



INFORME FINAL TÉCNICO

Convenio de Desempeño 2023
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable
de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota
a la Región de los Lagos, año 2024

Jurel, 2024

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Abril 2024



INFORME FINAL TÉCNICO

Convenio de Desempeño 2023
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional
entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Jurel, 2024

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / abril 2024

REQUIRENTE

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

Subsecretaria 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 DE PROYECTO

Ignacio Sergio Payá Contreras

AUTORES

Ignacio Sergio Payá Contreras
Edición y redacción, bases de
datos, modelos
espaciotemporales de CPUE,
esfuerzo de pesca, y
evaluación de stock.

José Ignacio Zenteno Loredo
Redacción, análisis de
esfuerzo de pesca,
encuestas, y evaluación de
stock.

RESUMEN EJECUTIVO

Se actualizó la evaluación del estatus del stock de jurel en el océano Pacífico sur oriental, y se calculó la captura biológicamente aceptable para el año 2024, en el marco de la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS).

Los datos chilenos de las composiciones de edades fueron actualizados hasta el primer semestre del año 2023 e incluyeron las composiciones de edades de las capturas comerciales y de las abundancias estimadas por los cruceros de evaluación hidroacústica. Las composiciones de longitudes de la flota “offshore” fueron transformadas a frecuencias de edades aplicando las claves talla-edad de la flota centro-sur de Chile, mientras que las composiciones de longitudes de la captura de la flota peruana fueron transformadas a edades aplicando el modelo de crecimiento por edad estimado por Perú. El índice de abundancia basado en el modelo de CPUE de la flota cerquera chilena de la zona centro-sur se actualizó hasta el primer semestre de 2023. Para actualizar la evaluación del stock se utilizaron los acuerdos técnicos obtenidos el 2022 en el taller de “benchmark” de la OROP-PS.

El modelo utilizado fue el mismo modelo usado el año pasado, pero con datos actualizados hasta el primer semestre del año 2023 y con dos modificaciones: 1) actualización de los pesos a la edad de los datos peruanos, y 2) disminución a la mitad de la ponderación del último año del índice de abundancia de la flota “offshore”.

La biomasa desovante tuvo una tendencia decreciente desde 1970 hasta el 2012, con amplias fluctuaciones que incluyen el máximo histórico de 20 millones de t en 1988. Luego a partir del año 2013 la tendencia se invirtió, alcanzando 16 millones de t en el 2023, valor similar al de 1991. Las tasas de mortalidad por pesca global (flotas combinadas) presentaron tres picos históricos (1976, 1997, 2009) y una tendencia decreciente desde el 2010 al 2023, disminuyendo a valores tan bajos (0,13) como los estimados para el inicio de los años ochenta. En las fluctuaciones anuales de los reclutamientos se identificaron tres períodos de: 1) reclutamientos altos en 1980-2000, con el máximo histórico en 1986-1987, 2) reclutamientos bajos en el período 2003-2015, y 3) reclutamientos que crecen en 2016-2018, alcanzando el segundo máximo histórico en el 2018, y luego disminuyen en 2019-2023, retomando los niveles bajos del segundo período.

Considerando como el objetivo de manejo mantener el stock en el nivel del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS), se estimó que el stock de jurel en el océano Pacífico sur oriental en el año 2023 se encuentra en un estatus de subexplotación. La biomasa desovante 2023 fue mayor que la biomasa desovante en el RMS ($BD > BD_{RMS}$) y la mortalidad por pesca fue menor que la mortalidad por pesca en el RMS ($F < F_{RMS}$).

Para estimar la captura para el año 2024 se aplicaron los mismos criterios acordados en el “benchmark” del año 2022, entre los cuales destaca que las proyecciones de capturas se realizaron usando una curva stock-recluta de baja productividad ($h=0,65$), que fue ajustada con los años 2001-2015.

La captura total para el año 2024, que resulta de aplicar el F_RMS, se estimó en 4,9 millones t. Sin embargo, el Comité Científico de la OROP-PS, siguiendo las pautas establecidas por el plan de recuperación (la cuota de captura no puede ser mayor o menor que un 15% que la cuota del año anterior), calculó la captura para el 2024 con un 15% de aumento en 1.242.000 t. Además, según lo solicitado por la Comisión de la OROP-PS, se calculó la captura con un 20% de aumento en 1.296.000 t.

Considerando que la Comisión de la OROP-PS acordó que las capturas de Chile corresponderán al 66,3665% de la cuota de captura para el área de distribución del recurso, la cuota de Chile podría ser de 824 mil t o de 860 mil t dependiendo si se acuerda un 15% o un 20% de aumento de la cuota del año pasado, respectivamente.

Las proyecciones de capturas futuras aplicando el F_RMS indicaron que luego de un gran aumento de la captura a 4,9 millones de t para el 2024, se produciría una caída exponencial en los años siguientes llegando a niveles relativamente estables de captura en torno a 1,1 millones de t. Esta caída se originaría por una rápida disminución de la biomasa, producto de la readecuación de los niveles de reclutamientos, ya que en los años más recientes (2021-2023) no se aprecian reclutamientos que puedan reemplazar los altos reclutamientos del periodo 2018-2020.

Paralelamente a la actualización de la evaluación de stock, se avanzó en la estimación de índices de abundancia basados en la CPUE mediante modelos espacio-temporales utilizando el programa sdmTMB en R. Finalmente, se informa de la participación en el grupo de trabajo en evaluación de estrategias de manejo de la OROP-PS y los avances realizados durante el año 2023.

ABSTRACT

Jack mackerel stock assessment in the Eastern South Pacific Ocean was updated up to 2023, and its biologically acceptable catch was estimated for year 2024. This stock assessment was conducted in the framework of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO).

The Chilean data on age compositions were updated until the first half of 2023 and included age compositions of commercial catches and abundances estimated by hydroacoustic surveys. The length compositions of the “offshore” fleet were transformed into age frequencies by applying the age-length keys of the central-southern Chilean fleet, while the catch length compositions of the Peruvian fleet were transformed into ages by applying the age growth model estimated by Peru. The abundance index based on the CPUE model of the Chilean purse seine fleet in the central-southern zone was updated until the second quarter of 2023. To update the stock assessment, the technical agreements of the 2022 benchmark workshop were used.

The model used was the same model used last year, but with data updated until the first half of 2023 and with two modifications: 1) updating of the weights at the age of the Peruvian data, and 2) halving of the last year's weighting of the offshore fleet abundance index.

Spawning biomass had a decreasing trend from 1970 to 2012, with wide fluctuations that included the historical maximum of 20 million tons in 1988, then from 2013 the trend was reversed, reaching 16 million tons in 2023, value similar to that of 1991. The total fishing mortality rates (combined fleets) had three historical peaks (1976, 1997, and 2009) and a decreasing trend from 2010 to 2023, decreasing to values as low as the ones estimated for the beginning of the eighties. Three periods of annual recruitment fluctuations were identified: 1) high recruitments in 1980-2000, with the historical maximum in 1986-1987, 2) low recruitments in the period 2003-2015, and 3) growing recruitments in 2016-2018, reaching the second historical maximum in 2018, and then decrease in 2019-2023, returning to the low levels of the second period.

It was estimated that in the year 2023 the jack mackerel stock status is underexploited. The spawning biomass was greater than spawning biomass at MSY ($SB > SB_{MSY}$) and fishing mortality was lower than fishing mortality at MSY ($F < F_{MSY}$).

To estimate the catch for the year 2024, the same criteria agreed upon in the 2022 benchmark were applied, among which it stands out that the catch projections were made using a low-productivity stock-recruit curve ($h=0.65$), which was fitted with the years 2001-2015.

The total catch for the year 2024, resulting from applying the F_{MSY} , was estimated at 4.9 million tons. However, the SPRFMO Scientific Committee, following the guidelines established by the recovery plan (the catch quota cannot change more than 15% of the previous year's quota), calculated the catch for 2024 with a 15% increase at 1,242,000 tons. Additionally, as requested by the SPRFMO Commission, the catch for 2024 with a 20% increase was calculated at 1,296,000 tons.

Considering that the SPRFMO Commission agreed that the Chilean catches will correspond to 66.3665% of the catch quota for the whole JM distribution area, Chilean quota could be 824 thousand tons or 860 thousand tons depending on whether a 15% or 20% increase in last year quota is agreed, respectively.

Catches projections applying the F_RMS showed that after the 2024 catch estimated at 4.9 million tons, the catch would decline exponentially in the next few years, reaching relatively stable catch levels of around 1.1 million tons. This drop would occur due to a rapid decrease in biomass, a product of the readjustment of recruitment levels, since during the most recent years (2021-2023) there are no recruitments that can replace the high recruitments of the 2018-2020 period.

In parallel to the stock assessment update, alternative CPUE indices were estimated using spatiotemporal models with the sdmTMB R package. Finally, the participation in the SPRFMO management strategies evaluation group and the progress made during 2023 were reported.

CONTENIDO

RESUMEN_EJECUTIVO	i
ABSTRACT	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ANEXOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi

ÍNDICE GENERAL

Contenido

1. ANTEDECENTES.....	1
1.1 Generales	1
1.2 Específicos.	2
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos	7
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	8
3.1 Objetivo 1	8
3.1.1 Actualización de Índice de abundancia usado en la evaluación de stock 2023.....	9
3.1.2 Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.....	11
3.1.3 Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.	13
3.1.4 Factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota.....	17
3.1.5 Taller sobre análisis espaciales en los índices de abundancia basados en CPUE.	20
3.2 Objetivo 2	20
3.2.1. Actualización de datos y parámetros.	20
3.2.2. Actualización de la evaluación de stock.	22
3.3 Objetivo 3	29
3.4 Objetivo 4	30

3.5	Objetivo 5	30
4.	RESULTADOS.....	32
4.1.	Objetivo 1	32
4.1.1	Actualización de Índice de abundancia para evaluación de stock 2023.	32
4.1.2	Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.....	42
4.1.3	Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.	46
4.1.4	Factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota.....	52
4.1.5	Taller sobre análisis espaciales en los índices de abundancia basados en CPUE.	59
4.2.	Objetivo 2	64
4.2.1.	Ajuste del modelo.....	64
4.2.2.	Estimados de las variables principales.....	67
4.2.3.	Estatus del stock.....	76
4.3	Objetivo 3.....	78
4.3.1.	Proyecciones del stock	78
4.3.2.	Captura con F_RMS para el 2024 y con regla de estabilización de capturas.....	80
4.4	Objetivo 4	81
4.4.1	Participación de IFOP en el plan de trabajo del CC de la OROP-PS.	81
4.4.2	Hoja de ruta de IFOP para atender las actividades del plan de trabajo del CC de la OROP-PS. 83	
4.4.3	Asesoría directa a la Administración, participación en el Comités Científico Técnico de jurel (CCT-jurel).	88
4.5	Objetivo 5	91
4.5.1	Participación en el grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS.....	91
4.5.2	Inducción e informe de avance de EEM al CCT-jurel nacional.....	91
4.5.3.	Taller nacional de avances en la EEM y del plan de trabajo del CC11.	93
4.5.4	Segundo Taller de EEM para la Comisión de la OROP-PS	103
4.5.5	Avance en la implementación de la plataforma en IFOP.	104
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	106
5.1.1	Actualización de Índice de abundancia para evaluación de stock 2023.	106
5.1.2	Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.....	108
5.1.3	Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.	109
5.1.4	Factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota.....	113
5.2.1	Estatus del stock y CBA.	114
5.2.2	Incertidumbre y temas de investigación.	114
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

ANEXOS

- [ANEXO 1.](#) Ajustes del modelo h1_1.07 (hipótesis de una sola unidad de stock).
- [ANEXO 2.](#) Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024. Presentación en primera reunión del CCT-Jurel 2023.

- [ANEXO 3.](#) Aspectos teóricos y prácticos de la evaluación de estrategias de manejo de jurel. Presentación en la segunda reunión del CCT-Jurel 2023.
- [ANEXO 4.](#) Revisión de conceptos y modelo operativo de la EEM. Presentación en la tercera reunión del CCT-Jurel 2023.
- [ANEXO 5.](#) Avances en la evaluación de estrategias de manejo de jurel en la OROP-PS. Presentación en la cuarta reunión del CCT-Jurel 2023.
- [ANEXO 6.](#) Chilean Jack Mackerel Fleet 2 CPUE abundance indices. Presentación en la cuarta reunión del CCT-Jurel 2023.
- [ANEXO 7.](#) Documento técnico sobre Puntos Biológicos de Referencia
- [ANEXO 8.](#) Estatus del stock y CBA 2024. Presentación en la quinta reunión del CCT-Jurel 2023.
- [ANEXO 9.](#) Presentaciones en el taller de avances en la EEM y del plan de trabajo en el CC11 de la OROP-PS.
- [ANEXO 10.](#) Report on SPRFMO Management Strategy Evaluation Workshop for Jack Mackerel. Manta, Ecuador, 27 January 2024. SPRFMO.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Descripción de la distribución espacial del jurel chileno (tomado de Guele *et al.*, 2014). Se basa en datos de captura (amarillo) e índice de prospección (rojo), con las correspondientes cuatro zonas de pesca: Norte de Chile (línea azul); Centro Sur de Chile (línea roja); Costa afuera (línea verde) y; Extremo Norte (línea negra). La franja blanca representa el cinturón de jurel (Elizarov *et al.*, 1993; Gerlotto *et al.*, 2012). 2
- Figura 2. Evolución de las capturas de jurel por flota pesquera..... 3
- Figura 3. Resultados de la última evaluación de jurel realizada por el CC de la OROP-PS en el año 2022. Estimaciones de la mortalidad por pesca (tasa instantánea; arriba), reclutamiento a la edad 1 (millones; al medio) y biomasa desovante (en miles de t; abajo). Las columnas muestran los resultados de la hipótesis de un stock (H1, izquierda) y de la hipótesis de dos stocks (H2, derecha, stock "norte" en amarillo y stock "sur" en azul). Las áreas sombreadas se refieren a la estimación de incertidumbre. 4
- Figura 4. Zonas usadas en el modelo de CPUE basado en viajes de pesca (Canales et al. 2008).. 10
- Figura 5. Zonas usadas en el modelo de CPUE basado en lances de pesca (Caballero et al., 2020)..... 13
- Figura 6. El mapa de la izquierda muestra el área de la caja del sistema de referencia de coordenadas según la EPSG: 32718 – WGS 84 / UTM zona 18S. Los lances de pesca con

ubicaciones en unidades de latitud-longitud (gráfico central) y coordenadas UTM (gráfico derecho) para el período 1994-2023.....	14
Figura 7. Grilla usada con nivel de corte de 500 UTM.	15
Figura 8. Rectángulo del área sur (<6000 norte, panel superior) y oeste (<500 este, panel inferior). Los puntos representan las ubicaciones de los lances de pesca, X el este e Y el norte.	17
Figura 9. Tipo de información por año utilizada en el modelo de evaluación.....	22
Figura 10. Índice de abundancia basado en el modelo CPUE con bandas de IC95%.....	33
Figura 11. Índice de abundancia (relativo a 1983) basado en el modelo CPUE actualizado hasta junio de 2023 y el mismo índice utilizado en las 5 evaluaciones de stock anteriores.	34
Figura 12. Índices de abundancia (relativos a 1983) estimados utilizando el modelo CPUE y el modelo de captura.	35
Figura 13. Distribución espacial de la densidad acústica del jurel (t/mn ²) por latitud sur (Latitud (S)) y longitud oeste (Longitud (O)) y diseño de muestreo de los cruceros de evaluación (líneas de seguimiento) en la zona centro-sur de Chile (tomado de Catasti y Córdoba 2022).	36
Figura 14. Índice de abundancia basado en CPUE y biomasa acústica estimada en la zona centro-sur.	37
Figura 15. Modelo de rampa para índice de abundancia basado en CPUE y biomasa acústica estimada en la zona centro-sur.....	37
Figura 16. Índice de abundancia basado en CPUE y densidad estimada mediante cruceros acústicos en la zona centro-sur.	38
Figura 17. Índice de abundancia basado en CPUE y densidad estimada mediante cruceros acústicos en la zona centro-sur.	38
Figura 18. Índice de abundancia basado en CPUE y área de distribución estimada mediante sondeos acústicos en la zona centro-sur.....	39
Figura 19. Índice de abundancia basado en CPUE y área de distribución estimada mediante sondeos acústicos en la zona centro-sur.....	39
Figura 20. Relación lineal entre el índice de CPUE y el área de distribución estimada mediante cruceros hidroacústicos excluyendo los tres últimos años y corrección propuesta para el índice de CPUE de los últimos tres años.	40

Figura 21. Distribuciones de captura comercial de jurel por mes durante 2021 (izquierda) y 2022 hasta junio (derecha). Los límites de la ZEE de 200 nm se muestran mediante líneas (figura proporcionada por Karen Walker, IFOP).	40
Figura 22. Índice de CPUE e índice de CPUE corregido.	41
Figura 23. Captura nominal de jurel chileno (línea roja) e índice de abundancia estandarizado estimado para la serie 1994 a 2022, con intervalo de confianza del 95% obtenido del modelo compuesto Poisson-Gamma (área rosa).	45
Figura 24. Índice de abundancia basado en captura por lance (color magenta) estimado por Caballero et al. (2020) y actualización en este documento de trabajo (color azul). Se muestran las estimaciones y los intervalos de confianza del 95%.	45
Figura 25. Centros de gravedad por año estimados mediante modelo espaciotemporal, las líneas representan los intervalos del 95%.	47
Figura 26. Índice de abundancia estimado mediante modelo espaciotemporal. La banda gris representa los intervalos del 95%.	47
Figura 27. Residuales del modelo GLM espaciotemporal por año (X = Este, Y = Norte).	50
Figure 28. Índice de abundancia estimado mediante el modelo GLM espaciotemporal. La banda gris representa los intervalos del 95%.	51
Figura 29. Índice de abundancia para el área todo y sur	51
Figura 30. Índice de abundancia para todo el área y el oeste (este <500).	52
Figura 31. Gráficos de cuantiles (<i>boxplot</i>) con el año de inicio y la duración del efecto de factores de eficiencia de la flota de jurel centro-sur en Chile. Factores limitantes (a) y potenciadores (b) de la eficiencia pesquera, fueron obtenidos a partir de la encuesta a usuarios de la industria. La “x” indica el promedio.	53
Figura 32. Magnitud promedio del efecto de factores de eficiencia de la flota de jurel centro-sur en Chile, de acuerdo a la encuesta a expertos. Los puntajes de cada factor fueron estandarizados y transformados a porcentaje equivalentes.	54
Figura 33. Series temporales, actual (EC1%) y alternativa (ECinformed), con cambios en la eficiencia de la flota de jurel del centro-sur.	56
Figura 34. Índice CPUE de Chile, e índices corregidos sin EC constante= 1% y sin la EC informada.	56

Figure 35. Biomasa de salida (modelo 1.02, SC10) del stock de jurel con índice CPUE de Chile (línea azul), índice corregido con EC=1% (línea amarilla) e índice CPUE corregida con EC informada (línea verde).....	58
Figure 36. Ajuste a los índices de abundancia relativa. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.	65
Figure 37. Edad media en la captura por año y pesquería. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.	66
Figure 38. Talla media en la captura por año en la flota de Perú (Extremo Norte). La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.....	67
Figure 39. Patrones de selectividad por flota pesquera y años.....	68
Figure 40. Patrones de selectividad por crucero de investigación, índice de CPUE y años.	69
Figura 41. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_RMS (arriba a la izquierda) y F_RMS (arriba a la derecha).	70
Figura 42. Incertidumbre (CV= coeficientes de variación) de las estimaciones de reclutamientos (R), biomasa total (TSB) y biomasa desovante (SSB).	73
Figura 43. Análisis retrospectivo de la biomasa desovante	74
Figura 44. Análisis retrospectivo de los reclutamientos.	75
Figura 45. Análisis retrospectivo de la mortalidad por pesca de la flota centro-sur de Chile.	76
Figura 46. Diagrama de estatus del stock ("kobe plot"). F= Mortalidad por pesca, B= Biomasa desovante, msy= Rendimiento Máximo Sostenido.	77
Figura 47. Proyecciones de la biomasa desovante para el periodo 2024-2043, suponiendo reclutamientos bajos y aplicando una estrategia de mortalidades por pesca constante a través de los años. Se proyectan diferentes niveles de F que son múltiplos (0.0, 0.75, 1 o SQ, 1.25) de F2023 y F=F_RMS (FMSY).	79
Figura 48. Proyecciones de la captura total (en miles de t) para el periodo 2024-2043, suponiendo reclutamientos bajos y aplicando una estrategia de mortalidades por pesca constante a través de los	

años. Se proyectan diferentes niveles de F que son múltiplos (0.0, 0.75, 1 o SQ, 1.25) de F2023 y $F=F_{RMS}$ (FMSY).	80
Figura 49: Reclutamiento (Rec), biomasa del stock reproductor (SB), captura total (C) y mortalidad por pesca (F) para el MP (con atajo) ajustado a probabilidades de 50, 60 y 70% de caer en el área verde del “Kobe plot” en el período 2027-2036 (tomado de SC11 – JM16).	98
Figura 50. Distribución de valores para un rango de estadísticas de rendimiento calculadas para los MP (con atajo) ajustados a probabilidades del 50, 60 y 70% de caer en el verde de Kobe en el período 2027-2036 (abajo)(tomado de SC11 – JM16).	99
Figura 51. Biomasa estimada mediante cruceros acústicos por zona y total. La biomasa total se calculó solamente para esos años con muestreos en ambas zonas.	107
Figura 52. Área de distribución del recurso por zona y total. Toda el área se calculó solamente para esos años con censos en ambas zonas.	107
Figura 53. Índice de abundancia de CPUE estimado en base a la captura por días fuera del puerto (azul) y la captura por lance (rosa). A modo de comparación, los índices se dividieron por su valor en 2017.	108
Figura 54. Captura total de la flota de cerqueros del centro-sur por año y captura muestreada en la base de datos de captura por lance.	109
Figura 55. Índice de abundancia estimado por el modelo GLM espaciotemporal de CPUE (modelo CPUE) y por el modelo espaciotemporal.	110
Figura 56. Índices de abundancia estimados por diferentes modelos. Índice de CPUE utilizado en el modelo de evaluación de stock actualizado hasta junio de 2023 (trip), índice de CPUE basado en GLM de captura por lance de pesca (set), CPUE estimado por el modelo espaciotemporal (set sdmTMB espacio-temporal) e índice de CPUE estimado por el GLM espaciotemporal (set sdmTMB glm). Los índices se dividieron por sus valores en el año 2022.	111
Figura 57. Comparación entre los índices de abundancia estimados por diferentes modelos en el presente proyecto (arriba) y los estimados Vásquez et al. 2023 (abajo). Para fines comparativos se muestra el período 2000-2022, los años anteriores al 2000 son más inciertos debido al bajo tamaño de muestra.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuotas de captura de jurel para el año 2023 en el área de la OROP-PS (CNCP = Cooperating non-Contracting Parties, HS = High Sea).....	5
Tabla 2. Porcentajes de la cuota de captura de jurel acordadas para el período 2023-2032 para el área total de distribución del jurel (CNCP = Cooperating non-Contracting Parties, HS = High Sea). ..	6
Tabla 3. Definición de áreas utilizadas en el modelo de CPUE por lance de pesca.	12
Tabla 4. Símbolos y Definiciones.....	24
Tabla 5. Variables y ecuaciones describiendo la implementación del modelo JJM	25
Tabla 6. Especificación de la función objetivo.....	27
Tabla 7. Índice de abundancia, desviación estándar y tamaño de muestra.....	32
Tabla 8. Índice de CPUE (en relación con 1983) e índice de CPUE corregido.....	41
Tabla 9. Análisis de desviación del modelo compuesto ajustado de Poisson-Gamma	43
Tabla 10. Parámetros del modelo, su error estándar, valor t y significancia individual.	43
Tabla 11. Resumen de los resultados del modelo espaciotemporal.	46
Tabla 12. Parámetros estimados por el modelo GLM espaciotemporal.....	48
Tabla 13. Índice de abundancia estimado mediante el modelo GLM espaciotemporal.	49
Tabla 14. Descriptores de la flota de jurel zona centro-sur, obtenidos a través de la encuesta a usuarios flota de jurel zona centro-sur.	53
Tabla 15. Factores de “effort creep” determinados para la flota de jurel centro-sur. Se incluyen los periodos de impacto y el efecto anual.....	55
Tabla 16. Índice de abundancia para la flota chilena de jurel CS, e índices corregidos de effort creep informado (ECinf) y con tasa fija del 1% (EC1%). El periodo de corrección del índice contempla el periodo entre 1998 a 2022.	57
Tabla 17. Participantes del taller de CPUE.....	59
Tabla 18. Principales variables por año. BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1.....	71

Tabla 19. Estatus del stock. Condición en el año 2022 y 2003 de la mortalidad por pesca y de la biomasa desovante relativa a los niveles del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) y de la biomasa límite (BLIM).	77
Tabla 20. Escenarios de proyecciones bajo diferentes estrategias de explotación de mortalidad por pesca constante (primera columna). Se proyectan las capturas para los años 2024 y 2025 (C miles de t), las biomásas desovantes para los años 2025, 2029 y 2033 (B en miles de t) y las probabilidades (Pr) que estas biomásas sobrepasen la B_RMS.	81
Tabla 21. La participación de IFOP en las tareas y subtarefas del plan de trabajo multianual del Comité Científico (CC) de la OROP-PS para el período 2023-2024+.	82
Tabla 22. Participación de IFOP en las reuniones del grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS, que se realizaron durante el año 2023.	91
Tabla 23. Presentaciones realizadas en las cuatro reuniones del CCT-jurel nacional.	92
Tabla 24. Participantes presenciales (P) y remotos (R) en el taller.	93

1. ANTEDECENTES

1.1 Generales

Con el objetivo de atender la misión y sus objetivos estratégicos, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) impulsa anualmente un Proceso de Asesoría Científica (PAC), en cuyo contexto, el estudio denominado “Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentable de los Principales Pesquerías Pelágicas Nacionales” encargado anualmente para su ejecución al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), 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 mediante cuotas de captura. Este estudio integra 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, así como otros antecedentes que permitan actualizar anualmente el estatus de conservación de estos recursos pesqueros.

Sobre la base de lo anterior, es posible analizar las posibilidades de explotación de dichos recursos para determinar en consecuencia, los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA). En este propósito, otros organismos colaboradores de la Administración, como es por ejemplo el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) financian investigaciones científica-técnicas que van desde aspectos biológico-ecológicos de los recursos hasta aspectos tecnológicos y socioeconómicos de la pesquería, que en conjunto están posibilitando avanzar paulatinamente en la implementación del enfoque ecosistémico.

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) establece que el Instituto de Fomento Pesquero sea el ejecutor de este tipo de estudios, mediante la asignación directa de fondos sectoriales, en cuanto dicho Instituto se constituye como un organismo asesor relevante en la función de proveer insumos 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 estudio, así como de otras investigaciones o estudios sectoriales provistos por las distintas entidades de investigación y asesoría que forman también parte del Proceso de Asesoría Científica anual, sean canalizados a los Comités Científico Técnicos (CCT) 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, Fomento y Turismo (MINECON), Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Comités de Manejo respectivos, Consejos Zonales y Nacional de Pesca, entre los principales).

1.2 Específicos.

Biológico-pesqueros

El jurel se distribuye desde las Islas Galápagos hasta la región austral de Chile, tanto en aguas oceánicas como costeras (Serra, 1991, Guele *et al.*, 2014). En aguas internacionales se distribuye en grandes cardúmenes hasta 160°W, y principalmente entre los 33°S y 48°S a lo largo de la convergencia subtropical. Como unidad poblacional en la OROP-PS se considera toda la región oriental del Pacífico sur hasta los 120°W (**Figura 1**).

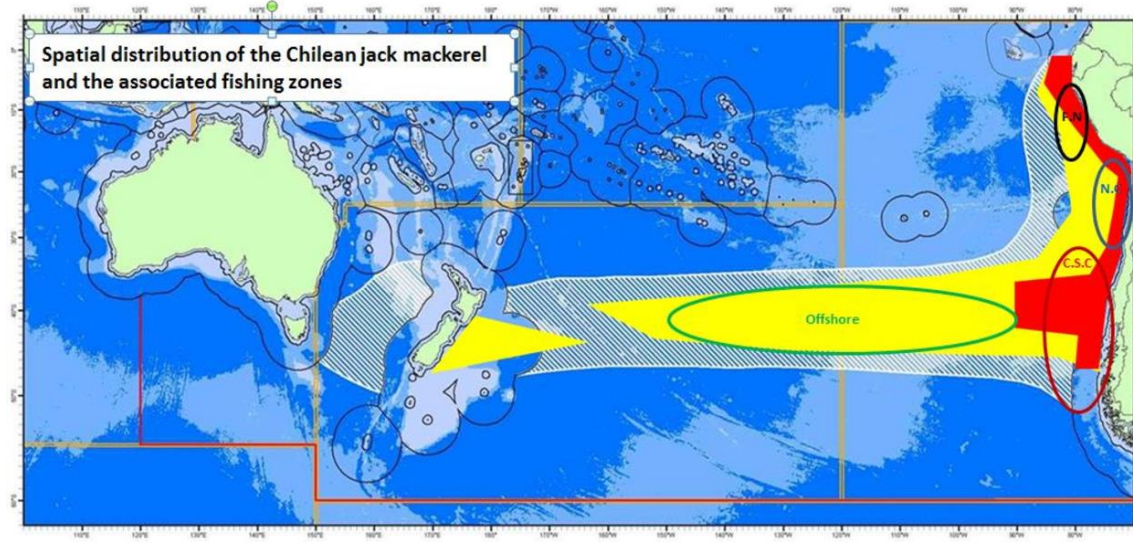


Figura 1. Descripción de la distribución espacial del jurel chileno (tomado de Guele *et al.*, 2014). Se basa en datos de captura (amarillo) e índice de prospección (rojo), con las correspondientes cuatro zonas de pesca: Norte de Chile (línea azul); Centro Sur de Chile (línea roja); Costa afuera (línea verde) y; Extremo Norte (línea negra). La franja blanca representa el cinturón de jurel (Elizarov *et al.*, 1993; Gerlotto *et al.*, 2012).

Su desove parcial ocurre en mar abierto principalmente desde invierno hasta fines de primavera, y concentrado entre los meses de octubre y noviembre. La talla de madurez sexual se alcanza a los 22,7 cm LH (Leal *et al.*, 2013).

Es un recurso pelágico cuya edad máxima en las capturas no supera los 15 años. La asignación de edad ha sido recientemente revisada concluyendo que el primer y tercer anillo anual corresponde a anillos anuales falsos, acortándose la longevidad en 2 años (Cerna 2022). Los nuevos parámetros del modelo de crecimiento son $L_{\infty} = 68,96$ cm, $k = 0,088$ y $t_0 = -3,18$. El nuevo rango de mortalidad natural, según el modelo de estimación usado, es 0,25-0,95. La edad de 50% madurez se alcanza a un 1 año de edad.

Desde hace 11 años, la evaluación del stock jurel se realiza en el contexto del comité científico, CC, de la Organización de Ordenamiento Pesquero del Pacífico sur, OROP-PS. En sus siglas en inglés el SC de SPRFMO (www.sprfmo.int). La evolución de las capturas comerciales de jurel se presenta en la **figura 2**, que separada por las cuatro flotas identificadas en la OROP-PS: (1) FarNorth: Ecuador-Perú dentro de su ZEE, (2) N_Chile: Norte de Chile dentro de la ZEE, (3) CS_Chile_PS: Centro sur de Chile dentro y fuera de la ZEE, y (4) Offshore_Trawl: flota Internacional frente a Chile, pero fuera de la ZEE. Todas estas flotas pescan con redes de cerco, excepto la flota offshore que lo hace con redes de arrastre de media agua.

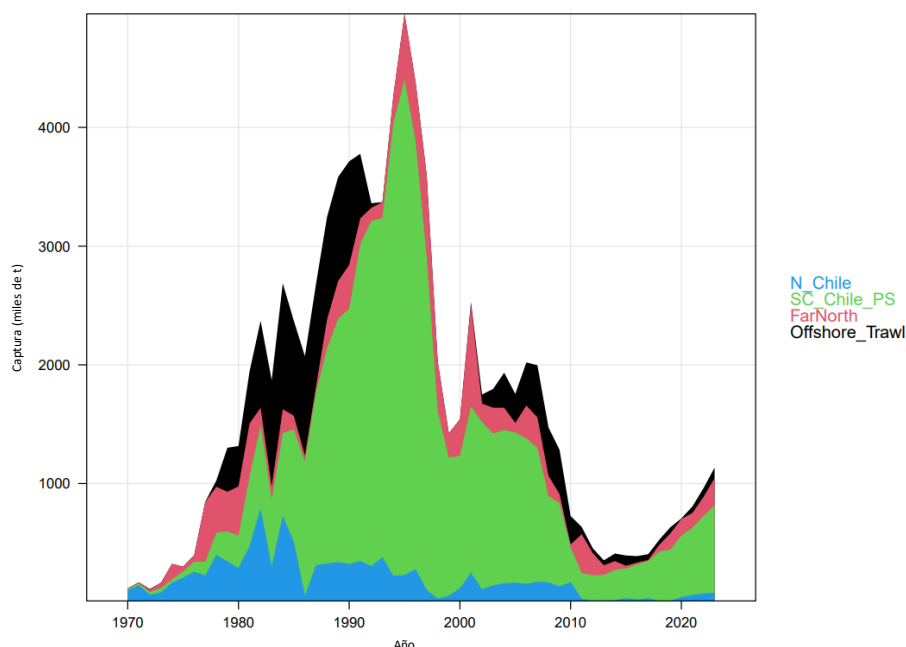


Figura 2. Evolución de las capturas de jurel por flota pesquera.

Evaluación de stock y manejo

En los últimos años, IFOP produjo una nueva asignación edad, que considera que el primer y tercer anillo de la asignación tradicional corresponden a anillos anuales falsos, probablemente anillos semestrales. Debido a la nueva asignación de edad, IFOP reprocesó las series históricas de claves talla-edad y las composiciones de edad de las capturas comerciales y de la abundancia relativas estimadas por los cruceros hidroacústicos. La nueva asignación también cambió los estimados de importantes parámetros biológicos como la mortalidad natural y la madurez a la edad (Cerna 2022). Los impactos de estos cambios se analizaron durante el año 2022 en un taller “benchmark” nacional, y luego en un taller de “benchmark” internacional en el CC de la OROP-PS (SPRFMO_SCW14. 2022 y Payá *et al.* 2023).

La última evaluación de stock realizada por el CC de la OROP-PS en el 2022 (SPRFMO 2022), que usó la nueva asignación de edad, confirmó que el stock se encuentra recuperado con una biomasa mayor a la biomasa que genera el rendimiento máximo sostenido (RMS), y una mortalidad por pesca por debajo de la mortalidad por pesca del RMS (**Figura 3**).

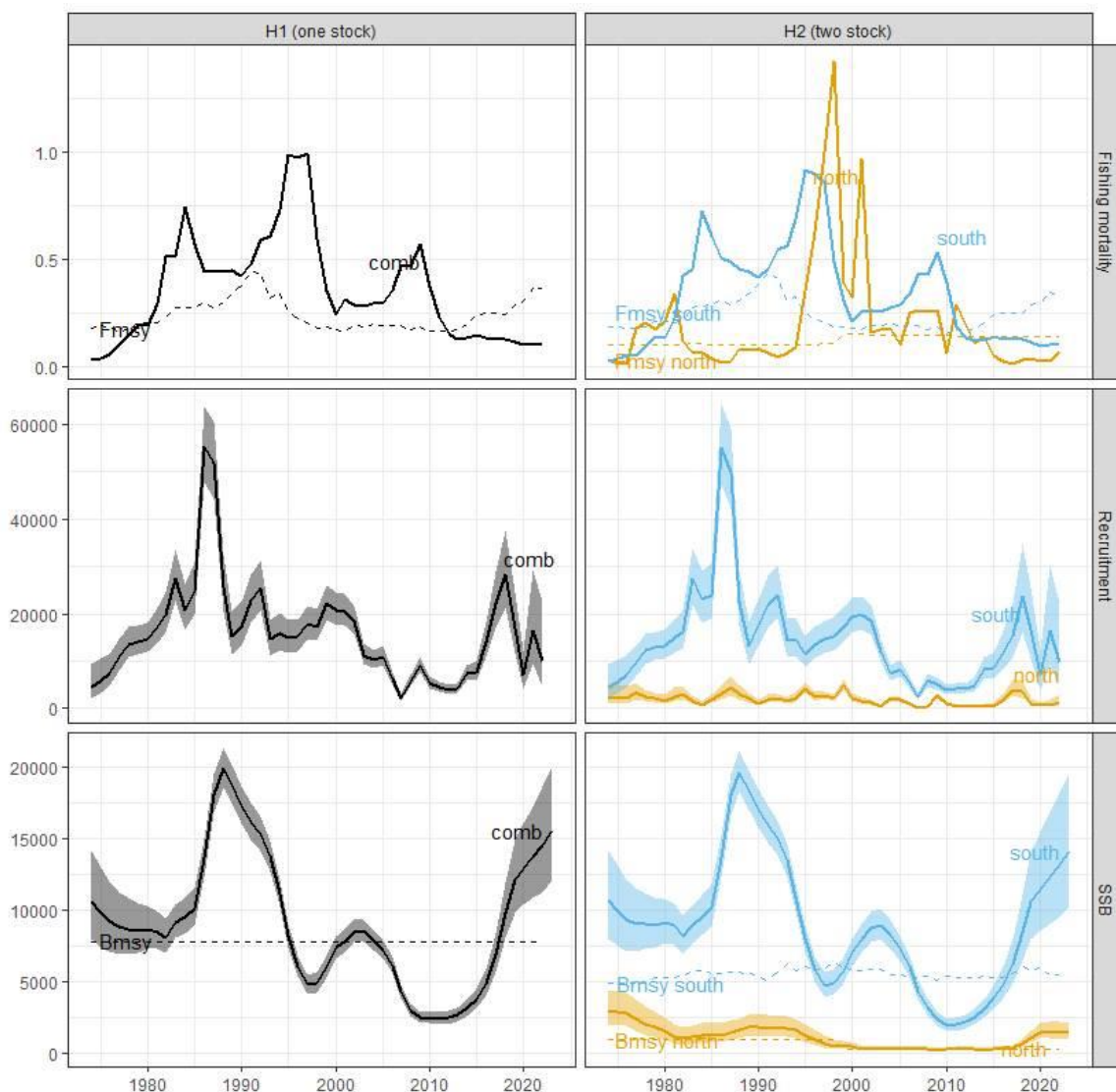


Figura 3. Resultados de la última evaluación de jurel realizada por el CC de la OROP-PS en el año 2022. Estimaciones de la mortalidad por pesca (tasa instantánea; arriba), reclutamiento a la edad 1 (millones; al medio) y biomasa desovante (en miles de t; abajo). Las columnas muestran los resultados de la hipótesis de un stock (H1, izquierda) y de la hipótesis de dos stocks (H2, derecha, stock "norte" en amarillo y stock "sur" en azul). Las áreas sombreadas se refieren a la estimación de incertidumbre.

El CC en el año 2022, en línea con el plan de reconstrucción aceptado ("Annex K ajusted") y porque estimó que la biomasa de jurel estaba por encima del 100% de B_RMS, recomendó un aumento precautorio de 15% en la cuota de captura para el año 2022, que resultó en 900 mil t. Este aumento de 15% corresponde al límite superior del estabilizador de captura, que establece que la captura debe estar dentro del rango -15% a +15% de la captura del año anterior ("Annex K ajusted").

La Comisión, en la reunión realizada en Manta en el 2023, considerando que la biomasa estaba muy por sobre la biomasa del rendimiento máximo sostenido, acordó para el año 2023 aumentar el límite superior del estabilizador de capturas desde 15% hasta 20% (COMM 11 – Report ANNEX 7a 2023). En consecuencia, la Comisión acordó que para el año 2023 la captura en el área total de distribución del jurel no debería superar el 1,080,000 de toneladas, mientras que para el área de la OROP-PS la captura de captura se estableció en 981,830 toneladas (**Tabla 1**).

Tabla 1. Cuotas de captura de jurel para el año 2023 en el área de la OROP-PS (CNCP = Cooperating non-Contracting Parties, HS = High Sea).

Miembros / CNCP	Toneladas	%
Belize	1100	0%
Chile	716758	73%
China	63136	6%
Cook Islands	1100	0%
Cuba	2219	0%
Ecuador	12570	1%
European Union	60758	6%
Faroe Islands	11028	1%
Korea	12753	1%
Panama	1100	0%
Peru (HS)	20175	2%
Russian Federation	32649	3%
Vanuatu	46487	5%
Total	981833	100%

La Comisión también acordó los porcentajes de la cuota de captura de jurel por miembro/CNCP que aplicarán en el período 2023-2032 (**Tabla 2**). Estos porcentajes son levemente distintos a los de la tabla 1 para el año 2023, esto se debe a que los porcentajes se calcularon considerando que la captura en el área total de distribución del jurel no debería superar el 1,080,000 de toneladas en el año 2023.

Tabla 2. Porcentajes de la cuota de captura de jurel acordadas para el per3odo 2023-2032 para el 1rea total de distribuci3n del jurel (CNCP = Cooperating non-Contracting Parties, HS = High Sea).

Miembros / CNCP	% de Cuota
Belize	0,1019%
Chile	66,3665%
China	5,8459%
Cook Islands	0,1019%
Cuba	0,2055%
Ecuador	1,1639%
European Union	5,6257%
Faroe Islands	1,0211%
Korea	1,1808%
Panama	0,1019%
Peru (HS)	1,8681%
Russian Federation	3,0230%
Vanuatu	4,3044%

Adem1s, acord3 revisar el l3mite de 20% de aumento durante el 2024, dependiendo de los resultados de la actualizaci3n de la evaluaci3n del stock a realizar en el 2023 y el avance en la implementaci3n del procedimiento de evaluaci3n de estrategias de manejo. Debido a esto la Comisi3n solicit3 al CC incluir en las proyecciones de captura y biomasa desovantes, un escenario adicional con un 20% de aumento de la cuota de captura.

El presente informe reporta la actualizaci3n de la evaluaci3n de stock con datos hasta el primer semestre del 2023 y la proyecci3n de capturas de capturas para el 2024, realizadas por el Comit3 Cient3fico de la OROP-PS durante su XI reuni3n anual. Tambi3n se informa de los avances en la incorporaci3n de an1lisis espacio-temporales en la estimaci3n del 3ndice de abundancia basado en la CPUE. Adem1s, se reporta la participaci3n en el grupo de evaluaci3n de estrategias de manejo de la OROP-PS y los avances realizados durante el a1o 2023.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Proveer la asesoría científica necesaria para la determinación del estado de explotación y la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que deberá llevar o mantener al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) la pesquería de jurel, bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, cuantificando las distintas fuentes e integrando la mejor información científica-técnica disponible. Asimismo, proporcionar la asesoría necesaria para enfrentar los diversos desafíos internacionales, en el marco de Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS).

2.2. Objetivos específicos

1. Estandarización de las series cronológicas de los índices de abundancia con herramientas modernas de análisis donde se consideren al menos efectos tales como: eficiencia de las flotas, cambio en la táctica de pesca, concentración u expansión en la cobertura espacial de la flota, entre otros factores identificados en el grupo de trabajo de jurel del Comité Científico de la OROP-PS.
2. Establecer el estatus actualizado de jurel conforme el estándar más reciente del Comité Científico de la OROP-PS, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, incorporando, cuantificando y propagando la incertidumbre subyacente a la pesquería.
3. Determinar niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) que lleven o mantenga la pesquería en torno al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), a partir de un análisis de riesgo en condiciones de incertidumbre de no alcanzar los objetivos de conservación y sostenibilidad conforme lo establece la LGPA y contenidos en el Plan de Manejo y/o en el Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.
4. Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente estudio, respecto al cumplimiento de recomendaciones formuladas en procesos de RPEI y priorizadas por el CCT, cuando corresponda.
5. Contribuir en la implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) en el contexto del Comité Científico de la OROP-PS y en la evaluación de escenarios de interés para los intereses nacionales.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Objetivo 1

“Estandarización de las series cronológicas de los índices de abundancia con herramientas modernas de análisis donde se consideren al menos efectos tales como: eficiencia de las flotas, cambio en la táctica de pesca, concentración u expansión en la cobertura espacial de la flota, entre otros factores identificados en el grupo de trabajo de jurel del Comité Científico de la OROP-PS.”

El índice de abundancia basado en el modelo CPUE de la flota de barcos cerqueros centro-sur de Chile, es uno de los principales índices utilizados en el modelo de evaluación de stock de jurel. Este modelo utiliza la CPUE como la relación entre la captura (toneladas) y los días de pesca multiplicado por la capacidad de bodega del barco, y las bandas de capacidad de carga del barco como efectos fijos. Debido a la reducción del área de distribución del jurel durante los últimos años, cercana a la costa de Chile (Walker et al. 2022), se planteó la revisión de los índices de abundancia basados en CPUE y robustecer su proceso de estimación.

Durante la 10a sesión del Comité Científico de la OROP, se presentó por parte de Chile el documento “High fish concentrations close to the coast in recent years could affect the Jack Mackerel CPUE abundance index in south-central Chile: proposal of a correction procedure” (Payá 2022). Los objetivos de ese trabajo fueron: 1) actualizar el índice basado en el modelo CPUE hasta el 2022, 2) estimar un nuevo índice de abundancia basado en el modelo de captura, 3) comparar el índice basado en el modelo CPUE con el basado en el modelo de captura, 4) analizar las relaciones entre los índices de abundancia y los resultados del análisis acústico. Entre sus conclusiones, se determinó que el índice de abundancia basado en el modelo CPUE y el índice basado en el modelo de captura fueron muy similares, por lo tanto, el uso de la capacidad de bodega del barco tanto en variables independientes y dependientes parece no tener efectos. Además, el índice CPUE tuvo una importante tendencia de recuperación en los últimos años, sin embargo, el jurel se mantiene altamente concentrado cerca de la costa. Debido a lo anterior, el índice CPUE podría verse afectado por el alto aumento en la concentración de peces cerca de la costa. Finalmente, se recomendó tener un enfoque precautorio al utilizar el índice CPUE ya que parece sobrestimar la recuperación del stock, y se propone una relación lineal entre el índice CPUE y el área de distribución para corregir los últimos dos años del índice CPUE.

Otro factor identificado en el grupo de trabajo de jurel del Comité Científico (CC) de la OROP-PS (SPRFMO 2022) corresponde al aumento no cuantificado en la eficiencia pesquera de las flotas (“effort creep”). En este sentido, IFOP trabajó en la recopilación de datos, la evaluación del impacto de este factor en la estandarización de los indicadores de abundancia basados en CPUE, y su posterior efecto en los estimados del modelo de evaluación.

En consecuencia, en este objetivo del proyecto se realizó: 1) la actualización del modelo de CPUE basada en viajes con pesca, 2) la actualización del modelo de CPUE basado en lances de pesca, 3) el desarrollo de modelos de estados espaciales (“state-space”) y/o espacio-temporales, considerando el uso de la librería sdmTMB, y 4) los factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota para la evaluación de stock 2023.

Los avances en este objetivo fueron discutidos en un taller de trabajo con el CCT-jurel y presentados como documentos de trabajo en la reunión anual del CC de la OROP-PS.

3.1.1 Actualización de Índice de abundancia usado en la evaluación de stock 2023.

Esta sección fue presentada como un “working document” en la 11° reunión del Comité Científico (CC11) de la OROP-PS (Payá 2023a). El índice de abundancia basado en el modelo CPUE de la flota cerquera del centro-sur de Chile es uno de los principales índices utilizados en el modelo de evaluación del stock de jurel. Por lo tanto, este índice debe actualizarse anualmente. Este modelo utiliza la CPUE como la captura (toneladas) dividida por la multiplicación de los días fuera del puerto y la capacidad de bodega de los buques, y las bandas de capacidad de bodega de los buques como efectos fijos. Para analizar el impacto del uso de la capacidad de bodega de los buques tanto en la variable dependientes como en la independiente, también se ajustó un modelo basado en la captura.

Otro índice importante es la biomasa estimada mediante estudios hidroacústicos en el centro-sur de Chile, que se utiliza parcialmente (1997-2009) en el modelo de evaluación de poblaciones. El resto de los años (2010 a 2023) no se utilizan porque hubo modificaciones en los diseños de muestreo de las encuestas, que se realizaron para cubrir los cambios en la distribución de peces (Catasti y Córdoba 2022). Los estudios hidroacústicos más recientes han mostrado una recuperación de la biomasa y un cambio en la distribución de los peces que deben analizarse y compararse con el índice CPUE.

Los objetivos de esta sección fueron:

- 1) Actualizar el índice basado en el modelo CPUE hasta el año 2023.
- 2) Estimar un índice de abundancia con base en un modelo de captura.
- 3) Comparar el índice basado en el modelo CPUE con el índice basado en el modelo de captura.
- 4) Analizar las relaciones entre los índices de abundancia y los resultados de los estudios acústicos.

Se usó la base de datos de IFOP de captura por viaje de pesca actualizada hasta junio de 2023. Los modelos ajustados fueron:

- 1) Índice basado en el modelo CPUE.

La CPUE, calculada como la captura (t)/días en el mar multiplicados por la capacidad de bodega del barco (m³) (Canales et al. 2008), se modela incorporando como efectos fijos el año (1983 a 2023); la zona (**Figura 4**), y la categoría de capacidad de bodega (m³) del buque (1: 0:250; 2: 251:350; 3: 351:500; 4: 501:600; 5: 601:750; 6: 750: 850; 7: 852:910; 8: 911:1100; 9: 1102:1506; 10: >1506).

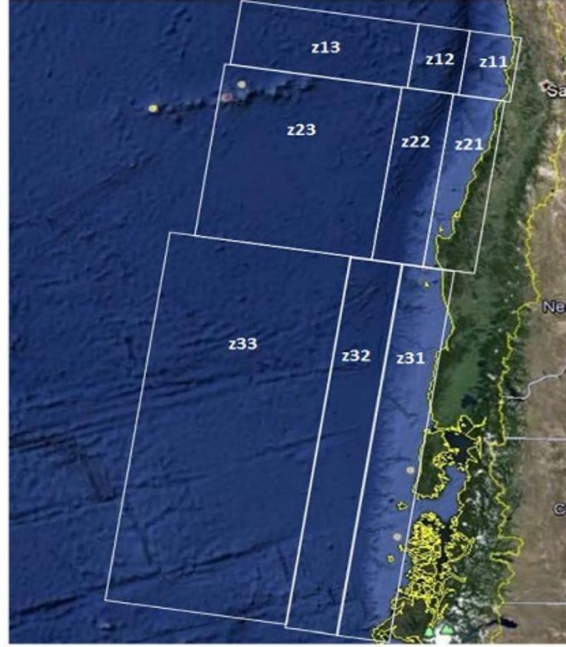


Figura 4. Zonas usadas en el modelo de CPUE basado en viajes de pesca (Canales et al. 2008).

Bajo estas especificaciones la CPUE en la escala del predictor lineal η fue:

$$\eta_{i,j,t,z,b} = \alpha + \sum_h \beta_h T_{h,i,j,t,z,b} + \sum_q \beta_q S_{q,i,j,t,z,b} + \sum_b \beta_b B_{q,i,j,t,z,b} + \varepsilon_{i,j,t,z,b},$$

donde, i representa la embarcación, j el año, t el trimestre, z la zona y b la categoría de bodega. $\mathbf{T}$ es una matriz de $n \times h$ que representa los predictores relativos al tiempo (año, trimestre), $\mathbf{S}$ es una matriz de $n \times q$ que representa los predictores relativos al espacio (zona), $\mathbf{B}$ es una matriz de $n \times b$ que representa los predictores relativos a las categorías de capacidad de bodega, y $\{\alpha, \beta\} = \theta$, son los coeficientes del modelo a ser estimados. ε son los errores aleatorios distribuidos normalmente con media cero. El modelo se ajustó como un GLM con distribución de error gamma con una función de enlace logarítmico.

2) Índice de abundancia basado en el modelo de captura

Debido a que en el modelo CPUE la capacidad de bodega del barco es parte tanto de la variable dependiente (CPUE) como de una variable independiente (bandas de capacidad de bodega), como

un modelo alternativo se estimó la captura (C) en función de efectos fijos (año, trimestre y zona), de la capacidad de bodega (CB) como covariable continua, del esfuerzo de pesca (días fuera de puerto o DFP) como variable “offset”:

Bajo estas especificaciones el modelo del logaritmo natural de la captura (logC) en la escala del predictor lineal η fue:

$$\eta_{i,j,t,z} = \alpha + \sum_h \beta_h T_{h,i,j,t,z} + \sum_q \beta_q S_{q,i,j,t,z} + \gamma \log(CB_{i,j,t,z}) + \text{offset}(\log(DFP_{i,j,t,z})) + \varepsilon_{i,j,t,z} ,$$

donde, i representa la embarcación, j el año, t el trimestre y z la zona. $\mathbf{T}$ es una matriz de $n \times h$ que representa los predictores relativos al tiempo (año, trimestre), $\mathbf{S}$ es una matriz de $n \times q$ que representa los predictores relativos al espacio (zona), γ es el coeficiente relativo al logaritmo natural de la capacidad de bodega, y $\{\alpha, \beta\} = \theta$, son los coeficientes del modelo a ser estimados. La variable “offset” tiene coeficiente igual a 1 por definición. ε son los errores aleatorios distribuidos normalmente con media cero. El modelo se ajustó como un GLM con distribución de error gamma con una función de enlace logarítmica.

Los resultados acústicos fueron tomados de Catasti y Córdoba (2022) y Córdoba (2023).

3.1.2 Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.

Esta sección fue presentada como un “working document” en el CC11 (Payá 2023b). El índice de abundancia CPUE de la flota cerquera de Chile Centro-Sur es uno de los índices de abundancia más importantes del modelo de evaluación del stock de jurel chileno. El índice CPUE se basa en los datos de CPUE por viaje de pesca, que se calcula como la captura dividida por el producto de los días fuera del puerto por la capacidad de bodega del barco. Caballero et al. (2020), considerando que los viajes de pesca pueden ocultar la resolución de las operaciones de pesca y sus estrategias, propusieron un índice de CPUE alternativo basado en la captura por lance para el período 1994-2020. Este índice de CPUE alternativo se estimó utilizando un modelo estadístico que incluye una distribución de probabilidad compuesta que describe la probabilidad conjunta de éxito y una captura por lance de pesca. El nuevo modelo predijo resultados similares a los de la CPUE estandarizada por viaje, pero también se observaron algunas diferencias. Durante el período 2006-2022, las tendencias fueron similares entre los dos índices de CPUE. Pero durante el período 1994-2006, el índice de CPUE por lance aumentó mientras que el índice de CPUE por viaje se mantuvo estable.

El objetivo de esta sección fue actualizar la estimación del índice de abundancia en función de la captura por lance con datos hasta junio de 2022 y compararla con el índice de abundancia utilizado en el modelo de evaluación de stock.

Los datos usados provienen de la misma base de datos utilizada por Caballero et al. (2020), la cual fue actualizada hasta junio de 2022. Se analizaron las bitácoras diarias de pesca de los lances asociados a la flota de cerco industrial que operó en la macro área centro-sur de Chile en el período junio-1994 - junio-2022. La base de datos estuvo compuesta por los registros de los observadores científicos de IFOP a bordo de los buques pesqueros que se complementaron con registros de la industria pesquera proporcionados por el instituto de Investigación Pesquera (INPESCA).

Se ajustaron los mismos modelos estadísticos de Caballero et al. (2020), es decir, un modelo lineal generalizado (GLM, McCullagh & Nelder, 1989) bajo una distribución Poisson-Gamma compuesta (Smyth & Jørgensen 2002). Para obtener más detalles sobre la formulación en la que la tasa de captura por lance se estima a través de los diferentes niveles de variables predictivas (factores y covariables), revise el Anexo SC8_JM06. El modelo incluye año, mes y zona como efectos fijos y la capacidad de bodega del buque y los días fuera de puerto como covariables. La parte sistemática del modelo tiene la siguiente forma:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^{45} \beta_k x_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, m$$

donde μ_i representa la captura media en la i -ésima lance, β_k corresponde al parámetro que mide la relación lineal de la covariable x_{ik} observada con el conjunto ih a través de la función de enlace $g(\cdot)$, el parámetro β_0 representa el término de intersección en la intersección en el ecuación lineal y m corresponde al número de conjuntos totales en estudio, donde las covariables son:

x_{i1} : Es la capacidad de la bodega (m3) del barco que realizó el i -ésimo lance de pesca.

x_{jk} : Es la variable indicativa relacionada con la zona donde se realizó el estudio del lance de pesca (**Tabla 3 y Figura 5**), donde $x_{ik} = 1$ si el lance i se realizó en el área k y $x_{ik} = 0$ en caso contrario, para $k = 2, \dots, 7$.

x_{ik} : Es una variable indicativa relacionada con el año en que se realizó el lance, donde $x_{ik} = 1$ si el lance i se realizó en el año correspondiente y $x_{ik} = 0$ en caso contrario, para $k = 8, \dots, 35$.

x_{ik} : Corresponde a la variable indicativa relacionada con el mes en que se realizó el lance, donde $x_{ik} = 1$ si el lance i se realizó en el mes correspondiente y $x_{ik} = 0$ en caso contrario para $k = 36, \dots, 46$.

x_{i47} : Son los días fuera de puerto (nº de días en fracción decimal) del buque donde se realizó el i -ésimo lance.

Tabla 3. Definición de áreas utilizadas en el modelo de CPUE por lance de pesca.

Zona	Latitud (°S)
Caldera	26°00' - 28°00'
Coquimbo	28°00' - 32°10'
San Antonio	32°10' - 34°50'
Talcahuano	34°50' - 38°30'
Valdivia	38°30' - 41°00'
Chiloé	41°00' - 43°30'
Guaitecas	43°30' - 47°00'

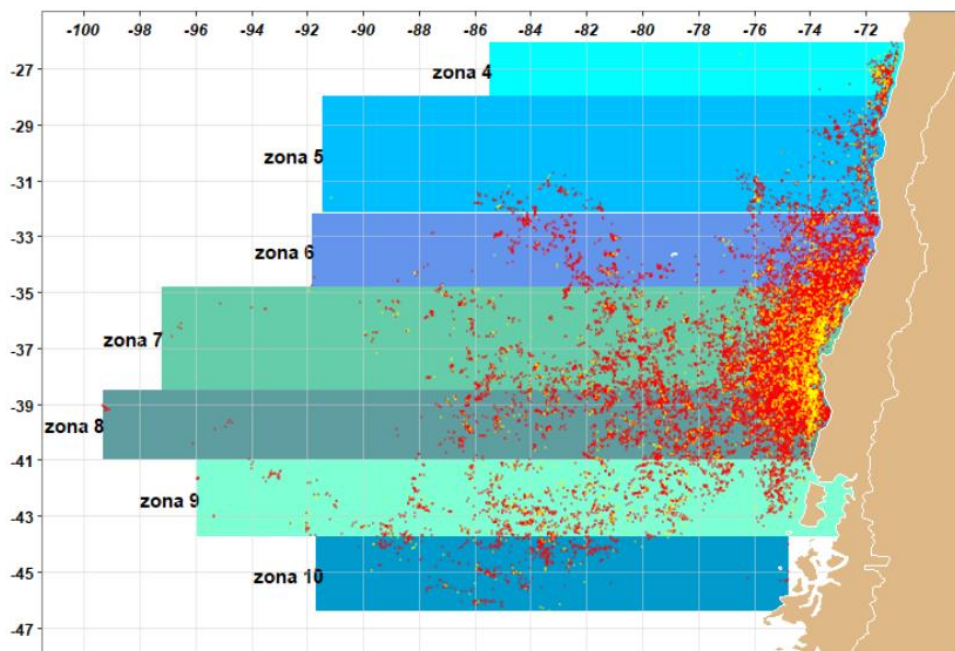


Figura 5. Zonas usadas en el modelo de CPUE basado en lances de pesca (Caballero et al., 2020).

Los parámetros del modelo se estimaron mediante el modelo de máxima verosimilitud, sujeto a un valor fijo del parámetro de potencia de la función de varianza (detalles metodológicos SC8_JM06 Anexo), la significancia de cada uno de los factores se evaluó mediante el análisis de Devianza. Para los procesos se utilizó el software R (R Core Team, 2020) con los paquetes estadísticos tweedie (Dunn, 2017) y statmod (Giner y Smyth, 2016).

3.1.3 Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.

Esta sección fue presentada como un “working document” en el CC11 (Payá 2023c). El índice de abundancia alternativo propuesto por Cabalero et al. (2020) requiere mejoras porque el modelo explica el 10,2% de la desviación total y el tamaño de la muestra fue bajo en algunos años. Como un método alternativo de mejora se ha planteado el uso de modelos espacio-temporales. El paquete sdmTMB R (Anderson et al. 2022) implementa GLMM espaciales y espaciotemporales geoestadísticos utilizando TMB para el ajuste del modelo y R-INLA para configurar SPDE (ecuación diferencial parcial estocástica). Por lo tanto, este paquete R se utilizó en esta sección de trabajo para estimar índices de abundancia de CPUE alternativos del jurel.

El objetivo de esta sección fue estimar el índice de abundancia utilizando el GLM espaciotemporal basado en SPDE (Stochastic Partial Differential Equatoion) con “Template Model Builder” (sdmTMB).

La data usada fue la misma descrita en la sección anterior, es decir, la base de datos utilizada por Caballero et al. (2020) desde junio de 1994 hasta junio de 2022. La ubicación del lance de pesca en unidades de latitud y longitud se transformó a UTM usando EPSG: 32718 – WGS 84 / UTM zona 18S (<https://maps.omniscale.com/en/openstreetmap/epsg-32718>). La ubicación de los lances de pesca en unidades de latitud y longitud transformada en coordenadas UTM se muestra en la **Figura 6**.

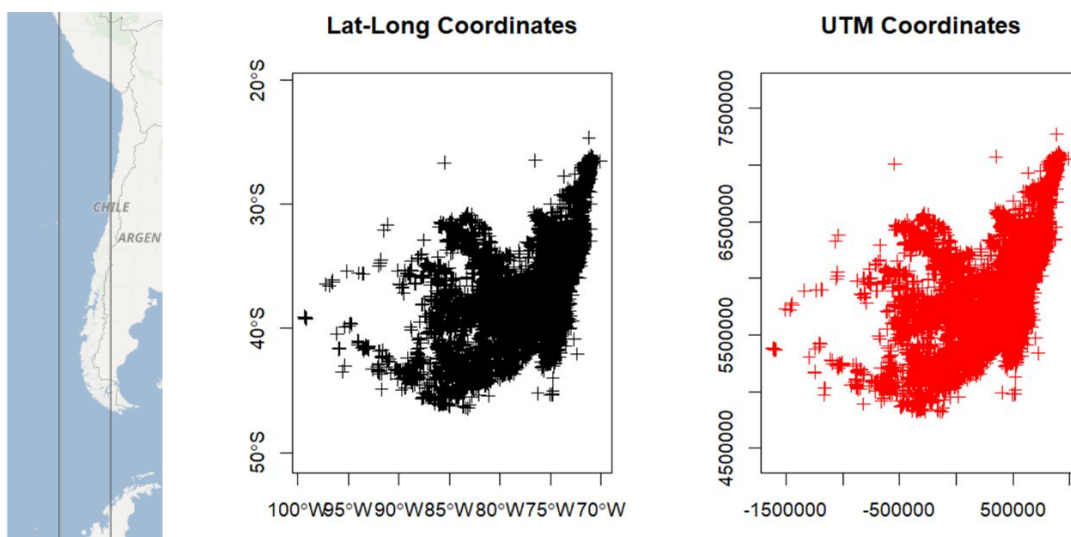


Figura 6. El mapa de la izquierda muestra el área de la caja del sistema de referencia de coordenadas según la EPSG: 32718 – WGS 84 / UTM zona 18S. Los lances de pesca con ubicaciones en unidades de latitud-longitud (gráfico central) y coordenadas UTM (gráfico derecho) para el período 1994-2023.

Para discretizar el espacio se construyó una grilla que permite generar un set de puntos vecinos sobre los cuales se puede calcular la autocorrelación entre los puntos. Se utilizó una grilla triangular porque es más flexible y permita la adaptación a espacios irregulares. La grilla se definió con un corte = 500 Km.

La grilla resultante de un nivel de corte de 500 se muestra en **Figura 7**.

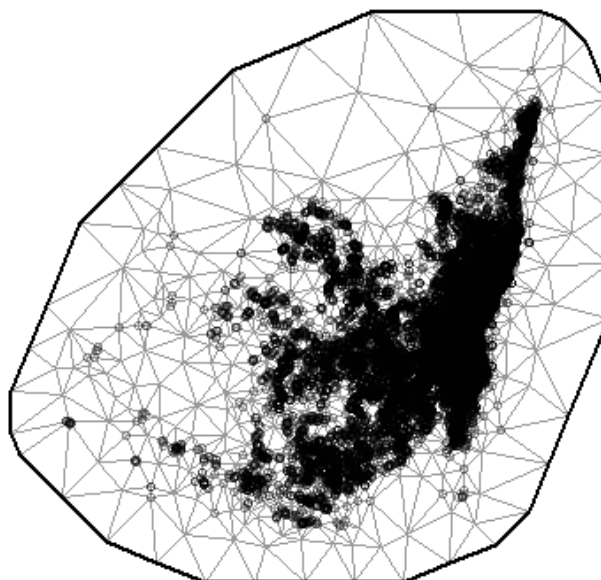


Figura 7. Grilla usada con nivel de corte de 500 UTM.

La ecuación diferencial parcial estocástica (SPDE por Stochastic Partial Differential Equation) se usó para calcular la estructura de autocorrelación espacial de la base de datos en los vértices de la grilla. SPDE es una solución matemática de la función de covarianza de Matérn cuya fórmula es:

$$Cov(S(x_i), S(x_j)) = \frac{\sigma^2}{2^{v-1}\Gamma(v)} (\kappa \|x_i - x_j\|)^v \kappa_v(\kappa \|x_i - x_j\|)$$

Donde $\kappa_v(\cdot)$ es la función de Bessel modificada de segundo tipo y orden $v > 0$, v es el parámetro de suavidad ("smoothness"), σ^2 es la varianza, y $\kappa > 0$ está relacionado con el rango práctico $\rho = \sqrt{8v}/\kappa$ el cual es la distancia a la cual la correlación espacial es cercana a 0,1.

Se ajustaron dos modelos.

Modelo espaciotemporal

La CPUE (densidad) se modeló como una función suavizada ("smoothness") de la capacidad de bodega del barco (hc) con la variabilidad espaciotemporal establecida en una función autorregresiva de orden 1. Se utilizó una distribución de error de Tweedie con una función de enlace logarítmico (Dunn, 2017). El modelo usado siguiendo la especificación en sdmTMB fue:

```
fit_spatiotemporal <- sdmTMB( density ~ s(hc, k = 5), data = cjm, mesh = mesh, time = "year", family
= tweedie(link = "log"), spatial = "off", spatiotemporal = "ar1", control =
sdmTMBcontrol(newton_loops = 1))
```


y estadísticamente especificado en la escala del predictor lineal como:

$$\begin{aligned} g(\mu_{s,t}) &= S(hc, k = 5) + \delta_{s,t}, \\ \delta_{t=1} &\sim MVNormal(0, \Sigma_{\epsilon}), \\ \delta_{t>1} &\sim \rho\delta_{t-1} + \sqrt{1 - \rho^2}\epsilon_t, \quad \epsilon \sim MVNormal(0, \Sigma_{\epsilon}) \end{aligned}$$

Donde: $(\cdot)$ es la funci3n de enlace, μ es la densidad (CPUE) media; s es el índice de espacio (vector de coordenadas x e y); t es el índice del tiempo; S es la funci3n “spline” de suavizaci3n (“smoothness”) de grado K ; $\delta_{t=1}$ son las desviaciones espaciotemporales; Σ_{ϵ} es la matriz de covarianza de los campos aleatorios espaciotemporales; ρ es la correlaci3n entre campos aleatorios espaciotemporales subsecuentes. El termino $\rho\delta_{t-1} + \sqrt{1 - \rho^2}$ escala la varianza espaciotemporal por la correlaci3n tal que representa la varianza marginal estado estable (“steady-state”). La correlaci3n ρ permite campos espaciotemporales de inversi3n media, y est1 restringida a ser $-1 < \rho < 1$.

GLM espacio-temporal.

La CPUE (densidad) se model3 en funci3n del ańo y mes como efectos fijos y la suavidad de la capacidad de bodega de los buques con efectos aleatorios espacio-temporal independientes por ańo. El modelo debe excluir el intercepto para evitar que el efecto principal y el efecto de variaci3n espaciotemporal anual tengan el mismo par1metro y no se puedan estimar. Se utiliz3 una distribuci3n de error Tweedie con una funci3n de enlace logarítmica. En modelo en formato sdmTMB fue:

```
m <- sdmTMB(data = cjm, formula = density ~ 0 + as.factor(year) + as.factor(month) + s(hc, k = 5),
  time = "year", mesh = cjm_spde, family = tweedie(link = "log"), control =
  sdmTMBcontrol(newton_loops = 1))
```

y qued3 estadísticamente especificado en la escala del predictor lineal como:

$$g(\mu_{s,t}) = X_{s,t}^{\text{main}}\beta + S(hc, k = 5) + \epsilon_{s,t}$$

Donde: $X_{s,t}^{\text{main}}$ corresponde a la matriz de diseńo de los efectos principales (ańo y mes), β es el vector de los coeficientes de los efectos fijos; $\epsilon_{s,t}$ son campos aleatorios espaciotemporales idéntica e independientemente distribuidos (iid).

$$\epsilon_{s,t} \sim \text{MVNormal}(0, \Sigma_{\epsilon}).$$

Con el objetivo de realizar un ejercicio de estimaci3n de 3ndices por zonas, se definieron las zonas norte (<6000 UTM norte) y sur (>=6000 UTM norte), as3 como en las zonas este (<500 UTM este) y oeste (>=500 UTM este), que se muestra en **Figura 8**.

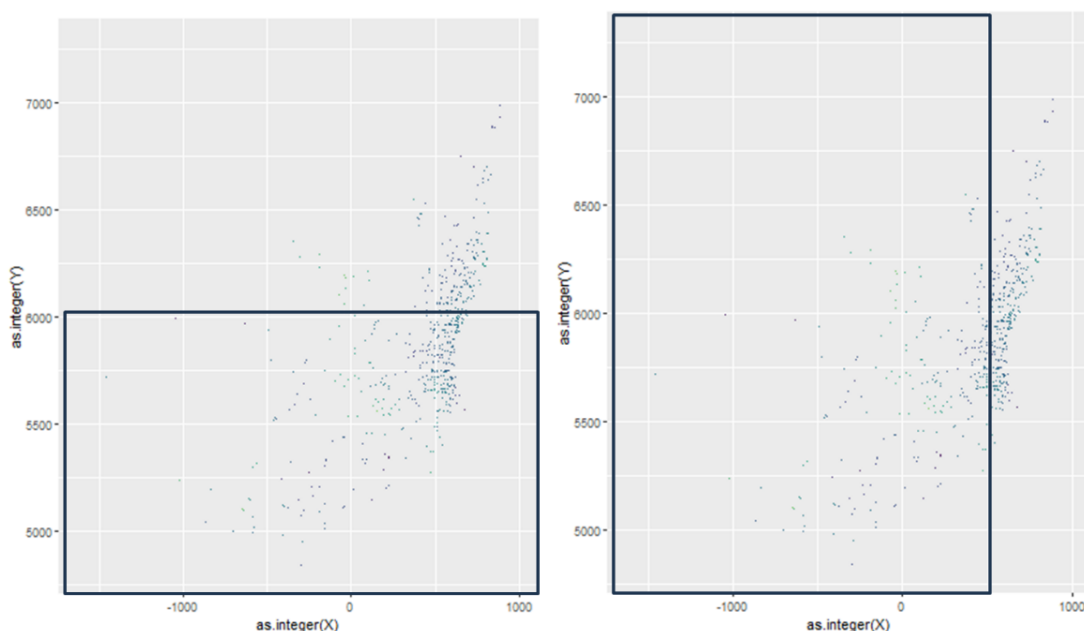


Figura 8. Rect3ngulo del 3rea sur (<6000 norte, panel superior) y oeste (<500 este, panel inferior). Los puntos representan las ubicaciones de los lances de pesca, X el este e Y el norte.

3.1.4 Factores de correcci3n por cambios de eficiencia de la flota.

Esta secci3n fue presentada como un “working document” en el CC11 (Zenteno y Pay3 2023). Se revis3 la informaci3n disponible sobre cambios en el aumento de la eficiencia de pesca (“effort creep”) y se solicit3 a SSPA e INPESCA la informaci3n disponible a este respecto (fechas de cambios de equipos de detecci3n, cambios en tama3o y composici3n de la flota, etc.). Se analizaron diferentes m3todos de incluir los cambios de eficiencia en la correcci3n del 3ndice de abundancia basado en la CPUE de la zona centro-sur, entre ellos, un factor fijo para la serie completa (actualmente en uso en la OROP-PS), factores fijos por bloques de a3os o bien factores variables por a3o.

