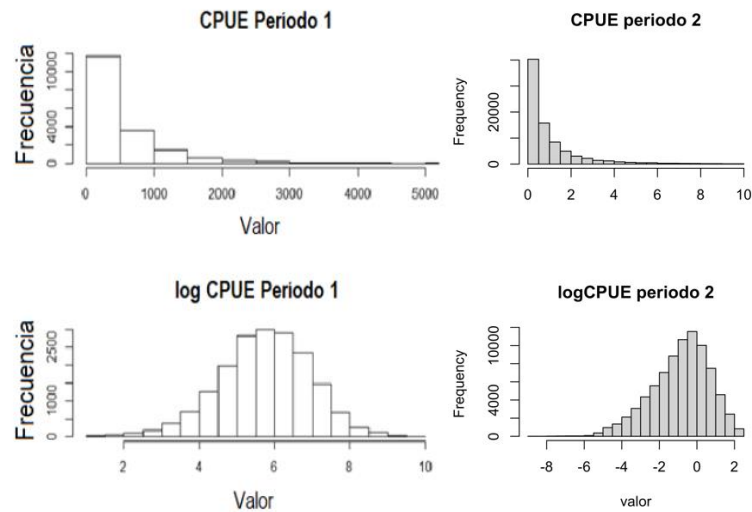


Figura 18. Histograma del rendimiento de pesca expresado en kilogramos por hora de arrastre y del logaritmo del rendimiento para el período 1 (1979-1997) y período 2 (1998-2023).

La **Figura 19** presenta los valores promedio para las horas de arrastre, CPUE y captura durante el período 2 (1998-2023). En las horas de arrastre se observa una importante disminución para el año 2002 en donde el valor decae hasta las 1.99 horas de arrastre, debido al bajo aporte del buque 400180 en ese año en particular. Existe un aumento progresivo en la hora de arrastre promedio desde el año 2002 hasta la actualidad, alcanzando para el año 2020 el valor más alto de la serie (4.36 ha). En cuanto a las capturas y CPUE promedio se observa el mismo aumento desde inicios de la serie. El año 2014 presenta valores bajos tanto en captura y CPUE debido a la importante disminución de las cuotas de captura. Tanto esfuerzo, capturas y CPUE se mantienen constantes durante los últimos años tres años de la serie.

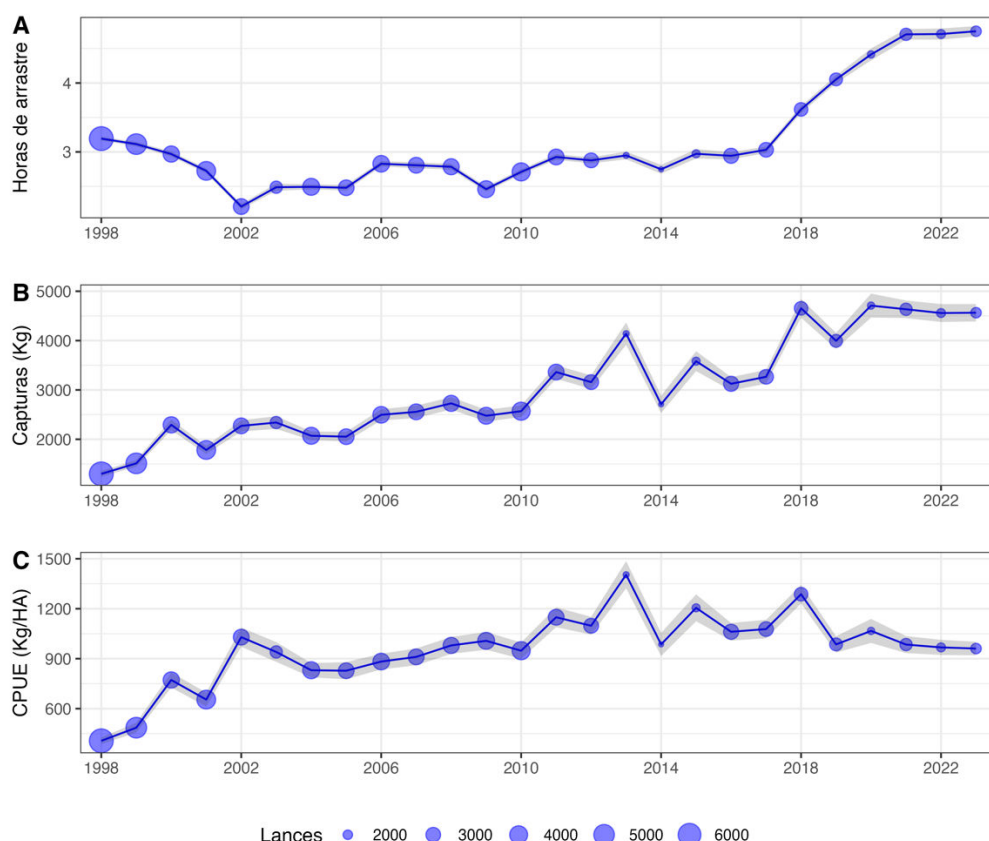


Figura 19. Figura resumen de los valores promedio anual de las principales variables que describen la actividad de la flota pesquera de arrastre. El panel A presenta el esfuerzo como horas de arrastre. El panel B presenta las capturas (kg). El panel C presenta el valor de la CPUE nominal (como kilogramos de merluza del sur capturados dividido en horas de arrastre) para el período 2 (1998-2023).

La característica multispecífica de esta pesquería conlleva desafíos para la estandarización de la CPUE debido a que comúnmente se realizan lances de pesca con la intención de capturar una especie en particular, pero la captura resultante puede no ser reflejo de dicha intencionalidad de pesca. Para incorporar la intencionalidad de pesca en el proceso de estandarización de CPUE se implementó una metodología que permite clasificar dicha en base a la captura obtenida en por intencionalidad de pesca a posteriori.

Para esto, se construyeron matrices con composición de captura para cada lance. Una vez obtenida la matriz de proporción de especies por cada lance, se realizó un análisis de componentes principales con el fin de reducir el número de especies y mantener sólo aquellas que explican más de un 85 % de la varianza.

Con estas nuevas especies se realizó un análisis de cluster utilizando el método de K-means, utilizando como medida de similitud/disimilitud de la composición multispecífica del lance distancia euclidiana,

reduciendo el número total de registros a 2500 centroides. Finalmente, se construyó un dendrograma y se recuperaron los datos originales (lances de pesca) reducidos en las etapas anteriores para asignarlos a un cluster o táctica de pesca determinada, obteniendo un set de datos donde cada lance se clasifica en un cluster según su composición de especies. El número de registros asignados a cada cluster se presenta en la **Tabla 8**. El cluster al que fue asignado cada lance se utiliza como un factor (como variable categórica) en el modelo de estandarización.

Tabla 8. Número de lances asignados a cada cluster para el período 1 (1979-1997) y período 2 (1998-2023).

Cluster	Lances período 1	Lances período 2
1	4558	26712
2	3372	44938
3	5244	8048
4	2958	1703
5	2076	-

Las capturas realizadas con arrastre como arte de pesca se caracteriza por presentar un gran número de especies, pero la mayoría con bajos porcentajes en cuanto a representatividad según la **Figura 20** y 17. En el período 1 la especie predominante en el cluster uno corresponde a merluza del sur, el cluster dos presenta una mezcla de especies, el cluster tres se caracteriza por presentar aproximadamente un 50 % de merluza del sur y por último los clusters cuatro y cinco con una mayor proporción de merluza de cola y congrio respectivamente (**Figura 20**).

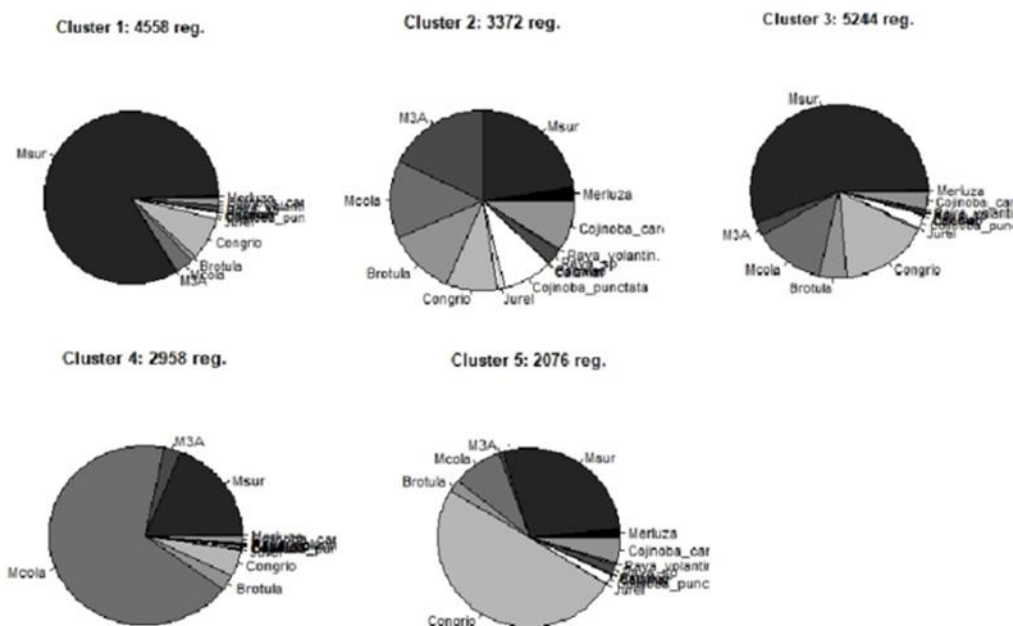


Figura 20. Proporción de especies presentes en los lances de pesca por cluster para el período 1 (1979-1997).

El análisis para el segundo período (1998-2023) se presenta en la **Figura 21**, se observa que en el cluster uno existe una mayor proporción de merluza de cola y merluza del sur. En el Cluster 2, la mayor representación es de merluza del sur, con aproximadamente un 45%, y el restante es una mezcla compuesta por bycatch. Los cluster 3 y 4 están dominados principalmente por merluza de cola, con la diferencia de que en el cluster 3, la merluza de tres aletas tiene una importante representación.

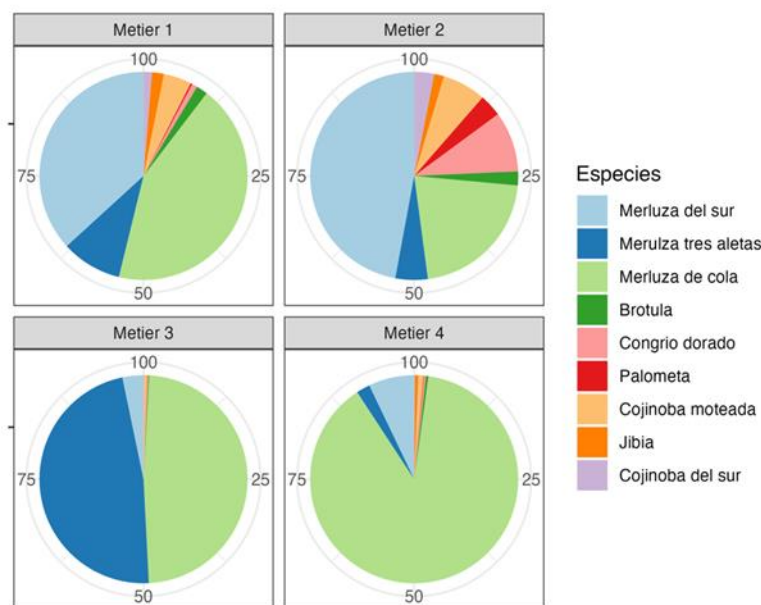


Figura 21. Proporción de especies presentes en los lances de pesca por cluster para el período 2 (1998-2022).

La **Figura 22** confirma los resultados anteriormente descritos. El cluster 2 es el que presenta la mayor proporción de merluza del sur en sus capturas. La **Figura 22** presenta la intencionalidad de pesca del cluster 2 para el período 2, dentro del cual se observan lances con distintas proporciones del recurso de interés. En esta figura se observa un aumento progresivo en la CPUE promedio anual del cluster dos, la cual disminuye durante los últimos cuatro años de la serie. La **Figura 23**, presenta un resumen de la información utilizada para estandarizar la cpue, y relacionada con captura, el esfuerzo y la CPUE nominal para el período 2 por cluster.

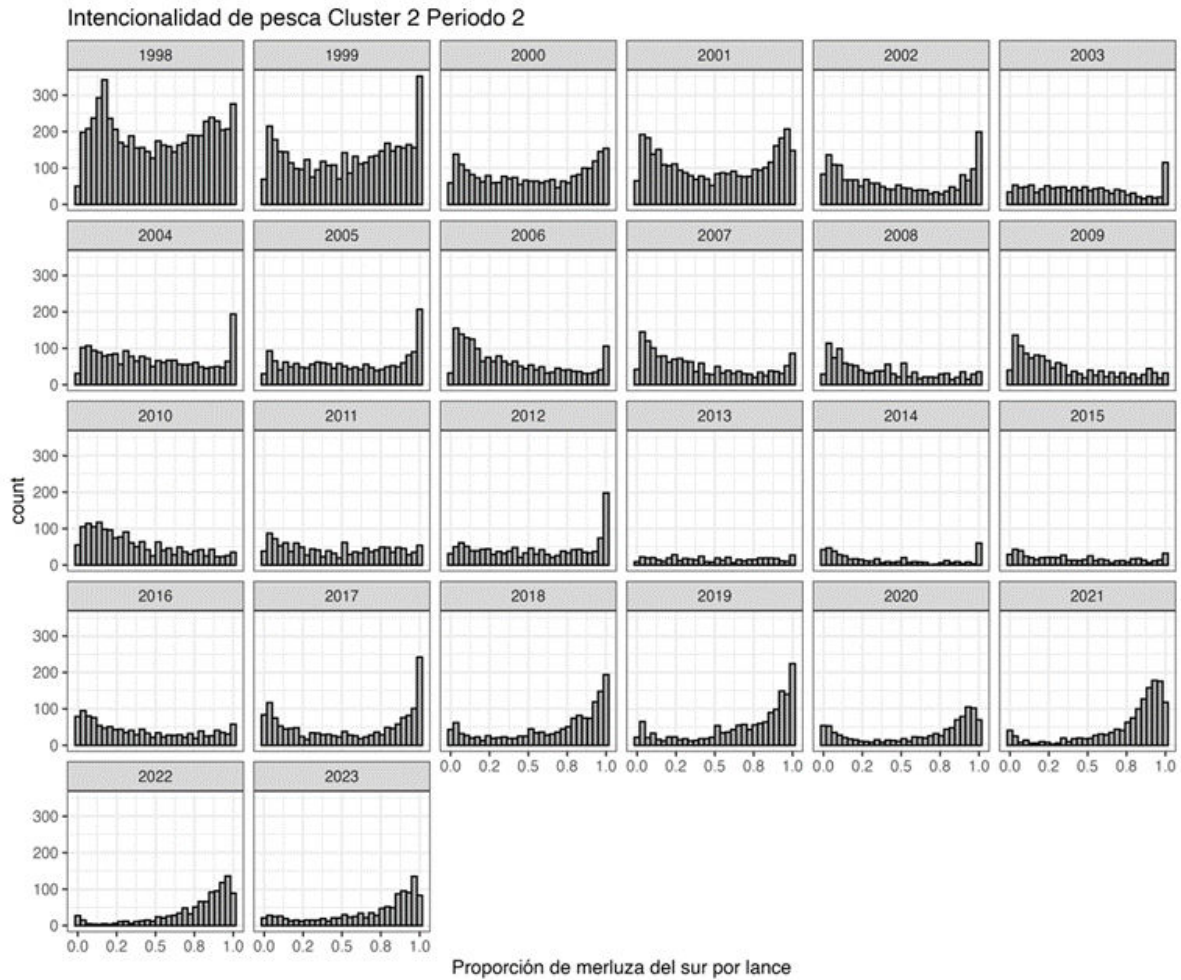


Figura 22. Frecuencia de la proporción de merluza del sur en la flota arrastrera para el período 2, por año en el cluster 1.

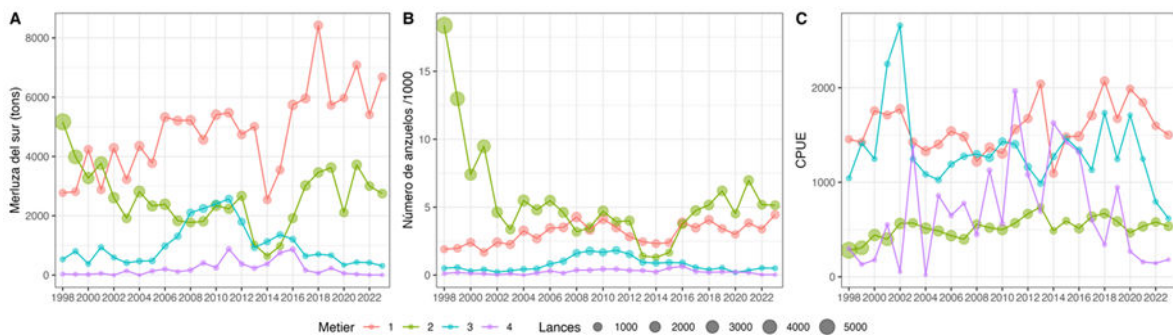


Figura 23. Sumatoria anual de la captura kg y esfuerzo en h.a., CPUE nominal promedio kg/h.a. para la flota arrastrera para el período 2 por cluster, el tamaño del círculo es proporcional al número de lances utilizados.

En la **Tabla 9**, se presenta el factor año el que explica un mayor porcentaje de la devianza (23-33 %), seguido por el factor mes y buque y por último el factor zona. El modelo que explica un mayor porcentaje de la devianza total corresponde a mod1 (67 %).

Tabla 9. Estadísticos de los modelos lineales utilizados para la estandarización de la CPUE para el período 1 (1979-1997) con su respectiva devianza explicada en porcentaje.

Factor	Mod0	Mod1	Mod2	Mod3	Mod4
Año	33	26	26	23	26
Mes	14	15	13	15	13
Cluster	-	12	8	12	8
Zona	3	3	3	4	3
Buque	12	10	11	12	11
Mes*Baque	-	-	5	-	-
Dev. Explicada %	63	67	66	66	61
Dev. Residual	101059	151051	128872	184751	128872

Para el período 2 se implementaron cuatro modelos, incorporando como factores el año, mes, zona y cluster asociado a cada lance de pesca. En **la Tabla 10** se presentan los estadísticos resúmenes para describir cada modelo. El factor más influyente estos modelos fue el mes del lance el, explicando una mayor proporción de la devianza del modelo para todos los casos (un 7.80 %), seguido por el factor año (un 5.79 %) y por último el factor zona (entre un 2.59% y 6% según el modelo). El modelo que explica una mayor proporción de la devianza total corresponde a Mod1 (23.57%).

Tabla 10. Estadísticos de los modelos lineales utilizados para la estandarización de la CPUE para el período 2 (1998-2022) con su respectiva devianza explicada en porcentaje.

Factor	Mod0	Mod1	Mod2	Mod3
Año	5.71	5.71	5.71	5.71
Mes	7.89	7.89	7.89	7.89
Buque	1.50	2.32	-	-
Zona	2.85	6.11	2.85	2.85
Pesquería	5.41	0.75	-	-
Cluster	-	6.41	8.03	8.03
Interacción Cluster y Zona	-	-	-	0.02
Dev. Explicada %	23.37	29.2	24.49	24.49
Dev. Residual	147563.6	136324.9	145408.9	145408.9

Adicionalmente a los modelos utilizados para la estandarización de CPUE utilizando factores previamente evaluados se incorporó un análisis de selección automática de factores por medio de la función stepAIC disponible en el paquete MASS de R. El procedimiento consistió en la adición sistemática de variables predictoras del set disponibles basadas en el aumento que estas generaban en el AIC de los modelos resultantes en cada iteración (procedimiento forward). El modelo seleccionado mediante este procedimiento contuvo como variables predictoras seleccionadas Cluster, Zona, Buque, Mes, año y la interacción entre Cluster y Zona (ModStepAIC). El modelo resultante fue un modelo con un mayor número de parámetros cuya explicación total fue de un 28.6%, valor menor al obtenido en el Mod1.

En la **Figura 24** se presenta la CPUE estandarizada para la flota arrastrera período 1 para los 5 modelos evaluados Mod0, Mod1, Mod2, Mod3, Mod5 y la CPUE promedio sin estandarizar en línea celeste. Los valores de las CPUE escaladas de cada modelo presentan la misma tendencia que la CPUE promedio anual, evidenciando una progresiva disminución desde inicios del periodo hasta el año 1995, donde se comienza a observar un leve aumento.

Para el período 2, los valores de las CPUE estandarizadas se presentan en la **Figura 25**, mientras que los residuos del mejor modelo (Mod1) se presentan en la **Figura 26**. En la **Figura 25**, en líneas segmentadas se presentan las CPUE estimadas por cada uno de los cuatro modelos de estandarización (Mod0, Mod1, Mod2, Mod3 y ModStepAIC), mientras que la línea amarilla continua representa el valor de la serie de CPUE promedio sin estandarizar. En este período se observa un aumento en la CPUE que se proyecta desde fines del período 1, con un periodo de oscilación en torno a un valor común entre los años 2002 y 2015, para luego presentar una tendencia decreciente últimos años de la serie.

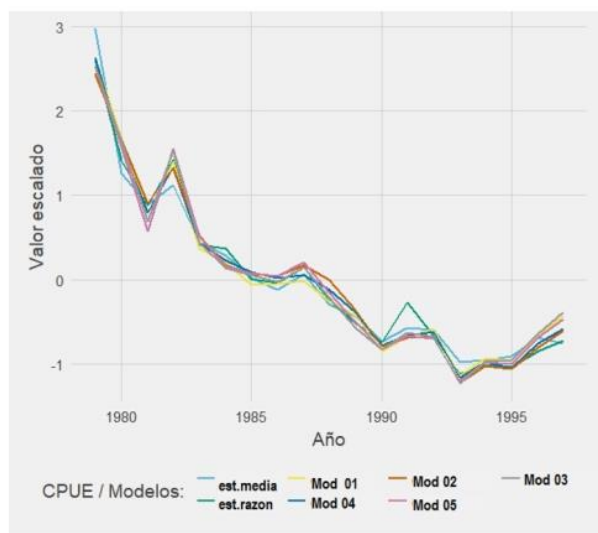


Figura 24. CPUE (kg/h.a.) media y estandarizada para la flota arrastrera período 1979-1997. Se presentan los 5 modelos probados y la CPUE promedio sin estandarizar en línea celeste.

CPUE Arrastre 1998 - 2023

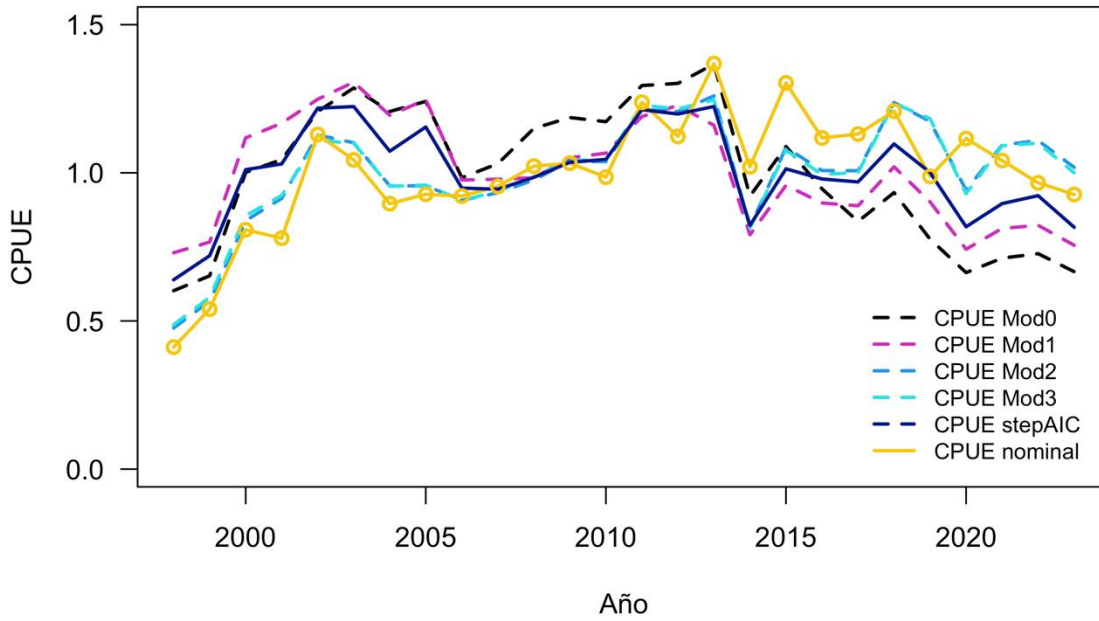


Figura 25. CPUE kg/h.a. estandarizada para la flota arrastrera periodo 2 (1998-2022). Se presentan los 4 modelos probados en líneas segmentadas y CPUE promedio sin estandarizar en línea continua amarilla.

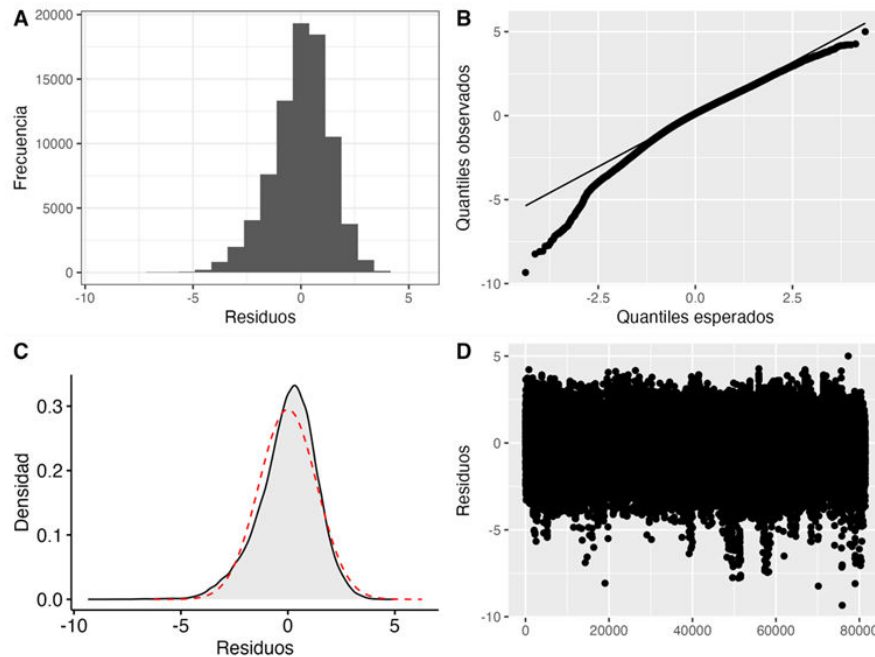


Figura 26. Gráficas de los residuos del modelo de estandarización de CPUE para la flota arrastrera periodo 2. El panel A presenta un histograma. El panel B presenta un gráfico de cuantiles. El panel C presenta un gráfico de densidad. El panel D presenta los valores de los residuos.

b) Estandarización CPUE palangre

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para las operaciones de pesca realizadas utilizando palangre fue medida en kilogramos de merluza del sur capturados, dividido por el esfuerzo representado como el número de anzuelo por hora de reposo utilizado en el lance de pesca ($\text{kg}/(\text{nanz} \cdot \text{hr})$). La base de datos utilizada comprende dos periodos 1987- 1997 y 1998- 2023. En las **Tablas 11 y 12** se presenta el número de registros por año y por pesquería posterior a los filtros realizados. El período 1 cuenta con 20722 registros mientras que el período 2 con 18149.

Tabla 11. Número de registros de la flota palangrera para el período 1 (1987-1997) por año y por pesquería 5= flota merlucera (IFOP), 10= palangre hielero (IFOP) y 11=palangre fábrica (IFOP).

Año	Código de pesquerías		
	5	10	11
1987	650	27	-
1988	932	79	-
1989	1441	881	-
1990	3656	897	-
1991	2269	1192	-
1992	1734	867	2
1993	1615	313	8
1994	1245	110	25
1995	1196	-	38
1996	998	8	5
1997	497	7	30
Total	16233	4381	108

Tabla 12. Número de registros para la flota palangrera para el período 2 (1998-2022) por año y por pesquería, 5=Palangre fábrica merlucero (IFOP), 11= Palangre fábrica bacalao (IFOP), 91= Palangre fábrica bacalao (SERNAP) y 92= Palangre fábrica merlucero (SERNAP).

Años	Código de pesquerías			
	5	11	91	92
1998	241	4	6	478
1999	164	0	73	423
2000	163	22	71	523
2001	288	0	119	530
2002	114	41	73	643
2003	196	10	98	819
2004	234	0	120	815
2005	89	0	63	1013
2006	238	18	26	962
2007	193	0	44	918
2008	94	43	8	744
2009	233	41	46	695
2010	214	0	0	575
2011	164	0	0	324
2012	134	0	1	516
2013	76	1	19	452
2014	58	50	0	44
2015	210	0	0	70
2016	269	0	0	0
2018	144	0	0	225
2019	306	1	2	194
2020	444	0	0	187
2021	174	0	1	280
2022	0	0	0	321
2023	0	0	0	91
Total	4440	231	770	11842

La **Figura 27** contiene el histograma de los rendimientos de pesca (CPUE) y el logaritmo de la CPUE para ambos periodos. El valor en logaritmo presenta la condición de normalidad necesaria para la estandarización del rendimiento. Esta variable se mide en kilogramos por número de anzuelo por hora de reposo ($\text{kg}/(\text{nanz} \cdot \text{h.r.})$).

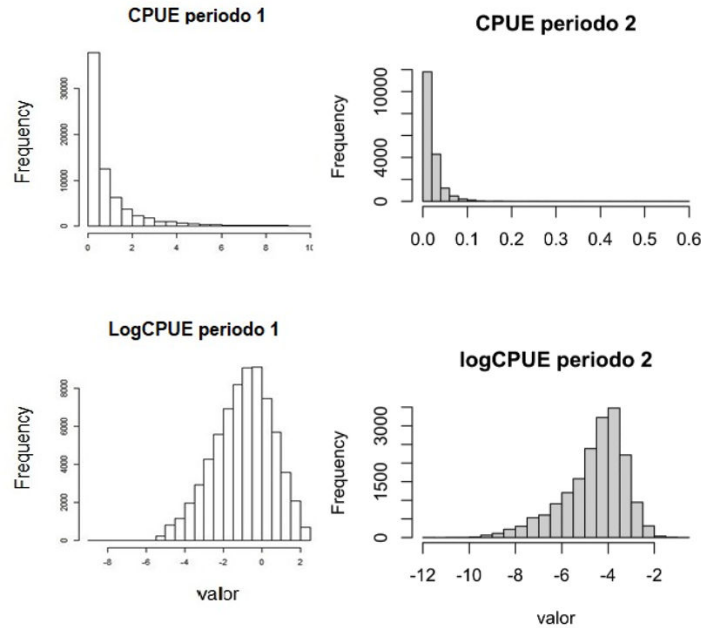


Figura 27. Histograma del rendimiento y logaritmo del rendimiento de pesca en kilogramos por número de anzuelo por hora de reposo para cada periodo de estandarización.

La **Figura 28** presenta los valores promedio por lance para tres de las principales variables que describen la actividad de la flota pesquera de palangre, el número de anzuelos, la captura obtenida y la CPUE durante el periodo 2 (1998-2023). En el panel A presenta la serie del número de anzuelos utilizados en las operaciones de pesca. El número de anzuelos se mantuvo estable entre los años 1998 y 2012 en alrededor de los 16000 anzuelos, luego se observa una disminución en el número de anzuelos hasta el 2015, para aumentar en el año 2017 nuevamente cerca de los 16000 anzuelos, y disminuir nuevamente hacia el final de la serie y mantenerse en torno a los 10000 anzuelos por lance. El panel B presenta los valores de las capturas promedio por lance por año. Esta serie comienza con valores alrededor de 6000 kilos y presenta una disminución con una pendiente suave hasta el año 2015. Desde el año 2015 en adelante, la serie presenta una caída abrupta, para estabilizarse alrededor de los 1000 - 1500 kg de captura de merluza del sur por lance.

El panel C presenta la CPUE promedio, para la que se utilizó como medida de esfuerzo el número de anzuelos multiplicado por las horas de calado de cada lance. Esta serie presentó una tendencia muy similar a la observada en la serie de capturas. En esta serie cabe destacar que la caída observada desde el año 2015 los tres indicadores presentan una disminución, con un leve aumento aislado en el

año 2020, seguido de una nueva caída que se mantiene hasta el presente en valores mínimos históricos.

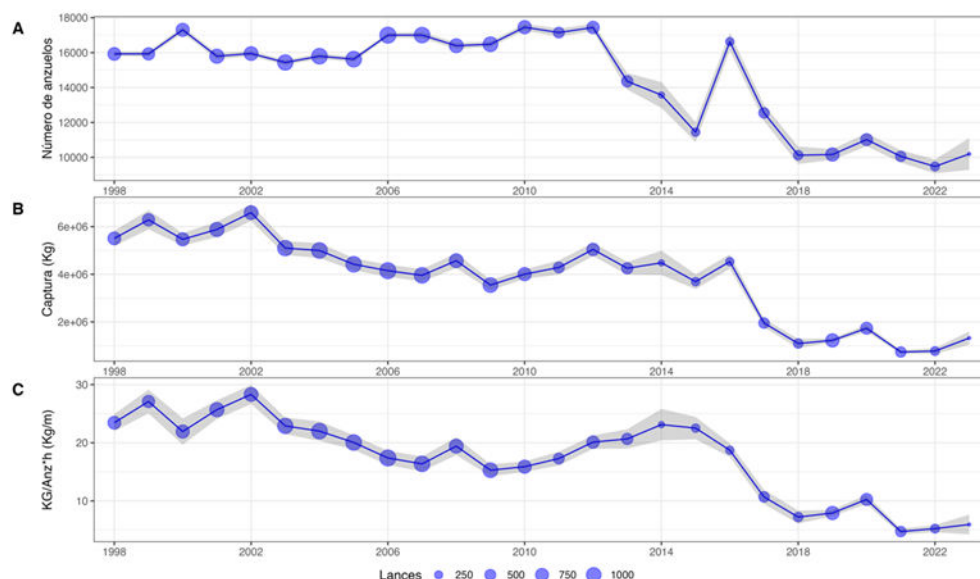


Figura 28. Figura resumen de los valores promedio anual de las principales variables que describen la actividad de la flota pesquera de palangre. El panel A presenta el esfuerzo como número de anzuelos. El panel B presenta las capturas (kg). El panel C presenta el valor de la CPUE nominal (como kilogramos de merluza del sur capturados divididos por número de anzuelos y tiempo de reposo (kg/Anz*h)) para el período 2 (1998-2023).

