



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, **Figura 1** (*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).

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.



Figura 1. Merluza del sur.



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-reporte, 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 ante el desconocimiento de la dinámica espacial del stock con cambios en las estructuras de tallas y edades durante el desarrollo de la pesquería.

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.



- 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 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 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) (**Figura 2**).

- 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 ver **Figura 3**). 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.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

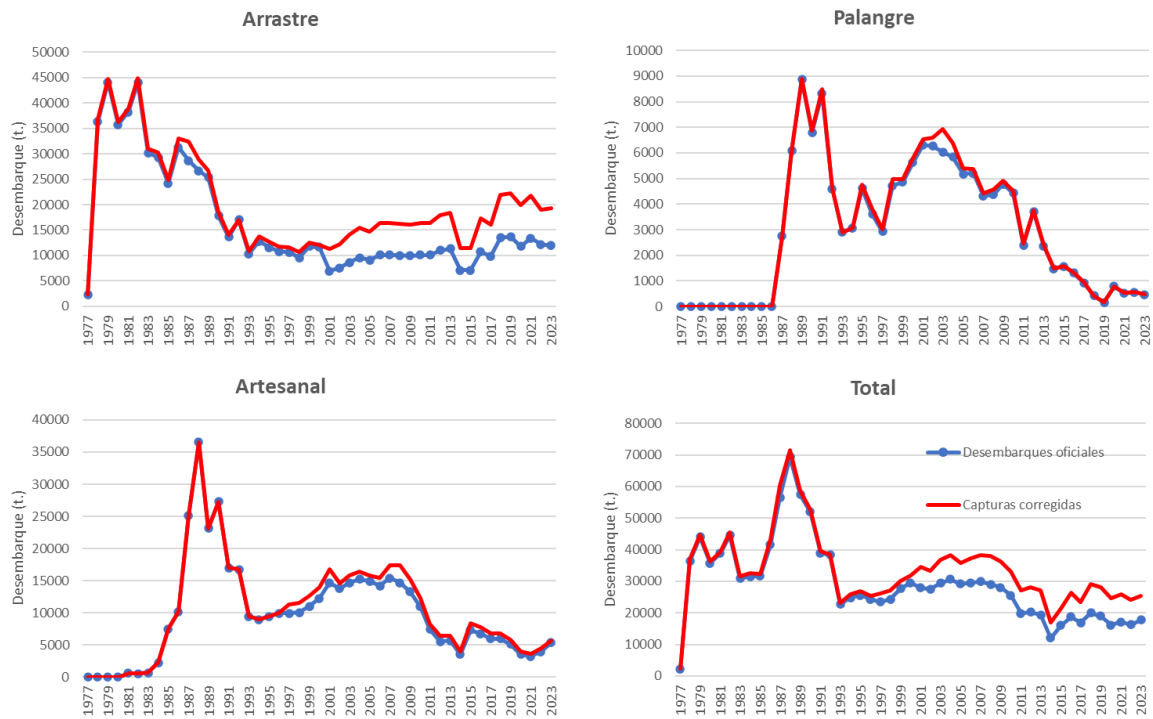


Figura 2. Series de desembarques oficiales flota (azul) y series corregidas de captura (rojo).

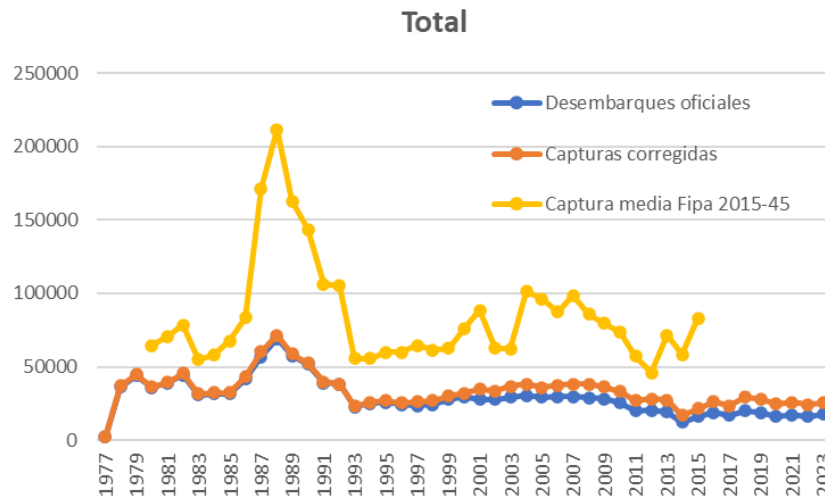


Figura 3. Series de capturas disponibles para merluza del sur de acuerdo a distintas fuentes.

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 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 (**Figura 4**).