El aumento no documentado en el esfuerzo pesquero, o “effort creep”, describen la situaci3n en la que la eficiencia de captura de los buques pesqueros aumenta con el tiempo (Yimin y Dennis, 2009). El esfuerzo pesquero puede ser dif3cil de cuantificar directamente porque es una m3trica compuesta formada por muchos componentes diferentes que incluyen, entre otros: eslora de la embarcaci3n, potencia del motor, tecnolog3as de pesca (p.e. teledetecci3n oceanogr3fica, ecosondas, etc.) y experiencia de capit3n/tripulaci3n (Pilling et al., 2016). La eficacia del esfuerzo aumenta con el cambio

tecnológico, aunque las unidades nominales de esfuerzo (por ejemplo, días en el mar, número de lances) puedan permanecer constantes (Squires et al. 2016). El aumento del esfuerzo puede considerarse como un cambio adimensional en la capturabilidad (q) o un cambio adimensional en algún aspecto del esfuerzo nominal (Palomares y Pauly, 2019). En este sentido, si se ha estimado el aumento del esfuerzo, se puede utilizar para corregir el índice de abundancia (por ejemplo, CPUE) ya sea a la serie del esfuerzo o directamente a la serie del índice.

En la pesquería de jurel de la zona centro-sur de Chile, la flota ha experimentado cambios tecnológicos a lo largo del tiempo, que pueden no reflejarse en otras variables ya consideradas en el proceso de estandarización de CPUE. Entre otros, los cambios incluyen mejoras en los equipos de detección, mayor experiencia de capitanes y tripulación y el uso de sistemas de información oceanográfica en tiempo real. Por otro lado, la eficiencia de la flota puede verse limitada por otros factores, como los cuellos de botella en la producción de las plantas de procesamiento y la reducción del área de pesca disponible (p.e. la restricción de las primeras 5 millas).

Durante el Taller de Benchmark de jurel de 2022, el Comité Científico de la OROP-PS acordó aplicar un factor de corrección del 1% anual para los índices de abundancia de CPUE de jurel de las flotas chilenas y peruana. En el informe de la reunión SC10 (Anexo técnico del jurel), el Comité Científico hizo recomendaciones sobre la corrección actual por el cambio de esfuerzo aplicado a la serie de CPUE del jurel. El Comité expresó su preocupación por el hecho de que la tasa fija anual del 1 % actualmente aplicado sería poco realista durante un largo período y carecería de fundamento técnico. Sugiere la aplicación de bloques o períodos de corrección, los cuales estarían delimitados por cambios en la pesca, ya sea por razones administrativas, operativas o tecnológicas. Es probable que el impacto del aumento del esfuerzo sea mínimo a corto plazo, pero podría volverse más pronunciado con el tiempo, y se necesitarían medidas adicionales para proporcionar una solución a más largo plazo a este problema.

Los objetivos de esta sección fueron:

1. Realizar una recopilación y revisión de la información disponible sobre cambios en el aumento de la eficiencia pesquera ("effort creep") y elaborar una serie temporal alternativa de corrección correspondiente.
2. Evaluar y comparar la aplicación de series alternativas que incluyan cambios de eficiencia en la corrección del índice de abundancia con base en la CPUE de la zona centro-sur, entre ellos, un factor fijo para la serie completa (actualmente en uso en la OROP-PS), factores fijos por bloques de años o factores variables por año.

Con el fin de tener una base fundamentada para la elaboración de factores de corrección para las series de CPUE, se recopiló y organizó la información cualitativa y cuantitativa disponible relacionada con cambios en la flota pesquera de jurel, y que podrían implicar incrementos no documentados en la eficiencia de la pesca. En una etapa inicial, se definieron períodos de desarrollo de la pesquería, cuyos límites de tiempo estuvieron definidos por cambios significativos en la administración, regulación y/o en las herramientas tecnológicas de la flota pesquera.

Información considerada para la definición de factores y periodos de eficiencia:

- Información cualitativa sobre la historia de las pesquerías pelágicas en Chile (Antonio Aranís, com. pers.).
- Leyes y reglamentos nacionales e internacionales que regulan la pesca del jurel.
- Cambios históricos en la tecnología y capacidad de la flota pesquera de jurel (Sepúlveda et al. com. pers.)

A continuación, se recolectó información anecdótica y cualitativa de a través de entrevistas y reuniones con expertos de SSPA e INPESCA sobre cambios en la eficiencia pesquera (“effort creep”) de la flota de jurel chileno (fechas de cambios en los equipos de detección, cambios en el tamaño y composición de la flota, etc.).

En una etapa posterior, se recopilaban métricas de diferentes predictores que estarían asociados con cambios en la eficiencia de la flota, según estudios previos (Marchal et al. 2006). Esta información fue recopilada a través de una encuesta dirigida a expertos y usuarios de la industria. Usando la información recopilada en las entrevistas con expertos, se elaboró una encuesta ampliada de usuarios de la industria conducida durante julio de 2023, destinada a pescadores, capitanes y propietarios de empresas pesqueras de la flota centro-sur de jurel en Chile. En particular, esta herramienta permitió cuantificar el impacto estimado en los cambios en los artes de pesca, experiencia de los capitanes de embarcaciones, aumentos en la capacidad de bodega, cambios en la tecnología de detección de cardúmenes, aumentos en la experiencia de la tripulación y el capitán, así como limitaciones regulatorias o de mercado. A partir de los resultados de la encuesta se determinaron factores de eficiencia específicos, cada uno con un período de operación o ocurrencia asociado. Se utilizaron las fechas promedio, proporcionadas por los usuarios de la industria a través de la encuesta, para determinar los años inicial y final de ocurrencia de cada factor de eficiencia. La tasa anual de cambio en la eficiencia expresado a través de cada factor, se calculó mediante dos enfoques: (a) cuando se disponía de datos cuantitativos, se realizaron estimaciones del efecto anual obtenidas a partir de la tasa de reducción de la flota (i.e. experiencia capitanes), y (b) cuando no se disponía de datos cuantitativos, se utilizaron puntuaciones promedio estandarizados con las percepciones de usuarios de la flota obtenidos a través de la encuesta de expertos.

El cambio en la eficiencia anual de la flota (EC) se calculó como la suma de todos los factores de eficiencia (FE) operativos en el año:

$$EC_t = \sum FE_{i,t}$$

Donde EC_t corresponde al factor de eficiencia en el año t , $FE_{i,t}$ corresponde a los factores de eficiencia que operan en el año t . Proporciona una serie de cambios anuales en la eficiencia de la flota, o aumento del esfuerzo, que pueden utilizarse para corregir el esfuerzo o la CPUE. La CPUE efectiva para cada año se puede calcular a continuación (Palomares y Pauly, 2019):

$$ECPUE_t = CPUE_t \times (1 - EC_t)^{t-y}$$

Donde y corresponde al primer año de la serie y t es el año a calcular. Esta ecuación se puede aplicar a la CPUE estandarizada o se puede utilizar una versión adaptada para corregir la serie temporal del esfuerzo antes de la estandarización de la CPUE, ya sea en series o en días en el mar (Palomares y Pauly, 2019). Aplicamos esta corrección a la serie temporal del índice CPUE de Chile del SC-10.

Se compararon la serie temporal del índice CPUE con y sin corrección del esfuerzo, así como la corrección constante del 1%, usada actualmente en el modelo de evaluación. Además, utilizamos la estimación del modelo de biomasa para los 3 índices respectivos para comparar el impacto de las series de CPUE corregidas. Utilizamos la última configuración del modelo JJM disponible para estimar la biomasa del jurel, según la evaluación conducida en la reunión del comité científico de la OROP-PS en 2022 (SC-10).

3.1.5 Taller sobre análisis espaciales en los índices de abundancia basados en CPUE.

Este taller se diseñó para informar al CCT-jurel de los avances en los aspectos teóricos y aplicados sobre la estimación y estandarización de indicadores de abundancia basados en CPUE. De esta forma se presentaron y discutieron los contenidos de los documentos técnicos que posteriormente fueron enviados al CC de la OROP-PS. En este taller se invitó a participar a INPESCA que también está trabajando este tema.

3.2 Objetivo 2

“Establecer el estatus actualizado de jurel conforme el estándar más reciente del Comité Científico de la OROP-PS, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, incorporando, cuantificando y propagando la incertidumbre subyacente a la pesquería.”

La actualización de la evaluación conjunta se realizó en la décima primera reunión anual del comité científico (CC11). El presente informe técnico se basa en los resultados del modelo h1_1.07 acordado por el CC11 con fecha 16 de septiembre. Los resultados fueron presentados en el primer informe técnico del presente proyecto (Payá 2023d) que fue entregado en octubre del 2023 para poder ser utilizado en la reunión del CCT-jurel nacional. De esta forma se entregó oportunamente la información para analizar el estatus del stock y definir el rango de cuota para el año 2024. El reporte oficial del CC11 fue publicado posteriormente por la OROP-PS.

3.2.1. Actualización de datos y parámetros.

Los datos chilenos fueron aportados por investigadores de IFOP. Los datos de las matrices de edad fueron entregados por Camilo Rodríguez, las bases de datos biológico-pesqueros de Chile fueron preparadas por Marlene Ramírez, Erik Gaete y Ramón Aravena y las estimaciones de abundancia y biomasa hidroacústicas fueron suministradas por José Córdoba y Víctor Catasti.

El índice de abundancia basado en el modelo de CPUE de la flota cerquera de Chile centro-sur se actualizó hasta el primer trimestre de 2023, y se describe en detalle en el objetivo 1 del presente

informe, y que se presentó como documento de trabajo en la CC11 (Paya 2023a). El modelo de CPUE utiliza la capacidad de bodega de los buques tanto en variables independientes como dependientes (Canales *et al.* 2008). Para evaluar el efecto del uso de la capacidad de bodega del buque en el modelo de CPUE, se ajustó un nuevo modelo basado en la captura con la capacidad de bodega del buque como covariable. Los dos modelos estimaron un índice de abundancia similar con una importante tendencia de recuperación en los últimos años. También se analizaron las relaciones entre el índice de CPUE y los resultados de los estudios hidroacústicos en el área centro-sur, que fueron compilados por Catasti y Córdova (2022), e incluyeron la biomasa acústica, la densidad acústica y el área de distribución del jurel. Los estudios acústicos encontraron que los peces estaban muy concentrados cerca de la costa en los últimos tres años. Se ajustó un modelo de rampa entre el índice de CPUE y la biomasa. El índice de CPUE tiende a aumentar con la densidad acústica hasta un nivel asintótico. Se ajustó un modelo lineal entre el índice de CPUE y el área (excluyendo los dos últimos años), que se propone para corregir el índice de CPUE. Esta corrección redujo la tasa de recuperación en los últimos dos años. Se recomendó tener un enfoque precautorio porque el índice de CPUE parece sobreestimar la recuperación del stock.

El CC11 de la OROP-PS acordó no realizar cambios en el modelo de estimación del índice de CPUE de la flota de cerco de la zona centro-sur y abordar los nuevos modelos de CPUE (objetivo 1 del presente proyecto que se entregará en el informe final), junto con los resultados de los nuevos cruceros de evaluación hidroacústicas de la zona centro-sur, en el próximo taller de “benchmark” planificado para el año 2025.

Las composiciones de edades de las capturas comerciales de las zonas centro-sur y norte de Chile y de la abundancia estimada por el crucero acústico realizado en Chile, se actualizaron hasta el primer semestre de 2023, utilizando el nuevo criterio de asignación de edades.

Los datos chilenos fueron enviados al grupo de jurel del Comité Científico de la OROP-PS, donde se juntaron con los datos composición de longitudes de las capturas de las flotas “offshore” y del Perú. Las composiciones de longitudes de la flota “offshore” fueron transformadas a frecuencias de edades aplicando las claves talla-edad de la flota centro-sur de Chile. Las composiciones de longitudes de la captura de la flota peruana ingresaron directamente al modelo de evaluación, el cual las transforma a la edad aplicando el modelo de crecimiento peruano.

La actualización de los parámetros de la historia de vida del jurel, basados en el nuevo criterio de asignación de edades, fue presentada e incorporada al modelo de evaluación en el taller de “Benchmark” de la OROP-PS (Cerna 2022, SPRFMO_SCW14 2022).

El resumen del tipo de información utilizada por año en el modelo de evaluación se entrega en la **figura 9**.

3.2.2. Actualización de la evaluación de stock.

Modelo de evaluación JJM.

El modelo JJM (Joint Jack Mackerel Assessment Model) es un modelo estructurado por edad explícito que utiliza máxima verosimilitud para la estimación de parámetros claves que modulan la dinámica poblacional de jurel en el área de convención de la OROP-SP.

El proceso de dinámica de poblacional está definido por la ecuación estándar de captura con diversas modificaciones tales como las descritas por Fournier y Archibald (1982), Hilborn y Walters (1992) y Schnute y Richards (1995). Este modelo fue adoptado por la OROP-PS como método de evaluación poblacional de jurel y ha sido utilizado desde el año 2010. Desde la adopción del modelo JJM, este ha sido mejorado y los componentes más notables han sido la opción de incluir datos de composición de tallas y la capacidad para estimar la mortalidad natural por edad y tiempo. Con esta versatilidad el modelo es más flexible y permite usar la captura en edad o tamaño para variadas flotas e incorporar explícitamente cambios de régimen en la productividad de la población. El modelo consta de 4 componentes: (i) la dinámica de la población, (ii) la dinámica de la explotación, (iii) modelos de observación para los datos, y (iv) el procedimiento de estimación de parámetros.

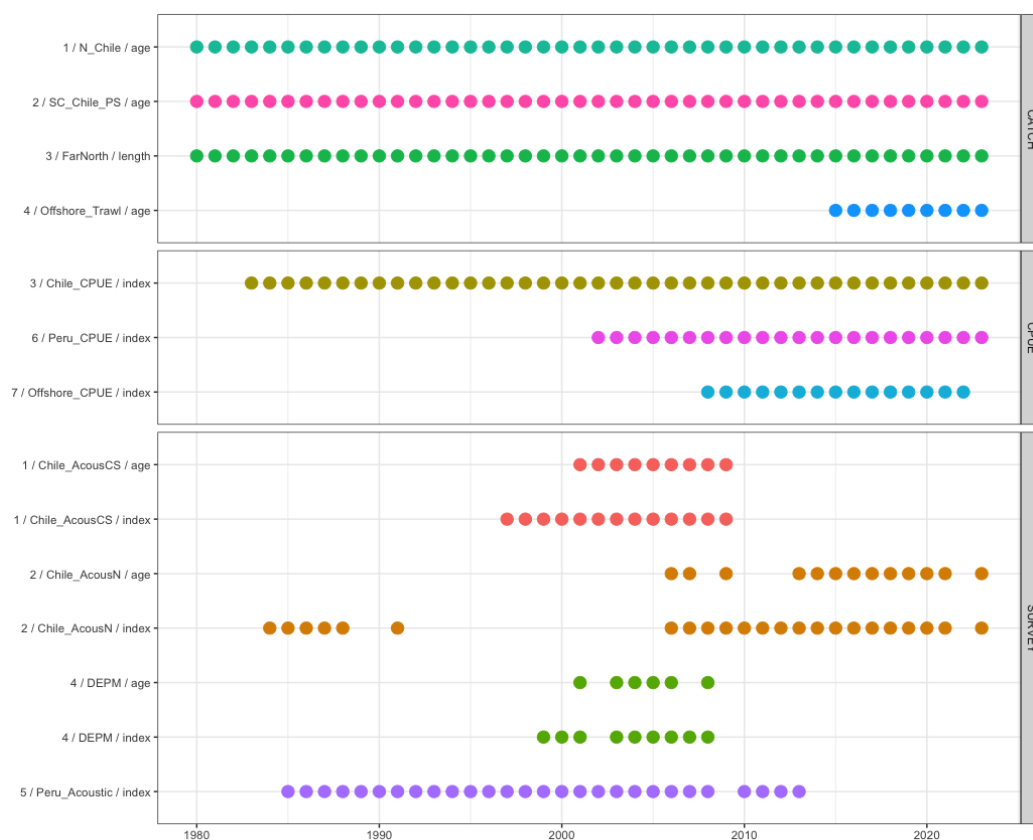


Figura 9. Tipo de información por año utilizada en el modelo de evaluación.

La dinámica poblacional supone que los reclutamientos ocurren en enero, mientras que la temporada de desove se considera como un proceso instantáneo a mediados de noviembre. Las estructuras de edad de la población cubren un rango de edad entre 1 a 12+ años, y se incluye una relación estocástica stock recluta B-H (Beverton y Holt, 1957). La mortalidad por edad está compuesta por la suma de mortalidades por pesca por edad-flota y la mortalidad natural, esta última asumida constante en el tiempo y entre edades. El modelo es agregado espacialmente aun cuando las pesquerías son geográficamente distintas. La población inicial se basa en una condición de equilibrio y ocurre en 1958 (12 años antes del comienzo del modelo en 1970).

La dinámica de explotación considera interacción de las flotas con la población a través de la mortalidad por pesca. La mortalidad por pesca se supone como un agregado de varios procesos separables de selectividad por flotas, las que describen el patrón de edad específica de la mortalidad por pesca, la capturabilidad que escala las unidades de esfuerzo de pesca a la mortalidad por pesca, y las desviaciones de esfuerzo; que son un efecto aleatorio en el esfuerzo de pesca en relación con la mortalidad. La selectividad es no-paramétrica específica por flota de pesca y tiempo-variante. La capturabilidad es fija para cada serie de índices, no obstante, en algunos de éstos se han considerado algunas variaciones en el tiempo (e.g. biomasa acústica de Perú y Chile (sur) y la CPUE de la zona sur de Chile).

El modelo de observación distingue cuatro componentes de datos que contribuyen a la función de verosimilitud total: los datos de capturas por flota, los datos de frecuencia de edad, los datos de frecuencia de talla y los índices de abundancia. Los datos de captura total observada se asumen insesgados y relativamente precisos con un CV de residuos que 0,05. Las distribuciones de probabilidad para las proporciones de la edad y frecuencia de talla se suponen distribuidas multinomial. Los tamaños de muestra son específicos para cada flota, pero constante durante años. Para las capturas por pesquería (4) y los índices de abundancia (9) se utilizan la suposición de log-normalidad con CV constante pero diferentes por pesquería.

Los parámetros del modelo se estiman maximizando la log-verosimilitud de los datos en conjunto con las probabilidades a priori junto a las penalizaciones. La estimación se realiza en una serie de fases, la primera de las cuales utiliza valores arbitrarios de partida para la mayoría de los parámetros. El modelo ha sido implementado en lenguaje ADMB cuyas características pueden consultarse en Fournier *et al.* (2012).

Las características generales más destacables del modelo son las siguientes

- Todos los índices son supuestos proporcionales con la biomasa.
- Las selectividades de cada flota son variables por año y edades
- Las composiciones de tallas de la Flota 3 es modelada considerando los parámetros de crecimiento del jurel en el Perú.
- El steepness de la relación stock-recluta se fija $h=0,65$ y el error estándar de la relación S/R es supuesto en $\sigma_R=0,6$.

Las siguientes tablas muestran las definiciones de variables y ecuaciones utilizadas por el modelo JJM, de acuerdo con el reporte adoptado por el SC08 en 2020. <https://www.sprfmo.int/assets/2020-SC8/Report/JM-Tech-Annex-SC8.pdf>

Tabla 4. Símbolos y Definiciones.

General Definitions	Symbol/Value	Use in Catch at Age Model
Year index: $i = \{1970, \dots, 2019\}$	I	
Fleets (f) and surveys (s)	f, s	Identification of information source
Age index: $j = \{1, 2, \dots, 12+\}$	J	
length index: $l = \{10, 11, \dots, 50\}$	l	
Mean length at age	L_j	
Variation coefficient the length at age	cv	
Mean weight in year t by age j	$W_{t,j}$	
Maximum age beyond which selectivity is constant	$Maxage$	Selectivity parameterization
Instantaneous Natural Mortality	M	Constant over all ages
Proportion females mature at age j	p_j	Definition of spawning biomass
Ageing error matrix	T	
Proportion of length at some age	Γ	Transform from age to length
Sample size for proportion in year i	T_i	Scales multinomial assumption about estimates of proportion at age
Survey catchability coefficient	q^s	Prior distribution = lognormal(μ_q^s, σ_q^2)
Stock-recruitment parameters	R_0	Unfished equilibrium recruitment
	h	Stock-recruitment steepness
	σ_R^2	Recruitment variance
Unfished biomass	φ	Spawning biomass per recruit when there is not fishing
Estimated parameters		
$\phi_i(\#), R_0, h, \varepsilon_i(\#), \mu^f, \mu^s, M, \eta_j^s(\#), \eta$		

Note that the number of selectivity parameters estimated depends on the model configuration.

Tabla 5. Variables y ecuaciones describiendo la implementación del modelo JJM

Eq	Description	Symbol/Constraints	Key Equation(s)
1)	Survey abundance index (s) by year. The symbol I_i^s represents the fraction of the year when the survey occurs.	I_i^s	$I_i^s = q^s \sum_{j=1}^{12} N_{ij} W_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}$
2)	Catch biomass by fleet (f=1,2,3,4), year(i) and age (j) /length (l)	$\hat{C}_{il}, \hat{C}_{ij}, \hat{Y}_i$	$\hat{C}_{i,j}^f = N_{i,j} \frac{F^f}{Z^f} \frac{1}{l} (1 - e^{-Z^f l})$ $\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^{12+} \hat{C}_{i,j}^f w_{i,j}^f$ $\hat{C}_{il} = \Gamma \hat{C}_{ij}$ $\Gamma_{i,j} = \int_j^{j+1} e^{-\frac{1}{2\sigma_j^2}(l-L_j)^2} dl$ $L_j = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_{j-1}$ $\sigma_j = \alpha L_j$
	(transformation from age to length composition. Fleet 3, FarNorth)		
3)	Proportion at age j, in year i		$p_{ij}^f = \frac{\hat{C}_{ij}^f}{\sum_j \hat{C}_{ij}^f} \quad p_{ij}^s = \frac{N_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}}{\sum_j N_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}}$
	Proportion at length l, in year i		$P_{il} = \frac{C_{il}}{\sum_{l=10}^{50} C_{il}}$
4)	Initial numbers at age	$j = l$	$N_{1970,j} = e^{\mu_R + \varepsilon_{1970}}$
5)		$l < j < 11$	$N_{1970,j} = e^{\mu_R + \varepsilon_{1971-j}} \prod_{j=1}^j e^{-M}$
6)		$j = 12+$	$N_{1970,12+} = N_{1970,11} e^{-M} (1 - e^{-M})^{-1}$
7)	Subsequent years (i > 1970)	$j = l$	$N_{i,1} = e^{\mu_R + \varepsilon_i}$
8)		$l < j < 11$	$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} e^{-Z_{i-1,j-1}}$
9)		$j = 12+$	$N_{i,12+} = N_{i-1,11} e^{-Z_{i-1,11}} + N_{i-1,12} e^{-Z_{i-1,12}}$
10)	Year effect and individuals at age 1 and i = 1958, ..., 2019	$\varepsilon_i, \sum_{i=1958}^{2018} \varepsilon_i = 0$	$N_{i,1} = e^{\mu_R + \varepsilon_i}$

Eq	Description	Symbol/Constraints	Key Equation(s)
11)	Index catchability		$q_i^s = e^{\mu^s}$
	Mean effect	μ^s, μ^f	
	Age effect	$\eta_j^s, \sum_{j=1958}^{2018} \eta_j^s = 0$	$s_j^s = e^{\eta_j^s} \quad j \leq \text{maxage}$ $s_j^s = e^{\eta_{\text{maxage}}^s} \quad j > \text{maxage}$
12)	Instantaneous fishing mortality		$F_{ij}^f = e^{\mu^f + \eta_j^f + \phi_i}$
13)	Mean fishing effect	μ^f	
14)	Annual effect of fishing mortality in year i	$\varphi_i, \sum_{i=1970}^{2018} \varphi_i = 0$	
15)	Age effect of fishing (regularized) In year time variation allowed	$\eta_j^f, \sum_{j=1958}^{2018} \eta_j^f = 0$	$s_{ij}^f = e^{\eta_j^f} \quad j \leq \text{maxage}$ $s_{ij}^f = e^{\eta_{\text{maxage}}^f} \quad j > \text{maxage}$
	In years where selectivity is constant over time	$\eta_{i,j}^f = \eta_{i-1,j}^f$	$i \neq \text{change year}$
16)	Natural Mortality	M	fixed
17)	Total mortality		$Z_{ij} = \sum_l F_{ij}^l + M$
17)	Spawning biomass (occur at mid of November)	B_i	$B_i = \sum_{j=2}^{12} N_{ij} e^{-\frac{10.5}{12} Z_{ij}} w_{ij} p_j$
18)	Recruits (Beverton-Holt form) at age 1	$\tilde{R}_i$	$\tilde{R}_i = \frac{\alpha B_i}{\beta + B_i},$ $\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1} \text{ and } \beta = \frac{B_0(1-h)}{5h-1} \text{ where}$ $B_0 = R_0 \varphi$ $\varphi = \sum_{j=1}^{12} e^{-M(j-1)} w_j p_j + \frac{e^{-12M} w_{12} p_{12}}{1 - e^{-M}}$

Tabla 6. Especificación de la función objetivo.

	Likelihood /penalty component	Symbol/Constraints	Description / noted
19)	Abundance indices	$L_1 = 0.5 \sum_s \frac{1}{cv_s^2} \sum_i \log \left(\frac{I_i}{\hat{I}_i} \right)^2$	Surveys / CPUE indexes
20)	Prior on smoothness for selectivities	$L_2 = \sum_l \lambda_2^l \sum_{j=1}^{12} \left(\eta_{j+2}^l + \eta_j^l - 2\eta_{j+1}^l \right)^2$	Smoothness (second differencing), Note: $l=\{s, f\}$ for survey and fishery selectivity
21)	Prior on recruitment regularity	$L_3 = \lambda_3 \sum_{i=1958}^{2018} \varepsilon_i^2$ $\lambda_3 = \frac{0.5}{\sigma_R^2}$	Influences estimates where data are lacking (e.g., if no signal of recruitment strength is available, then the recruitment estimate will converge to median value).
22)	Catch biomass likelihood	$L_4 = 0.5 \sum_f \frac{1}{cv_f^2} \sum_{i=1970}^{2018} \log \left(\frac{Y_i^f}{\hat{Y}_i^f} \right)^2$	Fit to catch biomass in each year
23)	Proportion at age/length likelihood	$L_5 = - \sum_{v,i,j} n^v P_{i,j/l}^v \log(\hat{P}_{i,j/l}^v)$	$v=\{s, f\}$ for survey and fishery age composition observations n effective sample size
24)	Dome-shaped selectivity	$L_6 = \lambda_4 \sum_{j=6}^{12} (\ln S_{j-1} - \ln S_j)^2$ $S_{j-1} > S_j$	(relaxed in final phases of estimation)
25)	Fishing mortality regularity	F values constrained between 0 and 5	(relaxed in final phases of estimation)
26)	Recruitment curve fit	$L_7 = \lambda_5 \sum_{j=1970}^{2023} \log \left(\frac{N_{i,1}}{\hat{R}_i} \right)^2$ $\lambda_5 = \frac{0.5}{\sigma_R^2}$	Conditioning on stock-recruitment curve over period 1970-2023. (Model 1.07 used the period 2001-2015)
27)	Priors or assumptions	R_0 non-informative	$\sigma_R = 0.6$
28)	Overall objective function to be minimized	$\hat{L} = \sum_k L_k$	

Para actualizar la evaluación del stock se utilizaron los acuerdos técnicos realizados en el 2022 en el taller de “benchmark” de la OROP-PS (SPRFMO_SCW14. 2022), que corresponden a:

- a. Composición por edades de las pesquerías y los cruceros de investigación.
 - Nuevas composiciones de edad para las flotas chilenas (Centro Sur y Norte) en base al nuevo criterio de asignación de edad. También se utilizó nuevos pesos por edad en la información de captura.
 - Nuevas composiciones de edad para la flota “offshore”, en parte teniendo en cuenta las nuevas claves talla-edad (ALK) chilenas, con truncamiento de la serie temporal a 2015-2020.
 - Se incluyeron datos del “automuestreo” de la UE.
 - Las dos composiciones de edad de los estudios acústicos chilenos basadas en el nuevo criterio de asignación de edades.
 - Se rebajó fuertemente la ponderación de los datos de los cruceros de MPH de Chile por que aún no se ha aplicado el nuevo criterio de asignación de edades a estos datos.
- b. Datos de cruceros de investigación e índices basados en CPUE.
 - Se ha aplicado un efecto de aumento progresivo de la eficiencia del esfuerzo pesquero denominado “effort creep” a las series de CPUE estandarizadas. Para la flota de alta mar se aplicó un 2,5% de “effort creep” basado en Rousseau *et al.* (2019). Para las flotas chilenas y peruanas, se utilizó como valor inicial interino un 1,0 %. Sin embargo, esto dependerá de más revisiones antes de las próximas reuniones del SC.
 - Se evaluaron y revisaron los CV de los datos del índice, y se eligieron los valores con base en la opinión de expertos.
- c. Mortalidad natural
 - Se estableció un valor de 0,28 para todas las edades y todos los años para el modelo de stock único y para el stock sur del modelo de dos stocks. El valor fue derivado de la moda de los valores M estimados con múltiples métodos usando una caja de herramientas (“toolbox”) de mortalidad natural.
- d. Madurez
 - Vector de madurez por edad de SCW14-WD04, estimado usando datos de jurel en Chile entre septiembre de 2011 y enero de 2012 utilizando los nuevos criterios de asignación de edad para el modelo de un solo stock y para el stock sur del modelo de dos unidades de stocks.
- e. Pesos a la edad del stock.
 - Un vector de peso por edad derivado del peso por edad promedio en la captura de las flotas chilenas durante el cuarto trimestre entre 1995 y el año en curso, para el modelo de un solo stock, y para el stock sur en el modelo de dos unidades de stocks.
- f. Ponderación de las composiciones por edades
 - Justificación de por qué se ha llevado a cabo la reponderación iterativa
 - Los pesos de Francis (2011) del tamaño efectivo de la muestra para las composiciones de edad se han derivado para el modelo de un solo stock. Estos pesos se mantendrán constantes hasta que se realice un benchmark futuro. Lo mismo también se aplicarán ponderaciones en el modelo de dos stocks.

	Tamaño de muestra inicial	Ponderador de Francis		Tamaño de muestra final
Modelo	h1_1.10	h1_1.11	h1_1.12	h1_1.13
N_Chile	100	0.416	0.574	23.9
SC_Chile_PS	250	0.443	0.58	64.3
Offshore_Trawl	150	0.214	0.393	12.6
Chile_AcousCS	150	0.058	0.785	6.8
Chile_AcousN	150	0.129	0.642	12

g. Regímenes de productividad.

- Regímenes para el cálculo de puntos de referencia.
- Regímenes para el cálculo de la fase de bajos reclutamientos.
- Promedio de reclutamiento en un período corto (2001-2015 por el cambio de la asignación de edad que afectó el período de reclutamientos bajos).
- Valores bajos (0,65) y altos (0,8) de la pendiente (“steepness”) para estimar el estado del stock
- Solo el valor más bajo de inclinación (“steepness” =0,65) para la estimación de F_RMS.

h. Puntos de referencia

- Con una inclinación (h) establecida en 0,65, el taller propuso que el SC considere usar Blim (en unidades de biomasa desovantes de hembras) como punto de referencia definido como la biomasa por debajo de la cual es probable que se produzca el daño del reclutamiento. Blim se estima como el mínimo de la relación entre la biomasa reproductora (SSBt) y la biomasa no explotada biomasa reproductora ($SSB_{f=0, t}$, ajustada por la relación stock-recluta). La relación estimada durante el “benchmark” fue 8% y esta estimación parece robusta a los análisis de sensibilidad.
- El taller recomendó que el SC use BRMS (también expresada como biomasa reproductora) según lo estimado y condicionado a un crecimiento variable que ha cambiado ligeramente a lo largo del tiempo.
- F_RMS también está condicionado a los cambios a lo largo del tiempo (incluidas las estimaciones de selectividad).

El modelo final (h1_1.07) utilizado por el SC11 fue el mismo modelo usado en el SC10 actualizado con datos hasta el año 2023, y con dos modificaciones: 1) actualización de los pesos a la edad de los datos peruanos, y 2) disminución a la mitad de la ponderación del último año del índice de abundancia de la flota offshore.

3.3 Objetivo 3

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

Para realizar las proyecciones de biomasa y capturas se aplicaron los procedimientos acordados el 2022 en el taller “benchmark” de la OROP-PS:

- a. Utilizar una pendiente de la relación stock-recluta (h) igual a 0,65.
- b. El taller concluyó que, dadas las condiciones ambientales y la incertidumbre en los recientes picos de reclutamientos, el asesoramiento sobre las proyecciones de stock se debe basar en el actual régimen de baja productividad. Por lo tanto, el período sobre el que se calcula la baja productividad (para la estimación de la curva stock-recluta) se ha actualizado, debido al nuevo criterio de asignación de edad, y ahora es 2001-2015.

3.4 Objetivo 4

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

Se informa de las actividades de investigación conducentes a mejorar y robustecer la Asesoría Científica para fines de manejo de Jurel a nivel nacional, contenidas en el Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad, y consideradas homologadas desde el plan de trabajo de Jurel desarrollado por el CC de la OROP-PS:

- 1) Participación de IFOP en las tareas del plan de trabajo multianual del Comité Científico de la OROP-PS para el período 2023-2024+.
- 2) Cumplimiento de actividades de la hoja de ruta de IFOP para atender las actividades del plan de trabajo del Comité Científico (CC) de la OROP-PS durante el 2023.
- 3) Acciones de asesoría directa a la Administración, participación en las sesiones o talleres de trabajo del Comité Científico Técnico de jurel (CCT-jurel) nacional.

3.5 Objetivo 5

“Contribuir en la implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) en el contexto del Comité Científico de la OROP-PS y en la evaluación de escenarios de interés para los intereses nacionales”

Se informa de la participación en el grupo de trabajo de EEM de jurel de la OROP-PS, y en el segundo taller de EEM realizado por este grupo en la reunión de la Comisión.

Para interiorizar al CCT-jurel nacional sobre el conocimiento y avances en la construcción, ejecución y análisis de los resultados de la EEM de jurel realizados en la OROP-PS, se realizaron presentaciones de inducción de los conceptos de EEM y un taller de trabajo sobre avances de la implementación de la plataforma de EEM en la OROP-PS. Estas secciones especiales de las reuniones del CCT-jurel nacional fueron consensuadas con la contraparte técnica de SUBPESCA. Además, se creó un sitio en “Googlesites” para alojar los materiales de inducción a la EEM.

El término técnico de referencia indica que, “de forma independiente al trabajo colaborativo que se realice con el CC de la OROP-PS, se deberá construir, ejecutar y analizar escenarios alternativos de EEM que atiendan los intereses pesqueros de Chile, respecto a jurel en el Pacífico sur”. Esta actividad no fue posible realizarla durante el año 2023, debido a que la plataforma de EEM para el jurel que implementa la OROP-PS, a la fecha de este informe aún no está aún terminada, quedando por establecer los modelos operativos y procedimientos de manejo a evaluar.

4. RESULTADOS

4.1. Objetivo 1

“Estandarización de las series cronológicas de los índices de abundancia con herramientas modernas de análisis donde se consideren al menos efectos tales como: eficiencia de las flotas, cambio en la táctica de pesca, concentración u expansión en la cobertura espacial de la flota, entre otros factores identificados en el grupo de trabajo de jurel del Comité Científico de la OROP-PS.”

4.1.1 Actualización de Índice de abundancia para evaluación de stock 2023.

Índice basado en CPUE

El índice CPUE tuvo una tendencia decreciente de 1983 a 2011, una tendencia creciente hasta 2020 y una estabilización en los últimos tres años (**Tabla 7** y **Figura 10**). El nivel actual del índice es similar al del año 2001. El índice actualizado fue consistente con los índices utilizados en las cinco evaluaciones de acciones anteriores (**Figura 11**). La estimación de 2022 fue corregida con el índice de actualización, esto se debe a que las estimaciones anteriores utilizaban datos preliminares.

Tabla 7. Índice de abundancia, desviación estándar y tamaño de muestra.

Year	CPUEstd	Std	Sample Size
1983	0.832511	1.014857	6332
1984	0.773283	1.01526	6040
1985	0.683086	1.014817	7445
1986	0.580729	1.014354	8672
1987	0.689339	1.014442	8821
1988	0.611525	1.014546	8880
1989	0.601458	1.01457	9387
1990	0.52042	1.013787	10277
1991	0.57973	1.014097	9816
1992	0.536299	1.014625	7686
1993	0.485524	1.014809	7230
1994	0.527091	1.014637	8196
1995	0.475598	1.013977	9020
1996	0.474371	1.015921	6359
1997	0.392896	1.015666	7344
1998	0.337049	1.018988	3760
1999	0.34703	1.021805	2443
2000	0.33904	1.021924	2469
2001	0.407859	1.022052	2447
2002	0.35682	1.024005	1896
2003	0.317826	1.024012	2019
2004	0.346714	1.024347	1858
2005	0.318601	1.025846	1563
2006	0.349004	1.027096	1383
2007	0.263998	1.027365	1454
2008	0.175226	1.03588	811

2009	0.146733	1.032991	927
2010	0.114064	1.050089	357
2011	0.063785	1.044976	431
2012	0.196293	1.042445	487
2013	0.173813	1.043654	458
2014	0.138893	1.041671	508
2015	0.115264	1.063079	213
2016	0.209102	1.039171	574
2017	0.251121	1.039096	589
2018	0.163771	1.028519	1255
2019	0.282632	1.033175	864
2020	0.372555	1.035993	710
2021	0.396738	1.034647	760
2022	0.408789	1.031336	994
2023	0.41851	1.031636	972

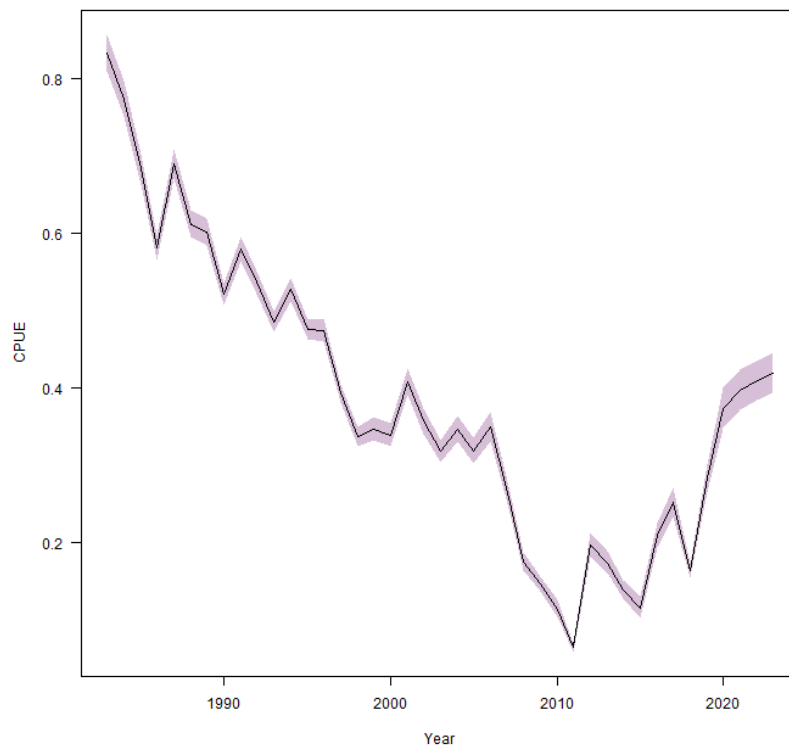


Figura 10. Índice de abundancia basado en el modelo CPUE con bandas de IC95%.

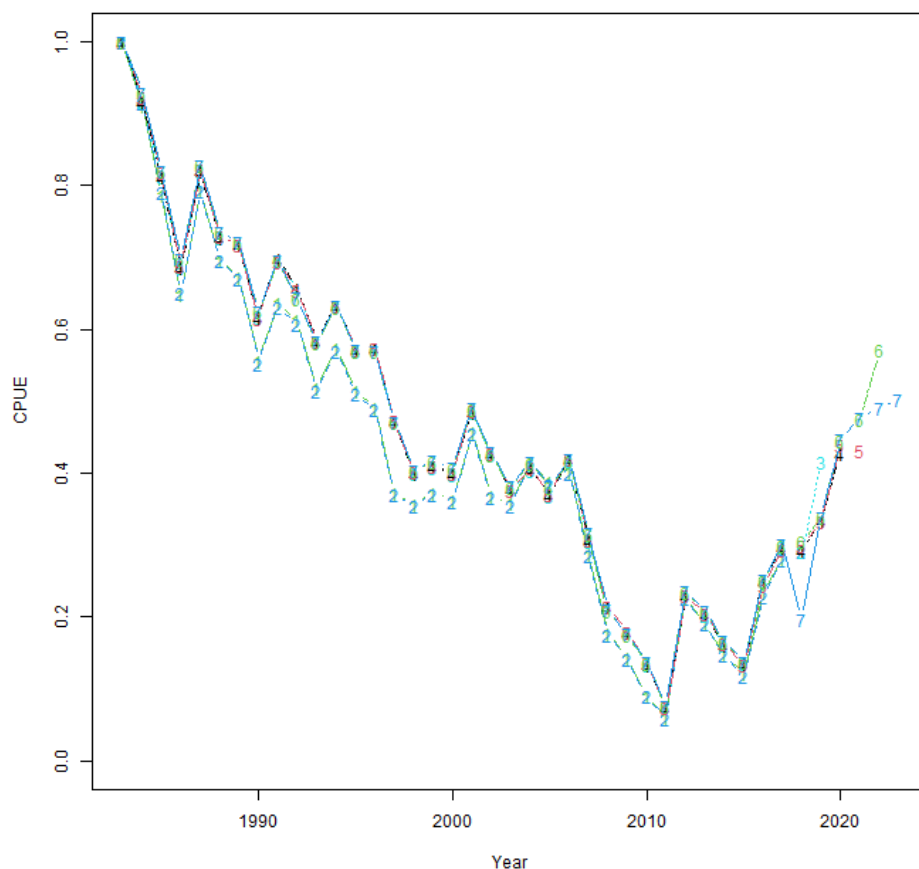


Figura 11. Índice de abundancia (relativo a 1983) basado en el modelo CPUE actualizado hasta junio de 2023 y el mismo índice utilizado en las 5 evaluaciones de stock anteriores.

Índice de abundancia basado en Captura

El índice basado en el modelo de captura fue similar al basado en el modelo de CPUE (**Figura 12**).

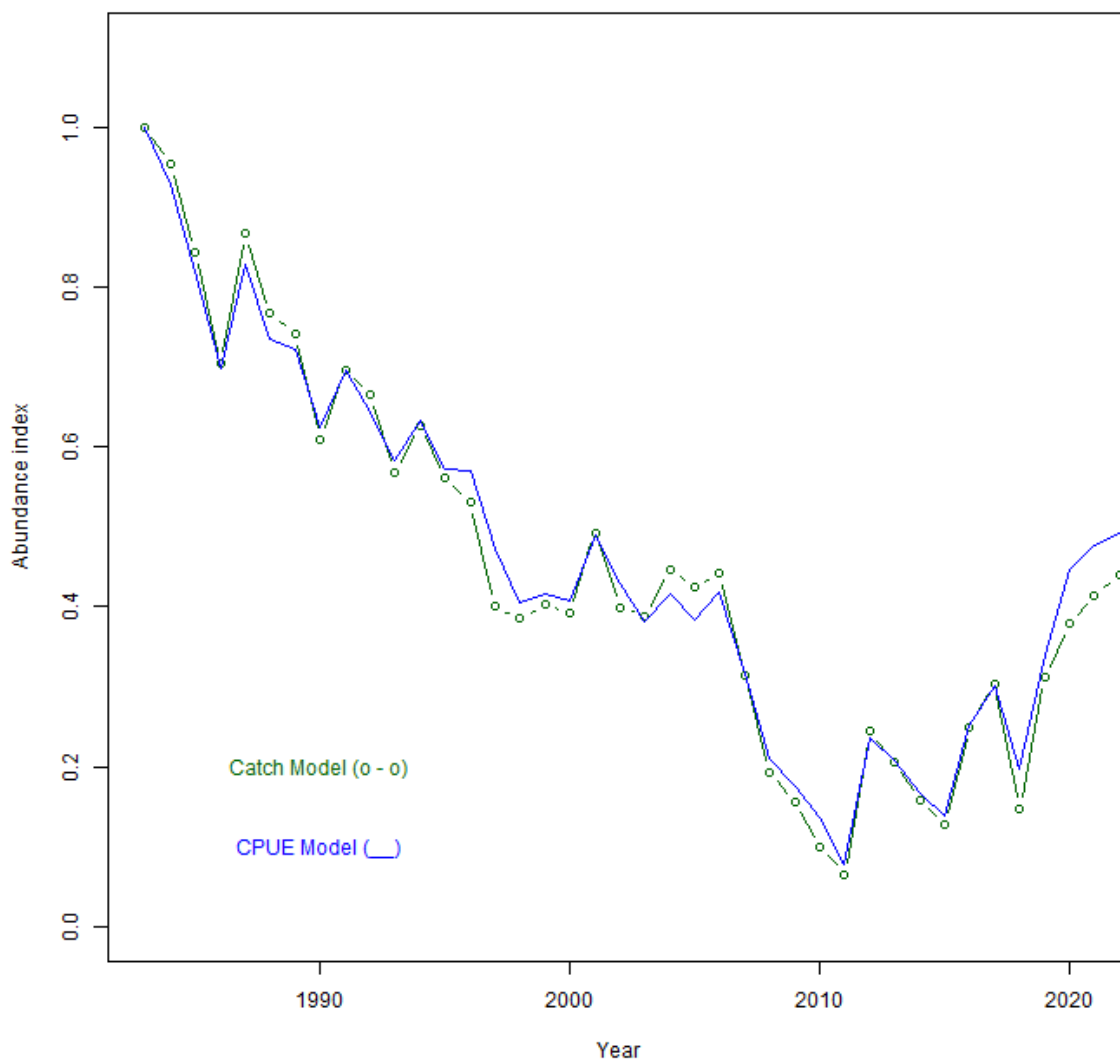


Figura 12. Índices de abundancia (relativos a 1983) estimados utilizando el modelo CPUE y el modelo de captura.

Índice CPUE y estudios hidroacústicos en el centro-sur de Chile

Ha habido cambios importantes en los diseños de muestreo de los estudios acústicos para seguir los cambios en la distribución de los peces (**Figura 13**). Durante los dos últimos cruces de investigación, los peces se encontraron concentrados muy cerca de la costa.

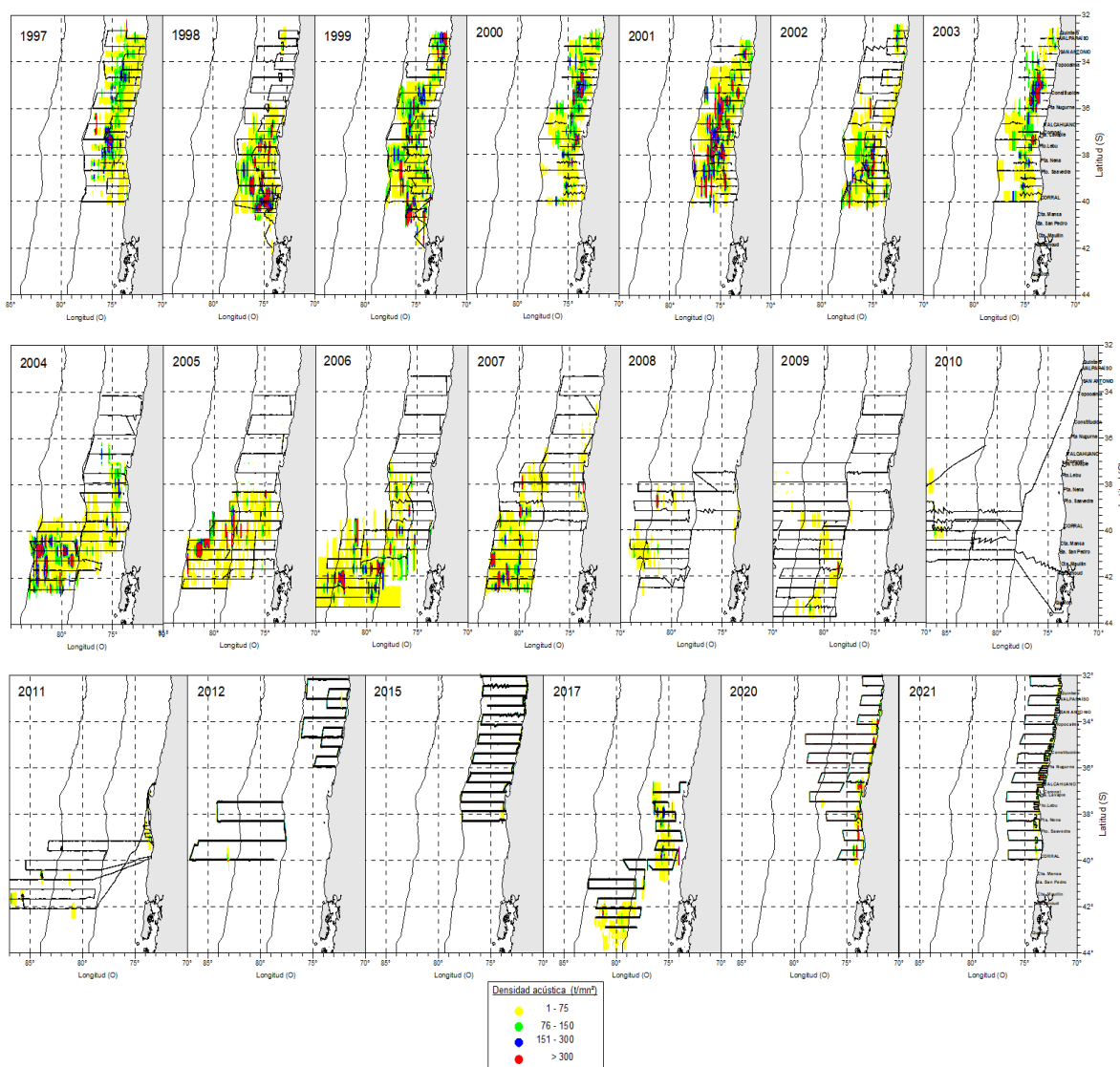


Figura 13. Distribución espacial de la densidad acústica del jurel (t/mn^2) por latitud sur (Latitud (S)) y longitud oeste (Longitud (O)) y diseño de muestreo de los cruceros de evaluación (líneas de seguimiento) en la zona centro-sur de Chile (tomado de Catasti y Córdoba 2022).

La biomasa acústica mostró una disminución en los dos años, lo cual es contrario a la tendencia del índice CPUE (**Figura 14**). Teniendo en cuenta todas las series temporales (tanto las utilizadas como las no utilizadas en el modelo *ijm*), estos índices no estaban correlacionados linealmente. Un modelo preliminar sugiere que el índice CPUE es independiente de la biomasa hasta un umbral de biomasa, y cuando la biomasa es inferior a este umbral, el índice CPUE es proporcional a la biomasa (**Figura 15**).

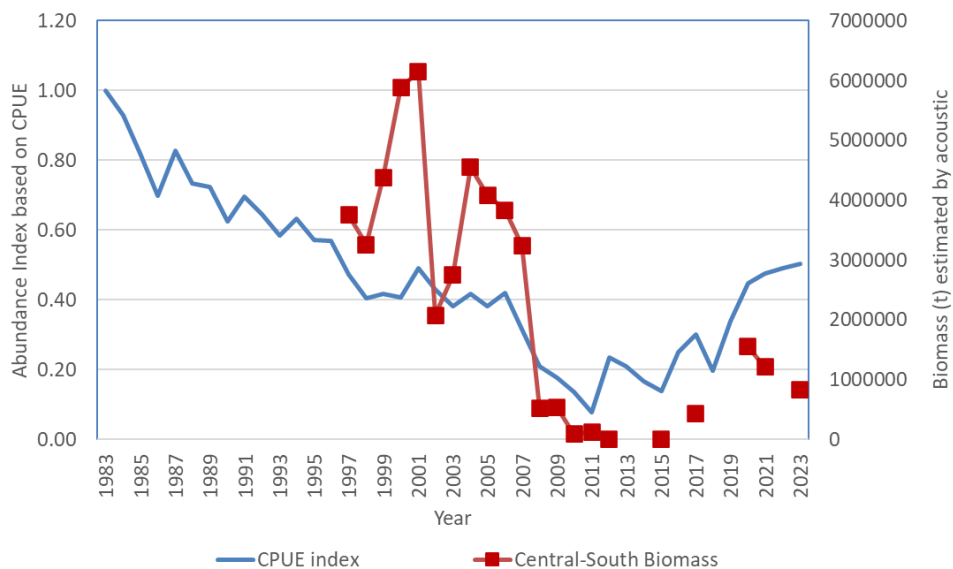


Figura 14. Índice de abundancia basado en CPUE y biomasa acústica estimada en la zona centro-sur.

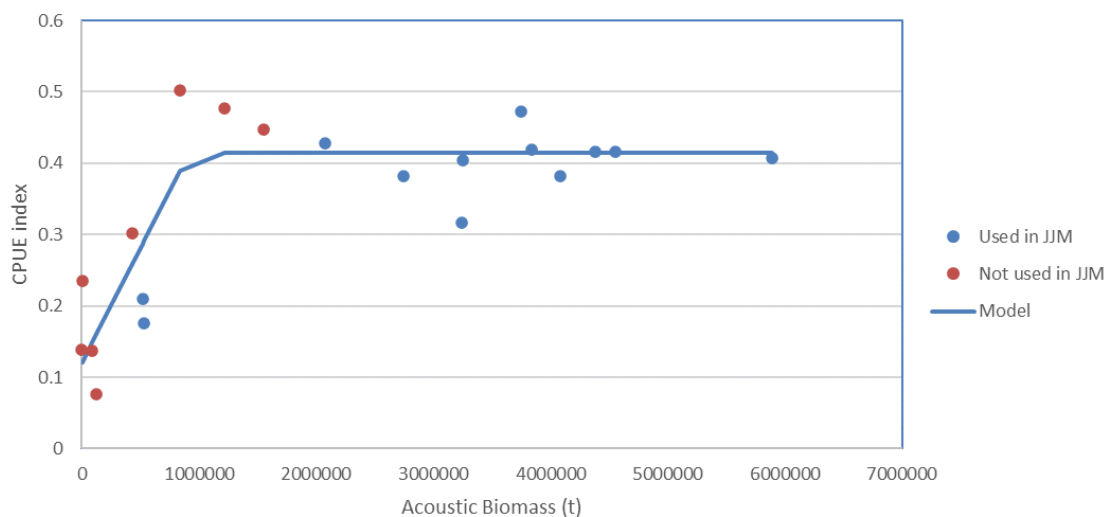


Figura 15. Modelo de rampa para índice de abundancia basado en CPUE y biomasa acústica estimada en la zona centro-sur.

La densidad acústica en los últimos tres años fue muy alta, con el máximo histórico en el año 2023 (**Figura 16**). El índice CPUE tiende a aumentar con la densidad acústica hasta alcanzar un nivel asintótico, que corresponde a los datos de los últimos tres años (**Figura 17**).

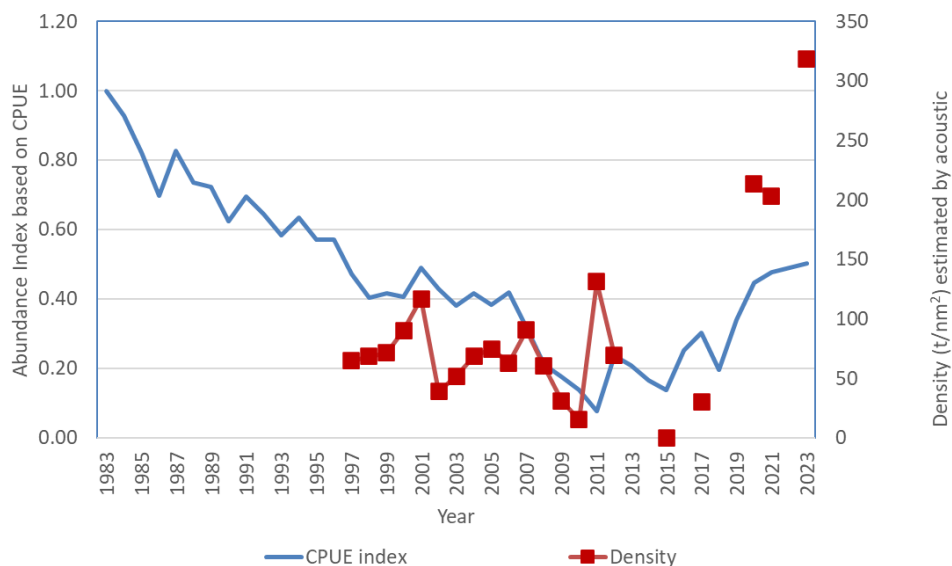


Figura 16. Índice de abundancia basado en CPUE y densidad estimada mediante cruceros acústicos en la zona centro-sur.

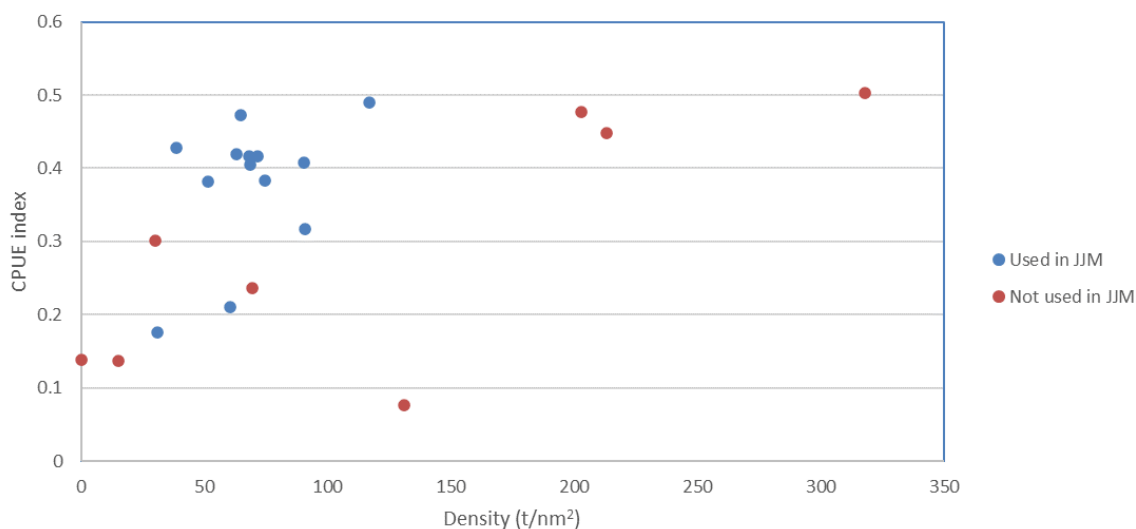


Figura 17. Índice de abundancia basado en CPUE y densidad estimada mediante cruceros acústicos en la zona centro-sur.

El área cubierta por peces en los últimos dos años fue muy pequeña en comparación con el área cubierta en los años 1997-2006, y tuvo una tendencia decreciente en los últimos 3 años (**Figura 18**). El índice CPUE parece ser proporcional al área cubierta por los peces, excepto en los dos últimos años (**Figura 19**).

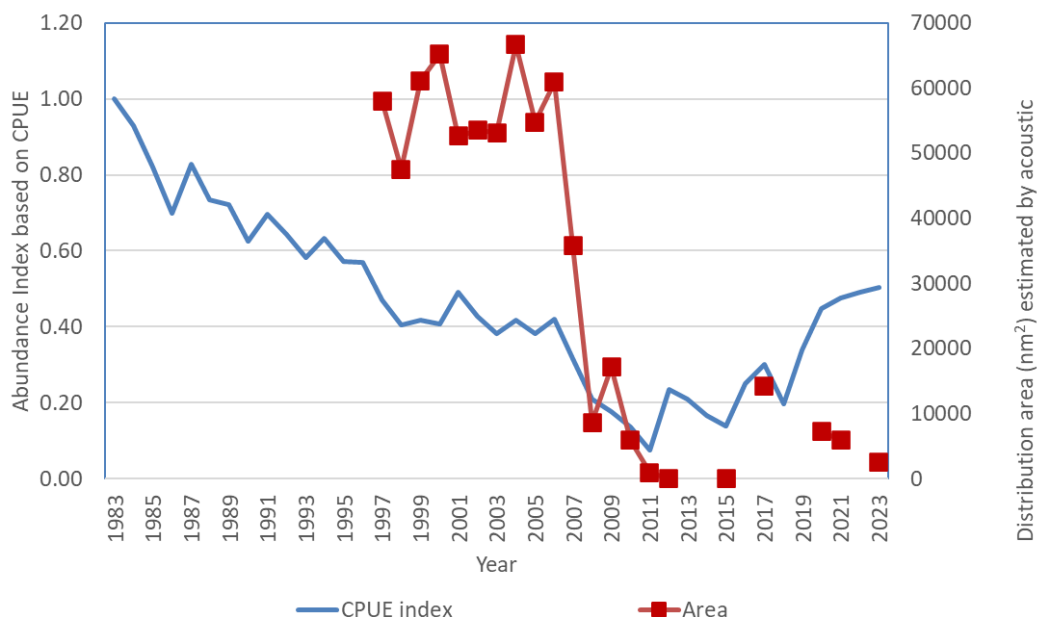


Figura 18. Índice de abundancia basado en CPUE y área de distribución estimada mediante sondeos acústicos en la zona centro-sur.

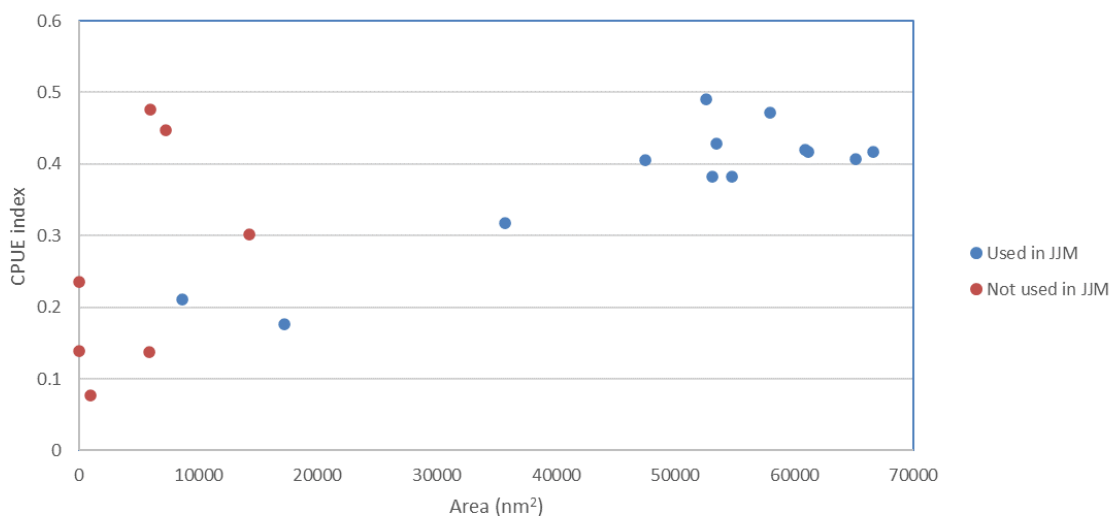


Figura 19. Índice de abundancia basado en CPUE y área de distribución estimada mediante sondeos acústicos en la zona centro-sur.

Existe una relación entre el índice CPUE y el área, excluyendo los últimos tres años, por lo que se propone corregir el índice CPUE (**Figura 20**). Aunque no se realizó ningún estudio acústico en 2022, las distribuciones de captura comercial mostraron que los peces se concentraron cerca de la costa durante 2022 (**Figura 21**) y, por lo tanto, se supuso el área 2021 para el área 2022. Esta corrección redujo la tasa de recuperación en los últimos tres años (**Figura 22** y **Tabla 8**).

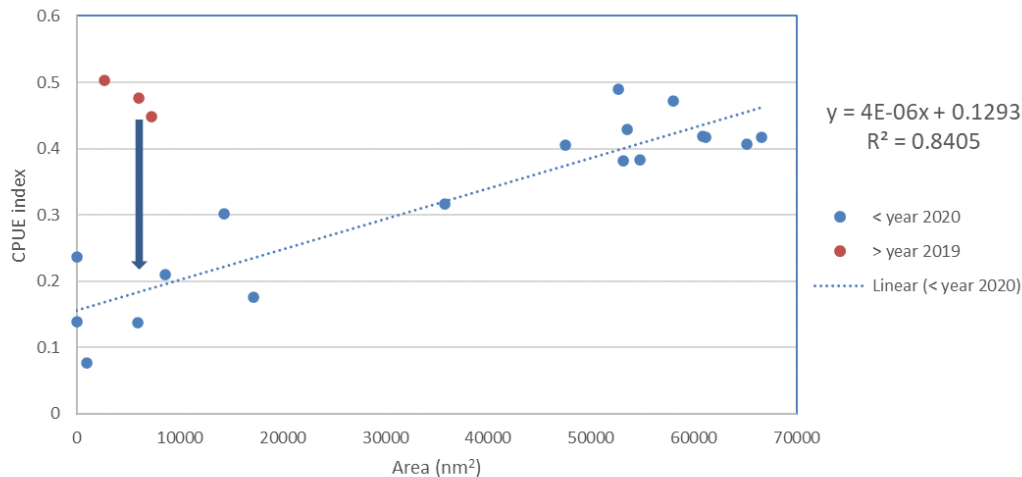


Figura 20. Relación lineal entre el índice de CPUE y el área de distribución estimada mediante cruceros hidroacústicos excluyendo los tres últimos años y corrección propuesta para el índice de CPUE de los últimos tres años.

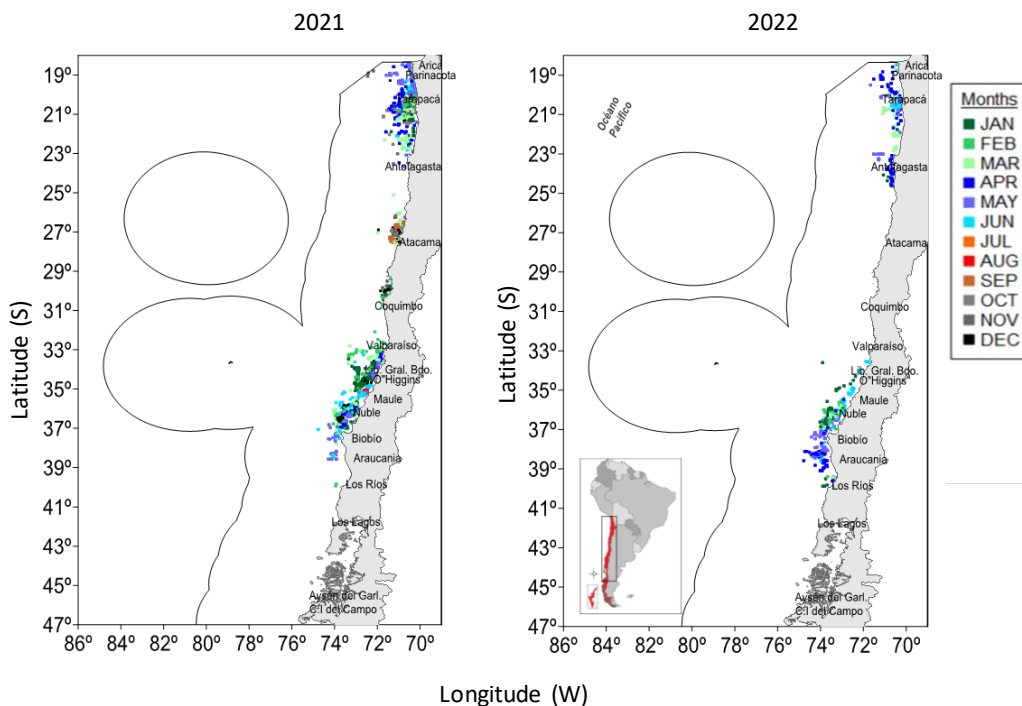


Figura 21. Distribuciones de captura comercial de jurel por mes durante 2021 (izquierda) y 2022 hasta junio (derecha). Los límites de la ZEE de 200 nm se muestran mediante líneas (figura proporcionada por Karen Walker, IFOP).

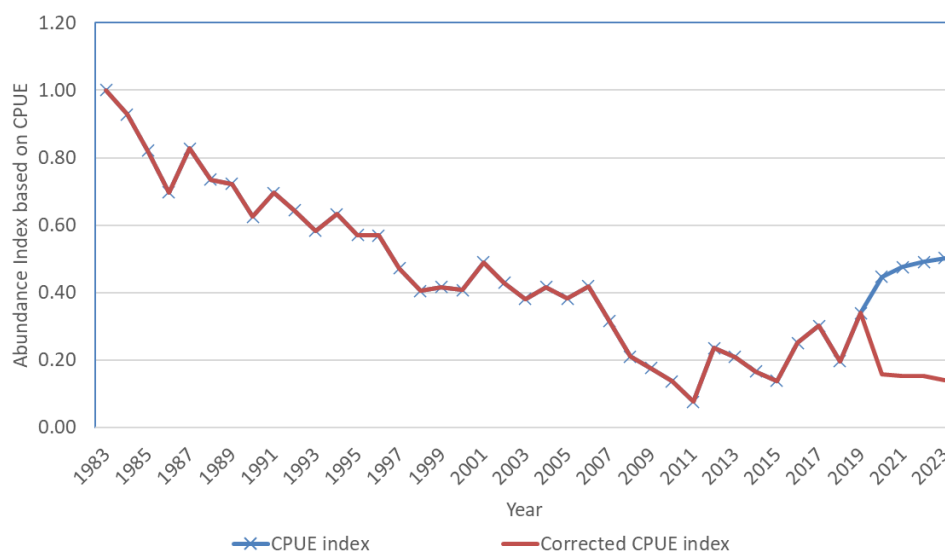


Figura 22. Índice de CPUE e índice de CPUE corregido.

Tabla 8. Índice de CPUE (en relación con 1983) e índice de CPUE corregido.

Year	CPUE index	Corrected CPUE index
1983	1.00	1.00
1984	0.93	0.93
1985	0.82	0.82
1986	0.70	0.70
1987	0.83	0.83
1988	0.73	0.73
1989	0.72	0.72
1990	0.63	0.63
1991	0.70	0.70
1992	0.64	0.64
1993	0.58	0.58
1994	0.63	0.63
1995	0.57	0.57
1996	0.57	0.57
1997	0.47	0.47
1998	0.40	0.40
1999	0.42	0.42
2000	0.41	0.41
2001	0.49	0.49
2002	0.43	0.43
2003	0.38	0.38
2004	0.42	0.42

2005	0.38	0.38
2006	0.42	0.42
2007	0.32	0.32
2008	0.21	0.21
2009	0.18	0.18
2010	0.14	0.14
2011	0.08	0.08
2012	0.24	0.24
2013	0.21	0.21
2014	0.17	0.17
2015	0.14	0.14
2016	0.25	0.25
2017	0.30	0.30
2018	0.20	0.20
2019	0.34	0.34
2020	0.45	0.16
2021	0.48	0.15
2022	0.49	0.15
2023	0.50	0.14

4.1.2 Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.

El parámetro de potencia de la función de varianza (p) se estimó en 1,4163, similar al 1,484 estimado por Caballero et al. (2020), que indica que la distribución subyacente de las tasas de captura por lance tiende a mantener una distribución compuesta de Poisson-Gamma. El modelo ajustado permite explicar el 10,2% de la Desviación total (**Tabla 9**), similar al 10,1% estimado por Caballero et al. (2020). La estimación de los parámetros del modelo, su error estándar, valor t y significancia individual se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 9. Análisis de desviación del modelo compuesto ajustado de Poisson-Gamma

	Df	Dev. Resid.	Df Resid.	Dev	% of dev.	cumulative % of Dev.	Pr(>Chi)	
NULL			31249	599285				
hc	1	501	31248	598784	0.1%	0.1%	6.31E-08	***
Zone	6	2082	31242	596702	0.3%	0.4%	< 2.2e-16	***
Year	28	32527	31214	564176	5.5%	5.9%	< 2.2e-16	***
Month	11	12817	31203	551358	2.3%	8.0%	< 2.2e-16	***
dop	1	13054	31202	538304	2.4%	10.2%	< 2.2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 10. Parámetros del modelo, su error estándar, valor t y significancia individual.