Al igual que para el caso de los datos de arrastre, se construyeron matrices con composición de captura para cada lance con el fin de incorporar la intencionalidad de pesca como un predictor en los modelos lineales. Para esto se realizó un análisis de componentes principales con la información de la estructura de especies presentes en cada lance de pesca. Luego se construyó un dendrograma y se recuperaron los datos originales (lances de pesca) reducidos en las etapas anteriores para asignarlos a un cluster o táctica de pesca determinado utilizando el método de K-meas, obteniendo un set de datos con cada lance asignado a un cluster según la estructura de especies de su captura y la proporción de especies correspondiente. El número de registros asignados a cada cluster se presenta en la **Tabla 13**.

Tabla 13. N3mero de lances incorporados en cada cluster para el per3odo 1 (1987-1997) y per3odo 2 (1998-2023).

Cluster	Lances periodo 1	Lances periodo 2
1	9050	7078
2	8737	2487
3	2935	2533
4	-	6051

Contrario a lo obtenido en la flota arrastrera, donde pocos cluster contienen proporciones elevadas de captura de merluza del sur, aqu3 se observan cluster con mezcla de especies, la flota palangrera concentra las mayores proporciones de captura en m3s de un cluster, por ejemplo, la **Figura 29** contiene la proporci3n de especies por cluster para el per3odo 1, en donde se observa presencia importante de merluza del sur en los cluster 1 y 2 dejando en el cluster 3 mayor participaci3n de congrio. Para el per3odo dos (**Figura 30**) se observan que en los clusters 1, 3 y 4 existe una importante presencia de merluza del sur.

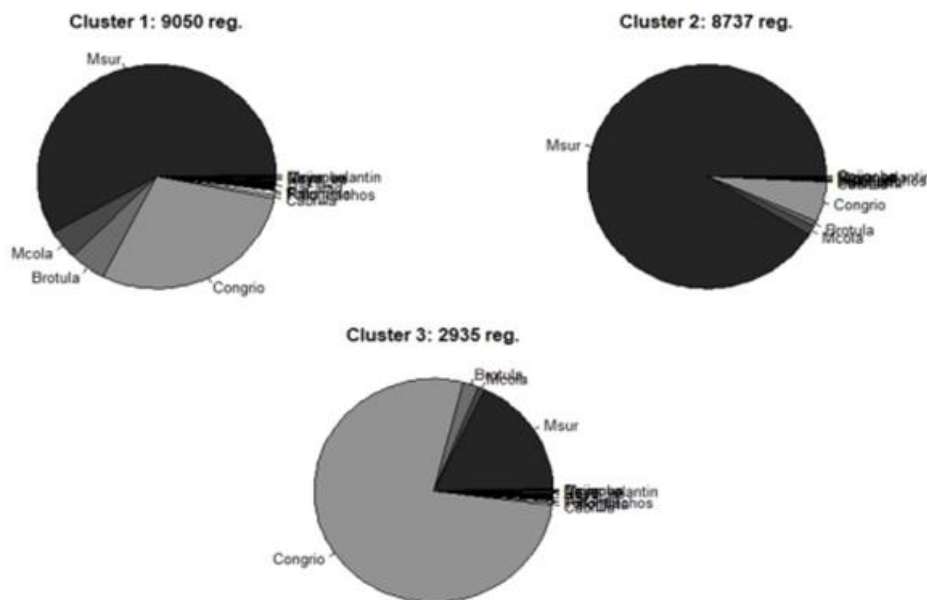


Figura 29. Proporci3n de especies presentes en los lances de la flota palangrera por cada cluster, per3odo 1 (1979-1997).

Los clúster que presentaron una mayor intencionalidad de pesca hacia merluza del sur a partir del análisis realizado a posteriori fueron los clúster 1 y 3 (Figura 30). La Figura 28 presenta la captura, esfuerzo y CPUE promedio por cada clúster. La línea celeste corresponde al clúster 2, alcanzando los valores más altos de captura y CPUE promedio.

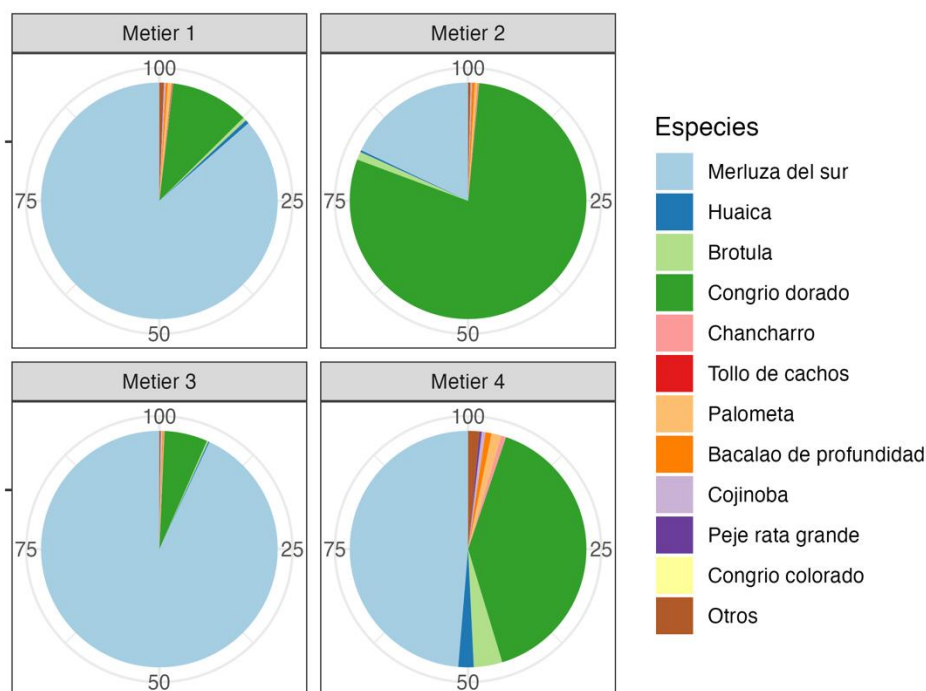


Figura 30. Proporción de especies presentes en los lances de la flota palangrera por cada cluster, período 2 (1998-2023).

La **Figura 31** contiene la intencionalidad de pesca de los clusters 1 y 3 para el período 2, estos cluster fueron los que contuvieron las mayores proporciones de merluza del sur de entre todas las especies presentes en las capturas (según Figura 30). La **Figura 31** confirma los resultados anteriores identificando proporciones altas de merluza del sur por lance en algunos cluster. Esta información es valiosa para el proceso de estandarización de CPUE ya que permitirá tomar en cuenta el efecto de la intencionalidad del lance, basado en un análisis formal de la composición de su captura, en el proceso de estandarización de esta pesquería de carácter multiespecífica.

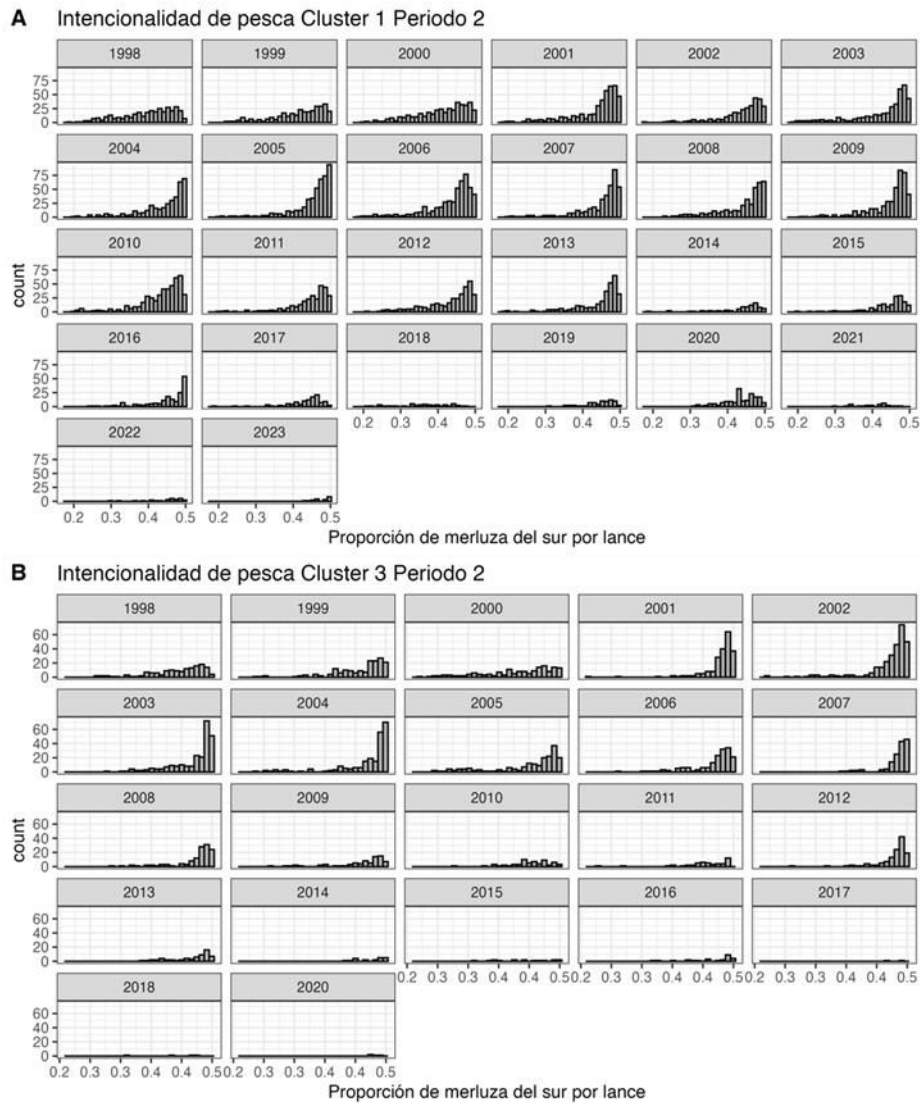


Figura 31. Frecuencia de la proporción de merluza del sur para la flota palangrera período 2 (1998-2023) por año para los clusters 1 y 3.

El cluster con mayor proporción de merluza del sur para el período 2 corresponde al cluster 3, seguido del cluster 1 (según **Figura 30**), La **Figura 32** presenta la captura, esfuerzo y CPUE promedio por cada cluster. La línea celeste corresponde al cluster 3, alcanzando los valores más altos de captura y CPUE promedio.

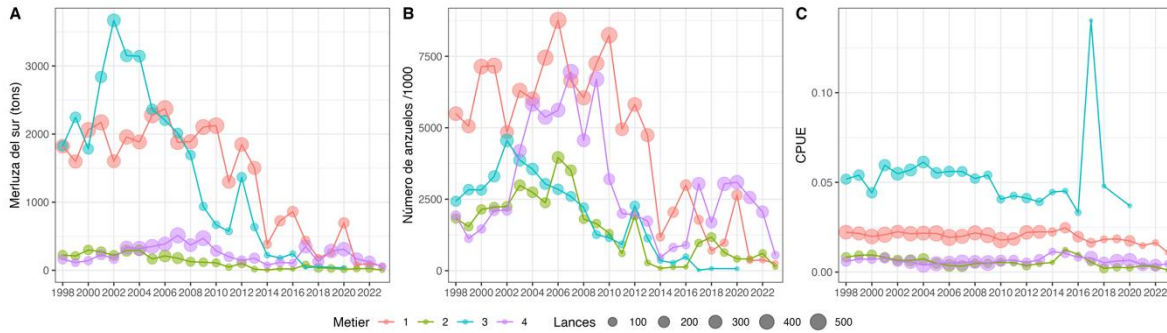


Figura 32. Sumatoria anual de la captura (kg) y esfuerzo (nanz/h.r.), CPUE (kg/(nanz*h.r.)) por cluster para el período 2 período 1998-2022, el tamaño del círculo es proporcional al número de lances utilizados.

Para la estandarizaci3n de la CPUE se utilizaron 4 modelos lineales generalizados, los que incluyeron como factores el a1o, mes, pesquería, zona, cluster y buque. En la **Tabla 14** y **15** se presentan los estadísticos para cada modelo de estandarizaci3n y cada periodo de tiempo analizado. El análisis de varianza de los predictores para el período 1 (1979-1997) se observa que la el cluster al que fue asignado el lance de pesca y a1o son los factores que mejor explican la varianza de la CPUE. El modelo que explica un mayor porcentaje de la varianza corresponde al Mod1 con un 44 %. Para el período dos (1998-2023) se presentan resultados similares en cuanto a los predictores. El predictor factor cluster logra explicar un 35 % de la devianza del modelo con mayor explicaci3n. Esto sugiere que la asignaci3n a los cluster como predictores de “táctica de pesca” es adecuado para construir una serie de CPUE estandarizada en una pesquería multiespecífica, reconociendo adecuadamente la variaci3n en la composici3n de especies capturadas que se relacionan a la intencionalidad de pesca. En segundo lugar, encontramos el factor mes que explica un 16.28 %. El modelo que explica un mayor porcentaje de la devianza total corresponde al Mod3 (65.04 %).

Tabla 14. Estadísticos de los modelos lineales utilizados para la estandarizaci3n de la CPUE para el período 1 (1987-1997) con su respectiva devianza explicada en porcentaje.

Factor	Mod0	Mod1	Mod2	Mod3
A1o	12	12	18	18
Mes	1	1	2	2
Cluster	12	19	-	1
Zona	0	0	0	0
Buque	13	13	14	14
Dev. Explicada %	37	44	34	35
Dev. Residual	12832	12832	3955	3955

Tabla 15. Estadísticos de los modelos lineales utilizados para la estandarización de la CPUE para el período 2 (1998-2023) con su respectiva devianza explicada en porcentaje.

Factor	Mod0	Mod1	Mod2	Mod3
Año	13	13	13	13
Mes	16.28	16.28	16.28	16.28
Zona	0.03	0.05	0.03	0.11
Buque	1.76	1.74	-	-
Pesquería	0.05	0.05	-	-
Cluster	-	33.73	35.10	35.02
Interacción Cluster y Zona	-	-	-	0.64
Dev. Explicada %	31.12	64.79	64.4	65.04
Dev. Residual	21344.3	10910.7	11030.3	10833

La CPUE estandarizada para la flota palangrera se presenta en las **Figuras 33 y 34**. El período 1 considera los 4 modelos utilizados Mod0, Mod1, Mod2, Mod3, en línea continua celeste se muestra la CPUE promedio sin estandarizar. Para el período 2, la Figura 34 incluye la CPUE de los modelos utilizados en líneas segmentadas, la CPUE promedio sin estandarizar en línea continua roja y la CPUE estandarizada estimada el año anterior en línea continua amarilla. En el período 1 (**Figura 33**) se observa una disminución considerable en los valores de CPUE entre los años 1987 y 1991, seguido de una tendencia al aumento hacia el año 1997. El período 2 (**Figura 34**) de la serie de CPUE presenta mayor estabilidad, con una leve pendiente a la disminución desde el inicio hasta el final de la serie, con un aumento puntual en el valor de la CPUE del año 2015. La **Figura 35** presenta los residuos del modelo lineal que presentó el mejor ajuste durante la estandarización de la CPUE del periodo 2.

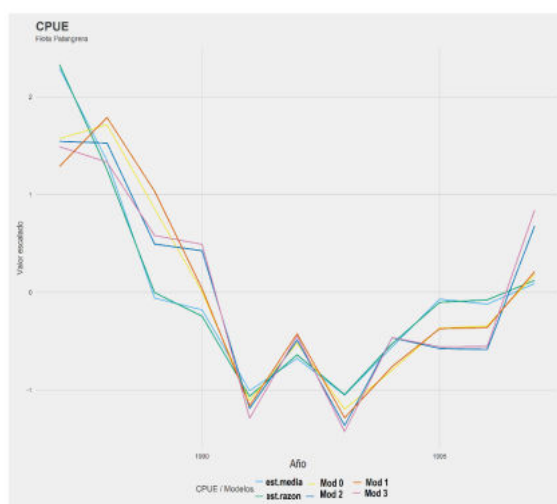


Figura 33. CPUE estandarizada (kg/(nº anz*h.r.)) período 1, para los 4 modelos probados en líneas segmentadas, CPUE promedio sin estandarizar en línea continua roja y CPUE estandarizada (informe estatus año 2018) en línea continua amarilla.

Al igual que para la estandarización de índice de abundancia de la flota de arrastre, se implementó un análisis de selección automática de factores por medio de la función stepAIC disponible en el paquete MASS de R. El procedimiento consistió en la adición sistemática de variables predictoras del set disponibles basadas en el aumento que estas generaban en el AIC de los modelos resultantes en cada iteración (procedimiento forward). El modelo seleccionado mediante este procedimiento contuvo como variables predictoras seleccionadas Clúster, Zona, Buque, Mes, Código de Pesquería, año y la interacción entre Clúster y Zona (ModStepAIC). El modelo resultante fue un modelo con un mayor número de parámetros cuya explicación total fue de un 65.57 %, lo que no resultó ser una mejora significativa en comparación con el modelo Mod3 que fue el que mayor varianza logró explicar usando los predictores históricamente utilizados en la estandarización.

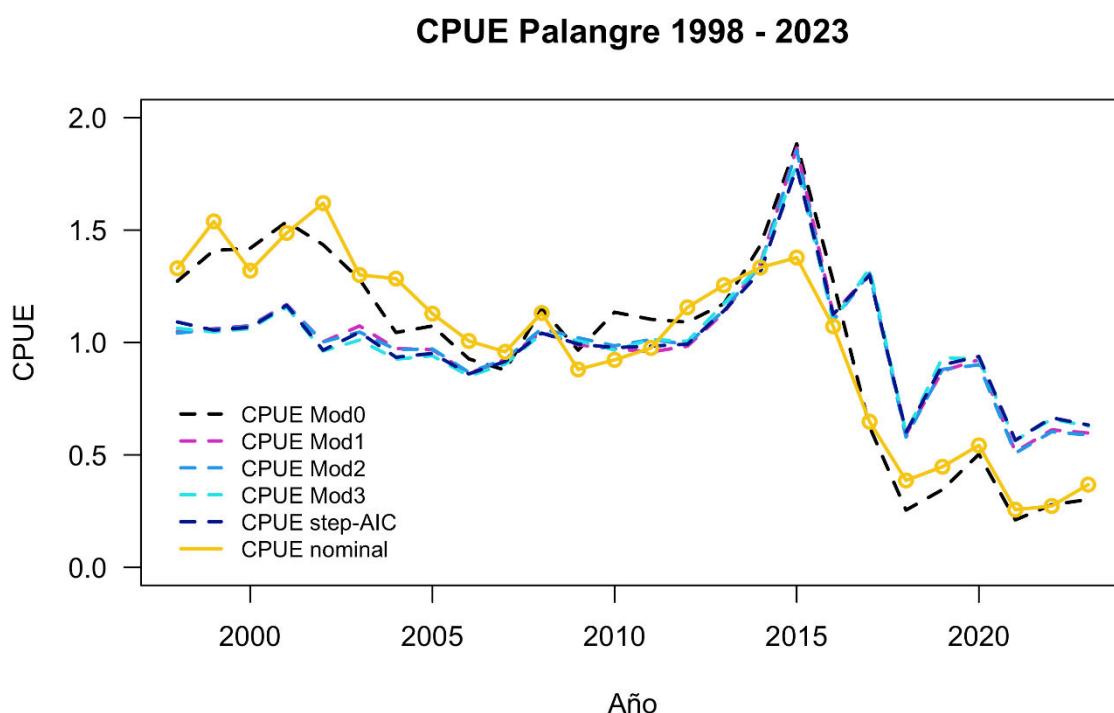


Figura 34. CPUE estandarizada (kg/(n° anz*h.r.)) período 2, para los 4 modelos probados en líneas segmentadas y CPUE promedio sin estandarizar en línea continua amarilla.

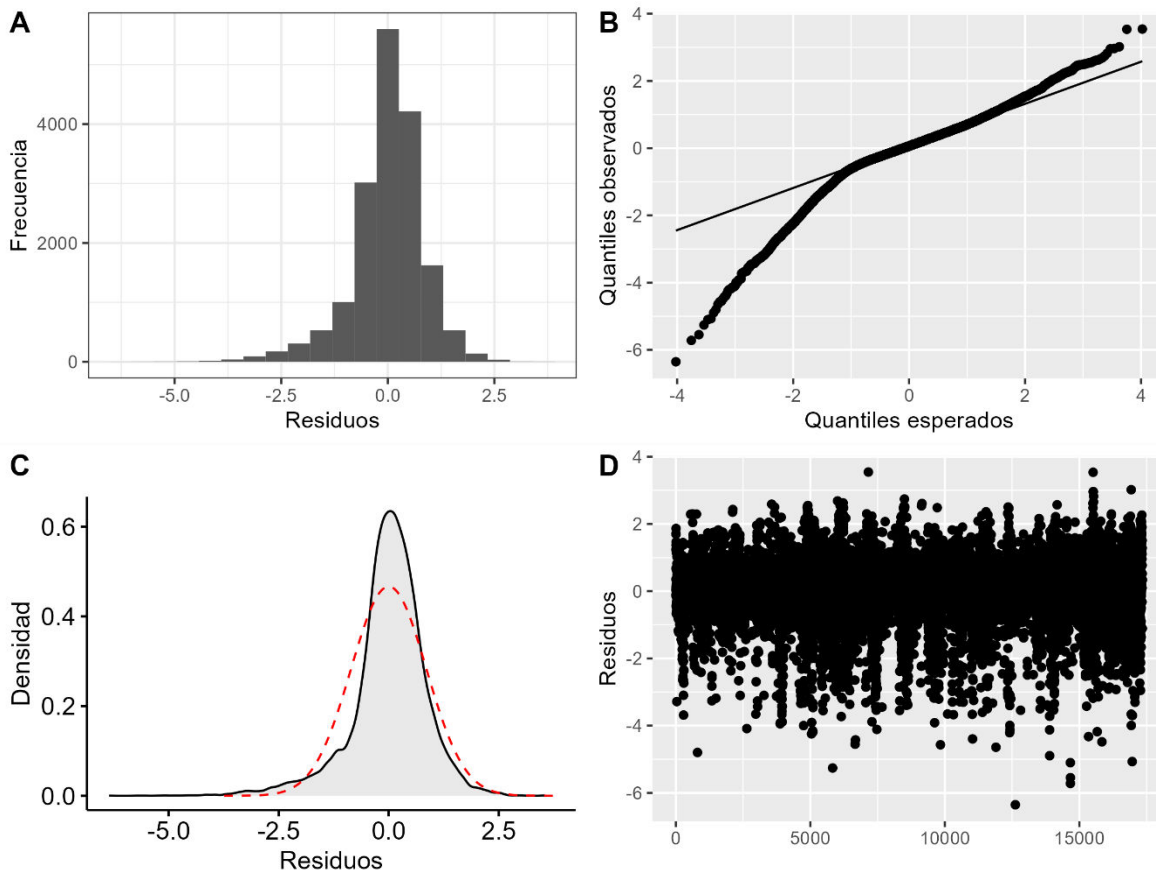


Figura 35. Gráficas de los residuos del modelo de estandarización de CPUE para la flota palangrera periodo 2. El panel A presenta un histograma. El panel B presenta un gráfico de cuantiles. El panel C presenta un gráfico de densidad. El panel D presenta los valores de los residuos.

Para ambos índices de abundancia relativa provenientes de la información de las flotas comerciales fueron estandarizados mediante análisis estadísticos. Los modelos lineales utilizados fueron adecuados para la estandarización y los residuos de ambos análisis no presentan desvíos aberrantes de la normalidad. Los procedimientos de selección automática de variables explicativas para ser utilizadas en los modelos de estandarización de CPUE arribaron a conclusiones e índices que no se desviaban significativamente de las series generadas a través de las estandarizaciones tradicionalmente implementadas en la evaluación de este recurso. Por ser considerados modelos más saturados y con poca mejora en la explicación de la varianza contenida en los datos, los modelos resultantes de los procedimientos automatizados no fueron utilizados para los siguientes procesos de la evaluación de stock.

4.1.3 Resultados modelos de evaluación

El modelo base actual emerge del proceso de análisis y revisión desarrollado durante el año 2023, que reemplaza al antiguo modelo base Mod0_03 implementado en la asesoría año 2020, con el que se implementó la medida interina de una cuota de captura por 3 años. Este modelo (S4) se caracteriza por presentar nuevas configuraciones relacionadas con la incorporación de años iniciales de bloques de selectividad, y de capturabilidad adicionales al modelo Mod0_03 (S1) (para más detalles ver Contreras et al., 2024).

Por otro lado, algunas cosas se mantienen de la configuración base: i) Modificación del coeficiente de variación para los índices de abundancia, considerando un cv menor para las flotas arrastrera y palangrera ($cv=0.2$), mientras que para la flota artesanal y el crucero acústico se consideró un $cv=0.4$. En este sentido entonces, el índice de CPUE de la flota artesanal no se modificó, manteniendo un peso de baja importancia respecto de los restantes índices de abundancia. ii) Incorporación de la fracción madura del crucero acústico, en donde se utilizaron las ojivas de madurez macroscópicas de machos y hembras de cada año para el periodo 2000-2022. iii) actualización e incorporación de pesos medios variables entre años para las flotas y el crucero acústico.

4.1.4.1 Ajuste del modelo a las distintas fuentes de información

El modelo de evaluación reproduce los datos observados para los desembarques de las tres flotas de arrastre, palangre y artesanal, lo que se condice con los valores bajos de coeficientes de variación ($cv=0.1$) utilizados en el modelo para estas piezas de información (**Figura 36**). Las series de desembarques presentan, como patrón general, una gran disminución en sus valores desde el inicio de la pesquería hasta la actualidad. La serie de arrastre presenta una disminución considerable entre las décadas de los 80 y 90, para posteriormente estabilizarse hasta el año 2022. La serie de palangre, que comienza a fines de los 80 presenta una clara disminución con una pendiente clara, con la excepción de los desembarques registrados entre 1995 y 1999. Para la serie artesanal, ésta alcanzó su valor máximo a fines de la década de los 80, que decae rápidamente a principios de la década de los 90, presentando un leve aumento hacia el año 2006, año desde el que comienza una nueva tendencia a la disminución que se mantiene hasta el año 2023, con la excepción de la flota artesanal que ha mostrado incrementos los últimos 3 años de la serie.

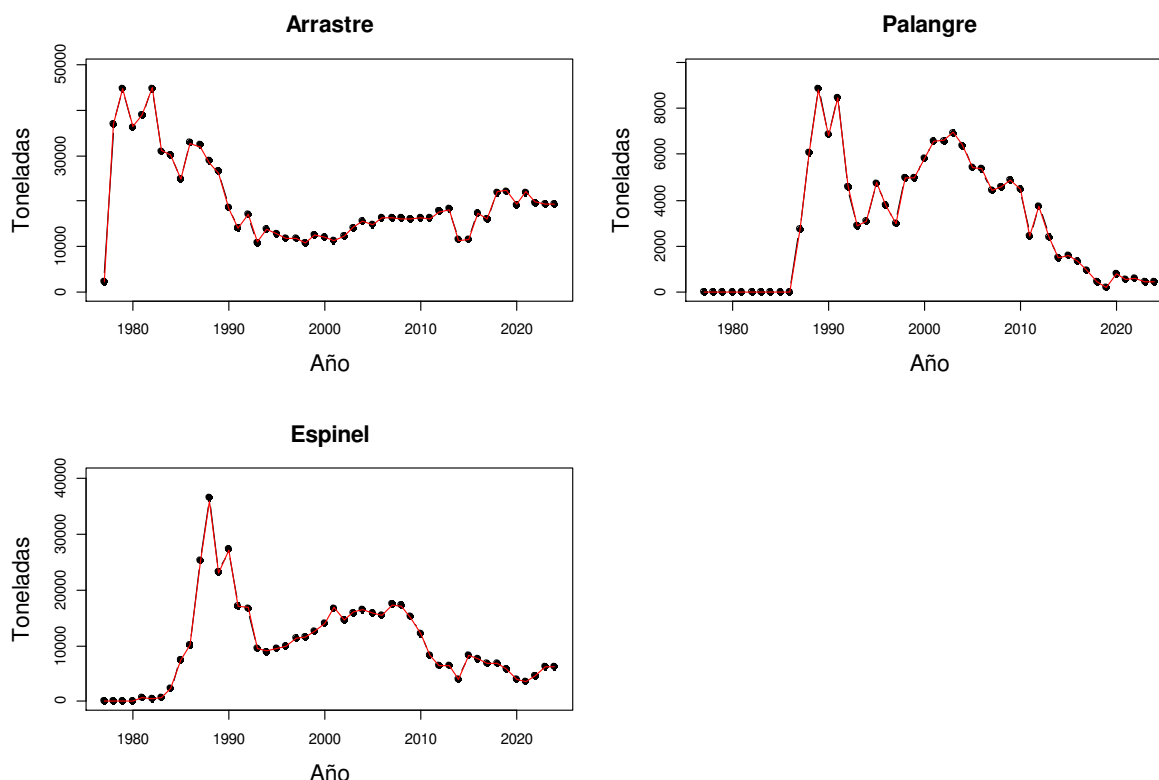


Figura 36. Ajuste del modelo de evaluación a los desembarques de merluza del sur por flota. Los puntos son el desembarque observado y la línea roja el estimado.

Los ajustes del modelo a la información de los índices de abundancia, tanto las CPUE como las estimaciones del crucero, se presentan en las **Figuras 37 y 38**. Para mejorar los ajustes del modelo base a los índices se utilizó el mismo procedimiento de análisis que considera el uso de bloques de selectividad. Los bloques de selectividad corresponden a periodos donde parámetros asociados selectividad, capturabilidad o disponibilidad son considerados constantes, pero que podrían variar entre bloques de selectividad. Para la serie de CPUE estandarizada de arrastre, usada como índice de abundancia, el modelo de evaluación logró un importante ajuste para los variados bloques implementados, reproduciendo tanto la tendencia de este índice así como también varias observaciones, lo que se condice con el valor de coeficiente de variación utilizado (**Figura 37**). En el caso del índice de abundancia de palangre se implementaron dos bloques de selectividad. El ajuste de los valores estimados por el modelo y los valores observados es bueno a lo largo de los bloques, con excepción de los valores de CPUE registrados entre los años 2014 y 2018, sin embargo, el modelo reproduce de manera satisfactoria la tendencia del índice (**Figura 38**). El ajuste del modelo al índice de abundancia asociado a la flota artesanal varía según el bloque. El primer periodo presenta un pobre ajuste, mientras que en los dos restantes el modelo presenta una buena reproducción de la tendencia

de la serie (**Figura 38**). Para el índice de abundancia obtenido por las estimaciones del crucero independiente de la pesquería, el modelo logra ajustar la tendencia de la señal de abundancia desde el año 2007 en adelante (**Figura 38**).

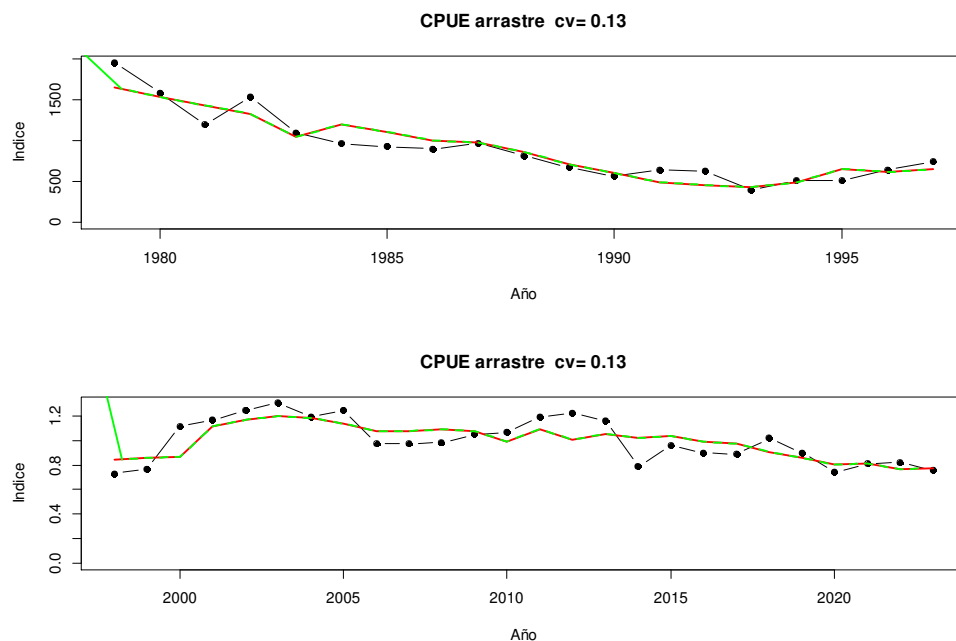


Figura 37. Ajuste del modelo de evaluación a la CPUE de la flota arrastrera. La línea roja es el modelo de evaluación y los puntos son los datos. En el título se entrega el coeficiente de variación calculado.