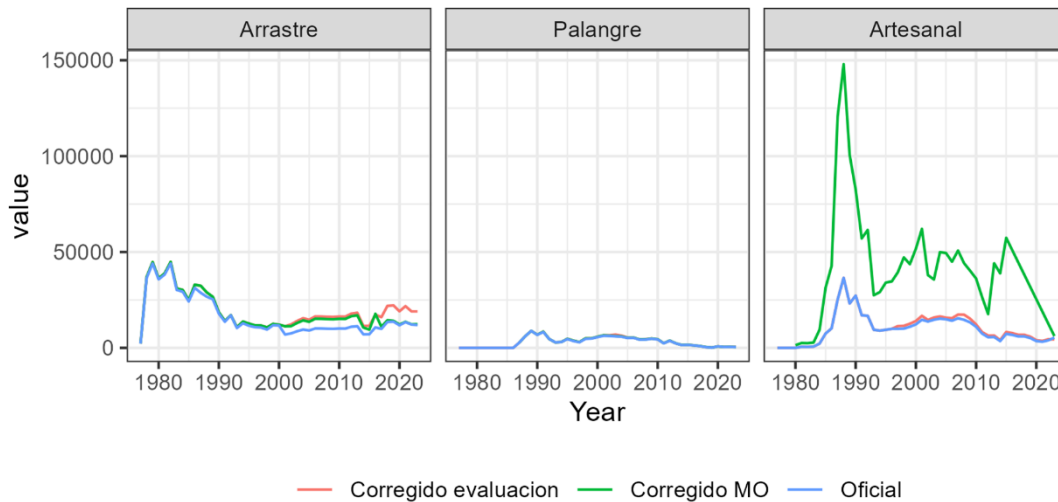


Figura 4. Series de captura utilizadas en MO, y serie alternativa de captura para la flota artesanal.

- **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 disminución en la disponibilidad de las presas principales de la merluza del sur podría afectar la dinámica de la merluza del sur.

- Dimorfismo sexual y selectividad

El actual modelo de evaluación 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 podría 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 producción de huevos. Adicionalmente, se desconocen los efectos en la fecundidad por disminución 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 podrían 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 reducción de la productividad/reclutamiento (MO3) y en el incremento de la mortalidad natural de juveniles y adultos (MO5).

Diferentes escenarios de cambio climático podrían tener los mismos cambios en la población que los descritos anteriormente, los cuales dependen de los rasgos particulares de la especie. Sin embargo, el cambio climático también podría 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 podría dar información sobre futuros MO que incorporen el cambio climático.



En función de lo anterior se definieron los modelos operativos, agrupados en dos categorías: robustez y de referencia, presentados en la siguiente tabla:

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.



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 la captura biológicamente aceptable estimadas a partir de una evaluación de stock.

En octubre de 2016, el "Comité de manejo merluza del sur desde el paralelo 41° 28.6' LS al 57° 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 $(BDt/B0)*100$, donde BDt: Biomasa desovante al tiempo t y B0: Biomasa desovante virginal, se tienen siguientes escenarios:

- a) Caso 1): Si el indicador es $\geq 20\%$ aplicar una estrategia de mortalidad constante igual a $F=FRMS$.
- b) Caso 2) si el indicador es $\geq 10\%$ y $< 20\%$ aplicar una estrategia de mortalidad por pesca constante $F=0.8*FRMS$.
- c) Caso 3) si es indicador es $< 10\%$ aplicar una estrategia de mortalidad por pesca constante igual a $F=0.5*FRMS$.

En el actual procedimiento de manejo, las estimaciones se obtienen ajustando el modelo de evaluación edad estructurado. 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.

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 5**).

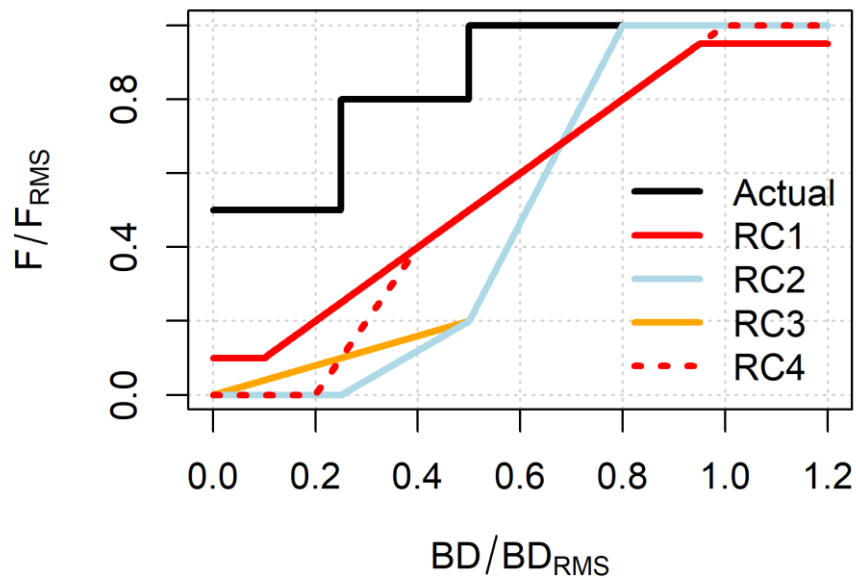


Figura 5. Reglas de control alternativas evaluadas en el taller de implementaci3n de EEM (las cuales usan proxies).