Coefficients	Estimate	Sd. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	4.63E+00	1.22E-01	37.933	< 2e-16	***
hc	1.80E-04	1.92E-05	9.364	< 2e-16	***
Zone5	2.42E-01	6.40E-02	3.772	0.000162	***
Zone6	9.98E-02	5.92E-02	1.687	0.091618	.
Zone7	-1.97E-02	5.87E-02	-0.337	0.736454	
Zone8	3.85E-02	5.87E-02	0.657	0.511224	
Zone9	1.90E-01	6.03E-02	3.158	0.001592	**
Zone10	2.79E-01	6.93E-02	4.02	5.84E-05	***
year1995	6.69E-03	1.21E-01	0.055	0.955843	
year1996	2.31E-01	1.15E-01	2.005	0.045001	*
year1997	-7.96E-02	1.15E-01	-0.694	0.487891	
year1998	1.61E-01	1.10E-01	1.469	0.141823	
year1999	2.29E-01	1.10E-01	2.092	0.036478	*
year2000	3.36E-01	1.09E-01	3.083	0.002051	**
year2001	4.72E-01	1.06E-01	4.438	9.13E-06	***
year2002	5.11E-01	1.06E-01	4.803	1.57E-06	***
year2003	4.54E-01	1.07E-01	4.241	2.23E-05	***
year2004	7.21E-01	1.06E-01	6.808	1.01E-11	***
year2005	6.57E-01	1.06E-01	6.189	6.11E-10	***
year2006	4.35E-01	1.14E-01	3.817	0.000135	***
year2007	5.30E-01	1.10E-01	4.823	1.42E-06	***
year2008	6.85E-01	1.08E-01	6.335	2.40E-10	***
year2009	5.10E-01	1.09E-01	4.698	2.64E-06	***
year2010	5.70E-01	1.12E-01	5.086	3.68E-07	***
year2011	5.39E-02	1.14E-01	0.473	0.636459	

year2012	1.83E-01	1.09E-01	1.684	0.092224	.					
year2013	2.55E-01	1.11E-01	2.309	0.020931	*					
year2014	1.89E-01	1.16E-01	1.634	0.102268						
year2015	8.49E-02	1.11E-01	0.762	0.446074						
year2016	3.20E-01	1.13E-01	2.834	0.004594	**					
year2017	2.87E-01	1.14E-01	2.512	0.01202	*					
year2018	1.73E-01	1.14E-01	1.52	0.128433						
year2019	5.28E-01	1.09E-01	4.84	1.30E-06	***					
year2020	6.13E-01	1.09E-01	5.648	1.64E-08	***					
year2021	6.80E-01	1.10E-01	6.175	6.71E-10	***					
year2022	6.21E-01	1.10E-01	5.628	1.84E-08	***					
Month2	-1.04E-01	2.52E-02	-4.12	3.79E-05	***					
Month3	-2.07E-02	2.50E-02	-0.828	0.407668						
Month4	5.65E-02	2.41E-02	2.345	0.019054	*					
Month5	1.21E-01	2.44E-02	4.976	6.54E-07	***					
Month6	2.15E-01	2.54E-02	8.463	< 2e-16	***					
Month7	2.42E-01	2.57E-02	9.406	< 2e-16	***					
Month8	1.32E-01	2.65E-02	4.962	7.01E-07	***					
Month9	-3.40E-01	3.70E-02	-9.18	< 2e-16	***					
Month10	-3.82E-01	4.00E-02	-9.543	< 2e-16	***					
Month11	-2.91E-01	4.20E-02	-6.918	4.65E-12	***					
Month12	-1.70E-01	2.84E-02	-6	2.00E-09	***					
dop	-8.91E-02	3.28E-03	-27.153	< 2e-16	***					

Signif. cod	es: 0	****	' 0.001	***	' 0.01	'	*' 0.05	'	.' 0.1	' ' 1

El índice de abundancia actualizado fue significativamente diferente a los datos nominales (**Figura 23**) y fue igual al índice estimado por Caballero et al., 2020 (**Figura 24**).

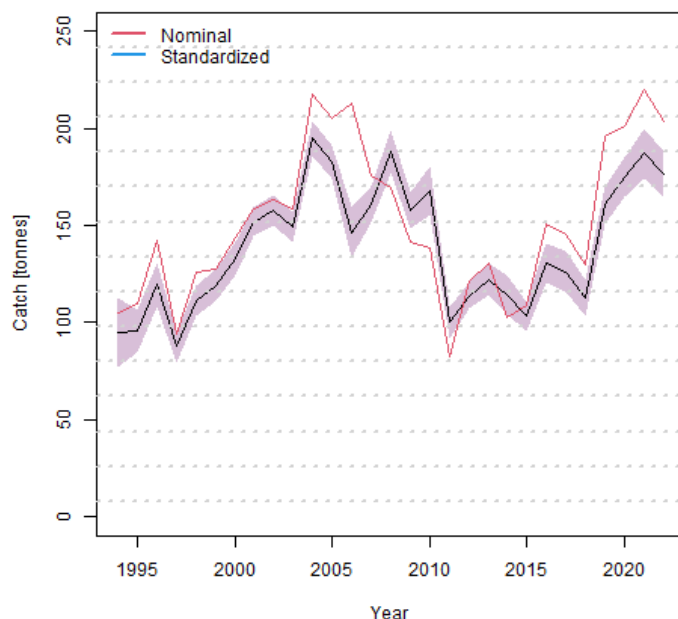


Figura 23. Captura nominal de jurel chileno (línea roja) e índice de abundancia estandarizado estimado para la serie 1994 a 2022, con intervalo de confianza del 95% obtenido del modelo compuesto Poisson-Gamma (área rosa).

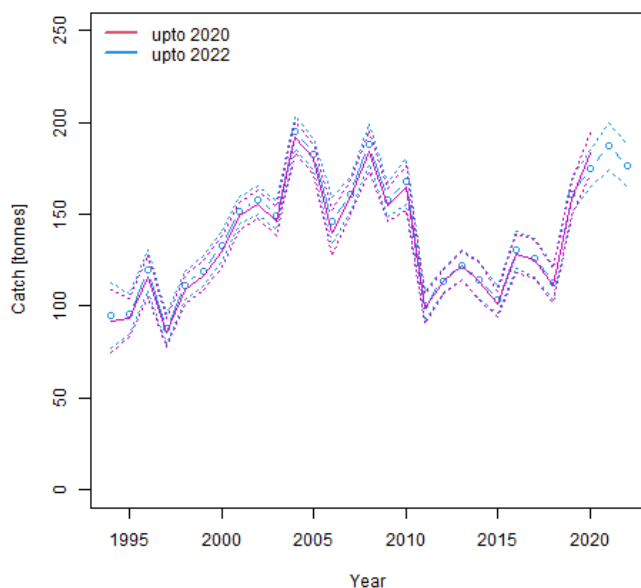


Figura 24. Índice de abundancia basado en captura por lance (color magenta) estimado por Caballero et al. (2020) y actualización en este documento de trabajo (color azul). Se muestran las estimaciones y los intervalos de confianza del 95%.

4.1.3 Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.

Modelo espaciotemporal

El resumen de los resultados del modelo espaciotemporal se muestra en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Resumen de los resultados del modelo espaciotemporal.

Spatiotemporal model fit by ML ['sdmTMB']		
Formula: density ~ s(hc, k = 5)		
Mesh: mesh (isotropic covariance)		
Time column: year		
Data: cjm		
Family: tweedie(link = 'log')		
	coef.est	coef.se
(Intercept)	-2.02	0.05
shc	0.49	0.18
Smooth terms:		
Std. Dev.		
sds(hc)	0.13	
Dispersion parameter: 0.25		
Tweedie p: 1.41		
Spatiotemporal AR1 correlation (rho): 0.34		
Matern range: 337.24		
Spatiotemporal SD: 0.50		
ML criterion at convergence: -13110.263		

El centro de gravedad tuvo una tendencia a desplazarse hacia las zonas costeras en los años más recientes (**Figura 25**). El índice de abundancia tuvo una tendencia creciente en 1994-2006, una tendencia decreciente en 2007-2011, una tendencia creciente en 2002-2019 y una disminuci3n en 2020-2022 (**Figura 26**).

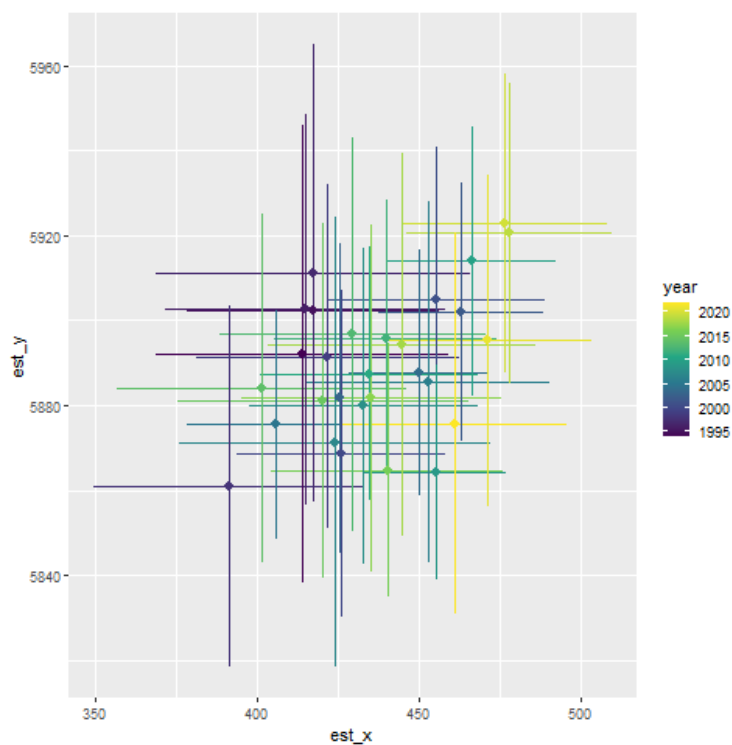


Figura 25. Centros de gravedad por año estimados mediante modelo espaciotemporal, las líneas representan los intervalos del 95%.

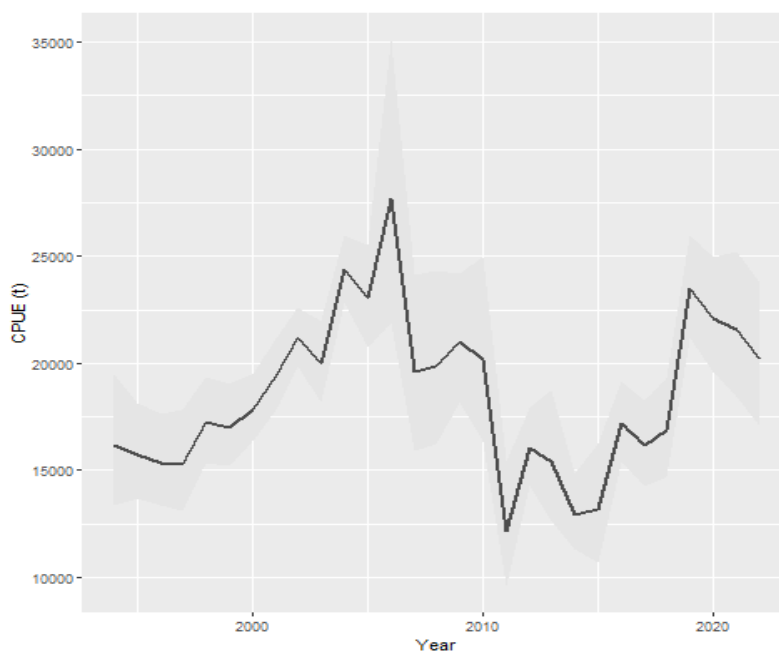


Figura 26. Índice de abundancia estimado mediante modelo espaciotemporal. La banda gris representa los intervalos del 95%.

GLM espacio-temporal

El resumen de los resultados del modelo se presenta en la **Tabla 12** y el índice de abundancia en la **Tabla 13**.

Tabla 12. Parámetros estimados por el modelo GLM espaciotemporal.

	coef.est	coef.se
as.factor(year) 1994	-2.10	0.22
as.factor(year) 1995	-2.01	0.16
as.factor(year) 1996	-1.89	0.15
as.factor(year) 1997	-2.02	0.17
as.factor(year) 1998	-1.93	0.15
as.factor(year) 1999	-1.97	0.16
as.factor(year) 2000	-1.77	0.13
as.factor(year) 2001	-1.62	0.15
as.factor(year) 2002	-1.76	0.12
as.factor(year) 2003	-1.69	0.11
as.factor(year) 2004	-1.56	0.10
as.factor(year) 2005	-1.45	0.10
as.factor(year) 2006	-1.38	0.17
as.factor(year) 2007	-1.78	0.14
as.factor(year) 2008	-1.88	0.08
as.factor(year) 2009	-1.93	0.08
as.factor(year) 2010	-2.02	0.09
as.factor(year) 2011	-2.62	0.10
as.factor(year) 2012	-2.10	0.13
as.factor(year) 2013	-2.09	0.15
as.factor(year) 2014	-2.33	0.15
as.factor(year) 2015	-2.31	0.11
as.factor(year) 2016	-1.99	0.12
as.factor(year) 2017	-2.07	0.15
as.factor(year) 2018	-2.12	0.15
as.factor(year) 2019	-1.51	0.15
as.factor(year) 2020	-1.66	0.15
as.factor(year) 2021	-1.66	0.16
as.factor(year) 2022	-1.52	0.20
as.factor(month) 2	-0.11	0.03
as.factor(month) 3	-0.02	0.03
as.factor(month) 4	0.05	0.03
as.factor(month) 5	0.07	0.03
as.factor(month) 6	0.09	0.03
as.factor(month) 7	-0.09	0.03
as.factor(month) 8	-0.20	0.03
as.factor(month) 9	-0.43	0.04
as.factor(month) 10	-0.54	0.04
as.factor(month) 11	-0.52	0.04
as.factor(month) 12	-0.24	0.03
shc	0.56	0.19

Smooth terms:
Std. Dev.

sds (hc) 0.16

Dispersion parameter: 0.24

Tweedie p: 1.41

Matern range: 1.90

Spatial SD: 0.15

Spatiotemporal SD: 0.41

ML criterion at convergence: -13409.269

Tabla 13. Índice de abundancia estimado mediante el modelo GLM espacio-temporal.

year	est	lwr	upr	cv
1994	14691	9507	22703	0.22
1995	16061	11851	21769	0.16
1996	18052	13576	24003	0.15
1997	15950	11399	22317	0.17
1998	17346	13057	23043	0.15
1999	16714	12247	22810	0.16
2000	20419	15991	26075	0.13
2001	23604	17815	31273	0.14
2002	20664	16359	26101	0.12
2003	22184	18023	27305	0.11
2004	25278	20802	30718	0.10
2005	28124	23233	34044	0.10
2006	30017	21632	41651	0.17
2007	20162	15461	26292	0.14
2008	18371	15761	21414	0.08
2009	17369	15020	20086	0.07
2010	15909	13360	18943	0.09
2011	8736	7143	10685	0.10
2012	14750	11533	18865	0.13
2013	14839	11199	19663	0.14
2014	11672	8801	15481	0.14
2015	11938	9667	14743	0.11
2016	16390	12920	20791	0.12
2017	15071	11208	20266	0.15
2018	14354	10670	19310	0.15
2019	26411	19715	35383	0.15
2020	22707	16855	30589	0.15
2021	22845	16814	31038	0.16
2022	26165	17858	38338	0.20

Los residuales tuvieron una buena distribución espaciotemporal sin tendencia espacial ni temporal (Figura 27).

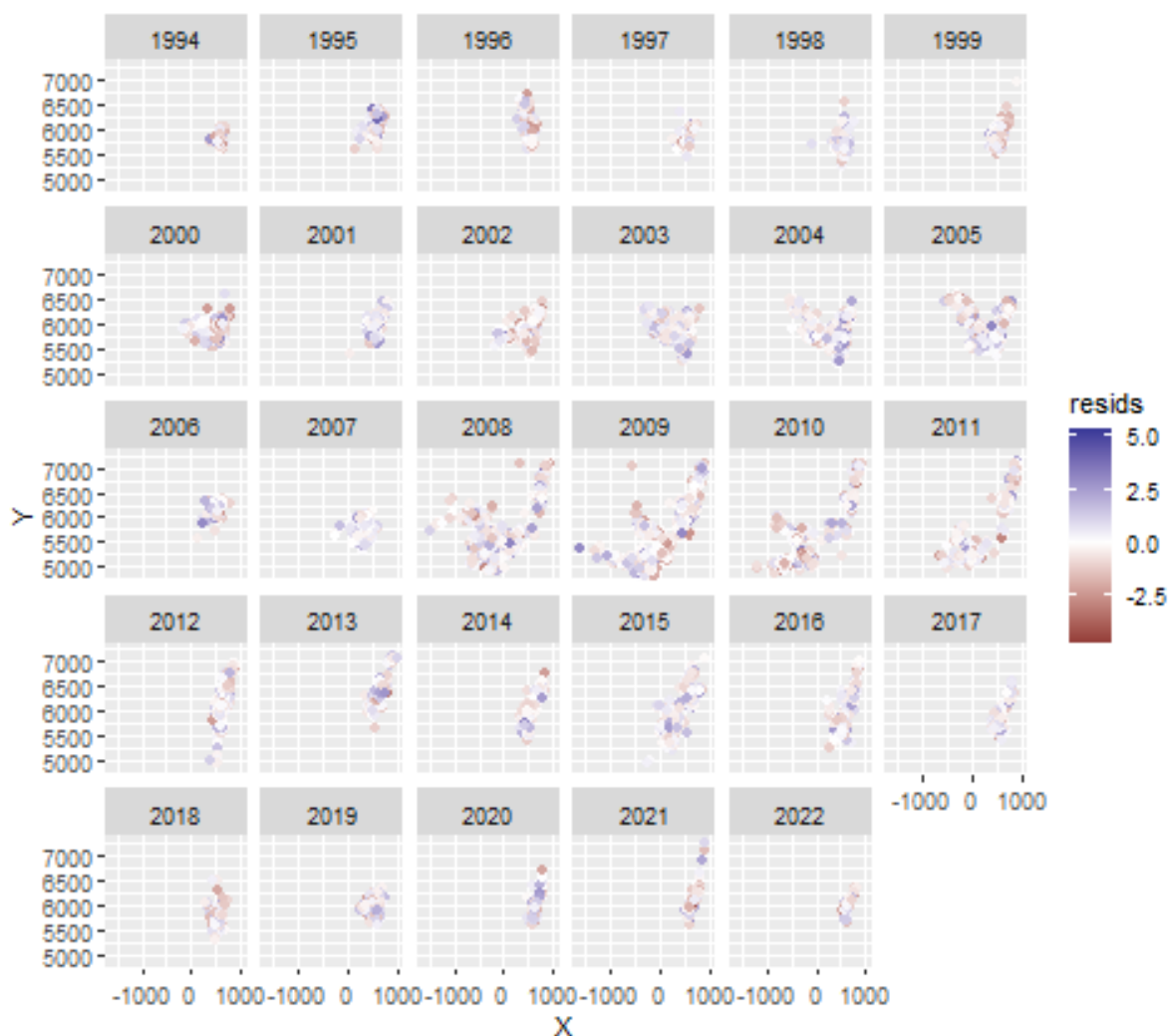


Figura 27. Residuales del modelo GLM espaciotemporal por año (X = Este, Y = Norte).

El índice de abundancia estimado por GLM espaciotemporal tuvo una tendencia creciente en 1994-2006, una tendencia decreciente en 2007-2011 y una tendencia creciente en 2002-2022 (**Figura 28**).

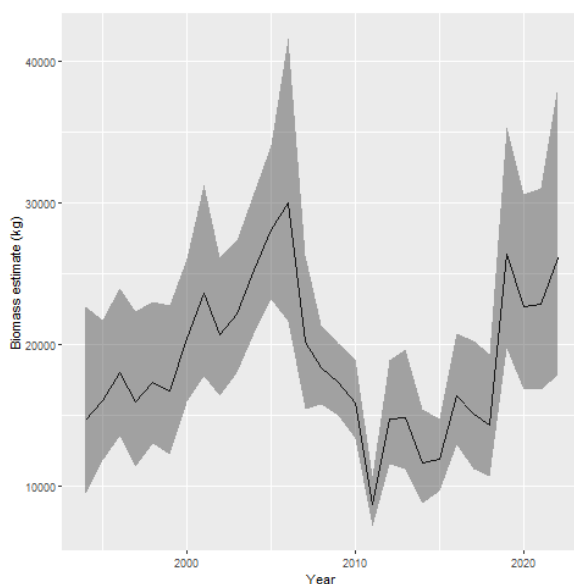


Figure 28. Índice de abundancia estimado mediante el modelo GLM espaciotemporal. La banda gris representa los intervalos del 95%.

El índice de abundancia en el área sur tuvo la misma tendencia que el índice de abundancia para toda el área, pero a un nivel más bajo que en la mayoría de los años superpuso los intervalos de confianza del índice de abundancia para toda el área (**Figura 29**).



Figura 29. Índice de abundancia para el área todo y sur

El índice de abundancia en el área occidental tuvo una tendencia similar al índice de abundancia para toda el área, pero a un nivel mucho menor (**Figura 30**).

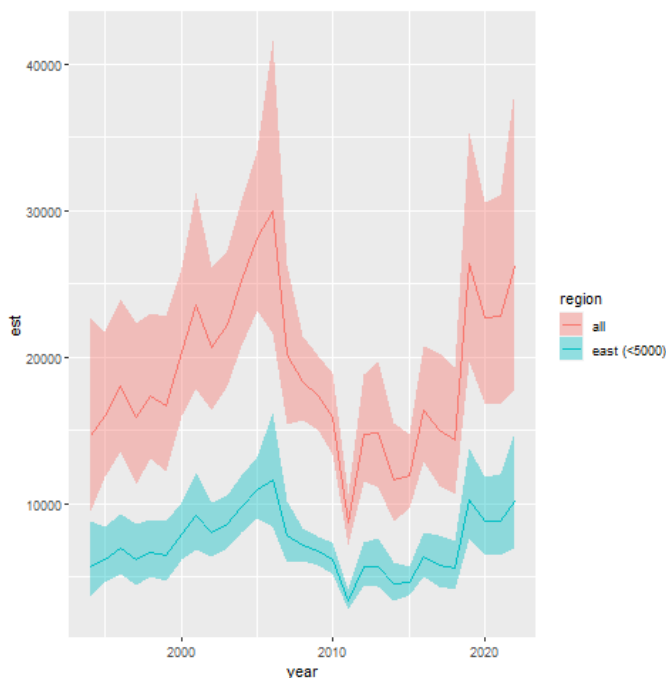


Figura 30. Índice de abundancia para todo el área y el oeste (este <500).

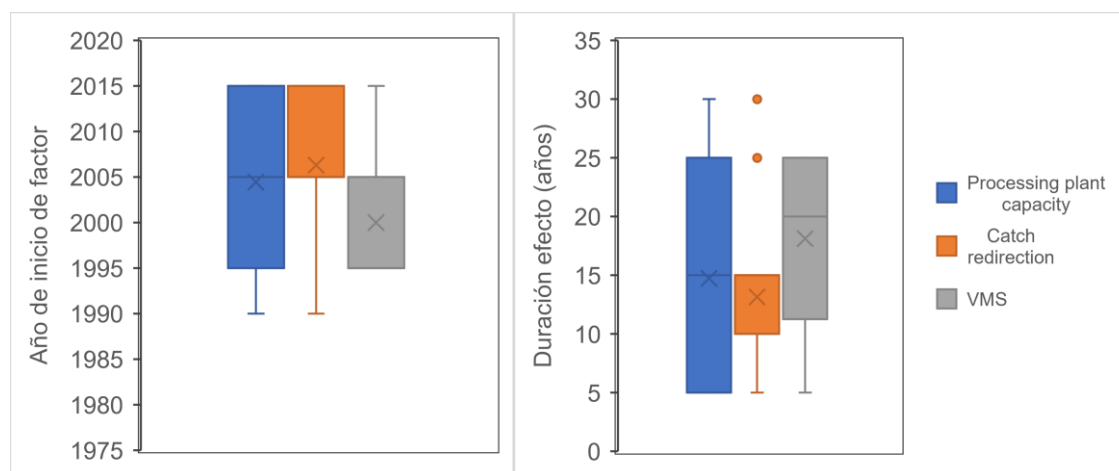
4.1.4 Factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota.

La revisión de la historia de la pesquería, su reglamentación y reuniones con expertos y administradores de la industria, sirvieron para mapear los principales cambios en términos de mejoras tecnológicas, así como limitaciones normativas y productivas para la pesquería de Jurel del centro-sur. Los resultados de la encuesta entregaron un mapeo de las percepciones de los usuarios de la flota de jurel centro-sur, especialmente en torno a los cambios tecnológicos en el tiempo y su impacto sobre la pesca, destacándose un alto nivel de respuestas y participación (**Tabla 14**). Los usuarios confirman la ocurrencia y logran identificar los periodos críticos donde actúan los factores de eficiencia informados previamente (**Figura 31**). Los factores más relevantes para los usuarios corresponden a la renovación de equipos de detección y de captura (**Figura 32**). Un resumen de los factores de mejora tecnológica en la flota centro-sur de jurel pueden ser apreciados en la **Tabla 15**.

Tabla 14. Descriptores de la flota de jurel zona centro-sur, obtenidos a través de la encuesta a usuarios flota de jurel zona centro-sur.

Rol	Numero de respuestas	Experiencia (años)	Eslora (m)	Capacidad de bodega (TM)	Número de barcos empresa
Capitán	18	13,5	64,9	1419	2
Armador	5	25,5	59,6	1410	4
Empresario	1	30	65	1700	6

a



b

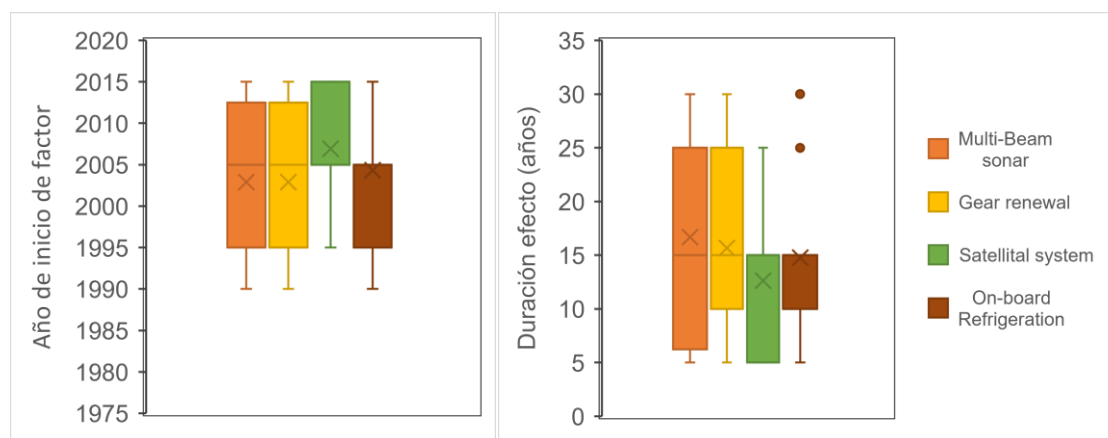


Figura 31. Gráficos de cuantiles (*boxplot*) con el año de inicio y la duración del efecto de factores de eficiencia de la flota de jurel centro-sur en Chile. Factores limitantes (a) y potenciadores (b) de la eficiencia pesquera, fueron obtenidos a partir de la encuesta a usuarios de la industria. La "x" indica el promedio.

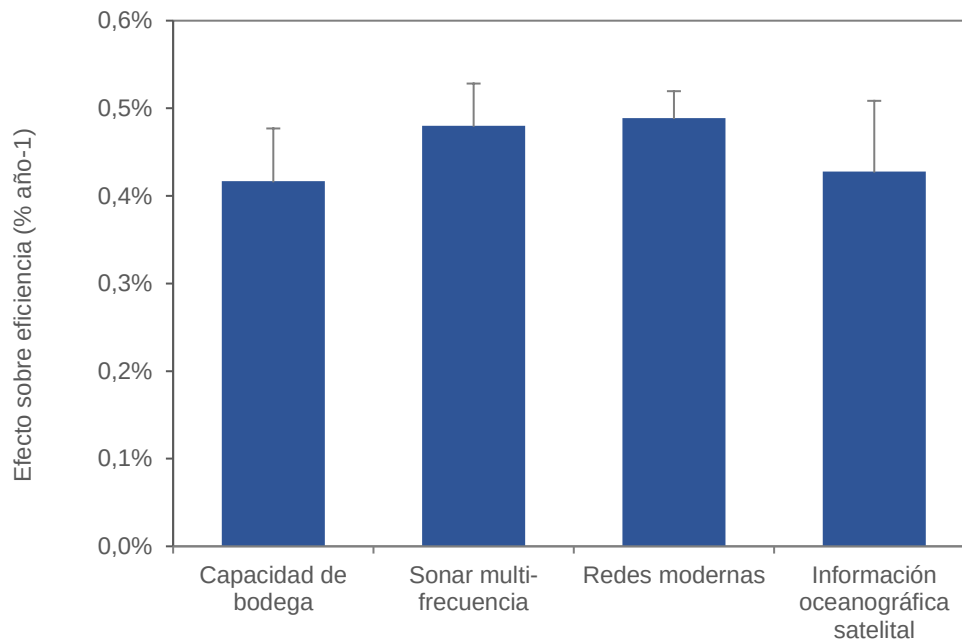


Figura 32. Magnitud promedio del efecto de factores de eficiencia de la flota de jurel centro-sur en Chile, de acuerdo a la encuesta a expertos. Los puntajes de cada factor fueron estandarizados y transformados a porcentaje equivalentes.

Los factores de eficiencia, que representan las diferentes mejoras tecnológicas y que se suman en cada paso del tiempo, se traducen en un comportamiento dinámico de la eficiencia (**Figuras 33 y 34**). La serie temporal de eficiencia estimada, o “EC informada”, es positiva a través de todo el periodo de análisis y exhibe una variabilidad importante en el tiempo, oscilando entre el 0,4% y el 3,2% anual (**Tabla 16**). En índice de abundancia corregido con información de los usuarios de la flota muestra diferencias con el índice original, así como con el corregido con la tasa fija del 1% anual (**Figura 32 y Tabla 16**).

La biomasa estimada con el modelo JJM presenta diferencias entre el índice CPUE corregido con ECinf, y tanto el índice CPUE original como el índice corregido con la tasa de EC constante del 1% (**Figura 35**). Las diferencias entre índices son insignificantes durante la mayor parte del periodo, aunque se vuelven más evidentes durante los últimos cinco años de la serie. Sin embargo, cabe mencionar que la incertidumbre asociada con la estimación hace que las diferencias no sean significativas.

Tabla 15. Factores de “effort creep” determinados para la flota de jurel centro-sur. Se incluyen los periodos de impacto y el efecto anual.

Año inicio	Hito	Efecto sobre eficiencia	Dirección del efecto	Efecto anual (%)	Duración periodo (años)	Fuente
2000	Entra en operación el Sistema de Posicionamiento Satelital	Limitación de las áreas disponibles de pesca	Negativo	-0,50%	18	Usuarios, Subpesca, Inpesca
2004	Promoción de programa para dirigir las capturas hacia consumo directo	Limitación de capacidad de bodega por plantas de procesamiento de consumo directo	Negativo	-0,50%	19	Usuarios, Inpesca
2004	Desarrolla capacidad de refrigeración de la flota	Permite aumentar el tiempo de almacenamiento de la captura	Positivo	0,50%	15	Usuarios, Inpesca
2003	Renovación de artes de pesca	Redes nuevas de material más liviano aumentan eficiencia de la pesca	Positivo	0,49%	15	Usuarios, Inpesca
1998	Reducción de la flota retiene los mejores capitanes y tripulación I	Retención de capitanes con mayor experiencia aumentan la eficiencia promedio de la flota	Positivo	2,76%	8	Inpesca, Semapesca, IFOP
2006	Reducción de la flota retiene los mejores capitanes y tripulación II	Retención de capitanes con mayor experiencia aumentan la eficiencia promedio de la flota	Positivo	0,42%	17	Inpesca, Semapesca, IFOP
2003	Renovación de sonares con tecnología de mayor alcance y capacidad	Nueva tecnología de sonares aumenta el alcance y sistema multi-frecuencia permite distinguir recursos	Positivo	0,48%	17	Usuarios, Inpesca
2006	Implementación de sistema de entrega de información satelital (Inpesca) a embarcaciones	Información ambiental satelital mejora detección y efectividad de la pesca	Positivo	0,43%	17	Usuarios, Inpesca

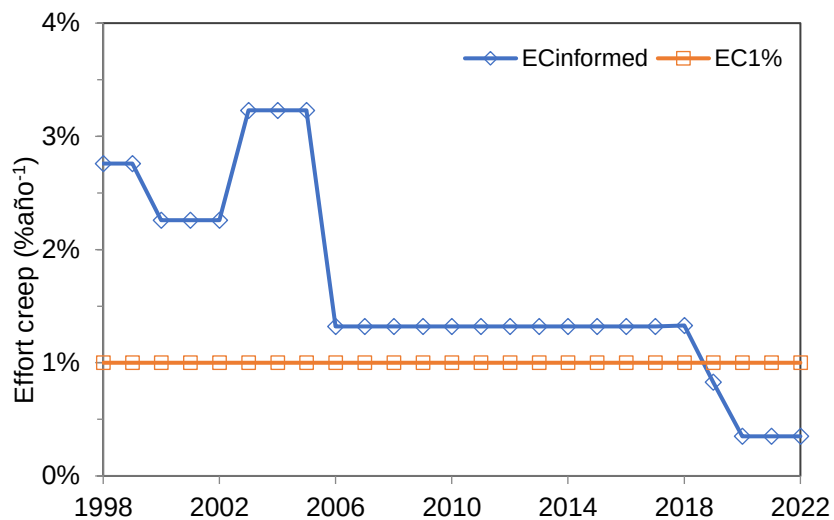


Figura 33. Series temporales, actual (EC1%) y alternativa (ECinformed), con cambios en la eficiencia de la flota de jurel del centro-sur.

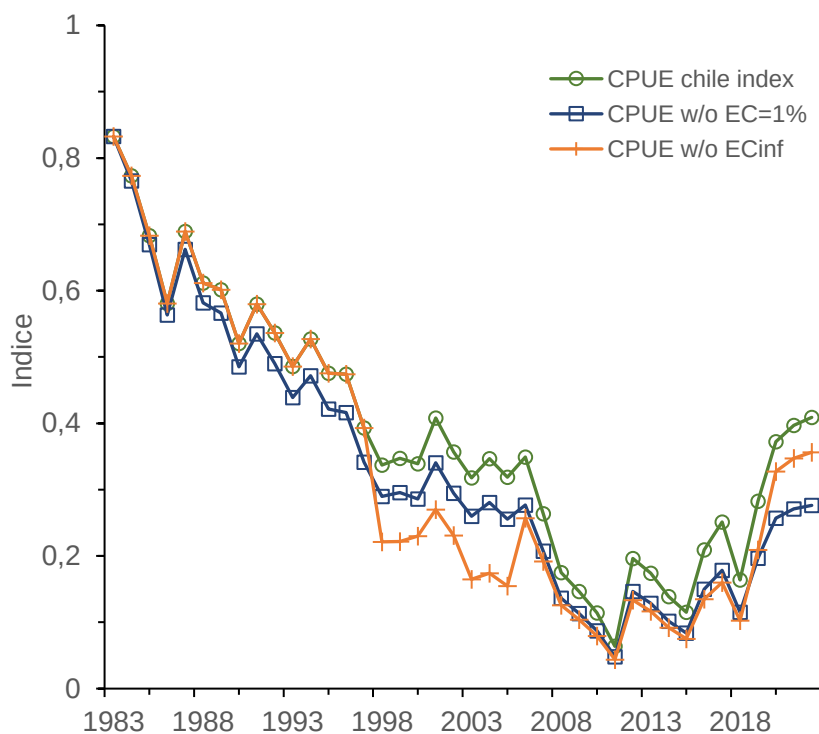


Figura 34. Índice CPUE de Chile, e índices corregidos sin EC constante= 1% y sin la EC informada.

Tabla 16. Índice de abundancia para la flota chilena de jurel CS, e índices corregidos de effort creep informado (EC_{inf}) y con tasa fija del 1% (EC_{1%}). El periodo de corrección del índice contempla el periodo entre 1998 a 2022.

Año	Índice Chile	EC _{inf}	EC _{1%}
1983	0,833	0,833	0,833
1984	0,773	0,773	0,766
1985	0,683	0,683	0,669
1986	0,581	0,581	0,563
1987	0,689	0,689	0,662
1988	0,612	0,612	0,582
1989	0,601	0,601	0,566
1990	0,520	0,520	0,485
1991	0,580	0,580	0,535
1992	0,536	0,536	0,490
1993	0,486	0,486	0,439
1994	0,527	0,527	0,472
1995	0,476	0,476	0,422
1996	0,474	0,474	0,416
1997	0,393	0,393	0,341
1998	0,337	0,221	0,290
1999	0,347	0,222	0,295
2000	0,339	0,230	0,286
2001	0,408	0,270	0,340
2002	0,357	0,231	0,295
2003	0,318	0,165	0,260
2004	0,347	0,174	0,281
2005	0,319	0,155	0,255
2006	0,349	0,257	0,277
2007	0,264	0,192	0,207
2008	0,175	0,126	0,136
2009	0,147	0,104	0,113
2010	0,114	0,080	0,087
2011	0,064	0,044	0,048
2012	0,196	0,134	0,147
2013	0,174	0,117	0,129
2014	0,139	0,092	0,102
2015	0,115	0,075	0,084
2016	0,209	0,135	0,150
2017	0,251	0,160	0,178
2018	0,164	0,102	0,115
2019	0,283	0,209	0,197

2020	0,373	0,327	0,257
2021	0,397	0,347	0,271
2022	0,409	0,357	0,276

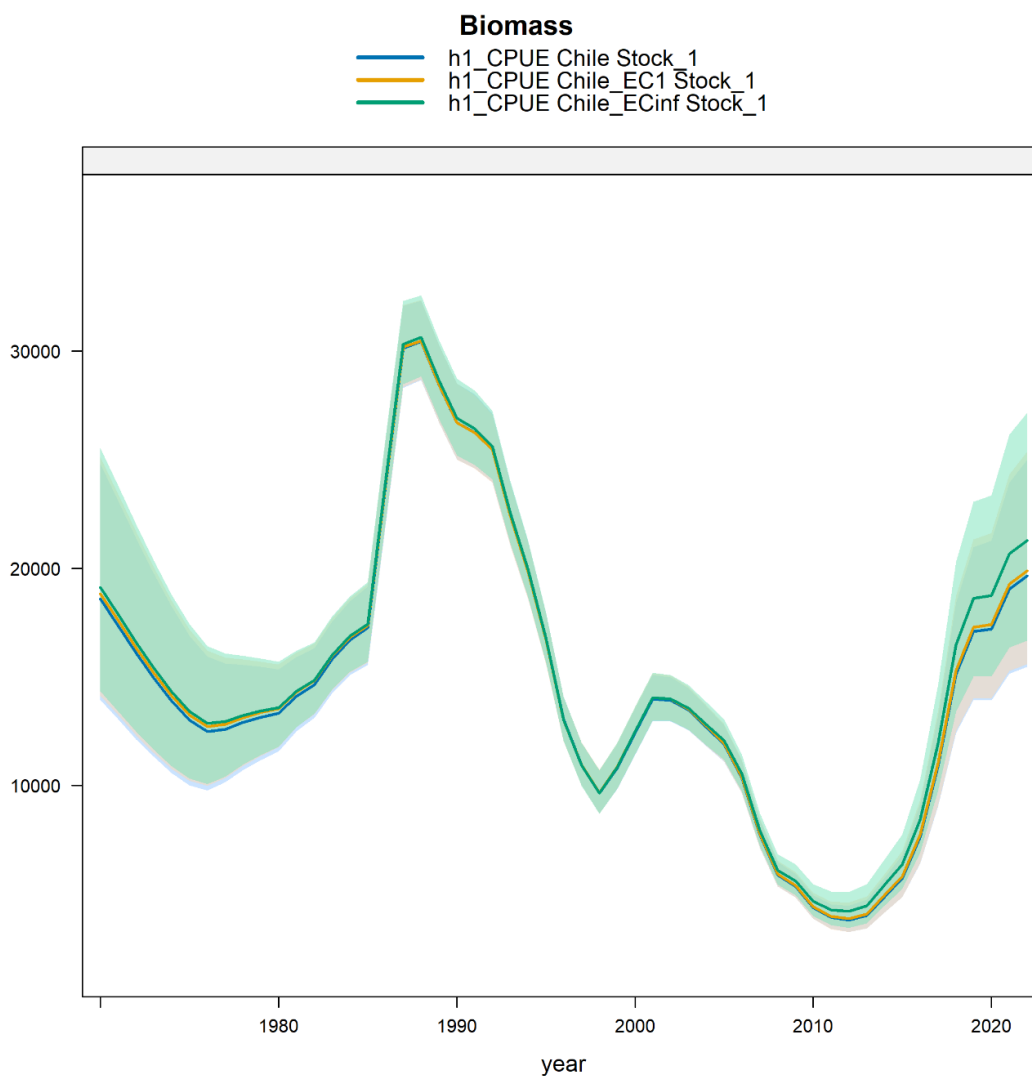


Figure 35. Biomasa de salida (modelo 1.02, SC10) del stock de jurel con índice CPUE de Chile (línea azul), índice corregido con EC=1% (línea amarilla) e índice CPUE corregida con EC informada (línea verde).

4.1.5 Taller sobre an3lisis espaciales en los 3ndices de abundancia basados en CPUE.

El taller se realiz3 el 15 de junio de 2023 durante una sesi3n del CCT-jurel, los participantes fueron:

Tabla 17. Participantes del taller de CPUE.

Nombre	Instituci3n
Ricardo Galleguillos	Nominado, UDEC
Sergio Neira	Nominado, UDEC
Sandra Ferrada	Nominado, UDEC
V3ctor Espejo	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura
Silvia Hern3ndez	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura
Ignacio Pay3	Instituto de Fomento Pesquero
Erik Gaete	Instituto de Fomento Pesquero
Aquiles Sep3lveda	Sin derecho a voto, INPESCA
Jorge Oliva L3pez	Sin derecho a voto, CIAM
Participantes invitados	
Jos3 Zenteno	Depto. Evaluaci3n de Recursos, IFOP
Fabiola Cabello	Depto. Evaluaci3n de Recursos, IFOP
Sebasti3n V3squez	INPESCA

y tuvo la siguiente agenda:

De 14:00 a 14:10: Bienvenida y presentaci3n.

De 14:10 a 15:10: Contexto y descripci3n general

- Presentaci3n introductoria sobre indicadores de CPUE en jurel y actuales desaf3os metodol3gicos (30 min). I. Pay3
- Resultados de la aplicaci3n y estandarizaci3n de diferentes 3ndices de abundancia (30 min). I. Pay3.

Descanso (10 min)

De 15:20 a 16:00: Propuestas de revisi3n de series hist3ricas de abundancia

- Actualizaci3n de la recopilaci3n de series alternativas de esfuerzo para la elaboraci3n de nuevos 3ndices de abundancia (20 min). I. Pay3.

- Comparar propuestas metodológicas para robustecer proceso de estimación (20 min). I. Payá.

Descanso (10 min)

De 16:10 a 17:00: Efecto del aumento de la eficiencia pesquera de la flota

- Presentar avances en la recopilación de datos y cuantificación de efectos de aumentos en la eficiencia de la flota ("") (30 min). J. Zenteno.
- Discutir la incorporación de este efecto en la corrección de series cronológicas de indicadores de abundancia (20 min).

Descanso (10 min)

De 17:00 a 18:00: Métodos para la estimación de indicadores

- Uso de modelos "estado-espaciales" e inferencia bayesiana para mejorar el proceso de estimación de indicadores (paquete R-INLA) (30 min). S. Vásquez.
- Actividad exploratoria para estimar índices abundancia (30 min).

Conclusiones y cierre del taller.

Las presentaciones realizadas se resumen a continuación:

4.5.1.1 Índices de abundancia basados en modelos de CPUE y actuales desafíos metodológicos

Se introdujo los temas teóricos a presentar durante el taller:

1. Índice basado en bodega desplazada por viaje con pesca.
2. Cambios de disponibilidad en las costas chilenas. Propuesta de corrección realizada en el 2022.
3. Introducción del "effort creep" en la evaluación de stock.
4. Modelo de CPUE basado en lances de pesca.
5. Desafíos metodológicos

Se hizo referencia al índice de CPUE, que ocupa actualmente el modelo de evaluación de stock conjunta de la OROP-PS (JJM) y que se sustenta en información de captura por viaje con pesca. Este índice muestra un alza importante en los últimos años, situación que podría estar asociado con un aumento de la disponibilidad y abundancia de jurel en la ZZE de Chile y no necesariamente, en todo el Pacífico suroriental (PSO).

En la última evaluación de stock se ajustó la CPUE (vcp) al incorporar una corrección por el aumento de eficiencia de las flotas pesqueras ("effort creep"), que en el caso nacional significó un aumento de eficiencia del 1% anual, lo que acumulado en la historia de la pesquería alcanzaría un 32%. Sin embargo, los resultados del modelo de evaluación no mostraron efectos evidentes, posiblemente debido a los bloques de capturabilidad y a los cambios en la flexibilidad de los patrones de selectividad. Alternativamente, se hizo referencia al trabajo de Caballero et al, (2020) donde se trabajó

la estandarización del índice de CPUE al lance de pesca y complementariamente, se discutió respecto a la necesidad de trabajar con modelos espacio-estado que incorporan la correlación espacial y/o espacio-temporal de la variable aleatoria subyacente.

4.5.1.2 Cambios de eficiencia de la flota de jurel centro-sur: avances y propuesta de corrección (expositor Sr. José Zenteno).

El contenido contenido fue:

1. Introducción a “effort creep” (base teórica y aplicación en pesquerías)
2. Objetivos
3. Resultados (Avances en recopilación de datos de eficiencia, factores considerados, estimación de EC, propuesta de corrección de Esfuerzo Efectivo,
4. Discusión
5. Próximas etapas

Se define “effort creep” como el aumento no documentado del esfuerzo, donde la eficiencia de captura de la flota aumenta con el tiempo. Diferentes variables del esfuerzo son difíciles de cuantificar directamente: eslora del buque, potencia del motor, tecnologías de pesca (por ejemplo, radares de aves, sensores oceanográficos remotos, ecosondas, helicópteros, drones, etc.) y, la experiencia del patrón/tripulación. El aumento gradual del esfuerzo tiene implicaciones para mantener los stocks alrededor de los PBR's y puede afectar las ganancias de las. La efectividad (productividad/poder de pesca) del esfuerzo crece con el cambio tecnológico (“esfuerzo progresivo”, aumentos en la capturabilidad), aunque el esfuerzo nominal (p.ej., días, lances) sea constante. La mejora tecnológica (CT): cambio en la capturabilidad (q) o un cambio en algún aspecto del esfuerzo nominal, que afecta la mortalidad por pesca.

Para la pesquería de jurel se consideran mejoras en equipos de detección, experiencia de capitanes y sistemas de información. Por otra parte, la eficiencia de la flota se puede ver limitada por otros factores como cuello de botella productivo (plantas de proceso) y reducción del área disponible (5 millas).

Para el jurel se identificaron periodos importantes de cambios de eficiencia:

1. Fomento a la pesca (1970-1990): Número de barcos, aumento de capacidad de bodega promedio y acumulada, capacidad de procesamiento plantas.
2. Primera ley de pesca (1991-2000): Se restringe el número de usuarios/esfuerzo.
3. Régimen de cuotas (2001-2012): Administración de esfuerzo es más eficiente, se reduce flota y número de usuarios.
4. Régimen actual (2012+): Se mejora el sistema de manejo, certificación MSC. Estabilidad y mejora en la disponibilidad del recurso. ¿Distancia recorrida por lance con pesca?
5. Debido a lo anterior se propuso:
6. Revisar la información disponible sobre cambios en el aumento de la eficiencia de pesca (“effort creep”) y solicitar a SSPA e INPESCA la información que disponga a este respecto

(fechas de cambios de equipos de detección, cambios en tamaño y composición de la flota, etc.).

7. Analizar diferentes métodos de incluir los cambios de eficiencia en la corrección del índice de abundancia basado en la CPUE de la zona centro-sur, entre ellos, un factor fijo para la serie completa (actualmente en uso en la OROP-PS), factores fijos por bloques de años o bien factores variables por año.

Los hitos considerados en la corrección por mejora tecnológica en la flota de jurel son:

1. Refrigeración en barcos (1995*)
2. Reducción de la flota (1998)
3. Redirección de capturas a consumo (1998)
4. Entrega de información satelital a barcos (2000)
5. Sistema de posicionamiento satelital (2001)
6. Renovación de sonares (2005)
7. Renovación de artes de pesca (2010*)

Finalmente se destacan las siguientes limitaciones:

1. Limitación de la escala de los datos, dado que no se cuenta con un factor de corrección por lance o barco. Luego, la corrección sólo podría efectuarse en escala anual.
2. Existen limitaciones de datos e incertidumbre asociada a la magnitud del efecto de la mejora tecnológica y duración del efecto sobre la eficiencia de la flota.
3. Próximos pasos debieran incluir:
4. Encuestas a expertos de la industria (e.g. capitanes).
5. Modelos de regresión para estimar magnitud de factores que cuenten con disponibilidad de datos.
6. Elaborar documento de trabajo para el Comité Científico de la OROP-PS.

4.5.1.3 Actualización de la CPUE basada en la captura por lance de pesca.

Los resultados del análisis muestran que la CPUE estandarizada al lance de pesca, evidencian dos periodos 2005-2007 y 2016-2022, con corrección a la baja respecto a la CPUE nominal. En esumen:

1. Se logró retomar las bases de datos originales usadas por Caballero et al., (2020) y replicar sus resultados.
2. Como se aplicó el mismo modelo estadístico, persisten los problemas encontrados por Caballero et al., (2020), es decir, una capacidad explicativa baja del modelo, que logra disminuir la devianza nula solo en un 10%.
3. El efecto fijo más importante fue el año, que logró reducir la devianza en un 5,5%, seguido del mes con 2,3% y los días fuera de puerto con un 2,4%.
4. Para el período 2005-2022, el índice de abundancia basado en la captura por lance tuvo un patrón similar al estimado con captura por viaje de pesca, pero una tasa de recuperación más lenta en los últimos años.

5. Para el período 1994-2003 la tendencia de los índices fue opuesta.
6. Es deseable continuar con la revisión de la representatividad de la base datos por lance la flota ZCS, respecto a la intensidad y cobertura de muestreo por sus implicancias en el proceso inferencial que de los análisis se deriven. Por ejemplo, analizar el porcentaje de viajes con pesca muestreados respecto al total, considerando que a partir del año 1997 se verificaron cambios en la operación de la flota, con una operación cada vez menos costera y una presencia creciente de individuos inmaduros.

4.5.1.4 Estimación de índices de abundancia mediante modelos espaciotemporales usando sdmTMB.

Se realizó una ilustración esquemática de cómo se espera enfrentar el desafío para mejorar la serie de CPUE al incorporar en el análisis la correlación espacial y/o espaciotemporal de cada uno de los registros. Se utilizó el paquete sdmTMB en R que permite implementar GLMM (modelos lineales generalizados con efectos mixtos) de procesos predictivos espaciales y espaciotemporales utilizando 'TMB', 'INLA' y la aproximación SPDE (ecuación diferencial parcial estocástica) a campos aleatorios gaussianos.

4.5.1.5 Una aproximación espacio-temporal bayesiana para la estandarización de la CPUE en la pesquería de jurel (*Trachurus murphyi*) de Chile centrosur (expositor Sr. Sebastián Vásquez)

Este trabajo fue posteriormente presentado como un documento de trabajo en el CC11 (<https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM07-CHL-A-Bayesian-spatio-temporal-approach-for-the-standardization-of-CPUE-in-the-TM-fishery-off-central-southern-Chile.pdf>).

Se estandarizó los datos de CPUE dependiente de la pesquería de jurel chileno del centro-sur de Chile para el período 1994-2023 utilizando modelos espacio-temporales jerárquicos bayesianos con la aproximación integrada anidada de Laplace (INLA). El mejor modelo explicó la CPUE por la capacidad de bodega de los barcos, los días en el mar, el trimestre, el año, el componente espacio-temporal y las condiciones ambientales (en este caso, la temperatura de la superficie del mar y la clorofila-a).

Los resultados principales fueron:

1. La pesquería industrial de jurel en la zona centro-sur de Chile ha evidenciado cambios espacio-temporales que dificultan la obtención de índices de abundancia relativa con métodos tradicionales (i.e. GLM).
2. La CPUE de jurel centro-sur mostró una marcada caída a partir de 2006, coincidente con la mayor dispersión del recurso hacia altamar. A partir de 2015, en conjunto con una mayor

concentración del recurso en zonas costeras, la CPUE ha incrementado hasta alcanzar niveles previos a 2006.

3. La modelación espacio-temporal sugiere zonas de agregación de jurel correlacionadas espacialmente con rangos en la escala de 100 km y niveles de correlación temporal centrados en 0,8.
4. Se incorpora explícitamente la variabilidad ambiental en el proceso de determinación de la CPUE incluyendo la temperatura y clorofila superficial del mar como covariables, las que estuvieron dentro del rango de credibilidad en su efecto sobre la CPUE.

Se identificaron los próximos pasos: i) actualizar la CPUE al 2023; ii) incorporar mayor cantidad de covariables ambientales en la modelación; iii) revisar el proceso de estimación y predicción de la CPUE.

4.2. Objetivo 2

“Establecer el estatus actualizado de jurel conforme el estándar más reciente del Comité Científico de OROP-PS, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo, incorporando, cuantificando y propagando la incertidumbre subyacente a la pesquería”

4.2.1. Ajuste del modelo.

El modelo final (h1_1.07_ls) utilizado por el CC11 fue el modelo actualizado con datos hasta el año 2023, con dos modificaciones con respecto al modelo del año pasado (CC10): 1) actualización de los pesos a la edad de los datos peruanos, y 2) disminución de la ponderación del índice de abundancia de la flota offshore.

El detalle del ajuste del modelo se entrega en el [Anexo 1](#), aquí se presenta el ajuste del modelo sólo a los índices de abundancia relativa (**Figura 36**), a las edades medias (**Figura 37**) y a la longitud media (**Figura 38**), como ejemplos de la calidad del ajuste, y para además destacar, como indicadores de la buena condición del stock, el aumento notable de los índices de abundancia relativa en los últimos años para la CPUE de la zona centro-sur de Chile, la CPUE de Perú y la acústica norte de Chile, que son consistentes con el aumento de la edad media en las capturas comerciales de la flota de la zona centro-sur y norte de Chile, y de talla media en las capturas comerciales en Perú.

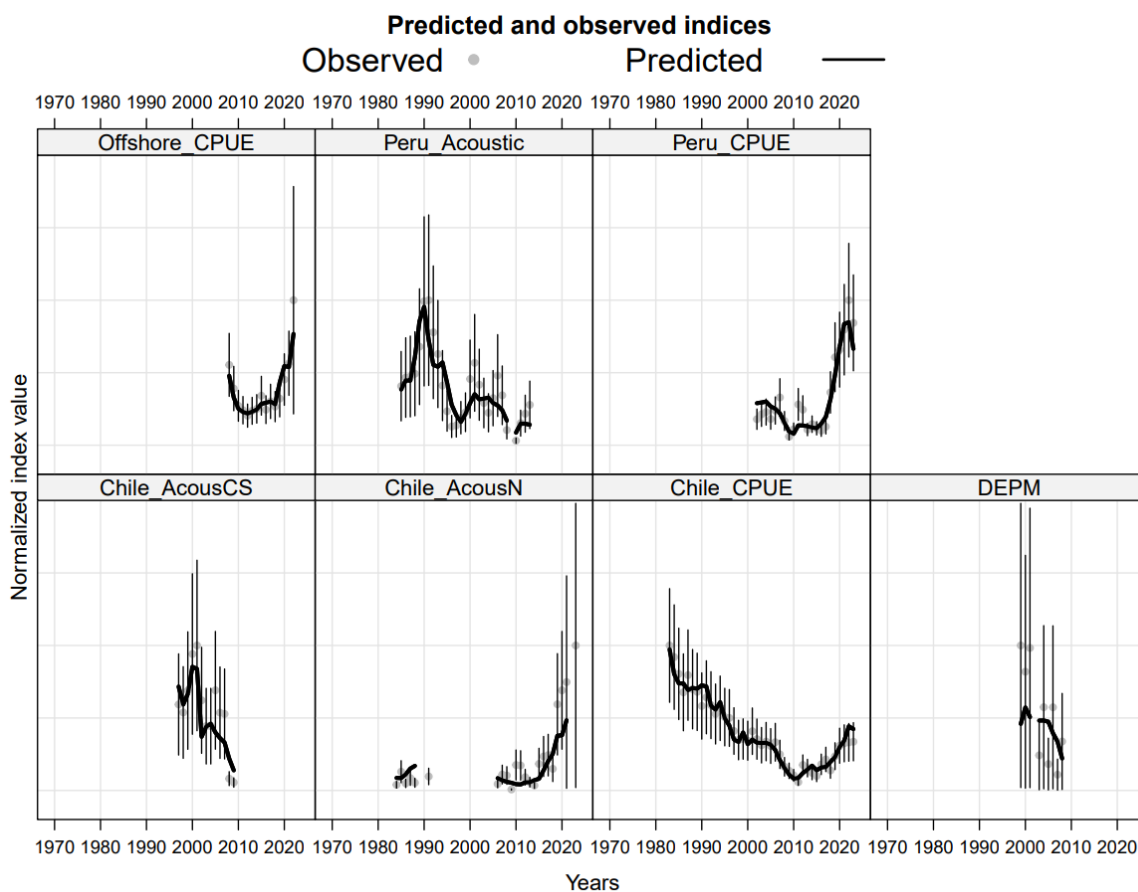


Figure 36. Ajuste a los índices de abundancia relativa. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

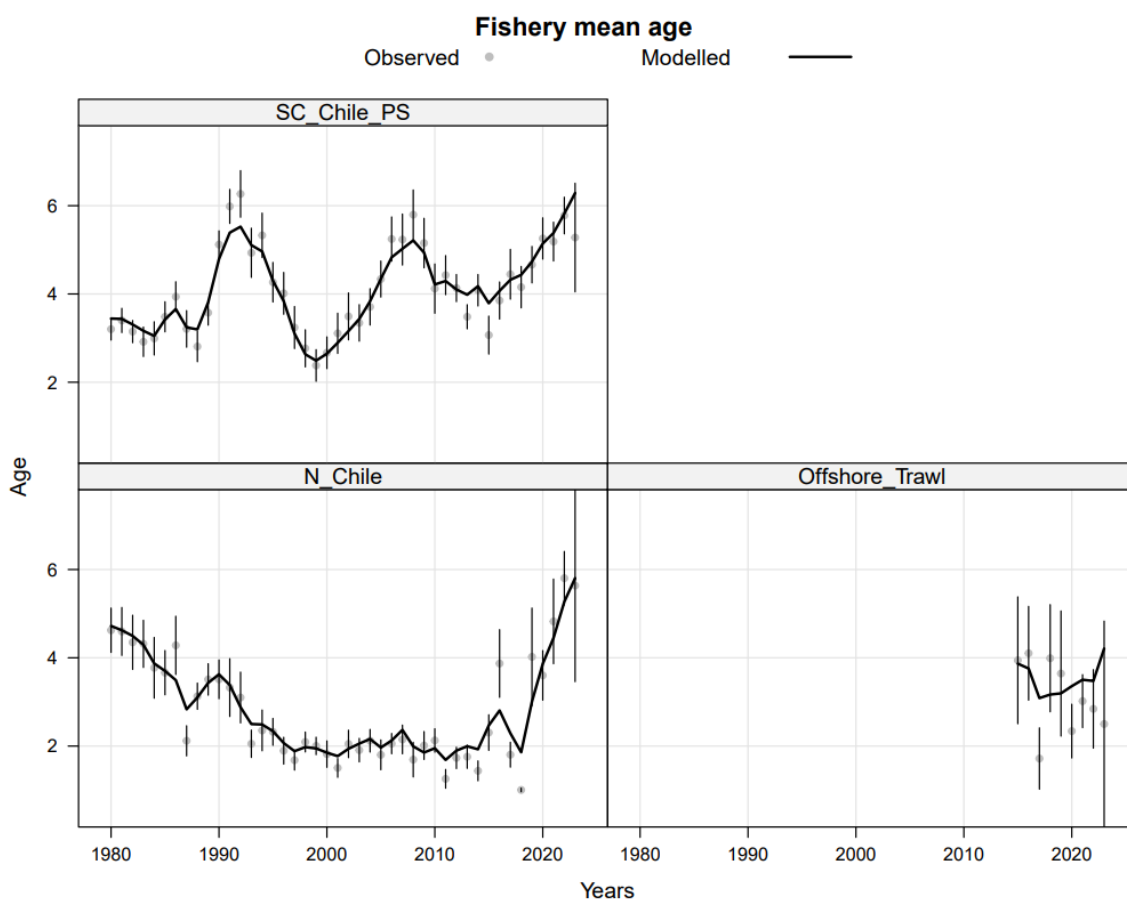


Figure 37. Edad media en la captura por año y pesquería. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

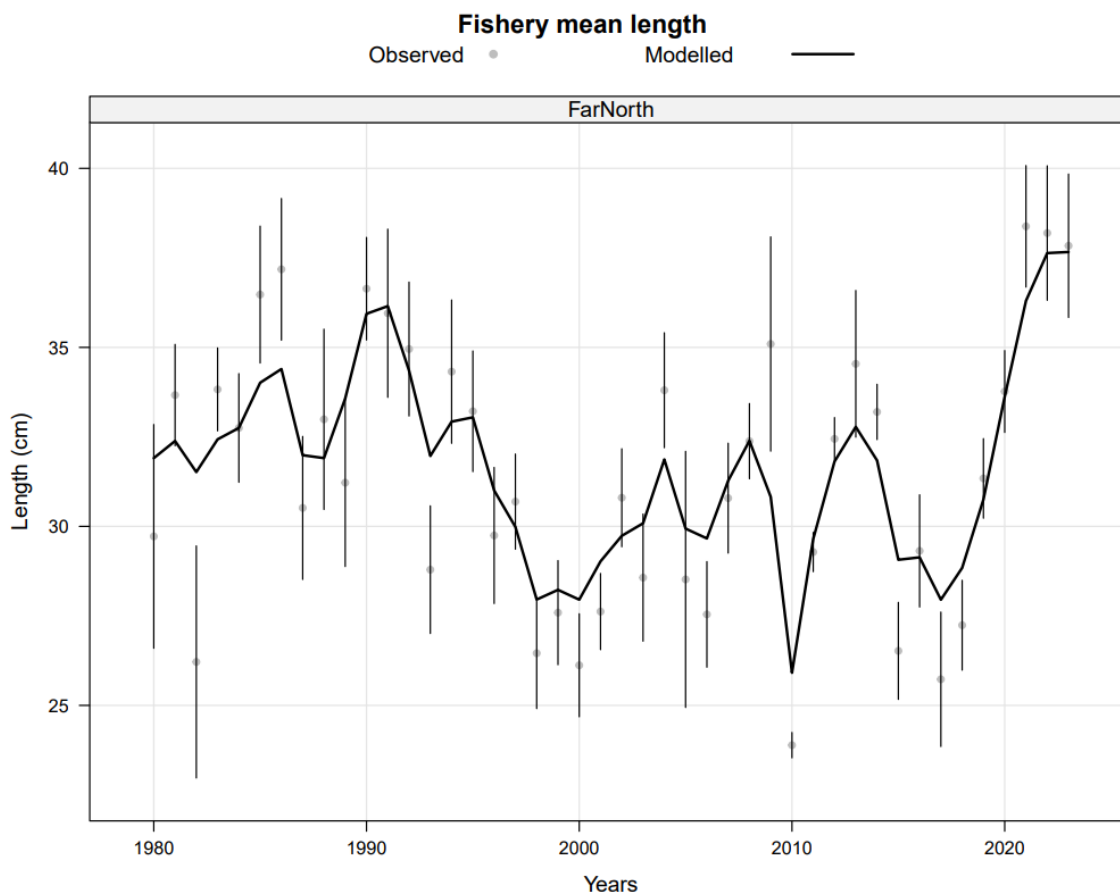


Figure 38. Talla media en la captura por año en la flota de Perú (Extremo Norte). La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

4.2.2. Estimados de las variables principales.

Los patrones de selectividad por año estimados para las capturas comerciales se presentan en la **figura 39**, destaca los cambios de los patrones de selectividad de las flotas chilenas y de la flota “offshore” entre 2010 y 2023, desplazándose las selectividades hacia las edades más viejas, indicando que los peces de menores de 7 años de edad están experimentando bajos niveles de mortalidad por pesca.

Los patrones de selectividad de los cruceros para los cruceros de investigación (hidroacústicos) e índices de CPUE se entregan en la **figura 40**. Para la acústica de la zona centro-sur la selectividad es muy estable, aunque se incluyen dos períodos, para la acústica de la zona norte se estiman tres patrones de selectividad que están concentrados hacia las edades mayores de 10 años de edad, y en los últimos años con aumento de selectividad para peces menores de 4 años de edad.

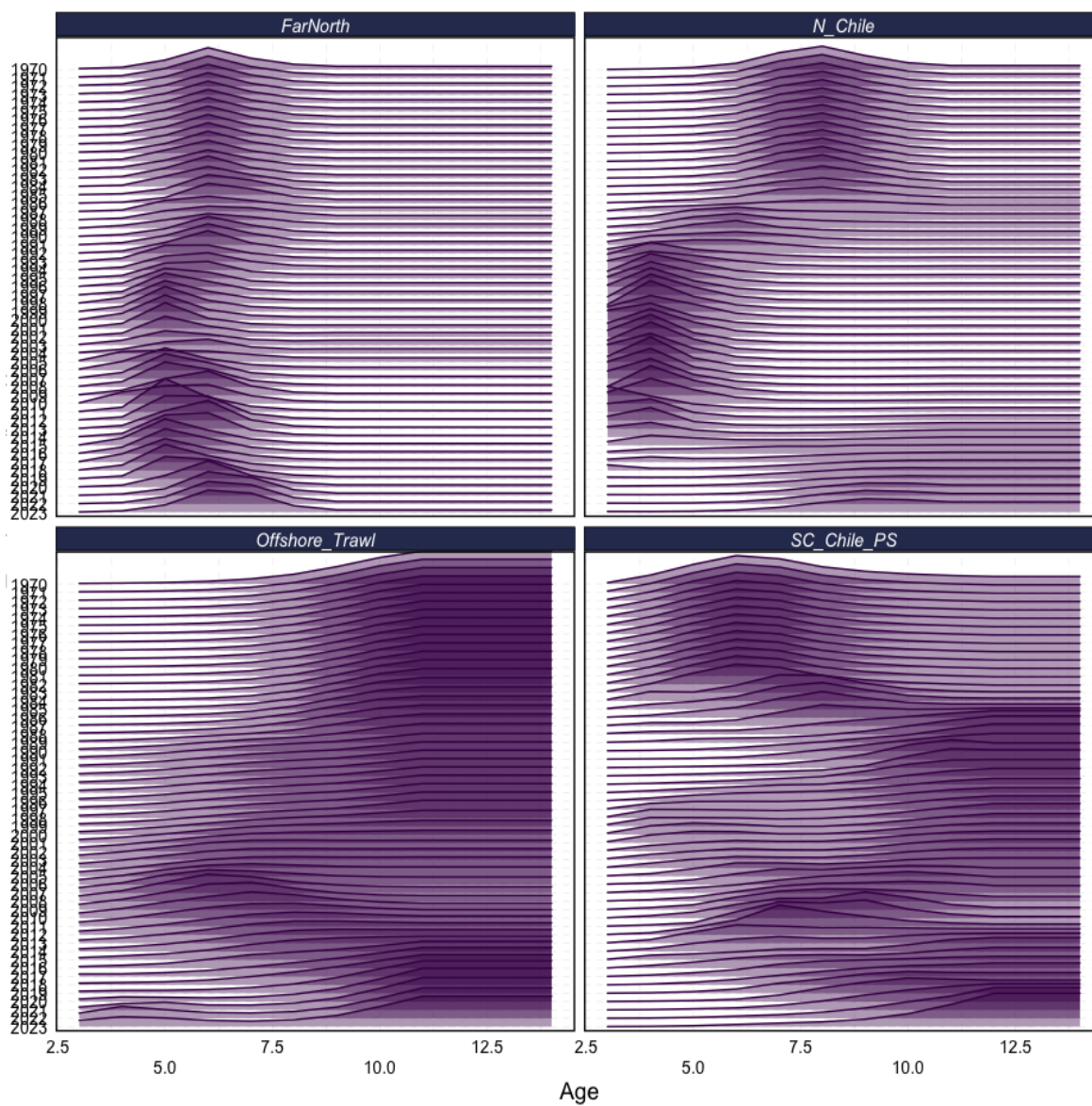


Figure 39. Patrones de selectividad por flota pesquera y años

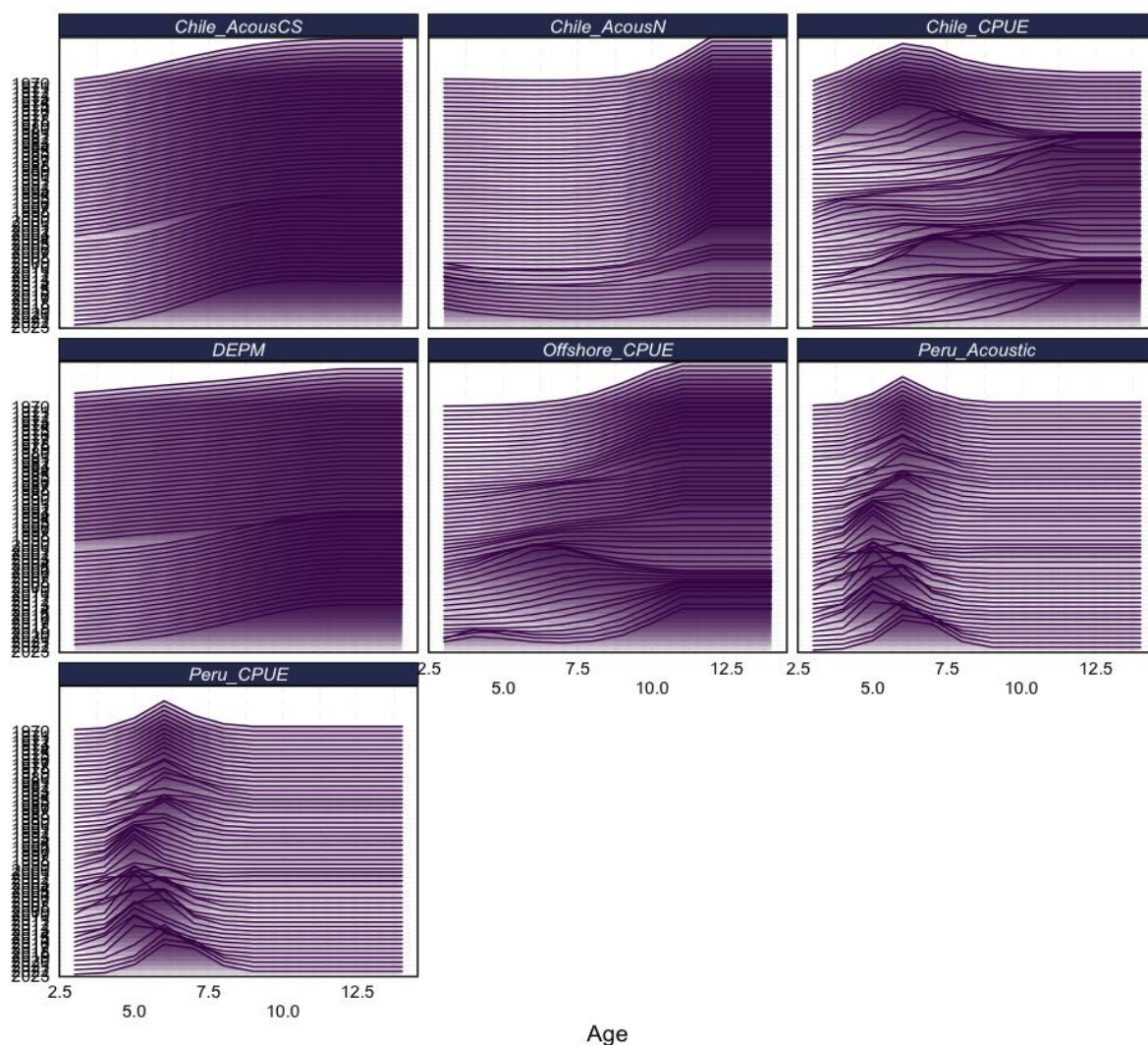


Figure 40. Patrones de selectividad por crucero de investigación, índice de CPUE y años.

La **Figura 41** y la **Tabla 18** muestran un resumen del estado del stock de jurel basado en los niveles y tendencia de la biomasa desovante, la mortalidad por pesca, el reclutamiento y el desembarque. La biomasa desovante tuvo una tendencia general decreciente desde 1970 hasta el 2012, con amplias fluctuaciones que incluyen el máximo histórico de 20 millones de t en 1988, luego a partir del año 2013 la tendencia se invierte, alcanzando 16 millones de t en el 2023, valor similar al de 1991. La biomasa desovante en el RMS estimada dinámicamente (línea azul en figura 10) se mantuvo a través de los años relativamente estable entre 5 a 6 millones de t.

Las tasas de mortalidad por pesca global (flotas combinadas) presentaron tres picos históricos (1974, 1997, 2009) y una tendencia decreciente desde el 2009 al 2022, disminuyendo a valores tan bajos (0,01) como los estimados para el inicio de los años ochenta. El F_{RMS} estimado dinámicamente fluctuó a través de los años, reflejando los cambios de los reclutamientos, los desembarques y los

cambios en los patrones de selectividad. Desde el 2012 el F_{RMS} ha tenido una tendencia creciente, llegando en el 2023 a su valor máximo.

En las fluctuaciones anuales de los reclutamientos se identificaron tres periodos de: 1) reclutamientos altos en 1980-2000, con el máximo histórico en 1986-1987, 2) reclutamientos bajos en el período 2003-2015, y 3) reclutamientos que crecen en 2016-2018, alcanzando el segundo máximo histórico en el 2018, y luego disminuyen en 2019-2023, retomando los niveles bajos del segundo período.