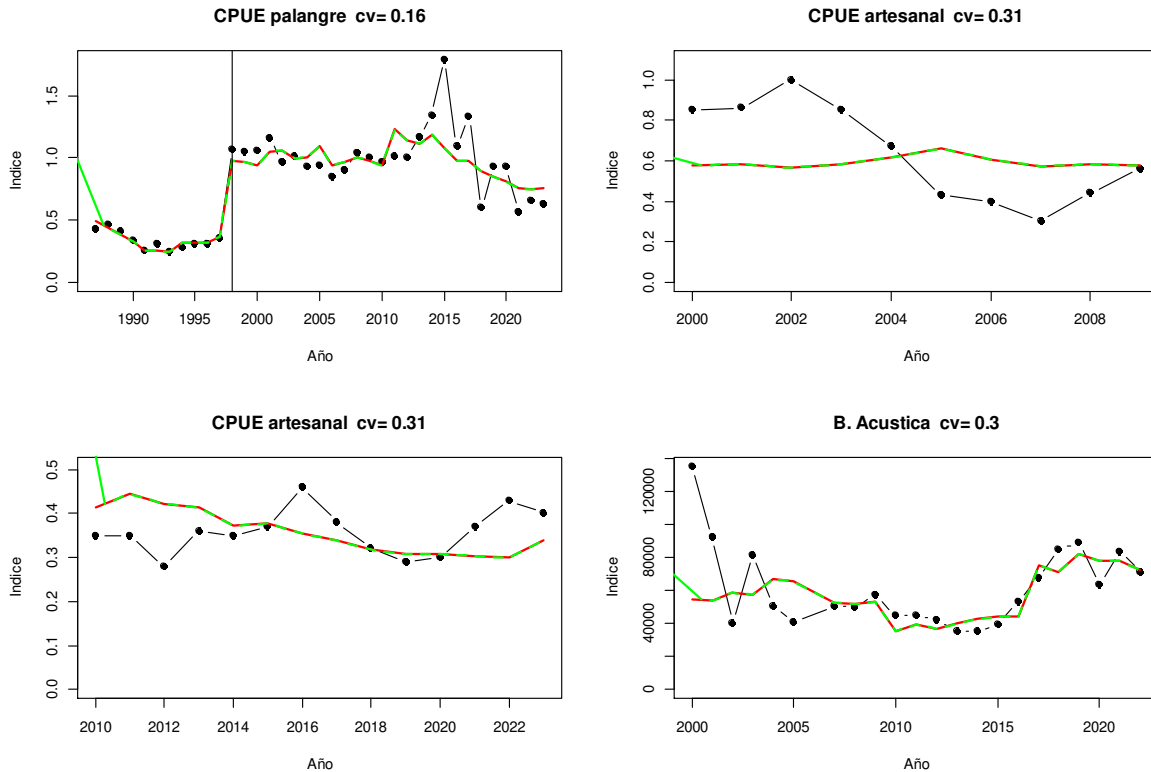


Figura 38. Ajuste del modelo de evaluación a la CPUE de la flota palangrera y flota artesanal. La línea roja es el modelo de evaluación y los puntos son los datos. En el título se entrega el coeficiente de variación calculado.

4.1.4.2 Ajustes de estructuras de edad

En términos generales se destaca el ajuste del modelo a las composiciones de edades de las capturas resumidas en la edad promedio por flota y la respectiva frecuencia de edades marginales totales. Los cambios temporales en la selectividad de las flotas de palangre, espinel-artesanal se deberían a cambios en el régimen de operacional de la flota. Del mismo modo y en el caso de los cruceros, estos cambios se podrían explicar por la disponibilidad edad-específica de los individuos al momento de la prospección. En este sentido, se presentan tres análisis para mostrar la capacidad del modelo en reproducir las observaciones de edad, con la intención de mostrar el ajuste interanual, la tendencia media anual y el ajuste global de cada una de las flotas en la zona de la PDA, y con esto tener un juicio más acabado de la capacidad del modelo en reproducir la dinámica del stock.

Ajuste de edades anuales por flota

La **Figura 39, 40, 41 y 42**, presentan el ajuste del modelo de evaluación de stock a las observaciones de edad de la flota industrial arrastrera (periodo 1981-2023), palangrera (años 1989 al 2023), flota artesanal (1987-2023) y del crucero acústico (2000-2022). Por otro lado, el modelo cumple cabalmente con reproducir las observaciones, tanto en rango y como con sus magnitudes. Lo anterior contrasta con lo observado el año 2022, donde el modelo no es capaz de reproducir una segunda moda bajo los 5 años de edad. Se destaca además que en los primeros años de captura (1981-1985), la estructura de edades de la flota arrastrera estaba conformada por una proporción mayor de individuos, situación explicada por estar en una situación más bien prístina de explotación (**Figura 39**).

Para el ajuste de las estructuras anuales de la flota palangrera el modelo presenta un ajuste satisfactorio de las observaciones en el periodo 1989-2000, de las magnitudes y modas, periodo caracterizado por la regularidad de las estructuras de edades. Desde el año 2001 y hasta el año 2004, las observaciones presentan un contingente de individuos de menores edades, que el modelo no es posible de reproducir fielmente. Lo anterior difiere del periodo 2005 al 2023, donde el modelo nuevamente mejora la bondad de ajuste, logrando reproducir las magnitudes, modas y tendencia de las observaciones (**Figura 40**). De igual forma a lo observado en el ajuste de estructuras provenientes de la flota industrial, el modelo presenta una sobre estimación del grupo plus, lo que debe ser revisado en futuras aproximaciones de este estudio, así como también en el próximo benchmark a realizarse durante el mes de abril del año 2025.

La **Figura 41**, presenta los ajustes para la flota artesanal, que, a diferencia de las otras flotas, incluso del crucero, no presenta sobre estimaciones de edades más longevas. Así y en términos generales, se aprecia que el modelo reproduce las magnitudes y modas presentes en las remociones realizadas por la flota espinelera. Lo anterior debe considerar que existen observaciones difíciles de reproducir por el modelo por no presentar una dinámica de cohortes asociada a las estructuras de edad. En este sentido, al no poseer observaciones entre los años 1989 y 1994, el modelo presenta dificultades en estimar una estructura para el año 1995.

La estimación de las observaciones registrada por el crucero acústico es presentada en la **Figura 42**, caracterizado por presentar un buen ajuste general de los datos de edad registrados en el mes de agosto donde se realiza el crucero. En este sentido se destaca que el modelo reproduce las observaciones regulares de mejor forma que aquellas donde las estructuras presentan cambios erráticos, difíciles de explicar. Llama la atención también que el modelo subestima las estructuras registradas particularmente entre los años 2016 y 2022.

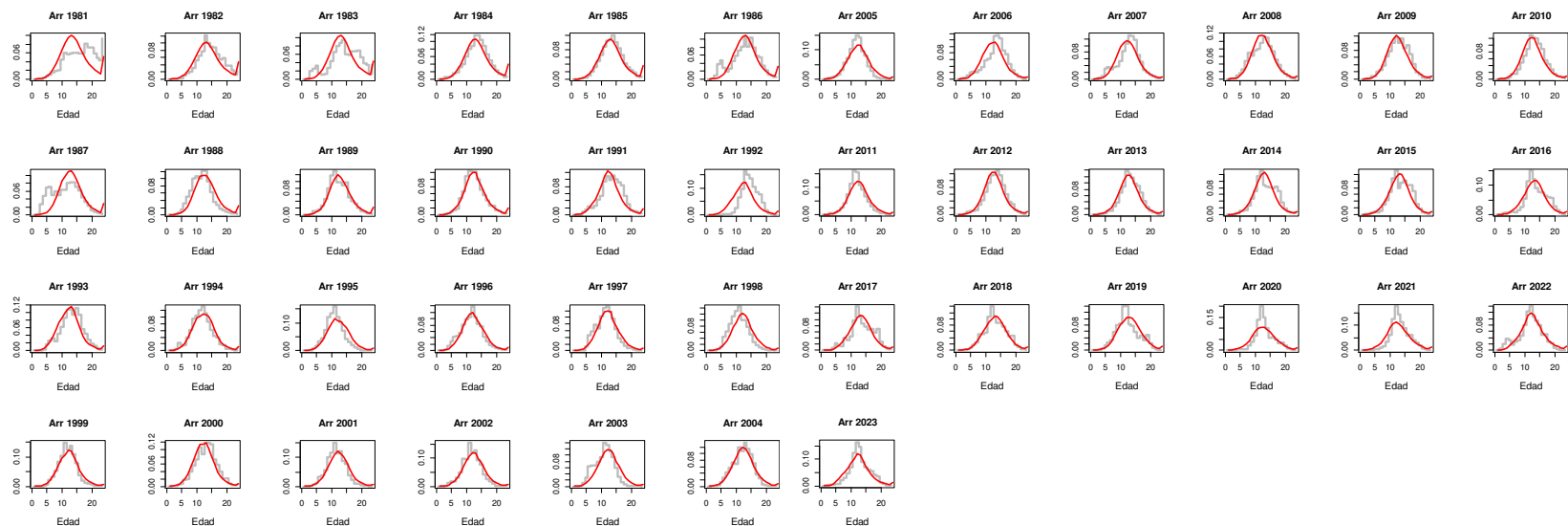


Figura 39. Ajuste de la composición de edades observadas por la flota arrastjera.

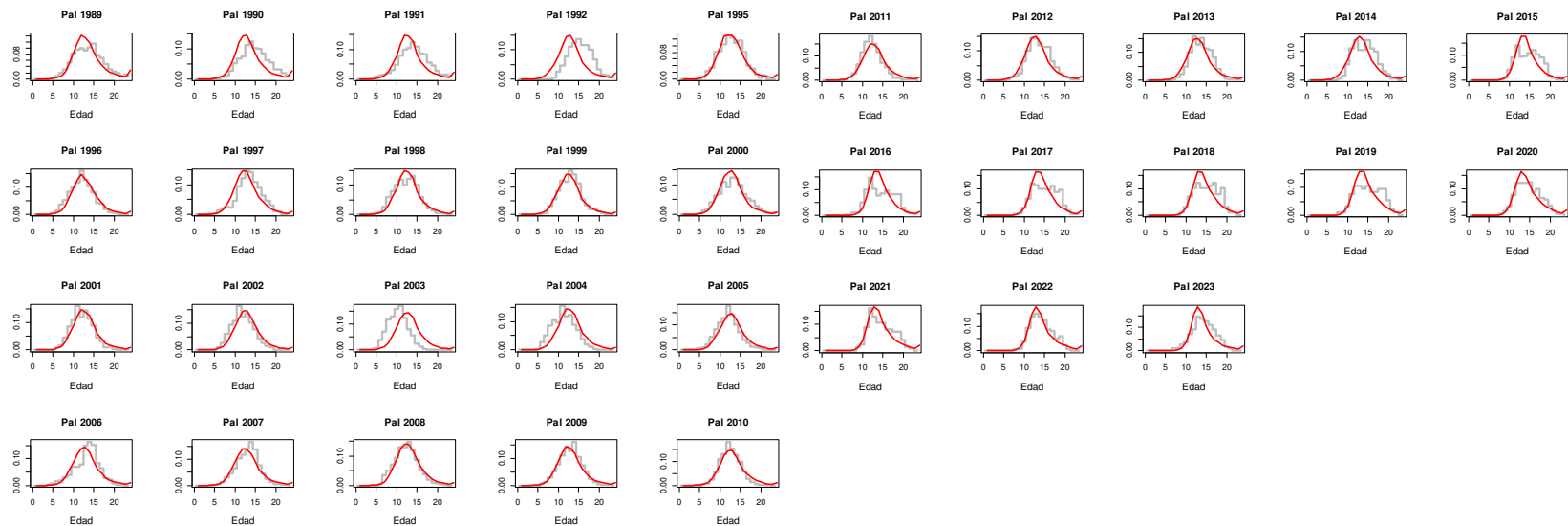


Figura 40. Ajuste de la composición de edades observadas por la flota palangrera.

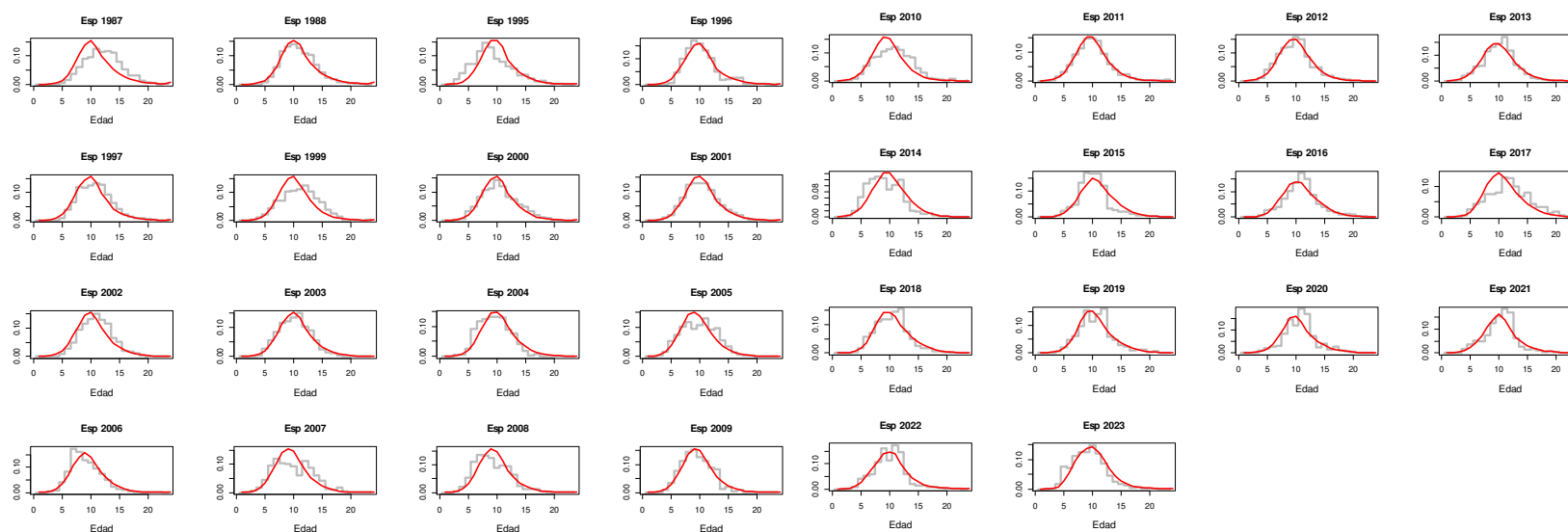


Figura 41. Ajuste de la composici3n de edades observadas por la flota espinelera.

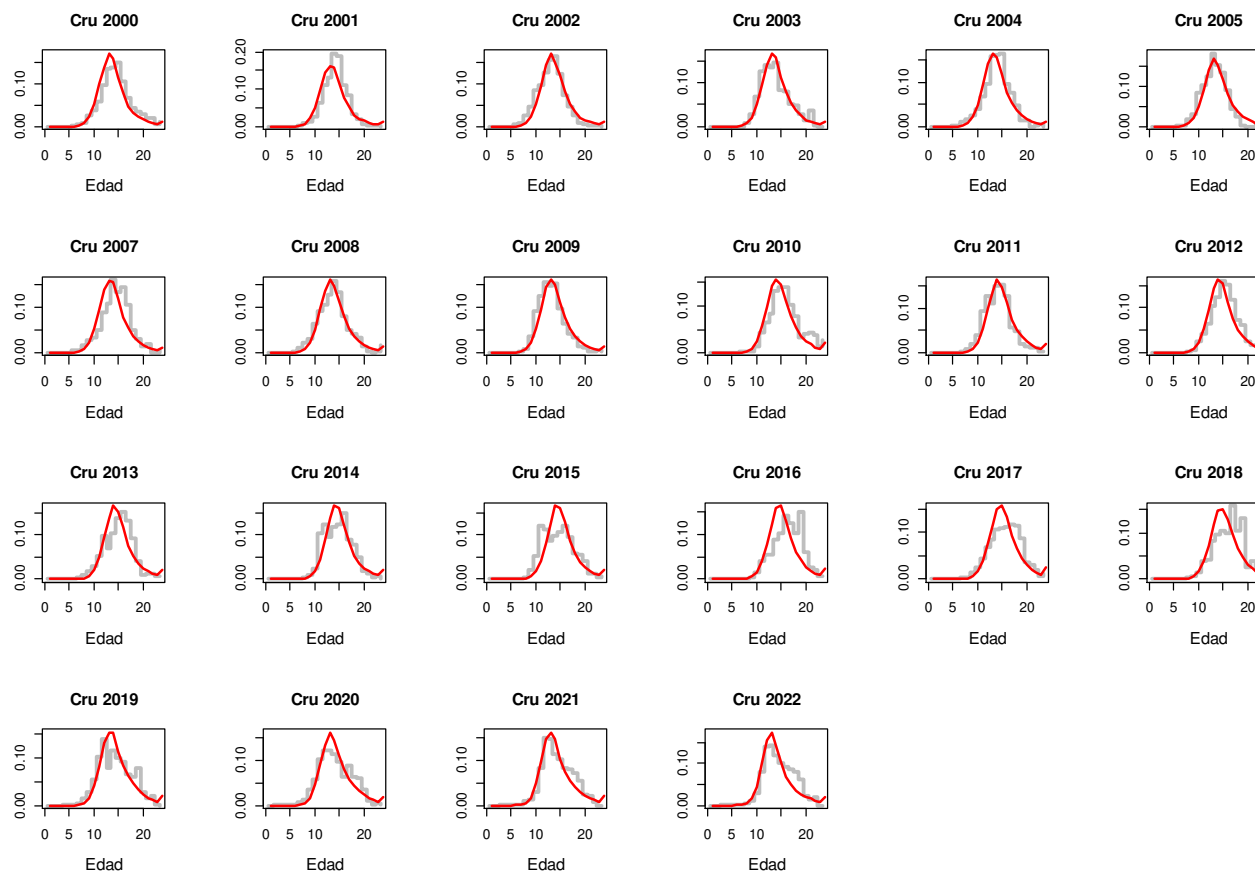


Figura 42. Ajuste de la composición de edades observadas por el crucero acústico.

Ajuste de edades promedio

La **Figura 43** muestra el desempeño del modelo en reproducir las estructuras de edades promedio, tanto para la información proveniente de las flotas comerciales, así como por la producida por el crucero acústico. En relación con este punto, y en términos generales se destaca que sólo cambios en el patrón de explotación permiten comprender de mejor forma las variaciones que han presentado las composiciones etarias, particularmente las observaciones del crucero registradas en los últimos cinco años (donde la mayor presencia de juveniles habría generado un cambio en el patrón de disponibilidad edad-específico). En relación al desempeño del modelo, se aprecia que este es capaz de reproducir las tendencias de las observaciones. Pese a esto, y si bien el modelo reproduce la tendencia de la serie, aún existen años donde el modelo no logra alcanzar al menos la variabilidad de la observación.

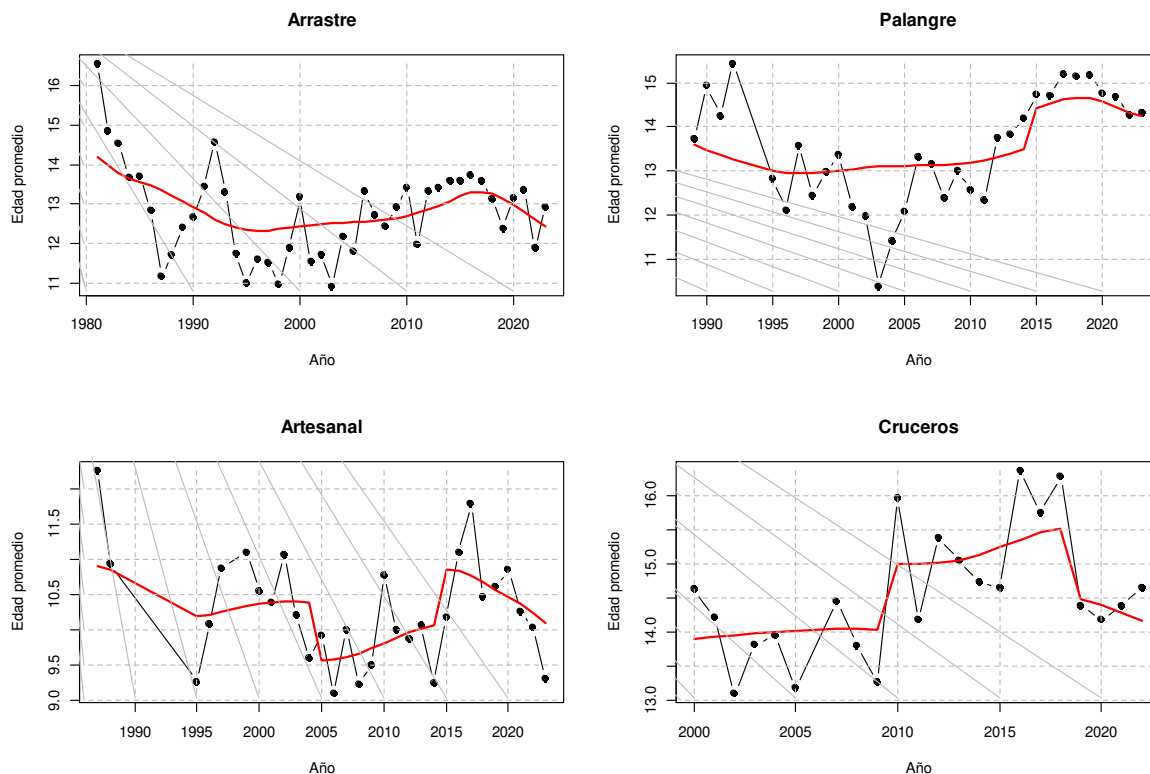


Figura 43. Ajuste del modelo de evaluación a la edad promedio de las capturas por flota y los cruceros acústicos. La línea roja es el modelo de evaluación y los puntos son los datos.

Ajuste de edades globales

En relación a este punto, la **Figura 44** presenta la información agregada para todos los años con observaciones por flota y crucero, reafirmando el buen ajuste de la estructura global para las distintas fuentes de información. Por otro lado, se aprecia que el modelo realiza una sobrestimación del grupo plus (24+) de las estructuras de la flota arrastrera, palangrera y crucero acústico en las edades más longevas y próximas al grupo plus. Este tema debe ser analizado en futuras aproximaciones cuantitativas, para resolver este problema de bondad de ajuste del modelo de evaluación de stock, considerando cambios en la selectividad bloques y capturabilidad con fin de lograr una mejor aproximación a las observaciones presentes.

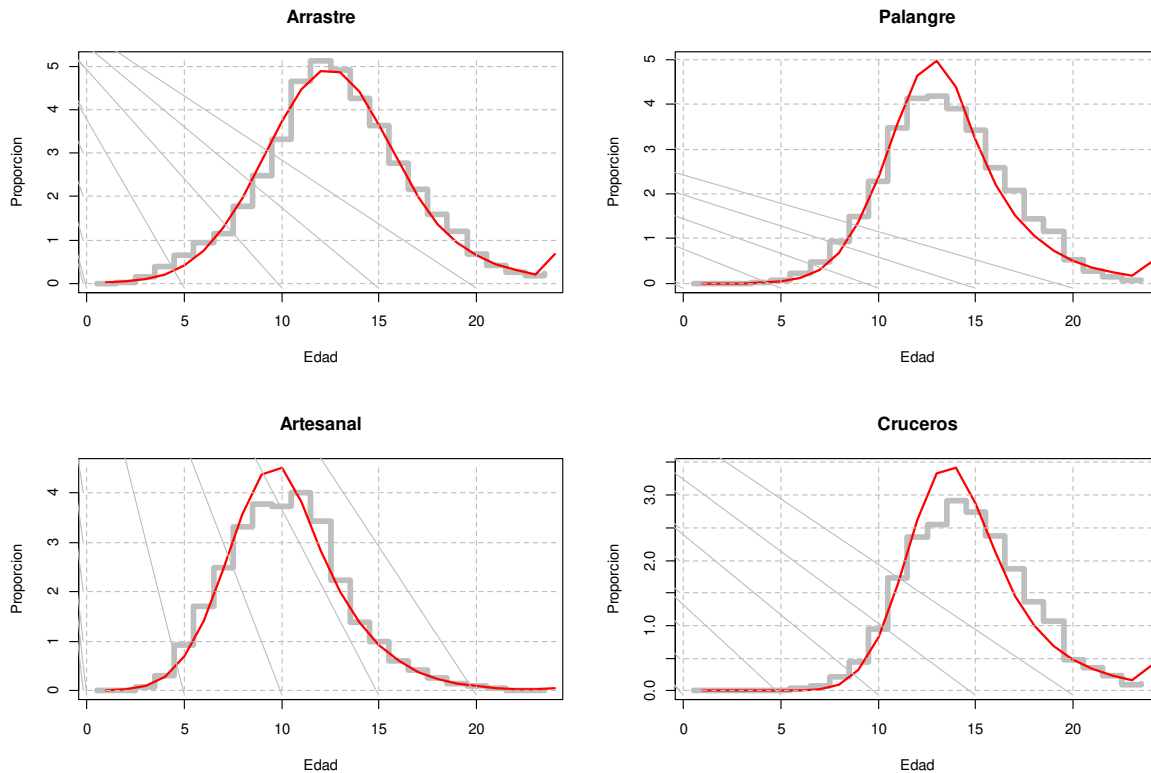


Figura 44. Ajuste del modelo de evaluación a las composiciones de edades marginales de las capturas por flota y los cruceros acústicos. La línea roja es el modelo de evaluación y las barras grises son los datos.

En la **Figura 45** se observa la selectividad del arte de pesca para cada flota, arrastre, palangre, espinel y crucero acústico. Las edades de des-reclutamiento son de aproximadamente 18 años para el arrastre, 19 años para el palangre, 12 años en la flota artesanal y 21 para el crucero acústico.

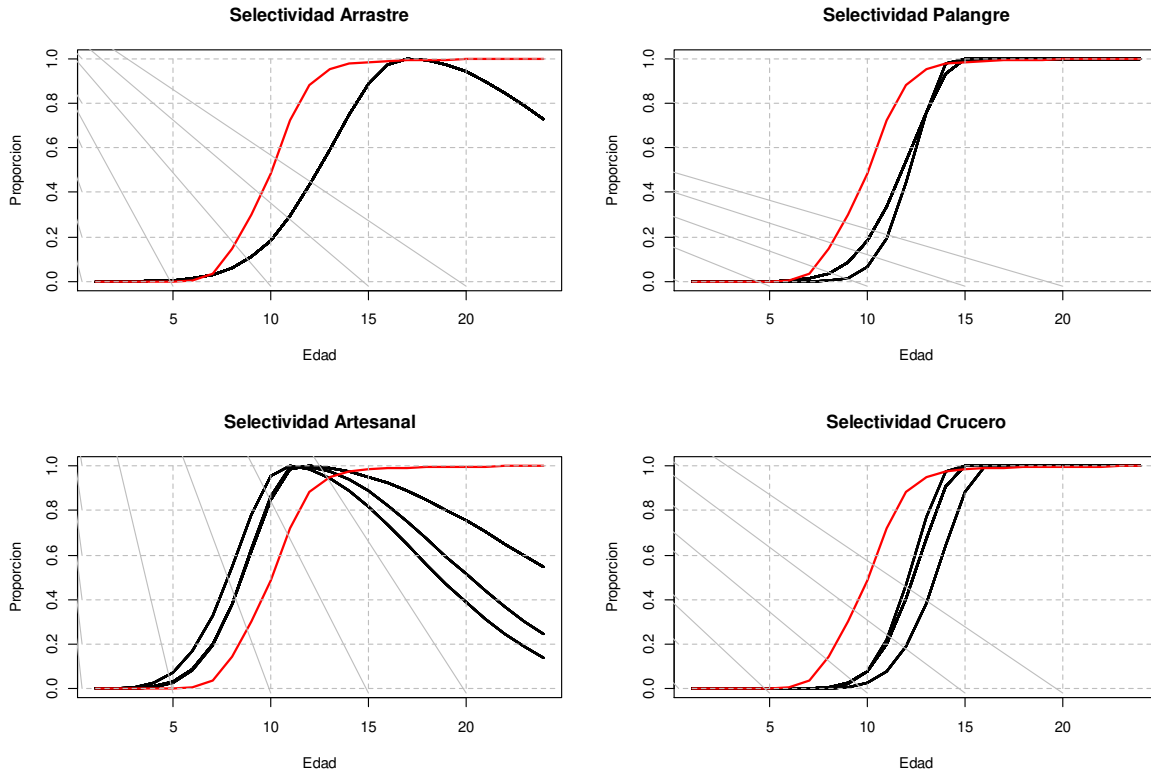


Figura 45. Patrones de selectividad a la edad por flota y los cruceros acústicos. La línea roja es la proporción de madurez a la edad.

4.1.5 Biomasa y mortalidad por pesca

La **Figura 46**, presenta la estimación para la biomasa desovante estimada a través del modelo de evaluación de stock. En este sentido se estima que la fracción reproductiva presenta un nivel inicial de 444 mil toneladas, la que luego de una sostenida reducción el año 1993 alcanza un valor de 160 mil toneladas. Más tarde y por causas asociadas tanto a períodos de mejora en la productividad (reclutamientos), así como una importante baja en presión pesquera, la población aumenta levemente y se estabiliza en niveles en torno a 200 mil t. Desde el 2016 y hasta el año 2023 en tanto, la biomasa desovante nuevamente se reduce alcanzando este último año 149 mil toneladas. Para los últimos dos años de la serie se observa un leve incremento de la biomasa desovante alcanzando las 151 mil toneladas (2024). La **Tabla 16**, presenta las estimaciones de las variables de estado (biomasa y reclutamientos), además presenta la mortalidad por pesca estimada y la condición de agotamiento del stock, determinadas por el modelo base ($BD_{2023}/BD_0=32.6\%$).

La mortalidad por pesca estimada por el modelo de evaluación muestra una relación directa entre el desarrollo de la pesquería, y del impacto de cada flota que captura merluza del sur. En este sentido se destaca que la pesquería parte con capturas asociadas a la flota arrastrera que como ya hemos dicho partiría el año 1995, donde esta variable se incrementa en 14 veces lo estimado en el año 1989 (en ausencia de intencionalidad). Desde el año 2003, los niveles de mortalidad por pesca habrían superado en 16 oportunidades los niveles de pesca asociados al máximo rendimiento sostenible ($F_{mrs}=0.231$), y también desde este año se supera 17 veces el nivel de mortalidad natural de la especie ($M=0,18$) (**Figura 46**). En esta figura se presenta además el agotamiento poblacional como razón entre la biomasa desovante y la biomasa desovante virginal (estimada en 457 mil toneladas).

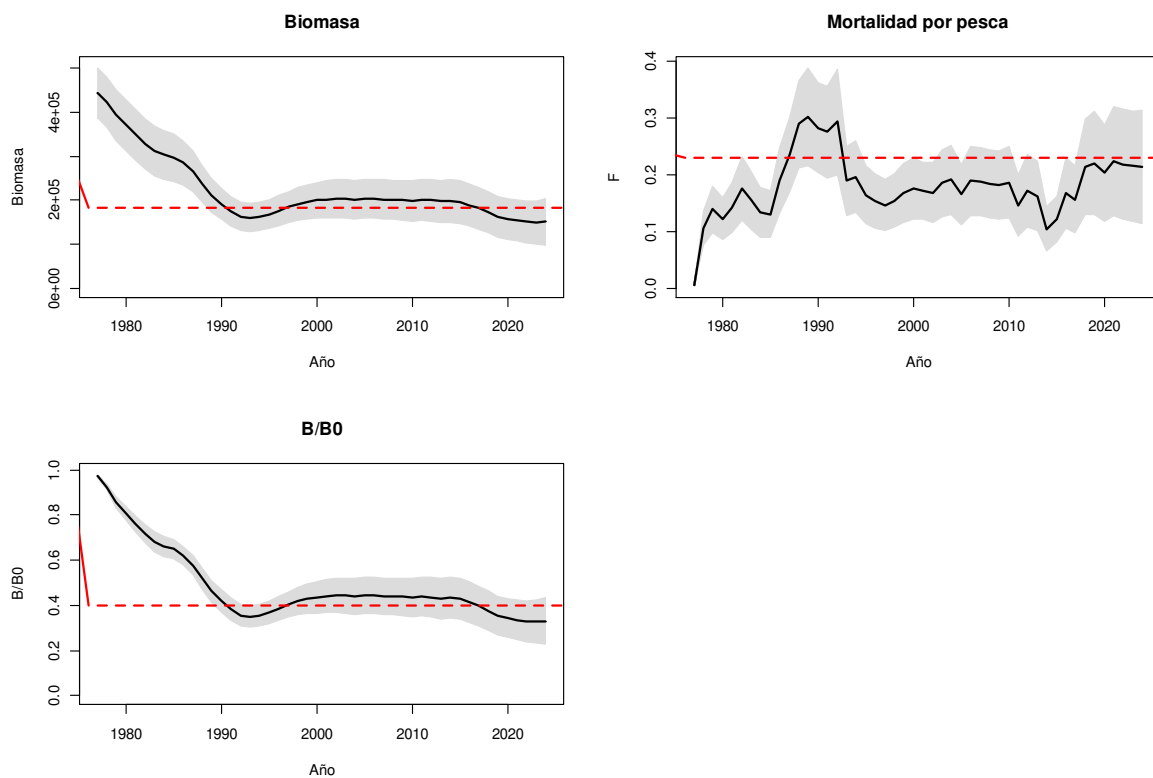


Figura 46. Biomasa, mortalidad por pesca y razón de agotamiento poblacional respecto del objetivo de manejo (línea horizontal). El área sombreada es el intervalo de confianza al 95%.

4.1.6 Reclutamientos

La **Figura 47** presenta los reclutamientos estimados por el modelo de evaluación, los cuales son estimados como desvíos logarítmicos normales en torno a un valor medio. Estos desvíos, son además restringidos en torno a una relación stock recluta Beverton y Holt, cuyos parámetros son estimados en el modelo ($\alpha = 197.2$ y $\beta = 54928$).