Adicionalmente se implementaran reglas de control de captura con la implementaci3n de hiper-regla aplicada sobre la RC1. Se implementaron dos hiper-reglas, una que consideraba una limitaci3n al cambio en la CBA de un m3ximo de un 10% con referencia a la CBA del a3o anterior, tanto en aumento como en disminuci3n de la CBA (**RC1_HR**), y una segunda hiper-regla que se gatilla dependiendo del estatus del recurso, imponiendo l3mites a la CBA s3lo en el caso de un estatus plena explotaci3n o subexplotado ($B > 0.95 BRMS$, en **RC1_HR_cond**).

Por otro lado, tambi3n se evaluar3n tres reglas emp3ricas basadas en las prospecciones del crucero de evaluaci3n directa. Se considera la estimaci3n de la CBA basada en el promedio de la biomasa de las tres 3ltimas prospecciones (con un a3o de retraso) y se aplica una CBA seg3n la siguiente figura, regla de control rampa (denominadas **Empirica_25kt**, **Empirica_30kt** and **Empirica_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 6**).

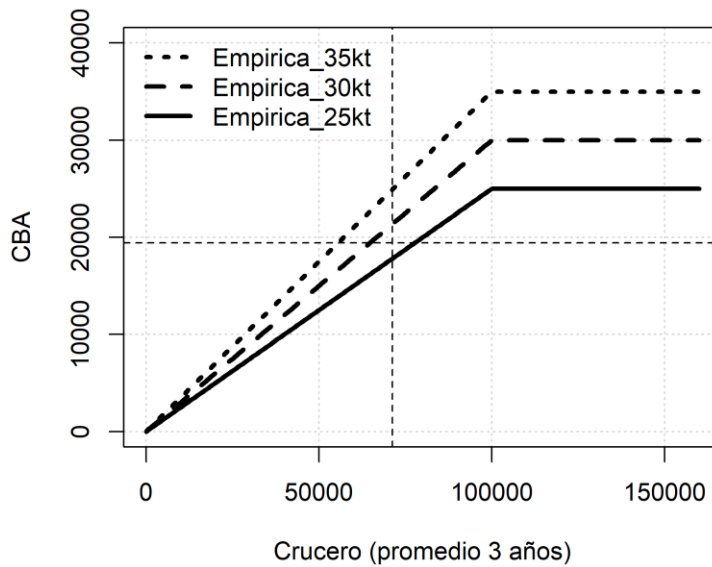


Figura 6. La línea punteada horizontal es el CBA en 2023 y la línea punteada vertical es la biomasa del crucero en 2023.

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 3ltimos 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).



Procedimiento	Descripción
RC_actual	Evaluación actual y regla de control actual
RC1	Evaluación actual y regla de control #1 (F rampa, $F=0.95$ Frms si $BD>0.95$ BDrms; $F=0.1$ Frms, si $BD<0.1$ BDrms; $F=F_{rms}((BD/BD_{rms} - 0.1)/0.85)$ si $0.1 \leq BD < 0.95$ BDrms)
RC2	F rampa, $F=Frms$ si $BD>0.8$ BDrms; $F=0$ si $BD<0.25$ BDrms; $F=F_{rms}((BD/BD_{rms} - 0.5)*0.8+0.2)$ si $0.25 \leq BD < 0.5$ BDrms; $F=F_{rms}((BD/BD_{rms} - 0.5)*2.67+0.2)$ si $0.5 \leq BD < 0.8$ BDrms
RC3	F rampa, $F=Frms$ si $BD>0.8$ BDrms; $F=0$ si $BD=0$; Igual a RC2 si $0.5 \leq BD < 0.8$ BDrms; $F=F_{rms}((BD/BD_{rms} - 0.5)/0.2)$ si $BD<0.5$ BDrms
RC4	F rampa, $F=Frms$ si $BD>BD_{rms}$; $F=0$ si $BD \leq 0.2$ BDrms; $F=F_{rms}((BD/BD_{rms} - 0.4)/0.2)$ si $0.2 \leq BD < 0.4$ BDrms
RC1_HR	$CBA_{t+1} < 10\% CBA_t$
RC1_HR_cond	
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	$F = 0$
Perfecto_Manejo	Manejo perfecto (conocimiento perfecto de la abundancia del stock y de la tasa de mortalidad por pesca óptima FMRS).



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 ($F < Frms$).
- 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: 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.

Nombre	Indicador	Descripción	Valor mínimo aceptable
ZV_CP	Zona Verde, Corto Plazo	$P(BD > 0.95 \text{ BMRS})$ (año 1-5)	0.5
ZV_LP	Zona Verde, Largo Plazo	$P(BD > 0.95 \text{ BMRS})$ (año 48-55)	0.5 o 0.7
NZR_CP	No Zona Roja, Corto Plazo	$P(BD > 0.5 \text{ BMRS})$ (año 1-5)	0.5
NSP_CP	No Sobre Pesca, Corto Plazo	$P(F < FRMS)$ (año 1-5)	
CBAprom_CP	CBA promedio, Corto Plazo		
C12_CP	CBA > 12 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)	



7. REFERENCIAS

Arancibia, H., H. Robotham, R. Alarcón, M. Barros, O. Santis, C. Sagua. 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.

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).

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).

[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.

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).

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. 017. 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.