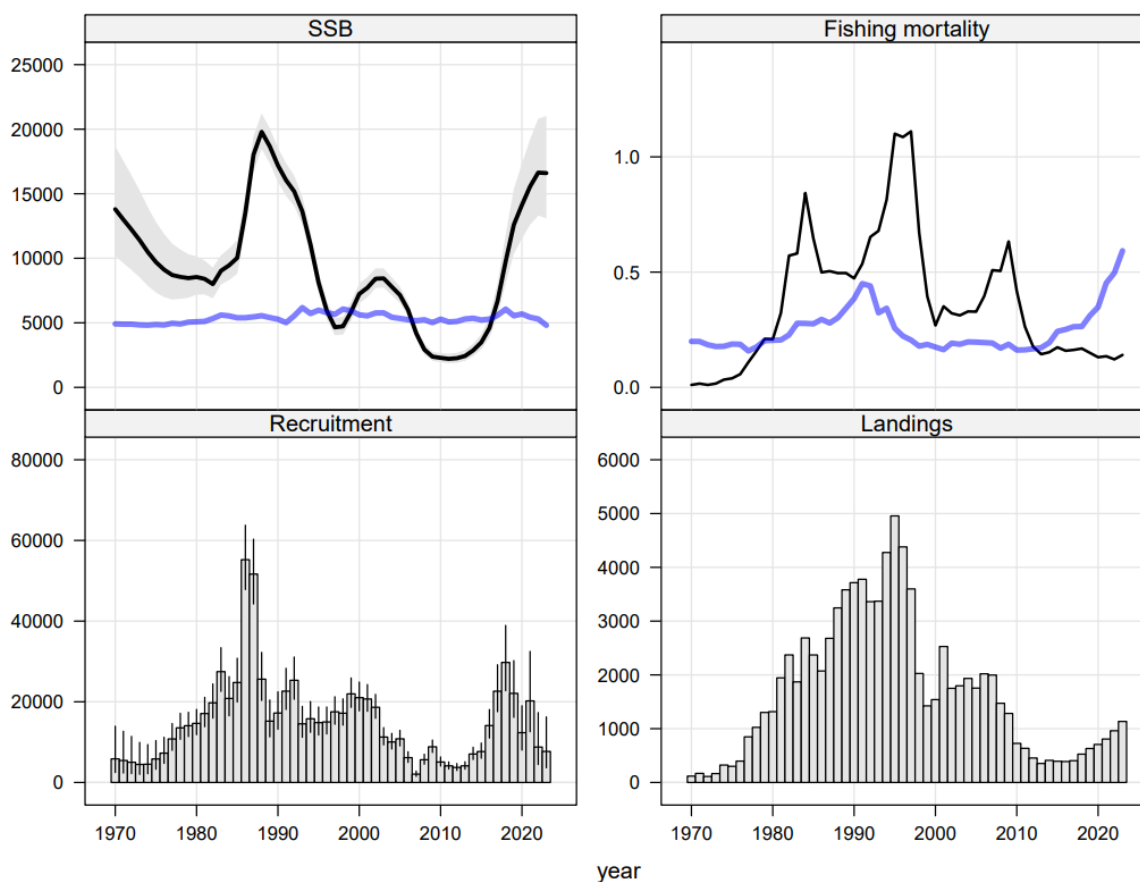


Figura 41. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_{RMS} (arriba a la izquierda) y F_{RMS} (arriba a la derecha).

Tabla 18. Principales variables por año. BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
1970	13800	4916	2.81	5855	0.01	0.2	0.05
1971	12995	4896	2.65	5444	0.01	0.2	0.07
1972	12221	4896	2.5	5010	0.01	0.18	0.05
1973	11402	4836	2.36	4470	0.02	0.18	0.09
1974	10485	4818	2.18	4518	0.03	0.18	0.17
1975	9706	4867	1.99	5829	0.04	0.19	0.19
1976	9121	4830	1.89	7272	0.05	0.19	0.28
1977	8705	4965	1.75	10789	0.1	0.16	0.64
1978	8558	4912	1.74	13541	0.15	0.18	0.83
1979	8462	5053	1.67	14070	0.19	0.2	0.96
1980	8547	5081	1.68	14647	0.19	0.2	0.94
1981	8401	5110	1.64	17083	0.3	0.21	1.45
1982	7998	5333	1.5	19740	0.53	0.23	2.31
1983	9031	5603	1.61	27472	0.53	0.28	1.92
1984	9456	5533	1.71	20825	0.78	0.28	2.8
1985	10034	5390	1.86	24775	0.59	0.28	2.16
1986	13536	5394	2.51	55227	0.46	0.29	1.56
1987	18026	5463	3.3	51661	0.46	0.28	1.67
1988	19795	5553	3.56	25604	0.46	0.3	1.51
1989	18669	5405	3.45	15206	0.46	0.34	1.33
1990	17190	5279	3.26	17210	0.44	0.39	1.13
1991	16050	5012	3.2	22634	0.49	0.45	1.09
1992	15183	5541	2.74	25330	0.6	0.44	1.36
1993	13632	6177	2.21	14532	0.63	0.32	1.93
1994	11073	5718	1.94	15788	0.75	0.34	2.18
1995	8107	5979	1.36	14836	1.01	0.26	3.95
1996	5946	5791	1.03	15004	1	0.22	4.5
1997	4651	5658	0.82	17514	1.02	0.21	4.99
1998	4728	6067	0.78	17164	0.62	0.18	3.46
1999	5858	5926	0.99	21961	0.37	0.19	1.97

Tabla 18. Continuación.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
2000	7235	5615	1.29	21020	0.25	0.17	1.43
2001	7718	5539	1.39	20692	0.33	0.16	2.01
2002	8416	5762	1.46	18636	0.3	0.19	1.55
2003	8442	5769	1.46	11254	0.29	0.19	1.55
2004	7789	5433	1.43	10048	0.31	0.2	1.55
2005	7151	5339	1.34	10820	0.31	0.2	1.56
2006	6002	5241	1.15	6156	0.37	0.19	1.9
2007	4192	5165	0.81	2069	0.48	0.19	2.48
2008	2929	5237	0.56	5628	0.48	0.17	2.81
2009	2378	5013	0.47	8842	0.59	0.19	3.15
2010	2286	5282	0.43	5061	0.39	0.16	2.43
2011	2209	5070	0.44	4116	0.25	0.16	1.51
2012	2258	5109	0.44	3732	0.16	0.17	0.98
2013	2429	5296	0.46	4112	0.13	0.17	0.78
2014	2861	5355	0.53	7045	0.14	0.19	0.73
2015	3481	5220	0.67	7663	0.16	0.24	0.66
2016	4593	5284	0.87	14107	0.15	0.25	0.58
2017	6685	5582	1.2	22624	0.15	0.26	0.57
2018	9763	6061	1.61	29753	0.15	0.26	0.59
2019	12596	5545	2.27	22086	0.14	0.31	0.44
2020	14134	5686	2.49	12347	0.12	0.35	0.34
2021	15559	5430	2.87	20219	0.12	0.45	0.27
2022	16636	5298	3.14	8777	0.11	0.5	0.22
2023	16598	4809	3.45	7693	0.13	0.59	0.22

La incertidumbre (CV= coeficientes de variación) de las estimaciones de las principales variables se muestra en la **Figura 42**, la cual se caracterizó por ser mayor hacia el inicio y al final de la serie de años. En el caso de los reclutamientos, las fluctuaciones fueron grandes con una tendencia en forma de “U”, la cual destaca por valores muy altos (CV=0,4) en los últimos años. Por su parte, las biomásas totales y desovantes fueron estimadas con similar incertidumbre, siendo ésta en los últimos años (CV=0,1) cercana a la mitad de la incertidumbre de los años iniciales.

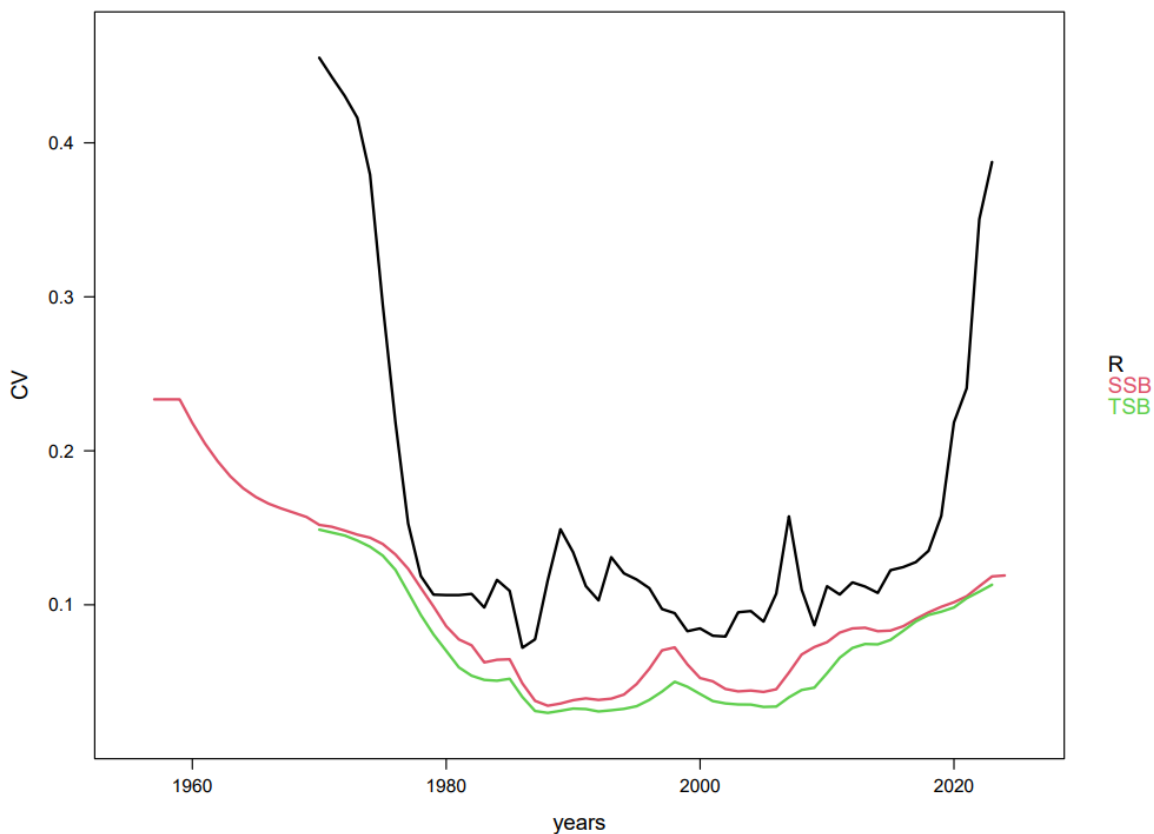


Figura 42. Incertidumbre (CV= coeficientes de variación) de las estimaciones de reclutamientos (R), biomasa total (TSB) y biomasa desovante (SSB).

El modelo tuvo una buena conducta retrospectiva, los valores del parámetro de Mohn (Mohn 1999) pequeños y negativos, indicando una pequeña tendencia a subestimar la biomasa desovante (**Figura 43**), los reclutamientos (**Figura 44**) y la mortalidad por pesca de la flota de la zona centro-sur (**Figura 45**).

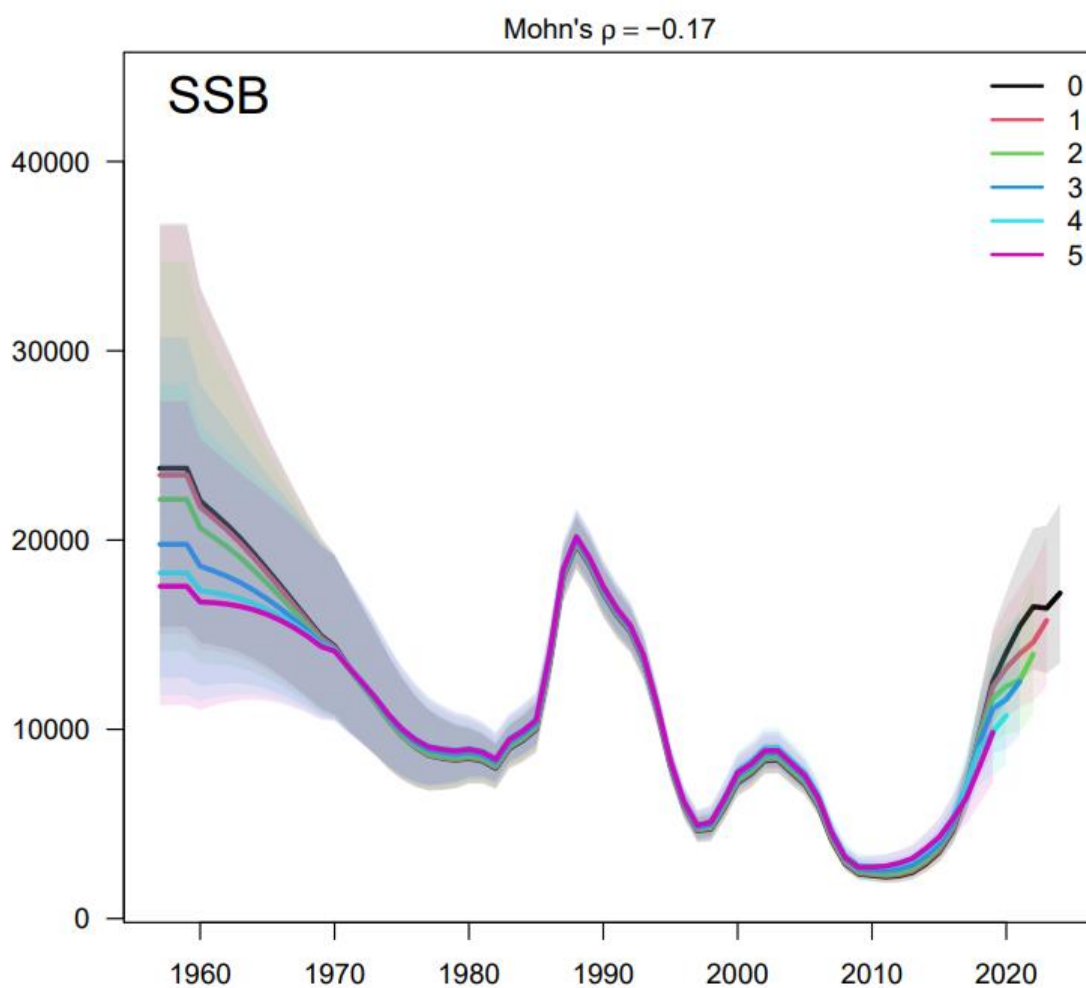


Figura 43. Análisis retrospectivo de la biomasa desovante.

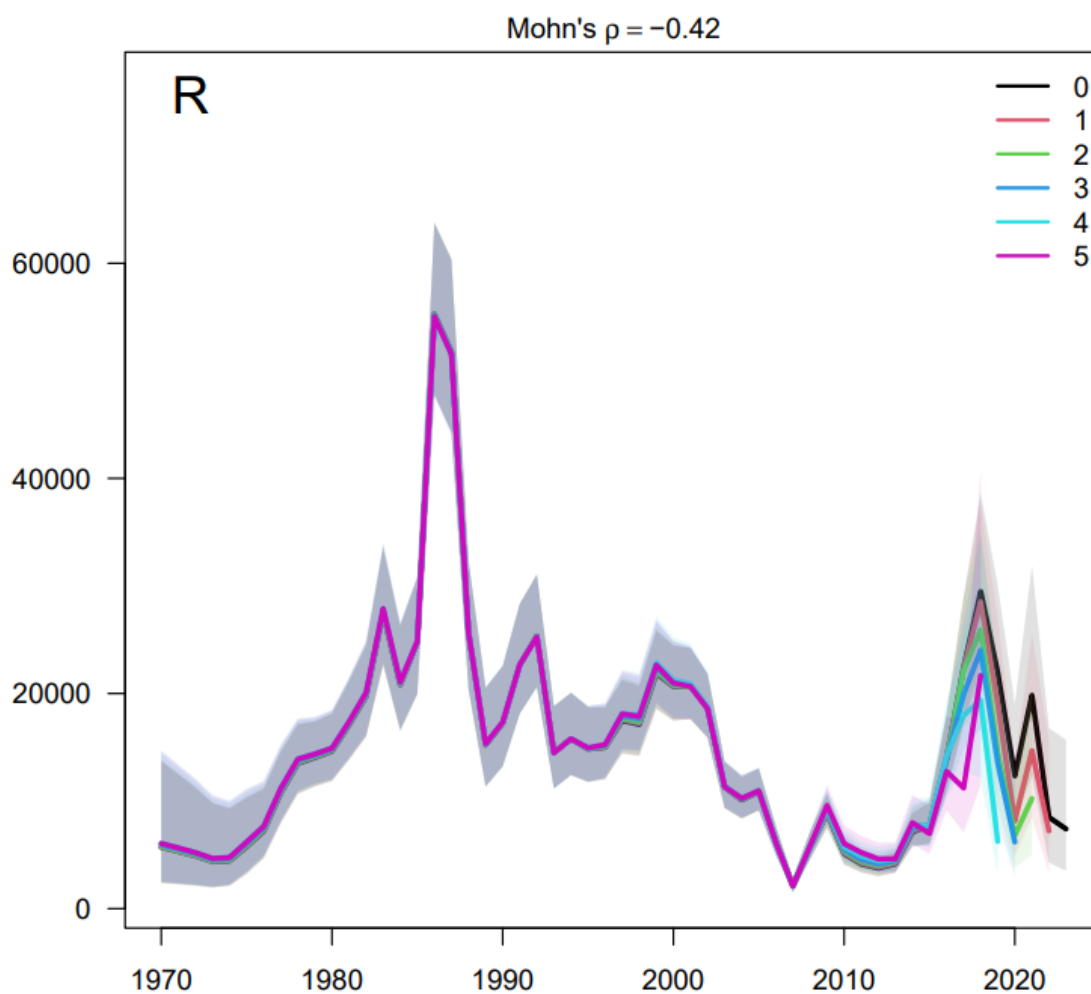


Figura 44. Análisis retrospectivo de los reclutamientos.

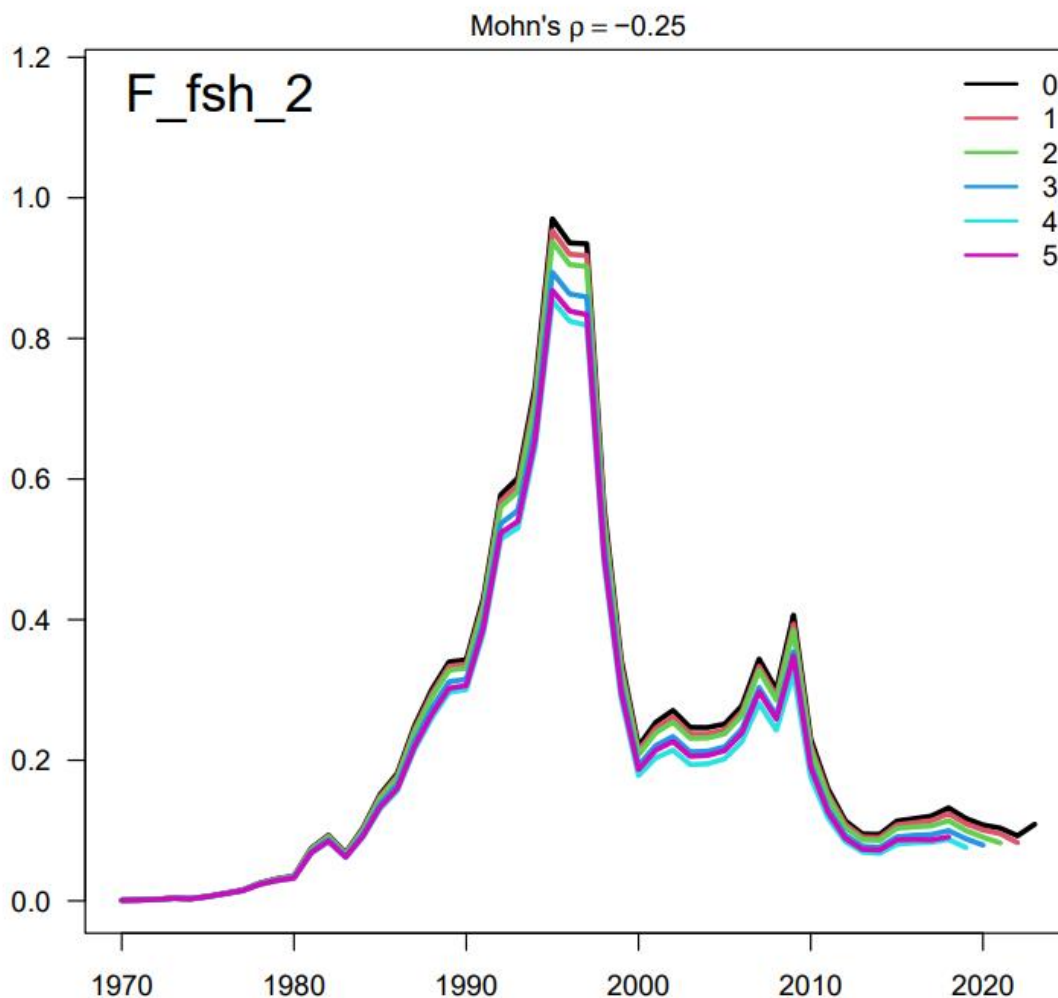


Figura 45. Análisis retrospectivo de la mortalidad por pesca de la flota centro-sur de Chile.

4.2.3. Estatus del stock

La condición de explotación de jurel está basada en un sistema delineado por Puntos Biológicos de Referencia (PBR) basados en el RMS. Este sistema de referencia permite representar en un esquema gráfico (llamado gráfica de Kobe) la ocurrencia de sobrepesca ($F > F_{RMS}$), sobreexplotación ($SB < SB_{RMS}$) y subexplotación ($F < F_{RMS}$ y $SB > SB_{RMS}$) (**Figura 46**). El estado de explotación de jurel en el Pacífico sur oriental en el año 2023 es subexplotado (**Tabla 19**).

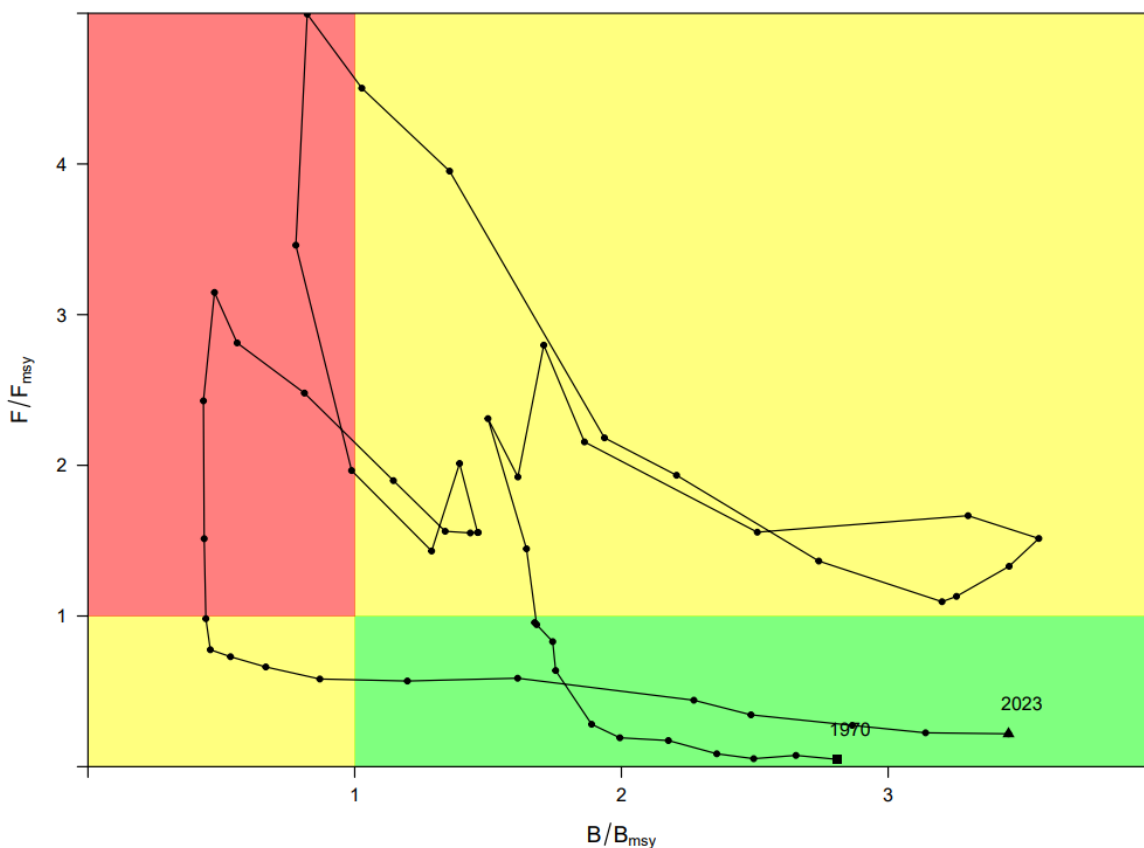


Figura 46. Diagrama de estatus del stock (“kobe plot”). F= Mortalidad por pesca, B= Biomasa desovante, msy= Rendimiento Máximo Sostenido.

Tabla 19. Estatus del stock. Condición en el año 2022 y 2003 de la mortalidad por pesca y de la biomasa desovante relativa a los niveles del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) y de la biomasa límite (BLIM).

		2022	2023
Mortalidad por pesca relativa a:	F_RMS	Por debajo 100%	Por debajo
	BD_RMS	Por Sobre 100%	Por Sobre 100%
Biomasa desovante relativa a:	BD_LIM	Por Sobre 100%	Por Sobre 100%

4.3 Objetivo 3.

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

4.3.1. Proyecciones del stock

Las proyecciones de biomasa desovante muestran que, si se suspendiera la pesca, el stock alcanzaría su biomasa inicial en el 2043, mientras que, si se mantiene el F de 2023, las biomásas disminuirán para estabilizarse en 10 millones de t a partir del 2035 (**Figura 47**). Aumentar en un 25% o disminuir en un 25% el F_{2023} no generaría grandes impactos en el nivel de biomasa desovante. La aplicación de F_{RMS} produciría en los 10 primeros años de proyección una fuerte disminución de la biomasa desovante, para luego estabilizarse en 5 millones de t, la mitad que se produciría con el F de 2023. Por su parte, al aplicar el F_{RMS} la captura 2024 alcanzaría los 4,9 millones de t, para luego caer exponencialmente durante aproximadamente 5 años, para posteriormente estabilizarse a un nivel cercano a 1,2 millones de t (**Figura 48**). Estos cambios notables en los primeros años de la proyección se deben a la que la estructura de edad del stock en el 2023 tiene un importante componente de individuos que aún les queda un tiempo para crecer en peso y contribuir a la biomasa y la captura, y que luego cuando estos pasen e ingresen los reclutamientos proyectados (condición de bajos reclutamientos) los niveles de estas variables se ajustarán a la baja.

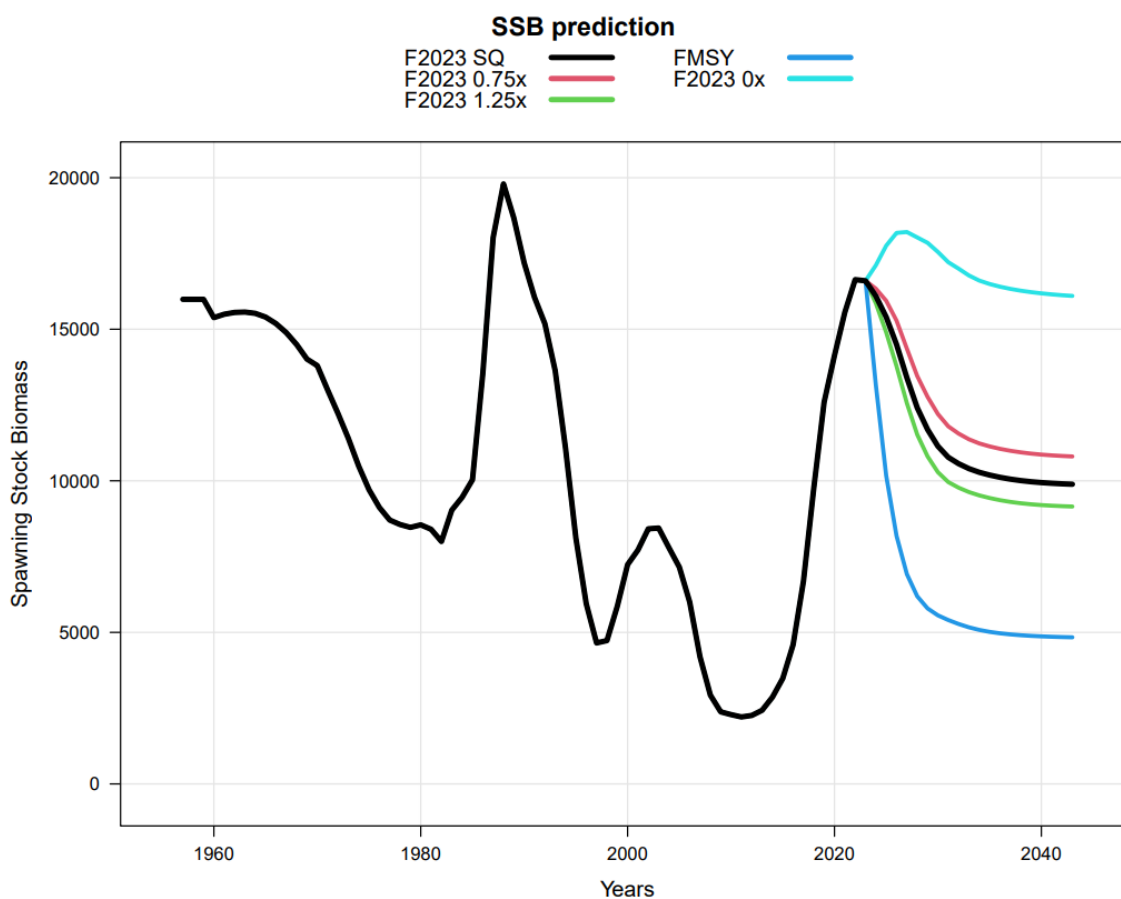


Figura 47. Proyecciones de la biomasa desovante para el periodo 2024-2043, suponiendo reclutamientos bajos y aplicando una estrategia de mortalidades por pesca constante a trav3s de los a3os. Se proyectan diferentes niveles de F que son m3ltiplos (0.0, 0.75, 1 o SQ, 1.25) de F2023 y $F=F_{RMS}$ (FMSY).

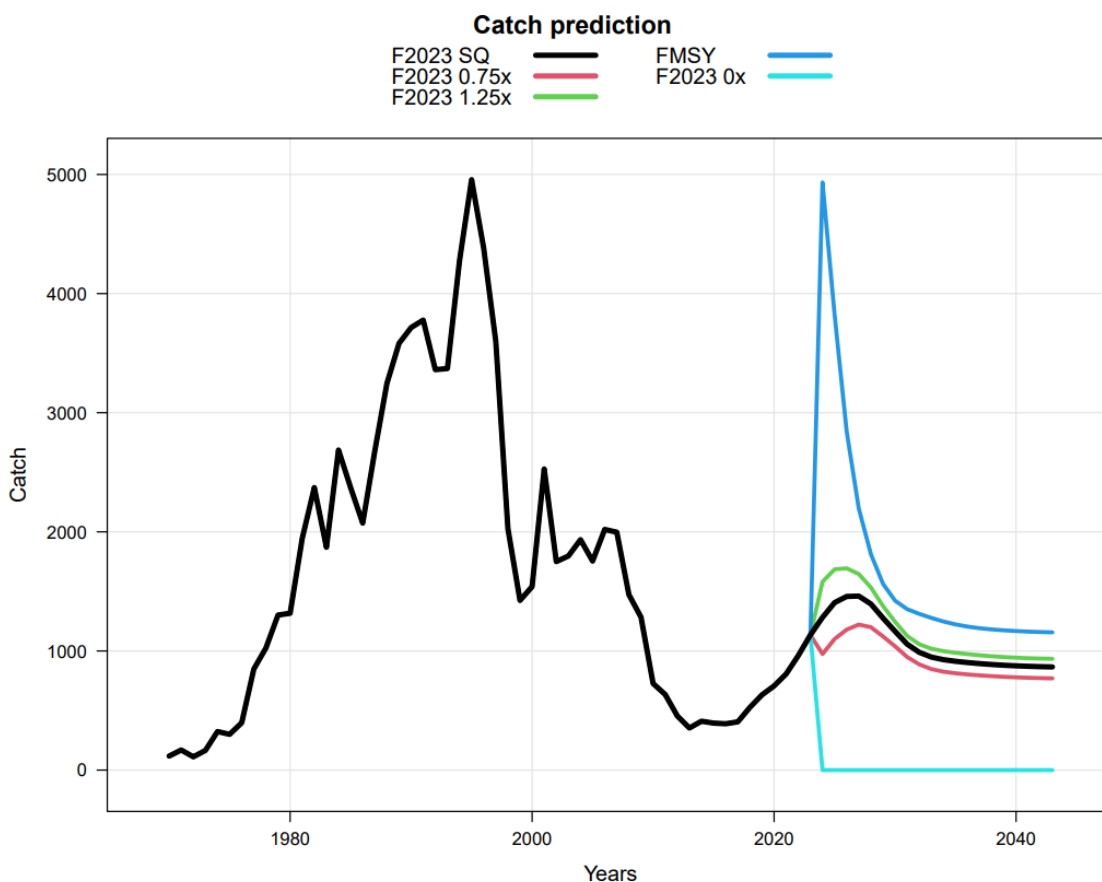


Figura 48. Proyecciones de la captura total (en miles de t) para el periodo 2024-2043, suponiendo reclutamientos bajos y aplicando una estrategia de mortalidades por pesca constante a través de los años. Se proyectan diferentes niveles de F que son múltiplos (0.0, 0.75, 1 o SQ, 1.25) de F2023 y $F=F_{RMS}$ (FMSY).

4.3.2. Captura con F_{RMS} para el 2024 y con regla de estabilización de capturas.

La captura total que resulta de aplicar el F_{RMS} para el 2024 se estimó en 4,9 millones t y para el 2025 en 3,8 millones de t (**Tabla 20**). Sin embargo, siguiendo las pautas establecidas por el plan de recuperación (la cuota de captura no puede ser mayor o menor que un 15% que la cuota del año anterior), la capturas para el 2024 deberían ser iguales o menores a 1,242,000 t. Adicionalmente, según lo solicitado por la Comisión, la captura con un límite de 20% mayor que la cuota del año 2023 sería de 1,296,000 t. En todos los escenarios se proyectaron altas probabilidades que las biomazas sean mayores que la biomasa en el RMS, excepto cuando se proyecta el F_{RMS} donde las probabilidades bajan a 45% en el 2029 y 40% en el 2023, esto es esperable ya que, en el largo plazo la probabilidad debería ser cercana a 50%, es decir, cercana a la mediana.

Tabla 20. Escenarios de proyecciones bajo diferentes estrategias de explotación de mortalidad por pesca constante (primera columna). Se proyectan las capturas para los años 2024 y 2025 (C miles de t), las biomazas desovantes para los años 2025, 2029 y 2033 (B en miles de t) y las probabilidades (Pr) que estas biomazas sobrepasen la B_{RMS} .

Escenario	C_{2024}	C_{2025}	B_{2025}	$Pr(B_{2025} > B_{RMS})$ %	B_{2029}	$Pr(B_{2029} > B_{RMS})$ %	B_{2033}	$Pr(B_{2033} > B_{RMS})$ %
F = 0	0	0	18415	100	20915	100	22109	100
F = F_{2023}	1280	1405	16058	100	14450	97	14537	94
F = F_{MSY}	4880	3807	10866	94	7766	45	7432	40
F = $F_{2023} \times 0.75$	973	1100	16594	100	15599	98	15756	96
F = $F_{2023} \times 1.25$	1579	1684	15551	100	13491	94	13539	91
TAC = TAC_{2023}	1080	1207	16255	100	12377	95	11013	83
TAC = $TAC_{2023} + 15\%$	1242	1367	15470	100	11821	92	10515	79
TAC = $TAC_{2023} + 20\%$	1296	1419	15377	100	11646	91	10361	78

Considerando que la Comisión de la OROP-PS acordó que las capturas de Chile corresponderán al 66,3665% de la cuota de captura para el área de distribución del recurso, la cuota de Chile podría ser de 824 mil t o de 860 mil t dependiendo si se acuerda un 15% o un 20% de aumento de la cuota del año pasado, respectivamente.

4.4 Objetivo 4

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

En el caso del jurel, las recomendaciones de los Procesos de Revisión por Pares Externos e Independientes (RPEI) y del Comité Científico Técnico (CCT) se realizan, analizan y discuten en el Comité Científico (CC) de la OROP-PS. Luego, estas recomendaciones se incorporan en el plan de trabajo (“Work plan”) anual del CC de la OROP-PS, el cual es informado al CCT chileno.

4.4.1 Participación de IFOP en el plan de trabajo del CC de la OROP-PS.

IFOP participó en todas las tareas y subtarefas del año 2023 del plan de trabajo multianual del Comité Científico (CC) de la OROP-PS del periodo 2023-2024+ (**Tabla 21**).

Tabla 21. La participación de IFOP en las tareas y subtareas del plan de trabajo multianual del Comité Científico (CC) de la OROP-PS para el período 2023-2024+.

Tarea	Subtarea	Línea de tiempo	Coordinador	¿IFOP participó?
Evaluación de stock	Revisar los datos de entrada disponible para la evaluación de stock	2023	US/EU	SI
	Continuar actualizando y comparando estandarizaciones de índices de abundancia comercial entre diferentes flotas y el Impactos del aumento de la eficiencia en las flotas.	2023		SI
	CC y otros fondos para apoyar a los expertos durante el la evaluación de stock en el SC	2021-2022	EU	NO
	Proporcionar asesoramiento sobre TAC de acuerdo con la solicitud de la Comisión. (Basado en la regla de control de captura de SCW14).	2023		SI
Evaluación de Estrategia de Manejo	Taller sobre objetivos de EEM y medidas de reglas de control de la pesca (HCR) con partes interesadas y administradores, preferiblemente en conexión con la reunión de la Comisión de 2023.	2023	EU/ Chile	SI
	Desarrollar y llevar a cabo una evaluación de EEM para diseñar procedimientos de manejo alternativos (ver COMM8-Informe Anexo 8b). Esto incluirá puntos biológicos puntos de referencia, prórroga de cuota, cuota acumulada en 2 años, e hipótesis de stock (párrafos 80, 102, 118 COMM8-Informe). Los resultados iniciales deben informarse al SC11.	2023		SI
Investigación en Conectividad	Grupo de trabajo sobre conectividad para mejorar la comprensión del origen y la mezcla de poblaciones o subpoblaciones de jurel en el Pacífico Sur. Términos de referencia incluidos en G137-2022.	2022-2026	Chile Perú EU	Si,
Técnicas de edad	Grupo de trabajo sobre análisis de edad e intercambio de otolitos del CJM para abordar las prácticas actuales de asignación de la edad de jurel, las técnicas de validación para verificar edades y una documentación completa de técnicas de envejecimiento y protocolos. Términos de referencia incluidos en SC9.	2022 - 2024	Chile Perú EU	NO (IFOP invitó a participar en el taller, pero no hubo interesados)

4.4.2 Hoja de ruta de IFOP para atender las actividades del plan de trabajo del CC de la OROP-PS.

Cumplimento de actividades de la hoja de ruta de IFOP para atender las actividades del plan de

Las actividades realizadas de la hoja de ruta de IFOP corresponden a las subtareas en el plan de trabajo trabajo del Comité Científico (CC) de la OROP-PS durante el 2023 fueron.

Revisar los datos de entrada disponible para la evaluación de stock.

Se revisaron los datos biológico-pesqueros del jurel considerando la actualización de los datos. La información biológica fue actualizada hasta el primer trimestre del 2023, mientras que el índice de CPUE hasta junio del 2023. Los datos fueron enviados al CC de la OROP-PS en tres archivos ("templates"): 1) Chile_ALK_SPRFMO_2022.xlsm; 2) Chile_ALK_SPRFMO_2023_1stQ.xlsm; 3) Chile_SURVEY_SPRFMO_2023_ZN&CS.xls.

Continuar actualizando y comparando estandarizaciones de índices de abundancia comercial entre diferentes flotas y el Impactos del aumento de la eficiencia en las flotas.

Esta tarea se abordó en detalle durante el año 2023 y se reporta en el primer objetivo del presente informe.

Proporcionar asesoramiento sobre TAC de acuerdo con la solicitud de la Comisión

Se realizaron tres subtareas:

1) Envío de documentos de trabajo al 11° CC

Para este año la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura solicitó informar del envío de estos documentos de trabajo mediante un documento técnico que fue entregado en agosto de 2023 (Payá 2023e).

Los siguientes documentos de trabajo ("working papers") fueron enviados por IFOP a la 11°CC fueron.

Referencia	Título
SC11-JM05	Ageing update of CJM and estimation of age error Matrix (CHL). https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM05-CHL-Ageing-update-of-CJM-and-estimation-of-age-error-Matrix.pdf
SC11-JM06 rev1	Effort Creep in the JM south central fleet in Chile (CHL) https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM06_rev1-CHL-Effort-Creep-in-the-JM-south-central-fleet-in-Chile.pdf
SC11-JM10	Update up to June 2022 of the Chilean jack mackerel abundance index based on the catch per fishing set (CHL)

	https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM10-CHL-Update-up-to-June-2022-of-the-CJM-abundance-index-based-on-the-catch-per-fishing-set.pdf
SC11-JM11	Update of the Chilean Jack Mackerel CPUE abundance index based on catch by fishing trip in the south-central Chile (CHL) https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM11-CHL-Update-of-the-CJM-CPUE-abundance-index-based-on-catch-by-fishing-trip-in-the-south-central-Chile.pdf
SC11-JM12	CJM abundance index estimated by spatiotemporal SPDE-based GLM and compare with other CPUE indices (CHL). https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM12-CHL-CJM-abundance-index-estimated-by-spatiotemporal-SPDE-based-GLM-and-compare-with-other-CPUE-indices.pdf
SC11-JM15	Hydroacoustic assessment of Chilean Jack Mackerel carried out in the north and south-central area of Chile (2023). https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM15-CHL-Hydroacoustic-assessment-of-CJM-carried-out-in-the-north-and-southcentral-area-of-Chile-2023.pdf

Los resúmenes de los documentos de trabajo de IFOP se presentan a continuación.

Actualización del índice de abundancia de CPUE del jurel chileno basado en la captura por viaje de pesca en el centro-sur de Chile. Autor: Ignacio Payá.

El índice de abundancia basado en el modelo de CPUE de la flota cerquera de Chile centro-sur es uno de los principales índices utilizados en el modelo de evaluación del stock de jurel. Este índice se actualizó hasta junio de 2023. El modelo de CPUE utiliza la capacidad de bodega de los buques tanto en variables independientes como dependientes. Para evaluar el efecto del uso de la capacidad de bodega del buque en el modelo de CPUE, se ajustó un modelo alternativo basado en la captura con la capacidad de bodega del buque como covariable. Los dos modelos estimaron un índice de abundancia similar, que tuvo una tendencia decreciente desde 1983 hasta 2011, una tendencia creciente hasta 2020 y una estabilización en los últimos tres años. El nivel actual del índice es similar al del año 2001.

Se analizaron las relaciones entre el índice de CPUE y los resultados del estudio hidroacústico en el área centro-sur, incluida la biomasa acústica, la densidad acústica y el área de distribución de peces. Para los años 2000, 2021 y 2023, los cruceros acústicos estimaron tendencias decrecientes en la biomasa y en el área ocupada por los peces, y un alto incremento en la densidad. Se ajustó un modelo de rampa entre

el índice de CPUE y la biomasa. El índice de CPUE tiende a aumentar con la densidad acústica hasta un nivel asintótico. Se ajustó un modelo lineal entre el índice de CPUE y el área (excluyendo los últimos tres años), que se propone para corregir el índice de CPUE. Esta corrección redujo la tasa de recuperación en los últimos tres años. Se recomienda tener un enfoque precautorio porque el índice de CPUE parece sobreestimar la recuperación del stock.

Actualización a junio 2022 del índice de abundancia del jurel chileno en base a la captura por lance de pesca. Autor: Ignacio Payá.

El índice de CPUE de la flota cerquera de Chile Centro-Sur es uno de los índices más importantes del modelo de evaluación del stock de jurel chileno. La CPUE se calcula como la captura dividida por los días fuera del puerto multiplicado por la capacidad de carga del buque. Un índice alternativo basado en la captura por lance de pesca fue estimado por Caballero et al. (2020) para el período 1994-2020. El objetivo de este documento fue actualizar este índice hasta junio de 2022. Los datos combinaron las observaciones científicas recopiladas por los observadores a bordo de IFOP y la industria pesquera. El índice de CPUE se estimó utilizando un modelo estadístico que incluye una distribución de probabilidad compuesta que describe la probabilidad conjunta de éxito y una captura por lance de pesca. El índice actualizado fue significativamente diferente de los datos nominales y fue igual al índice estimado por Caballero et al. (2020). Durante el período 2006-2022, la tendencia del índice de CPUE actualizado fue similar al índice de CPUE utilizado en el modelo de evaluación de stock. Durante 1994-2005, estos índices de CPUE tuvieron diferentes tendencias. El modelo actualizado explicó una desviación total del 10,2 % y el tamaño de la muestra fue bajo en algunos de los primeros años. Se identificaron análisis adicionales como GAM y análisis geo-estadístico y modelos espacio-temporales.

Índice de abundancia de jurel chileno estimado por GLM espaciotemporal basado en SPDE y comparado con otros índices de CPUE. Autor: Ignacio Payá.

El índice de CPUE de la flota cerquera de Chile Centro-Sur es uno de los índices más importantes del modelo de evaluación del stock de jurel chileno. La CPUE se calcula como la captura dividida por los días fuera de puerto multiplicado por la capacidad de carga del buque. GLM estimó un índice alternativo basado en la captura por lance de pesca utilizando un modelo estadístico que incluía una distribución de probabilidad compuesta que describe la probabilidad conjunta de éxito y una captura por lance de pesca (Caballero et al., 2020 y Payá, 2023a). Sin embargo, este modelo explicó el 10,2% de la desviación total y tuvo tamaños de muestra pequeños en algunos años, por lo que se identificaron análisis adicionales. Este documento informa las estimaciones del índice de CPUE realizadas utilizando GLMM basados en SPDE espaciotemporales con un generador de modelos de plantilla (sdmTMB). Se ajustaron dos modelos a los datos, un modelo espaciotemporal y un GLM espaciotemporal. Los

índices de abundancia estimados no fueron significativamente diferentes entre los dos modelos. En relación al índice de CPUE estimado por GLM utilizando captura por lance de pesca (Caballero et al., 2020 y Payá, 2023a), los índices tuvieron tendencias similares. En relación con el índice de abundancia de CPUE utilizado en el modelo de evaluación de stock, los índices tuvieron una tendencia similar para el período 2006-2022, pero no para el período 1994-2005. Para el período 2006-2022 todos los índices mostraron una tendencia tipo “V” con la cifra mínima en el año 2011, pero la tasa de disminución antes de este año y la tasa de aumento después de este año fue mayor en el índice de abundancia basado en días fuera de puerto. Estos resultados son parte de un trabajo en curso y se identificaron análisis adicionales.

Aumento de la eficiencia del esfuerzo en la flota centro-sur de jurel en Chile: análisis preliminar y alternativa propuesta. Autores: José Zenteno e Ignacio Payá.

La flota centro-sur de la pesquería de jurel en Chile ha experimentado cambios tecnológicos a lo largo del tiempo, lo que puede no estar reflejado en otras variables ya consideradas en el proceso de estandarización de CPUE. Para tener en cuenta estos cambios, el Comité Científico de la OROP-PS acordó aplicar un factor del 1% anual para corregir los índices de abundancia de CPUE de jurel para las flotas chilena y peruana. Sin embargo, existen preocupaciones sobre las implicaciones técnicas de una tasa fija, y se recomendó la exploración de factores de corrección de eficiencia alternativos. En este estudio recopilamos y organizamos la información cualitativa y cuantitativa disponible relacionada con los cambios tecnológicos, operativos y normativos en la flota centro-sur de Chile, y se desarrolló una serie de tiempo informada de la fluencia del esfuerzo. La corrección propuesta está compuesta por bloques variables en el tiempo de factores de eficiencia, lo que brinda una alternativa para la corrección del esfuerzo o CPUE. Discutimos los beneficios y las limitaciones de este enfoque y proponemos los siguientes pasos para ajustar y mejorar su confiabilidad.

Actualización de la matriz de error de lectura de la edad del Jurel. Autores: Camilo Rodríguez-Valentino.

Los datos de captura por edad son cruciales para la evaluación del stock de jurel chileno (*Trachurus murphyi*). La estimación de la edad del jurel chileno ha demostrado ser una tarea difícil, lo que ha llevado a muchos estudios para establecer y validar protocolos de lectura de otolitos (FIPA 2014-32, FIPA 2017-61, FIPA 2021-21). Como resultado, se ha propuesto un nuevo protocolo de lectura de otolitos, basado en lecturas de microincrementos y bombas de radiocarbono para validar la interpretación de los anillos (Cerna et al. 2022). Los errores de estimación de la edad pueden dar lugar a errores en la estimación de la captura y el peso del stock por edad, la madurez por edad y cualquier índice de captura por unidad de esfuerzo (cpue) estructurado por edad. Por lo tanto, los problemas de lectura de la edad pueden influir prácticamente en todos los datos de evaluación (Reeves 2003). Para abordar este

problema, se utiliza una matriz de error de edad en la evaluación de poblaciones para sopesar la probabilidad de que un pez de "edad real" se asigne incorrectamente a una de las clases observadas (Vitale et al 2019). Como consecuencia del cambio en el protocolo de lectura de otolitos, se ha actualizado la matriz de error de edad del jurel.

2) Reunión previa al 11° CC.

La reunión de trabajo del grupo de jurel preparatoria para la reunión anual del CC se realizó en agosto y que tuvo como objetivo revisar: 1) la preparación de los datos para la evaluación de stock; 2) el estado de los programas para realizar la evaluación, estatus del stock, y proyecciones de capturas; 3) las composiciones de edades y tallas de la captura; 4) los documentos enviados al CC; y 5) la actualización del avance de la plataforma de EEM.

3) 11° reunión anual del CC.

La 11° reunión del comité científico (CC11) se realizó entre el 11 al 16 de septiembre de 2023 en forma presencial en la ciudad de Panamá en Panamá (<https://www.sprfmo.int/meetings/scientific-committee/11th-sc-2023/>). Por segundo año consecutivo, Ignacio Payá realizó la vocería de la delegación chilena. La delegación chilena fue presidida por Aurora Guerrero y estuvo compuesta por un total 13 miembros (foto 1). En el CC tuvo un total de 80 participantes de los 17 países miembros y de 8 ONG observadoras.

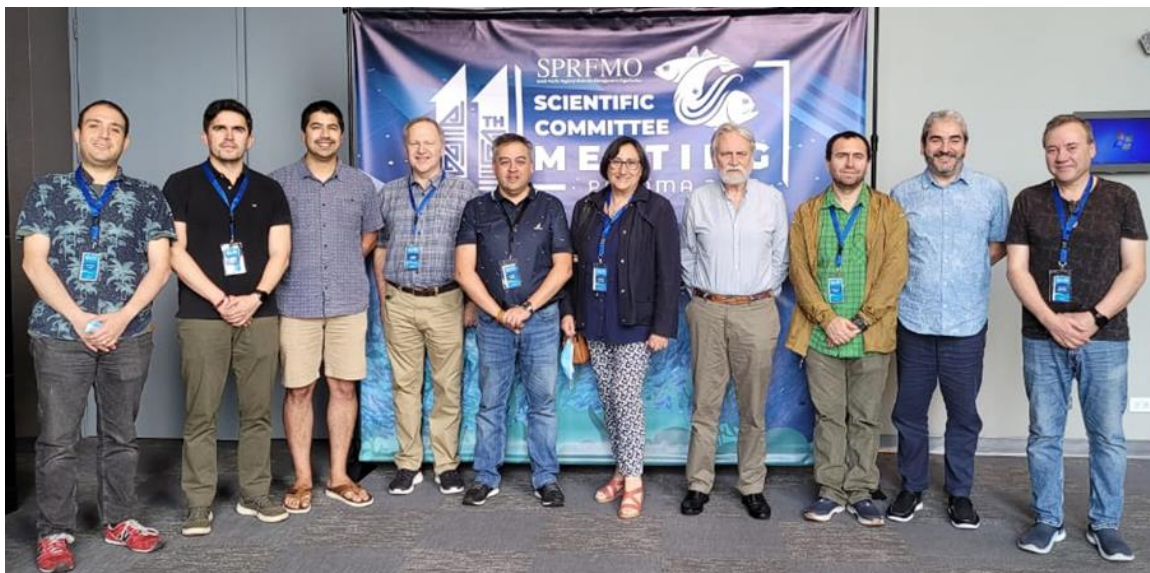


Foto 1. Delegación Chilena en el CC11 de la OROP-PS 2023. De izquierda a derecha: Salvador Vega (Cancillería de Chile), Sebastián Vásquez (INPESCA), José Zenteno (IFOP), Andrés Daroch (FoodCorp Chile), Mauro Urbina (SSPA), Aurora Guerrero (SSPA), Andrés Couve (Asesor), Christian Ibáñez (U. Andrés Bello), Ignacio Payá (IFOP), Aquiles Sepúlveda (INPESCA). Ausentes en la foto: Albert Arias (asesor), Cristian Canales-Aguirre (U. de los Lagos) y Carlos Gaymer (UCN).

Durante el CC11, I. Payá realizó la presentación oral “Chilean Jack Mackerel Fleet 2 CPUE abundance indices”, donde se presentó la actualización del índice de CPUE, los índices alternativos basados en modelos espaciotemporales (objetivo 1 del presente proyecto) y la comparación entre ellos. Por su parte, J. Zenteno realizó la presentación oral “Effort Creep in the JM south central fleet in Chile”, donde se presentó la exploración de la corrección al índice de abundancia por cambios temporales en la eficiencia de la flota pesquera en Chile.

Subtareas de la tarea de Evaluación Estrategia de Manejo.

Se reportan en el objetivo 5 de este informe.

Grupo de trabajo sobre conectividad

Ignacio Payá y José Zenteno participaron en el “Symposium on the State on the art of habitat monitoring”, que fue organizado por el grupo de conectividad del CC de la OROP-PS (<https://symposiumonhabitatsprfmo.org/>) y que se realizó en noviembre de 2023 en la Ciudad de Concepción en Chile (foto2). Varios investigadores del Departamento de Evaluaciones Directas (DED) de IFOP realizaron presentaciones orales.



Foto 2: Symposium on the State on the art of habitat monitoring (Crédito de foto: Jocelyn Vargas, <https://www.aqua.cl/simposio-internacional-sobre-monitoreo-del-habitat-marino-reune-a-investigadores-del-mundo/>).

4.4.3 Asesoría directa a la Administración, participación en el Comités Científico Técnico de jurel (CCT-jurel).

Durante el año 2023, el jefe de proyecto, Ignacio Payá, participó como miembro representante de IFOP en el CCT-jurel, donde se realizaron un total cinco reuniones y siete presentaciones orales.

La primera reunión se realizó en enero de 2023 y tuvo por objetivo revisar: 1) las ppropuestas de proyectos de investigación para el año 2024; 2) el “work plan” del CC- de la OROP-PS; 3) el estado de situación del desarrollo de la EEM en la OROP-PS, y preparar la reunión de EEM previa a la Comisión en Manta 2023. Durante esta reunión se realizó una presentación oral (ver **Anexo 2**) con los siguientes temas: 1) propuestas de proyectos 2024; 2) revisión del “workplan” (CC de la OROP-PS) y aporte nacional; 3) estado del arte de la EMM (EU) y próxima reunión del CC con la Comisión en Manta.

La segunda reunión se realizó en abril de 2023 y tuvo por objetivo revisar: 1) los resultados de la reunión anual de la Comisión-OROP-PS realizada en Manta, Ecuador, 2) el Plan de Trabajo actualizado; 3) los avances en la EEM, incluyendo la revisión de PBR, HCR (Buffer), remanentes, y traspaso de cuotas de 2 años; 4) la definición del listado de “working papers” a elaborar para el 11° CC de ORORP-PS; 5) los avances del simposio de “Habitat Monitoring”; 6) la presentación de los resultados del Proyecto FIPA: 2019-17 y 2021-21. Durante esta reunión se realizó una presentación oral (ver **Anexo 3**) con los siguientes temas: 1) material en sitio “Googlesite”; 2) video sobre EEM; 3) ¿qué es EEM? y revisión de conceptos; 4) tópicos de la reunión en Manta, objetivos de manejo teóricos, objetivos de manejo prácticos e indicadores de desempeño; 5) cronograma de EEM en la OROP-PS; 6) consideraciones técnicas sobre los ejes de incertidumbre relevantes para la delegación chilena.

La tercera reunión se realizó en junio de 2023 y tuvo por objetivo revisar: 1) el esquema general de EEM y aclaración de dudas generales; 2) propuesta de trabajo por módulos para el CCT-J; 3) avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS; 4) análisis de modelo operativo; 5) análisis del modelo de error de observaciones; 6) comentarios y acuerdos del CCT-J. Además, en la sección de la tarde, se realizó el taller de trabajo sobre índices de abundancia basados en la CPUE de la pesquería centro-sur de jurel. Durante esta reunión se realizó una presentación oral (ver **Anexo 4**) con los siguientes temas: 1) revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales; 2) propuesta de trabajo por módulos para el CCT-J; 3) avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS; 4) análisis de modelo operativo; 5) análisis del modelo de error de observaciones; 6) comentarios y acuerdos del CCT-J.

La cuarta reunión se realizó en septiembre de 2023 y tuvo por objetivo revisar: 1) el estado de avance de la EEM que se desarrolla en el marco del SC-SPFRMO; 2) los “Working papers” en temas de interés al SC-SPFRMO. Durante esta reunión se realizaron dos presentaciones, la primera (ver **Anexo 5**) con los siguientes temas: 1) revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales; 2) reuniones del grupo de trabajo de EEM; 3) avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS -> Modelo operativo. La segunda presentación (ver **Anexo 6**) tuvo los siguientes temas: 1) actualizar el índice actual utilizado en el JJM; 2) Analizar índices alternativos; 3) Para mejorar la resolución espacial, Viajes de pesca - > Set de pesca (actualización); 4) Para mejorar el análisis espacial, cambiar definición de zona, introducir análisis geoestadísticos, introducir correlaciones

espaciotemporales; 5) comparar los diferentes índices alternativos con el índice usado en la evaluación de stock.

La quinta reunión se realizó en noviembre de 2023. Previo a esta reunión la SSPA solicitó a IFOP un documento técnico sobre Puntos biológicos de Referencia que se entrega en el **Anexo 7**, que fue entregado al CCT-j antes de la quinta reunión y cuyo resumen ejecutivo es:

En el jurel se utilizan los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) dinámicos BD_RMS y F_RMS cuyos valores dependen, entre otras variables, del rango de años utilizados para estimar la relación stock-recluta. Desde el modelo de evaluación de stock se estimaron dos conjuntos de PBR, uno usando el rango de años referencial 2000-2020, y otro escenario con el rango 2001-2015. El objetivo de este documento fue actualizar los estimados de PBR considerando el impacto del rango de años usado para estimar la relación stock-recluta, y los PBR establecidos en Chile. Para esto se analizan los resultados del modelo de evaluación de stock acordado en el 11° Comité Científico de la OROP-PS (modelo h1_1.07), y los PBR estimados usando el rango de años 2000-2020, y el rango 2001-2015. Las variables principales del stock estimadas por el modelo, como la biomasa desovante y los reclutamientos, no fueron afectadas por el rango de años empleados para estimar la relación stock-recluta. El cambio del rango de años, generó en la BD_RMS un aumento desde 5,3 millones de t (rango 2001-2015) a 8 millones de t (rango 2000-2020). Sin embargo, el BD_RMS expresado como porcentaje de B0 fue similar (33-34%B0). Blim estimado como 8%B0 en el taller de benchmark de 2022, con la actualización aumentó a 14%B0 para el rango de años 2021-2015, mientras que para el rango de años 2000-2020 fue muy similar (9%). El F_RMS prácticamente se mantuvo igual independiente del rango de años usado. Por lo tanto, cuando se emplearon períodos de años con reclutamientos más altos (2000-2020) el BD_RMS fue mayor en términos de toneladas, pero similar en términos de %B0. Esto también impacta al diagrama de estatus, indicando una mejor condición cuando se utiliza el rango de reclutamientos bajos (2001-2015). En relación con los PBR estimados el 2022, y establecidos en Chile en el 2023, el F_RMS casi se duplicó, mientras que el BD_RMS como %B0 se mantuvo similar y en términos de toneladas aumentó en 600 mil t.

La reunión tuvo por objetivos: 1) revisar los antecedentes biológico-pesqueros; 2) establecer el estatus, CBA y la actualización de PBRs; 3) generar las propuestas de proyectos para la elaboración del programa de Investigación FIPA año 2025; 4) realizar el taller de evaluación de stock de jurel y avances en la EEM en la CC11 de SPFRMO.

Durante esta reunión se realizaron dos presentaciones, la primera (ver **Anexo 8**) con los siguientes temas: 1) Trabajo intersesional y documentos de trabajo; 2) documentos de trabajo de jurel; 3) actualización de la evaluación de stock en SPRFMO. La segunda presentación fue la base del Taller de avances en la EEM y del plan de trabajo en el CC11 de la OROP-PS (ver **Anexo 9**) y tuvo los siguientes temas: 1) avances en el desarrollo y primera aplicación de la EEM en la OROP-PS; 2) los antecedentes reportados para dar cumplimiento a los requerimientos específicos del “workplan” de la OROP-PS.

4.5 Objetivo 5

“Contribuir en la implementación de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM) en el contexto del Comité Científico de la OROP-PS y en la evaluación de escenarios de interés para los intereses nacionales”

4.5.1 Participación en el grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS.

IFOP participó en las cuatro reuniones del grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS, que se realizaron durante el año 2023 (**Tabla 22**).

Tabla 22. Participación de IFOP en las reuniones del grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS, que se realizaron durante el año 2023.

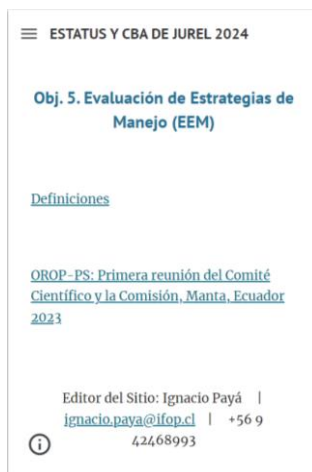
Reunión EEM-OROP-PS	Fecha	Contenido
1	mayo	Conformar el grupo de trabajo Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM EEM en R. Planificar las tareas. Asignar tareas por miembros
2	junio	Actualización del software de EEM OM, proyecciones.
3	julio	Actualización del programa de EEM (MSE software). Discusión sobre tasas de migración (SEAPODYM). OM con diferentes M (pero cambiar modelo de crecimiento para el stock sur) “Effort creep” en OM será igual que el modelo (1%) Pesos medios a la edad: No se incluirán suavizadores Pesos medios y ambiente Concentración costera puede afectar la capturabilidad (q)
4	agosto	Discusión sobre tasas de migración Chile propone tasas de migración bidireccionales basadas en estudios genéticos, pero no se pueden usar porque no están en el formato adecuado.

4.5.2 Inducción e informe de avance de EEM al CCT-jurel nacional

SitioWeb

Para facilitar la inducción de los temas de la EEM se creó en el sitio en internet que se accede con el siguiente vínculo: <https://sites.google.com/ifop.cl/estatus-y-cba-de-jurel-2024/obj-5->

[evaluaci%C3%B3n-de-estrategias-de-manejo/definiciones?authuser=0](#). En el sitio se encuentran vínculos sobre las definiciones y videos tutoriales sobre EEM.



Presentaciones en el CCT-jurel nacional.

Se realizaron presentaciones en cada una de las cuatro reuniones del CCT-jurel nacional (**Tabla 23**)

Tabla 23. Presentaciones realizadas en las cuatro reuniones del CCT-jurel nacional.

Reunión CCT-jurel	Fecha	Contenido de la presentación
1	enero	Estado del arte en EMM (EU) y próxima reunión del CC con el CM en Manta (ver Anexo 2).
2	abril	Material en sitio Googlesite Video sobre EEM ¿Qué es EEM? y revisión de conceptos. Reunión sobre EEM en Manta Objetivos de manejo teóricos Objetivos de manejo prácticos Indicadores de desempeño Cronograma de EEM en la OROP-PS Consideraciones técnicas sobre los ejes de incertidumbre relevantes para la delegación chilena (ver Anexo 3).
3	junio	Revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales Propuesta de trabajo por módulos para el CCT-J. Avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS Análisis de modelo operativo Análisis del modelo de error de observaciones Comentarios y acuerdos del CCT-J (ver Anexo 4)

4	septiembre	Revisi3n del esquema general de EEM y aclaraci3n de dudas generales Reuniones del grupo de trabajo de EEM Avances del grupo t3cnico de EEM de la OROP-PS, modelos operativos (ver Anexo 5)
---	------------	---

4.5.3. Taller nacional de avances en la EEM y del plan de trabajo del CC11.

El taller de trabajo fue planificado inicialmente con el objetivo dar a conocer al Comit3 Científico T3cnico nacional de jurel (CCT-j) la actualizaci3n de los datos e informaci3n preparada para la XI regi3n del Comit3 Científico de la OROP-PS, los principales resultados obtenidos en t3rminos del status del stock y de la captura biol3gicamente aceptable, y los avances en la implementaci3n de la evaluaci3n de estrategias de manejo (EEM). Debido a que en el a3o 2023, previo a la reuni3n de CC11 se realiz3 una reuni3n preparatoria donde se actualizaron los datos y se ajust3 el modelo base de jurel, se acord3 con la contraparte t3cnica de SSPA, Sr. V3ctor Espejo, realizar el taller al interior de la 3ltima reuni3n del CCT-j y adecuar los t3rminos t3cnicos de referencia y la agenda.

Objetivo:

Informar los avances en la implementaci3n de la EEM y del plan de trabajo de jurel en la und3cima reuni3n anual del Comit3 Científico (CC11) de la OROP-PS.

Temas.

1. Avances en el desarrollo y primera aplicaci3n de la EEM en la OROP-PS.
2. Antecedentes reportados para dar cumplimiento a los requerimientos espec3ficos del “workplan” de la OROP-PS.

El taller se realiz3 el 2 de noviembre de 2023 durante la sesi3n de la tarde de la 3ltima reuni3n anual del Comit3 Científico de Pesquer3a Pel3gica de Jurel y tuvo una modalidad hibrida. Los participantes del taller se detallan en la **tabla 24**. El taller fue abierto con invitaci3n a la SSPA, INPESCA y al departamento de evaluaci3n de recursos (DER) de IFOP.

La secci3n de “Avances en el desarrollo y primera aplicaci3n de la EEM” estuvo compuesta por: 1) el repaso del informe de avance en EEM al CCT-j en septiembre 7; 2) el documento de trabajo sobre EEM en el SC11; y 3) la encuesta sobre modelo operativo.

Tabla 24. Participantes presenciales (P) y remotos (R) en el taller.

Comit3 Científico T3cnico de la Pesquer3a Pel3gica de Jurel.		
Nombre	Instituci3n	Modalidad
Ricardo Gallequillos	Nominado, UDEC	R
Sergio Neira	Nominado, UDEC	R

Sandra Ferrada	Nominado, UDEC	R
Víctor Espeio	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	P
Silvia Hernández	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	P
Ignacio Payá	Instituto de Fomento Pesquero	P
Erik Gaete	Instituto de Fomento Pesquero	R
Aquiles Sepúlveda	Sin derecho a voto, INPESCA	R
Jorge Oliva López	Sin derecho a voto, CIAM	R
Participantes invitados		
José Zenteno	Depto. Evaluación de Recursos, IFOP	P
Fabiola Cabello	Depto. Evaluación de Recursos, IFOP	R
Sebastián Vásquez	INPESCA	R
Claudio Gatica	INPESCA	R
Nicole Mermoud	Subsecretaria de Pesca y Acuicultura	P

La agenda del taller fue:

De 14:30 a 14:40: Bienvenida y presentación.

De 14:40 a 15:40:

- Avances en el desarrollo y primera aplicación de la EEM (60 min).

Descanso (10 min)

De 15:50 a 16:30:

- Avances en el desarrollo y primera aplicación de la EEM. Continuación (40 min).

De 16:30 a 17:00:

- Cumplimiento a los requerimientos específicos del “workplan” (30 min).

Conclusiones y cierre del taller.

Las presentaciones realizadas en el taller se entregan en el **Anexo 9**.

La plataforma FLR de EEM para el jurel que implementa la OROP-PS, a la fecha de este informe aún no está completamente terminada, quedando por establecer los modelos operativos y procedimientos de manejo a evaluar, lo cual se realizará durante el año 2024 en el grupo de trabajo de EEM de jurel de la OROP-PS.

Para resumir los avances en el desarrollo y el primer ejercicio de aplicación de la EEM en jurel, a continuación, se presenta una traducción de un extracto de la presentación del Dr. Iago Mosqueira. “SC11-JM16 Conditioning of OMs and exploratory evaluation of candidate management procedures for SPRFMO JM (JMWG-MSE)”. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM16-JMWG-Conditioning-of-OMs-and-exploratory-evaluation-of-candidate-management-procedures-for-SPRFMO-JM.pdf>

Acondicionamiento de modelos operativos (OM)

Los OM están condicionados a los datos disponibles utilizando la última versión del Joint Jack Mackerel Model, jjms (SPRFMO 2022).

Los datos del condicionamiento del modelo operativo son los mismos que los utilizados en la última evaluación de stock (SPRFMO 2022, Anexo 8, modelo 1.02).

Las ejecuciones del modelo utilizadas para el acondicionamiento del modelo operativo utilizaron archivos de entrada disponibles en el repositorio github jjm de SPRFMO, por lo que no se llevó a cabo ninguna preparación de datos específica.

Grilla de OM alternativos

Actualmente, se están considerando formulaciones alternativas de OM para los siguientes elementos:

1) lo escarpado (“steepness”) de la relación stock-recluta; 2) la mortalidad natural; 3) el modelo de crecimiento y peso a la edad; y 4) el aumento de la eficiencia del esfuerzo (“effort creep”) en las flotas pesqueras.

Incertidumbre de parámetros

La incertidumbre se estima con un procedimiento Monte Carlo de la cadena de Markov (MCMC), el cual se realiza utilizando el muestreador no-U-turn (NUTS) (Monnahan y Kristensen 2018). El muestreo se ejecuta durante un total de 12.500 iteraciones en dos cadenas, de las cuales una quinta parte se utiliza como período de “quema” y la cadena se reduce en una de cada 10 iteraciones. Finalmente se utiliza una muestra aleatoria de 500 iteraciones de cada ejecución del modelo para completar los modelos operativos.

Los OM se crean utilizando la clase FLombf:

biols, es un “slot” de clase **FLBiols** capaz de contener una o más poblaciones, representadas en número y biología por edad (madurez, peso medio, fecundidad), más una relación stock-reclutamiento.

Las pesquerías, un espacio de clase **FLFisheries** que almacena los datos de pesquería (esfuerzo, capacidad) y captura (desembarques y descartes por edad, pesos medios, selectividad y capturabilidad) de todas las flotas que operan en los stocks o stocks.

refpts, que contienen los puntos de referencia para cada acción que se utilizarán al calcular el MP actuación.

Pruebas de simulación

Las especificaciones de simulación actuales para las ejecuciones de EEM son las siguientes:

- Las simulaciones comienzan en 2023 y finalizan en 2040.
- Los datos y la gestión tienen retrasos de 1 año, por lo que cada año los datos están disponibles hasta el año anterior y la gestión se aplica el año siguiente. Para algunos índices individuales de abundancia, el retraso de los datos se establece en dos años para reflejar la situación actual.
- Frecuencia de manejo (gestión) de 3 años, por lo que la asesoría se implementa por un periodo de 3 años.
- El número de iteraciones en las simulaciones se establece en 500.

Supuestos de simulaciones

La dinámica futura de los OM se establece suponiendo los valores informados por aquellos que estima el proceso de condicionamiento.

Por defecto, la biología futura (peso por edad, madurez, etc.) y los procesos pesqueros (selectividad) se establecen en el futuro como promedios de los valores estimados o de entrada durante el período más reciente (3 años).

Simulaciones de Reclutamiento

Se basan en el modelo stock-recluta de Beverton y Holt instalado en JJM mediante el procedimiento de acondicionamiento. Las desviaciones sobre esta relación se usan en las proyecciones de los reclutamientos futuros. Para tener en cuenta la variabilidad intrínseca y extrínseca, se ha establecido que las desviaciones tienen una distribución de probabilidad lognormal, con varianza y con autocorrelación de un rezago igual a 1, las cuales se calculan a partir de las desviaciones devueltas por el MCMC del condicionamiento del OM.

Generación de datos futuros

Se evaluó el efecto del aumento de la eficiencia del esfuerzo pesquero (“effort creep”) usada para corregir los índices de abundancia. Se llevó a cabo una prueba con el caso base del modelo de evaluación de stock, considerando niveles de corrección bajos (0%) y altos (2,5%) en todos los índices. El efecto sobre la dinámica del stock parece ser limitado.