Los reclutamientos de merluza del sur se caracterizan por presentar periodos de productividad con cierta ciclicidad, el primer periodo está caracterizado por presentar una productividad positiva entre los años 1978-1980 (con anomalías positivas del reclutamiento), seguido por un periodo de baja productividad con estimaciones por debajo del nivel histórico promedio de la serie (1981-1988). Posteriormente se estima habría existido un nuevo periodo de alta productividad; caracterizado por presentar anomalías positivas del reclutamiento entre los años 1989 y 2001, y para los años 2002 al 2015 un periodo de reclutamiento bajo el nivel promedio; y finalmente en el periodo 2016-2019 se calcula habría existido un escenario de anomalías positivas. Cabe destacar que en el último año de evaluación los desvíos del reclutamiento están en niveles en torno a cero. Es necesario comentar que durante el período de alta productividad (1989-2001), el reclutamiento creció sostenidamente con valores extremos (año 1997) y cuyo paso por la pesquería fue registrado en las composiciones de edades de las capturas y cruceros. Lo anterior confirma, que a partir del año 2001 la fuerza de las clases anuales disminuyó notablemente (periodo en que se incrementan las capturas por la flota palangrera), pese a esto de igual forma se estiman algunos años con ingreso de cohortes de gran importancia (que pueden ser observadas en las estructuras medias entre los años 2001-2004). Finalmente llama la atención el alto valor de reclutamiento estimado para el año 2019, el cual coincide con las observaciones presentes en la estructura de la flota arrastrera

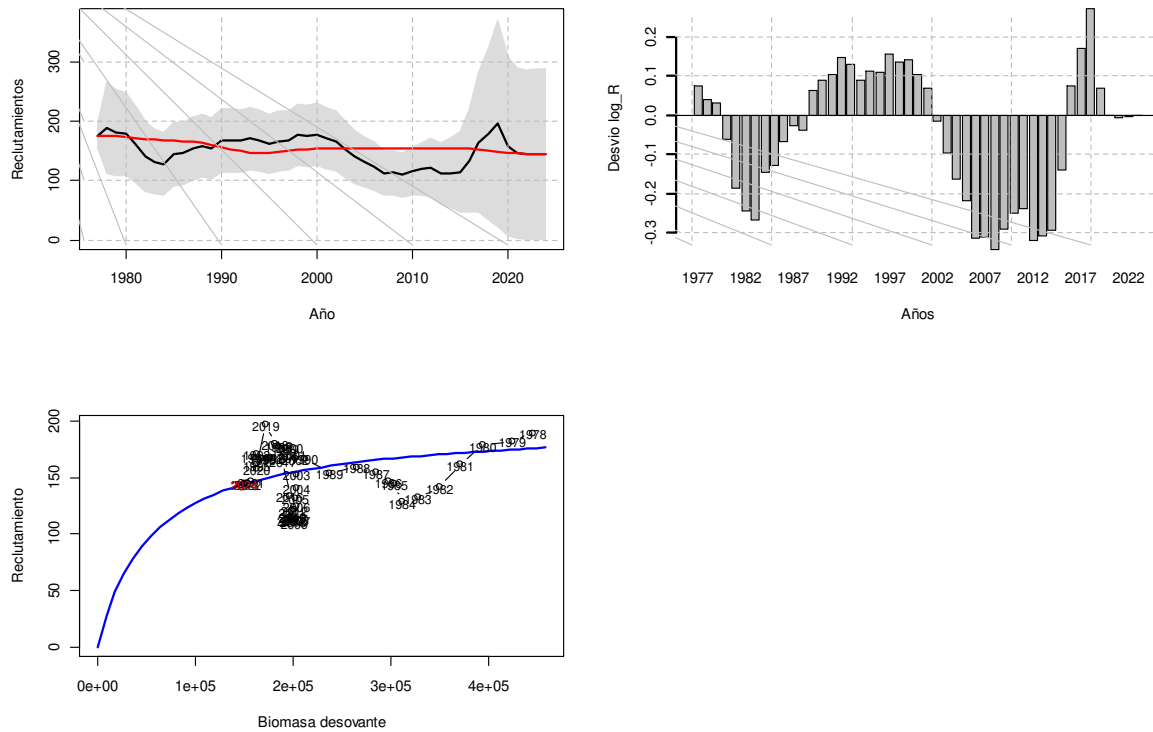


Figura 47. Variaciones anuales de los reclutamientos de merluza austral. El área sombreada es el intervalo de confianza al 95%. La línea negra son las estimaciones y la línea roja el modelo stock-recluta. Anomalías anuales de los reclutamientos anuales. Relación stock-recluta junto la dispersión de las estimaciones.

Tabla 16. Biomasa desovante (BD), reclutamientos (R), mortalidad por pesca (F), razón de mortalidad respecto de la mortalidad objetivo (F/Frms) y razón de agotamiento poblacional respecto del objetivo de manejo (B/Brms).

Año	BD (t)	R	F	F/Frms	BD/BDrms
1977	444589	176	0.006	0.027	2.428
1978	423374	189	0.106	0.457	2.312
1979	393254	182	0.139	0.603	2.148
1980	370212	178	0.122	0.530	2.022
1981	349520	162	0.141	0.612	1.909
1982	327241	141	0.176	0.761	1.787
1983	311545	132	0.155	0.672	1.702
1984	302995	128	0.134	0.581	1.655
1985	297160	144	0.131	0.566	1.623
1986	284866	146	0.189	0.820	1.556
1987	264526	155	0.236	1.023	1.445
1988	237065	159	0.290	1.254	1.295
1989	212049	154	0.303	1.311	1.158
1990	191816	167	0.282	1.223	1.048
1991	176146	168	0.275	1.192	0.962
1992	163002	167	0.293	1.270	0.890
1993	160879	171	0.190	0.821	0.879
1994	162851	168	0.197	0.851	0.889
1995	168501	161	0.165	0.712	0.920
1996	176381	167	0.154	0.666	0.963
1997	184832	168	0.147	0.635	1.009
1998	191851	178	0.155	0.670	1.048
1999	196745	176	0.168	0.729	1.075
2000	199850	177	0.176	0.763	1.092
2001	201845	172	0.171	0.742	1.102
2002	203489	166	0.169	0.731	1.111
2003	203158	153	0.186	0.804	1.110
2004	201918	141	0.191	0.829	1.103
2005	203183	132	0.165	0.714	1.110
2006	202899	125	0.190	0.821	1.108
2007	201855	113	0.188	0.815	1.102
2008	201123	114	0.184	0.797	1.098
2009	200497	110	0.182	0.788	1.095
2010	199002	116	0.187	0.809	1.087
2011	200688	120	0.146	0.631	1.096
2012	199754	122	0.173	0.747	1.091
2013	197184	112	0.163	0.704	1.077
2014	198313	113	0.105	0.454	1.083
2015	196649	115	0.122	0.528	1.074
2016	189042	134	0.168	0.727	1.032
2017	181799	165	0.157	0.679	0.993
2018	171708	180	0.213	0.924	0.938
2019	162615	196	0.221	0.956	0.888
2020	157590	158	0.203	0.879	0.861
2021	153519	146	0.224	0.970	0.838
2022	150696	144	0.219	0.948	0.823
2023	149584	144	0.215	0.931	0.817
2024	151262	144	0.214	0.925	0.826

4.1.7 Diagnóstico

4.1.7.1 Análisis retrospectivo

El análisis retrospectivo muestra que la biomasa es sobreestimada de manera persistente en un 9.9% promedio y un máximo del 19% el año 2020. Las razones de esta situación se deben a que el modelo sub estima el reclutamiento en 6% promedio y a la vez subestima la mortalidad por pesca en un 9.6% (Figura 48). El hecho que este patrón se proyecte hasta B0 indica que sería necesario revisar el valor de mortalidad natural y/o los supuestos de cambios en la capturabilidad.

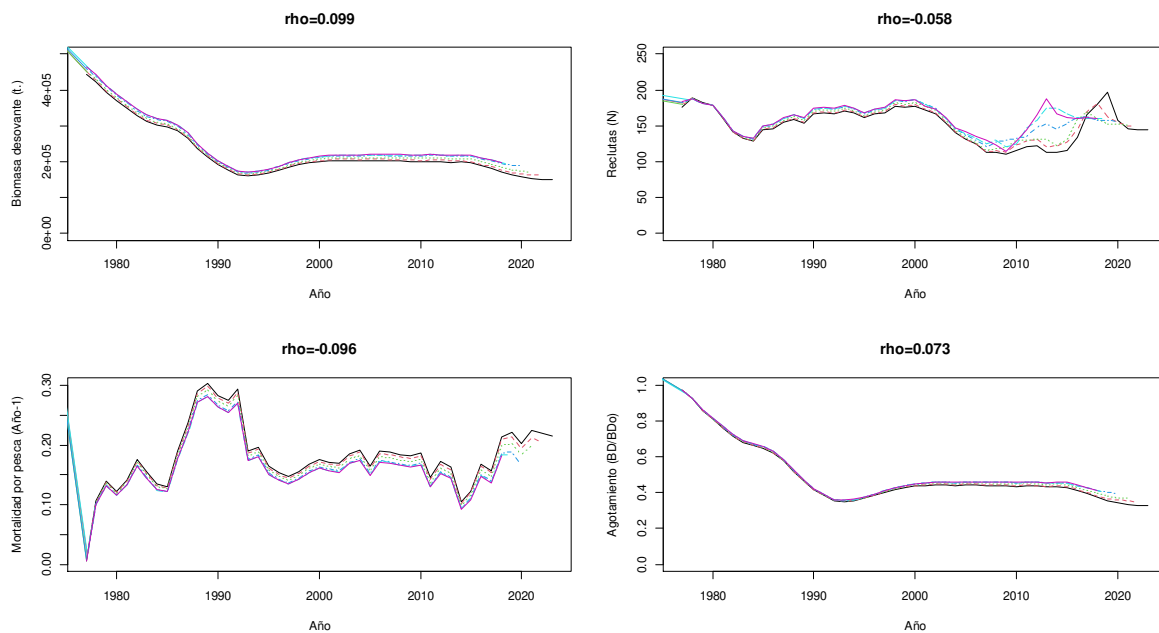


Figura 48. Análisis retrospectivo de la biomasa, reclutamientos, mortalidad por pesca y reducción poblacional B/B0 de merluza del sur. En el título se entregan los valores de error relativo promedio (ρ).

4.1.8 Estatus y Puntos Biológicos de Referencia

La **Figura 49** presenta los resultados de la estimación del PBR, donde se calcula la biomasa por recluta y el rendimiento por recluta, donde se estima una mortalidad que genera el máximo rendimiento sostenido igual a 0.231. Esta métrica considera el estado de conocimiento actual del recurso, así como también las consideraciones discutidas en el proyecto estimación de PBR (Payá *et al.*, 2014) y en el CCT-RDZSA (ver Acta 01/2013).

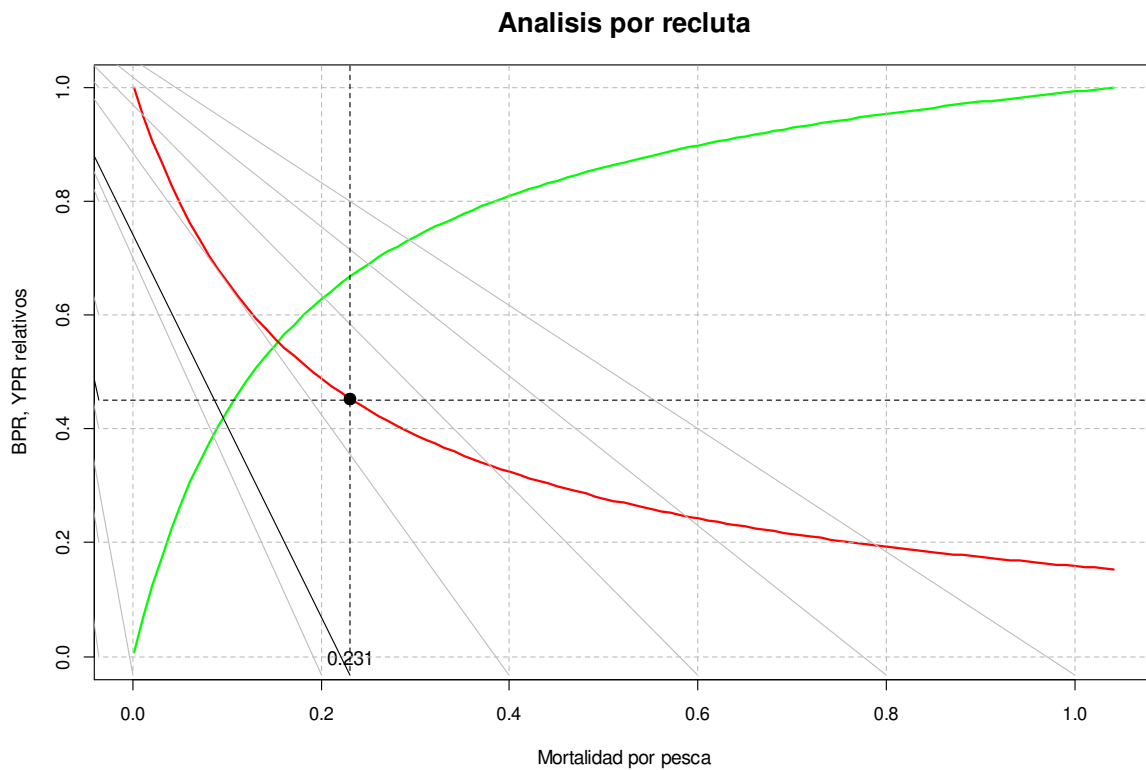


Figura 49. Modelo de análisis por recluta de merluza austral y cálculo de la mortalidad por pesca de referencia F45%.

La reducción de la biomasa desovante se muestra en la **Figura 50**, comenzando con una condición de subexplotación a inicios del período. Luego, los altos niveles de captura aplicados hasta los 90's produjeron una disminución abrupta del potencial reproductivo de la población, sobrepasando en 1991 el punto biológico objetivo. Al año 2023, el recurso merluza del sur se encuentra en un 33 % de la condición inicial. El estado actual de esta pesquería es de sobreexplotación y sobrepesca, con un valor de 0.83 BD/BD_{mrs} y de 0.93 para F/F_{mrs} al 2024.

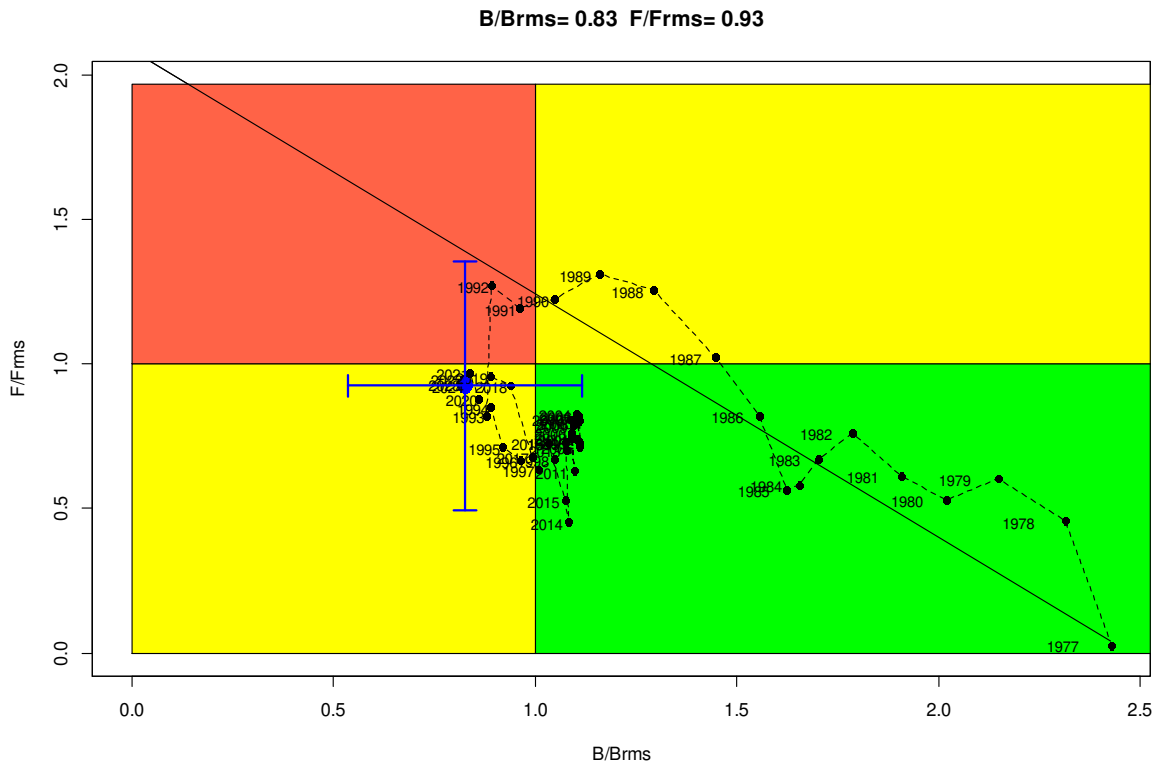


Figura 50. Diagrama de Kobe de merluza del sur. Las barras de color azul corresponden a los intervalos de confianza al 95%.

La **Figura 51** es solicitada formalmente, con la configuración presente, de acuerdo a los términos técnicos de referencia de la SSPA. Por lo tanto, no difiere de la figura anterior, y solo define colores y áreas de la manera que la solicita formalmente la autoridad. En este sentido podemos apreciar que desde el año 1977 al 1986 la población se encuentra en la zona de sub explotación, entre los años 1987 al 1992 en sobrepesca, luego se reduce la mortalidad por pesca pasando entre áreas de manera frecuente, con un mínimo de F/F_{ms} el año 2014 y la población tiende a recuperarse alcanzando la plena explotación inclusive volviendo a la zona de sub explotada. Finalmente, entre el año 2015 al año 2024 los niveles de mortalidad aumentan de manera paulatina llevando nuevamente a la población a la zona de sobre explotación.

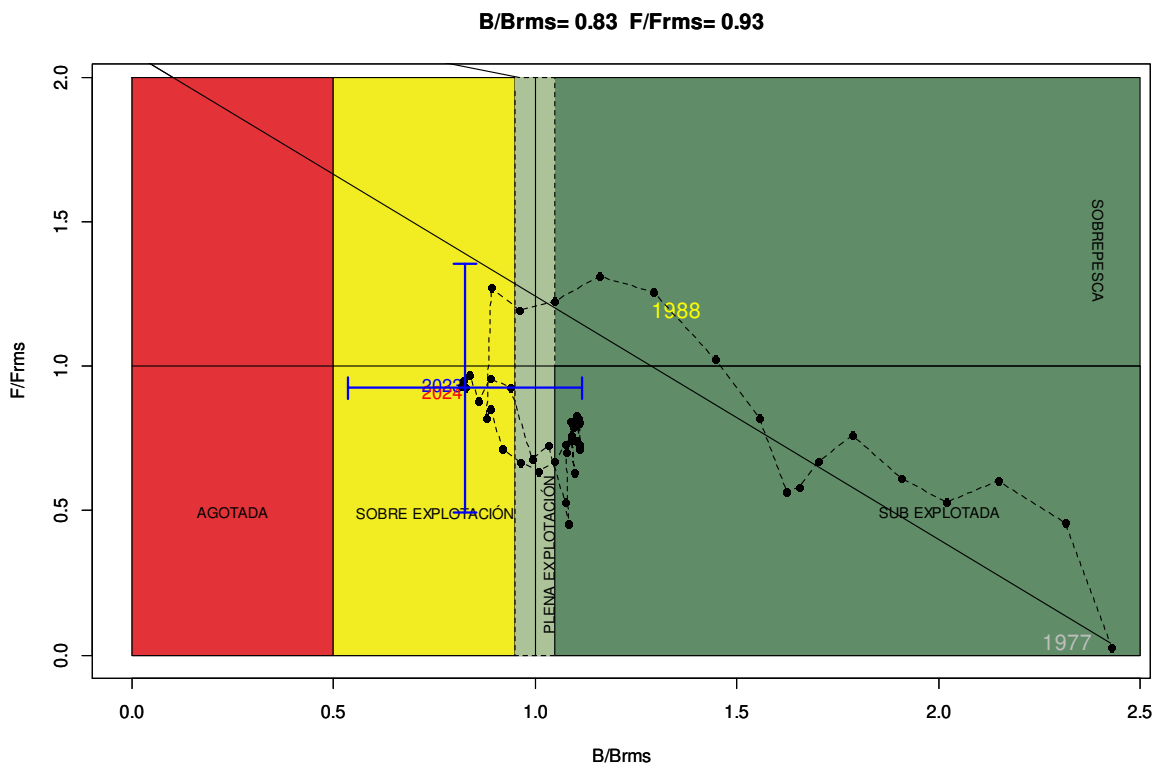


Figura 51. Diagrama de Kobe de merluza del sur. Las barras de color azul corresponden a los intervalos de confianza al 95%.

4.2 Objetivo Específico N°2:

Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente.

4.2.1 Capturas límites para el año 2024

En la **Tabla 17** se presentan las capturas biológicamente aceptables para distintos niveles de riesgo analizados, bajo dos niveles de explotación asociados a estrategias de captura (F_{RMS}). Integrando los distintos escenarios el valor de capturas biológicamente aceptable esperado se sitúa entre 23 mil toneladas y 33 mil toneladas. Considerando el riesgo del 50% de exceder el criterio de explotación, la CBA asociada a la estrategia de captura del máximo rendimiento sostenible sería de 28 mil toneladas para la temporada 2025.

Tabla 17. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para merluza del sur 2025 ante distintos escenarios de mortalidad por pesca objetivo ($F_{45\%}$) y riesgos de excederlas ($p(F > F_{obj})$).

	F=0	0.8 F45%	F45%	1.2 F45%
F	0.00	0.18	0.23	0.28
Percentil				
0.1	0	16817	20777	24646
0.2	0	19007	23474	27834
0.3	0	20586	25418	30133
0.4	0	21936	27080	32097
0.5	0	23197	28633	33933

4.2.2 Proyecciones

En términos generales podemos apreciar en la proyección de la población, que sólo en dos casos analizados permiten recuperar el stock reproductivo en el plazo de proyección evaluado (30 años) (**Figura 52**). En el mismo contexto, el plazo de proyección no permite alcanzar el nivel objetivo, ni con una política del MRS (solo de manera marginal, o con una baja probabilidad), así como tampoco con una política de $1.2 * F_{ms}$. En este sentido, cualquier nivel de explotación logra un rápido crecimiento de la población al año 2030, sin embargo, las pendientes cambian su tendencia creciente después de este año haciendo más paulatino el incremento dependiendo del nivel de presión de pesca que se utilice para administrar la población de merluza del sur.

En relación al nivel de capturas se aprecia que la remoción que provoca un aumento importante de la fracción desovante proyectada corresponde a utilizar un ponderador del $0.8 * F_{ms}$ ($F_{45\%}$). Esta estrategia permitiría alcanzar el nivel objetivo en el año 2028, por lo tanto, comenzar con capturas en torno a las 23 mil t., las cuales se irían incrementando paulatinamente, permitiría superar el nivel objetivo de manejo. En relación al desempeño de la política de explotación relacionada con el mantener un nivel objetivo (F_{ms}) no permite alcanzar el objetivo en el plazo evaluado, y aunque mejora el estado actual de agotamiento poblacional, este solo llega a un 38.6% al final del plazo de evaluación.

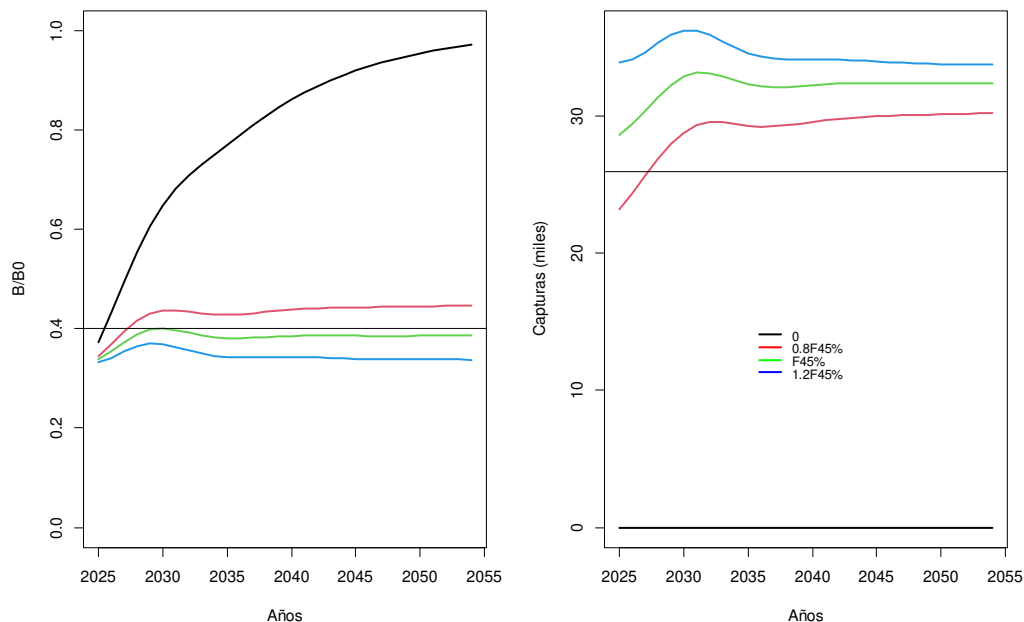


Figura 52. Proyección del valor esperado de la biomasa desovante relativa a B0 y capturas de merluza del sur para 4 escenarios de mortalidad por pesca objetivo. La línea horizontal en el gráfico B/B0 es el objetivo de manejo y en el gráfico de las capturas es la captura esperada para el 2023.

4.2.3 Probabilidades

De igual forma, podemos comentar que la probabilidad que la biomasa actual se encuentre por debajo del nivel objetivo corresponde a $P(BD_{2023}/BDo < 0.4) = 0.934$ y al nivel límite asociado a resguardar al menos el 20% de la biomasa virginal es $P(BD_{2022}/BDo < 0.2) = 0.005$. La **Tabla 18 y 19** analiza el riesgo de haber superado la condici3n de los PBR específicos de merluza del sur, definidos por el Comité Científico, y que corresponden a proxys del rendimiento máximo sostenible: $BRMS = 40\%BDo$ (objetivo); $BRMS/2$ (límite) y $FRMS = 45\%BDPR$. Para poder entender el nivel de riesgo asociado a la condici3n del stock, se ha incluido evaluar distintos escenarios relacionados con las proyecciones del estatus bajo distintos escenarios de explotaci3n. En este sentido, se ha considerado evaluar el riesgo que la biomasa desovante proyectada para el último año (B_{2050}) se encuentre por debajo del nivel del nivel actual, del nivel objetivo (1) o en torno al valor límite (0,5). Por lo tanto, podemos observar que existe un alto riesgo al asumir que la biomasa proyectada se encuentre por debajo del nivel objetivo relacionado con el 40% de BDo (si se asumen capturas en torno o superior al MRS), y un riesgo despreciable de que nos encontremos por debajo de 20% de B_{rms} . En relaci3n a la condici3n de la mortalidad por pesca, ésta se encuentra sobre el nivel objetivo, lo que representa un riesgo mayor que la condici3n se encuentre en niveles no sustentables de pesca.

Tabla 18. Resumen de variables de interés, tasas y probabilidades de la biomasa del 2024, en relaci3n con la sobreexplotaci3n y el colapso.

Variable de interés	Valor
B0	457737.5
Bobj (40%Bdo)	183095
Blim (20%Bdo)	91548
BD2023	149580
BD2024	151260
BD2023/BDmrs	0.817
BD2024/BDmrs	0.826
BD2023/Bdo	0.327
BD2024/Bdo	0.330
$P(BD_{2023}/BD0 < 20\%)$	0.005
$P(BD_{2023}/BD0 < 40\%)$	0.934
$P(BD_{2024}/BD0 < 20\%)$	0.007
$P(BD_{2024}/BD0 < 40\%)$	0.906

Tabla 19. Reducci3n de la biomasa al a1o 2027 y 2054 respecto del 2024, riesgos de reducci3n, de sobreexplotaci3n y de colapso ante distintos escenarios de mortalidad por pesca objetivo (F45%).

	F=0	0.8 F45%	F45%	1.2 F45%
F	0.000	0.185	0.231	0.277
B2027/B2024	1.498	1.192	1.130	1.072
P(B2027<BD020%)	0.000	0.002	0.003	0.005
P(B2027<BD040%)	0.126	0.537	0.664	0.777
B2054/B2024	2.941	1.351	1.168	1.022
P(B2054<BD020%)	0.000	0.000	0.000	0.000
P(B2054<BD040%)	0.000	0.059	0.691	0.990

4.2.4 Análisis de sensibilidad

Se analizó el desempeño del modelo base (base) respecto de distintos escenarios discutidos en la tercera sesión del CCT-RDZSA, donde se abordó el procedimiento de manejo (Datos, modelos y escenarios/Revisión de pares/Evaluación de estrategias de manejo) de Merluza del sur. En este sentido y para poder calcular series que consideraran los resultados (preliminares) del proyecto de descarte desarrollado por IFOP, y relacionados con ponderaros por flota los cuales son presentados en la **Tabla 20**. con estos datos se pudieron corregir series de desembarques oficiales para calcular un escenario con desembarques oficiales y ponderadores derivados del proyecto de descarte (S1), así como también tener una serie que corrigiera las series de desembarques oficiales para el periodo 1977-2014 con la metodología de Paya 2015, y desde el año 2015 al 2023 utilizara los factores de corrección del proyecto de descarte (S2).

Tabla 20. Ponderadores del descarte por flota para la serie 2015-2023.

Año	Factor de descarte		
	Arrastre	Palangre	Artisanal
2015	1.335	1.027	1.005
2016	1.623	1.020	1.001
2017	1.112	1.041	1.001
2018	1.058	1.271	1.022
2019	1.030	1.003	1.001
2020	1.034	1.005	1.000
2021	1.010	1.003	1.034
2022	1.009	1.001	1.021
2023	1.040	1.002	1.041

Por otro lado, y considerando que no se realizó del crucero acústico para el año 2023, es que se utilizó una serie de tiempo, con la finalidad de tener valores predichos para la serie 2023 y 2024. Este último año si se realizó crucero, pero a la fecha de la realización de este documento técnico no se cuenta con los resultados para ser incorporados en la presente evaluación de poblaciones. Fue así como el estudio de previsión permitió contar con un escenario similar a lo estimado en el año 2022 (S3), un caso pesimista caracterizado por el valor del límite inferior de la previsión realizada (S4), y finalmente un caso optimista derivado del uso del límite superior de la previsión (S5). Los análisis muestran que los cambios no generaron cambios importantes a nivel de la condición de agotamiento poblacional, y si en niveles de mortalidad por pesca del año más reciente. En este sentido podemos destacar que en general los casos analizados presentan convergencia en la reducción de la población con niveles entre 30% y 34 %. Llamando la atención que el caso S2 presenta una condición de agotamiento inicial, muy

distinto al resto de los casos, partiendo el año 1977 en una reducción en torno al 62% de la condición virginal. En relación a la mortalidad por pesca en términos de la mortalidad de referencia, se aprecia que los casos que utilizan series de captura distintos del modelo base producen una condición de explotación más prudente que el modelo base. Lo anterior se debería a que los ponderadores utilizados en estos casos reflejan mejores remociones del recurso (**Figura 53**).

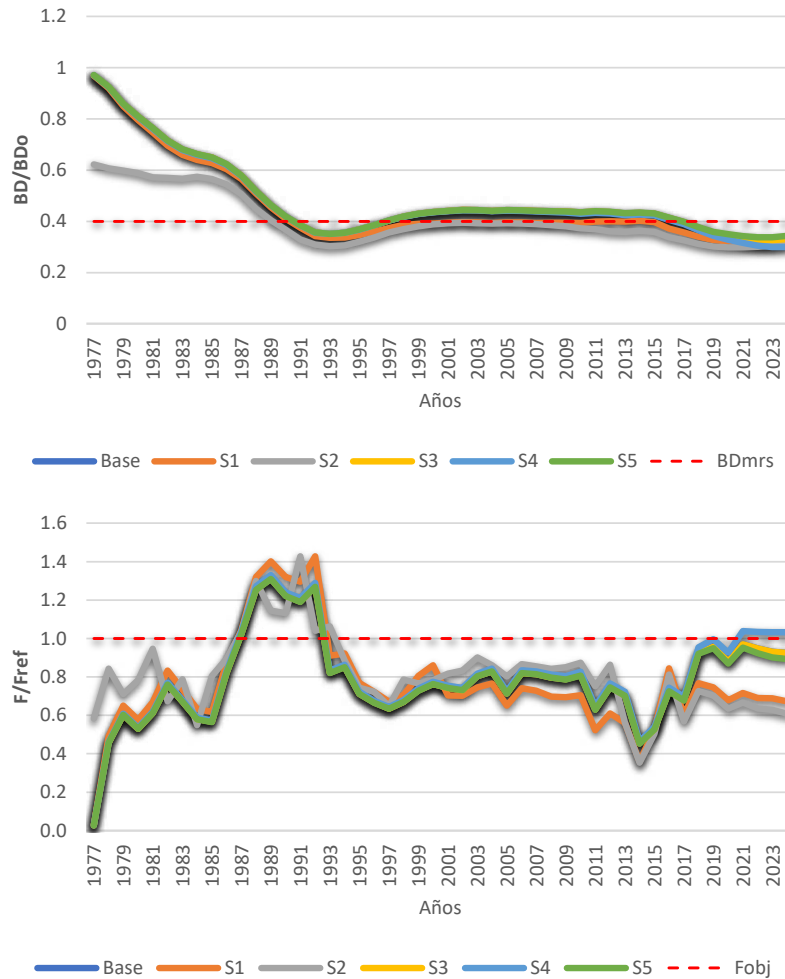


Figura 53. Agotamiento poblacional (B/B0) y mortalidad por pesca relativa de merluza del sur según escenario.

El análisis de los componentes marginales de verosimilitud indica que los cambios series de capturas y datos del crucero acústico, generaron mínimos cambios en los ajustes del modelo a los datos, lo que puede ser visualizado al comparar la verosimilitud total (LL_total). En términos del impacto de los distintos escenarios de captura, se aprecia que la log-verosimilitud afectó particularmente, y de manera positiva (un mejor ajuste); al caso S2 sobre el componente de verosimilitud de la flota palangrera y espinelera, no así para la flota arrastrera, donde el ajuste empeoró notablemente. Por otro lado, y en términos del efecto de los distintos casos analizados sobre las series de CPUE se aprecia que no hubo cambios significativos entre escenarios. En relación con el ajuste del índice acústico, se aprecia que la mayoría de los casos, se acerca de manera satisfactoria a esta pieza de información, con la excepción del escenario S4 que utiliza un valor muy pesimista para los años 2023 y 2024 (LL-base= 2.985 vs LL-S4=8.705). Independientemente de los escenarios, el nivel de agotamiento poblacional en los últimos ocho años se encuentra por debajo del objetivo de manejo y niveles de mortalidad por pesca inferiores al criterio técnico de explotación F40%. En el escenario base S4, la población se encontraría en un 75% del objetivo de manejo en tanto el esfuerzo de pesca o mortalidad por pesca supera en un 3% el esfuerzo de pesca máximo (Tabla 21).

Tabla 21. Componentes marginales de la Log-verosimilitud (LL) del modelo de evaluación de merluza del sur y variables de estado asociadas. El valor LL total no es comparable en los escenarios 5 y 6 debido al cambio de peso en los datos.