Los posibles aumentos futuros en la eficiencia de la CPUE podrían incorporarse mediante cambios en el tiempo en el parámetro $\alpha\alpha$ de la relación mortalidad por pesca y esfuerzo utilizado para proyectar las pesquerías en el futuro tanto en la captura como en la CPUE.

Incertidumbre de las capturas

Actualmente se está configurando el error de observación en los conjuntos de datos de captura por edad y captura por talla para que sigan una distribución lognormal con una varianza fija (0,2 en escala logarítmica), igual para todas las flotas.

Procedimiento de manejo (MP) candidatos

Los pasos que se incluyen en la configuración de simulación actual son:

- Recopilación de datos
- Estimación del estado
- Regla de decisión
- Sistema de implementación
- Error de implementación

Los MP incluidos son:

MP 1: Modelo actual de evaluación de stock suponiendo una sola unidad de stock (SPRFMO 2022), aplicando una regla de cosecha tipo rampa y la asignación de capturas por flota (jjms.sa + hockeystick.hcr + splitcatch.is).

MP 2: MP sin modelo, el estado de la población está determinado por una tasa de explotación relativa, calculada a partir de la captura total dividida por un índice de abundancia.

El procedimiento de manejo de tasa de explotación relativa ($cpue.ind + hr.hcr + splitcatch.is$) establece que el estado de la población está determinado por una tasa de explotación relativa. Esta tasa de captura relativa = $captura\ total / indicador\ relativo\ del\ tamaño\ de\ la\ población$ (como un índice de biomasa acústica). Recientemente se ha propuesto y probado para la gestión de poblaciones para las que no se dispone de una evaluación de población (Fischer et al., 2022).

MP 3: MP con atajo ("shortcut") para sustituir la evaluación del stock por una observación directa de la abundancia con algún nivel de error establecido en la métrica observada, en este caso SSB.

El asesoramiento de TAC se divide entre las flotas utilizando sus proporciones relativas actuales, calculadas como un promedio de las notificadas durante los últimos tres años.

Estadísticas de desempeño

El conjunto actual de estadísticas de desempeño se ha definido para informar sobre los cuatro ejes principales sobre los cuales evaluar la calidad de los MP candidatos: estado del stock, riesgo de conservación, captura niveles y variabilidad en la captura.

Nombre	Descripción	Fórmula
SBMSY	SB (Biomasa desovante) promedio relativo a SB_{MSY}	~Promedio anual (SB/SBMSY)
FMSY	Mortalidad media por pesca en relación con F_{MSY}	~ Promedio anual (F/FMSY)
PSBMSY	Probabilidad de SB mayor o igual a SB_{MSY}	~ Promedio anual ((SB/SBMSY) >= 1)
PSBlim	Probabilidad de que SSB esté por encima B_{lim}	~ Promedio anual ((SB/SB _{lim}) > 1)
C	Captura media por año	~ Promedio anual (C)
IACC	Cambio interanual porcentual en la captura	~100 * Sumas anuales (abs (C[, -1] - C[, -dim(C)[2]]))/sumas anuales (C)
PC0	Probabilidad de cierre de la pesca ($CC < MSY \cdot 0.1$)	~yearSums(C < 0.1 * MSY)/dim(C)[2]
green	Probabilidad de estar en el cuadrante verde del "Kobe plot"	~ Sumas anuales (FLQuant((SB/SBMSY) > 1 & (F/FMSY) < 1))/dim(SB)[2].

Sintonización (puesta a punto) de los procedimientos de gestión.

Los procedimientos de manejo se pueden establecer para lograr un objetivo principal, en un período de tiempo determinado y con cierta probabilidad, encontrando el valor preciso de uno o más parámetros que pueden alterar su desempeño.

Como ejemplo, un procedimiento de manejo (basado en un atajo de la evaluación de stock) que en el período 2027-2036 logró alcanzar probabilidades del 50, 60 o 70% de $SB \geq SB_{MSY}$ y $F \leq F_{MSY}$. Se trata de una estadística de desempeño, a la que generalmente se hace referencia como estar en el área verde del "Kobe plot", y que se ha acordado por las OROP de tónidos (Merino et al., 2020) y cada vez más por otros organismos (Figuras 49 y 50).

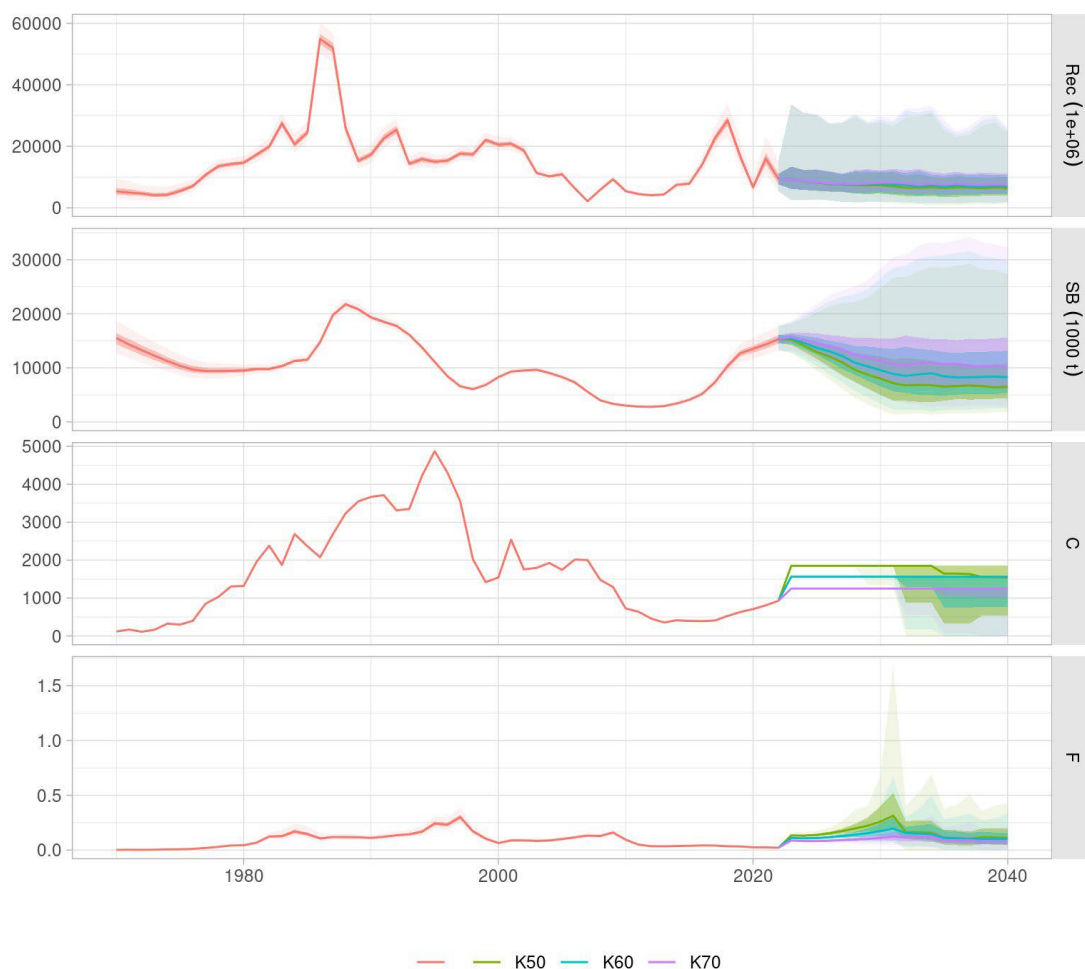


Figura 49: Reclutamiento (Rec), biomasa del stock reproductor (SB), captura total (C) y mortalidad por pesca (F) para el MP (con atajo) ajustado a probabilidades de 50, 60 y 70% de caer en el área verde del “Kobe plot” en el periodo 2027-2036 (tomado de SC11 – JM16).

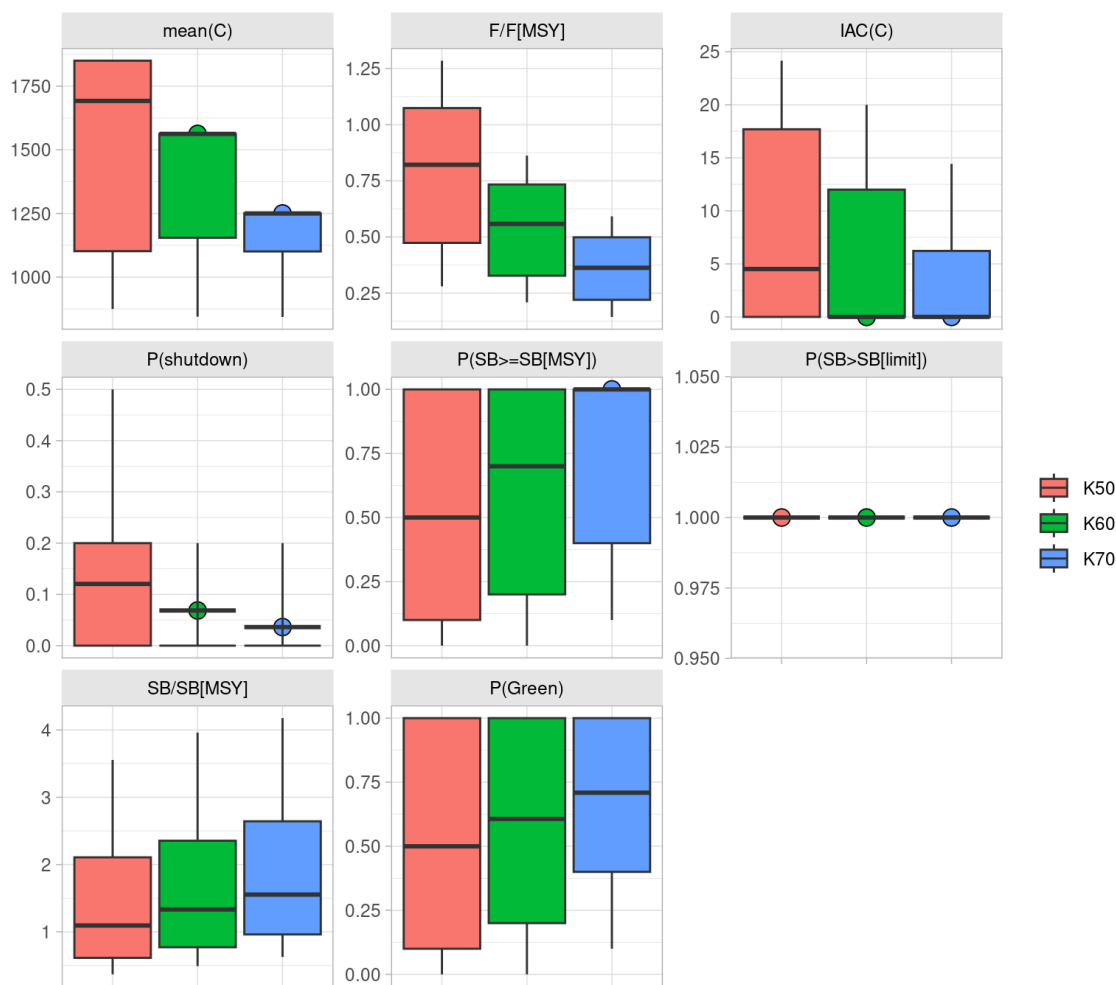


Figura 50. Distribución de valores para un rango de estadísticas de rendimiento calculadas para los MP (con atajo) ajustados a probabilidades del 50, 60 y 70% de caer en el verde de Kobe en el período 2027-2036 (abajo)(tomado de SC11 – JM16).

Discusiones durante el taller

Avances en la implementación de la EEM

La SSPA y algunos miembros del CCT expresaron su preocupación por la situación de incertidumbre acerca de varios puntos relacionados con el avance del EEM en la OROP-PS. En particular que Perú siga incorporando sus posiciones respecto a ciertos aspectos claves de los MO, y que Chile no tenga la oportunidad asegurar que se consideren escenarios que sean de interés nacional. I. Payá comentó que los plazos impuestos por el Dr. Hintzen pueden ser más cortos que los que el proceso necesite, y que no son necesariamente los que ocurrirán, ya que se espera que el proceso se complete en el año 2025.

La SSPA indicó que en el modelo operativo (MO) de una sola unidad de stock se debería incluir un solo modelo de crecimiento y excluir el modelo de crecimiento de Perú, ya que este último se usa en

el MO de dos unidades de stocks. I. Payá indicó que esto ha sido discutido con Dr. Hintzen y Dr. Ianelli, quienes consideran que dentro de un stock pueden existir diferencias locales en los modelos de crecimiento, especialmente por las temperaturas más altas en el Perú. Sin embargo, esto se discutió antes del proyecto de EEM y de la formalización de las MO, por lo que tiene sentido volver a discutirlo.

Sobre los resultados preliminares de la EEM de la estrategia de captura constante, estos muestran que la moda de las proyecciones de reclutamiento modal es constante a través de los años de proyección. I. Payá indicó que esto no es consistente con toda la variabilidad histórica del reclutamiento y parece que sólo se consideró el período de reclutamientos bajos y que estas proyecciones no consideran el efecto probable del Niño 2023-2024. INPESCA sugirió analizar el uso de reclutamientos espasmódicos o por pulsos para los OM.

Jorge Oliva indicó que los estimados de los reclutamientos de los últimos años pueden estar afectados por la baja presencia de reclutas en la matriz de captura a la edad de la flota industrial de la zona norte de Chile. Esta no sería una disminución de la abundancia de reclutas sino un cambio en las áreas de operación de la flota industrial producido por el cierre administrativo de las primeras 5 millas a la pesca industrial. Antes del cierre la pesca industrial pescaba peces pequeños en cardúmenes de peces costeros, con el cierre la flota industrial pesca peces grandes en cardúmenes de peces grandes. Los peces pequeños estarían entre la III y V milla, donde no pueden pescar los industriales y los artesanales casi no operan, ya que estos últimos pescan en la I y II milla.

En relación con la hipótesis que la variabilidad ambiental afecta el crecimiento individual, Payá analizó mediante GLMM los pesos promedios por edad a través de los años y de las cohortes. Los resultados preliminares indican una gran estabilidad del crecimiento, y plantea la hipótesis que el jurel es lo suficientemente móvil para buscar y permanecer en hábitats adecuados para mantener su peso por edad estable. Dado que la varianza del peso a la edad aumenta con la edad, producto del menor tamaño de muestra, los análisis futuros consideran incluir la varianza del peso a la edad como ponderador en los análisis de los modelos GLMM.

Se analizó la tabla de proyecciones que consideran 3 años de proyección, y se consideró difícil de sostener tres años de proyección, dada la gran incertidumbre en los índices de abundancia, cambios en la disponibilidad del recurso por áreas y el posible efecto de El Niño 2023-2024.

En relación con las tasas de migración propuesta por el Dr. Hintzen para el modelo operativo que considera la hipótesis de dos unidades de stock conectadas, la SSPA considera que estas tasas, basadas en el programa SEAPODYM no son realistas, y que Chile ya expresó su posición al respecto, tanto en el grupo de trabajo técnico de EEM de la OROP-PS como en la XI reunión anual del CC. Por lo tanto, se debe analizar una estrategia que permita considerar tasas más altas, que sean consistentes con los resultados de los estudios genéticos que estiman un alto grado de mezcla.

I. Payá recuerda que las tasas de migración estimadas desde los estudios genéticos, son tasas bidireccionales y no que consideran múltiples áreas, por lo que no permiten estimar las tasas de movimiento desde un área al resto de todas las otras áreas, y que están sumen uno, como está programado en el MO de jurel. Debido a lo anterior, IFOP y SSPA consultaron a la jefa del proyecto

genético, Sandra Ferrada, si es posible elaborar tasas de migración equivalentes a las de SEAPODYM, o en el formato requerido por el modelo, con el fin de elaborar un documento para el grupo de trabajo en MSE. La Dra. Ferrada comprometió tener una respuesta frente a esta consulta, en un plazo de una semana.

Con respecto a la encuesta enviada por el Dr. Hintzen, sobre los temas y plazos a desarrollar por la delegación chilena para definir los OM. Se acordó reunirse a la brevedad de manera de evaluar que documentos y para que fechas se podrían comprometer. S: Hernández comentó que es importante que, si se presentan documentos, estos no sean solo sensibilidades si no que sean escenarios que permitan que se puedan considerar dentro de los OM. I. Payá agrega que se debe poner foco a las propuestas de reglas de control, ya que en la encuesta también se consulta sobre propuestas al respecto, J. Zenteno, menciona que existen otros ítems sobre los cuales se pueden presentar propuestas, tales como estadísticos de desempeños.

Antecedentes reportados para dar cumplimiento a los requerimientos específicos del “workplan” de la OROP-PS.

Tarea de evaluación de stock.

IFOP participó en la generación de los datos e indicadores de la abundancia de las flotas chilenas y en la revisión de los datos e indicadores de las otras flotas. Una vez más, la flota europea solo tuvo muestreos de tallas y para obtener la composición de edades utilizó la clave talla-edad de la flota centro-sur de Chile. Además, el muestreo con observadores científicos fue suplementado con muestreos realizados por la propia industria (auto muestreo).

Se destacó que este año se innovó en realizar la actualización de los datos e indicadores y ajustar el modelo de evaluación antes de la reunión anual del Comité Científico, ya que hasta el año pasado esto se realizaba durante la reunión anual. Esto permitió tener más tiempo para revisar los diferentes modelos y la consistencia de sus resultados.

Sobre la subtarea de continuar actualizando y comparando estandarizaciones de índices de abundancia comercial entre diferentes flotas y el Impactos del aumento de la eficiencia en las flotas, se informó de los documentos de trabajo presentados por Chile sobre la actualización del índice de CPUE mediante el procedimiento de estimación actual y de la estimación índices de CPUE alternativos basados en análisis espacio-temporales (sdmTMB por IFOP e INLA por INPESCA), así como incorporando una serie de “effort creep” fundada en el desarrollo de una encuesta con los pescadores. Se destacó que hubo una muy buena respuesta de los pescadores a la encuesta, y que esta información aún está en análisis.

Se informó que durante el año 2025 se realizará un taller benchmark, que, a solicitud de Chile, estará destinado a evaluar el efecto de la incorporación de índices de CPUE alternativos, así como las biomásas estimadas por hidroacústica en la zona centro-sur en los años más recientes.

En relación con la subtarea de proporcionar asesoramiento sobre TAC de acuerdo con la solicitud de la Comisión. (Basado en la regla de control de captura de SCW14), este año se incorporó en la tabla de decisiones la alternativa de aumentar en un 20% la cuota con respecto a la cuota del año anterior. El CCT-j preguntó si esta era la recomendación de cuota del CC de la OROP-PS, se aclaró que la regla de control de captura (-15% o +15% de la cuota del año anterior) fue definida por la Comisión y que ésta lo modificó en el 2023 a un valor de +20%, y que la comisión desea conocer el impacto de volver a repetirlo durante el año 2024. Al respecto en el taller se discutió sobre lo alto de la captura aplicando el F de RMS (4,9 millones de t) y como esté cae rápidamente en los años siguientes producto del pasar de un par de cohortes fuertes.

Tarea de Evaluación de Estrategia de Manejo

Sobre el taller de EEM realizado durante la reunión de la comisión en Manta en 2023, se discutió que hubo poca participación de los industriales chilenos (“stakeholders”). Ellos llegaron al día siguiente del taller de EEM para participar en la reunión de la comisión donde se discutió la nueva asignación del porcentaje de la cuota por país. Debido a esto, se considera necesario realizar una reunión con los pesqueros chilenos para transmitir los contenidos y resultados del taller de EEM. Al respecto, INPESCA había comprometido explorar la posibilidad de invitar a la Dra. Ana Parma para que repetir el taller de EEM en Chile, pero aún no se puede coordinar una fecha con ella.

En relación a la actividad de desarrollar y llevar a cabo una evaluación de EEM para diseñar procedimientos de manejo, se cumplió la planificación de informar resultados iniciales en el SC11. No obstante, la presentación del Dr. Iago Mosqueira en el SC11, que ingresó como un “late paper”, no fue previamente conocida por el grupo técnico de EEM de la OROP-PS, por lo que ahora es necesario revisar en detalle los resultados preliminares presentados por el Dr. Mosqueira.

Investigación en conectividad.

El Grupo de trabajo sobre conectividad para mejorar la comprensión del origen y la mezcla de poblaciones o subpoblaciones de jurel en el Pacífico Sur, presentó la SC11 un Términos de referencia de un proyecto con diferentes metodologías y varios años, que por su elevado costo será analizado en la reunión de la comisión en el 2024.

Se recordó e invitó a participar en el Simposio “State of the Art of Habitat Monitoring” (<https://symposiumonhabitatsprfmo.org/>) organizado por el Grupo de conectividad de la OROP-PS.

Técnicas de edad

El Grupo de trabajo sobre análisis de edad e intercambio de otolitos del CJM no logró realizar su tarea que era abordar las prácticas actuales de asignación de edad del jurel, las técnicas de validación de las edades y generar un documento sobre el protocolo de lectura y asignación de edades. Para esta tarea IFOP tenía organizado y financiado un Taller de trabajo en Chile e invitó a participar a los miembros del grupo de trabajo de jurel de la OROP-PS, lamentablemente sólo Europa confirmó su

participación. Debido a esto, IFOP gestionó una nueva invitación a través de la OROP-PS, pero aun así no hubo respuesta positiva.

Durante la XI reunión anual del SC se incluyó en el plan de trabajo para el 2024 generar un término técnico de referencia conjunto entre IFOP e IMARPE. IMARPE planteó que se debe revisar todo el proceso de nuevo con revisores externos independientes. La SSPA indicó que esto se debe analizar cuidadosamente, ya que Chile ha invertido mucho dinero y años para generar su protocolo de lectura y asignación de edades, y que en su desarrollo han participado expertos independientes. Además, el protocolo de Chile ya fue aceptado por la OROP-PS en el benchmark realizado en el año 2022. Por otra parte, la mayor parte de los datos de captura a la edad (Chile y flotas “offshore”) utilizan el protocolo de Chile, por lo que el modelo de crecimiento de Perú probablemente no tenga mucho impacto en los resultados del modelo jjm.

4.5.4 Segundo Taller de EEM para la Comisión de la OROP-PS

Ignacio Payá y José Zenteno participaron en el segundo taller de Evaluación de Estrategia de Manejo (EEM) de jurel realizado en Ecuador durante febrero 2024. El taller estuvo destinado a los miembros de la Comisión y su reporte se entrega en el **Anexo 10**. El taller tuvo por objetivo repasar los elementos conceptuales de la EEM, mostrar ejemplos de aplicación en otras organizaciones, y mostrar un ejercicio realizado por el Dr. Hintzen sobre la aplicación de la plataforma de EEM desarrollada para el jurel para evaluar un procedimiento de manejo basado en capturas constantes por diferentes períodos de años.

La delegación chilena realizó cuatro comentarios principales:

- 1) Si el actual procedimiento de manejo ha funcionado bien y ha permitido la recuperación del stock ¿porqué modificarlo? Dr. Ianelli respondió que se busca generar un procedimiento simple y transparente para los miembros de la comisión, el cual sea rápido y reduzca la complejidad de la asesoría.
- 2) En relación con el procedimiento de manejo con captura constante por periodos de 3 años donde se producen caídas en el nivel de capturas de magnitud importantes, que parecen difíciles de implementar para las industrias pesqueras, se sugirió incluir un indicador de desempeño sobre la probabilidad de caídas fuertes de la captura por año. Dr. Ianelli indicó que es una buena recomendación y que se ha discutido en otras organizaciones regionales de pesca.
- 3) Debido a la importancia de la pesquería de jurel para Chile, y a que los sistemas de monitoreo y evaluaciones de stock anuales están funcionando en Chile y que seguirán funcionando, se sugiere disminuir la ponderación del argumento de reducir la carga de trabajo de realizar anualmente la evaluación de stock para justificar la aplicación de un procedimiento de manejo basado en datos o indicadores como la CPUE, especialmente porque en los últimos años se ha producido cambios de distribución del jurel que podrían afectar el índice basado en CPUE. El Dr. Hintzen respondió que esto podría ser evaluado con un test de robustez en la EEM.
- 4) Posibilidad de incluir explícitamente elementos económicos en los indicadores de desempeño. Dr. Ianelli indicó que las capturas y las CPUE son también variables económicas.

4.5.5 Avance en la implementación de la plataforma en IFOP.

El Dr. Iago Mosqueira Sánchez, contratado por la OROP-PS para desarrollar la plataforma FLR para realizar la EEM de jurel, ha realizado dos talleres de capacitación del uso de esta plataforma a los miembros del grupo de trabajo de EEM de la OROP-PS. Los participantes de IFOP en el primer curso, que se realizó en el año 2022, fueron Ignacio Payá y Juan Carlos Quiroz, mientras que, en el segundo curso, que se realizó en enero del 2024, fueron Ignacio Payá y José Zenteno.

Los códigos de la plataforma FLR para el jurel están abiertos a los miembros del grupo técnico de EEM de la OROP-PS, por lo que ya están disponibles e instalados en los equipos de los investigadores de IFOP. IFOP ha participado en ejercicios de acondicionamiento de modelos operativos y de evaluación del efecto de algunos procedimientos de manejo. Hasta el momento el Dr. Mosqueira ha conducido los ejercicios tutoriales utilizando una aproximación de atajo (“shortcut”), que evita realizar el ajuste del modelo de evaluación de stock, esto con la finalidad de hacer posible los ejercicios en el corto tiempo de los tutoriales, ya que realizar una EEM completa toma un tiempo largo de cómputo.

Debido a que realizar una EEM completa (sin atajo) requiere mucho tiempo de cómputo, para implementar la EEM de jurel en IFOP, Ignacio Payá y José Zenteno tomaron dos cursos sobre el uso del supercomputador del NLHPC, **Guacolda-Leftrarú**, que es una infraestructura de computación de alto rendimiento (HPC, del inglés High Performance Computing) que administra la Universidad de Chile (<https://www.nlhpc.cl/infraestructura/>). La infraestructura del NLHPC está compuesta por los clústeres llamados **Guacolda** y **Leftrarú**, que se integran entre sí, compartiendo almacenamiento y conectividad.

Guacolda - Clúster Dell

2596 cores de cómputo
16.235 GB de RAM
48 nodos Dell PowerEdge C6420
9 nodos Dell PowerEdge R640
2 nodos Dell PowerEdge R740 con 2 GPU NVIDIA Tesla V100 cada uno, con un total de 20.480 GPU cores.
Todos los nodos con dos CPUs Intel Xeon Gold 6152
196 TFlops de rendimiento teórico

Leftrarú - Clúster HPE

2640 cores de cómputo
6.308 GB RAM
128 nodos HPE ProLiant SL230s Gen8
4 nodos HPE ProLiant SL250s Gen8
Todos los nodos con dos CPUs Intel Xeon E5-2660 v2
70 TFlops de rendimiento teórico

El contenido del primer curso “Curso Introductorio Usuarios NLHPC” (<https://www.nlhpc.cl/eventos/curso-introductorio-usuarios-nlhpc-noviembre-2023/>) fue:

- Accediendo al cluster:
 - Acceso vía SSH
 - Recursos e Infraestructura disponible

- Gestor de recursos Slurm
 - Qué es Slurm
 - Parámetros utilizados
 - Uso interactivo con **srun**
 - Envío de tareas mediante **sbatch**
 - Script básicos
 - Encolar.
 - Información y monitoreo de tareas
 - Uso de comandos **squeue** y **scontrol**
 - Acceso a nodos con tareas en ejecución
 - Cancelación de tareas
 - Subutilización de recursos.
 - Otras tareas
- Sistema de módulos y Software
 - Listado y búsqueda de software
 - Uso del software disponible.
- Escalamiento de Aplicaciones.

El contenido del segundo curso “Curso Avanzado Usuarios” (<https://www.nlhpc.cl/eventos/curso-introductorio-usuarios-nlhpc-noviembre-2023/>) fue:

- Resumen uso de SLURM
- Uso de srun
- Uso de sbatch
- Tareas con dependencias
- Parámetros
- Estados de tareas
- Arreglos de tareas
- Parámetros
- Variables de entorno
- Computación Paralela
- Computación Secuencial
- Memoria Compartida OpenMP
- Memoria Distribuida MPI
- Tareas Híbridas
- Uso del Generador de Scripts
- Subutilización y Sobreutilización
- Programación de tareas
- SCrontab

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Índices de abundancia basados en CPUE

5.1.1 Actualización de Índice de abundancia para evaluación de stock 2023.

Las cifras actuales del índice CPUE son similares a las cifras estimadas para finales de los noventa, lo que sugiere que la población podría estar en condiciones similares; sin embargo, los estudios acústicos muestran que la densidad y la distribución de los peces son bastante diferentes, por lo que la CPUE podría estar sobreestimando la tasa recuperación de los peces. El procedimiento propuesto es un primer intento de corregir el índice CPUE utilizando los resultados de los cruceros acústicos, y tiene varias limitaciones relacionadas con los cambios en el diseño muestral de los cruceros acústicos. Los diseños de los cruceros acústicos se adaptaron para tratar de hacer frente a los cambios en la distribución de peces a lo largo de los años. Sin embargo, los estudios acústicos parecen ser informativos sobre las densidades y el área de distribución y muestran que la condición de los peces a mediados de los noventa era muy diferente a las condiciones actuales.

Las relaciones encontradas entre el índice CPUE y los resultados acústicos son válidas sólo para la zona centro-sur y no deben extrapolarse para la zona norte y/o para todo el stock. Los estudios acústicos realizados en el norte desde el año 2019 han mostrado una tendencia creciente en la biomasa (**Figura 51**) y una estabilización en el área de distribución (**Figura 52**). Por lo tanto, la disminución de biomasa en el sur fue compensada por el aumento de biomasa en el norte, lo que resultó en una biomasa estable. Se necesitan más análisis para la zona norte, donde entender la CPUE es más difícil porque se basa principalmente en la captura incidental de pesquerías de pequeños pelágicos.

De esta sección se concluye que:

- 1) El índice de abundancia basado en el modelo CPUE y el índice basado en el modelo de captura fueron muy similares, por lo tanto, el uso de la capacidad de bodega de los buques tanto en las variables independientes como en las dependientes parece no tener efectos.
- 2) El índice CPUE tuvo una importante tendencia de recuperación, sin embargo, la pesca se encuentra altamente concentrada cerca de la costa.
- 3) El índice CPUE tuvo una estabilización en los últimos tres años.
- 4) El índice CPUE podría verse afectado por el alto aumento de la concentración de peces cerca de la costa.
- 5) Se recomienda tener precaución al utilizar el índice CPUE porque parece sobreestimar la recuperación del stock.
- 6) Se propone una relación lineal entre el índice CPUE y el área de distribución para corregir los últimos tres años del índice CPUE.

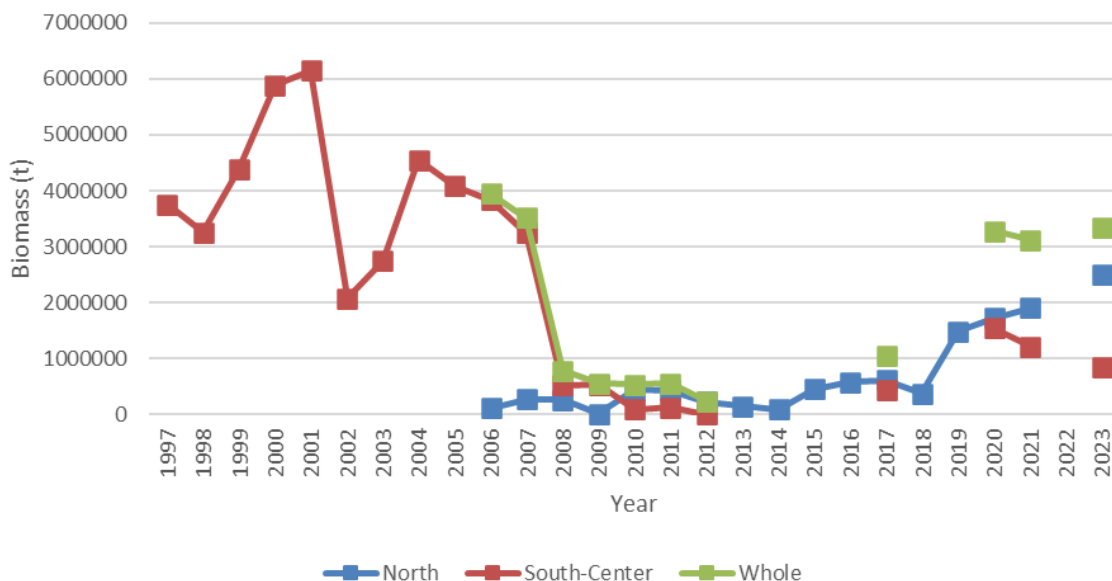


Figura 51. Biomasa estimada mediante cruceros acústicos por zona y total. La biomasa total se calculó solamente para esos años con muestreos en ambas zonas.

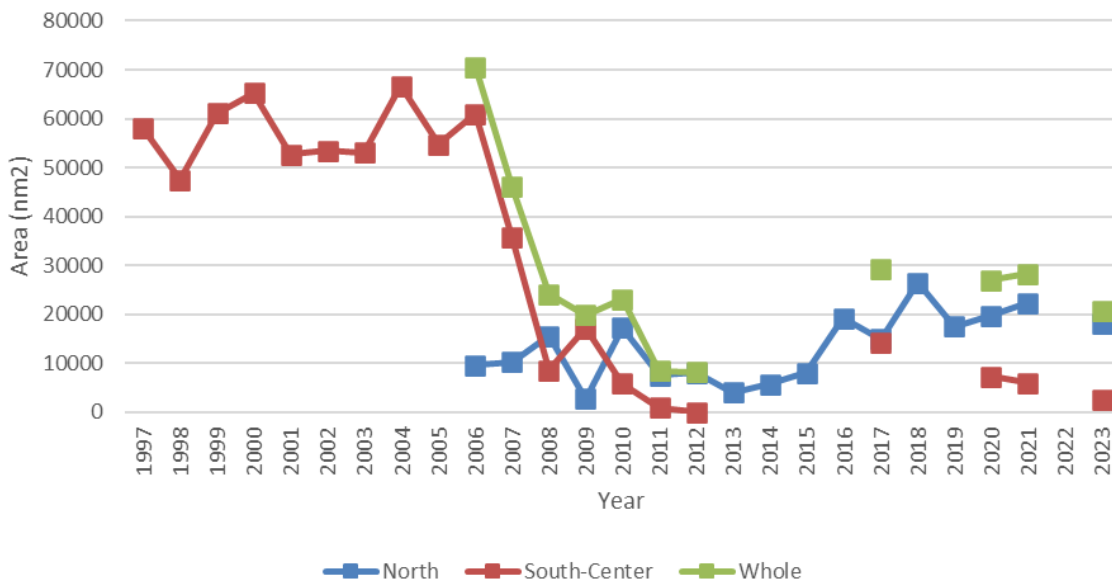


Figura 52. Área de distribución del recurso por zona y total. Toda el área se calculó solamente para esos años con censos en ambas zonas.

5.1.2 Actualización de Índice de abundancia basado en CPUE por lance de pesca.

En relación al índice de abundancia CPUE utilizado el modelo de evaluación de stock, que utilizó los datos por viajes de pesca (Payá 2022), el índice de abundancia alternativo basado en captura por lance de pesca fue similar para el período 2006-2022, pero no para los primeros años de la serie (**Figura 53**). Para el período 2006-2022 ambos índices mostraron una tendencia tipo “V” con la cifra mínima en el año 2011, pero la tasa de disminución antes de este año y la tasa de aumento después de este año fue mayor en el índice de abundancia basado en viajes de pesca.

Las estimaciones actualizadas fueron iguales a las de Caballero et al. (2020) porque los datos se actualizaron desde la misma base de datos y el modelo estadístico se ajustó actualizando el mismo script R. Como consecuencia, los resultados actualizados tienen las mismas limitaciones. 1) una baja desviación (10,2%) explicada por el modelo y 2) un tamaño de muestra pequeño durante algunos años. La captura muestreada en la base de datos por lance fue una pequeña fracción de la captura total de los cerqueros del centro-sur de Chile, especialmente en los primeros años de la serie temporal (**Figura 54**). Por tanto, las estimaciones anteriores al año 2000 eran más inciertas.

Otro punto importante es que la correlación espacial entre los lances de pesca no está incluida formalmente en el modelo estadístico utilizado, por lo que otras aproximaciones analíticas con análisis geo-estadístico y modelos espacio-temporales, como GLMM basados en SPDE espaciales y espaciotemporales con Template Model Builder como sdmTMB (Anderson et al., 2022), también deben ser analizadas.



Figura 53. Índice de abundancia de CPUE estimado en base a la captura por días fuera del puerto (azul) y la captura por lance (rosa). A modo de comparación, los índices se dividieron por su valor en 2017.

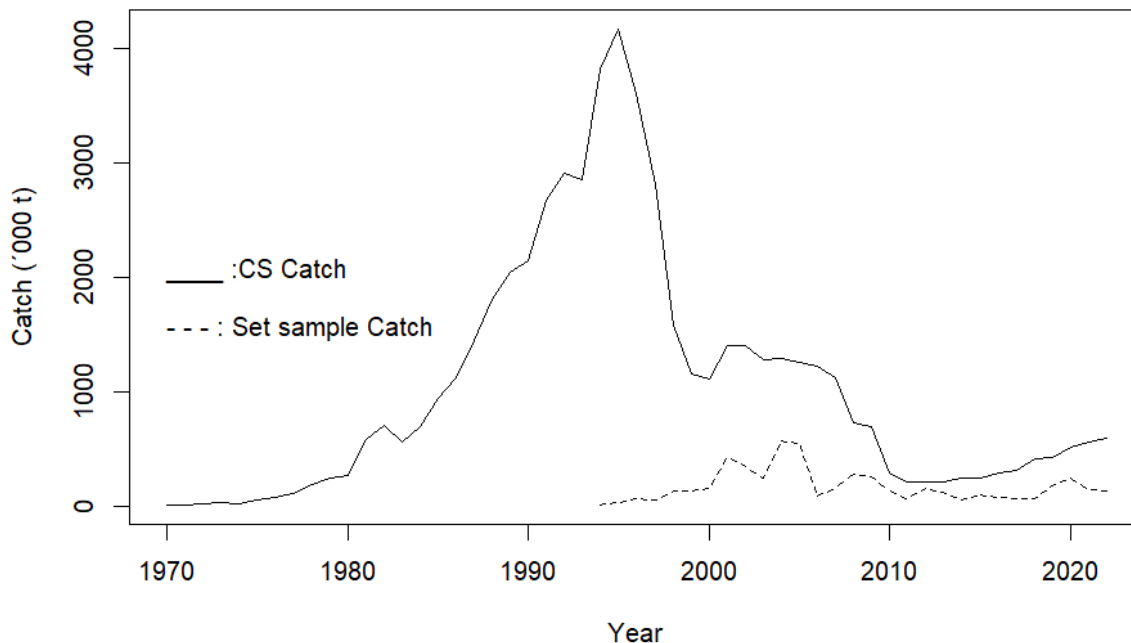


Figura 54. Captura total de la flota de cerqueros del centro-sur por año y captura muestreada en la base de datos de captura por lance.

5.1.3 Índices de abundancia mediante GLM espaciotemporal basados en SPDE.

Los índices de abundancia estimados por el modelo espaciotemporal y por el GLM espaciotemporal no fueron significativamente diferentes (**Figura 55**). Sin embargo, el índice estimado por el GLM espaciotemporal tuvo una tendencia creciente en los últimos 2 años, mientras que el otro índice tuvo una tendencia decreciente. La incertidumbre fue mayor en el índice estimado por GLM espaciotemporal.



Figura 55. Índice de abundancia estimado por el modelo GLM espaciotemporal de CPUE (modelo CPUE) y por el modelo espaciotemporal

En relación con el índice CPUE basado en captura por lance de pesca estimado por Caballero et al. (2020) y actualizado por Payá (2023b), los índices basados en lance de pesca y estimados usando sdmTMB tuvieron tendencias similares (**Figura 56**). En relación al índice de abundancia CPUE utilizado en el modelo de evaluación de stock, que utilizó los datos por viajes de pesca y actualizado hasta junio de 2023 (Payá 2023a), los índices de abundancia alternativos basados en captura por lance de pesca fueron similares para el periodo 2006-2022, pero no para los primeros años de la serie. Para el periodo 2006-2022 los cuatro índices mostraron una tendencia tipo “V” con la cifra mínima en el año 2011, pero la tasa de disminución antes de este año y la tasa de aumento después de este año fue mayor en el índice de abundancia basado en viajes de pesca.

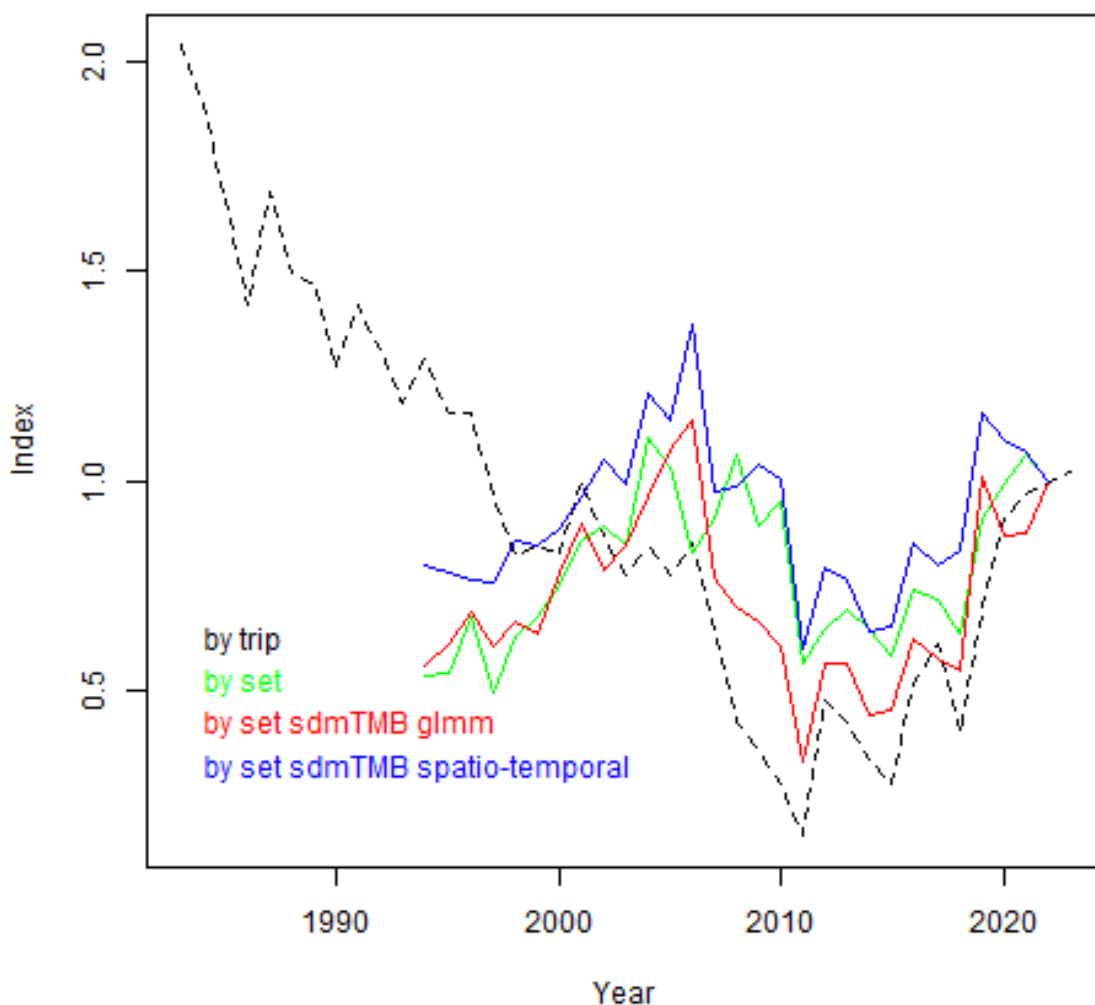


Figura 56. Índices de abundancia estimados por diferentes modelos. Índice de CPUE utilizado en el modelo de evaluación de stock actualizado hasta junio de 2023 (trip), índice de CPUE basado en GLM de captura por lance de pesca (set), CPUE estimado por el modelo espaciotemporal (set sdmTMB espacio-temporal) e índice de CPUE estimado por el GLM espaciotemporal (set sdmTMB glm). Los índices se dividieron por sus valores en el año 2022.

Los índices de abundancia estimados por los diferentes modelos en el presente proyecto utilizando sdmTMB fueron muy similares entre ellos y también fueron similares al índice estimado por Vásquez et al. (2023) utilizando INLA (**Figura 57**). Esto se explica porque se usó la misma base de datos y los modelos estadísticos fueron similares, no obstante, el modelo con INLA modeló en forma diferente el efecto de la capacidad de bodega e incluyó covariables ambientales (TSM y Clorofila a).

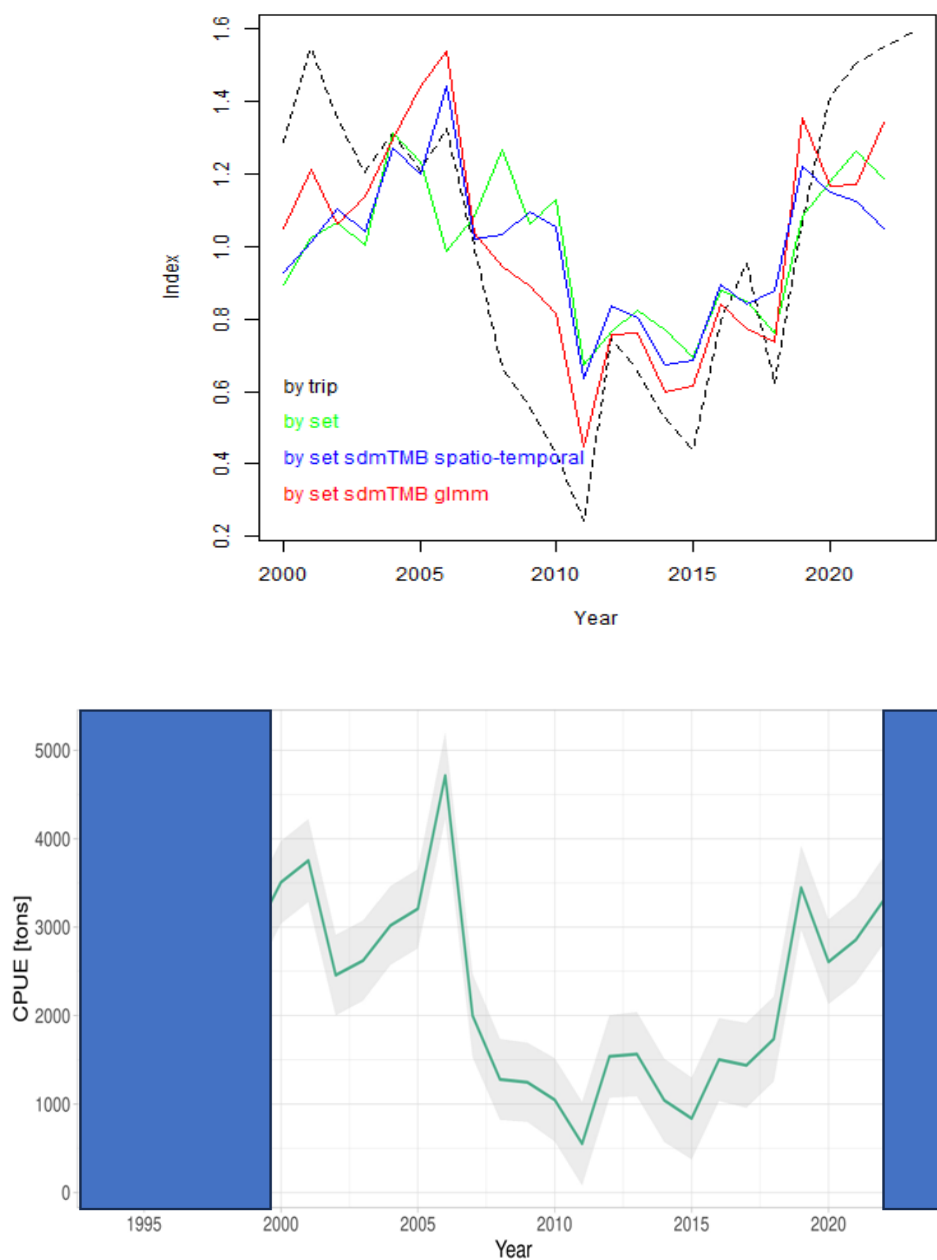


Figura 57. Comparación entre los índices de abundancia estimados por diferentes modelos en el presente proyecto (superior) y los estimados Vásquez et al. 2023 (inferior). Para fines comparativos se muestra el período 2000-2022, los años anteriores al 2000 son más inciertos debido al bajo tamaño de muestra.

La estimación de índices de CPUE alternativos es aún un trabajo en progreso que debería continuar tomando en consideración:

1. Análisis de modelos alternativos.

2. Análisis de sensibilidad de diferentes resoluciones de cuadrícula espacial en índices de CPUE.
3. Análisis isotrópicos versus anisotrópicos.
4. Para incluir los factores de aumento de la eficiencia del esfuerzo (“effort creep”).
5. Covariables ambientales.
6. El efecto de las operaciones de pesca actuales guiadas por análisis ambientales proporcionados por INPESCA.

En el CC11 se acordó que el impacto del uso de índices de CPUE alternativos se abordará en el próximo taller de referencia de la evaluación de stock (“benchmark”) planificado para el año 2025.

5.1.4 Factores de corrección por cambios de eficiencia de la flota.

Presentamos una serie temporal alternativa de la eficiencia del esfuerzo para el índice CPUE de Chile, desarrollada con información preliminar de expertos de la industria, como alternativa al valor fijo del 1% acordado para las flotas chilena y peruana. El avance del esfuerzo propuesto aquí se basa en bloques de tiempo creados de acuerdo con el aprovechamiento de los cambios tecnológicos experimentados por la flota centro-sur de jurel en Chile durante las últimas tres décadas. Se estimó que la eficiencia era predominantemente positiva durante todo el periodo de estudio, con algunos factores que limitaban la eficiencia de la flota. Los factores limitantes se asociaron principalmente con cambios normativos (por ejemplo, restricciones espaciales), así como con la capacidad de retención de las plantas de procesamiento. Los resultados proporcionados con el modelo JJM actual muestran que el uso de una corrección más realista e informada podría tener un impacto significativo en la biomasa estimada. Se deben realizar más investigaciones sobre los factores de reducción del esfuerzo y su efecto sobre el índice de CPUE para proporcionar el apoyo técnico necesario.

Las magnitudes de esta CE informada están en línea con estudios recientes sobre cambios en la eficiencia de la flota en otras pesquerías. En un estudio de síntesis reciente, los autores estimaron la CE para más de 50 pesquerías pelágicas y demersales (Palomares y Pauly, 2019), con valores que oscilan entre un 0,5 % y un 20 % (promedio de 3,4 %) de aumento anual en la eficiencia del esfuerzo. Para la pesquería artesanal pelágica en Perú, otro estudio de series temporales de CPUE corregidas mostró una caída más pronunciada en la CPUE que la calculada con el esfuerzo nominal. Este mayor esfuerzo efectivo tuvo un impacto negativo en las condiciones del recurso y de los pescadores a lo largo del tiempo (De la Puente et al. 2020).

Nuestros resultados están limitados por el enfoque utilizado para determinar los valores que se asignaron a los factores de eficiencia. Además, estamos limitados por la escala de los datos, ya que no tenemos un factor de corrección por lance o embarcación. Por tanto, la corrección propuesta es a escala anual. Además, existen limitaciones de datos e incertidumbre asociadas con la magnitud del efecto de la mejora tecnológica y la duración del efecto sobre la eficiencia de la flota.

Este análisis constituye una primera aproximación para desarrollar una corrección informada de la eficiencia del esfuerzo para los índices de abundancia usados en la evaluación del stock de jurel. Los resultados de la encuesta a los usuarios de la pesquería muestran la relevancia de incorporar la experiencia local en la evaluación de la pesquería de jurel. Los resultados proporcionados con el modelo JJM muestran que el uso de una corrección más realista e informada podría tener un impacto relevante en la biomasa estimada. Se concluye que se deben realizar más investigaciones sobre los factores de cambio de eficiencia del esfuerzo y su efecto sobre los índices de abundancia de CPUE para brindar el apoyo técnico necesario.

5.2.1 Estatus del stock y CBA.

Los resultados del modelo de evaluación de stock indican que la abundancia del stock de jurel está conducida por las fuertes fluctuaciones de los reclutamientos, lo cual, sumado al manejo precautorio que ha hecho la OROP-PS, ha permitido no solo la recuperación del stock, sino también un fuerte crecimiento de la biomasa y de las capturas. En este contexto, es importante destacar que en los dos últimos años se observó en las capturas comerciales una baja en la presencia de reclutas, lo que produce que el modelo de evaluación estime una disminución importante de los reclutamientos, y proyecte en el futuro cercano, una caída importante de las biomásas y las capturas.

El estatus del stock se estimó subexplotado, con biomásas desovantes muy superiores a la biomasa desovante del RMS y con una mortalidad por pesca muy inferior a la mortalidad por pesca que genera el RMS. Esta condición se ha alcanzado por una combinación de una gestión precautoria basada en un plan de recuperación, una regla de control de capturas (la variación de un año con respecto al año anterior no puede ser superior o inferior al 15%, excepto para la captura del año 2023, para la cual se acordó un 20% de aumento), y un aumento de los niveles de reclutamientos en los últimos años (probablemente producto de las condiciones ambientales asociadas al fenómeno de El niño 2017). El comité científico de la OROP-PS consideró que estas condiciones favorables terminaron y que los reclutamientos futuros retomarán el nivel bajo de los últimos 20 años. Esto generó que, en la proyección, la captura basada en el F_{RMS} para el 2024, que fue cuatro veces mayor que la del año 2023, cayera rápidamente en los años siguientes. Frente a estas fluctuaciones de la captura basada en el F_{RMS} , mantener una regla de control del crecimiento de las capturas es importante desde el punto de vista precautorio de la conservación del recurso y la pesquería. De esta forma, aplicando la regla de control de la captura, las capturas para el 2024 deberían ser iguales o menores a 1,242,000 t. No obstante, las proyecciones de la biomasa desovante mostraron que una captura para el año 2024 de 1,296,000 t, basada en un aumento de 20%, tendría una alta probabilidad de mantener biomásas desovante superiores a la biomasa del RMS.

5.2.2 Incertidumbre y temas de investigación.

Como se mencionó el año pasado, la evaluación del stock no está exenta de incertidumbre (Payá *et al.* 2023). En términos de las composiciones de edades de las capturas se discutió la disminución de la presencia de jureles pequeños (reclutas) durante los tres últimos años en la zona centro-sur de Chile, y su posible desplazamiento hacia la zona norte de Chile. Por otra parte, se destacó el

desplazamiento de la flota “offshore” (europea) hacia caladeros ubicados en el área de convención cercanos al norte de Chile, donde esta flota ha pescado jurel de menor tamaño. Este efecto, fue analizado e incorporado en el modelo de evaluación mediante el cambio de la selectividad (aumento de disponibilidad de jureles pequeños) de esta flota, lo cual permitió considerar este efecto en las proyecciones de la biomasa y las capturas.

En relación con los índices de abundancia relativa, que conducen la recuperación del stock en el modelo de evaluación, se discutió que el índice de abundancia basado en la modelación de la CPUE de la zona centro-sur de Chile puede estar afectado por un cambio notable de la distribución del recurso en los dos últimos años, el cual se ha concentrado fuertemente en la zona costera, facilitando su captura (Catasti y Córdoba 2022 y Payá 2022). Este cambio de distribución también se ha observado en las costas del Perú. Por otra parte, el comité científico de la OROP-PS considera necesario incluir el aumento histórico de la eficiencia de la flota comercial, especialmente en la CPUE estandarizada de la flota centro-sur que tiene un largo de 40 años (1983-2022), período en que se han producido mejoras tecnológicas y cambios administrativos que afectan la eficiencia de la flota. Por el momento, el comité científico acordó corregir el índice de la CPUE de la flota centro-sur con un factor de -1% por año (“effort creep”), esto que parece bajo, al cabo de 40 años corresponde a una disminución de 32%. Por lo tanto, el estudio de este tema es relevante y se ha incorporado en el plan de trabajo del comité científico de la OROP-PS.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, S.C., E.J. Ward, P.A. English, L.A.K. Barnett. 2022. sdmTMB: an R package for fast, flexible, and user-friendly generalized linear mixed effects models with spatial and spatiotemporal random fields. bioRxiv 2022.03.24.485545; doi: <https://doi.org/10.1101/2022.03.24.485545>.
- Beverton, R., and S. J. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. FAO Fishery Investigations Serie II, Volumen XIX, 533 p
- Caballero L., J.C. Saavedra-Nievas, A. Barraza, C. Montenegro, A. Sepúlveda, C. González, S. Vargas, A. Aranís, G. Bohm, y Juan-Carlos Quiroz. 2020. CPUE Analysis of the jack mackerel purse-seine fishery of the center-south zone of Chile, June 1994 through July 2020. 15 p. SC8-JM06. SPFRMO 2020. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/SC/8th-SC-2020/SC8-JM06-CPUE-Analysis-CJM-purse-seine-fishery-center-south-Chile-1994-2020.pdf>
- Canales C., L. Caballero, y A. Aranís. 2008. Catch per Unit Effort of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) of the purse seine fishery off south-central Chile (32°10' – 40°10' S) 1981-2005. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. In: Chilean Jack Mackerel Workshop, SPFRMO- FAO, Santiago, mayo 2008. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-before-2013/Scientific-Working-Group/Jack-Mackerel-Workshop-2008/10.CHJMWS-Catch-per-Unit-Effort-of-Chilean-Jack-Mackerel-Trachurus-murphyi-of-the.pdf>.
- Catasti V. y J. Cordoba. 2022. Jack Mackerel hydroacoustic assessments in Chile. Background document presented at jack mackerel benchmark 2022, jack mackerel WG-SC14, SPRFMO.
- Cerna F. 2022. Life history parameters of jack mackerel (*Trachurus murphyi*, nichols 1920) based on the new validated ageing criterions. SCW14-WD04. <https://www.sprfmo.int/assets/02-SC10/SCW14-SPRFMO-SC-JM-Benchmark-Workshop/Working-Documents/SCW14-WD04-Life-History-Parameters-of-Jack-Mackerel-FCerna.docx>
- Cerna F., G. Moyano, C. Valero, L. Muñoz, G. Plaza, y SE. Campana. 2022. Bomb Radiocarbon, Otolith Daily Increments and Length Modes Validate Age Interpretations of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*). Front. Mar. Sci. 9:906583. doi: 10.3389/fmars.2022.906583.
- COMM 11 – Report ANNEX 7a 2023. Conservation and Management Measure 01-2023 *Trachurus murphyi*. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/01-COMM/11th-Commission-2022-COMM11/COMM11-Report/Annex-7a-CMM-01-2023-Trachurus-murphyi.pdf>.
- Cordoba J. 2023. Chilean jack mackerel hydroacoustic surveys carried out in the north and south-central area of Chile in year 2023. SC11_JM15. Instituto de Fomento Pesquero. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM15-CHL-Hydroacoustic-assessment-of-CJM-carried-out-in-the-north-and-southcentral-area-of-Chile-2023.pdf>.
- Dunn, P. K. (2017). Tweedie: Evaluation of Tweedie exponential family models. R package version 2.3.

- Elizarov A.A, A.S. Grechina, B.N. Kotenev, y A.N. Kuzetsov. 1993. Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *Journal of Ichthyology* 33: 86–104.
- Fischer S, J. A. De Oliveira, J.D. Mumford, and L.T. Kell. 2022. Exploring a Relative Harvest Rate Strategy for Moderately Data-Limited Fisheries Management. Edited by M S M Siddeek. *ICES Journal of Marine Science* 79 (6): 1730–41. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac103>.
- Fournier D. y C.P. Archibald. 1982. A general theory for analysing catch at age data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39:1195-1207.
- Fournier D., H. Skaung, J. Ancheta, J. Ianelli, A. Magnusson, M. Maunder, A. Nielsen, y J. Sibert. 2012. Model Builder: Using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software* 27(2):233-249.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68: 1124–1138.
- Gerlotto F, M. Gutierrez, y A. Bertrand. 2012. Insight on population structure of the Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). *Aquat. Living Resour.* 25, 341–355.
- Giner, G, and Smyth, GK (2016). statmod: probability calculations for the inverse Gaussian distribution. *R Journal* 8(1), 339-351. (pinvgauss, qinvgauss, dinvguass and rinvgauss functions).
- Guele M., N.T. Hintzen, E. Rivot, D. Gascuel, A. Ouest, y C. Rennes. 2014. How to manage the fishery on Chilean jack mackerel, a South Pacific pelagic fish with large variation in recruitment regime?.
- Hilborn R. y C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, Boston. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-3598-0>.
- Leal E., E. Díaz, J.C. Saavedra-Nievas, y G. Claramunt. 2013. Ciclo reproductivo, longitud y edad de madurez de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 48, No3: 601-611.
- Marchal, P., B. Andersen, B. Caillart, O. Eigaard, O. Guyader, H. Hovgaard, A. Iriondo, F. Le Fur, J. Sacchi, y M. Santurtún. 2007. Impact of technological creep on fishing effort and fishing mortality, for a selection of European fleets–*ICES Journal of Marine Science*, 64, 192–209.
- McCullagh, P., Nelder, John A. (1989); *Generalized Linear Models*, Series: Monographs on Statistics & Applied Probability, Chapman & Hall/CRC.
- Merino G., H. Murua, J. Santiago, H. Arrizabalaga, and V. Restrepo. 2020. Characterization, Communication, and Management of Uncertainty in Tuna Fisheries. *Sustainability* 12 (19).
- Mohn R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *ICES Journal of Marine Science*. 56: 473–488.
- Monnahan C. y K. Kristensen. 2018. No-U-turn sampling for fast Bayesian inference in ADMB and TMB: Introducing the adnuts and tmbstan R packages. *PLoS ONE* 13(5): e0197954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197954>
- Palomares M. L. D., y D. Pauly. 2019. On the creeping increase of vessels' fishing power. *Ecology and Society* 24(3):31. <https://doi.org/10.5751/ES-11136-240331>.
- Payá I. 2023a. Update of the Chilean Jack Mackerel CPUE abundance index based on catch by fishing trip in the south-central Chile. SC11_JM11. Instituto de Fomento Pesquero. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM11->

[CHL-Update-of-the-CJM-CPUE-abundance-index-based-on-catch-by-fishing-trip-in-the-south-central-Chile.pdf](#)

- Payá I. 2023b. Update up to June 2022 of the Chilean Jack Mackerel abundance index based on the catch per fishing set. Working document for SC11_JM10. Instituto de Fomento Pesquero. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM10-CHL-Update-up-to-June-2022-of-the-CJM-abundance-index-based-on-the-catch-per-fishing-set.pdf>
- Payá I. 2023c. CJM abundance index estimated by spatiotemporal SPDE-based GLM and compare with other CPUE indices (CHL). <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM12-CHL-CJM-abundance-index-estimated-by-spatiotemporal-SPDE-based-GLM-and-compare-with-other-CPUE-indices.pdf>
- Payá I. 2023d. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024. Primer Informe Técnico, Convenio de desempeño 2023. Instituto de Fomento Pesquero. 49 p + 2 anexos.
- Payá I. 2023e. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional, Región de Arica y Parinacota a Región de los Lagos, año 2024. Documento técnico. 6 p + 5 anexos.
- Payá I. 2022. High fish concentrations close to the coast in recent years could affect the Jack Mackerel CPUE abundance index in south-central Chile: proposal of a correction procedure. SC10-JM05. <https://www.sprfmo.int/assets/02-SC10/Meeting-Papers/SC10-JM05-CPUE-abundance-index-in-south-central-Chile-update-and-proposed-correction-CL.pdf>
- Payá I., R. Tascheri, M. Mardones y J.C. Quiroz. 2023. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2023. Tercer informe (final), Convenio de desempeño 2022. Instituto de Fomento Pesquero. 75 p + 7 anexos.
- Pilling G., Tidd A., Norris W., y J. Hampton. 2016. Examining indicators of effort creep in the WCPO purse seine fishery. Western Central Pacific Fisheries Commission, 12th Regular Session of the Scientific Committee. Bali, Indonesia. 17 pp.
- Rousseau Y., R. A. Watson, J. L. Blanchard, y E. A. Fulton. 2019. Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(25): 12238-12243.
- Serra R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, Invest. Pesq. (Chile), 36:67-83.
- Schnute J.T. y L. Richards. 1995. The influence of error on population estimates from catch-age models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 2063-2077.
- Squires D., Maunder M., Allen R. et al. 2017. Effort rights-based management. *Fish Fish*, 18: 440-465. <https://doi.org/10.1111/faf.12185>.
- Smyth, Gordon K., Jørgensen, B. (2002). Fitting Tweedie's compound poisson model to insurance claims data: dispersion modelling. *Astin Bulletin*, Vol. 32, No. 1, pp. 143- 157.

- SPRFMO 2022. 10th Scientific Committee meeting report. 86 p. Wellington, New Zealand. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/SC/10th-SC-2022/SC10-Report-Final-19Jan2023-v2.pdf>
- SPRFMO_SCW14. 2022. 14th SCIENTIFIC COMMITTEE WORKSHOP REPORT Jack Mackerel Benchmark Workshop (SCW14). https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/SC_WS/SCW14-Jack-Mackerel/SPRFMO-SC-JM-enchmark-Workshop-2022-Report-SCW14.pdf
- Vásquez S., L. Cubillos y A. Sepúlveda. 2023. A Bayesian spatio-temporal approach for the standardization of CPUE in the Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) fishery of central-southern Chile. SC11 – JM07. SPRFMO. <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM07-CHL-A-Bayesian-spatio-temporal-approach-for-the-standardization-of-CPUE-in-the-TM-fishery-off-central-southern-Chile.pdf>.
- Walker K., A. Gómez, M. Ramírez, G. Eisele y E. Gaete (2022). Informe de avance, Programa de seguimiento de las principales pesquerías pelágicas de la zona centro sur de Chile, entre las regiones de Valparaíso y Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, año 2022. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile.
- Yimin Y., y D. Dennis. 2009. How reliable are the abundance indices derived from commercial catch-effort standardization? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 66(7): 1169-1178. <https://doi.org/10.1139/F09-070>.
- Zenteno J. e I. Payá. 2023. Effort Creep in the JM south central fleet in Chile. SC11 – JM06_rev1. Instituto de Fomento Pesquero. https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/Jack-Mackerel/SC11-JM06_rev1-CHL-Effort-Creep-in-the-JM-south-central-fleet-in-Chile.pdf

A N E X O S

A N E X O 1

Ajustes del modelo h1_1.07_Is
(Hipótesis de una sola unidad de stock)
Autor: Ignacio Payá

Ajustes datos estructurados (edades y longitudes)

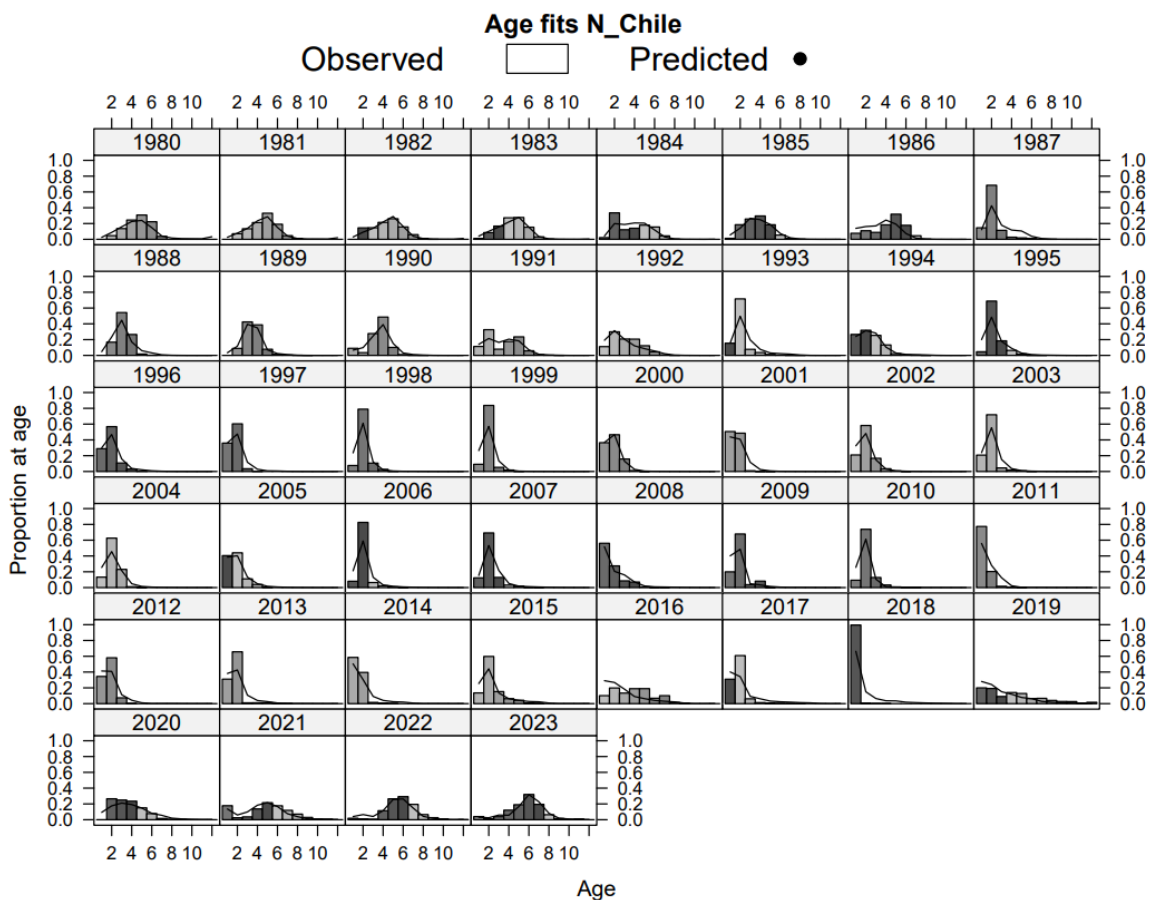


Figure B.1 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de edad (barras) de la flota norte de Chile.

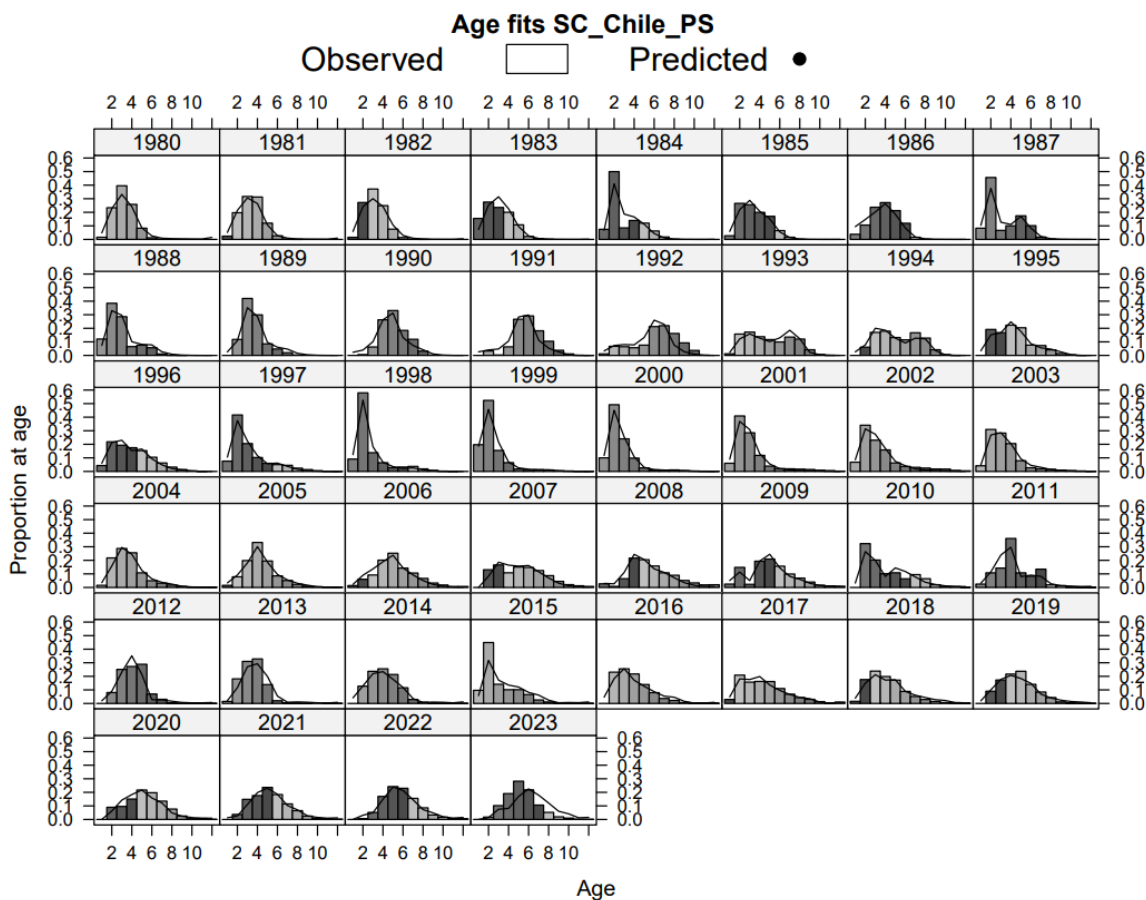


Figure B.2 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de edad (barras) de la flota centro-sur de Chile.

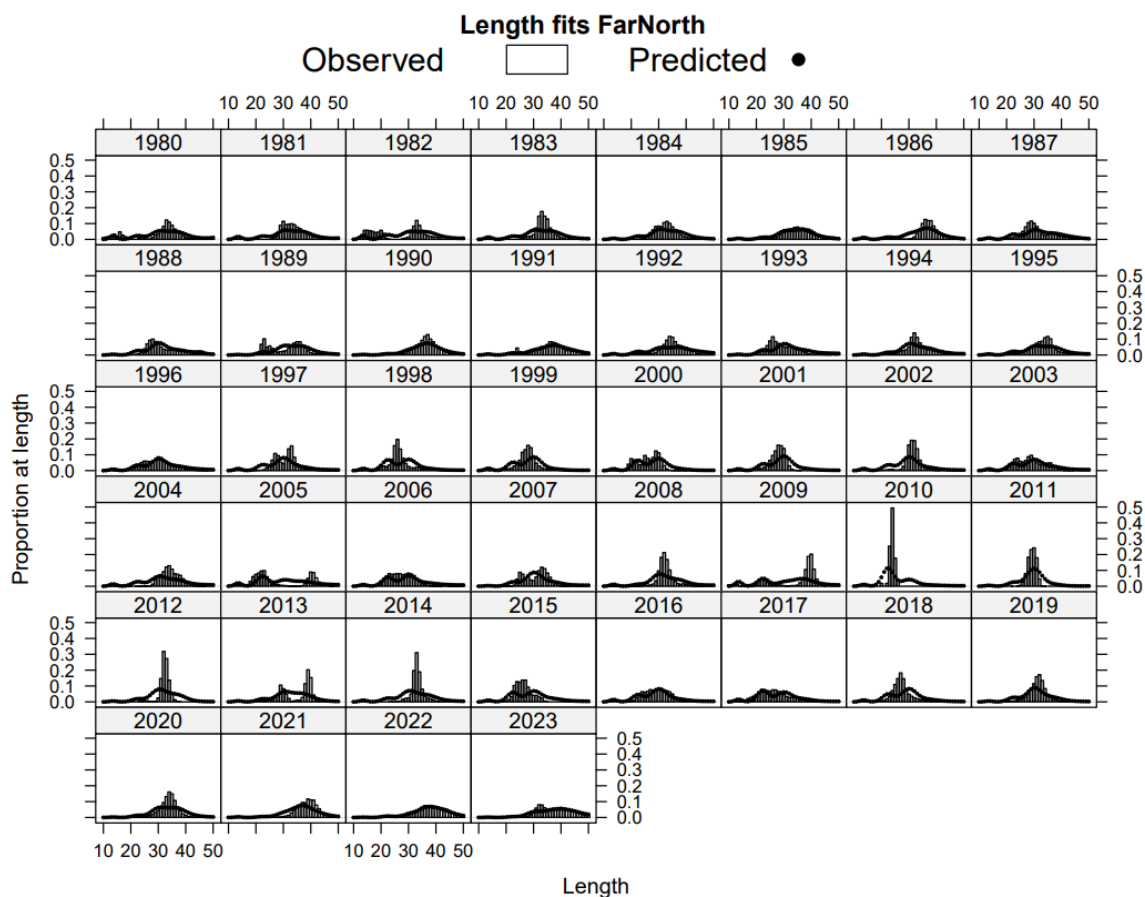


Figure B.3 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de tallas (barras) de la flota de Perú

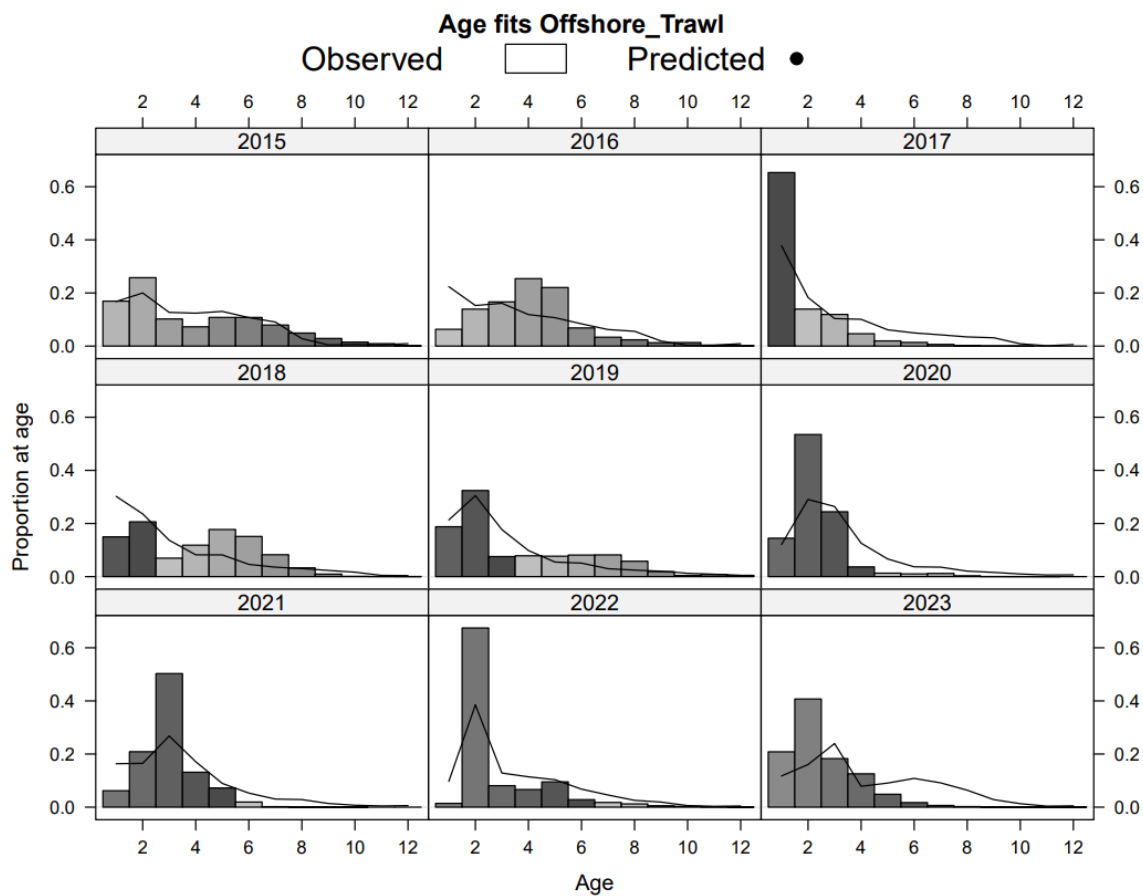


Figure B.4 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de edad (barras) de la flota "offshore".

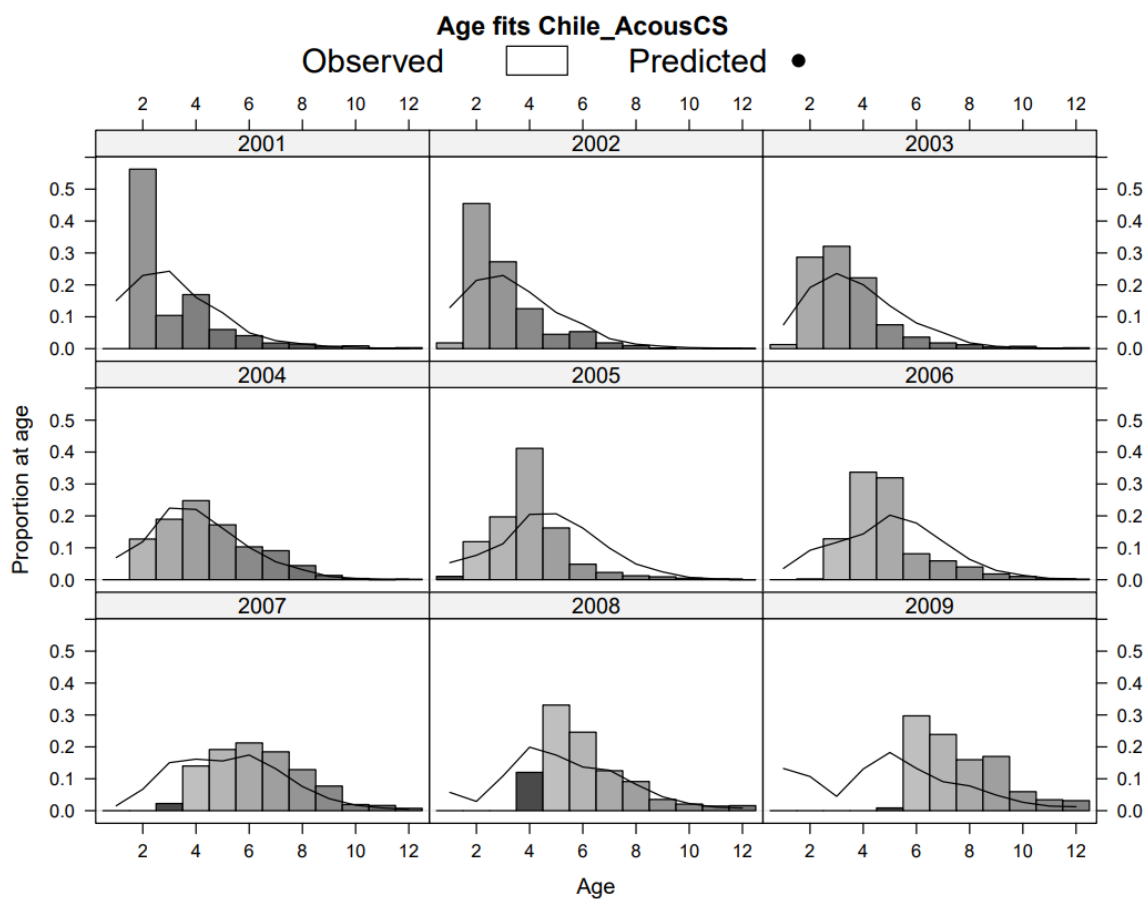


Figure B.5 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de edad (barras) del crucero hidroacústico de la zona centro-sur de Chile.

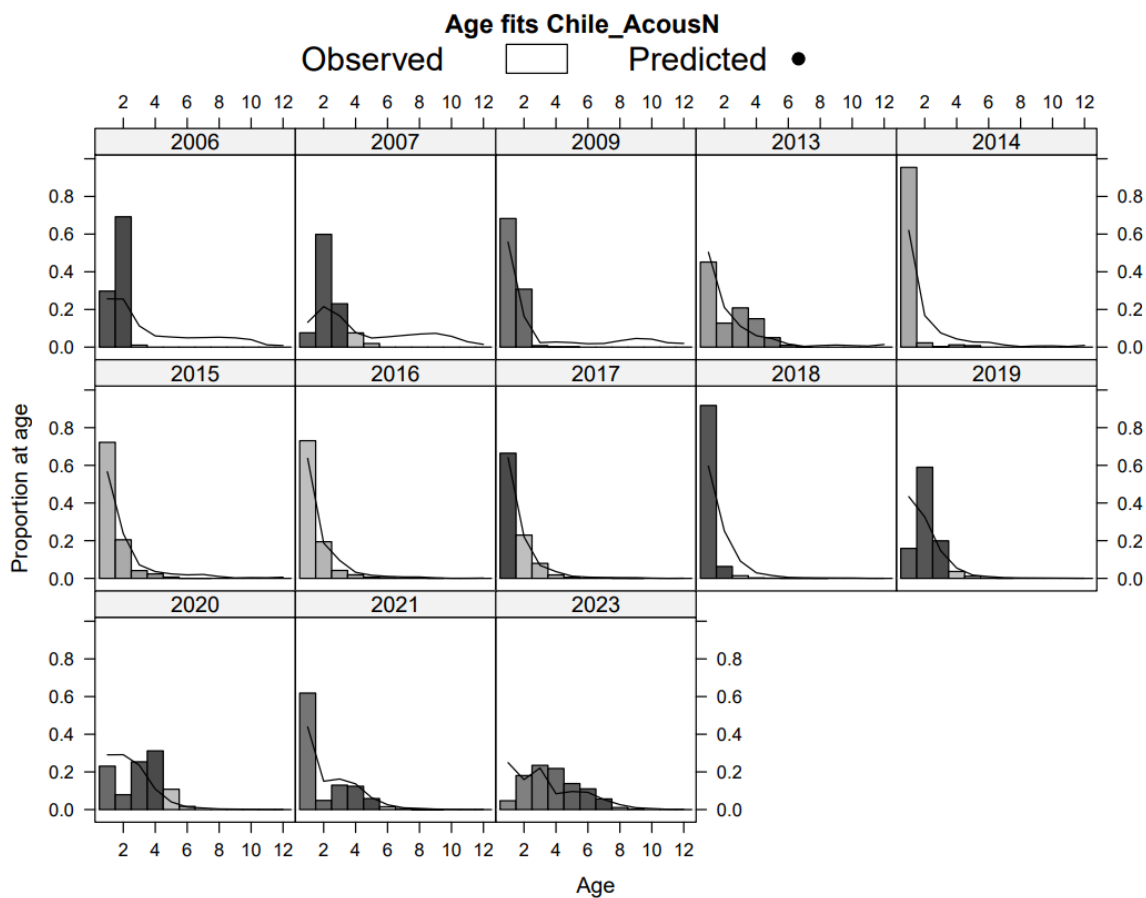


Figure B.6 Ajuste del modelo (líneas) a las composiciones de edad (barras) del crucero hidroacústico de la zona norte de Chile.

Ajustes a índices de abundancia de CPUE y cruceros acústicos

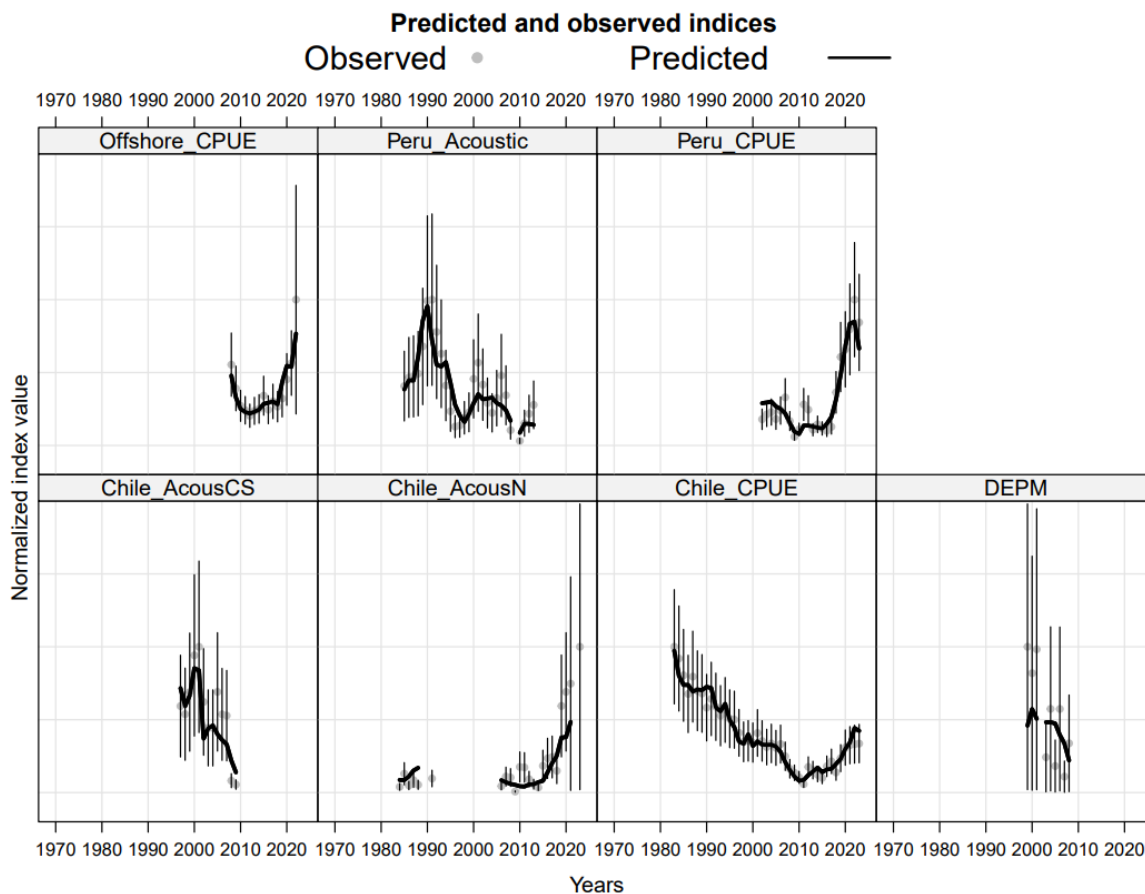


Figure B.7 Ajuste a los índices de abundancia relativa. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

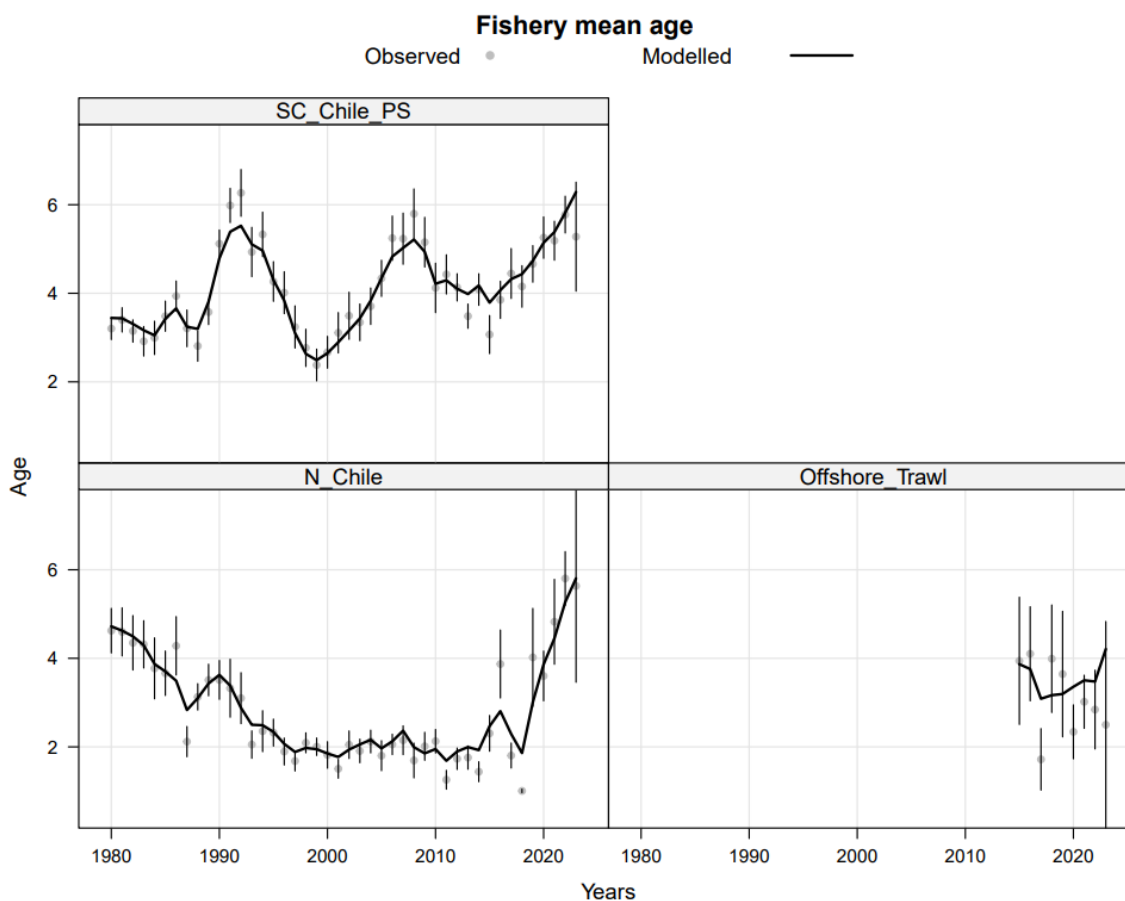


Figure B.8 Edad media por año y pesquería. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

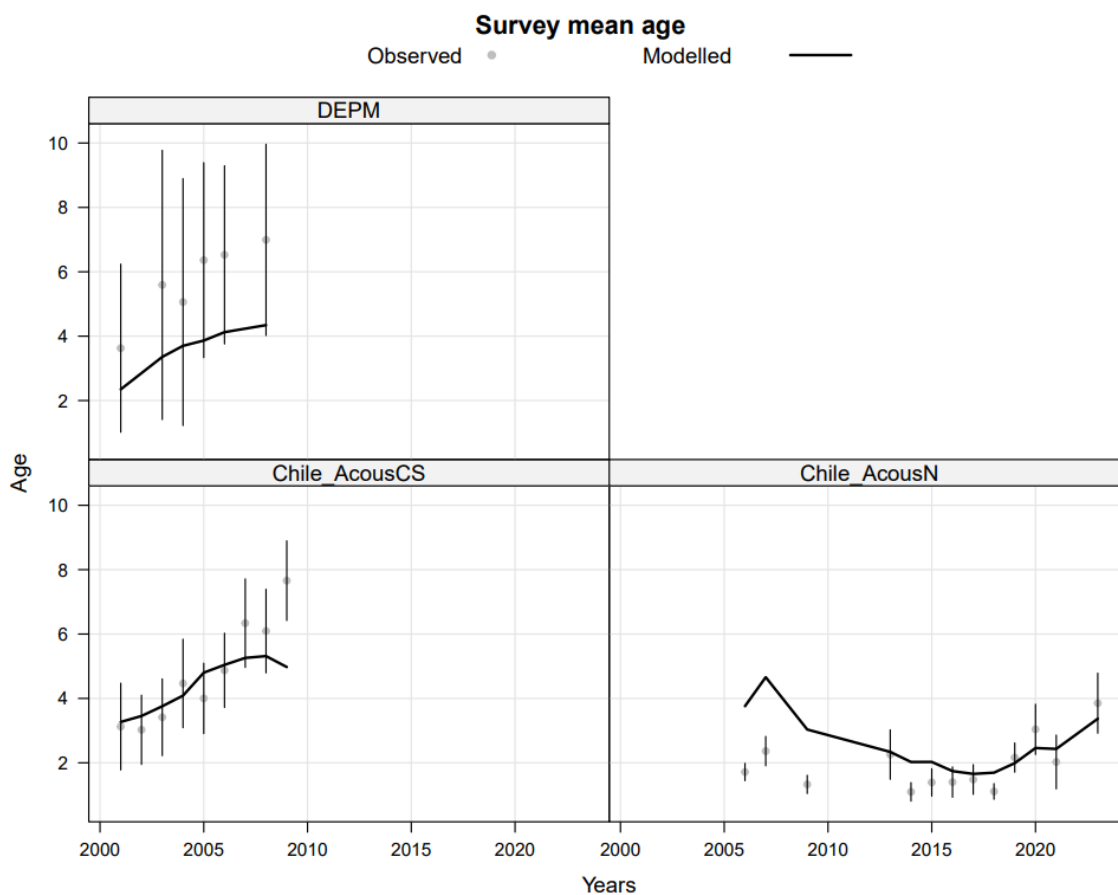


Figure B.9 Edad media por año y crucero de investigación. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

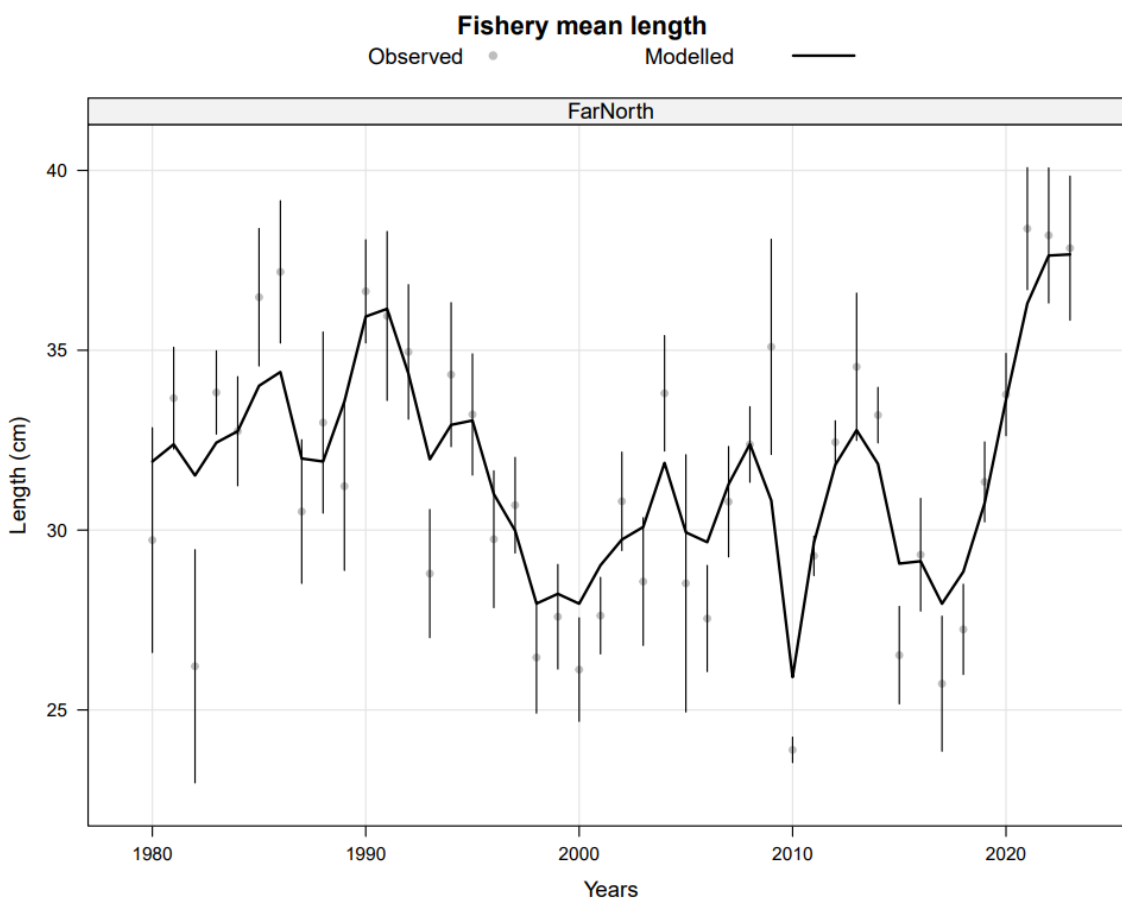


Figure B.10 Talla media por año en la flota e Perú (Extremo Norte). La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

A N E X O 2

Presentación en primera reunión del CCT-Jurel 2023.
Autor: Ignacio Payá

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

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Primera Reunión del CCT-Jurel 2023.

Ignacio Payá
Enero, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Contenido

- Propuestas de proyectos 2024.
- Revisión del “workplan” (SC-SPRFMO) y aporte nacional.
- Estado del arte EMM (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.
- Propuesta de agenda anual.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Propuestas de proyectos 2024.

- Revisión de la plataforma de evaluación de estrategia de manejo de jurel en el contexto de la OROP-PS.
- Benchmark internacional de evaluación de stock de jurel 2024.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Plan de trabajo del SC9 para el 2022+

Task	Subtask	Timeline	Coordinator	Funding
JM Assessment data	Review available input data JM assessment	2022	US/EU	In-kind
	Finalize development of quality control diagnostics of the catch input data to the assessment	2022	EU	In-kind
	Evaluate the impact of revisions in age determinations on the assessment of Jack mackerel (benchmark)	2021-2022	EU	In-kind
	Update and compare standardizations of commercial tuning indices among different fleets and review the potential bias in CPUE indices due to possible increased efficiency of the fleet and observed changes in the jack mackerel spatial distribution (benchmark)	2022		In-kind
	Explore availability of different survey time series for the Jack mackerel assessment (benchmark)	2022	Chile	In-kind
	Develop protocol for inclusion of industry self-sampling or acoustic data in the JM assessment (benchmark)	2022	EU	In-kind
	SC and other funds to support experts during benchmark and SC assessment	2021+	SC Chair/Secretariat	NZ\$10k (SC)
JM assessment	Provide TAC advice according to Commission request ("adjusted Annex K")	2022		In-kind
	Software upgrade to JM model (upgrade diagnostics, explore embedding in FLR) (3-day online workshop/ capacity building)	2022		NZ\$8k (SC)
	A Jack mackerel stock assessment benchmark workshop in the first half of 2022 to cover topics such as updated growth estimates, standardized CPUE modelling and a review of the single and two-stock hypothesis implementations of the JM assessment model and estimation of reference points.	2022	EU	NZ\$42K (EU)
	MSE objectives workshop with stakeholders or managers in second half of 2022	2022 (or 2023)	EU	NZ\$50k (EU)
	Develop and carry out MSE evaluation to design alternative management procedures (see COMMB-Report Annex Bb). This to include biological reference points, carryover, accumulating quota over 2 years, and stock hypotheses (paragraphs 80, 102, 118 COMMB-Report).	2022-2023	EU	Pending
	Task group on CIM connectivity to improve the understanding of origin and admixture of populations or subpopulations of jack mackerel in the Southern Pacific. Genetic research will be an important element in such a research plan, next to, where possible, additional information from e.g., morphometry, parasites, hard parts microchemistry, life history patterns, food habits, spatiotemporal diet variability, distribution patterns and habitat preferences.	2022-2026	Chile Peru EU?	Sources TBD Total NZ\$150k / year

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Aporte realizados por IFOP al plan de trabajo 2022

1. Participar en reuniones mensuales preparatorias “online”: Marzo, Mayo, Junio, julio y Agosto.
2. Proveer de datos para taller benchmark (Seattle)
3. Participación en las evaluaciones de stock durante el benchmark.
4. Proveer de datos para actualización de stock y CBA 2024.
5. Participación en reunión científica anual (SC10, Seúl).
6. Participación en las evaluaciones de stock durante el SC10.
7. Realizar la vocería técnica de la delegación Chilena en Jurel.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Plan de trabajo del SC10 para el 2023+

1. Jack Mackerel Working Group

Task	Subtask	Timeline	Coordinator	Funding
Jack mackerel assessment	Review available input data JM assessment	2023	US/EU	In-kind
	Finalize development of quality control diagnostics of the catch input data to the assessment	2023	EU	In-kind
	Continue to update and compare standardizations of commercial tuning indices among different fleets and the impacts of increased efficiency in the fleets	2023	??	In-kind
	SC and other funds to support experts during SC assessment	2023+	SC Chair/ Secretariat	NZ\$10K (SC)
	Provide TAC advice according to Commission request (Based on the harvest control rule from SCW14)	2023		In-kind
Jack mackerel MSE	MSE objectives and HCR measures workshop with stakeholders and managers, preferably in connection with the 2023 Commission meeting	2023	EU/Chile	NZ\$50K (EU)
	Develop and carry out MSE evaluation to design alternative management procedures (see COMM8-Report Annex 8b). This to include biological reference points, carryover, accumulating quota over 2 years, and stock hypotheses (paragraphs 80, 102, 118 COMM8-Report). Initial results should be reported to SC11.	2023	EU	NZ\$90k (EU) NZ\$60k (EU)
Jack mackerel connectivity research	Task group on CJM connectivity to improve the understanding of origin and admixture of populations or subpopulations of jack mackerel in the Southern Pacific. Terms of reference as included in G137-2022.	2022-2026	Chile Peru EU	NZ\$15k (EU) Total NZ\$150K/ year
Jack mackerel ageing techniques	Task group on CJM ageing analysis and otolith exchange to addresses the current practices in ageing of jack mackerel, the validation techniques to verify ages and a comprehensive documentation of ageing techniques and protocols. Terms of reference as included in SC9.	2022-2024	Chile Peru EU	NZ\$15k (EU) Total NZ\$75K/ year

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Aporte a realizar por IFOP en el plan de trabajo 2023

1. Participar en reuniones mensuales preparatorias "online".
2. Participar en taller de trabajo sobre objetivos de la EEM (MSE) y medidas de reglas de control de captura (HCR) con "stakeholders" y administradores, durante reunión de la Comisión en Manta (Ecuador) (I. Payá y J. Quiroz).
3. Cooperar en la implementación de la EEM realizada por EU, mediante la aplicación de los programas (FLR) implementados por EU.
4. Mejorar los análisis de los índices de abundancia basados en la CPUE comercial (Actualización de CPUE tradicional y CPUE basadas en lances de pesca, y nuevos análisis de CPUE basadas en análisis espacio-temporales (TMB y/o INLA).
5. Proveer de datos para actualización de stock y CBA 2025 (plantillas de capturas por edades de la captura comercial y de cruceros de investigación e índices de abundancia (CPUE tradicional y nuevos índices).
6. Participación en reunión científica anual (SC11, Panamá).
7. Participación en las evaluaciones de stock durante el SC11.
8. Realizar la vocería técnica de la delegación Chilena en jurel.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Estado del arte EEM (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.



9th MEETING OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE
Held virtually, 27 September to 2 October 2021

SC9-JM03

MSE Project Update
European Union

www.sprfmo.int/assets/Meetings/SC/9th-SC-2021/jack-mackerel-wg/SC9-JM03-MSE-Project-Update.pdf

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Estado del arte MSE (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.

- Una plataforma de simulación basada en las librerías FLR (Kell et al. 2007) fue desarrollada y testeada.
- Capaz de condicionar los modelos operativos basada en el modelo de evaluación (JJM) actualizado a 2021. (¿Falta incluir modificaciones del benchmark?).
- Aplica un rango de procedimientos que imita el muestro de datos y la evaluación de stock.
- Calcula su “performance” de acuerdo a un set de indicadores.
- Incluye un rango de incertidumbres, por ejemplo, estructura del stock, dinámica del stock, reclutamientos futuros y calidad de datos. Pero el set completo debe ser desarrollado en acuerdo con los científicos interesados.
- La plataforma de simulación está probada, pero aún no se ha realizado una evaluación completa de un procedimiento candidato.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Estado del arte MSE (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.

- Todo el desarrollo ha tenido lugar en un código fuente alojado en github propiedad de SPRFMO repositorio (<https://github.com/SPRFMO/hcr>), que incluye la versión correcta del paquete FLR necesario, así como las instrucciones para la instalación.
- La evaluación de los procedimientos basados en modelos implica un incremento sustancial en la carga computacional de cada evaluación, en comparación con alternativas sin modelo.
- Una sola ejecución de un procedimiento candidato durante un período de 20 años, trabajando en una muestra de 500 réplicas del modelo operativo, requiere entre 175 y 200 horas de CPU. El acceso a instalaciones de Cómputo de Alto Rendimiento de tamaño medio (100 a 300 procesadores) es por lo tanto fundamental para que las corridas se realicen en un tiempo razonable.
- Los procedimientos de gestión sin modelo también se pueden explorar fácilmente, con la ventaja de ser mucho menos intensivo computacionalmente. El módulo de estimación desarrollado para adaptarse jjms en cada paso de tiempo en la simulación, solo necesita ser sustituido por uno que calcula un indicador de cambios en el estado del stock, por ejemplo, desde índices de abundancia. Todavía sería necesario trabajar sobre la mejor manera de combinar varios índices.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Estado del arte MSE (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.

- La caracterización de la incertidumbre que los modelos operativos aquí presentados deben ser discutido y mejorado. Los muestreadores McMC aplicados a jims parecen no poder para trabajar como se esperaba. Algunos elementos en la estructura del modelo pueden necesitar ser revisados para hacerlos susceptibles a esta metodología, y esto podría requerir un cantidad importante de trabajo.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Estado del arte MSE (EU) y próxima reunión del SC con el CM en Manta.

Reunión online el 24 de enero.

- Dirigida principalmente a los encargados de la formulación de políticas y los administradores y se centrará en desarrollo de capacidades y una mejor comprensión del proceso de EEM, antes del taller en persona a realizarse durante la Reunión Anual 2023 en Manta, Ecuador.
- Los aspectos técnicos y científicos de la EEM procederá en una fecha posterior, en base a las discusiones durante el taller de Manta.
- Agenda preliminar
 - Presentación de expertos en MSE
 - Una conferencia introductoria sobre el papel y la función de la MSE en la gestión pesquera.
 - Sesión de preguntas y respuestas
 - Una discusión sobre el objetivo del taller MSE de Manta

Taller de trabajo en Manta (Febrero 11 y 12) con “stakeholders” y administradores.

Objetivos según plan de trabajo:

- Objetivos de la EEM
- Medidas de reglas de control de captura (HCR)

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Temas de la EEM (CMM8)

- **80. Vanuatu** introduced its proposal aiming at creating a more flexible system to help avoid the situation where large catches of jack mackerel within areas of national jurisdiction result in the fishery-wide TAC set by the Commission being breached. Recognising that obligations on compatibility under Article 4 of the Convention are mutual, Vanuatu underscored that its proposal aims to find a mutually acceptable, constructive way forward. Vanuatu outlined their suggestion that **undercatches of unallocated quotas be carried forward to following years, up to a maximum of 10% of the total catch limit**, Vanuatu noted the erratic nature of catches in the Peruvian area of national jurisdiction and that the carry over mechanism proposed would allow the unallocated quota to increase during years of poor catches to be used later by Peru when catches increase, improving the flexibility of the system while not encroaching on the sovereign rights of Peru in the management of jack mackerel in their waters. Vanuatu further emphasised the inclusion of the proposal in the SC Management Strategy Evaluation (MSE) analysis to ensure that there are no sustainability issues.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Temas de la EEM (CMM8)

- **102. The European Union** stressed the issue of **compatibility**, noting that the scientific arguments Peru noted have not been discussed in the SC, and emphasising that they want to ensure that the same situation will not resurface next year. The European Union further noted that **both stock hypotheses are taken into account when the SC sets the catch limit, adding that relevant, additional concerns by Peru should be addressed** during the MSE discussions.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Temas de la EEM (CMM8)

- **118. Faroe Islands**, with the Russian Federation, supported the new proposal prepared by Chairperson Urrutia, expressing skepticism for the **proposal provided by Vanuatu** as possibly preempting forthcoming joint 10COMM8 Report allocation discussions planned for 2022. In addition, Faroe Islands, with Korea, proposed that the SC consider the possibility to **include a mechanism for members with small quotas** – defined as being under 10,000 tonnes or under 2% in table 2 to have the **option of accumulating quota between 2 years**. In other words, carrying forward their entire quota to the following year in order to have a level of tonnage that can help make fisheries **operations actually viable** in the second year. It would be a condition in such a mechanism that quota accumulated in this way must be fished and not be transferred.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

¿Cuáles son los temas de la EEM que propone Chile?

- No están mencionados en el plan de trabajo del jurel (CMM8).
- No parecen estar claramente especificados en algún reporte CMM.
- ¿Cuales serán los temas a proponer en la reunión de Manta?

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A



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

Fin

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

A N E X O 3

Aspectos teóricos y prácticos de la evaluación de estrategias de manejo de jurel. Presentación en la segunda reunión del CCT-Jurel 2023.

Autor: Ignacio Payá

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

APECTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE JUREL.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá
abril, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Contenido

- Material en sitio Googlesite
- Video sobre EEM
- Que es EEM? y revisión de conceptos.
- Reunión en Manta
 - Objetivos de manejo teóricos
 - Objetivos de manejo prácticos
 - Indicadores de desempeño
- Cronograma de EEM en la OROP-PS
- Consideraciones técnicas sobre los eje de incertidumbre relevantes para la delegación chilena.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Material disponible en googlesite

- Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024.
- <https://sites.google.com/ifop.cl/estatus-y-cba-de-jurel-2024/inicio>



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Que es EEM? (Dr. Ianelli)

- Se utiliza para desarrollar estrategias de captura previamente acordadas (o procedimientos de gestión)
- Se basa en modelos de simulación informados (modelos operativos) para representar los recursos y sus pesquerías
- Prueba diferentes procedimientos de gestión frente a los objetivos.
 - Seguimiento por métricas de desempeño
 - Incluye pruebas de robustez, planes para circunstancias excepcionales y actualizaciones programadas
- Da como resultado un proceso de asesoramiento de captura transparente.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

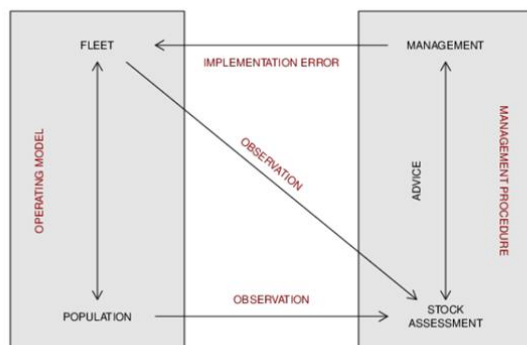
VIDEO DE MSE

<https://www.youtube.com/watch?v=PAExpqFUrRU>

Pay3, 2023

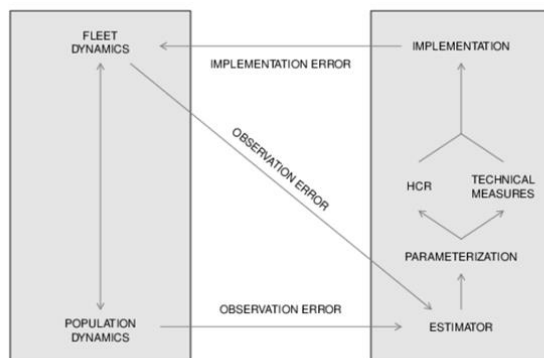
Revisi3n de conceptos de EEM

MSE elements



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

FLR mse elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Reuni3n CC and Stakeholders , 11 de Febrero, Manta, Ecuador

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Agenda taller de Manta

1. Introducción de la evaluación de la estrategia de gestión
 - a. Presentación genérica sobre MSE, MP, definiciones y aplicaciones
 - b. Presentación sobre los objetivos de MSE, concepto de ajuste, incluidos ejemplos de otras pesquerías, presentación sobre Métricas de desempeño
2. Introducción a los Modelos Operativos de Jack Mackerel
 - a. Modelo actual de evaluación del jurel: datos e indicaciones
 - b. Presentación del MO actualizado (siguiendo el índice de referencia) y tratamiento de la estructura del stock, error de implementación y otras fuentes de incertidumbre
3. Identificar los objetivos de la MSE
 - a. Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - b. dividir grupos
 - c. Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
4. Identificar las métricas de rendimiento de MSE
 - a. Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - b. dividir grupos
 - c. Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
5. Cierre y próximos pasos

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Participantes

- Chairman: Dr. James Ianelli
- Chair of JM WG: Niels Hintzen
- Experta Invitada: Dra. Ana Parma.
- Miembros de la Comisión.
- Delegación Chilena Presencial: Mauro Urbina, Ignacio Payá y Aquiles Sepulveda.
- Delegación Chilena telemática: Aurora Guerrero, Víctor Espejo, Silvia Hernández,...

Payá, 2023

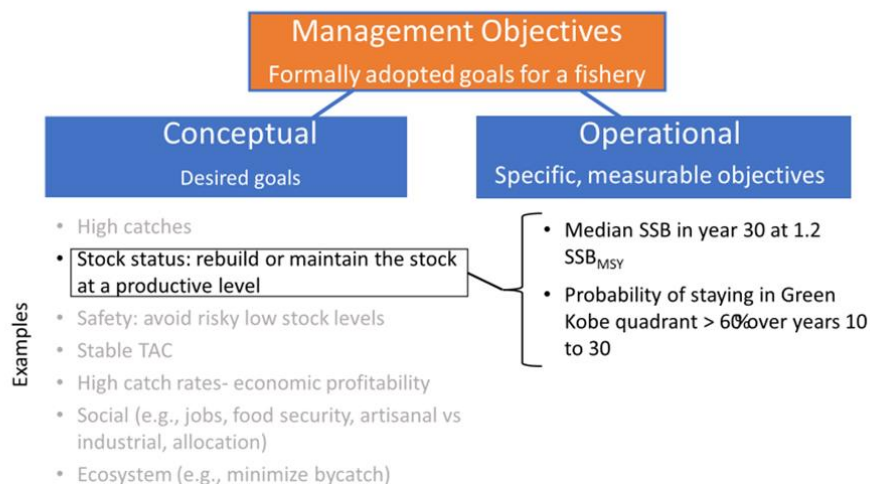
D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Presentacion de Dra. Parma

- ¿Por qué EEM? beneficios de utilizar procedimientos de gestión (MP) en comparación con un enfoque de "mejor evaluación"
- Tipos de MP: basados en modelos versus empíricos
- Objetivos conceptuales y objetivos operativos: categorías
- Estadísticas de rendimiento y compensaciones
- Ejemplos: atún rojo del sur, atún rojo del Atlántico, patudo IOTC

Payá, 2023

Presentación de Dra. Parma



Payá, 2023

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

Presentación de Dra. Parma

- ¿Por qué EEM? beneficios de utilizar procedimientos de manejo (PM) en comparación con un enfoque de "mejor evaluación"
- Tipos de MP: basados en modelos versus empíricos
- Objetivos conceptuales y objetivos operativos. categorías
- Estadísticas de rendimiento y compensaciones
- Ejemplos: atún rojo del sur, atún rojo del Atlántico, patudo IOTC

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Comentarios Principales

- Dr. Parma presentó un conjunto de objetivos de ejemplo
- Para las OROP, el Marine Stewardship Council (MSC) incluye una EEM (con 5 años para implementarlo) como parte de los requisitos de certificación.
- Los MO (OM) son siempre elegido conjuntamente por un Comité.
- Si varios equipos están realizando ensayos de EEM, todos ellos deben trabajar con el mismo código MO. La participación en este proceso es bien recibida.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Comentarios Principales

- Es raro incluir variables/procesos ambientales en la EEM, ya sea en el MO o los PM.
- Es posible incluir variables ambientales en el modelo, es difícil predecir (con certeza) las condiciones ambientales futuras.
- La incertidumbre en el medio ambiente se trata más comúnmente como un tipo de error de proceso, a veces con correlación temporal.
- También, los posibles cambios futuros en la productividad de las existencias (impulsados por variables y procesos no especificados) se incluyen como pruebas de robustez en el EEM.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Comentarios Principales

- Se comparó un MSE con operar en piloto automático. Se sigue el procedimiento de gestión, pero bajo supervisión para asegurar el seguimiento del proceso.
- En que momento se requiere intervenir el “piloto” se detalla en lo que se denomina meta-reglas.
- Las meta-reglas se usan para comprobar si se están produciendo **circunstancias excepcionales**, con respecto a los indicadores desarrollados, y asegurarse de que el desempeño de la pesquería está dentro de las bandas de incertidumbre simuladas durante la MSE.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Comentarios sobre el OM

- Se señaló que es necesario hacer una distinción entre unidades de stocks de ordenación y unidades poblacionales (biológicas) durante el proceso de EEM.
- Se planteó la posibilidad de evaluar un modelo espacial con tasas de mezcla, para dar cuenta de diferentes estructuras poblacionales.
- Este enfoque es posible, y en el pasado se han probado modelos espaciales de jurel (SEAPODYM);
- Sin embargo, las tasas de mezcla a menudo no son estacionarias. Por lo tanto, suponer tasas estacionarias puede introducir sesgos, y estimar las tasas de mezcla variables en el tiempo también puede ser desafiante e incierto.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Comentarios sobre el OM

Pasos que vienen en la EEM de jurel.

- Actualizar el modelo desde el modelo producido en el taller de benchmark-
- Preparar un código de proyección capaz de generar datos simulados.
- Las pruebas técnicas para asegurar que, bajo la especificación del modelo, la incertidumbre se pueda cuantificar adecuadamente (por ejemplo, usando un enfoque bayesiano).
- Construir un MO que permita probar la solidez de los candidatos con un solo stock o con dos stocks.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Resumen de los objetivos generales identificados por los administradores y las partes interesadas durante el trabajo en grupos

Estatus del stock	Lograr el RMS, siendo rastreado con puntos de referencia objetivo asociados
	Permanecer en el cuadrante verde de una parcela de Kobe con alta certeza
	Satisfacer las condiciones para la certificación MSC
	Asegúrese de que no se produzcan ni la subpesca ni la sobrepesca

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Resumen de los objetivos generales identificados por los administradores y las partes interesadas durante el trabajo en grupos

Estabilidad	Reducida variabilidad interanual
	Seguridad alimentaria
	Permitir la transferencia de TAC
	Ajustar el TAC cada año o cada 2-3 años excepto cuando se producen condiciones ambientales extremas.
	Inquietudes del mercado/oferta en relación con los precios y la rentabilidad.
	Relajar las restricciones para aumentar el TAC cuando las condiciones del mercado o la disponibilidad de pescado son favorables.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Resumen de los objetivos generales identificados por los administradores y las partes interesadas durante el trabajo en grupos

Rendimiento	Asignación de cuota suficiente para tener una pesquería viable
	Establecer limitaciones en las clases de tamaño pequeño (p. ej., X% de la captura no puede ser inferior a cierto tamaño)
	Reconocer las implicaciones potenciales para la captura incidental y el descarte no intencional
	Evaluar oportunidades para la expansión de la pesca

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Resumen de los objetivos generales identificados por los administradores y las partes interesadas durante el trabajo en grupos

Seguridad	Incorpore Blim o un punto de referencia/indicador de precaución similar que cumpla con MSC
	requisitos de certificación con respecto a evitar el punto de deterioro del reclutamiento.
	Reforzar las medidas de gestión si el stock está por debajo de Btarg (y más aún si el stock cae) debajo de Blim)
	Asegúrese de que el procedimiento de gestión responda lo suficiente bien frente a reclutamientos bajos
	Desarrolle puntos de referencia relativos al agotamiento mínimo observado de las existencias (p. ej., 8% que es usado actualmente)
Otro	Tener en cuenta la recuperabilidad del stock si el stock cae por debajo de los puntos de referencia límite
	Reducir los impactos en el ecosistema de la pesquería de jurel

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Indicadores de desempeño (Dr. Ianelli)

- Biomasa reproductora media en relación con la no pescada
- Biomasa reproductora media relativa a BD_RMS
- Mortalidad por pesca media en relación con F_RMS
- Probabilidad de BD mayor o igual a BD_RMS
- Probabilidad de que la biomasa reproductora esté por encima de BDlim
- Captura media a lo largo de los años.
- Variabilidad de captura
- Probabilidad de cierre de la pesca

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Pasos siguientes

Será necesario **formar** un **grupo de trabajo** con objetivos iniciales para:

- Programar un plan de acción para avanzar en las actividades del grupo de trabajo (**términos de referencia**)
- Coordinar con el **contratista** (¿Cuál contratista es este?) sobre el estado de actualización de las revisiones al OM que se necesitan para ser consistente con los datos de Benchmark y los cambios en el modelo
- Compilar una lista priorizada de características técnicas requeridas para el MO, incluida la generación de datos

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Cronograma de EEM para jurel en la OROP-PS

Proposed by Niels Hintzen

MSE implementation timeline

- 2023: First running of MSE.
- 2024: Presentation of MSE results to Commission, and refinements required.
- 2025: refined MSE presentation to Commission.
- **2026: Advice based on fully MSE implemented.**

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

APECTOS TECNICOS PROPUESTOS POR LA DELEGACIÓN CHILENA.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá
abril, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

APECTOS TECNICOS PROPUESTOS POR LA DELEGACIÓN CHILENA

- Puntos biológicos de referencia (BRP)
 - a) BRP objetivos
 - b) BRP límite (%8 BD0t)
- Regla de control de captura (“HCR”)
 - a) Estabilizador actual de captura [-15%Captura, +15%Captura]
 - b) Estabilizador asimétrico de captura [-15%Captura, +25%Captura]
 - c) Incluir variables económicas en la regla de captura (oferta y precios de mercados).
- Remanente de cuota de captura de diciembre capturado en enero del próximo año.
- Errores de implementación: Capturas mayores de la cuota de captura.
- Cambios ambientales (periodos fríos –periodos cálidos) sobre de disponibilidad costera del recurso en los últimos años.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Temas técnicos que surgieron en el taller de Manta

- ¿Como incluir los cambios ambientales en el MO de jurel?
 - Hasta el momento el OM de jurel no incluye cambios ambientales, pero el modelo de estimación si los incluye mediante dos periodos de productividad ($h=0,6$, $h=0,8$).
- ¿Como incluir el aumento de la disponibilidad costera en el modelo de estimación y en el modelo operativo?
 - La disponibilidad costera ha aumentado fuertemente en los últimos 3-4 años, ¿Cómo afectara esto los índices de CPUE?
- Actualizar y reevaluar los ejes principales de incertidumbre a ser incluidos.
 - La incertidumbre en la asignación de edad ha disminuido, pero la incertidumbre en los cambios de disponibilidad costera y su efecto en el índice de CPUE ha aumentado.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Temas técnicos que surgieron en el taller de Manta

- Como incluir el aumento de la eficiencia del esfuerzo (effort creep) en el modelo de estimación y en el modelo operativo.
 - Hasta ahora factor constante de 1% en la CPUE Chilena, pero cambios por bloques deberían ser considerados.
- ¿Cómo modelar el error de implementación?
 - Perú ha sobrepasado la cuota de captura varias veces
 - Es poco probable que los países pesquen menos que la cuota asignada por lo que una distribución normal no es apropiada.
- Se analizar una regla de control (HCR) con un límite de % de juveniles en la captura.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Aspectos de implementación a nivel nacional: supercomputador Guacolda-Leftrarú del Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá
abril, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Antecedentes

- FLmse jurel:
- Una sola ejecución de un procedimiento candidato durante un período de 20 años, trabajando en una muestra de 500 réplicas del modelo operativo, requiere entre 175 y 200 horas de CPU.
- El acceso a instalaciones de Cómputo de Alto Rendimiento de tamaño medio (100 a 300 procesadores) es por lo tanto fundamental para que las corridas se realicen en un tiempo razonable.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Aspectos de implementación nacional

- En reunión CCT (enero): verificar disponibilidad de computador de 100 núcleos en IFOP o arriendo de servidor.
- IFOP avanzó en el uso del computador mas potente de Chile:
 - Curso introductorio realizado en enero
 - Curso avanzado en abril.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A



Introducción al uso de la infraestructura del NLHPC



Payá, 2023

Infraestructura - Leftraru

Nodo General (sn)



Partición General

- 48 nodos
 - Intel(R) Xeon Gold 6152
 - 44 cores
 - 187 GB RAM DIMM DDR4
- Límites de tiempo de ejecución: 30 días
- **Total partición:**
 - 2.112 CPUs
 - 8.976 GB RAM



Payá, 2023

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

Infraestructura - Guacolda

Nodo GPU (gn)



Partición GPU

- 2 Nodos
 - Intel(R) Xeon Gold 6152
 - 44 cores
 - 187 GB RAM
 - 2 NVIDIA Volta V100 cada nodo
 - 16GB
 - 5120 CUDA cores cada una
- Destinado a tareas que requieran uso de GPUs
- Límites de tiempo de ejecución: 30 días
- **Total partición:**
 - 88 CPUs
 - 374 GB RAM
 - 20.480 CUDA cores



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Capacitación del DER

Curso introductorio

- Fecha: enero 2023
- Participantes de IFOP:
 - Adasme, Nicolas
 - Contreras, Francisco
 - Espíndola, Fernando
 - Musleh, Selim
 - Payá, Ignacio
 - Zenteno, José

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Curso introductorio

Objetivos

- Accediendo al cluster Guacolda-Leftrarú
 - SSH
 - Infraestructura y recursos
- Uso de Slurm
 - Parámetros
 - Uso interactivo y encolado de tareas
 - Uso de comandos informativos
 - Monitoreo de las tareas
- Uso de Módulos
 - Consultando por software y sus versiones
 - Cargando módulos
- Escalamiento
- Ejercicios prácticos



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Capacitación del DER

Curso avanzado

- Fecha: abril 27
- Participantes de IFOP:
 - Adasme, Nicolas
 - Contreras, Francisco
 - Espíndola, Fernando
 - Musleh, Selim
 - Payá, Ignacio
 - Zenteno, José

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Curso avanzado

- Programación Paralela:
- Ejecución de simulaciones:
- Monitoreo de simulaciones:
- Instalación y compilación de aplicaciones:
 - Compiladores y flags utilizados.
 - Compilando programas desde el código fuente.
 - Instalación de módulos en Python.
 - Instalación de módulos en R.
- Problemas frecuentes:

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Complejidades extras para utilizar Fmse jurel en Gaucolda-Leftraru

- Utiliza sólo lenguaje Linux (hasta el momento disponible para Windows)
- No permite Rstudio u otra interfase gráfica.
- Permite sólo el uso de R mediante comandos de consola

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A



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

Fin

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

A N E X O 4

Revisión de conceptos y modelo operativo de la EEM.
Presentación en la tercera reunión del CCT-Jurel 2023.

Autor: Ignacio Payá

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

Revisión de conceptos y modelo operativo de la EEM.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá

junio, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Contenido

1. Revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales
2. Propuesta de trabajo por módulos para el CCT-J
3. Avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS.
4. Análisis de modelo operativo.
5. Análisis del modelo de error de observaciones.
6. Comentarios y acuerdos del CCT-J.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Que es EEM? (Dr. Ianelli)

- Se utiliza para desarrollar estrategias de captura previamente acordadas (o procedimientos de gestión)
- Se basa en modelos de simulación informados (modelos operativos) para representar los recursos y sus pesquerías
- Prueba diferentes procedimientos de gestión frente a los objetivos.
 - Seguimiento por métricas de desempeño
 - Incluye pruebas de robustez, planes para circunstancias excepcionales y actualizaciones programadas
- Da como resultado un proceso de asesoramiento de captura transparente.

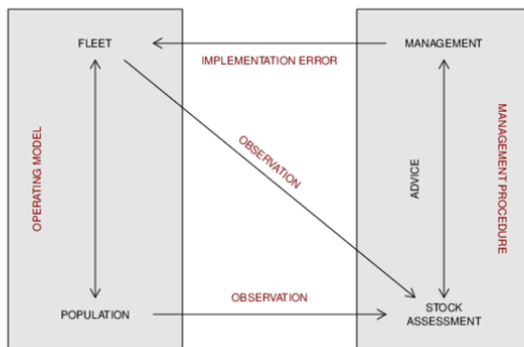
Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Revisi3n de conceptos de EEM

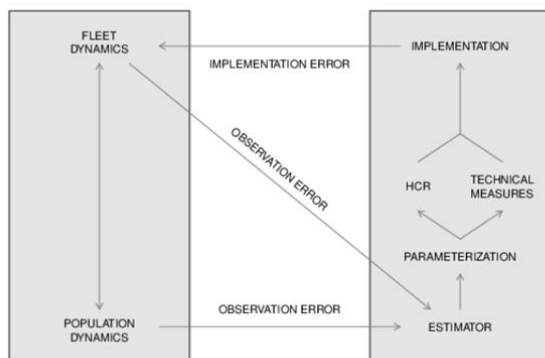
MSE elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

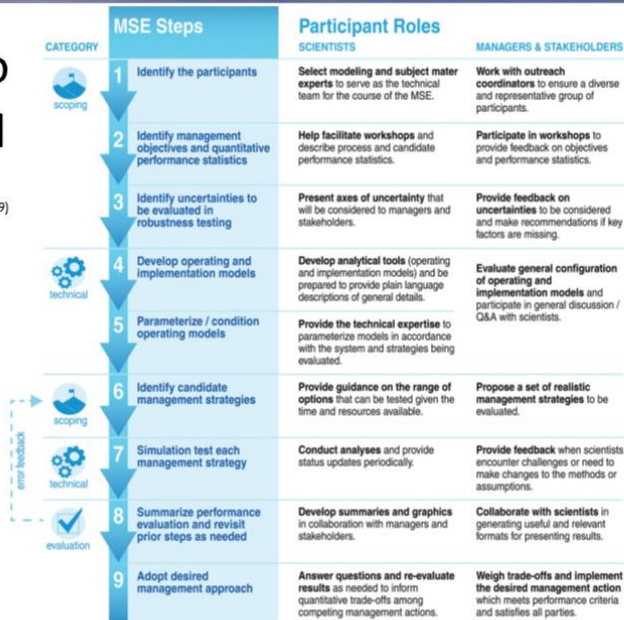
FLR mse elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Proceso de EEM

(from Goethel et al., 2019)



Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Propuesta de trabajo por módulos para el CCT-J

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Propuesta de modulos a discutir

Modulo	Modelos	Descripción	Fecha
1	MO_F	Modelo Operativo dinámica de la flota	Junio
	MO_P	Modelo Operativo de la dinámica población	Junio
2	MEOF	Modelo de error de las observaciones de dinámica de la flota	Junio
3	MEOP	Modelo de error de las observaciones de dinámica de la flota	Julio
4	MEI	Modelo de error de implementación (subreportes, descartes).	Julio
5	PM_EST	Procedimiento de manejo: Modelo de estimación	Agosto
	PM_RC	Procedimiento de manejo: Regla de captura	Agosto

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Reunión de Manta Febrero 2022. Agenda taller de Manta

1. Introducción de la evaluación de la estrategia de gestión
 - a. Presentación genérica sobre MSE, MP, definiciones y aplicaciones
 - b. Presentación sobre los objetivos de MSE, concepto de ajuste, incluidos ejemplos de otras pesquerías, presentación sobre Métricas de desempeño
2. Introducción a los Modelos Operativos de Jack Mackerel
 - a. Modelo actual de evaluación del jurel: datos e indicaciones
 - b. Presentación del MO actualizado (siguiendo el índice de referencia) y tratamiento de la estructura del stock, error de implementación y otras fuentes de incertidumbre
3. Identificar los objetivos de la MSE
 - a. Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - b. dividir grupos
 - c. Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
4. Identificar las métricas de rendimiento de MSE
 - a. Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - b. dividir grupos
 - c. Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
5. Cierre y próximos pasos

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R OReunión de Manta Febrero 2022
Pasos siguientes

Será necesario **formar un grupo de trabajo** con objetivos iniciales para:

- Programar un plan de acción para avanzar en las actividades del grupo de trabajo (**términos de referencia**)
- Coordinar con el **contratista** (¿Cuál contratista es este?) sobre el estado de actualización de las revisiones al OM que se necesitan para ser consistente con los datos de Benchmark y los cambios en el modelo
- Compilar una lista priorizada de características técnicas requeridas para el MO, incluida la generación de datos

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

1° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel OROP-PS

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

1° Reunión grupo de EEM

Realizada telemáticamente el 9 de mayo.

Los objetivos fueron:

1. Conformar y conocer el grupo de trabajo
2. Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM MSE en R.
3. Planificar las tareas.
4. Asignar tareas por miembros.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Desarrollo de la 1° Reunión.

1. Conformar y conocer el grupo de trabajo.

Se conformó el grupo, solo unos pocos (Ilanelli, Mosqueira, Hintzen, otros) por experiencia importante en la **implementación** de EEM, el resto con escasa experiencia en la **implementación** de EEM.

2. Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM MSE en R.

El Github contiene la versión inicial de hace un par de años.

El paquete aún está en adecuación para incorporar el nuevo modelo establecido en el Benchmark 2022.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Planificación de tareas: Acuerdos

- a) Crear un **subgrupo** para analizar los detalles técnicos del Modelo Operativo (**OM**), con énfasis en modelo de error de observaciones (**OEM**) y el uso del MCMC. Dr. lanelli destacó que primero hay que condicionar el OM para producir los estimados puntuales y luego la incertidumbre con MCMC. I. Payá quedó como un miembro de este grupo.
- b) Las **delegaciones** de los países **generen un cronograma de entrega de datos e indicadores para los próximos 10-15 años**, con una **probabilidad** de realización de **cruceros** de investigación anual o con otra escala temporal.
- c) **Actualizar** los algoritmos de **JJM MSE** para incorporar las modificaciones del modelo de evaluación realizadas en el **benchmark de 2022**.
- d) Generar una **segunda** sesión de **capacitación** ("Capacity building") luego que la nueva actualización esté disponible en Github.
- e) Las **delegaciones** analizarán cuales serían los **procedimientos de manejo a analizar**, por ejemplo, modelo basado en JJM o modelo de producción, o basado en índices (CPUE o acústicas). Dr. Hintzen aboga por usar procedimientos data-índice basado.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Tareas

- Próxima reunión entregar un **documento** de trabajo con la propuesta de cómo se incluirá la **incertidumbre en OM**. (lanelli y Payá).
- Generar documento de las estrategias de manejo a analizar (no aun pero debe ir preparándolo la delegación chilena).

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Tareas para la delegación chilena

1. Cronograma de entrega de datos e indicadores para los próximos 10-15 años, con una la probabilidad de realización de cruceros de investigación anual o con otra escala temporal.
2. Analizar cuáles serían los procedimientos de manejo de interés a analizar: modelo basado en JJM, modelo de producción, dato-basado, basado en índices (CPUE o acústicas).

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

2° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel OROP-PS

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

2° Reunión grupo de EEM

Realizada telemáticamente el 14 de junio.

Los objetivos fueron:

1. Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM MSE en R.
2. Discutir los documentos de trabajo
3. Planificar las tareas.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

2° Reunión grupo de EEM

Documentos de trabajo (no alcanzamos a discutirlos)

- EU: Tasas de conectividad entre diferentes áreas para implementar el modelo operacional con Meta-población.
- Chile: Propuesta de reemplazar el eje de incertidumbre sobre crecimiento individual por incertidumbre en índices de CPUE.
- Perú: Incorporar incertidumbre en la mortalidad natural del stock norte.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

2° Reunión grupo de EEM

Acuerdos:

Revisar los documentos de trabajo en próxima reunión.

Generar documento de aclaración de la planificación del grupo (numero de MO y tipos de OM).

Subir a github modelo de EEM actualizado.

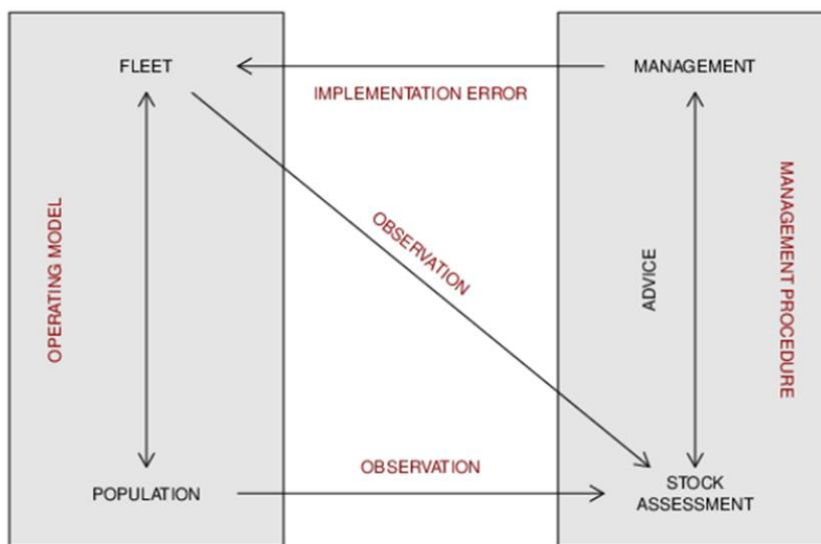
Algunas reuniones 1 a 1 para temas mas específicos como el uso de MCMC.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Análisis de modelo operativo.

Payá, 2023



Payá, 2023

MO

- *biols*: fish population(s) at age
- *fisheries*: fleets defined by catches, effort, timing, selectivity
- *refpts*: for performance calculations
- *projection*: method to move OM ahead based on MP decision
- *fleetBehaviour*: fleet response to management
- *FLomBF*: *FLBiols*, *FLFisheries*, *FLPar*, *mseCtrl*, *mseCtrl*



Payá, 2023

FLBiol

```
FLBiol
|-- n: abundance at age, FLQuant
|-- m: natural mortality at age, FLQuant
|-- wt: mean weight at age, FLQuant
|-- spwn: proportion of time step, FLQuant
|-- mat: maturity at age, predictModel
|-- fec: fecundity at age, predictModel
`-- rec: stock-recruit relationship, predictModel
    |-- model: formula
    |-- params: FLPar
    `-- FLQuants
```

Biología



Payá, 2023

The FLOmBF class for the 2 stock OM

FLOmBF

```
-- biols: FLBiols
|   |-- Northern stock: FLBiol
|   |-- Southern stock: FLBiol
|-- fisheries: FLFisheries
|   |-- N_Chile: FLFishery
|   |-- SC_Chile_PS: FLFishery
|   |-- FarNorth: FLFishery
|   |-- Offshore_Trawl: FLFishery
|-- refpts: FLPar
|-- projection: mseCtrl
`-- fleetBehaviour: mseCtrl
```

Biología y Pesquerías



Payá, 2023

Comentarios sobre el MO en reunión en Manta

- Los MO son siempre elegidos conjuntamente por un Comité.
- Si varios equipos están realizando ensayos de EEM, todos ellos deben trabajar con el mismo código MO.
- Actualizar el modelo desde el modelo producido en el taller de benchmark.
- Preparar un código de proyección capaz de generar datos simulados.
- Las pruebas técnicas para asegurar que, bajo la especificación del modelo, la incertidumbre se pueda cuantificar adecuadamente (por ejemplo, usando un enfoque bayesiano).
- Construir un MO que permita probar la solidez de los candidatos con un solo stock o con dos stocks.

Payá, 2023

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Comentarios sobre el OM en reunión de Manta

- Distinción entre unidades de stocks de ordenación y unidades poblacionales (biológicas).
 - Se planteó la posibilidad de evaluar un modelo espacial con tasas de mezcla, para dar cuenta de diferentes estructuras poblacionales.
 - Este enfoque es posible, y en el pasado se han probado modelos espaciales de jurel (SEAPODYM)(Hintzen).
 - Sin embargo, las tasas de mezcla a menudo no son estacionarias. Por lo tanto, suponer tasas estacionarias puede introducir sesgos, y estimar las tasas de mezcla variables en el tiempo también puede ser desafiante e incierto.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Comentarios sobre el OM en reunión de Manta

- Índice basado en CPUE:
 - ¿Como incluir el aumento de la eficiencia del esfuerzo (“effort creep”) en el modelo de estimación y en el modelo operativo?
 - La disponibilidad costera ha aumentado fuertemente en los últimos 3-4 años, ¿Cómo afectara esto los índices de CPUE?
- ¿Como incluir los cambios ambientales en el MO de jurel?
 - Hasta el momento el OM de jurel no incluye cambios ambientales, pero el modelo de estimación si los incluye mediante dos periodos de productividad ($h=0,6$, $h=0,8$).
- Actualizar y reevaluar los ejes principales de incertidumbre a ser incluidos.
 - La incertidumbre en la asignación de edad ha disminuido, pero la incertidumbre en los cambios de disponibilidad costera y su efecto en el índice de CPUE ha aumentado.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Comentarios sobre el OM en reunión de Manta

- ¿Como incluir el aumento de la disponibilidad costera en el modelo de estimación y en el modelo operativo?
 - La disponibilidad costera ha aumentado fuertemente en los últimos 3-4 años, ¿Cómo afectara esto los índices de CPUE?
- ¿Como incluir los cambios ambientales en el MO de jurel?
 - Hasta el momento el OM de jurel no incluye cambios ambientales, pero el modelo de estimación si los incluye mediante dos periodos de productividad ($h=0,6$, $h=0,8$).
- Actualizar y reevaluar los ejes principales de incertidumbre a ser incluidos.
 - La incertidumbre en la asignación de edad ha disminuido, pero la incertidumbre en los cambios de disponibilidad costera y su efecto en el índice de CPUE ha aumentado.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Rejilla (“Grid”)

“Rejilla (grid) de incertidumbre “: combinaciones de modelos que se promedian para cubrir toda la incertidumbre estructural:

- 1) Muchas celdas de cuadrícula con diferentes modelos para describir la incertidumbre estructural
- 2) Menos celdas de cuadrícula y usar la incertidumbre dentro de la celda (por ejemplo, MCMC) para describir la incertidumbre.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Incertidumbre estructural

Acordada en la 2ª sesión en 2020:

- 3 hipótesis de estructura del stock,
 - 1 stock
 - 2 stocks
 - 1 meta-población
- 2 supuestos de crecimiento
 - Modelo de crecimiento peruano
 - Modelo de crecimiento chileno (antes de corrección de asignación de edad)
- 2 regímenes de reclutamiento.
 - Baja productividad ($h=0,6$)
 - Alta productividad ($h=0,8$)

TOTAL DE 12 MODELOS ESTRUCTURALES

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Que faltaba en el MO en el 2020

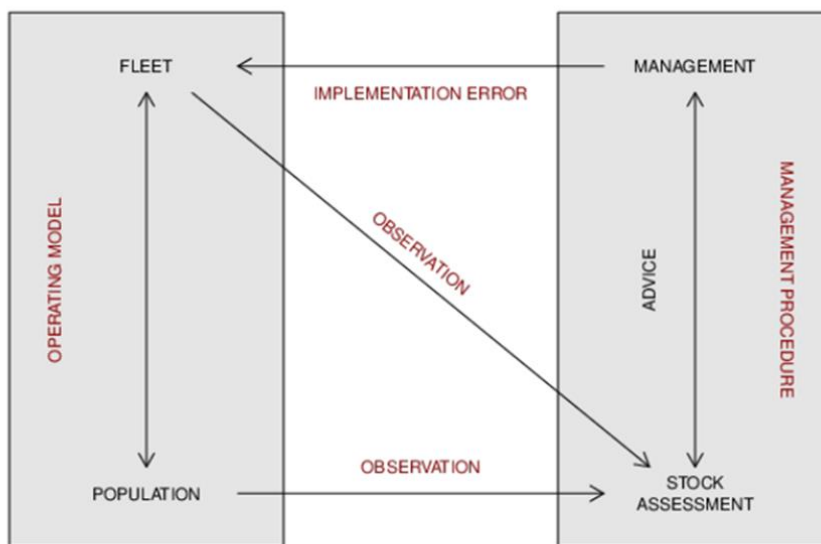
- ENSAMBLAR la “rejilla” completa del MO
- EXPLORAR algoritmos MCMC para jjms
- ESCRIBIR método de proyección para 1 + 1 MO
- PARAMETRIZAR tasas de movimiento y cambios con el clima

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

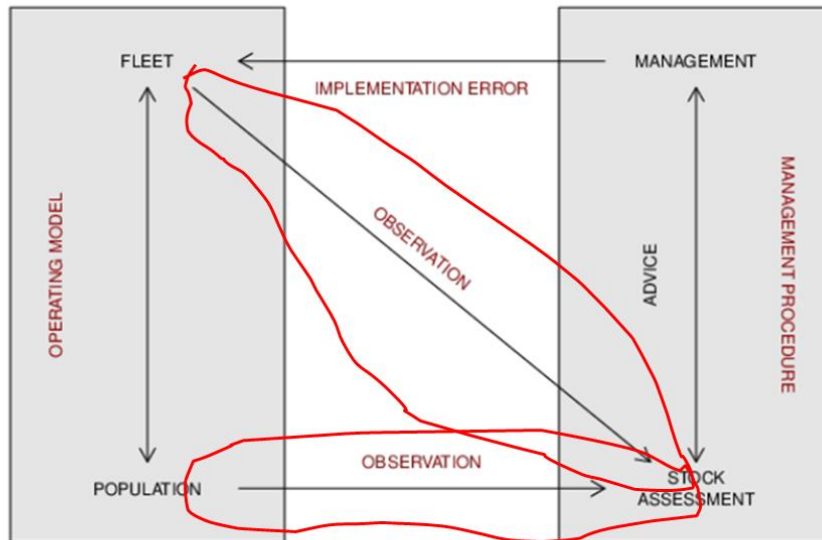
Análisis de modelo error de observaci3n

Payá, 2023



Payá, 2023

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



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Observation Error Model for CJM

- *cjm.eom* function
- Observe landings and discards from OM@fisheries
- Generate index of abundance from OM@biols

$$I_{sy} = \sum_a (N_{ya} W_{ya} S_{ya} e^{(-Z_{ya} P_s)} Q_s)$$

- Calculate catch proportions at age OM@fisheries
- Assumes current timing of offshore CPUE (*y*-1)

Modelo de
error de las
observaciones

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

- Iago aclar3 que el muestreo de MCMC es de la cadena y tendr3 la estructura de correlaci3n correcta dentro de la cadena. Todo esto se documentar3 tan pronto como la plataforma est3 lista.