		Casos					
	Nombre	Base	S1	S2	S3	S4	S5
Log-verosimilitud	CPUE_arrastre	8.829	9.082	12.318	8.829	8.911	8.842
	CPUE_palangre	11.769	12.330	13.368	11.773	11.167	12.011
	CPUE_espinel	6.868	6.593	7.043	6.867	7.087	6.794
	Biom_acustica	2.985	3.057	3.048	2.986	8.705	4.195
	Y_arrastre	0.172	0.227	2.039	0.172	0.213	0.168
	Y_palangre	0.015	0.023	0.011	0.015	0.015	0.015
	Y_espinel	0.052	0.085	0.038	0.052	0.056	0.052
	frec_arrastre	1169.360	1169.800	1172.640	1169.360	1169.260	1169.400
	frec_palangre	422.628	423.261	421.341	422.627	422.687	422.595
	frec_espinel	1507.880	1508.710	1507.650	1507.880	1507.830	1507.920
	frec_acustica	279.706	279.734	279.415	279.705	279.979	279.665
	LL_total	3410.260	3412.900	3418.920	3410.270	3415.910	3411.650
	ΔLL	0.000049	0.000028	0.000095	0.000097	0.000080	0.000095
Variables de estado	Ro	176.07	161.37	188.97	176.09	174.41	176.44
	BDo	457738	419507	491267	457757	453419	458702
	BDmrs (40%*Bdo)	183095	167803	196507	183103	181367	183481
	BDlim (20%*Bdo)	91548	83901	98253	91551	90684	91740
	BD2023	149584	134458	150571	149671	135577	154946
	BD2024	151262	138007	156145	151362	135936	157294
	BD2024/BDo	0.33	0.33	0.32	0.33	0.30	0.34
	BD2024/BDmrs	0.826	0.822	0.795	0.827	0.750	0.857
	F2024/Fmrs	0.925	0.672	0.609	0.925	1.033	0.892

4.3 Objetivo Específico N°3:

“Asesorar a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, al Comité Científico Técnico y a los Comités de Manejo en las materias técnicas y de oportunidad que esta Subsecretaría requiera”

4.3.1 Hitos de asesoría

La asesoría para el manejo en el estudio Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de merluza del sur durante el año 2024 comprendió la evaluación de diversas formulaciones y solicitudes de la contraparte (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura) así como también de las inquietudes expresadas en las sesiones del CCT-RDZSA. En relación a este punto, para dar inicio al proceso de asesoría, IFOP presentó una propuesta de trabajo anual y planificación en la sesión del CCT-RDZSA y en el comité de manejo (CM), la cual consideró dar atención a los requerimientos de información en torno a la revisión de las series de captura y el avance en la evaluación de escenarios de productividad (h). Adicionalmente, el proceso de asesoría incluyó la participación en el proceso de revisión de pares y mejora experta de las evaluaciones indirectas de stock de los recursos merluza del sur y merluza de tres aletas (FIPA 2023-27).

A continuación, la **Tabla 22** resume los hitos de asesoría 2023-2024 realizados de acuerdo con las necesidades de asesoría y manejo.

Tabla 22. Hitos y fechas de ejecución de la asesoría al CCT-RDZSA relacionada con la evaluación de stock en los años 2024-2025.

Hito	Fecha
1. Informe Documento Técnico Asesoría a la Gestión Técnica 2024	Marzo 2024
2. Presentación al CM sobre resumen asesoría 2024 y programación estudio 2025	2 de abril 2024
3. Primera sesión del CCT-RDZSA sobre programación 2024	7 de mayo
4. Revisión Evaluación de stock, proyecto FIPA 2023-27 "Revisión merluza del sur y merluza de tres aletas / Segunda sesión CCT-RDZSA	3-7- junio 2024
5. Tercera sesión del CCT-RDZSA sobre Datos y modelos	2-3 julio
6. Cuarta sesión del CCT-RDZSA PM, escenarios y reglas	6 y 7 agosto
7. Informe técnico asesoría científica sobre estatus y CBA 2025	23 de septiembre
8. Quinta sesión CCT-RDZSA Estatus y CBA Msur	14-15 octubre
9. Sexta sesión CCT-RDZSA revisión resultados benchmarck	Noviembre 2024
10. Mejoramiento de la evaluación de stock de merluza del sur y tres aletas, FIPA 2023-27	6-10 enero 2025

La sesión 2 del CCT-RDSZA se realizó en el marco del Taller Internacional de Revisión y mejora experta organizado por el proyecto FIPA 2023-27 entre el 3-7 de junio de 2024 en el cual la asesoría correspondió a la presentación del modelo conceptual, datos e información utilizados en el modelo de evaluación de stock, modelo de evaluación de stock y PBR, estatus del recurso y proyecciones usando el modelo base.

Del taller de mejora experta de la evaluación de stock (FIPA 2023-27) se recopilaron las siguientes recomendaciones generales a la evaluación de stock de la merluza del sur en cada uno de los aspectos que los revisores consideraron pueden optimizar la evaluación del recurso.

Tabla 23. Recomendaciones preliminares del Taller de Revisión de expertos para la mejora de la evaluación de stock de merluza del sur.

Actividad	Recomendación	Justificación	Indicador	Plazo
Nivel 1				
Madurez y Peso por Edad	Incorporar datos de madurez y peso por edad con variación temporal	La madurez se incorpora como un vector fijo e invariable en el tiempo para cada edad, estimado como un promedio ponderado a la captura	Datos de madurez y peso a la edad	Corto
Proyecciones de Biomasa	Proyectar la biomasa en el corto plazo (3-5 años)	Se realizan suposiciones optimistas sobre la recuperación rápida de la biomasa en un tiempo determinado	Proyecciones de biomasa Estatus y CBA	Mediano
		La biomasa es dependiente del supuesto de reclutamiento, por lo que usar el reclutamiento histórico promedio supone un escenario optimista		
	El modelo de evaluación debe terminar en 2022 (t-1) y proyectar la dinámica poblacional desde el 2023 (t) hacia adelante para propagar la incertidumbre al año donde se estima la CBA	En el modelo se asumen los desembarques de 2023 (t) iguales a 2022 (t-1) y se proyecta el modelo desde 2024 hacia adelante (t+1).		
Índice de crucero acústico	Usar los valores de biomasa total estimada por el crucero sin procesar	La incorporación solo de ejemplares adultos puede generar inconsistencias en el modelo de evaluación ya que también se incorpora la madurez variable a la edad	Biomasa total estimada por el crucero	Corto
Estandarización de CPUE	Revisar y mejorar la estandarización del	Existe incertidumbre en los predictores del esfuerzo que	Series de CPUE para cada flota	Mediano

	CPUE para reflejar correctamente las tendencias de abundancia.	permiten estimar adecuadamente la abundancia del recurso		
	Considerar las series de captura por la flota de arrastre de forma independiente	Existen diferencias entre las series temporales de CPUE de la flota de arrastre (1979-1997 y 1998-2022), las cuales podrían ser atribuidas a cambio de zona de pesca		
	Usar proceso de selección de modelos de estandarización de CPUE			
Monitoreo del Descarte y subreporte	Incorporar el proceso de estandarización como un anexo	Facilita la lectura y disminuye la extensión del documento de evaluación		
	Evaluar escenarios de sensibilidad que incorporen la incertidumbre generada por descarte y subreporte en la flota artesanal	Existen altos niveles de incertidumbre sobre los valores de desembarque artesanal.	Escenarios alto, medio o bajo de descarte y subreporte	Mediano
	Establecer un protocolo de monitoreo para evaluar empíricamente los niveles de sub-reporte y descarte	Se desconocen los niveles de descarte, sub-reporte y pesca ilegal en la flota artesanal, lo cual genera alta incertidumbre en las estimaciones	Tasas de descarte por flota Niveles de sub-reporte	Largo
	Estimar ponderadores de descarte y subreporte	Los valores de descarte y sub-reporte en las flotas industriales al inicio de la pesquería son desconocidos		
Nivel 2				
Cambio en el modelo de implementación de la evaluación de stock	Implementar la evaluación del recurso de merluza del sur en Stock Synthesis SS3	Actualmente la evaluación utiliza PBR dinámicos un proxy al FMSY (F45%) y no provee una estimación de FMSY, por lo que se desconocen los niveles adecuados de FMSY para el stock. Los límites entre steepness h y capturabilidad Q del crucero no pueden ser establecidos dados los datos		Largo

Manejo ecosistémico	Explorar la incorporación del enfoque ecosistémico en el manejo de la pesquería	Actualmente se consideran solo las relaciones tróficas dentro de la evaluación de stock, sin embargo, no se consideran otros aspectos de interacciones interespecíficas, con el medio físico y con la dimensión humana que son necesarias para abordar el manejo del recurso desde un enfoque más sostenible	Indicadores de estatus biológico/oceanográfico/dimensión humana	Largo
Otras recomendaciones			Factibilidad	
Reportar F por flota			Media	
Incorporar bloques temporales de capturabilidad en el índice del crucero			Alta	
Revisión del diseño de muestreo del crucero			Baja	
Valores fijos de CBA, no proveer rangos			Requiere acuerdos	
Reportar todos los parámetros estimados			Alta	
Usar los términos “el stock está en estado de sobrepesca” y “existe sobrepesca” en los reportes y diagramas de fase			Alta	
Definir adecuadamente los PBR y unificar el criterio usado para los proxies de BDMSY y FMSY (40 o 45% para ambos)			Requiere acuerdos	
Considerar un enfoque altamente precautorio FMSY como punto de referencia limite y en la regla de mortalidad por pesca constante que ajustar un ponderador de FMSY o de su proxy (ej: 0.75 del proxy de FMSY, escenario más conservador con los ajustes realizados por los revisores), con el reporte de una sola probabilidad de riesgo deseado, preferiblemente el riesgo más alto			Requiere acuerdos	
Unificar el formato de reporte National Marine Fisheries Service (NMFS) o de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)			Requiere acuerdos	

Independientemente de la revisión del modelo de la evaluación de stock y las recomendaciones de los expertos, las actividades de estandarización de la CPUE de las flotas industrial y artesanal corresponden al plan de trabajo para la mejora continua de la calidad del proceso de asesoría el cual ha incorporado modificaciones y solicitudes del CCT- RDZSA (Quiroz et al 2022). En la Asesoría 2024, el modelo base actual (asesoría 2023) correspondió al escenario Mod0_03 implementado en la asesoría año 2019 y revisado durante el año 2023. Se mantiene la división de las series de captura para la flota de arrastre por incompatibilidad en los datos de captura y esfuerzo (1979-1997 y 1998-2023) modificando los coeficientes de variación de los índices de abundancia del crucero y de las flotas industriales. Se incorporaron los pesos medios a la edad por flota y del crucero, según consta en Acta de la Sesión 03/2024. En cuanto a la necesidad de evaluar los escenarios de productividad, el modelo incorporó un escenario que contempla el valor de steepness de 0.7 (Wiff et al 2018), valor considerado por el CCT-RDZSA como más representativo del stock de Merluza del sur sustituyendo el valor steepness $h=0.5$ (Contreras et al 2023).

De la evaluación se derivó la presentación del estatus y CBA, en la cual, para esta asesoría, el stock de Merluza del sur se encontró al 33% de su tamaño inicial, calificándose en estado de “sobreexplotación” debido a que la Biomasa desovante de este stock se encontraría en un 82.6% con respecto al tamaño que generaría el RMS (Sesión N°4/2024 CCT-RDZSA). Se estima que la mortalidad por pesca al año 2023 se encontraría un 7% por bajo F40% RMS, sin sobrepesca. La asesoría presentó ponderadores de CBA para diferentes factores de riesgo, sin embargo, en el CCT-RDSA se adoptó un enfoque de “statu quo” para la recomendación de CBA 2025, considerando la CBA establecida en 2019 de 19.501 toneladas, la cual fue corregida por el valor de descarte informado por seguimiento de 1.04 para recomendar la CBA en un rango entre 15000 y 18751 toneladas.

4.4 Objetivo Específico N°4:

“Implementar análisis de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE”.

4.4.1 Implementación de a Evaluación de Estrategias de Manejo

La implementación de la Evaluación de Estrategias de Manejo para la merluza del sur contempló la realización de un taller en el Hotel Palacio Astoreca, entre el 18-22 de noviembre de 2024, con jornadas entre las 9:00-17:00 horas cada día. En este taller participaron Quang Huynh, experto de Bluematter, investigadores del instituto de Fomento Pesquero, miembros de la subsecretaría de pesca y acuicultura, del CCT-RDZSA y del CM de merluza del sur. La implementación consideró diferentes tópicos de EEM, la identificación de la incertidumbre sobre la merluza del sur, que permitió formular distintos Modelos Operativos (MO), y posteriormente definir los procedimientos de manejo (PM) a ser probados. Lo anterior considerando las reglas de control de captura propuestas por los administradores y usuarios de la pesquería con la intención de determinar la probabilidad de recuperación del stock y mantener las capturas frente a baja abundancia del stock. Las simulaciones de las proyecciones se realizaron sobre el modelo de evaluación de stock para predecir el desempeño de los indicadores de estatus, rendimiento y estabilidad bajo las diferentes reglas de control contempladas en los modelos operativos, incluyendo la regla de control actual.

Identificación de incertidumbre y modelos operativos

Los modelos operativos requieren incorporar aspectos de la dinámica biológica y pesquera de la merluza del sur cuya incertidumbre no ha podido ser evaluada con los datos existentes de tal manera que los escenarios sean más robustos y realistas ante los procedimientos de manejo. Entre los aspectos considerados por los usuarios y administradores durante el taller de implementación, se tienen los siguientes: niveles de subreporte de la flota artesanal, capturabilidad del crucero, valores alternativos de productividad/steepness del stock, fuentes adicionales de mortalidad dada por relaciones tróficas (**Tabla 24**). También se consideraron otras fuentes de incertidumbre que en esta fase de EEM no es posible operacionalizar como la fecundidad variable a la edad, estructura espacial del stock e implicancias del cambio climático en la dinámica del stock de merluza del sur.

Tabla 24. Modelos operativos implementados en la Evaluación de Estrategias de Manejo.

MO	Descripción	Tipo de MO
MO1	Modelo base de evaluación de stock, que incorpora un valor de steepness $h=0.7$. Corrección de capturas según Payá et al 2014.	Referencia
MO2	Condiciona un incremento en el reclutamiento	referencia
MO3	Condiciona un steepness $h=0.5$ (Paya y Ehrhardt 2005)	referencia
MO4	Condiciona tasas de sub-reporte en la pesquería artesanal, no consideradas en las series de desembarques: Valor mínimo: Tasas de sub-reporte estimadas procedentes del FIPA 2015-45 (Arancibia et al 2017) con una interpolación lineal posterior (Se considerará un valor de sub-reporte de 115% de las capturas oficiales en 2023). Se generó una serie de captura industrial para incorporar otras correcciones. La serie se compuso de: Corrección de Payá et al 2014 entre 1977 a 2001; Corrección usando valor promedio 2015-2016 del programa de descarte entre 2002 a 2014; corrección informada por programa de descarte desde 2015 a 2023.	referencia
MO5	Condiciona un valor de M igual al promedio y la desviación estándar de los valores de M derivados de FIPA 2018-55, Arriagada 2019 y Mármol 2017, debido a la incorporación de depredación por lobos marinos, otros depredadores y disminución de la abundancia de su principal presa: <i>Macruronus magellanicus</i> .	robustez
MO6	Condiciona un modelo que considera un alto coeficiente de variación del índice acústico (Evaluación de la calidad del índice)	robustez

Procedimientos de manejo

Las diferentes reglas de control de captura para la merluza del sur acordadas entre los usuarios y los administradores son integradas en procedimientos de manejo candidatos cuyas métricas de desempeño son calculadas a través de todos los modelos operativos de referencia. Entre los procedimientos de manejo se incluye la actual regla de control que incluye una estrategia de explotación constante, que a la vez considera tres ponderadores de mortalidad por pesca: $F=FRMS$, $F=0.8FRMS$ y $F=0.5FRMS$, adicionalmente se propusieron cuatro reglas de control, con diferentes alternativas dentro de la configuración tipo rampa: reglas con cierre de la pesquería ($F=0$ si $BD=0.25 BDrms$, $F=0$ si $BD=0$, $F=0$ si $BD=0.20 BDrms$) y sin cierre de la pesquería ($F=0.1 Frms$ si $BD=0.1 BDrms$), opciones con hiper-reglas que permiten capturas mínimas independiente del estado de la pesquería, y finalmente con buffers en torno al RMS.

Adicionalmente se consideraron reglas empíricas con capturas promedio ajustadas a un umbral que estabiliza las CBA en 35,000 toneladas y 25000 toneladas, dos hiper-reglas en las cuales la CBA no permite una variación superior al 10% y restricción de la CBA si $BD > 0.95 BD_{rms}$. Para fines comparativos se consideraron dos modelos adicionales que plantean un escenario sin pesca y el manejo perfecto (**Figura 53**).

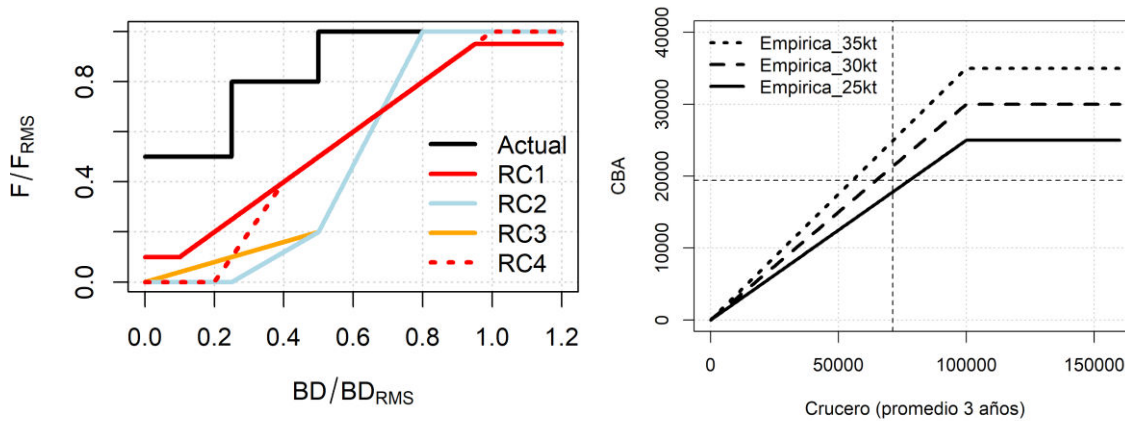


Figura 53. Reglas de control evaluadas en el taller de implementación de EEM.

4.4.2 Resultados

La evaluación de stock actual se configuró como modelo operativo base y permitió abordar en una primera fase la incertidumbre en las variables de estado y el desempeño de las diferentes reglas de control insertas en los procedimientos de manejo a ser simulados para la pesquería. Al ajustar las tendencias históricas de las variables de estado de la merluza del sur, se observa en la **Figura 54** que estas variables siguen una trayectoria similar entre modelos operativos, incluyendo los dos modelos operativos que incorporan diferentes escenarios de steepness (MO1 y MO3). Sin embargo, en la proyección del MO4, que incorpora una corrección en las capturas, se presenta un escalamiento de la biomasa desovante y el reclutamiento mostrando un escenario más productivo. De igual forma, en el MO3 que contempla un menor valor de steepness ($h=0.5$), durante los periodos de mayor productividad entre 1989 y 2001, los desvíos positivos del reclutamiento tienden a ser más elevados que en otros modelos operativos, incluyendo el MO1, para poder ajustarse a los niveles de reclutamiento en el último año del periodo.

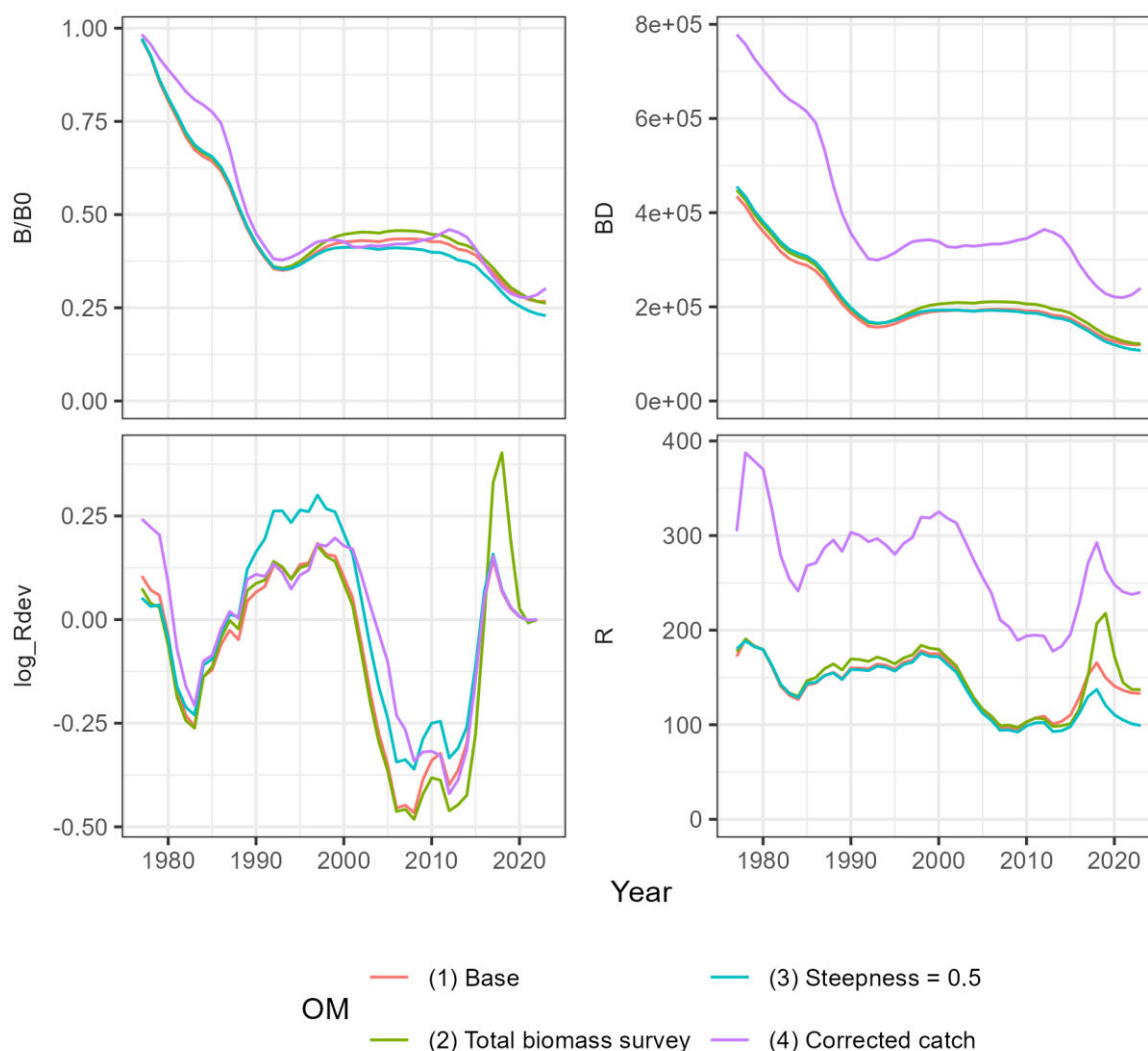


Figura 54. Ajuste histórico del conjunto de modelos operativos de referencia. OM: modelo operativo (siglas en inglés).

El mayor rendimiento se obtiene cuando se acondiciona el MO4 que emplea las capturas corregidas, el cual muestra un stock más productivo, en torno a 60000 toneladas, con respecto a los demás modelos operativos, tanto de referencia como de robustez, proyectados con similares valores de F . Por supuesto, el condicionamiento de un modelo operativo con un steepness más bajo (MO3) proyecta un stock con menores rendimientos, similar que cuando se proyectan fuentes de mortalidad adicional (MO(A) de robustez). En este último modelo operativo, y al condicionar la mortalidad natural en $M=0,21$ los rendimientos son similares al MO1 bajo similares condiciones de mortalidad por pesca, pero cuando se condiciona con una mortalidad mayor ($M=0.323$) el rendimiento es menor, con una proyección bajo las 1000 toneladas (**Figura 55**).

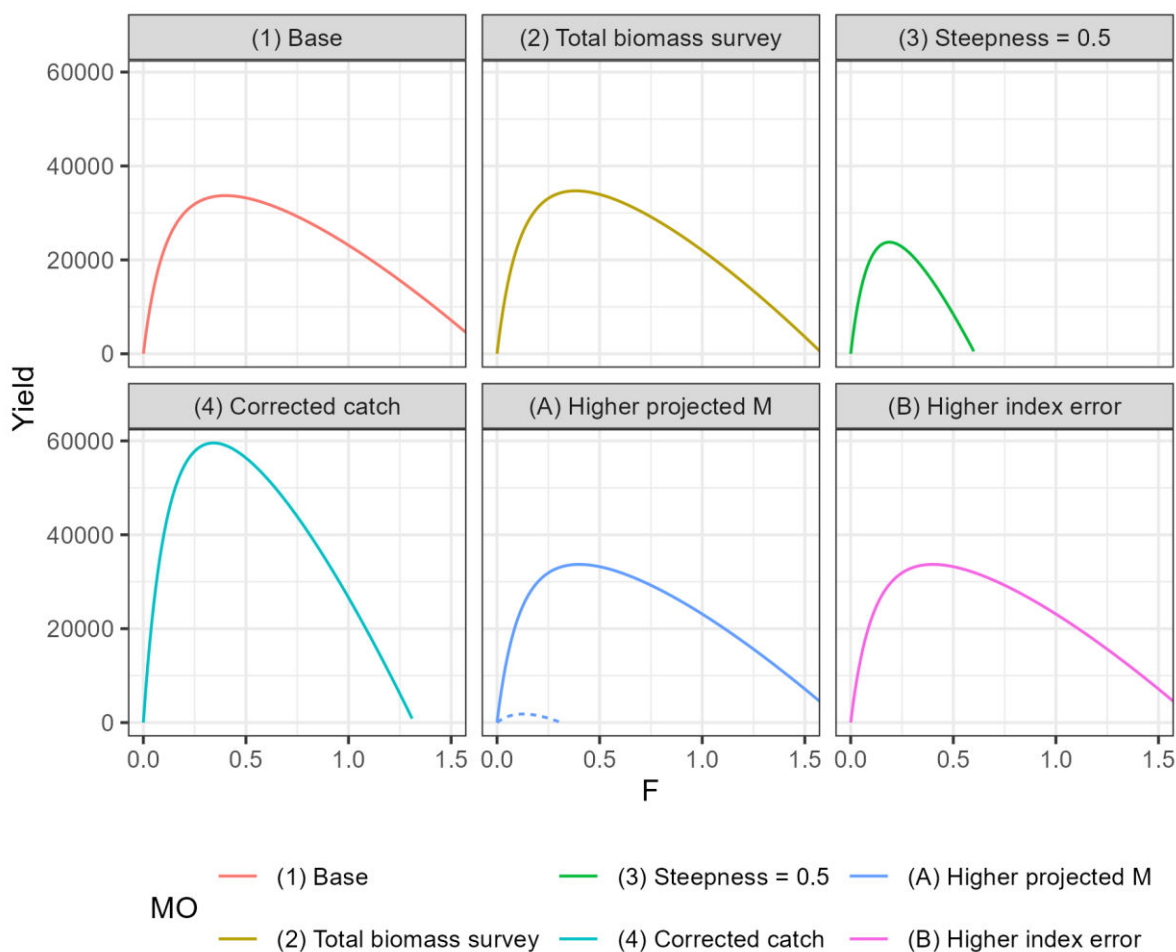


Figura 55: Curvas de rendimiento proyectadas para los modelos operativos de referencia (MO1-MO4) y de robustez (MO A y MO B). En el MO (A) la línea sólida proyecta el rendimiento con el valor histórico de mortalidad natura ($M=0.21$) y la línea punteada estima el rendimiento con mortalidad adicional ($M=0.323$).

En la **Figura 56** se muestra el desempeño de los diferentes procedimientos de manejo (PM) para la variable de estatus, donde se abordan las proyecciones en torno a la probabilidad de que el stock se encuentre en la zona verde del diagrama de Kobe, tanto en el corto como en el largo plazo. Considerando el modelo base, en el corto plazo, todos los procedimientos tienen una probabilidad de 100% de encontrarse en la zona verde; sin embargo, al observar el desempeño proyectado a largo plazo, esta probabilidad se reduce con el PM actual, disminuyendo aún más con el manejo perfecto, siendo este procedimiento el que tiene una probabilidad bajo 50% de mantenerse en el rango de plena explotación a largo plazo. La probabilidad en las simulaciones de que el stock se encuentre fuera de la zona roja ($BD > 0.5$ BMRS) y sin sobrepesca ($F < FRMS$) es de 100%.

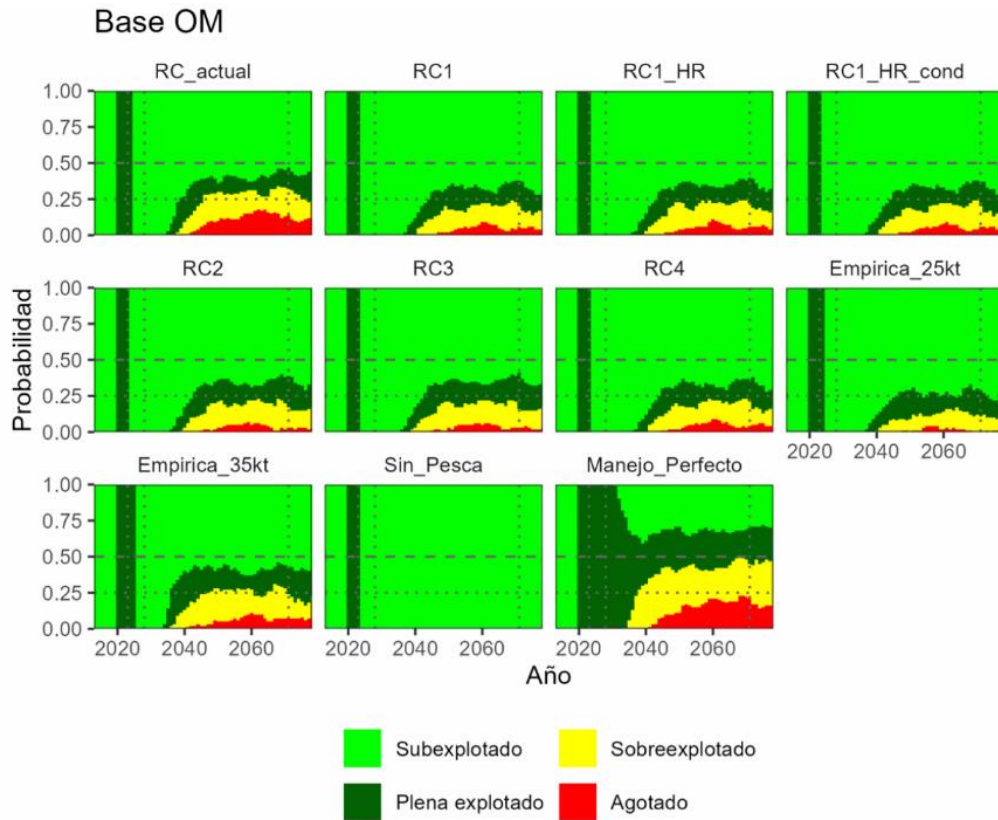


Figura 56. Comparación del desempeño del estatus en diagrama de Kobe configurando el modelo base bajo los procedimientos de manejo candidatos.

Tanto la regla de control actual como las reglas de control bajo diferentes configuraciones de rampa y empíricas permiten mantener la biomasa por sobre el objetivo de manejo BDrms en los años de proyección para los modelos: base (MO1, con steepness=0.7), el que incorpora la biomasa total del crucero (MO2), el que aplica corrección de las capturas (MO4) y el que incorpora alta variabilidad en el índice del crucero (MO (B)). Los modelos menos precautorios constituyen escenarios con menor productividad en términos de steepness y mortalidad adicional, MO3 y MO (A) respectivamente, donde la biomasa en el largo plazo tiende a mantenerse o a caer bajo el objetivo en el largo plazo cuando es evaluada con las diferentes reglas de control. El procedimiento que incorpora el manejo perfecto estima un desempeño en el largo plazo de la proyección donde la biomasa se mantiene en torno al PBR de la biomasa al rendimiento máximo sostenido, con excepción del MO (A). Las reglas de control sin pesca y empíricas que agregan un estabilizador en la CBA limitándola hasta un umbral permiten un incremento en la biomasa, sobre todo cuando se incorpora la corrección a las capturas (MO4), sin embargo, la primera constituye una regla para fines comparativos y la segunda tiende a ser altamente sensible a la incertidumbre al final de las proyecciones (**Figura 57**).

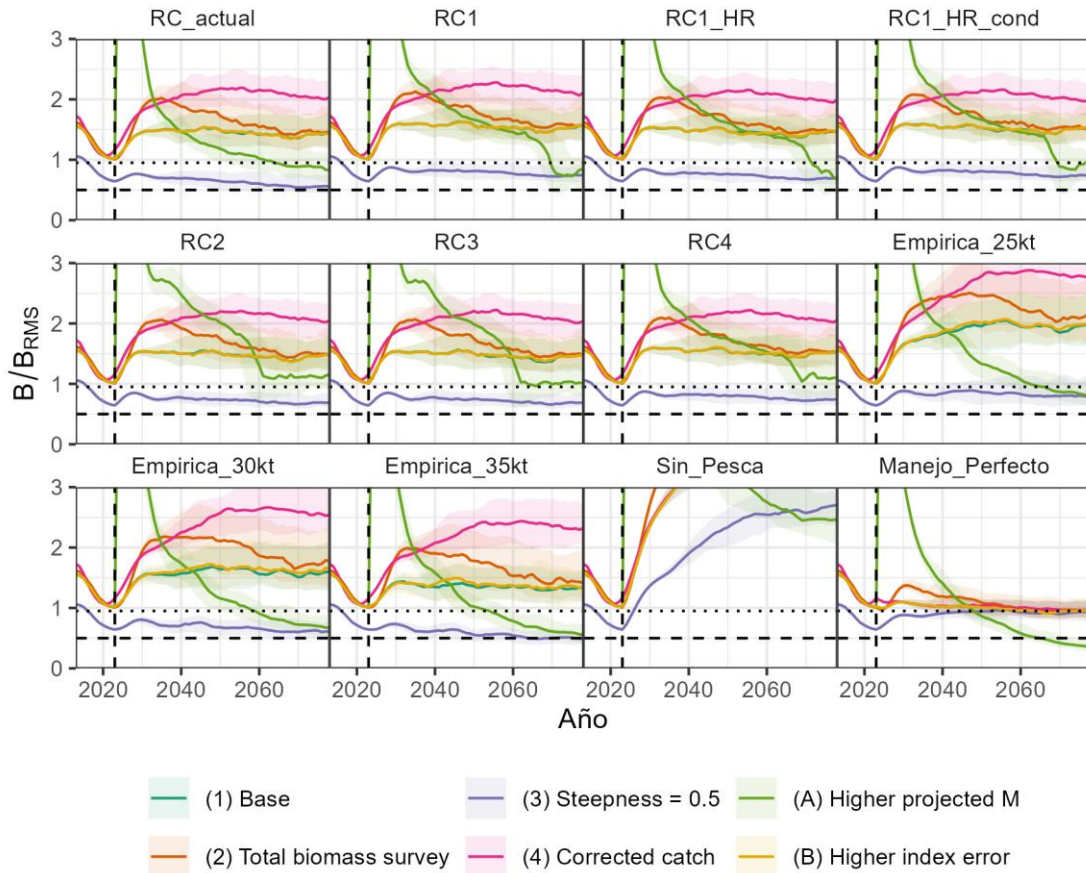


Figura 57. Trayectoria de la biomasa respecto del PBR definido de Brms proyectada en el largo plazo evaluada en los modelos operativos bajo diferentes procedimientos de manejo propuestos. Los modelos operativos se señalan en colores y los procedimientos de manejo en cada cuadro.