Pay3, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Comentarios y acuerdos del CCT-J.

Pay3, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Acuerdos

Completar al final de la reunión

- Plan de módulos por reunión
- Revisar la grilla de incertidumbre estructural (tasas de conectividad)
-
-

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Fin

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A



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

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

VIDEO DE MSE

<https://www.youtube.com/watch?v=PAExpqFUrRU>

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

A N E X O 5

Avances en la evaluación de estrategias de manejo de jurel en la OROP-PS. Presentación en la cuarta reunión del CCT-Jurel 2023.

Autor: Ignacio Payá

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

AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE JUREL EN EL OROP-PS

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel
nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año
2024

Ignacio Payá
septiembre, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Contenido

1. Revisión del esquema general de EEM y
aclaración de dudas generales
2. Reuniones del grupo de trabajo de EEM
3. Avances del grupo técnico de EEM de la OROP-
PS -> Modelo operativo.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Revisión del esquema general de EEM y aclaración de dudas generales

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Que es EEM? (Dr. Ianelli)

- Se utiliza para desarrollar estrategias de captura previamente acordadas (o procedimientos de gestión)
- Se basa en modelos de simulación informados (modelos operativos) para representar los recursos y sus pesquerías
- Prueba diferentes procedimientos de gestión frente a los objetivos.
 - Seguimiento por métricas de desempeño
 - Incluye pruebas de robustez, planes para circunstancias excepcionales y actualizaciones programadas
- Da como resultado un proceso de asesoramiento de captura transparente.

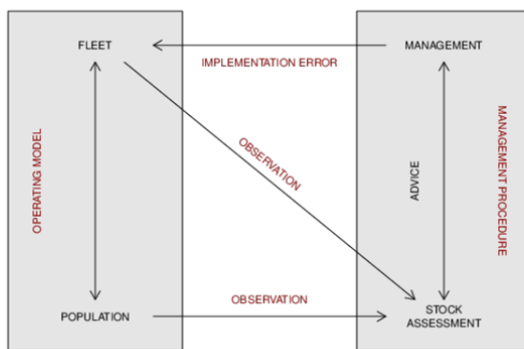
Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Revisi3n de conceptos de EEM

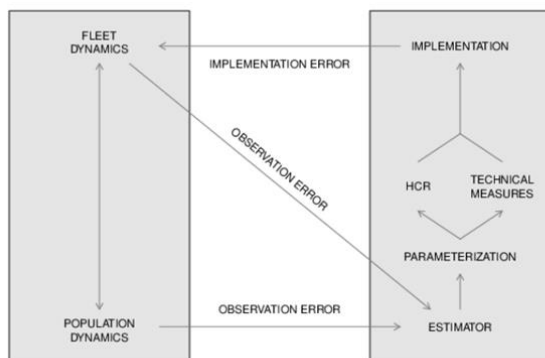
MSE elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

FLR mse elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Proceso de EEM

(from Goethel et al., 2019)



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO		
CATEGORY	MSE Steps	Participant Roles
		SCIENTISTS MANAGERS & STAKEHOLDERS
scoping	1 Identify the participants	Select modeling and subject matter experts to serve as the technical team for the course of the MSE. Work with outreach coordinators to ensure a diverse and representative group of participants.
	2 Identify management objectives and quantitative performance statistics	Help facilitate workshops and describe process and candidate performance statistics. Participate in workshops to provide feedback on objectives and performance statistics.
	3 Identify uncertainties to be evaluated in robustness testing	Present axes of uncertainty that will be considered to managers and stakeholders. Provide feedback on uncertainties to be considered and make recommendations if key factors are missing.
technical	4 Develop operating and implementation models	Develop analytical tools (operating and implementation models) and be prepared to provide plain language descriptions of general details. Evaluate general configuration of operating and implementation models and participate in general discussion / Q&A with scientists.
	5 Parameterize / condition operating models	Provide the technical expertise to parameterize models in accordance with the system and strategies being evaluated.
evaluation	6 Identify candidate management strategies	Provide guidance on the range of options that can be tested given the time and resources available. Propose a set of realistic management strategies to be evaluated.
	7 Simulation test each management strategy	Conduct analyses and provide status updates periodically. Provide feedback when scientists encounter challenges or need to make changes to the methods or assumptions.
	8 Summarize performance evaluation and revisit prior steps as needed	Develop summaries and graphics in collaboration with managers and stakeholders. Collaborate with scientists in generating useful and relevant formats for presenting results.
	9 Adopt desired management approach	Answer questions and re-evaluate results as needed to inform quantitative trade-offs among competing management actions. Weigh trade-offs and implement the desired management action which meets performance criteria and satisfies all parties.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Reunión de Manta Febrero 2022. Agenda taller de Manta

- Introducción de la evaluación de la estrategia de gestión
 - Presentación genérica sobre MSE, MP, definiciones y aplicaciones
 - Presentación sobre los objetivos de MSE, concepto de ajuste, incluidos ejemplos de otras pesquerías, presentación sobre Métricas de desempeño
- Introducción a los Modelos Operativos de Jack Mackerel
 - Modelo actual de evaluación del jurel: datos e indicaciones
 - Presentación del MO actualizado (siguiendo el índice de referencia) y tratamiento de la estructura del stock, error de implementación y otras fuentes de incertidumbre
- Identificar los objetivos de la MSE
 - Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - dividir grupos
 - Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
- Identificar las métricas de rendimiento de MSE
 - Objetivo de los grupos de trabajo, qué lograr
 - dividir grupos
 - Retroalimentación de los grupos de trabajo al plenario
- Cierre y próximos pasos

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Avances del grupo técnico de EEM de la OROP-PS a septiembre del 2023.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

1° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel, mayo

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

1° Reunión grupo de EEM

Realizada telemáticamente el 9 de mayo.

Los objetivos fueron:

1. Conformar y conocer el grupo de trabajo
2. Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM MSE en R.
3. Planificar las tareas.
4. Asignar tareas por miembros.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Desarrollo de la 1° Reunión.

1. Conformar y conocer el grupo de trabajo.

Se conformó el grupo, solo unos pocos (Ianelli, Mosqueira, Hintzen, otros) por experiencia importante en la **implementación** de EEM, el resto con escasa experiencia en la **implementación** de EEM.

2. Conocer el estado de desarrollo del paquete JJM MSE en R.

El Github contiene la versión inicial de hace un par de años.

El paquete aún está en adecuación para incorporar el nuevo modelo establecido en el Benchmark 2022.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Planificación de tareas: Acuerdos

- a) Crear un **subgrupo** para analizar los detalles técnicos del Modelo Operativo (**OM**), con énfasis en modelo de error de observaciones (**OEM**) y el uso del MCMC. Dr. Ianelli destacó que primero hay que condicionar el OM para producir los estimados puntuales y luego la incertidumbre con MCMC. I. Payá quedó como un miembro de este grupo.
- b) Las **delegaciones** de los países **generen un cronograma de entrega de datos e indicadores para los próximos 10-15 años**, con una **probabilidad** de realización de **cruceros** de investigación anual o con otra escala temporal.
- c) **Actualizar** los algoritmos de **JJM MSE** para incorporar las modificaciones del modelo de evaluación realizadas en el **benchmark de 2022**.
- d) Generar una **segunda** sesión de **capacitación** ("Capacity building") luego que la nueva actualización esté disponible en Github.
- e) Las **delegaciones** analizarán cuáles serían los **procedimientos de manejo a analizar**, por ejemplo, modelo basado en JJM o modelo de producción, o basado en índices (CPUE o acústicas). Dr. Hintzen aboga por usar procedimientos data-índice basado.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Tareas para la delegación chilena

1. Cronograma de entrega de datos e indicadores para los próximos 10-15 años, con una la probabilidad de realización de cruceros de investigación anual o con otra escala temporal.
2. Analizar cuáles serían los procedimientos de manejo de interés a analizar: modelo basado en JJM, modelo de producción, dato-basado, basado en índices (CPUE o acústicas).

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

2° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel. Junio

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

2° Reunión grupo de EEM

1. Update on the technical development of MSE software.
2. The OMs are now based on the MCMC runs, with future dynamics being taken as averages over the last three years for natural mortality, maturity and weights.
3. Future recruitment deviations from the stock-recruitment relationship are currently modelled by
4. Following a lognormal distributed set of deviances with some autocorrelation.
5. Chile asked about the buffer that the MP has for the quota (15% r 20%). Niels clarified Management Procedure would be discussed later.
6. Chile asked for clarification as to whether past practice is going to be followed, i.e., using a grid to approach uncertainty with about 12 different Oms.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

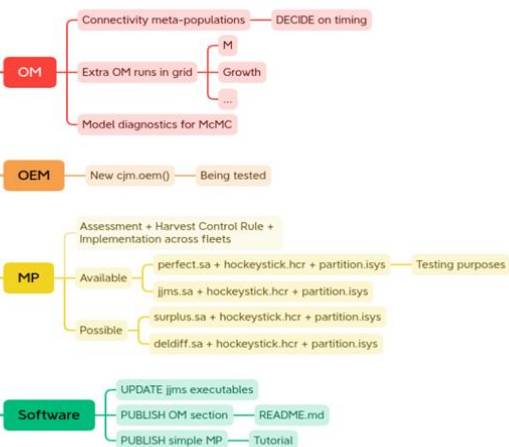
3° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel. Julio

Payá, 2023

3° Reunión grupo de EEM

1. Update on the technical development of MSE software.

Progress 12/07



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

3° Reunión grupo de EEM

1. **Update** on the technical development of MSE **software**.
2. Participants of the group were requested to prepare **proposals** for alternative **MPs** in detailed working documents (WDs), including equations and decision rules, etc.
3. Review WD on OM development
CHILE: Extensive **discussion** around the idea of **migration rates**.
SEAPODYM doesn't account for that temporal **variability** (El Niño, la Niña)
SEAPODYM study was from a limited time period in the past (prior to 2011)
Concern that the proposed **migration rates seemed quite low**
4. PERU: Sensitivity analyses using the JJM model with different values of **M**, both fixed and age-specific
5. **CHILE**: did **not support** including **sensitivity** runs with respect to **growth affecting the southern stock**.
6. **Effort creep will remain** as it is in the current assessment. There is **no interest** at this point in trying to **simulate** technical creep into the future.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

3° Reunión grupo de EEM

7. **Chile**: concerns over the inclusion of an effort creep correction factor of 1% per year. He suggested that effort creep may in fact be better represented by **time blocks**
8. **CHILE**: **Changes in spatial distribution** for the fleet and survey, which could be **changes in q**
9. **Weight-at-age: Smooth** by fleet, year and fleet.
10. The group agreed **not to include this smoothing** approach in the OM.
11. **Chile**: **Concern** about **environment** and weight-at-age.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Jack Mackerel growth. Mean weight and environment (Payá 2023)

Background

- MSE OM
- OM with change in mean weight at age by year.
- Is it possible to identify block of years with difference mean weight at age?
- If so, are these weight by block of years related with regimen shift?

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

METHODS

- GLMM of Mean weight-at-age by cohort

$$\ln(\text{MW}) = a + b * \text{Age} + (a | \text{Cohort})$$

Fixed effect = intercept and slope

Random effect = intercept errors and slope errors

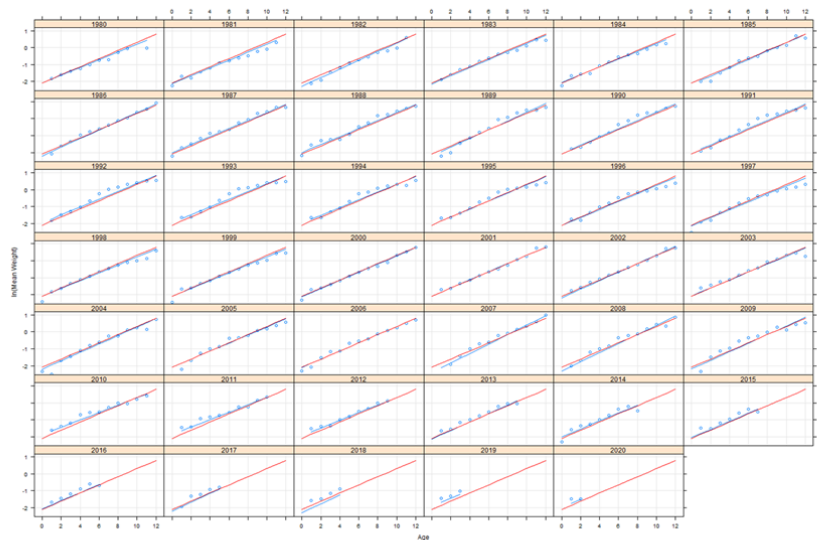
Correlations between random effects and environmental variables.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

GLMM: mean weight by cohort



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

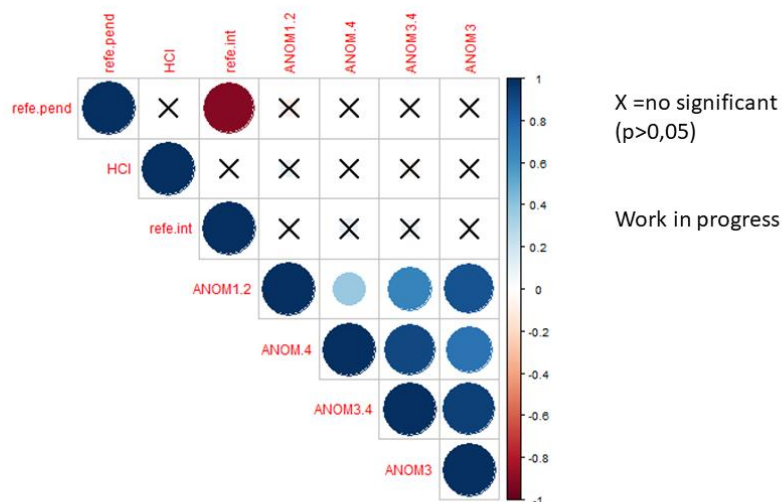


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Correlations



Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Summary about mean weight-at-age

- North MWA matrix has less age groups -> no used
- CS MWA matrix had more age groups -> used
- MWA had a exponential growth by cohort
- GLMM of CS MWA -> MWA by cohort was stable
- No significant correlations were found between NWA and environmental variables (NIÑO4, NIÑO3.4, NIÑO3, NIÑO1.2, HCI).
- Work in progress

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

4° Reunión 2023 del grupo de EEM de jurel. Agosto

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

4° Reunión grupo de EEM

1. **Migration rates** discussions
2. WG has already **agreed** to implement the **SEAPODYM** rates at this stage, with **sensitivities** which may include the **Chilean rates**.
3. Chile: expressed concerns about how the WG is coming to agreements
4. Sebastian Vasquez (CHL) presented Figure 3 from SC11-JM14.
5. Values are related to mean generation time, we don't have agreement on that to begin with. This poses several questions that are beyond our knowledge base at this point. It's going from the theory of population genetics to the practice of fish movement.

Payá, 2023

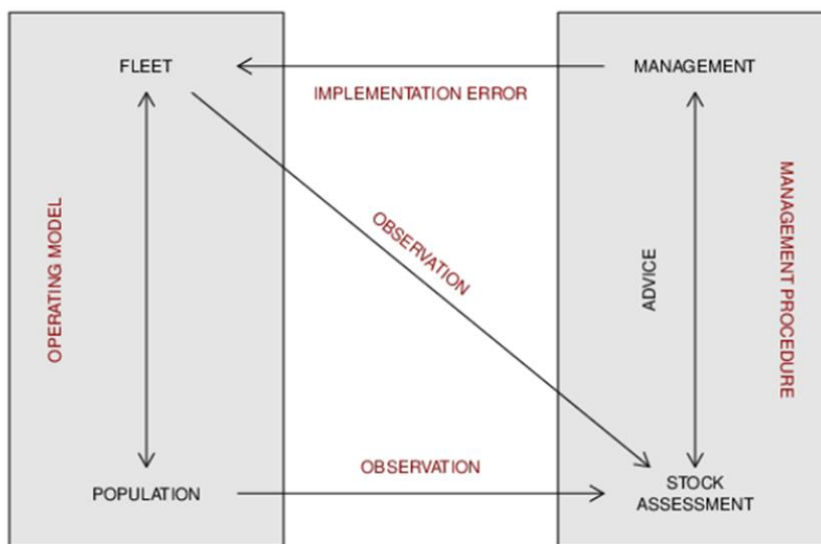
D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Late working document

JJM MSE documentation August 28

- DRAFT Version 0.00
- Pendiente porque lago Mosqueria está enfermo.

Payá, 2023



Payá, 2023

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

MO

- *biols*: fish population(s) at age
- *fisheries*: fleets defined by catches, effort, timing, selectivity
- *refpts*: for performance calculations
- *projection*: method to move OM ahead based on MP decision
- *fleetBehaviour*: fleet response to management
- *FLomBF*: *FLBiols*, *FLFisheries*, *FLPar*, *mseCtrl*, *mseCtrl*



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

OM

- **Conditioning** of Operating Models
- The OM's are conditioned on the available data using the **latest version** of the Joint Jack Mackerel Model, jjms (SPRFMO 2022)
- **Data** in the operating model conditioning is the same as used in the latest stock assessment (**SPRFMO 2022**, Annex 8, model 1.02).
- **Model runs used for conditioning** of the operating model used input files available at the SPRFMO github jjm repository, so no specific data preparation took place

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

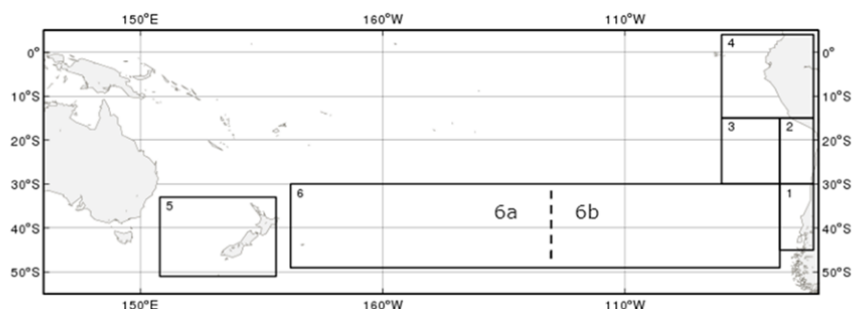
OM grid

- Single stock, two stock hypotheses and a metapopulation (1s, 2s, met).
- Two values for the steepness of the Beverton & Holt stock-recruitment relationship: $h=0.65$ or $h=0.80$ (h06, h08).

		Steepness	
		Low steepness	High steepness
Stock structure	One	one_h60_	one_h85_
	Two	two_h60_	two_h85_
	Meta	met_h60_	met_h85_

Pay3, 2023

Metapopulation

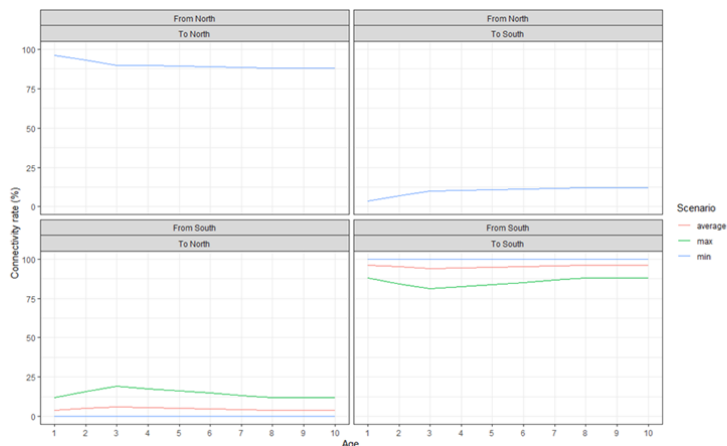


Two main sources, one in the south (**south of ~18.5°S**) extending into the high seas up to ~160°W and one in the north (north of ~18.5°S) extending into the high seas that are associated with annual exchanges between these sources

Pay3, 2023

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

Metapopulation



SEAPODYM rates (Dragon et al., 2018)

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Parameter uncertainty

- Markov chain Monte Carlo (MCMC) procedure was conducted using the no-U-turn (NUTS) sampler (Monnahan and Kristensen 2018) run in parallel along 12 chains, for 2,000 iterations each, and with a burn-in of 500 iterations.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

OM projections and dynamics

- Stock and fishery weight-at-age

$$w_{ta}^{future} \sim \mathcal{N}(\bar{w}_a, \sigma_{w_a}^2)$$

$$\hat{w}_{ta} = \bar{w}_a e^{\psi_t} \quad a = 1, t \geq 1970 \quad (1)$$

$$\hat{w}_{ta} = \hat{w}_{t-1, a-1} + \Delta_a e^{\psi_t} \quad a > 1, t > 1970 \quad (2)$$

$$\Delta_a = \bar{w}_{a+1} - \bar{w}_a \quad a < A \quad (3)$$

$$\bar{w}_a = \alpha \left\{ L_1 + (L_2 - L_1) \left(\frac{1 - K^{a-1}}{1 - K^{A-1}} \right) \right\}^3 \quad (4)$$

Since observation errors are unavailable for the estimates provided, we assumed a fixed vector by age: **VER NUEVA MATRIX DE ERROR**

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CV	10%	10%	5%	5%	5%	8%	10%	10%	13%	15%	18%	20%

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

OM projections and dynamics

- Maturity-at-age = CTE
Constant over time
- Natural mortality-at-age = CTE
Perú-> sensitivity analysis with M
- Catch proportions by fleet
Assumed to vary without trend based on recent 10-year averages and variances in catch proportion
- Technological creep: EC= 0% & EC=2.5%

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

OEM projections and dynamics

- Survey catchabilities
 - Are assumed to be constant trend over time and are simulated based on estimated Q_s in the stock assessment and vary per MCMC replicate
- Technological creep
 - no technological creep is applied to the CPUEs in the OEM beyond 2022.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Fin

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

A N E X O 6

Chilean Jack Mackerel Fleet 2 CPUE abundance indices
Presentación en la cuarta reunión del CCT-Jurel 2023.
Autor: Ignacio Payá

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

Chilean Jack Mackerel Fleet 2 CPUE abundance indices

Ignacio Payá C.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Background

- The abundance index based on the CPUE model of the south-central Chilean purse seiner fleet (fleet 2) is one of the main indices used in the jack mackerel stock assessment model.
- The index is based on fishing trips database.
- $CPUE = C / (\text{days out of the port} * \text{holding capacity})$
- The area effect is based on 10 zones.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Aims

- 1) To update the current index used in the JJM
- 2) To analysis alternative indices
 - To improve spatial resolution.
Fishing trips - > Fishing set (update)
 - To improve spatial analysis
Change zone definition
Introduce geo-statistics analysis
Introduce spatiotemporal correlations

Payá, 2023

4 Fleet 2 different abundance indices

Model	Currently used in the stock assessment	Alternative indices for next Benchmark workshop.	Working paper
1) Fishing trip	X		SC11-JM11
2) Fishing set		X	SC11-JM10
3) Spatiotemporal		X	SC11-JM12
4) Spatio-temporal GLM		X	SC11-JM12

Payá, 2023

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Model	Dependent Variable	Database by	Method
1) Fishing trip	CPUE	Trip	GLM (gamma, log)
2) Fishing set	C	Set	GLM (Tweiddie, log)
3) Spatiotemporal	CPUE	Set	spatiotemporal variability set to an auto-regressive function of order 1 (sdmTMB)
4) Spatio-temporal GLM	CPUE	Set	spatiotemporal define by the SPDE (stochastic partial differential equation)-based GLM (sdmTMB)

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

1) Fishing trip model (Canales et al. 2013)

$$CPUE = \text{year} + \text{quarter} + \text{zone} + hc + \epsilon$$

where CPUE is catch (t)/ days at sea multiply by the vessel hold capacity (m^3); year is the temporal effect (1983 to 2023); zone is the spatial effect (Z11, Z12, Z13, Z21, Z22, Z23, Z31, Z32 and Z33) and hc is the vessel hold capacity bands effect (1: 0:250; 2: 251:350; 3: 351:500; 4: 501:600; 5: 601:750; 6: 750: 850; 7: 852:910; 8: 911:1100; 9: 1102:1506; 10: >1506); and ϵ is the error term.

The model was fitted as a GLM with gamma error distribution with a logarithm link function.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

Model 1: Zones used the current CPUE index (Canales 2013).

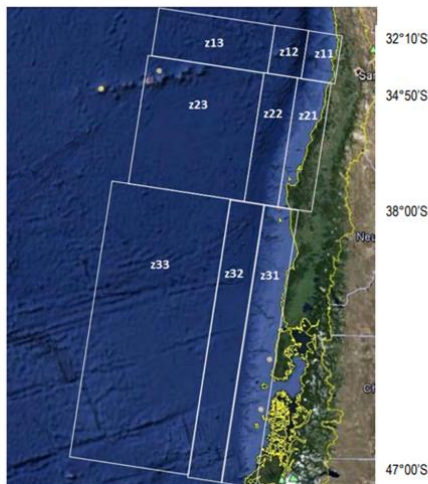


Figure 1. Spatial representation of Jack mackerel fishing zones at the center-south area off Chile.

Payá, 2023

2) Fishing set model (Caballero et al. 2020)

The model includes year, month, and area as fixed effects and holding capacity of the vessel and the days out of port as covariates. The systematic part of the model had the following form:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + \sum_{k=1}^{45} \beta_k x_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, m$$

where μ_i represents the mean catch in the i -th lance, β_k corresponds to the parameter that measures the linear relation of covariate x_{ik} observed to the i -th set through the linking function $g(\cdot)$, the parameter β_0 represents the intercept term in the intercept in the linear equation and m corresponds to the number of total sets on study, where the covariables are:

x_{i1} : Is the holding capacity (m^3) of the vessel that conducted the i -th set.

x_{ik} : Is the indicate variable related to the area where study the set was conducted, where $x_{ik} = 1$ if the i -th set was conducted in the area k and $x_{ik} = 0$ otherwise, for $k = 2, \dots, 7$.

x_{ik} : Is a indicate variable related to the year in which the set was conducted, where $x_{ik} = 1$ if the i -th set was conducted in the corresponding year and $x_{ik} = 0$ otherwise, for $k = 8, \dots, 35$.

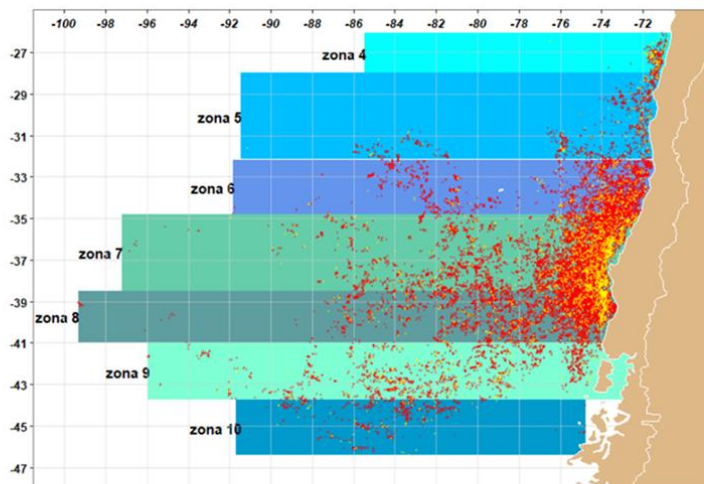
x_{ik} : Corresponds to the indicative variable related to the month in which the set was conducted, where $x_{ik} = 1$ if the i -th set was conducted in the corresponding month and $x_{ik} = 0$ otherwise for $k = 36, \dots, 46$.

x_{i47} : Are the days out of port (n^2 of days in decimal fraction) of the vessel where the i -th set was conducted.

Payá, 2023

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Model 2: Zones used the current CPUE index (Caballero et al. 2020).



Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

3) Spatiotemporal model (Payá 2023)

Spatiotemporal model

The CPUE (density) was modelled as a function of the smoothness of the vessel holding capacity (hc) with spatiotemporal variability set to an auto-regressive function of order 1. A Tweedie error distribution with a log link function (Dunn, 2017) was used:

```
fit_spatiotemporal <- sdmTMB( density ~ s(hc, k = 5), data = cjm, mesh = mesh, time = "year", family
= tweedie(link = "log"), spatial = "off", spatiotemporal = "ar1", control =
sdmTMBcontrol(newton_loops = 1))
```

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

3) Model 3: Fishing set locations.

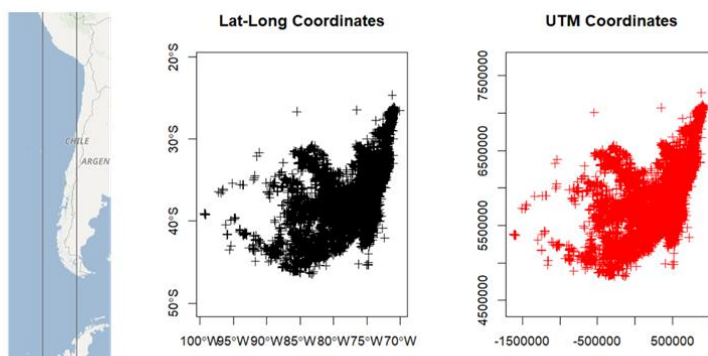
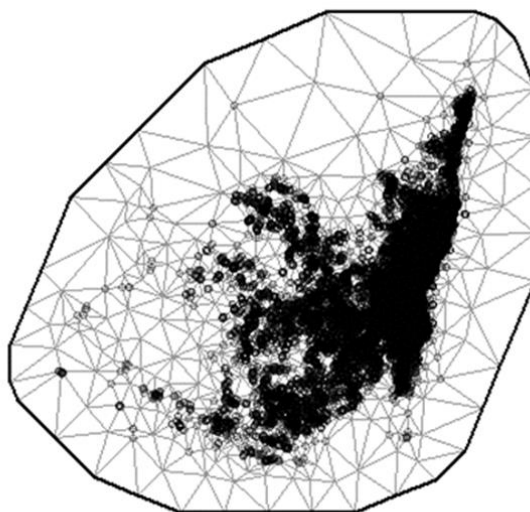


Figure 2. The left map shows the box area of the coordinate reference system according to the EPSG: 32718 – WGS 84 / UTM zone 18S. The fishing set locations in latitude-longitude units (centre plot) and UTM coordinates (right plot) for the 1994-2023 period.

Payá, 2023

Model 3. Spatial grid used in spatiotemporal model.



Payá, 2023

4) Spatio-temporal GLM (Payá 2023)

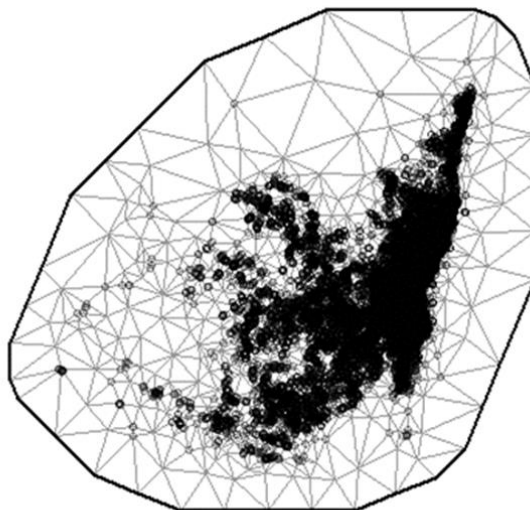
Spatio-temporal GLM.

The CPUE (density) was modelled as function of the year and month as fixed effects and the smooth of the vessel holding capacity with spatiotemporal define by the SPDE (stochastic partial differential equation). A Tweedie error distribution with a log link function was used:

```
m <- sdmTMB(data = cjm, formula = density ~ 0 + as.factor(year) + as.factor(month) + s(hc, k = 5),
  time = "year", mesh = cjm_spde, family = tweedie(link = "log"), control =
  sdmTMBcontrol(newton_loops = 1))
```

Payá, 2023

Model 4: Spatial grid used in spatio_temporal GLM.



Payá, 2023

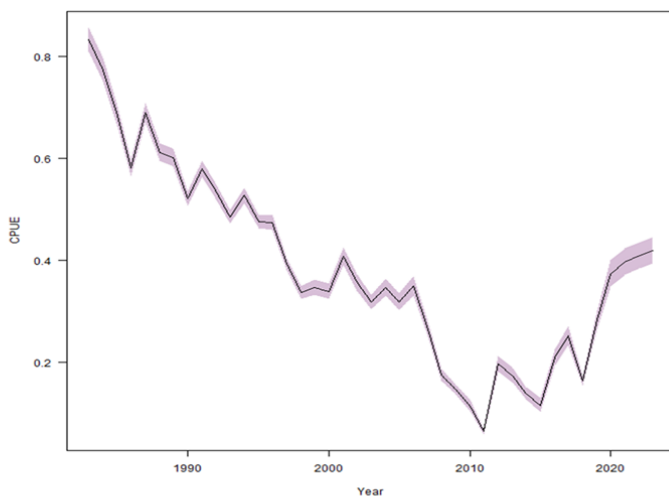
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Results

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Model 1: Fleet 2 CPUE index (trip)

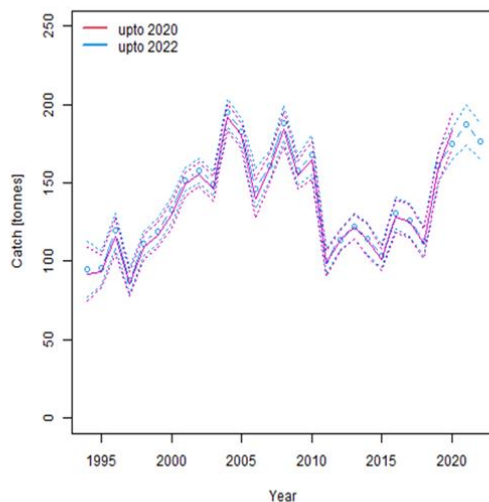


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Model 2: Fleet 2 CPUE index (set)

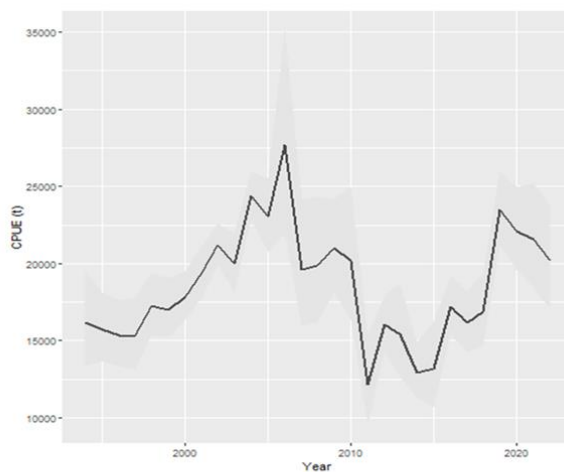


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Model 3: Fleet 2 CPUE index (spatiotemporal)

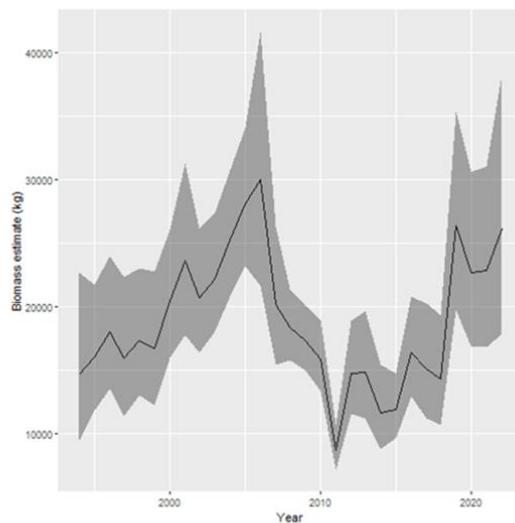


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Model 4: Fleet 2 CPUE index (spatio-temporal GLM)

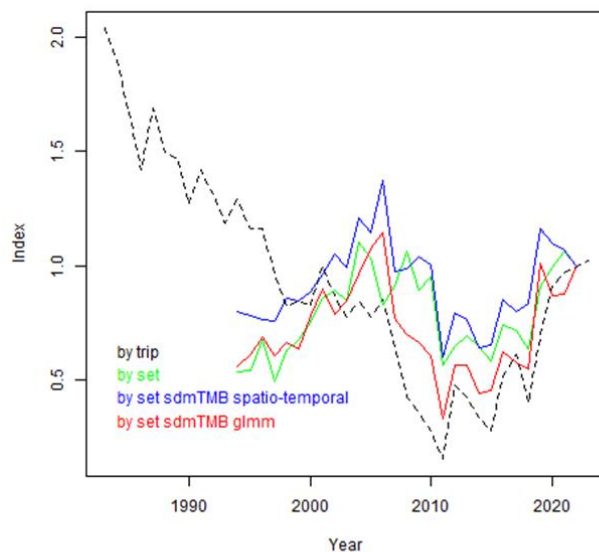


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Fleet 2 abundance indices relative to the year 2022.



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Whole Catch and sampled catch by set

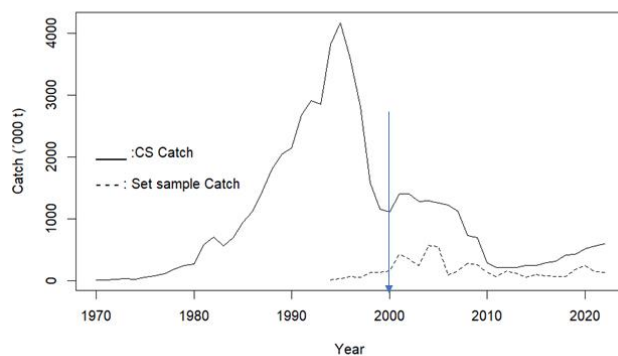
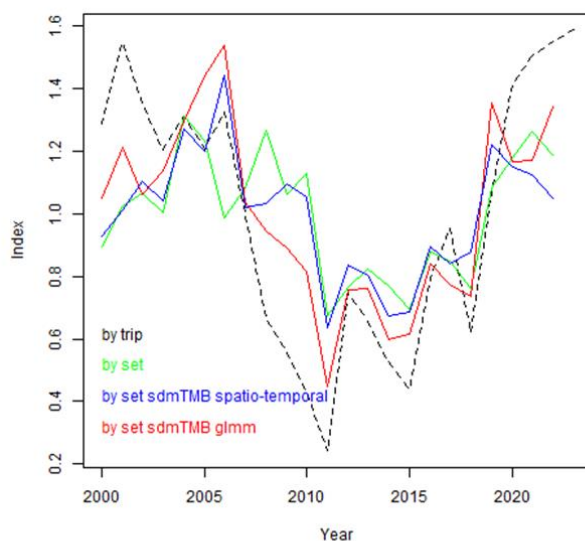


Figure 5. Whole catch of the central-south purse seiners fleet by year and the catch sampled in the catch by set database.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Fleet 2 Abundance indices relative to the mean 2000-2023



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Discussion

- The **updated current** CPUE index (Model 1) used in JJM had a **decrease** in the growth **rate** during the last three years
- Since 2000 **all alternative** CPUE indices (Models 2 to 4) had **similar trends**.
- Since 2000, the **current** index and the **alternative** indices had **similar** trends. However,
 - 1) During the **last 3 years** the **current** index **increased** while the **model 3 CPUE index decreased**.
 - 2) The **current** index had a **greater range** between its maximum and minimal figures.

Payá, 2023

Discussion

SC11 – JM07 Vasquez et al 2023:

Same database

Similar spatio-temporal model

INLA instead of sdmTMB

Different model for Holding capacity (effect(log H) vs spline(H))

Additional variables:

days out of the port

SST

Chlorophyll-a

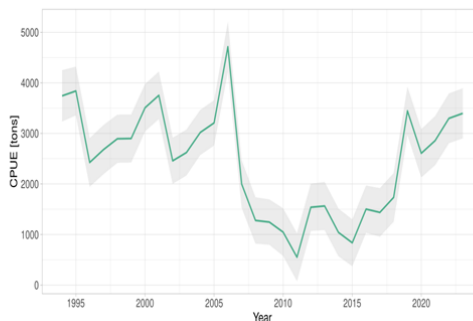


Figure 6: Spatio-temporal predicted biomass (CPUE) index of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) fishery of central-southern Chile. Shaded lower and upper limits represent the standard deviation of the prediction. This time-series has been obtained from the mean of the predicted biomass (CPUE) yearly maps.

Payá, 2023

Discussion

- The analysis of alternative CPUE indices is a work in progress.
- The use of alternative CPUE indices should be analyzed in the next stock assessment benchmark

Payá, 2023

A N E X O 7

Documento técnico sobre Puntos Biológicos de referencia.

Autor: Ignacio Payá



DOCUMENTO TÉCNICO
PUNTOS BIOLÓGICOS DE REFERENCIA

Convenio de Desempeño 2023
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel
nacional, Región de Arica y Parinacota a Región de los Lagos, año 2024

Jurel, 2024

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA / Diciembre 2023



DOCUMENTO TÉCNICO PUNTOS BIOLÓGICOS DE REFERENCIA

Convenio de Desempeño 2023
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional, Región de
Arica y Parinacota a Región de los Lagos, año 2024

Jurel, 2024

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA / Diciembre 2023

REQUIRENTE

SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura
Julio Salas Gutiérrez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación Pesquera
Carlos Montenegro Silva

JEFE DE PROYECTO

Ignacio Sergio Payá Contreras

AUTOR

Ignacio Sergio Payá Contreras



RESUMEN EJECUTIVO

En el Jurel se utilizan los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) dinámicos BD_RMS y F_RMS cuyos valores dependen, entre otras variables, del rango de años utilizados para estimar la relación stock-recluta. Desde el modelo de evaluación de stock se estimaron dos conjuntos de PBR, uno usando el rango de años referencial 2000-2020, y otro escenario con el rango 2001-2015. El objetivo de este documento fue actualizar los estimados de PBR considerando el impacto del rango de años usado para estimar la relación stock-recluta, y los PBR establecidos en Chile. Para esto se analizan los resultados del modelo de evaluación de stock acordado en el **11° Comité Científico de la OROP-PS (modelo h1_1.07)**, y los **PBR estimados usando el rango de años 2000-2020**, y el rango 2001-2015. Las variables principales del stock estimadas por el modelo, como la biomasa desovante y los reclutamientos, no fueron afectadas por el rango de años empleados para estimar la relación stock-recluta. El cambio del rango de años, generó en la BD_RMS un aumento desde 5,3 millones de t (rango 2001-2015) a 8 millones de t (rango 2000-2020). Sin embargo, el BD_RMS expresado como porcentaje de B0 fue similar (33-34%B0). **Blim estimado como 8%B0 en el taller de benchmark de 2022**, con la actualización aumentó a 14%B0 para el rango de años 2021-2015, mientras que para el rango de años 2000-2020 fue muy similar (9%). El F_RMS prácticamente se mantuvo igual independiente del rango de años usado. Por lo tanto, cuando se emplearon periodos de años con reclutamientos más altos (2000-2020) el BD_RMS fue mayor en términos de toneladas, pero similar en términos de %B0. Esto también impacta al diagrama de estatus, indicando una mejor condición cuando se utiliza el rango de reclutamientos bajos (2001-2015). En relación con los PBR estimados el 2022, y establecidos en Chile en el 2023, el F_RMS casi se duplicó, mientras que el BD_RMS como %B0 se mantuvo similar y en términos de toneladas aumentó en 600 mil t.



ÍNDICE GENERAL

1. ANTEDECENTES.....	1
2. OBJETIVO	1
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	1
4. RESULTADOS.....	2
5. DISCUSIÓN	13
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. BD_RMS y F_RMS estimados con diferentes rangos de años para ajustar la relación stock-recluta (h1_1.07: 2000-2020 y h1_1.07ls:2000-2020).	2
Figura 2. Biomosas desovantes y reclutas estimados con diferentes rangos de años para ajustar la relación stock-recluta (h1_1.07: 2000-2020 y h1_1.07ls:2001-2015).	3
Figura 3. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_RMS (arriba a la izquierda) y F_RMS (arriba a la derecha). Estimados usando el período 2000-2020, indicado por el recuadro rojo (h1_1.07).	4
Figura 4. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_RMS (arriba a la izquierda) y F_RMS (arriba a la derecha). Estimados usando el período 2001-2015, indicado por el recuadro rojo (h1_1.07ls).	5
Figura 5. Dispersión de los estimados de biomosas desovantes y de los reclutamientos que ellas generan. Se muestra en la línea rojo el modelo stock-recluta de Beverton-Holt ajustado solamente a los estimados en rojo. El panel de la izquierda es el periodo 2000-2020 (h1_1.07) y el panel derecho el período 2001-2015 (h1_1.07ls:).	10



Figura 6. Gráficas de estatus del stock ("Kobe plot"). El panel de la izquierda basado en la BD_RMS estimada usando el periodo 2000-2020 (h1_1.07) y el panel derecho usando el período 2001-2015 (h1_1.07ls):..... 10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales variables por año para el rango de años 2000-2020 (h1_1.07). BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1..... 6

Tabla 2. Principales variables por año para el rango de años 2001-2015 (h1_1.07ls). BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1..... 8

Tabla 3. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) actualizados en el 11°CC (SPRFMO 2023). Se muestran según los dos rangos de años, los estimados de los dos últimos años (2023 es una estimación preliminar) y el promedio por período. El Blim, que según lo acordado en el Taller de benchmark 2022 corresponde a la menor biomasa (8%B0) observada en la serie histórica estimada en el taller. Blim actualizado corresponde a la menor biomasa estimada en la evaluación realizada en el 2023. 11

Tabla 4. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) establecidos en Chile en el 2023 y valores actualizados por la OROP-PS 2023..... 12



1. ANTEDECENTES

En el jurel se utilizan los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) dinámicos BD_RMS y F_RMS, que corresponden a la biomasa desovante y la mortalidad por pesca en el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS). Los valores de BD_RMS dependen, entre otras variables, del rango de años utilizados para estimar la relación stock-recluta. **El modelo de evaluación de stock acordado en el 11° comité científico de la OROP-PS fue el modelo h1_1.07** desde el cual se estimaron dos conjuntos de PBR, el primero usando el rango de años de 2000-2020, que fue denominado h1_1.07, y el segundo el rango 2001-2015, que fue nombrado h1_1.07ls (SPRFMO 2023).

Siguiendo los acuerdos del Benchmark 2022 (SPRFMO_SCW14. 2022), el informe de estatus y posibilidades de explotación (Payá 2023) reportó el BD_RMS para el rango de años 2001-2015 (h1_1.07ls). Este informe se realizó antes de la publicación del reporte final del Comité Científico de la OROP-PS, el cual informó la **BD_RMS para el rango 2000-2020** (h1_1.07) (SPRFMO 2023).

El presente documento técnico es la base de la componente de PBR de la presentación “Estatus del stock 2023 y CBA 2024” realizada en el Comité Científico Técnico de la pesquería de jurel (CCT-J) el 2 de noviembre de 2023.

2. OBJETIVO

Actualizar los estimados de Puntos Biológicos de Referencia (PBR) considerando el impacto del rango de años usados para estimar la relación stock-recluta, y los PBR establecidos en Chile.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se analizan los resultados del modelo de evaluación de stock (JJM) acordado en el 11° Comité Científico de la OROP-PS que corresponde al **modelo h1_1.07**, y los **PBR estimados usando el rango de años de 2000-2020**, que fue denominado h1_1.07, y el estimado con un rango de 2001-2015 que fue nombrado como h1_1.07ls. Todos los datos, programas y resultados se encuentren en el Github del grupo de trabajo de jurel de la OROP-PS.

Se comparan las principales variables del stock, los PBR y los diagramas de estatus (“Kobe plot”).

4. RESULTADOS

El cambio del rango de años sólo afectó los estimados de BD_RMS, que fueron mayores cuando se usó el período 2000-2020 (Figura 1).

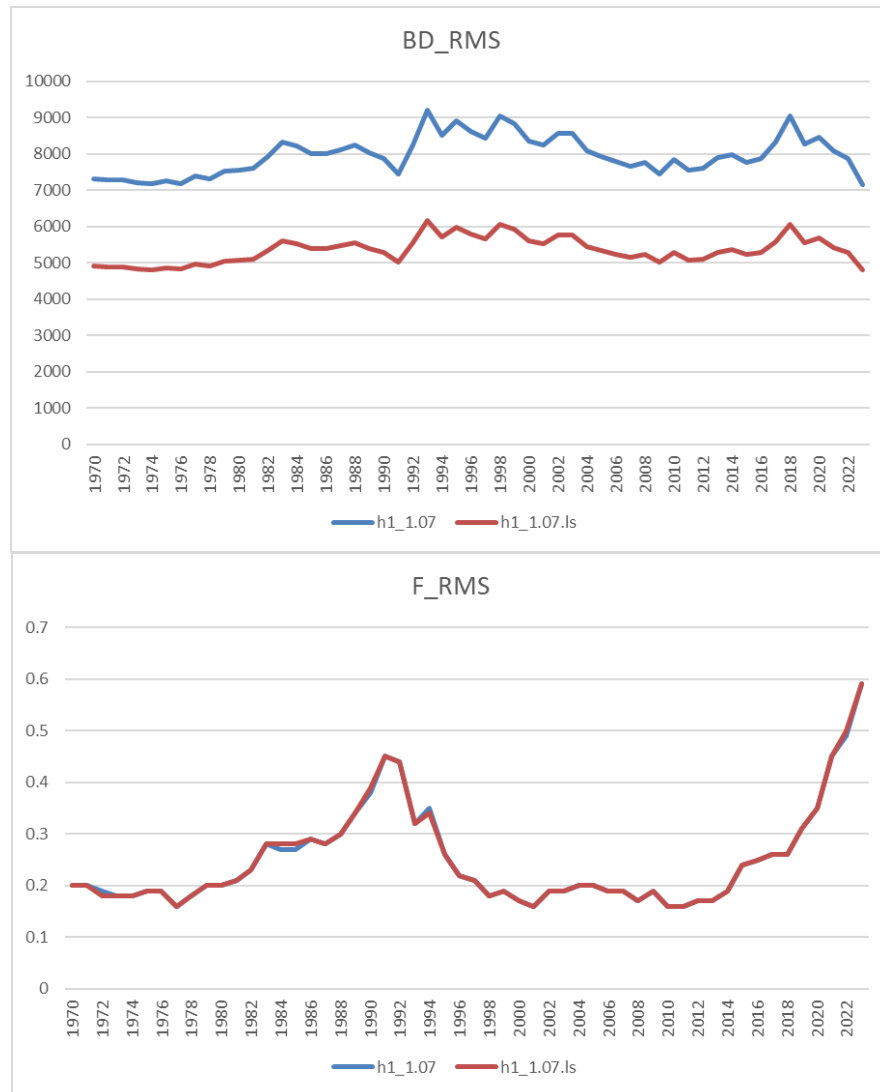


Figura 1. BD_RMS y F_RMS estimados con diferentes rangos de años para ajustar la relación stock-recluta (h1_1.07: 2000-2020 y h1_1.07.ls: 2001-2015).

Las variables principales del stock, como la biomasa desovante y los reclutamientos, no fueron afectadas por el rango de a3os empleados para estimar la relaci3n stock-recluta (Figuras 2 a 4, y tablas 1 y 2).

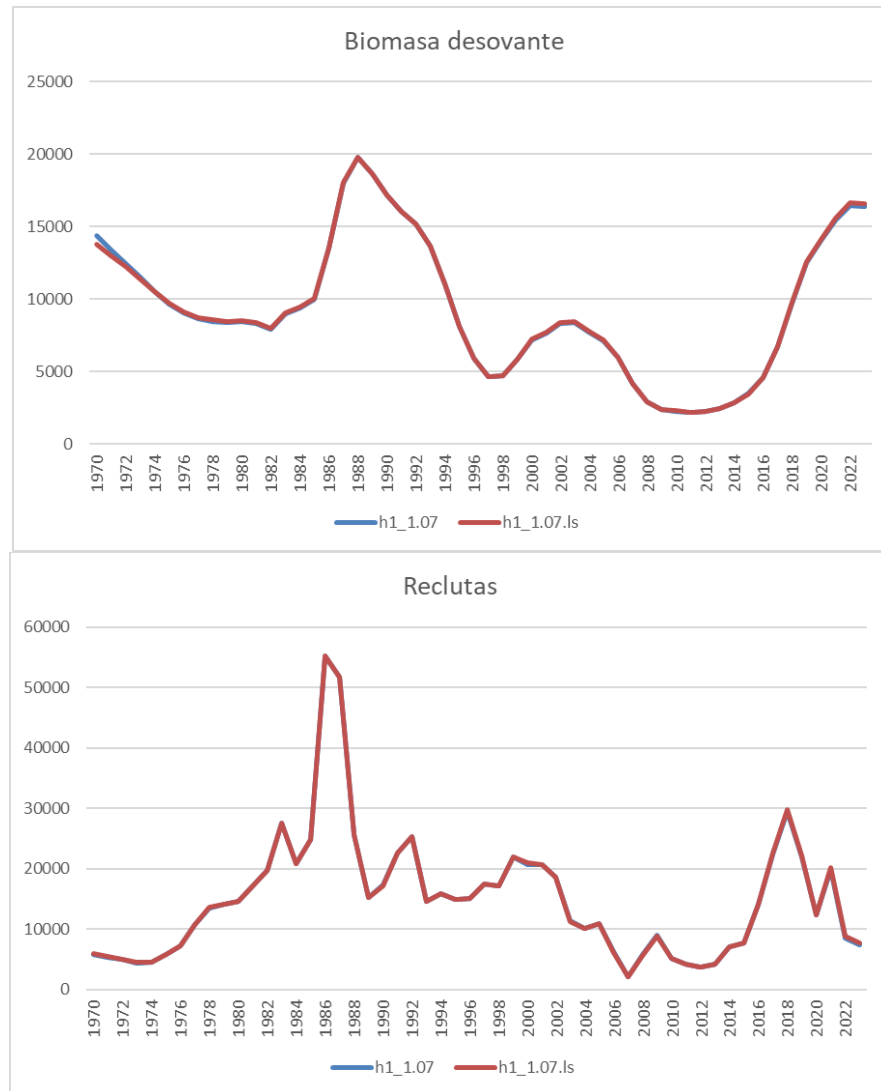


Figura 2. Biomasa desovante y reclutas estimados con diferentes rangos de a3os para ajustar la relaci3n stock-recluta (h1_1.07: 2000-2020 y h1_1.07ls:2001-2015).

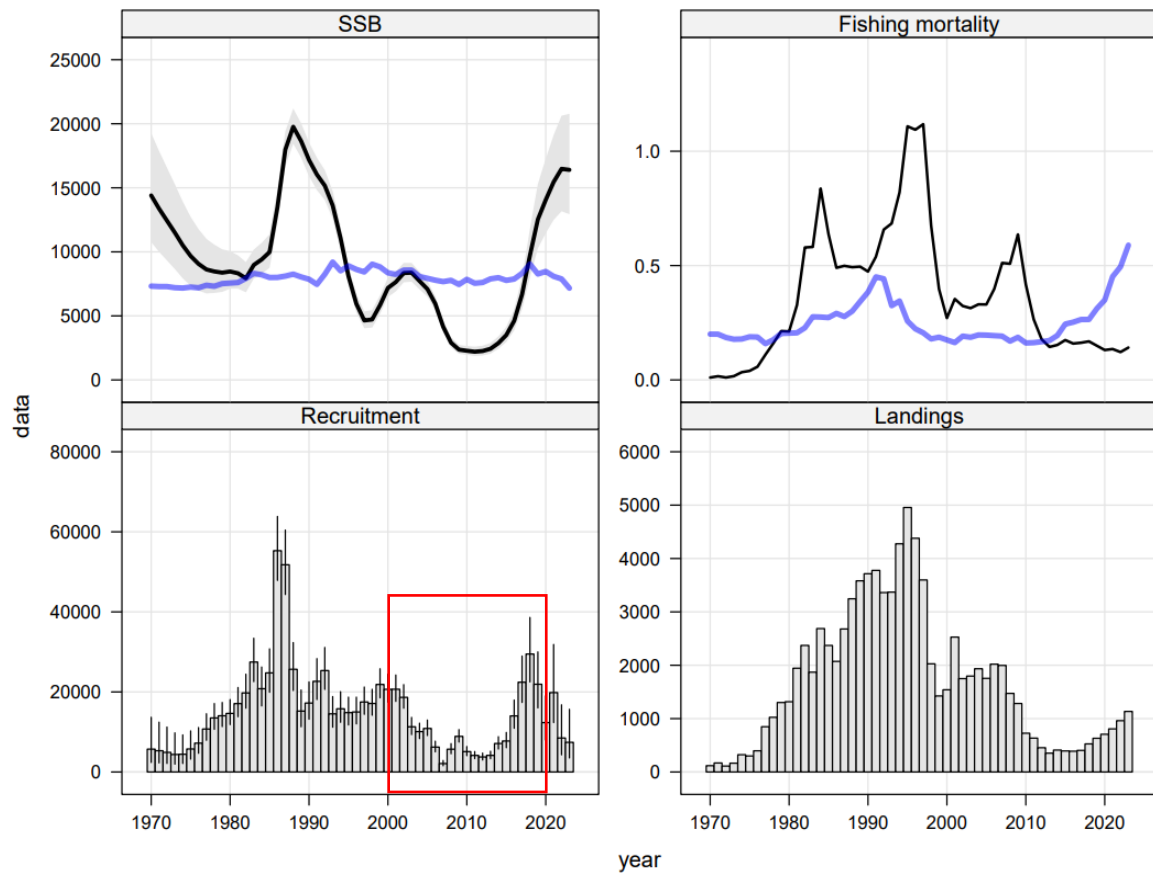


Figura 3. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_RMS (arriba a la izquierda) y F_RMS (arriba a la derecha). Estimados usando el período 2000-2020, indicado por el recuadro rojo (h1_1.07).

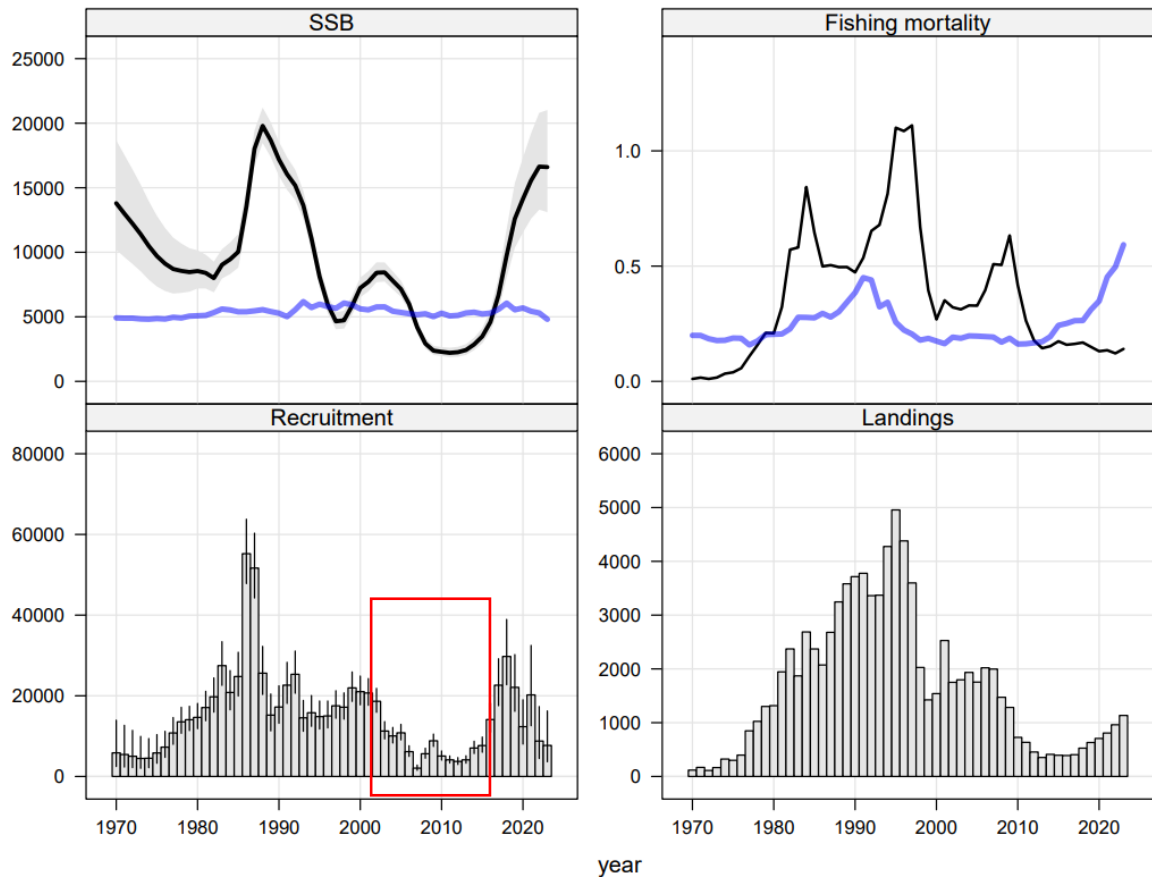


Figura 4. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_RMS (arriba a la izquierda) y F_RMS (arriba a la derecha). Estimados usando el período 2001-2015, indicado por el recuadro rojo (h1_1.07ls).



Tabla 1. Principales variables por año para el rango de años 2000-2020 (h1_1.07). BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
1970	14403	7321	1.97	5708	0.01	0.20	0.40
1971	13368	7291	1.83	5317	0.01	0.20	0.40
1972	12431	7289	1.71	4899	0.01	0.19	0.40
1973	11499	7201	1.60	4376	0.02	0.18	0.40
1974	10505	7174	1.46	4434	0.03	0.18	0.40
1975	9675	7248	1.33	5749	0.04	0.19	0.40
1976	9057	7193	1.26	7206	0.05	0.19	0.40
1977	8623	7392	1.17	10734	0.10	0.16	0.40
1978	8469	7313	1.16	13500	0.15	0.18	0.40
1979	8374	7520	1.11	14045	0.20	0.20	0.41
1980	8464	7562	1.12	14637	0.20	0.20	0.41
1981	8325	7603	1.09	17083	0.30	0.21	0.41
1982	7933	7926	1.00	19740	0.53	0.23	0.42
1983	8976	8315	1.08	27470	0.54	0.28	0.44
1984	9404	8209	1.15	20805	0.77	0.27	0.43
1985	9980	7996	1.25	24756	0.59	0.27	0.43
1986	13487	8004	1.69	55283	0.45	0.29	0.43
1987	17988	8107	2.22	51774	0.46	0.28	0.43
1988	19768	8257	2.39	25661	0.45	0.30	0.43
1989	18646	8041	2.32	15219	0.46	0.34	0.43
1990	17171	7861	2.18	17224	0.44	0.38	0.42
1991	16034	7458	2.15	22650	0.50	0.45	0.41
1992	15170	8247	1.84	25342	0.60	0.44	0.43
1993	13621	9202	1.48	14526	0.63	0.32	0.47
1994	11064	8516	1.30	15785	0.75	0.35	0.44
1995	8100	8909	0.91	14828	1.02	0.26	0.46
1996	5942	8628	0.69	14992	1.01	0.22	0.45
1997	4645	8429	0.55	17488	1.03	0.21	0.44
1998	4718	9039	0.52	17119	0.62	0.18	0.46
1999	5839	8827	0.66	21868	0.37	0.19	0.46



Tabla 1. Continuaci3n.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
2000	7182	8359	0.86	20653	0.25	0.17	0.44
2001	7642	8241	0.93	20673	0.33	0.16	0.43
2002	8342	8569	0.97	18647	0.30	0.19	0.45
2003	8373	8577	0.98	11295	0.29	0.19	0.45
2004	7725	8076	0.96	10091	0.31	0.20	0.43
2005	7095	7934	0.89	10874	0.31	0.20	0.42
2006	5957	7786	0.77	6222	0.37	0.19	0.42
2007	4157	7672	0.54	2110	0.48	0.19	0.41
2008	2904	7777	0.37	5692	0.48	0.17	0.42
2009	2363	7450	0.32	8898	0.59	0.19	0.41
2010	2277	7852	0.29	5093	0.39	0.16	0.42
2011	2203	7546	0.29	4138	0.25	0.16	0.41
2012	2257	7608	0.30	3760	0.16	0.17	0.41
2013	2433	7892	0.31	4148	0.13	0.17	0.42
2014	2873	7984	0.36	7116	0.14	0.19	0.43
2015	3504	7771	0.45	7741	0.16	0.24	0.42
2016	4615	7876	0.59	14013	0.15	0.25	0.42
2017	6685	8324	0.80	22431	0.15	0.26	0.44
2018	9730	9047	1.08	29477	0.16	0.26	0.46
2019	12534	8270	1.52	21920	0.14	0.31	0.44
2020	14060	8468	1.66	12337	0.12	0.35	0.44
2021	15454	8087	1.91	19833	0.12	0.45	0.43
2022	16482	7886	2.09	8489	0.11	0.49	0.42
2023	16400	7164	2.29	7407	0.13	0.59	0.40



Tabla 2. Principales variables por año para el rango de años 2001-2015 (h1_1.07ls). BD= Biomasa desovante, BD_RMS= Biomasa desovante del RMS, F= Mortalidad por pesca, F_RMS = Mortalidad por pesca del RMS. Biomاسas en miles de t, y reclutas en millones de individuos de edad 1.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
1970	13800	4916	2.81	5855	0.01	0.2	0.05
1971	12995	4896	2.65	5444	0.01	0.2	0.07
1972	12221	4896	2.5	5010	0.01	0.18	0.05
1973	11402	4836	2.36	4470	0.02	0.18	0.09
1974	10485	4818	2.18	4518	0.03	0.18	0.17
1975	9706	4867	1.99	5829	0.04	0.19	0.19
1976	9121	4830	1.89	7272	0.05	0.19	0.28
1977	8705	4965	1.75	10789	0.1	0.16	0.64
1978	8558	4912	1.74	13541	0.15	0.18	0.83
1979	8462	5053	1.67	14070	0.19	0.2	0.96
1980	8547	5081	1.68	14647	0.19	0.2	0.94
1981	8401	5110	1.64	17083	0.3	0.21	1.45
1982	7998	5333	1.5	19740	0.53	0.23	2.31
1983	9031	5603	1.61	27472	0.53	0.28	1.92
1984	9456	5533	1.71	20825	0.78	0.28	2.8
1985	10034	5390	1.86	24775	0.59	0.28	2.16
1986	13536	5394	2.51	55227	0.46	0.29	1.56
1987	18026	5463	3.3	51661	0.46	0.28	1.67
1988	19795	5553	3.56	25604	0.46	0.3	1.51
1989	18669	5405	3.45	15206	0.46	0.34	1.33
1990	17190	5279	3.26	17210	0.44	0.39	1.13
1991	16050	5012	3.2	22634	0.49	0.45	1.09
1992	15183	5541	2.74	25330	0.6	0.44	1.36
1993	13632	6177	2.21	14532	0.63	0.32	1.93
1994	11073	5718	1.94	15788	0.75	0.34	2.18
1995	8107	5979	1.36	14836	1.01	0.26	3.95
1996	5946	5791	1.03	15004	1	0.22	4.5
1997	4651	5658	0.82	17514	1.02	0.21	4.99
1998	4728	6067	0.78	17164	0.62	0.18	3.46
1999	5858	5926	0.99	21961	0.37	0.19	1.97

**Tabla 2.** Continuaci3n.

Año	BD	BD_RMS	BD/BD_RMS	Reclutas	F	F_RMS	F/F_RMS
2000	7235	5615	1.29	21020	0.25	0.17	1.43
2001	7718	5539	1.39	20692	0.33	0.16	2.01
2002	8416	5762	1.46	18636	0.3	0.19	1.55
2003	8442	5769	1.46	11254	0.29	0.19	1.55
2004	7789	5433	1.43	10048	0.31	0.2	1.55
2005	7151	5339	1.34	10820	0.31	0.2	1.56
2006	6002	5241	1.15	6156	0.37	0.19	1.9
2007	4192	5165	0.81	2069	0.48	0.19	2.48
2008	2929	5237	0.56	5628	0.48	0.17	2.81
2009	2378	5013	0.47	8842	0.59	0.19	3.15
2010	2286	5282	0.43	5061	0.39	0.16	2.43
2011	2209	5070	0.44	4116	0.25	0.16	1.51
2012	2258	5109	0.44	3732	0.16	0.17	0.98
2013	2429	5296	0.46	4112	0.13	0.17	0.78
2014	2861	5355	0.53	7045	0.14	0.19	0.73
2015	3481	5220	0.67	7663	0.16	0.24	0.66
2016	4593	5284	0.87	14107	0.15	0.25	0.58
2017	6685	5582	1.2	22624	0.15	0.26	0.57
2018	9763	6061	1.61	29753	0.15	0.26	0.59
2019	12596	5545	2.27	22086	0.14	0.31	0.44
2020	14134	5686	2.49	12347	0.12	0.35	0.34
2021	15559	5430	2.87	20219	0.12	0.45	0.27
2022	16636	5298	3.14	8777	0.11	0.5	0.22
2023	16598	4809	3.45	7693	0.13	0.59	0.22

El rango de aõos 2000-2020 incluy3 un mayor número de reclutamiento elevados que el periodo 2001-2015, por lo que la curva de la relaci3n stock-recluta alcanz3 valores mayores de biomasa virginal (B0), lo que gener3 un mayor BD_RMS (Figura 5).

El per3odo de aõos utilizados no afect3 la trayectoria del stock a trav3s de los aõos en el gr3fico de estatus ("Kobe plot"), pero si produjo un desplazamiento hacia la izquierda de las zonas de referencia en el eje de las biomosas (BD/BD_RMS) cuando el BD_RMS fue menor ($h1_{1.07ls}$), aumentando el número de aõos en que el recurso se encontr3 en la regi3n verde (Figura 6).

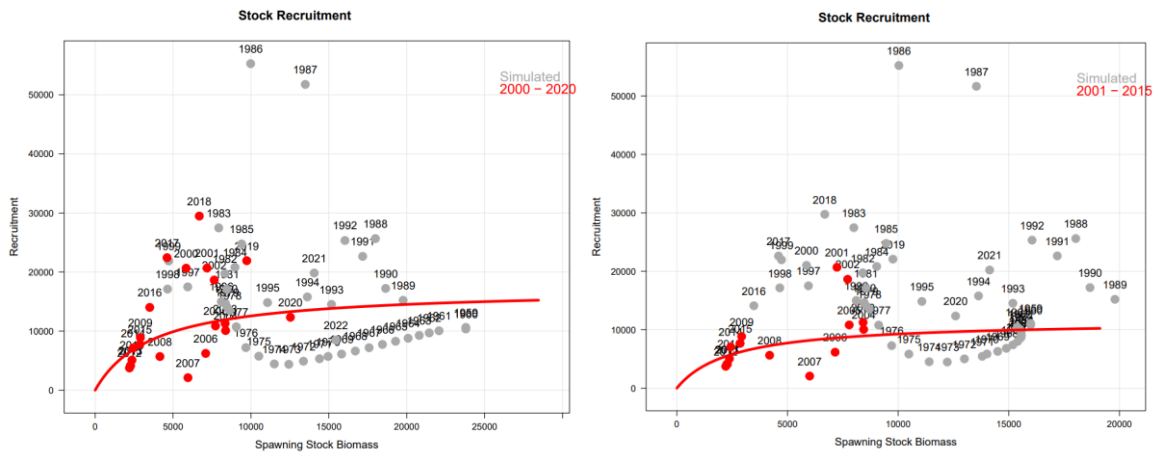


Figura 5. Dispersión de los estimados de biomazas desovantes y de los reclutamientos que ellas generan. Se muestra en la línea rojo el modelo stock-recluta de Beverton-Holt ajustado solamente a los estimados en rojo. El panel de la izquierda es el periodo 2000-2020 (h1_1.07) y el panel derecho el periodo 2001-2015 (h1_1.07ls:).