En términos de variaciones en la CBA promedio a corto plazo considerando el modelo base, no se observan mayores diferencias en la trayectoria de las simulaciones entre procedimientos, con excepción de la regla de control empírica que mantiene la CBA bajo 25000 t y el manejo perfecto. En el largo plazo las proyecciones apuntan a una CBA sin grandes variaciones en torno a las 30000 t, siendo el manejo perfecto, el procedimiento que presenta mayor incertidumbre en las estimaciones a largo plazo (**Figura 58**).

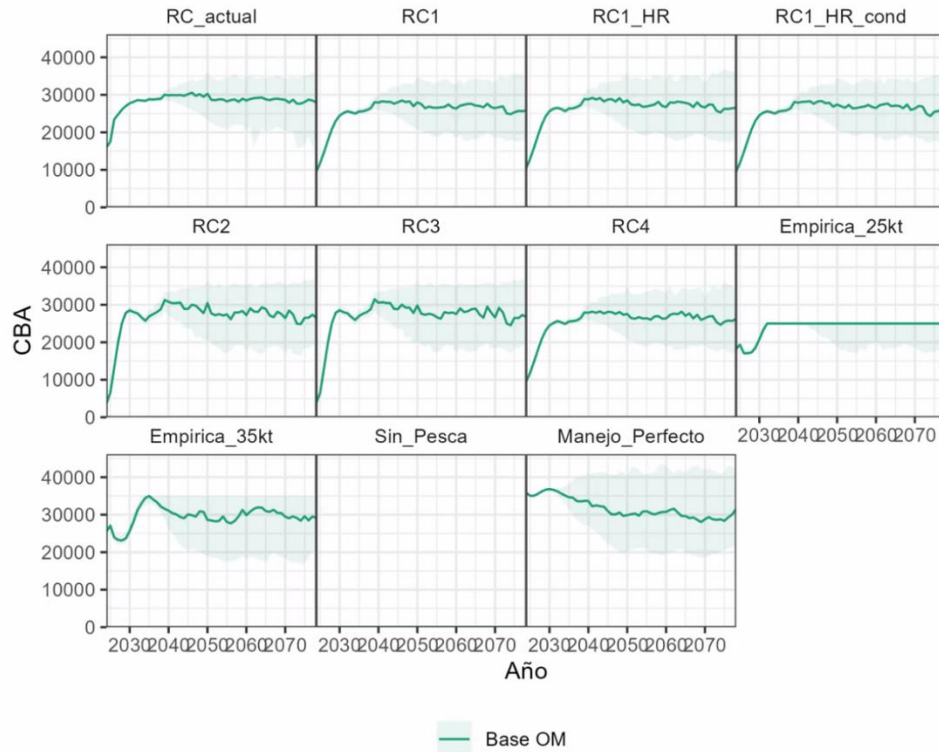


Figura 58. Variabilidad en la CBA promedio proyectadas en el corto y largo plazo bajo diferentes procedimientos de manejo.

En la **Figura 59** se muestran las métricas de desempeño de los procedimientos de manejo candidatos sobre los indicadores de estatus, rendimiento y estabilidad estimados en el modelo base. En esta figura se observa que todos los procedimientos de manejo presentan un buen desempeño sobre los indicadores biológicos y de la pesquería, con bajas diferencias entre sí en los modelos operativos MO1, MO2, MO4 y MO(B). Bajo estos modelos operativos, los procedimientos de manejo que incorporan reglas empíricas rinden capturas más bajas en el corto y largo plazo que las reglas basadas en modelos, sin embargo, los umbrales propuestos permiten tener una mayor estabilidad en la CBA.

En el MO3 que incorpora un steepness menor al modelo base ($h=0.5$), los indicadores de estatus en el largo plazo bajo los diferentes procedimientos tienen una probabilidad inferior a 50% de encontrarse en la zona verde (ZV_LP) y fuera de sobrepesca (NSP_LP) en el diagrama de Kobe, incluyendo el manejo perfecto. En este modelo operativo, la regla empírica que estabiliza la CBA a 25000 toneladas es la que tiene un mejor desempeño a largo plazo ($NSP_LP=0.47$ y $ZV_LP=0.32$). Estos resultados implican que en el largo plazo y ante escenarios menos productivos, los objetivos de manejo son difíciles de alcanzar bajo los procedimientos de manejo propuestos.

En el escenario que proyecta un incremento en la mortalidad natural, las reglas empíricas presentan alta probabilidad de encontrarse en sobrepesca (NSP_LP y ZV_LP <0.5, ambas) con mejor desempeño las reglas de control RC2, RC3 Y RC4, las cuales en conjunto con la regla de control actual presentan los menores rendimientos a largo plazo y mayor variabilidad en la CBA.

(1) Base											(2) Total biomass survey												
	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV	
RC_actual	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	30,104	30,492	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	32,771	31,550	1.00	1.00	0.85	
RC1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	28,934	29,624	0.80	1.00	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	31,402	30,421	0.80	1.00	0.73	
RC1_HR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,896	30,237	1.00	1.00	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	32,710	31,268	1.00	1.00	0.68	
RC1_HR_cond	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	29,406	29,921	0.80	1.00	0.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	32,230	30,868	0.80	1.00	0.62	
RC2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,712	30,037	0.80	0.99	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	32,285	31,035	0.80	0.99	0.75	
RC3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,745	30,087	0.80	0.99	0.74	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	32,369	31,099	0.80	0.99	0.75	
RC4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	29,233	29,775	0.80	1.00	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	31,904	30,768	0.80	1.00	0.67	
Empirica_25kt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	23,937	24,448	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	24,023	24,445	1.00	1.00	0.94	
Empirica_30kt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	27,778	28,115	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	28,301	28,385	1.00	1.00	0.92	
Empirica_35kt	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.86	30,549	30,300	1.00	1.00	0.86	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.88	31,834	30,988	1.00	1.00	0.89	
Sin_Pesca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	
Manejo_Perfecto	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.51	34,333	33,152	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.52	38,847	34,625	1.00	1.00	1.00

(3) Steepness = 0.5											(4) Corrected catch											
	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV
RC_actual	0.00	0.03	1.00	0.63	0.01	0.14	23,187	21,259	1.00	0.86	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	39,432	43,592	1.00	1.00	0.83
RC1	0.81	0.28	1.00	0.93	0.50	0.21	22,878	22,766	0.80	0.94	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	37,619	41,651	0.80	1.00	0.80
RC1_HR	0.65	0.17	1.00	0.89	0.38	0.16	23,076	22,303	1.00	0.94	0.56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	40,078	44,052	1.00	1.00	0.78
RC1_HR_cond	0.81	0.26	1.00	0.93	0.49	0.20	22,962	22,809	0.80	0.94	0.56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	39,720	43,619	0.80	1.00	0.71
RC2	0.63	0.28	1.00	0.94	0.53	0.16	23,008	22,181	0.79	0.90	0.53	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38,848	42,788	0.80	1.00	0.80
RC3	0.63	0.28	1.00	0.93	0.53	0.16	23,091	22,102	0.79	0.88	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	39,191	43,115	0.80	1.00	0.81
RC4	0.81	0.27	1.00	0.92	0.50	0.20	22,951	22,913	0.80	0.93	0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	38,709	42,679	0.80	1.00	0.77
Empirica_25kt	0.37	0.47	1.00	0.92	0.27	0.32	21,651	21,189	1.00	0.96	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	24,368	24,997	1.00	1.00	0.96
Empirica_30kt	0.11	0.14	1.00	0.74	0.07	0.16	22,858	21,168	1.00	0.93	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	29,186	29,977	1.00	1.00	0.96
Empirica_35kt	0.02	0.01	1.00	0.50	0.00	0.08	23,056	20,491	1.00	0.90	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	33,937	34,885	1.00	1.00	0.95
Sin_Pesca	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
Manejo_Perfecto	1.00	1.00	1.00	0.97	0.40	0.45	21,950	23,126	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.51	61,452	58,187	1.00	1.00	1.00

(A) Higher projected M											(B) Higher index error												
	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV	NSp_CP	NSp_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12_CP	C12_LP	CBAV	
RC_actual	0.00	0.68	1.00	0.90	1.00	0.40	7,080	2,396	1.00	0.03	0.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	30,103	30,594	1.00	1.00	0.85	
RC1	0.20	0.76	1.00	0.76	1.00	0.37	6,771	5,705	0.80	0.18	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	28,923	29,584	0.80	1.00	0.69	
RC1_HR	0.00	0.73	1.00	0.72	1.00	0.43	6,882	6,229	1.00	0.18	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,888	30,208	1.00	1.00	0.62	
RC1_HR_cond	0.20	0.81	1.00	0.80	1.00	0.46	6,618	4,549	0.80	0.14	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	29,407	29,885	0.80	1.00	0.57	
RC2	0.20	0.89	1.00	0.95	1.00	0.70	6,068	1,918	0.80	0.05	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,736	30,041	0.80	0.99	0.73	
RC3	0.20	0.90	1.00	0.96	1.00	0.59	6,287	2,281	0.80	0.04	0.47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	29,690	30,127	0.80	0.99	0.74	
RC4	0.20	0.82	1.00	0.90	1.00	0.61	6,385	3,797	0.80	0.10	0.38	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.96	29,253	30,228	0.79	1.00	0.62	
Empirica_25kt	0.00	0.01	1.00	0.92	1.00	0.32	6,521	2,603	0.99	0.00	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	23,712	24,319	0.96	1.00	0.89	
Empirica_30kt	0.00	0.00	1.00	0.82	1.00	0.19	7,035	2,560	1.00	0.00	0.70	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.92	27,506	27,945	0.98	1.00	0.81	
Empirica_35kt	0.00	0.00	1.00	0.67	1.00	0.14	7,440	2,463	1.00	0.00	0.68	1.00	0.94	1.00	0.99	1.00	0.84	30,377	30,168	0.99	1.00	0.73	
Sin_Pesca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	
Manejo_Perfecto	0.00	0.00	1.00	0.26	1.00	0.01	7,819	2,331	1.00	0.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.51	34,333	33,152	1.00	1.00	1.00

Figura 59. Métricas de desempeño de los procedimientos de manejo candidatos sobre los indicadores de estatus, rendimiento y estabilidad.

Al observar la **Figura 60** se realiza una compensación (trade-off) entre los indicadores que permiten definir el o los procedimientos de manejo con mejor desempeño, sobre el promedio de los modelos operativos de referencia. En el panel a se muestran que los PM con reglas de control actual y otras configuraciones de reglas en rampa y empíricas presentan una probabilidad de entre 70 y 80% de encontrarse en la zona verde cuando la CBA promedio a largo plazo se encuentre entre las 25000 y 35000 toneladas. La excepción la constituyen los PM que incorporan la regla que limita la CBA a 25000 t (8 en la figura), el procedimiento sin pesca (11) y el manejo perfecto (12), donde incrementos en la probabilidad de estar en la zona verde a largo plazo se compensa con menores capturas y viceversa. La probabilidad de no estar en la zona roja (NZR_LP) es alta (>85%) en todos los procedimientos, pero las reglas empíricas no permiten una CBA_LP superior a 30000 toneladas (b). Contrariamente, estas reglas son las que permiten una menor variabilidad en la CBA (<10%, d).

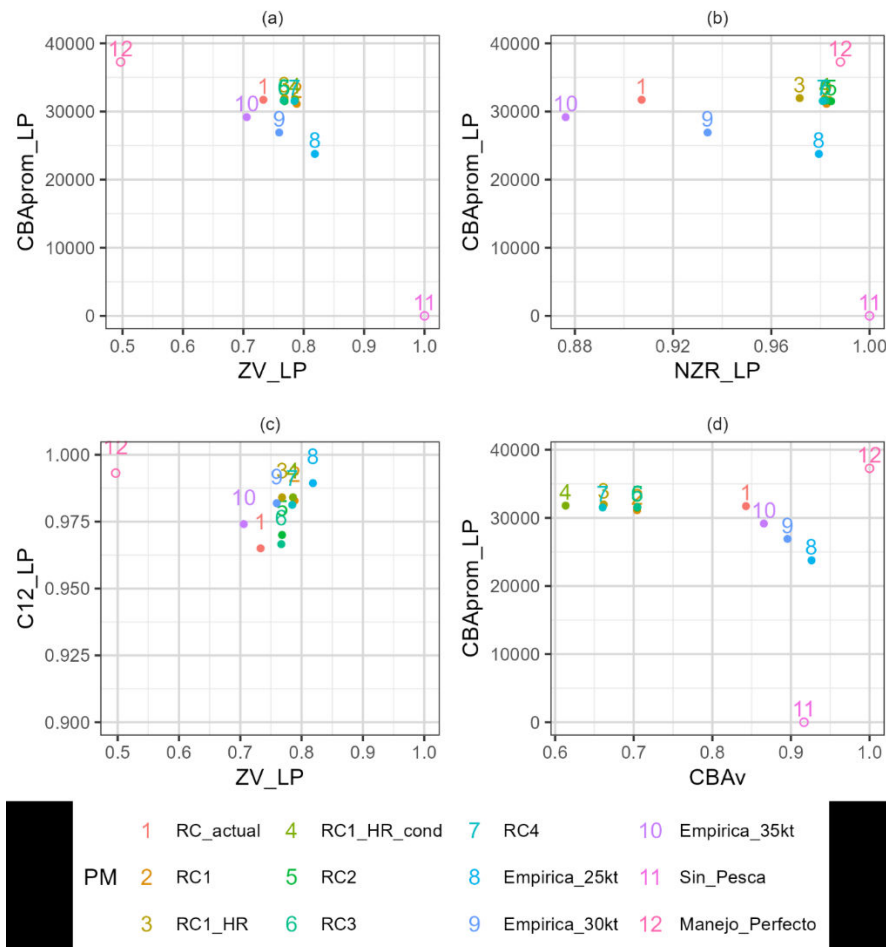


Figura 60. Comparación de las métricas de desempeño a largo plazo entre diferentes procedimientos de manejo (puntos de colores) para el promedio de modelos operativos. Panel: a) CBA promedio vs probabilidad de encontrarse en zona verde ZV_LP, b) CBA promedio vs. Probabilidad de encontrarse fuera de la zona roja, NZR_LP, c) probabilidad de que la CBA > 12000 toneladas vs. Probabilidad de encontrarse en zona verde, y d) CBA promedio vs. Variabilidad de la CBA <10%.

Dado que el desempeño en los modelos operativos que incorporan bajo steepness y alta mortalidad natural fue diferente al promedio de los modelos propuestos, en la **Figura 61** se presenta la comparación entre la CBA promedio y la probabilidad de encontrarse en la zona verde a largo plazo. Al considerar que la mayor incertidumbre es un steepness menor que el usado en la evaluación actual, entonces la regla de control empírica que estabiliza la CBA en menos de 25000 toneladas es la que presenta una mayor probabilidad de mantenerse en zona verde en el largo plazo (ZV_LP=0.32). Al considerar el escenario de robustez que plantea un incremento en la mortalidad natural por fuentes adicionales, se debe compensar entre una CBA promedio mayor y una menor probabilidad de encontrarse en la zona verde la cual se alcanza con los procedimientos RC1 y sus variantes de hiper-reglas (2, 3 y 4 en la **Figura 61**) o una CBA promedio cercana las 4000 toneladas, pero una mayor probabilidad de mantenerse en la zona verde en el largo plazo.

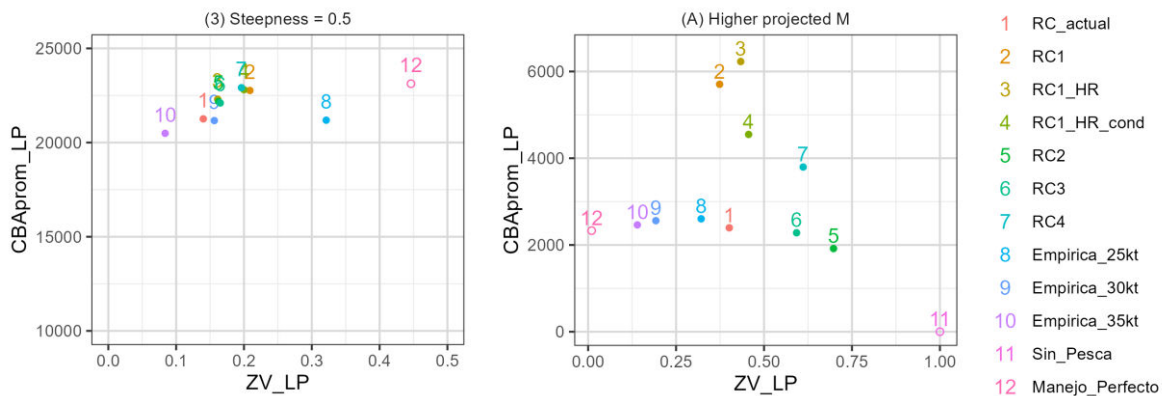


Figura 61. Comparación entre las métricas de rendimiento y estatus a largo plazo: CBA promedio y la probabilidad de encontrarse en la zona verde a largo plazo ZV_LP en los modelos operativos con bajo steepness (MO3, panel izquierdo) e incremento de mortalidad natural (MO A, Panel derecho).

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de stock de merluza del sur presenta conflictos en términos de la consistencia de los datos y varios vacíos sobre los procesos biológicos y su representación en el modelo de evaluación. Es por esta razón que se adoptó el año 2020 una medida de manejo interina (2021-2023) que fija un nivel de CBA y posibilita durante este período interino la implementación de un plan de trabajo científico con miras a mejorar la representación cuantitativa del estado de condición de la merluza del sur y sus posibilidades de explotación futura.

El plan de trabajo para el año 2021-2023 fue esbozado al CCT-RDZSA durante el año 2021 ya que no se contaba con los criterios para ahondar en un modelo que permitiera soslayar las brechas y vacíos analíticos detectados el año 2020. Durante el año 2022 se avanzó sostenidamente en un modelo conceptual y los primeros análisis conducentes a mejorar el modelo de evaluación de merluza del sur. Sin embargo, el programa de trabajo debió ser modificado, considerando para estos nuevos hitos, con el objetivo de mejorar los distintos cuestionamientos realizados al modelo base. En este sentido se realizaron los cambios necesarios para contar con una revisión exhaustiva de la codificación de la dinámica, evaluación de stock y determinación de CBA para merluza del sur, y así tener una asesoría 2023 que garantizara el cumplimiento en los plazos requeridos, solucionando integralmente los cuestionamientos antes mencionados.

La presente asesoría presenta una importante reducción de la mortalidad por pesca en relación a la mortalidad por pesca de referencia, pasando de un F/F_{rms} de 1.12 calculado en la asesoría 2024, a un valor de $F/F_{rms} = 0.93$ en la presente investigación. Lo anterior implica que la condición estimada durante el año 2023 era de sobre explotado y sobre pescado, y actualmente solo se encontraría el recurso en sobre explotación. Esta importante incertidumbre en la condición del recurso se debería particularmente a incorporación de nuevas fuentes de información. En este sentido, el proceso de actualización de los datos llevo a contrastar el estatus con las distintas piezas que alimentan el modelo de merluza del sur. Así nos dimos cuenta que el modelo fue invariante a la estimación del F/F_{rms} con la actualización e incorporación de capturas, estructuras de edad y pesos ponderados por flota. Sin embargo, y al actualizar el modelo de estandarización de la CPUE de la flota arrastrera, se produce la primera baja de este nivel de referencia de la mortalidad por pesca a $F/F_{rms} = 1.05$. Posteriormente y al actualizar los índices de la flota palangrera y artesanal la tasa F/F_{rms} decae a un valor de 0.93, que representaría la condición actual del recurso.

De igual forma, debemos hacer presente que existe una importante probabilidad que esta mortalidad sea mayor al nivel objetivo relacionado con un valor de $F/F_{rms} = 1$ ($P(F_{2023} < F_{rms}) = 0.374$). Por lo tanto, y teniendo en cuenta los antecedentes mencionados, consideramos oportuno utilizar un enfoque precautorio para la determinación del estatus y de la CBA durante el presente año. En relación a este punto, y considerando que actualmente el proyecto FIPA 2023-27 se encuentra en ejecución, y que

considera para el mes de enero del año 2025, la actividad “*Mejoramiento de la evaluación de stock de merluza del sur y tres aletas*”, parece prudente esperar el resultado de esta actividad que confirme o que modifique el presente modelo base con el cual se realiza la determinación de estatus del recurso.

Detallar y protocolizar el procedimiento de manejo vigente para la pesquería

Para la presente evaluación se realizó la implementación del modelo de evaluación nuevo o alternativo, utilizado el año 2023 para asesorar a la SSPyA y al CCT-RDZSA, y así dejar atrás la medida de manejo interina que se basó en el (Mod0_03), que formalmente fue modelo base de asesoría científica. Los análisis detrás de esta implementación tienen como principal objetivo definir el estado de explotación utilizando la información (pesquera y biológica) más reciente.

Los datos de entrada utilizados en este proceso de modelación usando el modelo S4 corresponden a una actualización de la fuente de información utilizada en los años anteriores, considerando en esta ocasión información hasta el año 2022. Al igual que en las evaluaciones anteriores bajo la medida interina de manejo, se utilizaron datos pesqueros provenientes de tres flotas pesqueras (arrastre, palangre y artesanal) y un crucero de evaluación científica. Se utilizaron datos de estructura de edad y peso de las capturas. A partir de las informaciones de captura y esfuerzo se realizó la estandarización de la CPUE dividiendo la serie de datos en dos periodos (1979-1997 y 1998-2022) debido a que se ha consensuado que ambos periodos corresponden a diferentes regímenes de explotación.

Implementar el procedimiento de manejo vigente y candidatos, determinando el estatus del recurso.

El procedimiento de evaluación de la población de merluza del sur, considerado para la asesoría 2023-2025, presenta las siguientes mejoras:

- El modelo base actual reproduce resultados del modelo 2022.
- El modelo base, presenta mejoras en la bondad de ajuste, con ajustes satisfactorios de las distintas piezas de información.
- El modelo alternativo presenta resultados consistentes con el estado de conocimiento del recurso.
- Los avances han guardado relación con programación inicial, cumpliendo cabalmente con asesoría 2023, tanto para CCT, así como el CM.
- Se incorporan las recomendaciones parciales del proyecto FIPA 2023-27, y emanadas del primer taller, las que hacen mención con la estandarización de la CPUE y de la incorporación de las series de remoción que incorporen los ponderadores derivados el proyecto de descarte que realiza el Instituto de Fomento Pesquero.

En bases a los resultados del modelo de evaluaci3n con mejor desempe1o (modelo base o S4 de asesoría 2024), ajustado a los datos m1s recientes, como tambi3n, la aplicaci3n del marco decisional para clasificaci3n del estado de explotaci3n basado en los PBR basados en el RMS, se observan tres característic1s relevantes:

- Los niveles de sobre-explotaci3n se han mantenido, sugiriendo que la detecci3n en la reducci3n de la biomasa desovante es un proceso retardado temporalmente que depende de la din1mica de estimaci3n de reclutas.
- Las probables capturas lÍmites para el a1o 2025 que derivan el estado de explotaci3n m1s reciente (2023), son consistentes con el rango de CBA recomendado por el CCT-RDZSA el a1o 2024, asi como tambi3n con una mejora en la condici3n de mortalidad por pesca.

Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente.

Se presentaron en la **Tabla 21** los rangos de captura lÍmite para el a1o 2024 bajo diferentes niveles de riesgo (10-50 %) bajo diferentes ponderadores de la mortalidad por pesca al RMS. Para la presentaci3n de estos escenarios bajo distintos niveles de riesgo no se consideraron los potenciales efectos que podrÍan suponer el descarte y el subreporte. En base a esto, y el desconocimiento que existe en el descarte y subreporte al que se ve enfrentada esta pesquería, es recomendable bajo el principio precautorio elegir escenarios que no presenten riesgos demasiado altos de sobrepasar los PBR y que puedan conllevar el deterioro del estatus del recurso. En este sentido se recomienda que los niveles de CBA no superen un 0.8Frms para la temporada 2025, valor que produce un incremento de la biomasa desovante por sobre el nivel objetivo relacionado con m1ximo rendimiento sostenible.

Detallar y analizar las fuentes de incertidumbre relevantes asociadas a errores de observaci3n, de modelo, de proceso, de estimaci3n y de implementaci3n.

La evaluaci3n del recurso merluza del sur ha sido revisada por investigadores tanto nacionales como internacionales, los que han aportado su visi3n de c3mo mejorar la evaluaci3n de este recurso. Dentro de las mejoras que sugieren las revisiones sobre este recurso se encuentran algunos temas relacionados con las fuentes de incertidumbre del modelo, encontr1ndose en el plan de trabajo de mejora continua de la asesoría cientÍfica de merluza del sur. Dentro de los principales puntos para la mejora de la asesoría de merluza del sur relacionados con las fuentes de incertidumbre presentes se destaca el plan de trabajo sobre puntos como: (i) La estandarizaci3n de CPUE de la flota artesanal e industrial, donde se busca revisar la informaci3n junto a investigadores del 1rea de seguimiento de las pesquerías nacionales para revisar los datos reportados tanto de captura, esfuerzo, como tambi3n la

ubicación espacial y profundidad de los lances de pesca registrados. (ii) Revisión de las capturas y los ponderadores usados, evaluado actualizar los ponderadores o adoptar ponderadores utilizados en recursos nacionales. (iii) Revisar y modificar la productividad de la población utilizando análisis de sensibilidad para evaluar su impacto en los PBR utilizados, lo que podría conllevar a actualización en los PBR a validar en instancias con el CCT. Este último punto se pudo abordar, cambiando el steepness de 0.5 a 0.7 de acuerdo a los antecedentes más actuales del tema, así como también de los impactos presentados en sesión del CCT (agosto 2023). Cabe señalar que a la fecha se han realizado avances en estos 3 puntos, lo que llevo a modificar el valor de steepness a 0.7, valor utilizado en la presente asesoría. De igual forma se incorporan en el estudio de sensibilidad del modelo base, series de captura alternativas que incluyen escenarios con ponderadores de los desembarques provenientes del proyecto de descarte.

Otra fuente de incertidumbre que debe ser analizada en el corto plazo corresponde a los efectos que tiene considerar estructuras de edades del crucero acústico, ponderadas por la ojiva de madurez (recomendación emanada del CCT-RDZSA). En este sentido comentar que, si bien se emplea un índice de abundancia del crucero que considera la información de la biomasa desovante, pareciera lógico contar con una estructura ponderada por la fracción reproductiva del stock. Lo anterior, podría estar ocasionando que las estructuras de individuos menos longevos que han aparecido de manera importante en las observaciones del crucero no sean consideradas en el proceso de evaluación del recurso. De cualquier forma, parece necesario que futuras aproximaciones cuantitativas se hagan cargo de este punto, recopilando información necesaria, evaluando efectos y realizando propuestas sobre la mejor forma de analizar e integrar los datos del crucero a la evaluación poblacional. Las mejoras y análisis de la incertidumbre de la evaluación del recurso serán particularmente relevantes en el diseño, evaluación e implementación del futuro modelo de evaluación de merluza del sur, y que reemplazará al modelo actual y sus actuales falencias. Se espera contar con un caso adicional para poder presentar en la reunión de determinación de estatus y CBA del CCT-RDZSA, para poder evaluar el efecto que tendría esta remoción de una parte de la estructura que observa el crucero acústico.

Implementar la Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma OpenMSE

Con base en los resultados preliminares, el modelo operativo basado en la evaluación de stock usada en la asesoría actual presenta un adecuado desempeño en las simulaciones para todos los procedimientos de manejo, sin embargo, la regla de control actual y la regla que considera el manejo perfecto son las que presentan un desempeño más bajo en los indicadores de estatus. En cuanto a los indicadores de rendimiento, las reglas empíricas son las que presentan menor CBA en el tiempo, pero a la vez son las que permiten tener una mayor estabilidad en la CBA. Los modelos operativos con un desempeño menor en los indicadores de estatus, rendimiento y estabilidad son los escenarios de referencia: MO3 que incorpora un bajo steepness y de robustez MO (A) que incorpora un potencial incremento en la mortalidad natural originado por mecanismos de carácter trófico. La elección del

procedimiento de manejo más adecuado bajo estos dos modelos operativos debe considerar las preocupaciones de los administradores y los usuarios, ya que dependerá de la compensación entre diferentes objetivos de manejo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos, V. Ojeda, T. Peñailillo, R. Gili, C. Vera, H. Robotham. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1985. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 86/55). Instituto de Fomento Pesquero. Chile, 143 p.
- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos, T. Peñailillo, V. Ojeda, C. Vera, H. Hidalgo y I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1986. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero. Chile, 209 p.
- Aguayo, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hakes, fisheries, ecology and markets. J. Alheit and T. Pitcher (Ed.). Chapman & May, London. 305-337.
- Aguayo, M., I. Payá, R. Céspedes, H. Miranda, V. Castañi, S. Lillo, P. Gálvez, L. Adasme, F. Balbontín, R. Bravo. 2001. Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. FIP 99-15. 114 pp+ tablas y figuras.
- Avilés, S., y M. Aguayo. 1979. Merluza española. En: bases para un desarrollo pesquero. Peces. Estado actual de las principales pesquerías nacionales. CORFO. IFOP (AP 79-18), 29, p.
- Balbontín, F. y R. Bravo. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur (*Merluccius australis*). Rev. Mar. 28:111-132.
- Baranov F.I. 1918. K voprosu o biologicheskikh osnovaniyakh rybnogo khozyaystva. [On the question of the biological basis of fisheries.] Nauchn. Issled. Ikhtologicheskii Inst. Izv. 1: 81-128.
- Breen, P.A., Kim, S.W., Andrew, N.L., 2003. A length-based Bayesian stock assessment model for the New Zealand abalone *Haliotis iris*. Mar. Freshw. Res. 54 (5), 619-634.
- Carvalho, F., Punt, A.E., Chang, Y.-J., Maunder, M.N., Piner, K.R., 2017. Can diagnostic tests help identify model misspecification in integrated stock assessments? Fish. Res. 192, 28-40. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.09.018>.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L.T., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K., Maunder, M., Taylor, I., Wetzel, C., Doering, K., Johnson, K.F. and Methot, R., 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments, FISHERIES RESEARCH, ISSN 0165-7836, 240, 2021, p. 105959, JRC121483.
- Céspedes R, y L. Adasme. 2011. Estimación de descarte-subreporte y captura “real” en la flota a fábrica y arrastre surimera, 2011. Informe final. Subsecretaría de Pesca – IFOP.
- Chong, J. 1991. Ciclo reproductivo y fecundidad de la merluza del sur, *Merluccius australis* en la pesquería sur austral. Estudio complementario “captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores, 1991”. Informe Técnico IFOP-SUBPESCA.
- Chong, J. 1993. Ciclo de madurez sexual del congrio dorado (*Genypterus blacodes*) en la zona de la pesquería sur-austral. Estudio complementario a “Captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores, 1991”. IFOP-SUBPESCA (Circulación restringida).

- Chong, J. y R. Galleguillos. 1993. Determinación de unidades de stock de merluza del sur. Estudio poblacional de merluza de cola. Estudio de reproducción de congrio dorado y estudio de edad de la merluza de cola. Estudio encargado por IFOP a la Sociedad de Estudios Hidrobiológicos Ltda. (Informe interno).
- Contreras F, S. Musleh y F. Cabello. 2024. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2024: MERLUZA DEL SUR Documento Técnico Asesoría a la Gestión Técnica (Estatus, posibilidades de explotación). Convenio de Desempeño 2023. 135 páginas.
- Cox, D.R., Snell, E.J., 1968. A general definition of residuals. J. R. Stat. Soc. Ser. B 30, 248–275.
- Daza, E., R. Céspedes, R. Galleguillos, L. Gonzales, C. Vargas, H. Miranda, J. Saavedra. 2005. Diagnóstico merluza del sur y congrio dorado, Aguas Interiores, XII Región. Proyecto FONDEMA Magallanes y Antártica Chilena. Código BIP: 20196777-0. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) – Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA).
- Francis, R.I.C.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 68, 1124–1138. <https://doi.org/10.1139/f2011-025>.
- Flores, E.A., Castro, L.R., Narváez, D.A., Lillo, S., Balbontín, F., Osorio-Zúñiga, F. 2019. Inter-annual and seasonal variations in the Outer and Inner Sea spawning zones of southern hake, *Merluccius australis*, inferred from early life stages distributions in Chilean Patagonia. Progress in Oceanography. 171: 93-107. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.12.013>.
- Garcés, E. R. San Juan, G. Moyano, F. Cerna, L. Cid, A. Villalon, K. Hunt, y L. Muñoz. 2023. Programa de Seguimiento de las principales Pesquerías Nacionales, año 2022. Pesquerías Demersales y de Aguas Profundas Sección III. Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal. 84 pag.
- Harley, S. and M. Maunder. 2003. Recommended diagnostics for large statistical stock assessment models. Inter-American Tropical Tuna Commission. SCTB16 Working Paper. MWG-3. 34.p.
- Ichinokawaa, M., Okamura, H., Takeuchi, Y., 2014. Data conflict caused by model misspecification of selectivity in an integrated stock assessment model and its potential effects on stock status estimation. Fish. Res. 158, 147–157.
- 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. Fish. Res. 158, 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.017>.
- Legault, C.M. 2009. Report of the Retrospective Working Group, January 14–16, 2008, Woods Hole, Mass. NEFSC Reference Doc. 09-01.
- Lillo, S., V. Ojeda, R. Céspedes, F. Balbontín, J. Donoso y J. Osses. 1996. Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral. Informe final. FIP 96-38.
- Lillo, S., Molina, E., Lang, C., Ojeda, V., Céspedes, R., Adasme, L., y Saavedra, A. 2008. Evaluación hidroacústica de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2006. Informe Final Proyecto FIPIT/2006-10, 1-105.

- Maunder, M.N., Piner, K.R., 2017. Dealing with data conflicts in statistical inference of population assessment models that integrate information from multiple diverse data sets. *Fish. Res.* 192, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.04.022>.
- Maunder, M.N., Piner, K.R., 2015. Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. *ICES J. Mar. Sci.* 72, 7–18. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu015>.
- Maunder, M.N., Starr, P.J., 2001. Bayesian assessment of the SNA1 snapper (*Pagrus auratus*) stock on the north - east coast of New Zealand. *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.* 35, 87–110. <https://doi.org/10.1080/00288330.2001.9516980>.
- Maunder, M.N., 1998. Integration of Tagging and Population Dynamics Models in Fisheries Stock Assessment. PhD Thesis. University of Washington.
- Maunder, M. N., & Piner, K. R. (2015). Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 7-18.
- McCullagh, P. y J.A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models, second edition. ISBN. 0 412 31760 5. Chapman and Hall. London. 526 pp.
- Minte-Vera, C.V., Maunder, M.N., Aires-da-Silva, A.M., Satoh, K., Uosaki, K., 2017. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. *Fish. Res.* 192, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.014>.
- Mohn R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.* 56: 473-488.
- Payá I., C. Canales, D. Bucarey, T.M. Canales, F. Contreras, F. Espíndola, E. Leal, C. Montenegro, J.C. Quiroz y R. Tascheri. 2014. Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales.” Primer Taller internacional. Informe de Avance 1. Subsecretaría de Economía - IFOP. 32 pp.+ 4 Anexos.
- Payá I. 2015. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2015. Merluza del Sur. Informe de Estatus y Cuota. Subsecretaría de Economía y Empresas de menor tamaño - IFOP. 127 pp + anexos.
- Pelletier D, Ferraris J. 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 51–65.
- Punt AE, Walker TI, Taylor BL, Pribac F. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially structured shark fishery. *Fish. Res.* 45: 129–145.
- Kinzey, D., & Punt, A. E. (2009). Multispecies and single-species models of fish population dynamics: comparing parameter estimates. *Natural Resource Modeling*, 22(1), 67-104.
- Osorio-Zúñiga, F., Landaeta, M. F., Angulo-Aros, J., & Balbontín, F. (2018). Spatio-temporal variability of ichthyoplankton and its relationship with oceanographic conditions at the shelf break off Chilean Patagonia (43°S–51°S). *Marine Biology Research*, 14(2), 191–202. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1406663>

Quiroz J.C. R, Wiff. 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2012. Merluza del Sur. Subsecretaría de Pesca - IFOP. 86 pp + anexos.

Quiroz J.C. R, Wiff y L, Chong. 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2013. Merluza del Sur. Subsecretaría de Pesca - IFOP. 85 pp + anexos.

Quiroz J.C. 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, Año 2016. Merluza del Sur. Subsecretaría de Pesca - IFOP. 74 pp + anexos.

Rubilar, P., R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, A. Cuevas, F. Cerna y G. Ojeda. 2000. Análisis de la estructura y condición biológica de los recursos merluza del sur y congrio dorado en aguas interiores de la X, XI y XII regiones. Informe final. FIP 98-02.

San Martín, M., V. Escobar, C. Román, J. C. Saavedra-Nievas, Z. Young, J. Azócar, C. Bravo, J. López, C. Bernal. 2016. Convenio de Desempeño 2015 Programa de Investigación del Descarte y Captura de Pesca Incidental, año 2015. Instituto de Fomento Pesquero - Subsecretaría de Economía y EMT. 310 p + Anexos.

Wang, S.-P., Maunder, M.N., Piner, K.R., Aires-da-Silva, A., Lee, H.-H., 2014. Evaluation of virgin recruitment profiling as a diagnostic for selectivity curve structure in integrated stock assessment models. Fish. Res. 158, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.009>.

Wang, S.P., Chen, Y.R., Maunder, N.M., Nishida, T., 2009. Preliminary application of an age-structured assessment model to swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean. IOTC-WPB-2009-11, <http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/proceedings/2009/wpb/IOTC-2009-WPB-11.pdf>.



A N E X O 1

DOCUMENTO DE ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACI3N DE ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA EL RECURSO: MERLUZA DEL SUR

DOCUMENTO DE ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA EL RECURSO: MERLUZA DEL SUR

21 de noviembre 2024

1. INTRODUCCIÓN

La Ley General de Pesca y Acuicultura (GLFA) de Chile exige planes de manejo pesquero (FMP), acuerdos vinculantes que especifican los objetivos de manejo para una pesquería y describen una estrategia de manejo que se utilizará para reconstruir o mantener el stock pesquero en un nivel óptimo. El FMP de la merluza austral (*Merluccius australis*) fue aprobado en 2016 (Res. Ex. 3069/2016 UFA), e incluye una regla de control de captura con una estrategia de manejo basada en un modelo estructurado por edad. Sin embargo, el desempeño de esta estrategia de manejo aún no ha sido evaluado formalmente.

La evaluación de la estrategia de manejo (MSE) es un enfoque que simula un sistema de manejo pesquero en un modelo computacional y utiliza este modelo para evaluar el desempeño de métodos alternativos de evaluación de stock y reglas de control de captura (estrategias de manejo) y compararlos con un conjunto de objetivos de manejo previamente acordados, con el objetivo de identificar un enfoque que sea robusto a la incertidumbre y con mayores probabilidades de cumplir con los objetivos de manejo a largo plazo para la pesquería. El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ha recibido el encargo de brindar asesoramiento científico para una estrategia de gestión que sea adecuada para la pesquería de merluza del sur. Para lograrlo, el IFOP está buscando un contratista que trabaje en colaboración con ellos para desarrollar la capacitación y el apoyo en la realización de los análisis de MSE y la revisión de los resultados de MSE.

Hay tres componentes principales en un proceso MSE:

Modelos operativos (MO): una colección de modelos matemáticos/estadísticos que describen hipótesis alternativas de la dinámica pesquera histórica y especificaciones para simular la recopilación de datos y la implementación de medidas de gestión en el futuro;

Procedimientos de gestión candidatos (CMP): un conjunto de algoritmos propuestos que generan recomendaciones de gestión a partir de datos pesqueros y que se evaluarán en el MSE;

Métricas de desempeño (MP): las estadísticas utilizan la evaluación cuantitativa de las CMP frente a objetivos de gestión específicos.

Los modelos operativos, los procedimientos de gestión de candidatos y las métricas de desempeño se desarrollan como un esfuerzo colaborativo entre científicos, tomadores de decisiones y otras partes interesadas en la pesquería.

2. SOBRE EL DOCUMENTO

En este [documento](#) se describen las especificaciones para los MO, CMP y PM que se han propuesto (y desarrollado preliminarmente) para la pesquería de Merluza del sur. Es un documento vivo y se seguirá actualizando para que refleje el estado actual del proceso MSE en merluza del sur. En relación a la participación durante el taller de Implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo basado en la plataforma openMSE para la pesquería de la merluza del sur, hemos contado con la participación del experto de bluematter Quang Huynh, miembros de la subsecretaría de pesca y acuicultura, investigadores del instituto de Fomento Pesquero, miembros del CCT-RDZSA, CM de merluza del sur, e invitados (ver lista de participantes).

Los miembros del grupo pueden realizar modificaciones en el documento directamente en el repositorio en línea, donde han quedado alojados carpetas con contenidos asociados a los distintos tópicos del taller (ver [sitio](#)). También se pueden enviar preguntas o comentarios por correo electrónico a Francisco Contreras (francisco.contreras@ifop.cl). El primer borrador del documento tiene la ventaja de que todos los comentarios, preguntas y modificaciones son visibles inmediatamente para todos los miembros del grupo.

3. DESCRIPCIÓN DEL RECURSO

La merluza del sur (*Merluccius australis*) es una especie demersal distribuida en el cono sur de América desde los 36°00' S en el océano Pacífico suroriental, bordeando el extremo sur de América hasta los 38°00' S en el océano Atlántico. En Chile, se distribuye en aguas exteriores e interiores (canales y fiordos) entre las regiones de Los Lagos y Magallanes y Antártica Chilena. Habita entre los 60 y 800 m de profundidad, con las mayores concentraciones entre los 200 a 400 m. A nivel poblacional la merluza austral conforma un stock sin diferenciación poblacional con grupos locales que presentan altos grados de mezcla basados en marcadores genéticos, análisis de la carga parasitaria y estudios morfométricos (Chong y Galleguillos 1993, Chong 1993 y Daza et al., 2005).



Figura 1. Merluza del sur.

El área de operación de la flota dirigida a la captura de merluza del sur se distribuye entre las latitudes 41°28.6'S a 57°S, en aguas exteriores (flotas industriales) e interiores (flota artesanal) de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y Antártica Chilena. La explotación se divide en dos unidades de pesquería, una norte (41° 28.6'S – 47°S) y otra sur (47°S – 57°S), subdivididas en áreas administrativas de aguas interiores y exterior, teniendo como límite con la zona exterior las líneas de base recta.

4. MODELO DE EVALUACIÓN Y PROCEDIMIENTO ACTUAL (REGLAS DE CONTROL)

El modelo de evaluación de stock consiste de un análisis de la dinámica de stock estructurado por edad, que recopila y utiliza información pesquera, biológica y de cruceros acústicos para reproducir la dinámica poblacional etaria de la merluza del sur en la zona sur-austral de Chile. Los inputs del modelo son sexos combinados, la mortalidad natural se supone constante a través de los años y las edades. Al modelo ingresa información de desembarques provenientes del SERNAPESCA, niveles de descarte y sub-reportaje, índices de abundancia derivados de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) para las flotas industriales de arrastre y palangre, indicador de tasa de captura nominal de la flota artesanal, indicadores biológicos de las capturas como las estructuras de edad, claves talla-edad, capturas a la edad, composiciones de tamaños y pesos medio a la edad proporcionado por el Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales. Adicionalmente, se incorpora información de la biomasa desovante de merluza del sur reportada por las evaluaciones de los cruceros hidroacústicos realizados durante el período de agregación reproductiva.

El modelo está configurado en ADMB, en el cual a partir de los inputs el modelo estima las variables de estado como la biomasa desovante (BD), reclutamientos y mortalidad por pesca para determinar el estado de la merluza del sur a partir de la posición relativa de estas variables con respecto a los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) basados en el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) y estimar la “Captura Biológicamente Aceptable (CBA)”. El modelo de evaluación corresponde al modelo base considerado para la asesoría de estatus y CBA 2024 ([Contreras et al., 2024](#)).

El plan de manejo pesquero de la merluza del sur (Res. Ex. 3069/2016 UFA) contempla una regla de control basada en una estrategia de explotación constante en torno al Rendimiento Máximo sostenido que usa como indicador la razón entre la biomasa desovante y la biomasa desovante virginal (BD/BDo) para elegir la mortalidad por pesca a implementarse para la estimación de la CBA (Subsecretaría de pesca y acuicultura 2016). Esta estrategia de explotación constante considera tres ponderadores de mortalidad por pesca: $F=F_{RMS}$, $F=0.8F_{RMS}$ y $F=0.5F_{RMS}$, aplicadas respectivamente de acuerdo con el nivel de reducción poblacional de $> 20\%$, entre $10-20\%$ y $< 10\%$.

5. openMSE

openMSE es un paquete R general para construir modelos operativos, analizar datos pesqueros y realizar evaluaciones de estrategias de gestión (MSE) para una amplia gama de pesquerías.

openMSE utiliza un modelo de dinámica de población espacial estructurado por edad para simular la dinámica de la pesca. Los detalles completos del modelo de dinámica de población están disponibles en un artículo publicado en *Methods in Ecology and Evolution*.

El paquete openMSE está disponible en CRAN y se puede instalar con `install.packages("openMSE")`. Al instalar el openMSE paquete y cargarlo con `library("openMSE")` se cargarán los siguientes paquetes principales:

MSEtool - herramientas de evaluación de estrategias de gestión es el paquete principal de la colección openMSE. Contiene las funciones básicas para construir modelos operativos, simular la dinámica de la pesca y evaluar la eficacia de estrategias de gestión alternativas mediante pruebas de simulación de circuito cerrado.

DLMtool - herramientas de métodos con datos limitados es una colección de procedimientos de gestión con datos limitados que pueden evaluarse utilizando MSE. DLMtool requiere el MSEtool paquete como dependencia y todas MSEtool las funciones estarán disponibles cuando DLMtool se cargue en una sesión R.

SAMtool - herramientas de métodos de evaluación de stock es una colección de métodos de evaluación y procedimientos de gestión que se han desarrollado para aplicaciones con mayor uso de datos. Este paquete incluye el modelo de condicionamiento rápido para acondicionar modelos operativos en pesquerías con uso moderado de datos y con uso abundante de datos. SAMtool requiere el paquete MSEtool como dependencia y todas las funciones MSEtool estarán disponibles cuando SAMtool se cargue en una sesión R.

Para más detalles de los paquetes de **openMSE** visitar este [sitio](#).

6. FUNDAMENTACIÓN DE LA EEM

La evaluación de la estrategia de manejo se fundamenta en el cumplimiento del objetivo principal del plan de manejo para la merluza del sur “contribuir a la conservación y uso sustentable del recurso, dándole valor social y económico al recurso Merluza del sur”, para lo cual se requiere avanzar desde el actual enfoque basado en evaluación de stock hacia la Evaluación de Estrategias de Manejo (MSE, en inglés), procedimiento en el que se considera la revisión y evaluación del desempeño de los procedimientos de manejo candidatos, entre los que se incluye el actual, para asegurar su pertinencia, confiabilidad y robustez en función de los requerimientos de manejo de la administración y los usuarios de la pesquería de la merluza del sur.

El actual enfoque de manejo de la merluza del sur involucra una asesoría científica anual respecto de los niveles de Captura Biológicamente Aceptables consistentes con el objetivo de alcanzar el RMS. Esta asesoría se basa en una evaluación de stock realizada mediante un modelo estructurado en edad, en el cual los datos son actualizados anualmente, sujeta a altos niveles de incertidumbre. En octubre de 2016 se estableció un Plan de Manejo para la merluza del sur fundamentados en el artículo 8 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el cual se propuso una estrategia extractiva basada en una regla de control. Actualmente, el desempeño de las estrategias de manejo actual y candidatas para la merluza del sur, incluida la que fue definida en el PM, no ha sido evaluado a través de un enfoque de Evaluación de Estrategias de Manejo.

En el taller de Evaluación de Estrategias de Manejo para la Merluza del Sur realizado en Valparaíso entre el 18 y 22 de noviembre se identificaron motivaciones, necesidades e incertidumbres en torno al manejo de la merluza del sur que permitan alcanzar el objetivo propuesto en el plan de manejo (PM). Entre las principales motivaciones de la Evaluación de Estrategias de Manejo se encuentran evaluar y revisar la estrategia de manejo de la merluza del sur actualmente aplicada, así como otros procedimientos candidatos, entre ellos la regla de control propuesta en el PM previo a su implementación, de tal manera que se pueda asegurar su robustez frente a las incertidumbres propias de la pesquería, conducentes a mantener la Certificación MSC de la merluza del sur y estándares de la pesquería.

La evaluación de Estrategias de Manejo para la merluza del sur surge como una necesidad expresada por los usuarios y administradores de explorar los potenciales resultados de la aplicación de la regla de control establecida en el “Plan de Manejo de la Merluza del Sur”, así como también de otros procedimientos de manejo ante las incertidumbres que surgen durante la evaluación de stock. Estas incertidumbres incorporan aspectos de la pesquería, biología y ecología de la merluza del sur, entre las que se destacan la dinámica espacial del stock con cambios en las estructuras de tallas y edades durante el desarrollo de la pesquería, descarte, sub-reportes y pesca ilegal, steepness y relaciones tróficas.

7. MODELOS OPERATIVOS CANDIDATOS

Identificación de las incertidumbres en merluza del sur

- Cambios en la estructura de tallas a la edad observadas por el crucero

Existe incertidumbre en las estructuras de tallas que son observadas por el crucero. En los últimos años el crucero ha registrado en sus prospecciones sobre la biomasa del área de reproducción en fechas de procesos reproductivos un número creciente de individuos juveniles. No han ocurrido cambios en el muestreo que generen este cambio en las observaciones, por lo que se especula que pueda deberse a procesos poblacionales y cambios en distribución ontogenética. Para mantener la consistencia del índice del crucero que históricamente ha sido reportado que considera la fracción reproductiva de la población, la estructura observada de los últimos años es truncada por la ojiva de madurez para seleccionar solo la fracción desovante. Adicionalmente, en las series de tallas a la edad se han observado variaciones, donde en la actualidad se observan individuos de menor tamaño.

- Subreportes

Se desconoce la magnitud real de las capturas no reportadas y descarte principalmente por la flota artesanal, de igual forma el destino del subreporte es desconocido. Estimaciones de subreporte histórico representaron un máximo de 26% del desembarco oficial en la XI Región en 2008 (Arancibia et al. 2017). Sin embargo, actores locales afirman que los porcentajes de subreporte son aún mayores. Adicionalmente, se desconocen características de la flota que opera con el arte de enmalle al margen de la legalidad (capturas y las estructuras de tallas). Para las flotas artesanales desde el año 2016 existen legislaciones y programas de monitoreo para describir el descarte, previo a este periodo han sido utilizado la metodología propuesta por Payá, estimada hasta el año 2001. Esta corrección ha sido utilizada como un estándar en la evaluación, manteniendo la estimación generada para el año 2001 entre los años 2002 y 2015. Durante la reunión se discutió la necesidad de generar series alternativas de captura con otras correcciones para el periodo donde no se cuenta con valores estimados anualmente.

- Correcciones de captura

Durante la asesoría del año 2014 y utilizando antecedentes proporcionados por Payá et al. (2000), quienes estimaron la estructura de edades de la captura total (industrial y artesanal) para el periodo 1987-1996 basándose en las estadísticas de exportaciones por calibres comerciales y en claves talla-calibre; como también aproximaciones de Céspedes y Adasme (2007) sobre subreporte-descarte para los años 2001 a 2007 para las flotas de arrastre y espinel artesanal, Payá (2015) construyó una serie de factores de corrección para ambas flotas que cubrió el periodo 1977-2014. Específicamente, los criterios de Payá (2015) fueron los siguientes: para las flotas arrastreras la estimación se basó en la razón entre las capturas observadas por los muestreadores a bordo de las embarcaciones y las capturas declaradas por los pescadores, mientras que para la captura artesanal se estimó como el porcentaje en peso de los peces descartables (supuestos menores de la talla mínima legal de 60 cm) en los muestreos de tallas de la captura. Además, se utilizaron los criterios de Céspedes y Adasme (2011) quienes estimaron para el año 2011 factores de descarte-subreporte de 1.74 para el

arrastre fábrica y 4.3 para el arrastre surimero. Por lo tanto, los valores de descarte y subreporte mencionados en este informe están basados en probables niveles históricos acordados en el seno del Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA).

En la Figura 2 se observan los desembarques oficiales reportados entre 1977 y 2023 y las capturas corregidas por flota y totales los cuales muestran elevados niveles de explotación en los primeros años de la pesquería y descensos en los volúmenes desembarcados en los últimos años. Comparativamente, se observa que los desembarques totales oficiales siguen la misma tendencia que las capturas totales corregidas, pero a partir del año 1996 se empiezan a diferenciar ambos registros, siendo los desembarques oficiales menores que las capturas totales. Al observar cada flota por separado, el anterior comportamiento es reflejado en las series de capturas corregidas y desembarques oficiales de la flota de arrastre, donde la diferencia en el año 2023 fue de 7388 toneladas, evidenciando altos niveles de descarte en esta flota. La flota artesanal muestra menores diferencias entre ambas series basados en los factores de corrección estimados por Paya 2015.

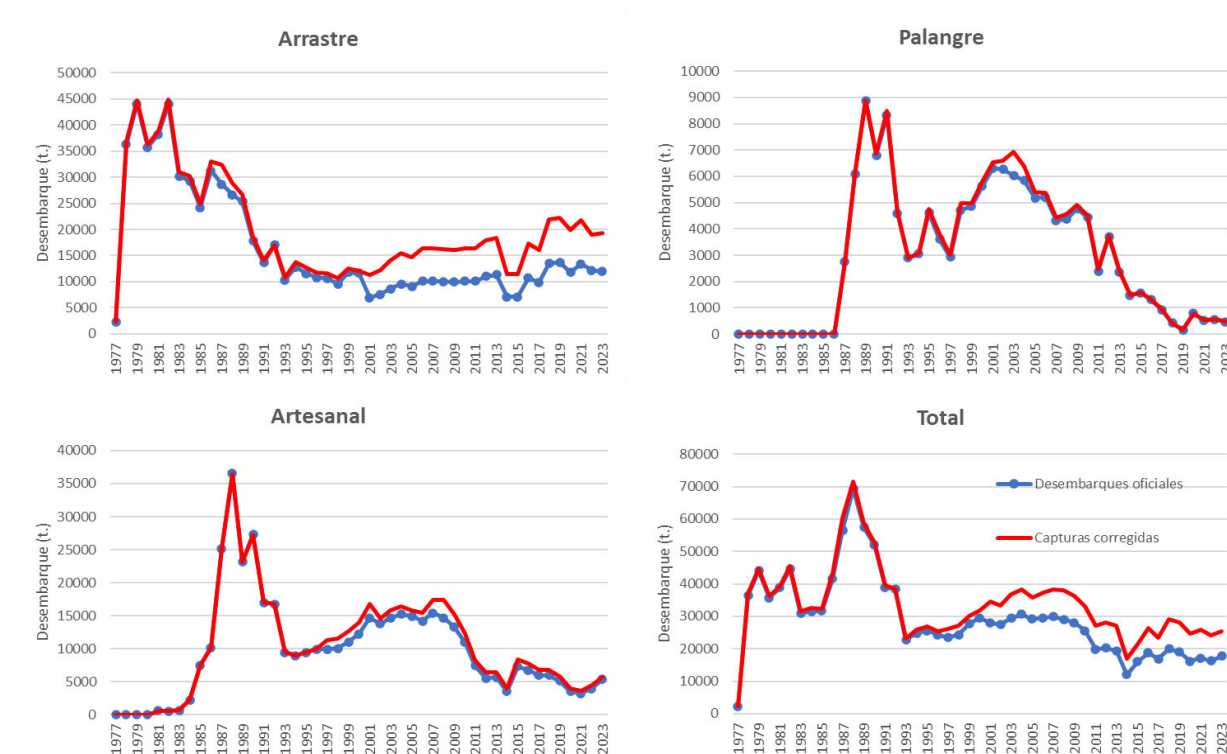


Figura 2. Series de desembarques oficiales flota (línea azul) y series corregidas de captura (línea roja), ambas en toneladas.

Dada la incertidumbre en torno a los valores de los desembarques oficiales, capturas corregidas y factores de corrección, se proporcionaron valores de capturas medias corregidas por la fracción de descarte y sub-reporte de las flotas de arrastre industrial y artesanal procedentes del proyecto FIPA 2015-45. Esta serie de capturas históricas fue reconstruida para el periodo 1980-2015 a partir de la estimación de las fracciones de descarte y sub-reporte de forma separada por flota en el periodo 1998-2015 y fue expandida mediante un factor de expansión que considera ambas estimaciones en conjunto (Figura 3). Esta serie histórica de capturas corregidas presenta valores de captura más elevados que las capturas corregidas utilizando los factores de corrección de Paya 2015, llegando a presentar diferencias de hasta un orden de magnitud en el periodo 1987-1992, y los años 2001 y 2004.

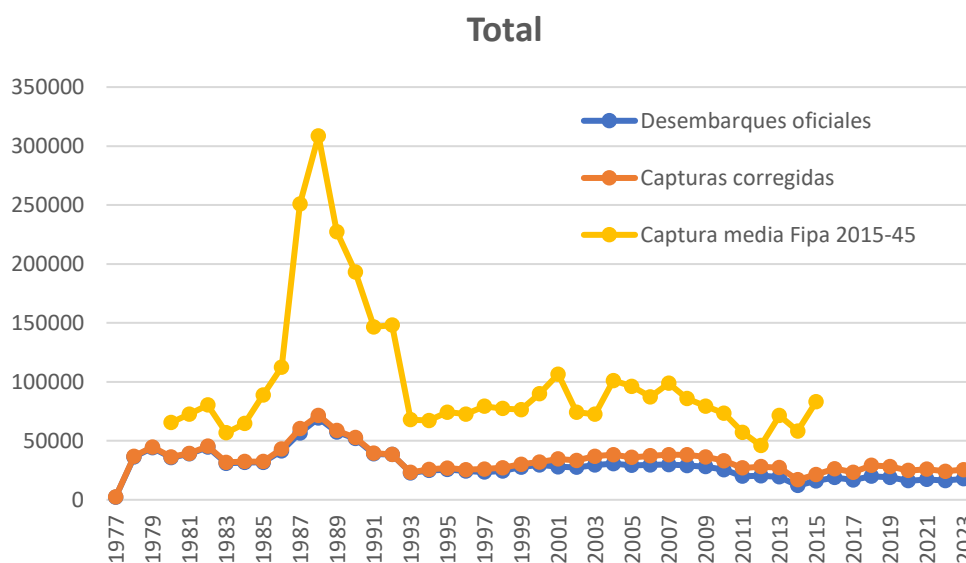


Figura 3. Series de capturas disponibles para merluza del sur de acuerdo a distintas fuentes.

Serie alternativa de captura

Durante el desarrollo del taller se comentaron diferencias sobre los niveles de corrección de la flota arrastrera, y Sarah Hopf proporcionó una serie alternativa de capturas para la flota industrial que puede ser visualizada en el siguiente [enlace](#). De igual forma el detalle de los fundamentos de la corrección son presentados en la tabla relacionado con el detalle de los modelos operativos. En el caso de las flotas de arrastre y artesanal, se incorporó una serie de capturas alternativas corregidas configuradas en el modelo operativo a partir de los datos de sub-reporte proporcionados por los representantes de la flota artesanal y las series proporcionadas por la industria (Figura 4).

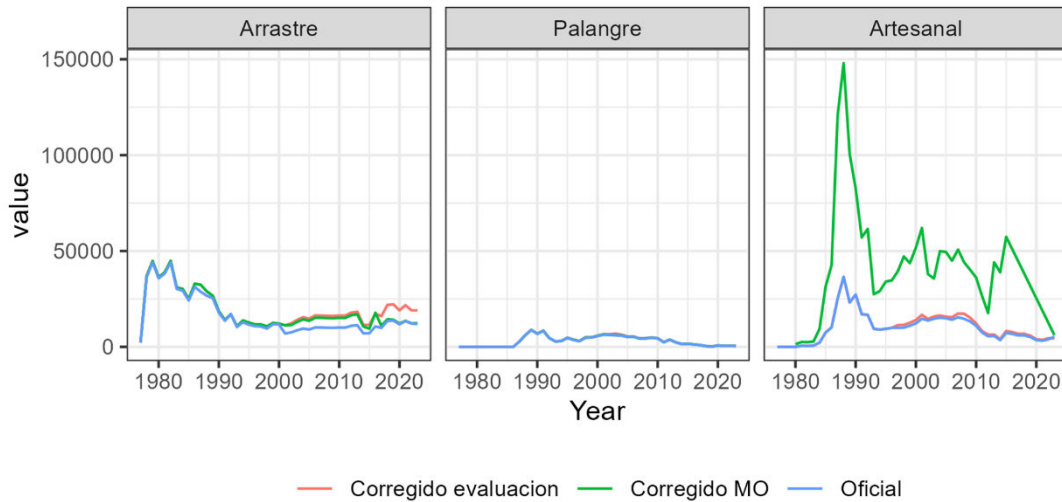


Figura 4. Series de captura utilizadas en MO, y serie alternativa de captura para la flota artesanal.

Valores de steepness alternativos

Cambio en el valor de steepness del recurso desde un valor de 0.5 a 0.7 basado en la relación entre la relación L_{50}/L_{∞} generada por Wiff *et al.*, 2018, a partir de sugerencias de la evaluación por pares. Este cambio reciente ha generado un aumento en la productividad de la población, lo que se visualizó como un elemento que debiese ser probado en la presente evaluación.

Relaciones tróficas

El modelo de evaluación de stock implementado para la merluza del sur asume una mortalidad constante de 0.21 entre edades, sexos y tiempo, que incorporan parámetros de crecimiento de la especie y condiciones promedio de temperatura del hábitat (Aguayo y Zuleta 1989). En estas estimaciones se asume está incluida la depredación, sin embargo, esta puede ser variable en el tiempo, dependiente de la variabilidad en la abundancia del depredador, su distribución, la abundancia de las presas y su respuesta funcional. Por lo que, se desconocen los efectos de la dinámica depredador-presa en la mortalidad natural, tanto top-down como bottom-up. El lobo marino sudamericano ejerce una importante mortalidad sobre la merluza del sur, ya que esta especie contribuye en 70% promedio a la dieta de las principales colonias de este depredador al norte de la distribución de la merluza del sur (Neira *et al.* 2021, Heredia-Azuaje *et al.* 2024). Análisis ecosistémicos, sugieren una mortalidad adicional por depredación, que en el caso del lobo marino sudamericano es de aproximadamente 0.06 año^{-1} y 0.05 año^{-1} sobre individuos adultos y juveniles de merluza del sur, respectivamente (Neira *et al.* 2021). En el caso de otros depredadores la mortalidad por depredación podría alcanzar valores altos sobre juveniles de merluza austral (Neira *et al.* 2021, Mármol 2017). Por otra parte, la merluza del sur es un importante depredador de recursos pesqueros sobreexplotados como merluza de tres aletas (*M. australis*) y merluza de cola (*M. magellanicus*), con una contribución de esta última presa, superior a 90% de la dieta de individuos adultos de merluza del sur (Lillo *et al.* 2011, Toledo *et al.* 2020). Sin embargo, la mortalidad por depredación de merluza del sur sobre merluza de cola y de tres aletas tiende

a disminuir con la edad de las presas y la mortalidad por pesca pasa a ser la principal fuente de mortalidad en su dinámica poblacional (Jurado-Molina et al. 2016). Por lo que se desconoce si la disminuci3n en la disponibilidad de las presas principales de la merluza del sur podrí3 afectar la dinámica de la merluza del sur.

- Dimorfismo sexual y selectividad

El actual modelo de evaluaci3n es un modelo conjunto, no diferenciado por sexos. Se desconoce el efecto de considerar un modelo que incorpore diferencias en los parámetros de historia de vida por sexo. En caso de considerar un modelo separado por sexos, es probable que exista un efecto en la selectividad, dado que al capturar individuos más grandes los efectos sobre el sexo que alcanza mayores tallas podrí3n ser mayor. En el caso de la merluza del sur se conoce que las hembras alcanzan mayores tallas y edades que los machos con una diferencia de 12-14 cm (Ojeda y Aguayo 1986).

- Fecundidad

No existen estimados directos de fecundidad a la edad. El actual enfoque utiliza pesos a la edad como un proxy a la producci3n de huevos. Adicionalmente, se desconocen los efectos en la fecundidad por disminuci3n de las tallas modales en hembras, cambios en la dieta de la especie que pudieran repercutir en su potencial reproductivo.

- Estructura espacial del stock y de la flota

Frecuentemente se generan observaciones sobre la estructura espacial del stock, sugerencias de áreas geográficas con dinámicas independientes y límites espaciales definidos. Estos puntos no han sido del todo claros en este y otros recursos, por lo que permanece como una fuente de incertidumbre.

- Implicancias del cambio climático

Existe interés en incorporar elementos que aborden el cambio climático en proyecciones futuras del recurso, pero se desconocen los efectos que forzantes ambientales podrí3n tener sobre las dinámicas del recurso (Payá and Ehrhardt 2005). El cambio climático se encuentra implícitamente incorporado entre varios modelos operativos, por ejemplo, en la reducci3n de la productividad/reclutamiento (MO3) y en el incremento de la mortalidad natural de juveniles y adultos (MO5).

Diferentes escenarios de cambio climático podrí3n tener los mismos cambios en la poblaci3n que los descritos anteriormente, los cuales dependen de los rasgos particulares de la especie. Sin embargo, el cambio climático también podrí3 incrementar la productividad primaria del ecosistema favoreciendo la productividad del recurso. Es necesario identificar mecanismos que vinculen los cambios ambientales relacionados al cambio climático con procesos biológicos del stock. Un abordaje desde los modelos ecosistémicos podrí3 dar informaci3n sobre futuros MO que incorporen el cambio climático.

En funci3n de lo anterior se definieron los modelos operativos, agrupados en dos categorías: robustez y de referencia, presentados en la Tabla 1:

Tabla 1. Resumen de los modelos operativos condicionados para la EEM de la merluza del sur.

MO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MO
MO1	Modelo base de evaluación de stock, que incorpora un valor de steepness $h=0.7$. Corrección de capturas según Payá.	Referencia
MO2	Condiciona un incremento en el reclutamiento	Referencia
MO3	Condiciona un steepness $h=0.5$ (Paya & Ehrhardt 2005)	Referencia
MO4	Condiciona tasas de subreporte en la pesquería artesanal, no consideradas en las series de desembarques: Valor mínimo: Tasas de subreporte estimadas procedentes del FIPA 2015-45 (Arancibia et al 2017) con una interpolación lineal posterior (Se considerará un valor de subreporte de 115% de las capturas oficiales en 2023. Se generó una serie de captura industrial para incorporar otras correcciones. La serie se compuso de: Corrección de Payá 1977 a 2001; Corrección usando valor promedio 2015-2016, programa descarte entre 2002 a 2014; corrección informada por programa de descarte desde 2015 a 2023.	Referencia
MO5	Condiciona un valor de M igual al promedio y la desviación estándar de los valores de M derivados de FIPA 2018-55, Arriagada 2019 y Marmol 2017, debido a la incorporación de depredación por lobos marinos, otros depredadores y disminución de la abundancia de su principal presa: <i>Macruronus magellanicus</i>	Robustez
MO6	Condiciona un modelo que considera un alto coeficiente de variación del índice acústico (Evaluación de la calidad del índice)	Robustez

Error de implementación: En todos los modelos operativos se considerará una tasa de subreporte artesanal de 15%, basada en antecedentes aportados por los usuarios y acuerdos con los administradores. La tasa de descarte del sector industrial especificada es de 4% en la proyección. La evaluación de stock no considera corrección del subreporte.

8. PROCEDIMIENTOS DE MANEJO CANDIDATOS Y DE REFERENCIA

Regla de control actual (RC_actual)

El manejo actual consiste de una asesoría anual que determina el estatus y estima la captura biológicamente aceptable estimadas a partir de la configuración de un modelo de evaluación de stock. En el actual procedimiento de manejo, considera una regla de control basada en una tasa de explotación constante en torno al rendimiento máximo sostenido (RMS). Se utiliza un proxy del 40% de la biomasa desovante virginal (B_0) para la biomasa al RMS (B_{RMS}) y una mortalidad por pesca $F_{45\%}$ como un proxy F_{RMS} . Existe un desfase de un (1) año en los datos biológicos y pesqueros de entrada al modelo, observaciones del crucero y datos a la edad, y se asume que la cuota pueda ser completada para los datos de capturas. La CBA es actualizada anualmente.

En octubre de 2016, el “Comité de manejo merluza del sur desde el paralelo $41^{\circ} 28.6' LS$ al $57^{\circ} 00' LS$ ” formuló un “Plan de Manejo para la merluza del sur” de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), formulado en 2016, el cual considera que la regla de control debe ser consecuente con el mandato legal de llevar o mantener al RMS (artículo 3° LGPA) para lo cual se estableció una estrategia de explotación concordante con la relación del indicador de:

El plan de manejo considera indicador $(BD_t/B_0)*100$, donde BD_t : Biomasa desovante al tiempo t y B_0 : Biomasa desovante virginal, se tienen siguientes escenarios:

- Caso 1): Si el indicador es $\geq 20\%$ aplicar una estrategia de mortalidad constante igual a $F=F_{RMS}$.
- Caso 2) si el indicador es $\geq 10\%$ y $< 20\%$ aplicar una estrategia de mortalidad por pesca constante $F=0.8 \cdot F_{RMS}$
- Caso 3) si el indicador es $< 10\%$ aplicar una estrategia de mortalidad por pesca constante igual a $F=0.5 \cdot F_{RMS}$

Reglas de control alternativas

Durante la reunión se propusieron reglas de control alternativas con distintas configuraciones dentro de un patrón general del tipo rampa, poniendo a prueba reglas con y sin cierre de la pesquería, opciones con capturas mínimas independiente del estado de la pesquería y con buffers en torno al RMS (cuyos nombres han sido abreviados con las siguientes siglas: **RC1, RC2, RC3, RC4**). La RC1 fue propuesta por la SSPA, RC2 y RC3 fue propuesta por el comité de manejo y la RC4 fue desarrollada y acordada durante el taller de implementación por todos los actores (Figura 6).

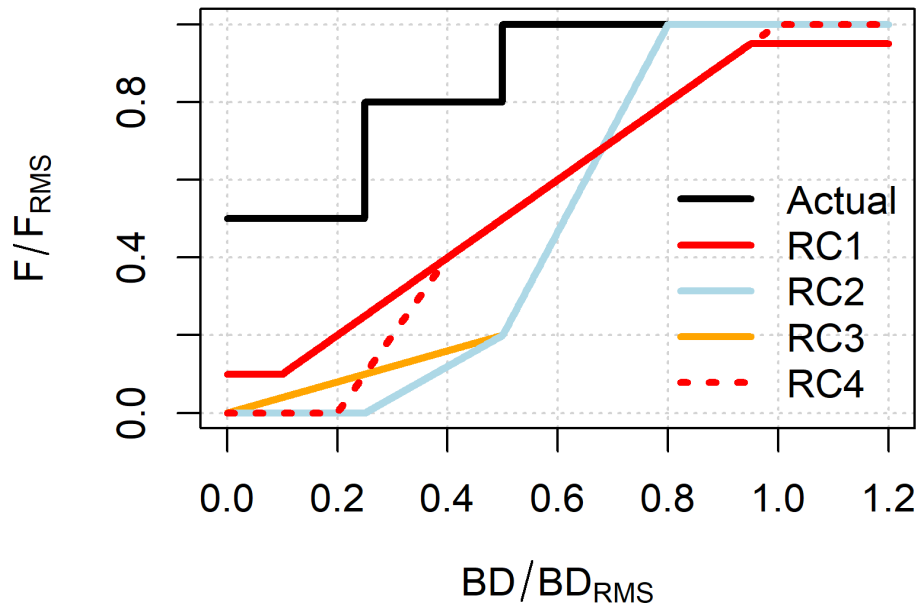


Figura 6. Reglas de control alternativas evaluadas en el taller de implementación de EEM (las cuales usan proxies).

Adicionalmente se implementarán reglas de control de captura con la implementación de hiper-regla aplicada sobre la RC1. Se implementaron dos hiper-reglas, una que consideraba una limitación al cambio en la CBA de un máximo de un 10% con referencia a la CBA del año anterior, tanto en aumento como en disminución de la CBA (**RC1_HR**), y una segunda hiper-regla que se gatilla dependiendo del estatus del recurso, imponiendo límites a la CBA sólo en el caso de un estatus plena explotación o subexplotado ($B > 0.95 \text{ BRMS}$, en **RC1_HR_cond**).

Por otro lado, también se evaluarán tres reglas empíricas basadas en las prospecciones del crucero de evaluación directa (Figura 7). Se considera la estimación de la CBA basada en el promedio de la biomasa de las tres últimas prospecciones (con un desfase de un año en los datos) y se aplica una CBA según la siguiente figura, regla de control rampa (denominadas **Empírica_25kt**, **Empírica_30kt** and **Empírica_35kt**). Estas reglas se fundamentan en las capturas promedios ajustadas en los periodos 2000-2009 y 2015-2023 de aproximadamente 36,000 toneladas y 24000 toneladas, respectivamente.

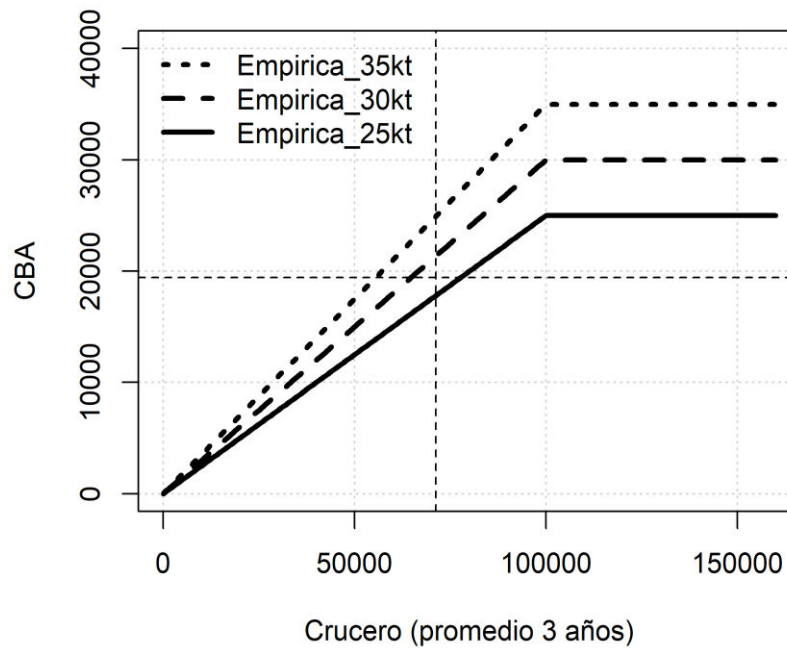


Figura 7. Reglas de control empíricas propuestas en el taller MSE. La línea horizontal segmentada representa la CBA en 2023 y la línea vertical segmentada es la biomasa estimada por el crucero (t) en 2023.

Relaci3n entre la cuota asignada y los desembarques oficiales por flota

Divisi3n de la CBA entre la flota artesanal e industrial, para los cuales la asignaci3n oficial es de 60% para el sector artesanal y 40% para el sector industrial. Con una cuota efectiva de 30% en el sector artesanal y 70% industrial luego de la transferencia de la cuota. Dentro de las simulaciones se consider3 una asignaci3n de la cuota de 70% al sector industrial para todos los procedimientos. En este 70% de la cuota extraída por el sector industrial 96% es asignada a la flota de arrastre y el restante 4% a la flota de palangre, esto de acuerdo con la relaci3n de capturas en los últimos cinco ańos.

Para facilitar la comparaci3n de los procedimientos de manejo candidatos, se adicionaron el procedimiento "Sin pesca" y "Manejo perfecto", que asume un perfecto conocimiento de la abundancia del stock y una tasa de mortalidad por pesca 3ptima (FRMS). En la Tabla 2 se resumen los procedimientos de manejo y las reglas de control propuestas para ser evaluadas en la EEM.

Tabla 2. Resumen de las reglas de control candidatos para la EEM de la merluza del sur.

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
RC_actual	Evaluación actual y regla de control actual
RC1	Evaluación actual y regla de control #1: F rampa ($F/F_{rms} = 0.95$ si $BD/BD_{rms} > 0.95$ $F/F_{rms} = 0.1$, si $BD/BD_{rms} < 0.1$ $F/F_{rms} = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo= 0.95 y F/F_{rms} mínimo= 0.1; si $0.1 \leq BD/BD_{rms} < 0.95$)
RC2	F rampa ($F = F_{rms}$ si $BD/BD_{rms} > 0.8$ $F = 0$ si $BD < 0.25 BD_{rms}$ $F/F_{rms} = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo= 1 y F/F_{rms} mínimo= 0.2; si $0.5 \leq BD/BD_{rms} < 0.8$ $F = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo= 0.2 y $F=0$ si $0.25 \leq BD/BD_{rms} < 0.5$)
RC3	F rampa ($F = F_{rms}$ si $BD > 0.8 BD_{rms}$ $F = 0$ si $BD = 0$ Igual a RC2 si $0.5 BD_{rms} < BD \leq 0.8 BD_{rms}$ $F/F_{rms} = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo=0.2 si $BD/BD_{rms} < 0.5$)
RC4	F rampa ($F = F_{rms}$ si $BD > BD_{rms}$ $F = 0$ si $BD \leq 0.2 BD_{rms}$ $F/F_{rms} = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo= 1 y F/F_{rms} mínimo= 0.4; si $0.4 \leq BD/BD_{rms} < 1$) $F/F_{rms} = (a+b*(BD/BD_{rms}))$ donde F/F_{rms} máximo= 0.4 y $F=0$, si $0.2 < BD/BD_{rms} \leq 0.4$
RC1_HR	Variabilidad en $CBA_{t+1} < 10\% CBA_t$
RC1_HR_cond	CBA limite, $B > 0.95 BRMS$
Empirica_25kt	CBA umbral ajustada a 25000 toneladas si $BD > 100000$ toneladas. Cuando BD disminuye, CBA declina linealmente a cero
Empirica_30kt	CBA umbral ajustada a 30000 toneladas si $BD > 100000$ toneladas. Cuando BD disminuye, CBA declina linealmente a cero
Empirica_35kt	CBA umbral ajustada a 35000 toneladas, si $BD > 100000$ toneladas. Cuando BD disminuye, CBA declina linealmente a cero
Sin pesca	$F=0$
Manejo_Perfecto	Manejo perfecto (conocimiento perfecto de la abundancia del stock y de la tasa de mortalidad por pesca óptima F_{MRS}).

9. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

Se definieron métricas de desempeño de estatus, seguridad y rendimiento:

- Probabilidad de que el stock se encuentre en la zona verde del diagrama de fases ($BD > 0.95$ BMRS).
- Probabilidad de que el stock se encuentre sobre la zona roja ($BD > 0.5$ BMRS).
- Probabilidad de estar bajo el nivel de explotación objetivo ($F < F_{rms}$).
- Promedio de la CBA.
- Probabilidad de que la CBA sea mayor de 12000 toneladas estableciendo como referencia la CBA de 2014.
- Probabilidad de una variabilidad interanual de la CBA $< 10\%$

Se consideraron dos períodos para evaluar los indicadores a través de las métricas de desempeño: un periodo de proyección corto entre 1 y 5 años y un periodo de proyección largo entre 48 y 55 años que corresponde a dos veces la edad máxima observada en las capturas. Adicionalmente, se evaluó la frecuencia de que la hiper-regla sea gatillada en RC1_HR y RC1_HR_cond durante el periodo entero de proyección (1-55 años).

Tabla 3. Métricas de desempeño de estatus, seguridad y rendimiento definidas para valorar las reglas de control evaluadas en EEM para la merluza del sur

NOMBRE	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
ZV_CP	Zona Verde, Corto Plazo	$P(BD > 0.95 \text{ BMRS})$ (año 1-5)
ZV_LP	Zona Verde, Largo Plazo	$P(BD > 0.95 \text{ BMRS})$ (año 48-55)
NZR_CP	No Zona Roja, Corto Plazo	$P(BD > 0.5 \text{ BMRS})$ (año 1-5)
NSP_CP	No Sobre Pesca, Corto Plazo	$P(F < F_{rms})$ (año 1-5)
CBAprom_CP	CBA promedio, Corto Plazo	
C12_CP	CBA $> 12\text{kt}$, Corto Plazo	$P(CBA > 12,000)$ (año 1-5)
CBAv	CBA variabilidad, todos los años	$P((CBA_{t+1} - CBA_t)/CBA_t < 0.10)$ (año 1-55)

10. RESULTADOS PRELIMINARES

Proyecciones utilizando modelo base

El desempeño de los diferentes procedimientos de manejo (PM) para la variable de estatus se muestra en la Figura 8. En el taller se consideró preliminarmente el modelo base de evaluación de la merluza del sur como modelo operativo, y se abordaron las proyecciones en torno a la probabilidad de que el stock se encuentre en la zona verde del diagrama de Kobe, tanto en el corto como en el largo plazo. En el corto plazo, todos los procedimientos tienen una probabilidad de 100% de encontrarse en la zona verde; sin embargo, al observar el desempeño proyectado a largo plazo, esta probabilidad se reduce casi a la mitad con el PM actual, disminuyendo aún más con el manejo perfecto, siendo este procedimiento el que tiene una probabilidad bajo 50% de mantenerse en el rango de plena explotación a largo plazo. De igual forma, en el corto plazo la probabilidad en las simulaciones de que el stock se encuentre fuera de la zona roja ($BD > 0.5$ BMRS) y sin sobrepesca ($F < FRMS$) es de 100% y a largo plazo la probabilidad de agotamiento se mantiene bajo el 25% en todos los procedimientos.

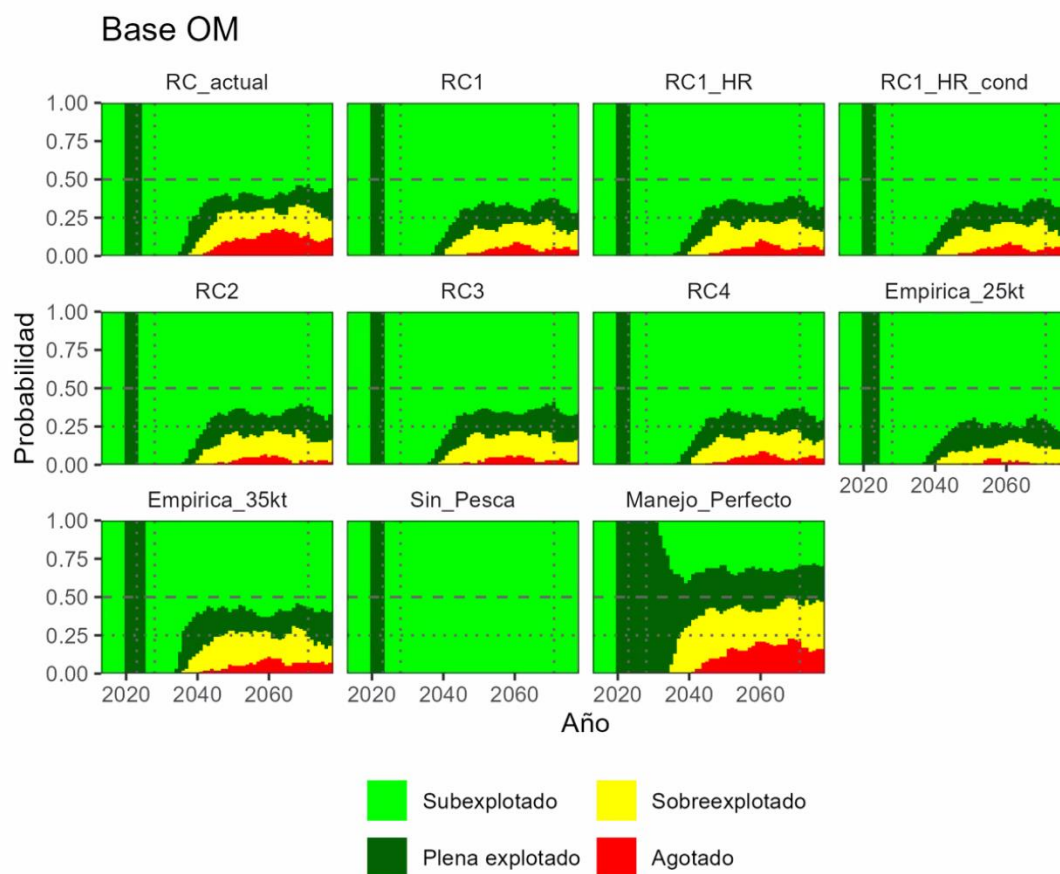


Figura 8. Proyección de la variable de estatus sobre el diagrama de Kobe en el corto y largo plazo.

En términos de variaciones en la CBA promedio a corto plazo considerando el modelo base, no se observan mayores diferencias en la trayectoria de las simulaciones entre procedimientos, con excepción de la regla de control empírica que estabiliza la CBA bajo 25000 t y el manejo perfecto. En el largo plazo las proyecciones apuntan a una CBA sin grandes variaciones en torno a las 30000 t, siendo el manejo perfecto, el procedimiento que presenta mayor incertidumbre en las estimaciones a largo plazo (Figura 9).

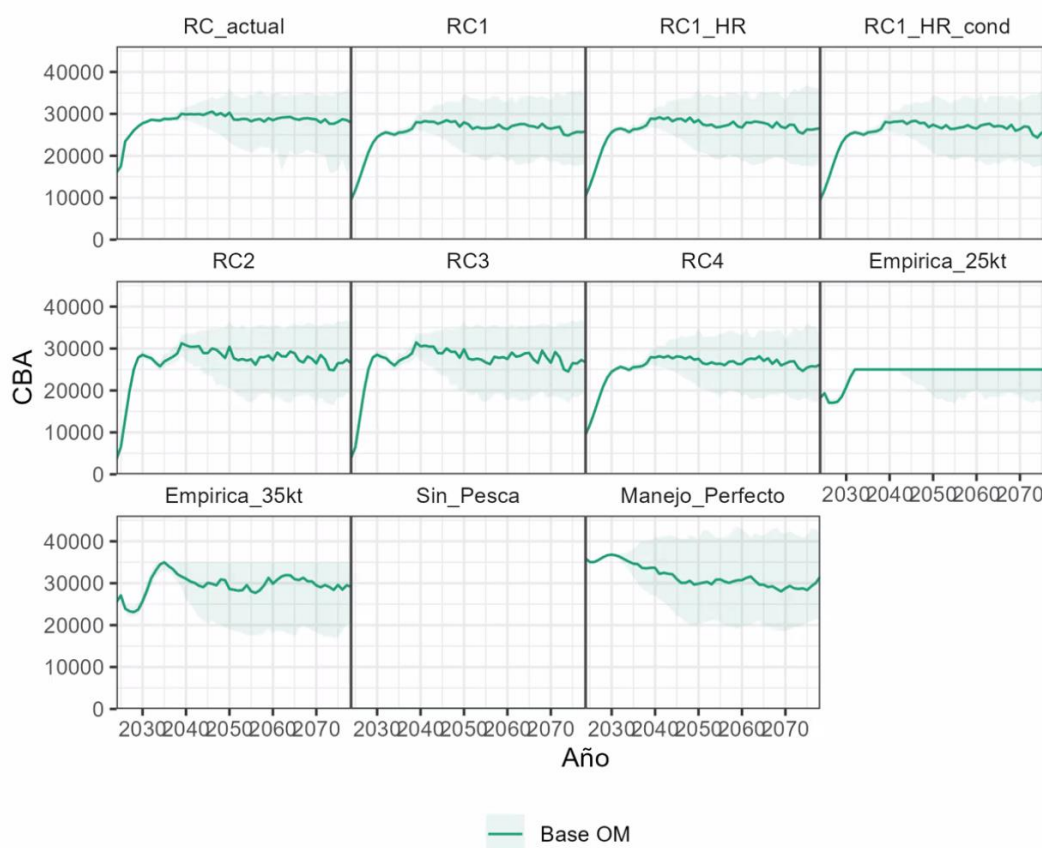


Figura 9. Comportamiento de la CBA promedio bajo diferentes procedimientos de manejo configurados para el modelo base.

Al considerar el desempeño de la biomasa con respecto de la biomasa al máximo rendimiento sostenido proyectada en el corto y largo plazo, esta se encontraría sobre el objetivo al aplicar las diferentes reglas de control propuestas con excepción del manejo perfecto. La regla de control empírica que estabiliza las capturas hasta las 25000 toneladas es la que permite obtener un gradual incremento en la biomasa en el largo plazo (Figura 10).

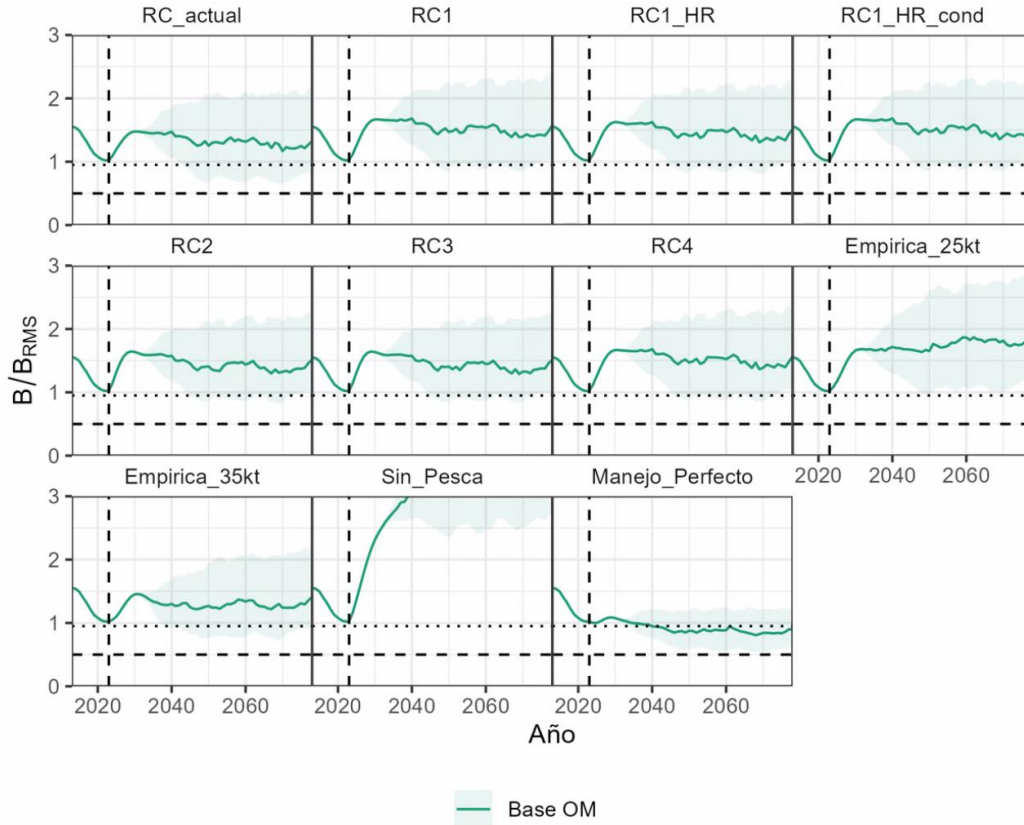


Figura 10. Comportamiento de la biomasa total con respecto de la Biomasa al MRS proyectada en corto y largo plazo bajo diferentes procedimientos de manejo configurados para el modelo base.

En la Figura 11 se muestran las métricas de desempeño de los procedimientos de manejo candidatos sobre los indicadores de estatus, rendimiento y estabilidad estimados sobre el modelo base. En esta figura se observa que, con excepción del manejo perfecto, todos los procedimientos de manejo presentan un buen desempeño sobre los indicadores biológicos y de la pesquería. Todas las variables de estatus en el corto y largo plazo presentaron valores de probabilidad superior al 60% de encontrarse por sobre los objetivos de manejo. El escenario que permite menores capturas en el corto y largo plazo representa uno de los escenarios que permite menor variabilidad en la CBA promedio a largo plazo (probabilidad de 88%).

	Base OM										
	NSP_CP	NSP_LP	NZR_CP	NZR_LP	ZV_CP	ZV_LP	CBAprom_CP	CBAprom_LP	C12kt_CP	C12kt_LP	CBAV
RC_actual	1.00	0.94	1.00	0.86	1.00	0.64	27,624	27,397	1.00	0.91	0.92
RC1	1.00	0.99	1.00	0.90	1.00	0.77	25,642	26,618	0.62	0.93	0.83
RC1_HR	1.00	0.99	1.00	0.90	1.00	0.74	26,440	27,311	0.80	0.93	0.82
RC1_HR_cond	1.00	1.00	1.00	0.91	1.00	0.77	25,772	26,849	0.62	0.93	0.81
RC2	1.00	0.99	1.00	0.92	1.00	0.76	26,493	27,386	0.60	0.93	0.70
RC3	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	0.76	26,496	27,400	0.60	0.93	0.70
RC4	1.00	1.00	1.00	0.91	1.00	0.77	25,738	26,741	0.62	0.93	0.83
Empirica_25kt	1.00	1.00	1.00	0.94	1.00	0.84	22,070	21,591	1.00	0.93	0.88
Empirica_35kt	1.00	0.97	1.00	0.90	1.00	0.70	27,524	26,354	1.00	0.91	0.80
Sin_Pesca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94
Manejo_Perfecto	0.00	0.00	1.00	0.83	1.00	0.39	33,767	33,377	1.00	0.96	0.97

Figura 11. Métricas de desempeño de las variables de estatus, rendimiento y estabilidad evaluadas bajo diferentes procedimientos de manejo configurados para el modelo base.

Comparativamente, todos los procedimientos de manejo mantienen la CBA promedio por sobre las 25000 toneladas con excepción de la regla de control empírica que estabiliza las capturas en 25000 toneladas a largo plazo, la cual mantiene capturas más bajas compensando con una mayor estabilidad de las capturas y una mayor probabilidad de mantenerse en la zona verde en el largo plazo (Figura 12).

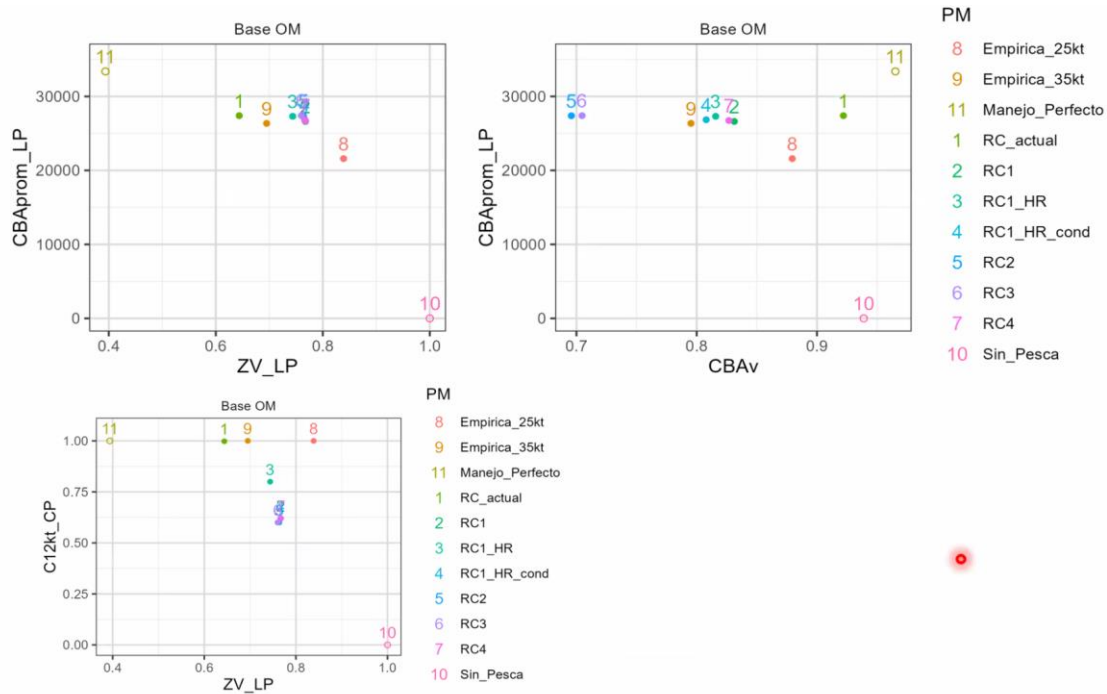


Figura 12. Comparación de las métricas de desempeño a largo plazo entre diferentes procedimientos de manejo (puntos de colores) evaluados sobre el modelo base. Panel: a) CBA promedio a largo plazo vs. probabilidad de encontrarse en zona verde ZV_LP, b) CBA promedio vs. Variabilidad de la CBA <10% y c) probabilidad de que la CBA > 12000 toneladas vs. Probabilidad de encontrarse en zona verde.

11. REFERENCIAS

- Aguayo, M. y Zuleta, A. 1989. Captura total del recurso merluza del sur en aguas interiores de la X-XI regiones, 1989. Instituto de Fomento Pesquero.
- Arancibia, H. Robotham, H. Alarcón, R. Barros, M. Santis, O. Sagua C. 2017. Informe Final Proyecto FIP N° 2015-45. Metodología para la estandarización de capturas totales anuales históricas. Casos de estudio: pesquerías: merluza común y merluza del sur. Universidad de Concepción, 215 p. + Anexos.
- Céspedes R, y L. Adasme. 2011. Estimación de descarte-subreporte y captura “real” en la flota a fábrica y arrastre surimera, 2011. Informe final. Subsecretaría de Pesca – IFOP.
- Chong, J. 1993. Ciclo de madurez sexual del congrio dorado (*Genypterus blacodes*) en la zona de la pesquería sur-austral. Estudio complementario a “Captura total permisible del recurso merluza del sur en aguas interiores, 1991”. IFOP-SUBPESCA.
- Chong, J. y R. Galleguillos. 1993. Determinación de unidades de stock de merluza del sur. Estudio poblacional de merluza de cola. Estudio de reproducción de congrio dorado y estudio de edad de la merluza de cola. Estudio encargado por IFOP a la Sociedad de Estudios Hidrobiológicos Ltda. (Informe interno).
- Daza, E., R. Céspedes, R. Galleguillos, L. Gonzales, C. Vargas, H. Miranda, J. Saavedra. 2005. Diagnóstico merluza del sur y congrio dorado, Aguas Interiores, XII Región. Proyecto FONDEMA Magallanes y Antártica Chilena. Código BIP: 20196777-0. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) – Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA).
- [Contreras](#), F. S. Musleh y F. Cabello. 2024. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2024: MERLUZA DEL SUR. Documento Técnico Asesoría a la Gestión Técnica (Estatus, posibilidades de explotación). 135 p.
- Heredía-Azuaje, H. Niklitschek, E.J. Sepúlveda, M. Harrod, C. Guerrero, A. Peña, G. Pacheco, B. Gomez-Uchida, D. Canales-Aguirre, C.B. and Toledo, P. 2024. Salmon farming, overfishing and southern sea lion: Not so opportunistic responses of a top predator to human perturbations in the Patagonian Fjords. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 299:108669. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108669>.
- Jurado-Molina J. Gatica C. Arancibia H. Neira S. & Alarcón R. (2016). A Multispecies Virtual Population Analysis for the Southern Chilean Demersal Fishery. *Marine and Coastal Fisheries*, 8(1), 350–360. <https://doi.org/10.1080/19425120.2016.1167796>
- [Plan de manejo merluza del sur](#). Subsecretaría de Pesca y acuicultura.
- Neira, S. Alarcón, R. Arancibia, H. Arriagada, A. Barros, M. Oliva, D. Pavés, H. y Sepúlveda, M. 2021. Evaluación de la influencia del lobo marino común en la mortalidad natural de las especies objetivo de las pesquerías chilenas. Informe Final Proyecto FIPA 2018-55. Universidad de Concepción. 267 p.
- Lillo S. Molina E. Ojeda V. Céspedes R. Melendez R. Hidalgo H. Muñoz L. 2011. Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola en aguas interiores de la X y XI Regiones, año 2009. Informe Final FIP 2009-09. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile.
- Mármol D.P. 2017. Análisis de interacciones tróficas e impacto de la pesca en el ecosistema marino de la zona sur-austral de Chile (42°28,6'S-57°00'S) entre 1980 y 2010. Tesis de Magister. Universidad de Concepción. 88 p.
- Ojeda, C. V., and Aguayo, H. M. 1986. Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merlucciidae). *Investigación Pesquera*, 33: 47–59.

Payá I. and Ehrhardt N.M. 2005. Comparative sustainability mechanisms of two hake (*Merluccius gayi* and *Merluccius australis*) populations subjected to exploitation in Chile. Bulletin of marine science, 76(2): 261–286.

Payá I. 2015. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2015. Merluza del Sur. Informe de Estatus y Cuota. Subsecretaría de Economía y Empresas de menor tamaño - IFOP. 127 pp + anexos.

Toledo, P. Niklitschek, E.J. Darnaude, A.M. Leiva, F. Harrod, C. Lillo, S. Ojeda, V. Klarian, S. Molina-Burgos, B.E. Gálvez, P. and Canales-Aguirre, C.B. 2020. The trophic ecology of partial migration: insights from *Merluccius australis* off NW Patagonia. ICES Journal of Marine Science, 77(5), 1927–1940. doi:10.1093/icesjms/fsaa065.

Rodrigo Wiff, R. Flores, A. Neira, S. And Caneco, B. 2018. Estimating steepness of the stock-recruitment relationship in Chilean fish stocks using meta-analysis. Fisheries Research 200: 61–67.

Contribuimos a la
sostenibilidad de los recursos
marinos de todos los chilenos.



 www.ifop.cl

 info@ifop.cl

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - CHILE