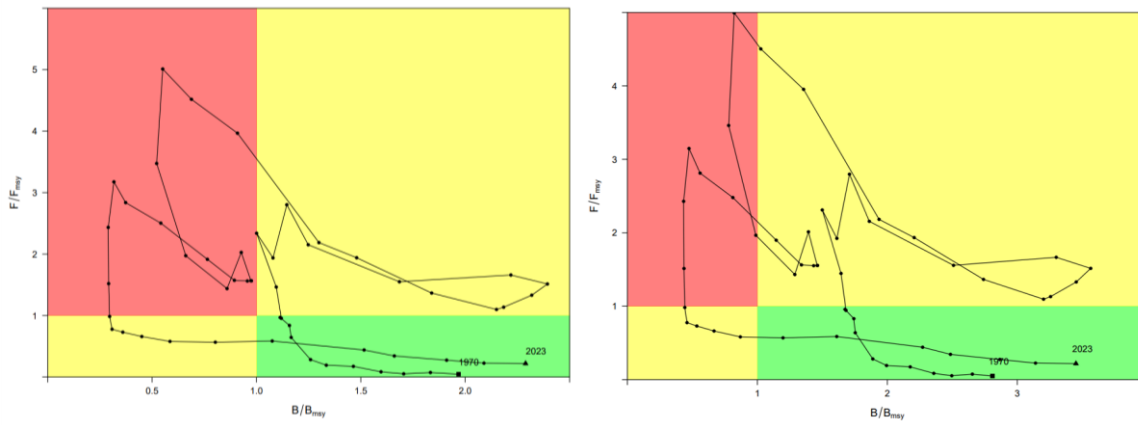


Figura 6. Gráficas de estatus del stock ("Kobe plot"). El panel de la izquierda basado en la BD_RMS estimada usando el periodo 2000-2020 (h1_1.07) y el panel derecho usando el periodo 2001-2015 (h1_1.07ls:).



Los PBR dinámicos se estimaron para cada año de la serie, en la tabla 3 se presentan los estimados para los dos últimos años y el valor promedio para cada rango de años (referencia acordada por el CC de la OROP-PS). En el valor promedio de BD_RMS para el período 2010-2020, el cambio del rango que años generó un aumento desde 5,3 millones de t (rango 2001-2015) a 8 millones de t (rango 2000-2020) (Tabla 3). Sin embargo, la BD_RMS expresada como porcentaje de la biomasa virginal no fue afectada (34%B0). La biomasa límite (Blim), corresponde al menor valor registrado empíricamente de la serie histórica, estimada como 8%B0 en el taller de benchmark, aumentó a 14%B0 en la actualización de la evaluación para el rango de años 2001-2015, mientras que fue muy similar (9%) en el caso del del rango de años 2000-2020. El F_RMS prácticamente se mantuvo igual independiente del rango de años usado.

Tabla 3. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) actualizados en el 11°CC (SPRFMO 2023). Se muestran según los dos rangos de años, los estimados de los dos últimos años (2023 es una estimación preliminar) y el promedio por período. El Blim, que según lo acordado en el Taller de benchmark 2022 corresponde a la menor biomasa (8%B0) observada en la serie histórica estimada en el taller. Blim actualizado corresponde a la menor biomasa estimada en la evaluación realizada en el 2023.

Rango Usado	Año	B0 (Miles t)	BD_RMS (Miles t)	BD_RMS (%B0)	Blim (Miles t)		Blim (Miles t)		F_RMS
					Blim (Miles t)	Blim (%B0)	Blim (Miles t)	Blim (%B0)	
					Benchmark		Actualizado		
2001-2015	2022	15988	5298	33%	1279	8%	2209	14%	0.497
2001-2015	2023	15988	4809	30%					0.593
	Promedio								
2001-2015	2001-2015	15988	5322	34%					
2010-2020	2022	23793	7886	33%	1903	8%	2203	9.26%	0.495
2010-2020	2023	23793	7164	30%					0.589
	Promedio								
2010-2020	2010-2020	23793	8051	34%					



En relación a los PBR establecidos en Chile en el 2023, en la última evaluación de stock, el F_{RMS} casi se duplicó, mientras que el BD_{RMS} como %B0 se mantuvo similar y en términos de toneladas aumentó en 600 mil t. (Tabla 4). Es importante señalar que la metodología utilizada para generar los estimadores y las consecuentes estimaciones puntuales por Chile en el año 2015, es similar a la adoptada por la OROP-PS en el Jack mackerel Benchmark Workshop (SPRFMO_SCW14, 2022), existiendo algunas diferencias que ya no son válidas, relacionadas principalmente con el cambio en la asignación de la edad en la lectura de otolitos.

Tabla 4. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) establecidos en Chile en el 2023 y valores actualizados por la OROP-PS 2023.

Lugar y Fecha	F_{RMS}	BD_{RMS}	Blim	Comentario
Chile, 2023	0.32	32%BD0 (7453 miles de t)	8%BD0	Resolución exenta 292, 31/1/2023. Basados en evaluación 2022
OROP, 2023	0.59	34%BD0 (8051 miles t)	8%BD0 (1903 miles de t)	BD_{RMS} son promedio del periodo 2010-2020. Blim (%BD0) según Benchmark 2022.



5. DISCUSIÓN

Los resultados del modelo de evaluación de stock indican que la abundancia del stock de jurel está modulada por las fuertes fluctuaciones de los reclutamientos, lo cual impacta en las estimaciones de los PBR dinámicos que se basan en un rango de años para la estimación de la relación stock-recluta. Periodos de años con reclutamientos más altos (2000-2020) producen niveles de BD_RMS mayores en términos de toneladas, pero similares en términos de %B0. Esto también impacta al diagrama de estatus, indicando una mejor condición cuando se utiliza el rango de reclutamientos bajos (2001-2015).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Payá I. 2023. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024. Primer Informe Técnico Convenio de desempeño 2023. Instituto de Fomento Pesquero. 49 p + 2 anexos.
- SPRFMO 2023. 11th Scientific Committee meeting report. 91 p. Wellington, New Zealand. https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/02-SC/11th-SC-2023/SPRFMO-SC11-Report_rev1-17-Oct.pdf.
- SPRFMO_SCW14. 2022. 14th SCIENTIFIC COMMITTEE WORKSHOP REPORT Jack Mackerel Benchmark Workshop (SCW14). https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/SC_WS/SCW14-Jack-Mackerel/SPRFMO-SC-JM-enchmark-Workshop-2022-Report-SCW14.pdf



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



A N E X O 8

Estatus del stock y CBA 2024.
Presentación en la quinta reunión del CCT-Jurel 2023.
Autor: Ignacio Payá



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

Estatus del stock y CBA 2024.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá
Noviembre 2, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

TRABAJO INTERSESIONAL

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Trabajo intersesional y documentos de trabajo

Trabajo intersesional.

2 reuniones preparatorias para el SC11(18 de junio y 29 de junio)

Taller de lectura por edades y observaron la falta de interés de los Miembros

Propuesta para un estudio de seis años para investigar la conectividad del stock.

5 reuniones técnicas sobre EEM: se acuerda primer modelo operativo

1 reunión de evaluación de stock antes del SC11: Actualización de todos los datos y primer ajuste del modelo JJM. Esto es un cambio de modalidad, ya que antes toda esta actividad era parte del trabajo durante la reunión anual del SC.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

DOCUMENTOS DE TRABAJO PRESENTADOS EN EL CC11.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Documentos de trabajo de jurel

Reference	Title
SC11-JM01 rev2	CJM Catch history and predicted 2023 catches (Annex 1_rev2) (SEC)
SC11-JM02	Jack Mackerel Connectivity Research - Application for SPRFMO Funding (Connectivity Task Group)
SC11-JM03	PFA selfsampling report for the SPRFMO Science Committee 2023 (EUR)
SC11-JM04	Comparison of EU self-sampling and observer data with the objective to supplement observer data for non-observed quarters (EUR)
SC11-JM05	Ageing update of CJM and estimation of age error Matrix (CHL)
SC11-JM06 rev1	Effort Creep in the JM south central fleet in Chile (CHL)
SC11-JM07	A Bayesian spatio-temporal approach for the standardization of CPUE in the Trachurus murphyi fishery of central-southern Chile (CHL)
SC11-JM08	Instructions for Sampling JM for population study (PER)
SC11-JM09	Reproductive aspects of JM in Peru (PER)
SC11-JM10	Update up to June 2022 of the Chilean jack mackerel abundance index based on the catch per fishing set (CHL)
SC11-JM11	Update of the Chilean Jack Mackerel CPUE abundance index based on catch by fishing trip in the south-central Chile (CHL)
SC11-JM12	CJM abundance index estimated by spatiotemporal SPDE-based GLM and compare with other CPUE indices (CHL)
SC11-JM13	Spatio-temporal dynamics of Chilean Jack Mackerel fishery off south-central Chile in 2023 (CHL)
SC11-JM14	Population genomics and environmental associations in Trachurus murphyi in the South Pacific Ocean (CHL)
SC11-JM15	Hydroacoustic assessment of Chilean Jack Mackerel carried out in the north and south-central area of Chile (2023)
SC11-JM16	Conditioning of OMs and exploratory evaluation of candidate management procedures for SPRFMO JM (JMWG-MSE)

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

SC11

- Del 11 al 16 de septiembre de 2023 en forma presencial en la ciudad de Panamá en Panamá
- En el SC tuvo un total de 80 participantes de los 17 países miembros y de 8 ONG observadoras.



Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

SC11

- La delegación chilena fue presidida por Aurora Guerrero
- Por segundo año consecutivo, Ignacio Payá realizó la vocería de la delegación chilena.



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Reunión anual del comité científico de la OROP-PS

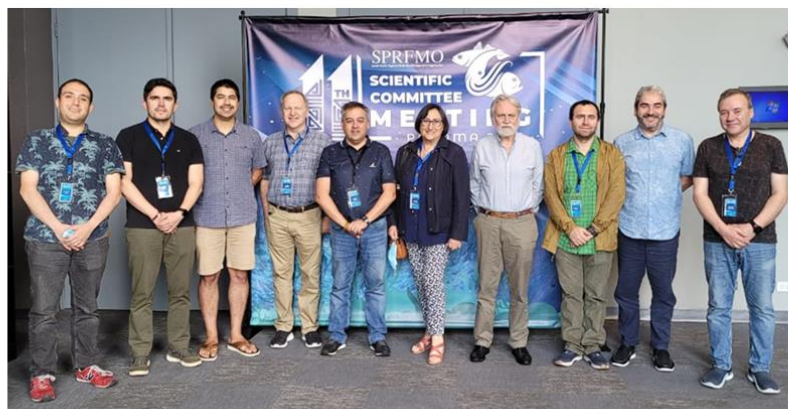


Foto 2. Delegación Chilena en el CC11 de la OROP-PS 2023. De izquierda a derecha: Salvador Vega (Cancillería de Chile), Sebastián Vázquez (INPESCA), José Zenteno (IFOP), Andrés Daroch (FoodCorp Chile), Mauro Urbina (SSPA), Aurora Guerrero (SSPA), Andrés Couve (Asesor), Christian Ibáñez (U. Andrés Bello), Ignacio Payá (IFOP), Aquiles Sepúlveda (INPESCA). Ausentes en la foto: Albert Arias (asesor), Cristian Canales-Aguirre (U. de los Lagos) y Carlos Gaymer (UCN).

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE STOCK

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Actualización de datos y parámetros

Datos Chilenos

Matrices de edad (Camilo Rodríguez)

Bases de datos biológico-pesqueros (Marlene Ramírez, Erik Gaete y Ramón Aravena)

Abundancia y biomásas hidroacústicas (José Córdoba y Víctor Catasti)

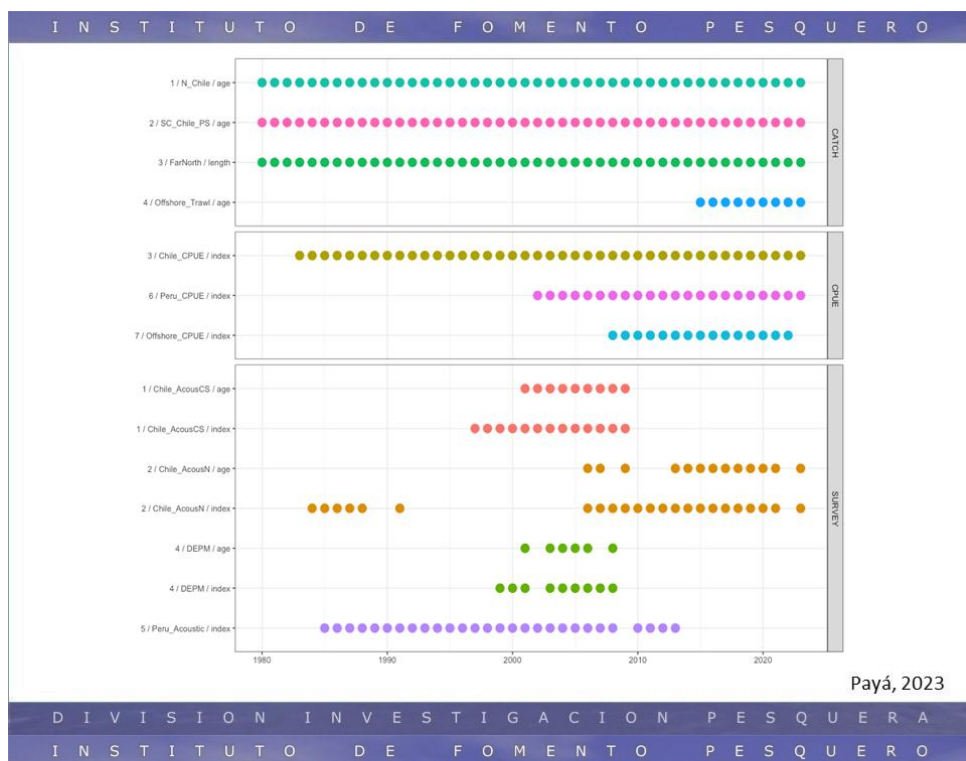
Actualización del índice de CPUE (Ignacio Payá).

Notar: los otros índices de abundancia basados en modelo alternativos de CPUE (captura por lance, sdmTMB o INLA) serán analizados y su efecto evaluado en el próximo benchmark que se realizará en el año 2025).

Parámetros: iguales a última evaluación definida en el Benchmark del 2022.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A



Modelo de Evaluación

- JJM: igual a última evaluación definida en el Benchmark del 2022.
- Dos modificaciones en el SC10:
 - 1) Corrección de modelo de crecimiento peruano.
 - 2) Mayor flexibilidad a la función de selectividad de la flota "offshore" para permitir que el modelo estime una mayor proporción de peces juveniles en los últimos años.
- Dos modificaciones en el SC11:
 - 1) Actualización de los pesos a la edad de los datos peruanos, y
 - 2) Disminución a la mitad de la ponderación del último año del índice de abundancia de la flota offshore.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Ajuste del modelo

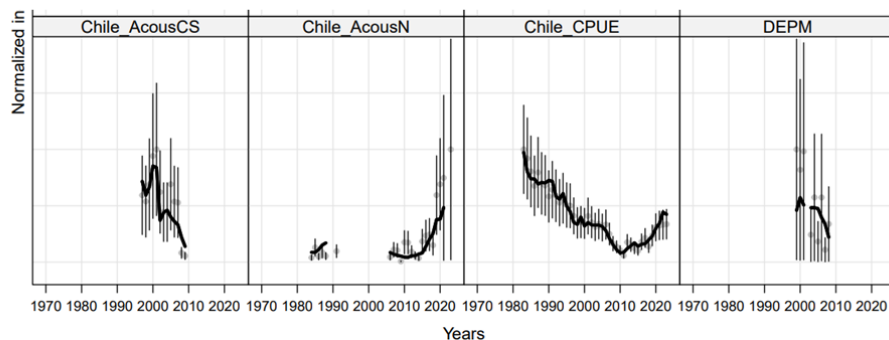


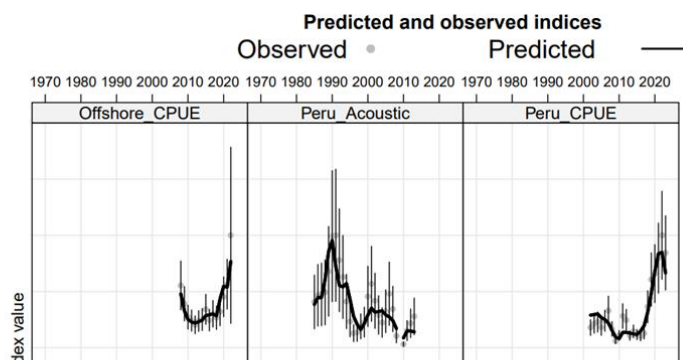
Figure 5 Ajuste a los índices de abundancia relativa. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Ajuste del modelo



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Ajuste del modelo

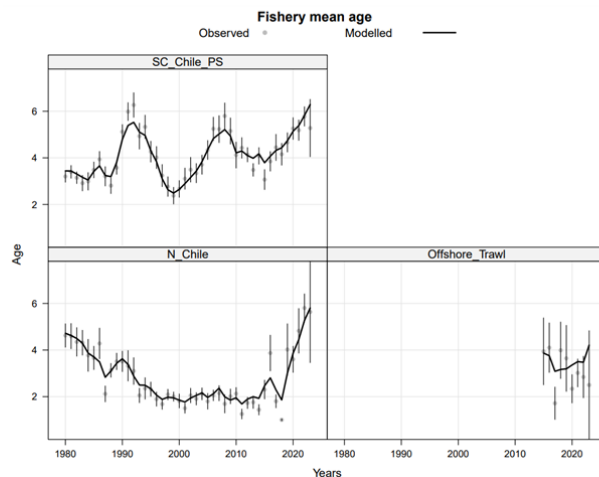


Figure 6. Edad media en la captura por año y pesquería. La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Ajuste del modelo

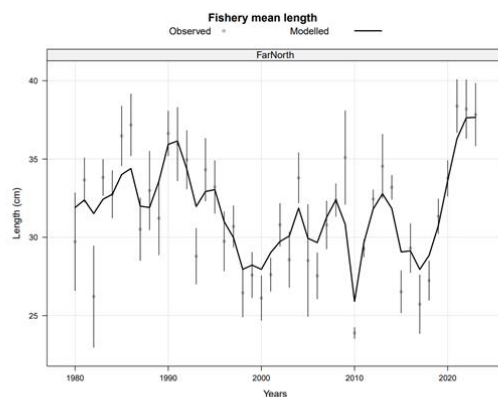
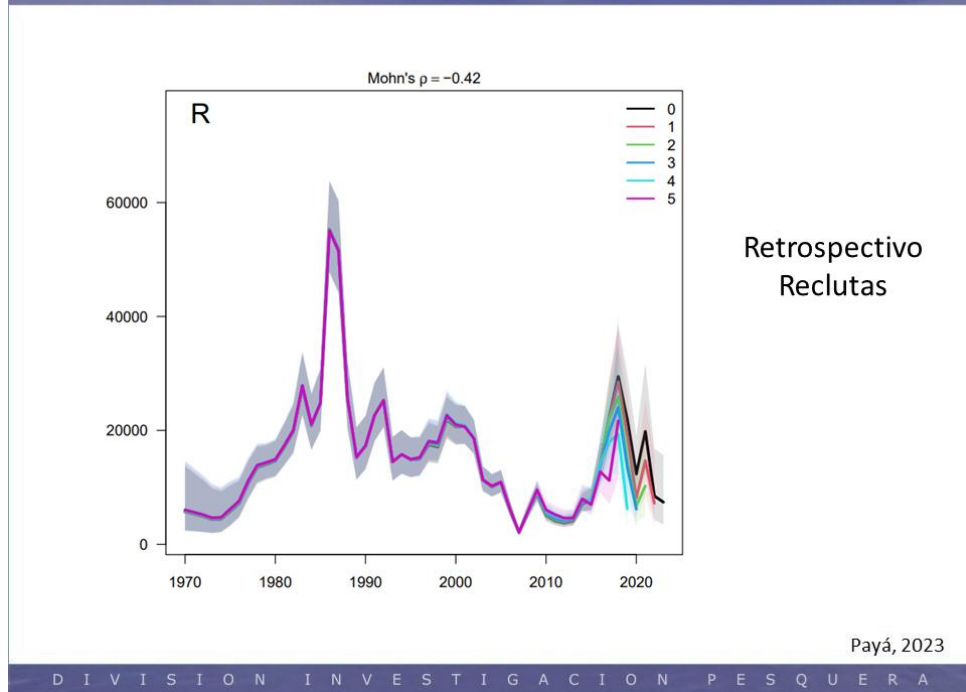
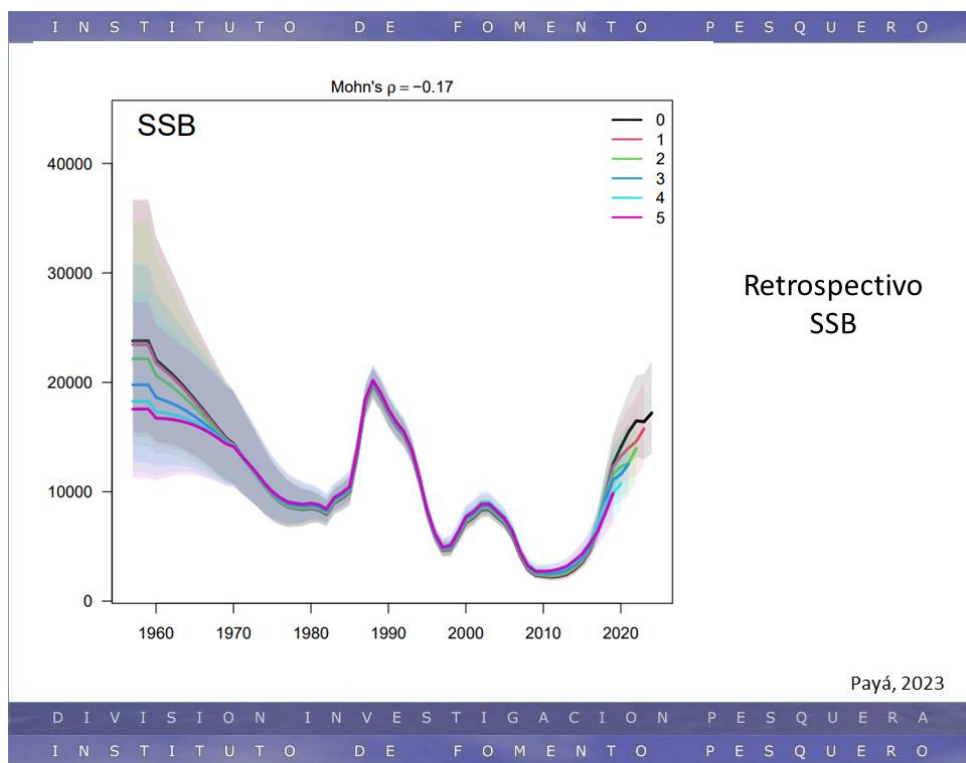


Figure 7. Talla media en la captura por año en la flota de Perú (Extremo Norte). La línea representa las predicciones del modelo (hipótesis de una unidad de stock), los puntos los valores observados y las líneas verticales el error de entrada supuesto (2 desviaciones estándar) alrededor de las observaciones.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA



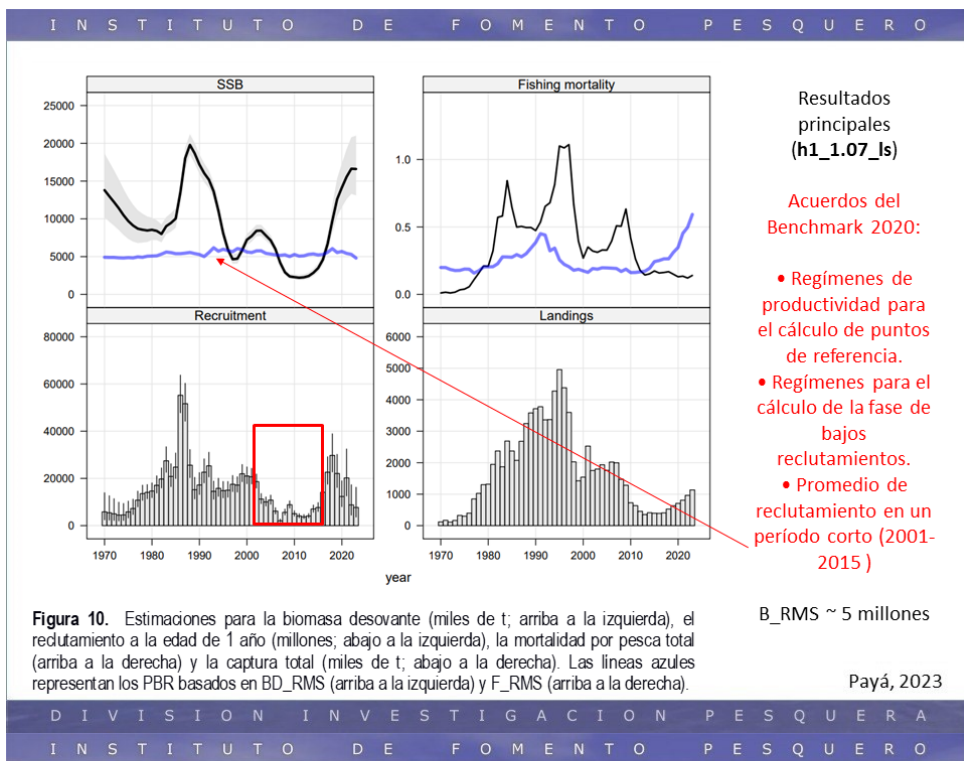
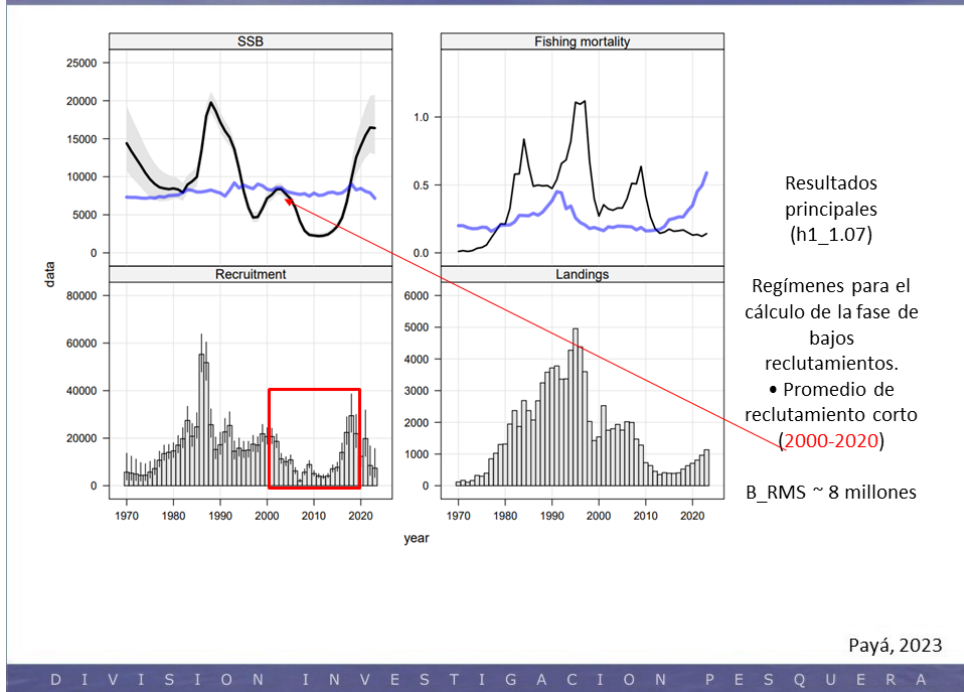
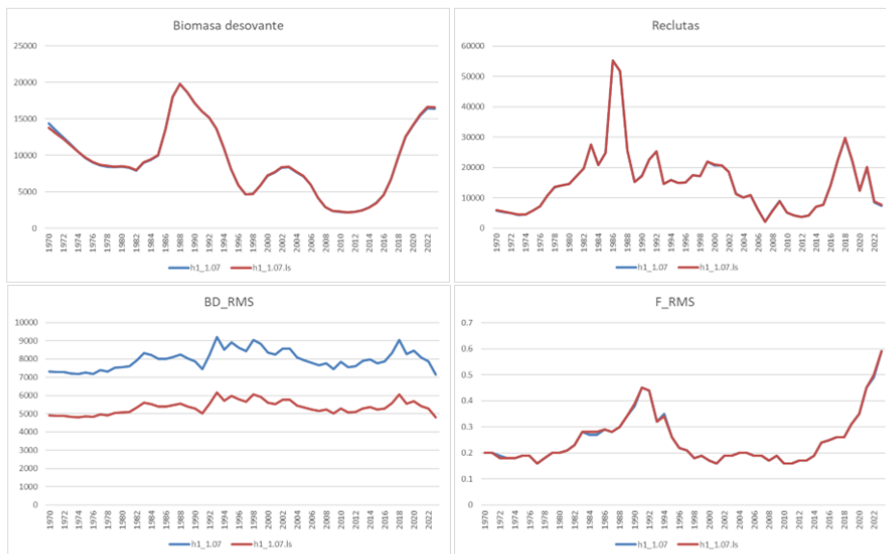


Figura 10. Estimaciones para la biomasa desovante (miles de t; arriba a la izquierda), el reclutamiento a la edad de 1 año (millones; abajo a la izquierda), la mortalidad por pesca total (arriba a la derecha) y la captura total (miles de t; abajo a la derecha). Las líneas azules representan los PBR basados en BD_{RMS} (arriba a la izquierda) y F_{RMS} (arriba a la derecha).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

h1_1.07_ls versus h1_1.07

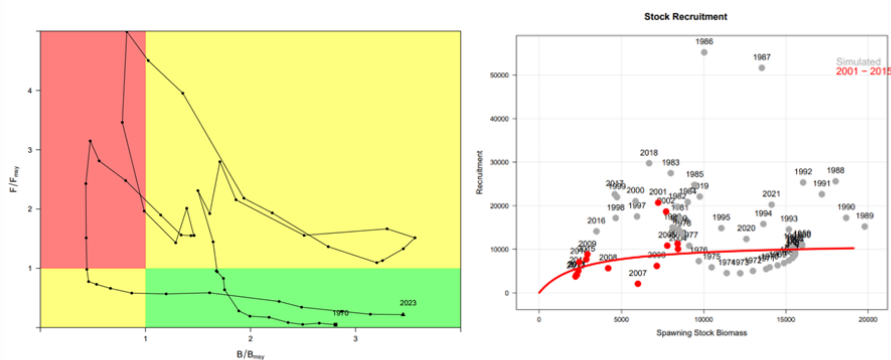


Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Estatus ($h1_{1.07_{ls}}$)



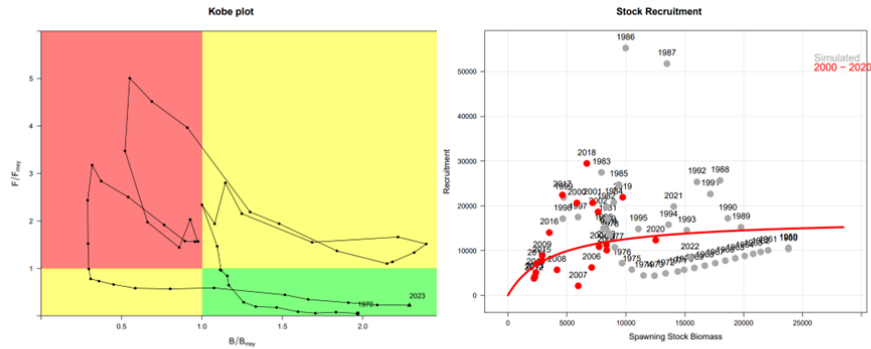
		2022	2023
Fishing mortality in relation to:	F_{MSY}	Below	Below
Spawning stock biomass in relation to:	B_{MSY}	Above 100%	Above 100%

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

h1_1.07



Fishing mortality in relation to:

Spawning stock biomass in relation to:

	2022	2023
F_{MSY}	Below	Below
B_{MSY}	Above 100%	Above 100%

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

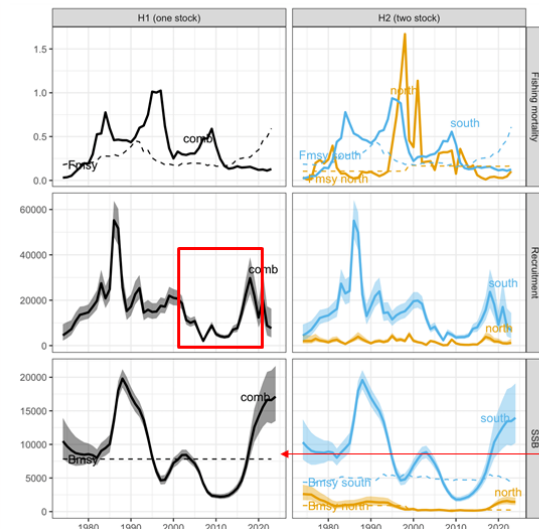


Figure 1. Jack mackerel in the southeast Pacific. Summary of stock assessment estimates over time showing spawning biomass (in thousands of tonnes; top), total fishing mortality (as an instantaneous rate per year; middle), and recruitment at age 1 (millions; bottom). Columns show results for the one-stock hypothesis (H1, left) and two-stock hypothesis (H2, right, "north" stock in yellow and "south" stock in blue). Shaded areas refer to the estimated uncertainties

Anexo técnico SC 11:

Compara
resultados entre
H1 (un solo stock,
h1_1.07) y H2 (dos
stocks)

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

PBR

Igual método de calculo en la OROP que en Chile

Para año de la serie calcula el F_FMS

$F_RMS = f(M, \text{Selectividad, Madurez, Pesos medios, pendiente (h) de S/R})$

Modelo	Rango años	BD_RMS	%BD0	Rango años	BD_RMS	%BD0
h1_1.07_ls	2001-2015	5322	33%	1970-2023	5354	34%
h1_1.07	2000-2020	8051	33%	1970-2023	7968	34%

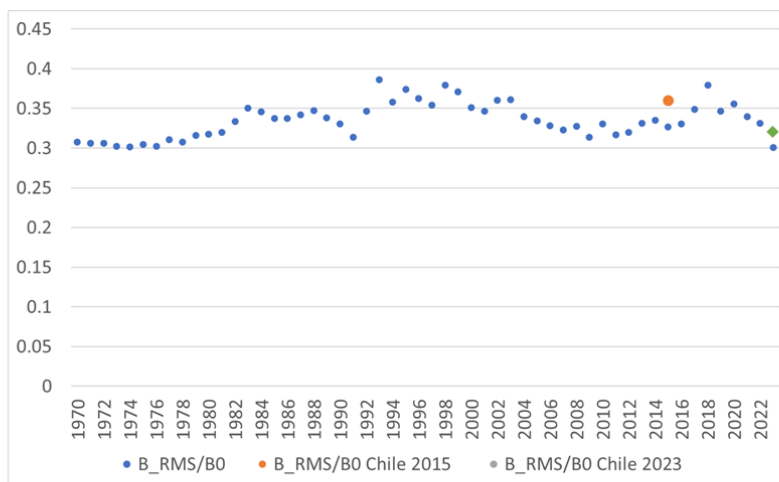
	F_RMS	BD_RMS	DB_LIM	Comentario
Chile, 2015	0,26	36%BD0	9%BD0	Antigua asignación de edad
OROP, 2022	0,36	32%BD0	8%BD0	Nueva asignación de edad.
Chile, 2023	0,32	32%BD0 (7,453 millones t)	8%BD0	Resolución exenta 292, 31/1/2023
OROP, 2023	0,59	33%BD0 h1_1.07_ls: 5,322 millones de t h1_1.07: 8,051 millones t)	8%BD0	Nueva asignación de edad.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

BD/BD0

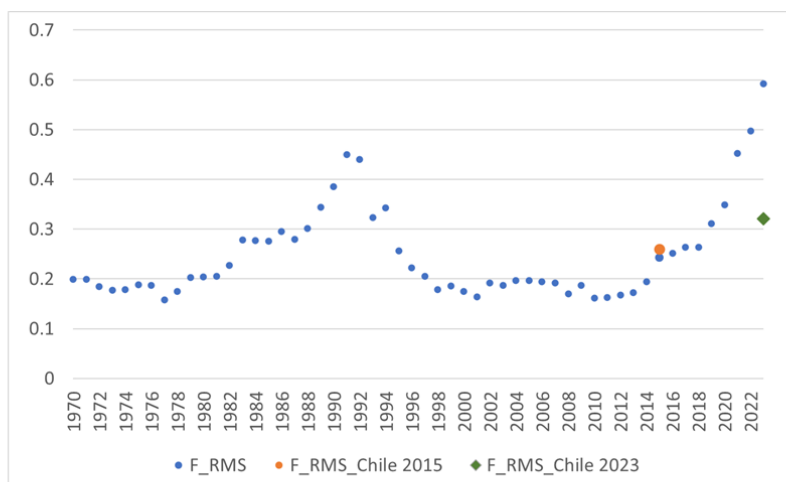


Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

F_RMS

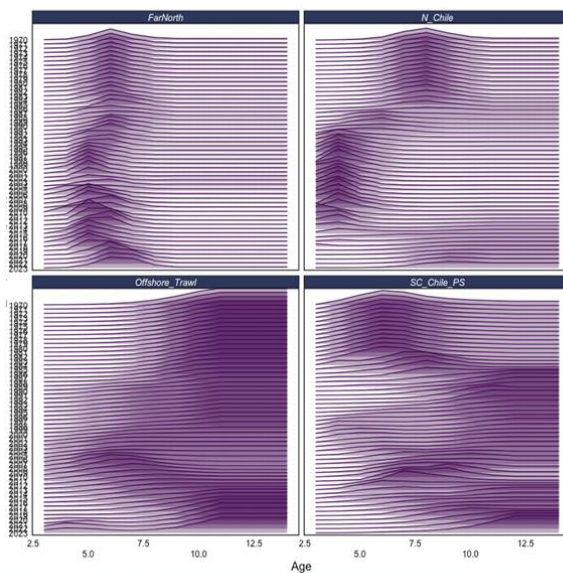


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Selectividades de flotas comerciales

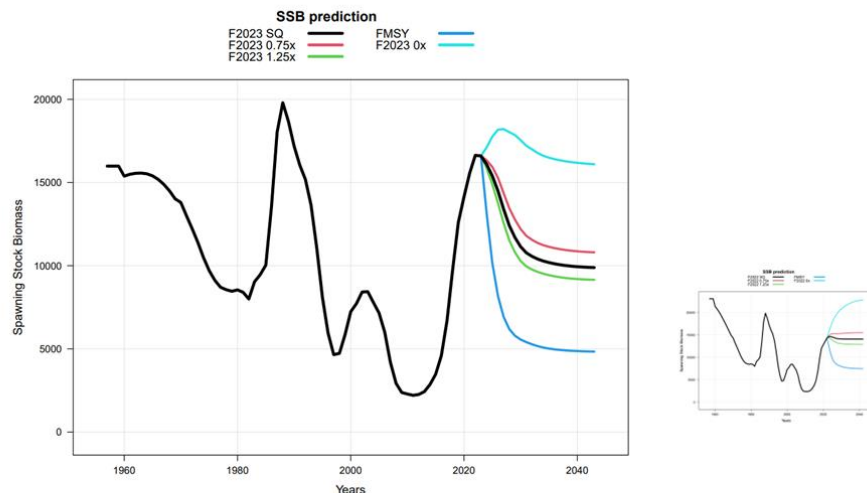


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Evaluaci3n de stock actualizada

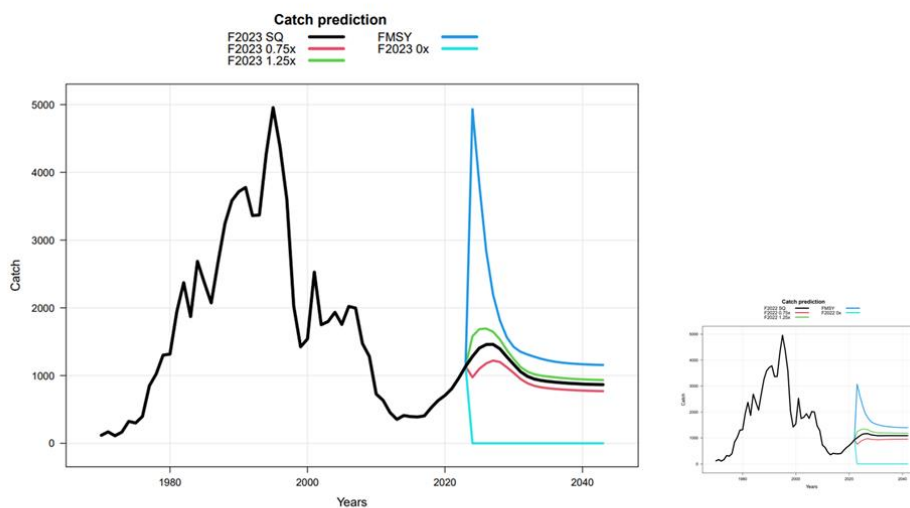


Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Evaluaci3n de stock actualizada



Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

CBA 2024 (h1_1.07_ls)

La captura total que resulta de aplicar el F_{RMS} para el 2024 se estimó en 4,9 millones t y para el 2025 en 3,8 millones de t (Tabla 9). Sin embargo, siguiendo las pautas establecidas por el plan de recuperación (la cuota de captura no puede ser mayor o menor que un **15%** que la cuota del año anterior), la capturas para el 2024 deberían ser iguales o menores a **1.242.000 t**. Adicionalmente, según lo solicitado por la Comisión, la captura con un límite de **20%** mayor que la cuota del año 2023 sería de **1.296.000 t**.

Escenario	C_{2024}	C_{2025}	B_{2025}	$Pr(B_{2025} > B_{RMS}) \%$	B_{2029}	$Pr(B_{2029} > B_{RMS}) \%$	B_{2033}	$Pr(B_{2033} > B_{RMS}) \%$
$F = 0$	0	0	18415	100	20915	100	22109	100
$F = F_{2023}$	1280	1405	16058	100	14450	97	14537	94
$F = F_{MSY}$	4880	3807	10866	94	7766	45	7432	40
$F = F_{2023} \times 0.75$	973	1100	16594	100	15599	98	15756	96
$F = F_{2023} \times 1.25$	1579	1684	15551	100	13491	94	13539	91
$TAC = TAC_{2023}$	1080	1207	16255	100	12377	95	11013	83
$TAC = TAC_{2023} + 15\%$	1242	1367	15470	100	11821	92	10515	79
$TAC = TAC_{2023} + 20\%$	1296	1419	15377	100	11646	91	10361	78

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Tabla 2. Porcentajes de la cuota de captura de jurel acordadas para el periodo 2023-2032 para el área total de distribución del jurel (CNCP = Cooperating non-Contracting Parties, HS = High Sea).

Miembros / CNCP	%de Cuota
Belize	0.1019%
Chile	66.3665%
China	5.8459%
Cook Islands	0.1019%
Cuba	0.2055%
Ecuador	1.1639%
European Union	5.6257%
Faroe Islands	1.0211%
Korea	1.1808%
Panama	0.1019%
Peru (HS)	1.8681%
Russian Federation	3.0230%
Vanuatu	4.3044%

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Discusión

- El **estatus** del stock se estimó **subexplotado**.
- El estatus se ha alcanzado por una combinación de una **gestión precautoria** (plan de recuperación, una regla de control de capturas), y un **aumento** de los niveles de **reclutamientos** en los últimos años (probablemente producto de las condiciones ambientales asociadas al fenómeno de El niño 2017).
- CC de la OROP-PS consideró que estas condiciones de **reclutamientos favorables terminaron** y que los reclutamientos futuros retomarán el nivel bajo de los últimos 20 años.
- Esto generó que en la **proyección**, la captura basada en el FRMS para el 2023, que fue 4,9 millones de t tres veces mayor que la del año 2022, **pero cayera rápidamente en los años siguientes**.
- Frente a estas **fluctuaciones** de la **captura** basada en el FRMS, mantener una **regla de control del crecimiento de las capturas** es importante desde el punto de vista precautorio de la conservación del recurso y la pesquería. De esta forma, aplicando la regla de control de 15% de la captura, las capturas para el 2023 deberían ser iguales o menores a 1,242,000 t, mientras que si se aumenta al 20% sería **1,296,000**

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Discusión

Incertidumbres de la evaluación

- **Disminución** de la presencia de jureles **pequeños** (reclutas) durante los tres últimos años en la zona **centro-sur** de Chile, y su posible desplazamiento hacia la zona norte de Chile.
- **Desplazamiento** de la **flota** "offshore" (europea) hacia caladeros ubicados en el área de convención cercanos al **norte** de Chile, donde esta flota ha pescado **jurel de menor tamaño**.
- **Gran aumento del índice de CPUE offshore, cuya aporte del año 2023 ponderación fue minimizada**
- En el modelo de evaluación se incorporó **cambio de la selectividad** (aumento de disponibilidad de jureles pequeños) de la **flota europea**, lo cual permitió considerar este efecto en las **proyecciones** de la biomasa y las capturas.
- El **índice** de abundancia basado en la **CPUE** de la zona centro-sur de Chile puede estar afectado por un **cambio notable de la distribución** del recurso en los dos últimos años, el cual se ha concentrado **fuertemente en la zona costera**, facilitando su captura.
- Cambio de distribución **también** se ha observado en las costas del **Perú**.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Discusión

Incertidumbres de la evaluación

- CC de la OROP-PS considera necesario incluir el **aumento histórico de la eficiencia de la flota ("effort creep")**.
- La CPUE estandarizada de la CS (1983-2022), con un factor **-1%** por año, al cabo de 40 años alcanza una disminución de **32%**. Sin embargo, este **efecto no fue evidente** en los resultados del modelo, siendo balanceado por los dos periodos de **capturabilidad** en el modelo y por cambios en las **selectividades**.
- Los avances en los nuevos modelos de CPUE (captura por lance de pesca, modelos espacio-temporales (sdmTMB e INLA) y **"effort creep"**) y la serie reciente de estimaciones hidroacústicas de la zona centro-sur serán analizadas en el **Benchmark de 2025**.
- **Se acordó no cambiar especificaciones actual de modelo de evaluación hasta después del benchmark 2025, ya que esto afectaría el modelo operativo y el avance del EEM.**

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Gracias

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

A N E X O 9

Presentaciones en el taller de avances en la
EEM y del plan de trabajo en el CC11 de la
OROP-PS.

Autor: Ignacio Payá

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

Taller de avances en la EEM y del plan de trabajo en el CC11 de la OROP-PS.

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentable de jurel nacional entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de los Lagos, año 2024

Ignacio Payá
Noviembre 2, 2023

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

TERMINOS TECNICOS DE REFERENCIA

Objetivo:

Informar los avances en la implementación de la EEM y del plan de trabajo de jurel en la undécima reunión anual del Comité Científico (CC11) de la OROP-PS.

Temas

1. Avances en el desarrollo y primera aplicación de la EEM en la OROP-PS..
2. Antecedentes reportados para dar cumplimiento a los requerimientos específicos del "workplan" de la OROP-PS.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

AGENDA

De 14:30 a 14:40: Bienvenida y presentación.

De 14:40 a 15:40:

- Avances en el desarrollo y primera aplicación de la EEM (60 min).

Descanso (10 min)

De 15:50 a 16:30:

- Avances en el desarrollo y primera aplicación de la EMM. Continuación (40 min).

De 16:30 a 17:00:

- Cumplimiento a los requerimientos específicos del “workplan” (30 min).

Conclusiones y cierre del taller.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

AVANCES EN EL DESARROLLO Y PRIMERA APLICACIÓN DE LA EEM

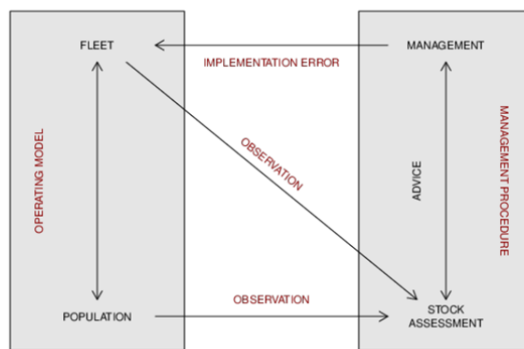
Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Revisi3n de conceptos de EEM

MSE elements



D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Contenido sobre EEM

1. Repaso informe de avance en EEM al CCT-j en septiembre 7.
2. Documento de trabajo sobre EEM en el SC11
3. Encuesta sobre modelo operativo.

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Repaso informe de avance en EEM al CCT-j en septiembre 7

Mes	Contenido
Mayo	Conformar el grupo de trabajo Conocer el estado de desarrollo del paquete JIM MSE en R. Planificar las tareas. Asignar tareas por miembros
Junio	Actualización del MSE software OM, proyecciones
Julio	Actualización del MSE software. Discusión sobre tasas de migración (SEAPODYM). OM con diferentes M (pero cambiar modelo de crecimiento para el stock sur) "Effort creep" en OM será igual que el modelo (1%) Pesos medios a la edad: No se incluirán suavizadores Pesos medios y ambiente Concentración costera puede afectar la capturabilidad (q)
Agosto	Discusión sobre tasas de migración Chile propone tasas de migración basada en estudios genéticos, pero no son aceptadas Se establece preocupación de Chile por como se establecen los acuerdos técnicos

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Documento de trabajo sobre EEM en el SC11



11th MEETING OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE

11 to 16 September 2023, Panama City, Panama

SC11 – JM16

Conditioning of operating models and exploratory evaluation of candidate management procedures for SPRFMO jack mackerel

Jack Mackerel Working Group (MSE)

Conditioning of operating models and exploratory evaluation of candidate management procedures for SPRFMO jack mackerel.

Iago MOSQUEIRA (WMR) <iago.mosqueira@wur.nl>

01 September, 2023

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

OM

- **Conditioning** of Operating Models
- The OMs are conditioned on the available data using the **latest version** of the Joint Jack Mackerel Model, jjms (SPRFMO 2022)
- **Data** in the operating model conditioning is the same as used in the latest stock assessment (**SPRFMO 2022**, Annex 8, model 1.02).
- **Model runs used for conditioning** of the operating model used input files available at the SPRFMO github jjm repository, so no specific data preparation took place

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

OM grid

Currently, alternative OM formulations are being considered for the following elements:

- Stock-recruit steepness
- Natural mortality
- Growth and weight-at-age
- Effort creep in CPUE fleets

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

Parameter uncertainty

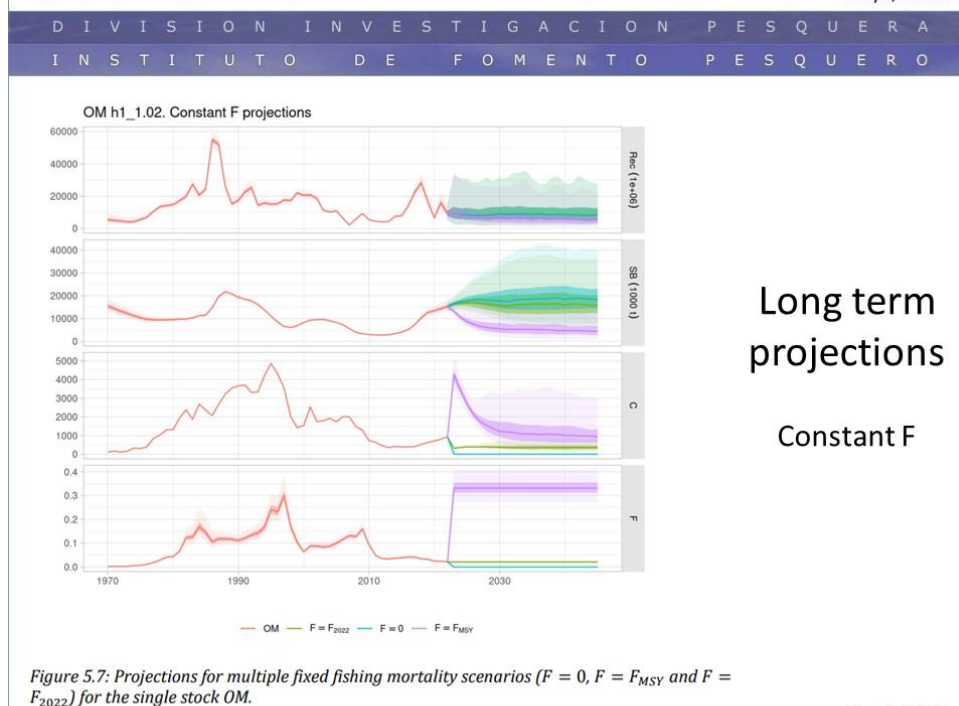
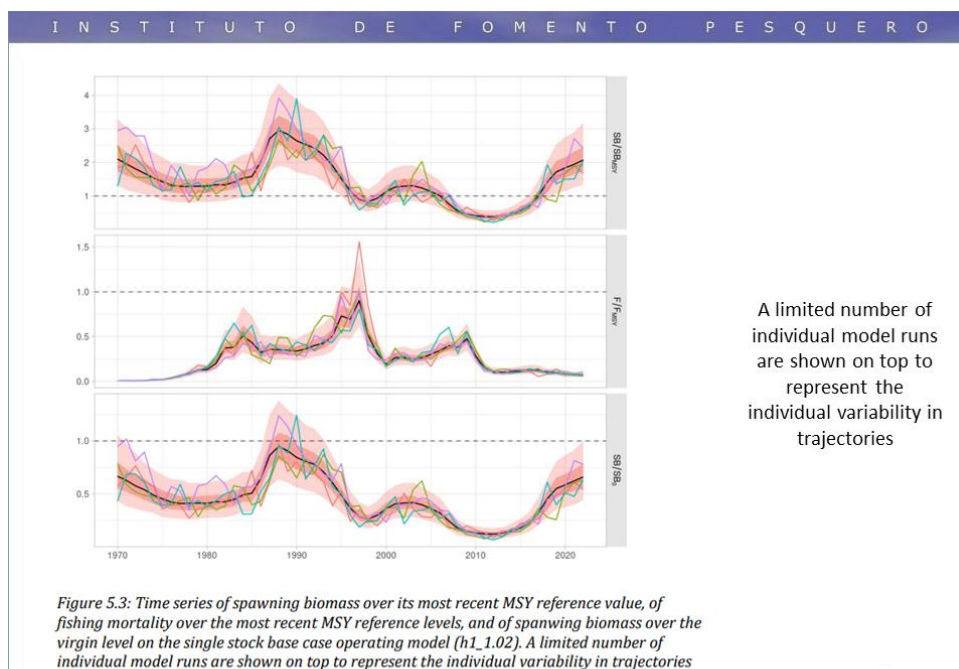
- Markov chain Monte Carlo (McMC) procedure was conducted using the no-U-turn (NUTS) sampler (Monnahan and Kristensen 2018).
- The sampler was set to run for a total of 12,500 iterations over two chains, with a fifth of those being used as burning period, and thinning set to one every 10 iterations.
- A random sample of 500 iterations from each model run was finally used to populate the operating models

Payá, 2023

OMs are built using the FLombf class:

- biols, a slot of class FLBiols able to contain one or more populations, represented in numbers and biology at age (maturity, mean weight, fecundity), plus a stockrecruitment relationship.
- fisheries, a slot of class FLFisheries that stores the fishery (effort, capacity) and catch data (landings and discards at age, mean weights, selectivity and catchability) for all fleets operating on the stocks or stocks.
- refpts, containing the reference points for each stock to be used when computing MP performance.

Payá, 2023



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

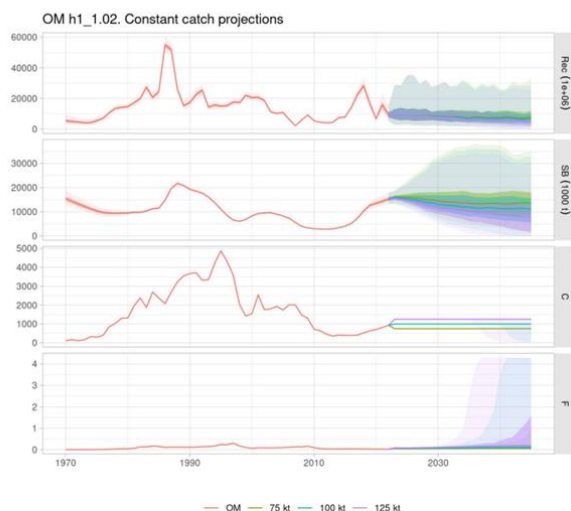


Figure 5.8: Projections for multiple fixed catch level scenarios (7.5e5, 1e6 and 1.25e6 t) for the single stock OM.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Simulation testing

The current simulation specifications for the MSE runs are as follows:

- Simulations start in 2023 and finishes in 2040.
- **Data and management lags of 1 year**, so each year data is available until the previous year and management is applied the year after. For some individual indices of abundance the data lag is set to two years to reflect the current situation.
- Management frequency of 3 years, so **advice is implement for a 3 year period**.
- Number of iterations in simulations is set to 500

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

Simulations Assumptions

- Future dynamics of the OMs are being set assuming values informed by those that the conditioning process estimate.
- By default future biology (weight-at-age, maturity, ...) and fishery processes (selectivity) are set into the future as **averages** of the estimated or input values over the most **recent period (3 years)**.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Recruitment Simulations

- **B-H S/R** as fitted in JJM by the **conditioning** procedure
- **Deviances** over this relationship in future projections, to account for intrinsic and extrinsic variability, have been set as following a **lognormal probability distribution**, with **variance and lag one autocorrelation** as computed from the deviances returned by the OM conditioning MCMC.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Recruitment Simulations

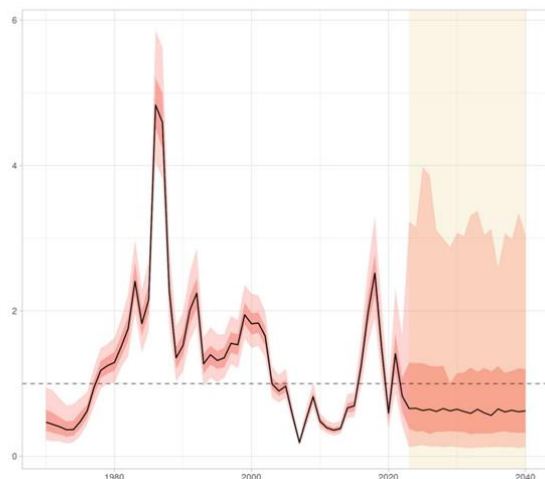


Figure 6.1: Time series of stock-recruitment deviances in the conditioned one-stock OM (h_1). Future deviances are highlighted by the shaded area.

Robustness tests will include alternative recruitment dynamics (series of low recruitments caused by environmental conditions)

No environmental drivers have been identified at the moment that could be used to determine future changes in recruitment dynamics

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Implementation error

- At the present moment, no implementation error

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

Generation of Future Data

Indices of abundance: **Effort creep**

- A test run of the base case stock assessment was carried out with lower (0%) and higher (2.5% across all indices) correction levels. The effect on stock dynamics appears to be limited
- Potential future increases in CPUE efficiency could be incorporated by changes in time in the $\alpha\alpha$ parameter of the fishing mortality to effort relationship used to project fisheries into the future → Catch and CPUE effect

Payá, 2023

Catches

- Observation error on the catch-at-age and catch-at-length datasets is currently being set to follow a lognormal distribution with a fixed variance (0.2 in log scale), equal for all fleets.

Payá, 2023

Candidate Management Procedure

Steps are being included in the current simulation setup:

- Data collection
- Status estimation
- Decision rule
- Implementation system
- Implementation error

Payá, 2023

MP

MP 1: Current stock assessment model for the stock, the Joint Jack Mackerel model (SPRFMO 2022b)

MP 2: model-free MP, the stock status are determined by a relative exploitation rate, as computed from total catch and an index of abundance

MP 3: substitutes the stock assessment with a shortcut by means of a direct observation of abundance with some set error level on the observed metric, in this case SSB

Payá, 2023

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MP 1: JJM model-based MP (jjms.sa + hockeystick.hcr + splitcatch.is)

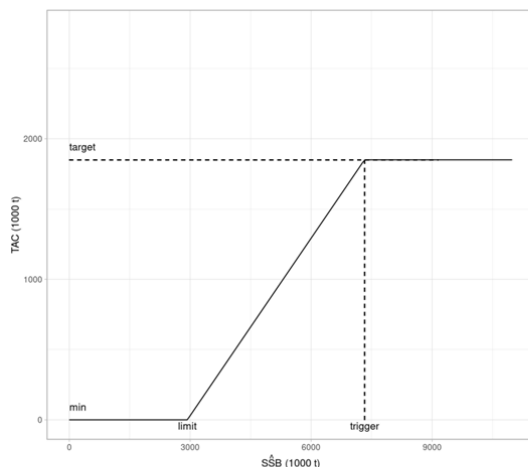


Figure 7.1: Example Harvest Control Rule set by one the tuning exercises for the shortcut stock assessment MP.

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

MP 2: Relative harvest rate MP (cpue.ind + hr.hcr + splitcatch.is)

- Stock status are determined by a relative exploitation rate Relative harvest rate = total catch / relative indicator of stock size (such as a survey index),
- It has been proposed and tested recently for management on stocks for which a stock assessment is unavailable (Fischer et al. 2022).

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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

MP 3: Assessment shortcut MP (shortcut.sa + hockeystick.hcr + splitcatch.is)

- Substitutes stock assessment with a shortcut by means of a direct observation of abundance with some set error level on the observed metric, in this case SSB.
- TAC advice is divided among fleets by using their current relative proportions, computed as an average of those reported over the last three years.

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Performance statistics

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Table 8.1: Performance statistics currently being computed for all runs of the SPRFMO CJM management procedures under evaluation.

Name	Description	Computation
SBMSY	Mean SSB relative to SSB_{MSY}	$\sim \text{yearMeans}(\text{SB}/\text{SBMSY})$
FMSY	Mean fishing mortality relative to F_{MSY}	$\sim \text{yearMeans}(\text{F}/\text{FMSY})$
PSBMSY	Probability of SSB greater or equal to SSB_{MSY}	$\sim \text{yearMeans}((\text{SB}/\text{SBMSY}) \geq 1)$
PSBlim	Probability that SSB is above B_{lim}	$\sim \text{yearMeans}((\text{SB}/\text{SBlim}) > 1)$
C	Mean catch over years	$\sim \text{yearMeans}(\text{C})$
IACC	Percentage inter-annual change in catch	$\sim 100 * \text{yearSums}(\text{abs}(\text{C}[, -1] - \text{C}[, -\text{dim}(\text{C})[2]])) / \text{yearSums}(\text{C})$
PC0	Probability of fishery shutdown ($C < MSY \cdot 0.1$)	$\sim \text{yearSums}(\text{C} < 0.1 * \text{MSY}) / \text{dim}(\text{C})[2]$
green	Probability of being in Kobe green quadrant	$\sim \text{yearSums}(\text{FLQuant}((\text{SB}/\text{SBMSY}) > 1 \ \& \ (\text{F}/\text{FMSY}) < 1)) / \text{dim}(\text{SB})[2]$

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

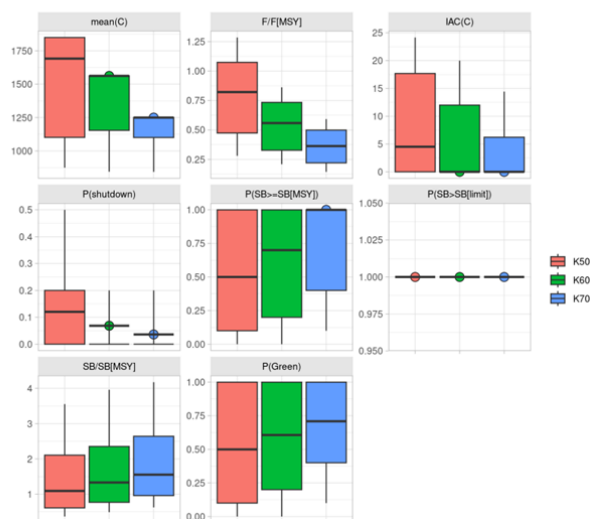
Tuning of management procedures

- MP set to achieve a **primary objective**, in a given **time frame** and with certain probability, by finding the **precise value** of one of more **parameters** that are able to alter their performance.
- Initial tuning exercise
 - MP 3: substitutes the stock assessment with a shortcut by means of a direct observation of abundance with some set error level on the observed metric, in this case SSB.
 - over the 2027-2036 period, probabilities of 50, 60 or 70% of being in the “green area” of Kobe plot
 - hockey stick-shaped HCR that set a maximum catch level based on the estimate of spawning biomass

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

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



MP 3 Performance

Figure 9.5: Distribution of values for a range of performance statistics computed for the shortcut MP tuned to 50, 60 and 70% probabilities of falling in the Kobe green in the 2027-2036 period (bottom).

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Future steps

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Future steps for OMs

FINALIZE OM grid with agreed scenarios

- h
- (M + growth)
- OTHER future dynamics

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

Future steps for MPs

- DEVELOP tuning procedure across 2 OMs based on shortcut
- TEST updated jjm.oem on benchmark model
- RUN test of jjm.sa
- TABLE of MO vs. MP runs for cjm.sa
 - om(h1) + mp(h1)
 - om(h2) + mp(h1)
 - om(h2m) + mp(h1)
 - om(h2) + mp(h1)
 - om(h2) + mp(h2)
 - om(h2m) + mp(h1)
 - om(h2m) + mp(h2)
- MIMIC mixed runs in shortcut (?)

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

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

Future steps for MSE

- SET primary (tuning) objective
- AGREE on performance statistics

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A
I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

**ANTECEDENTES REPORTADOS PARA DAR
CUMPLIMIENTO A LOS REQUERIMIENTOS
ESPECÍFICOS DEL “WORKPLAN” DE LA OROP-PS.**

Payá, 2023

D I V I S I O N I N V E S T I G A C I O N P E S Q U E R A

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Work plan 2022-2023

Participación de IFOP en las tareas de datos de entrada y evaluación de stock de jurel en el plan de trabajo multianual del Comité Científico de la OROP-PS para el período 2022-2022+.

Tarea	Subtarea	Línea de tiempo	Coordinador	Participa IFOP
Evaluación de stock	Revisar los datos de entrada disponible para la evaluación de stock	2023	US/EU	SI
	Continuar actualizando y comparando estandarizaciones de índices de abundancia comercial entre diferentes flotas y el Impactos del aumento de la eficiencia en las flotas.	2023		SI
	SC y otros fondos para apoyar a los expertos durante el SC Evaluación	2021-2022	EU	NO
	Proporcionar asesoramiento sobre TAC de acuerdo con la solicitud de la Comisión. (Basado en la regla de control de captura de SCW14)	2023		SI

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Work plan 2022-2023

Tarea	Subtarea	Línea de tiempo	Coordinador	Participa IFOP
Evaluación de Estrategia de Manejo	Taller sobre objetivos de MSE y medidas de HCR con partes interesadas y administradores, preferiblemente en conexión con la reunión de la Comisión de 2023.	2023	EU/ Chile	SI
	Desarrollar y llevar a cabo una evaluación de EEM para diseñar procedimientos de manejo alternativos (ver COMM8-Informe Anexo 8b). Esto incluirá puntos biológicos puntos de referencia, prórroga de cuota, cuota acumulada en 2 años, y hipótesis de stock (párrafos 80, 102, 118 COMM8-Informe). Los resultados iniciales deben informarse al SC11.	2023		SI
Investigación en Conectividad	Grupo de trabajo sobre conectividad para mejorar la comprensión del origen y la mezcla de poblaciones o subpoblaciones de jurel en el Pacífico Sur. Términos de referencia incluidos en G137-2022.	2022-2026	Chile Perú EU	NO (INPESCA SI)
Técnicas de edad	Grupo de trabajo sobre análisis de edad e intercambio de otolitos del CJM para abordar las prácticas actuales en el envejecimiento del jurel, las técnicas de validación para verificar edades y un documentación completa de técnicas de envejecimiento y protocolos. Términos de referencia incluidos en SC9.	2022 - 2024	Chile Perú EU	NO (IFOP invito a taller, no hubo interesados)

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Documentos de trabajo de jurel

Reference	Title
SC11-JM01_rev2	CJM Catch history and predicted 2023 catches (Annex 1_rev2) (SEC)
SC11-JM02	Jack Mackerel Connectivity Research - Application for SPRFMO Funding (Connectivity Task Group)
SC11-JM03	PFA selfsampling report for the SPRFMO Science Committee 2023 (EUR)
SC11-JM04	Comparison of EU self-sampling and observer data with the objective to supplement observer data for non-observed quarters (EUR)
SC11-JM05	Ageing update of CJM and estimation of age error Matrix (CHL)
SC11-JM06_rev1	Effort Creep in the JM south central fleet in Chile (CHL)
SC11-JM07	A Bayesian spatio-temporal approach for the standardization of CPUE in the Trachurus murphyi fishery of central-southern Chile (CHL)
SC11-JM08	Instructions for Sampling JM for population study (PER)
SC11-JM09	Reproductive aspects of JM in Peru (PER)
SC11-JM10	Update up to June 2022 of the Chilean jack mackerel abundance index based on the catch per fishing set (CHL)
SC11-JM11	Update of the Chilean Jack Mackerel CPUE abundance index based on catch by fishing trip in the south-central Chile (CHL)
SC11-JM12	CJM abundance index estimated by spatiotemporal SPDE-based GLM and compare with other CPUE indices (CHL)
SC11-JM13	Spatio-temporal dynamics of Chilean Jack Mackerel fishery off south-central Chile in 2023 (CHL)
SC11-JM14	Population genomics and environmental associations in Trachurus murphyi in the South Pacific Ocean (CHL)
SC11-JM15	Hydroacoustic assessment of Chilean Jack Mackerel carried out in the north and south-central area of Chile (2023)
SC11-JM16	Conditioning of OMs and exploratory evaluation of candidate management procedures for SPRFMO JM (JMWG-MSE)

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Fin

Payá, 2023

DIVISION INVESTIGACION PESQUERA

A N E X O 10

Report on SPRFMO Management Strategy Evaluation Workshop
for Jack Mackerel. Manta, Ecuador, 27 January 2024. SPRFMO.

Report on SPRFMO Management Strategy Evaluation Workshop for Jack Mackerel

Manta, Ecuador, 27 January 2024

The Jack mackerel working group chair, Niels Hintzen and the SC chair, Jim Ianelli, led the workshop and welcomed all participants and invited everyone to introduce themselves. The workshop was attended by twelve members and three observers. Participants noted their interest in MSEs. The SC chair reflected on how the management of fisheries can best be facilitated through the transparent process of setting up a Management Strategy Evaluation (MSE) and played a video describing the process [here](#). This included developing the components (i.e., the operating model (OM), the management procedures (MPs) and, the performance metrics) to be considered in selecting among candidate MPs.

In an introductory presentation the SC chair provided a refresher on the concepts of MSE, the process to establish an agreed management procedure through MSE, iterations among science and stakeholders within that process as well as providing some examples of how MSE has been used worldwide to manage fisheries. He stressed the need for MSE in order to retain Marine Stewardship Council certification. The current MP for Jack mackerel was established in 2014 and this MP was aimed specifically at rebuilding the stock through an evaluation of trade-offs. This included factors such as rebuilding time, the chance of falling below a biomass reference point, and average catch. These led to a recommendation to the Commission (so-called “Annex K”) that has been maintained and continues to be the approach for providing advice from the SC.

A significant point of discussion was the necessity for a management procedure that could effectively navigate the uncertainties of stock structure. An example was drawn from the Pacific hake fishery comparing alternative straddling stock hypotheses (via movement mechanisms) between the US and Canada. Similarly, the MSE for JM could potentially incorporate climate change factors and could take into account age-based movement and/or stock structure hypotheses. The need for clear, specific, and measurable objectives was emphasized, focusing on stock biomass and fishery performance. Moreover, the imperative of comprehending the trade-offs inherent in management decisions was discussed.

Niels then presented results from an initial OM which was updated to the most recent model configuration. An example illustration of model uncertainty is depicted in Figure 1 showing some of the trajectories that were used for MSE projections. This OM provided an ability to simulation test a range of MPs and illustrate trade-offs in management objectives (e.g., Figure 2). This included stock status, catch opportunities, and catch variability. He also examined performance metrics illustrating the expected duration of stock recovery from the historical low levels over different MPs. He covered alternative frequencies for implementing advice (i.e., annual versus biennial or triennial). He noted the consequences of discontinued data collection, especially given the reliance of MPs on future data collection plans.

Members questioned the necessity of a new MSE since the current process appears to be working well. The Chair noted that the process for annual advice needed updating as the most recent benchmark (July 2022) resulted in significant changes in the understanding of stock trends. Also, with the ever-increasing tasks of the SC and scientific debates related to stock structure, the MSE is intended to streamline the process of providing annual, robust advice to the Commission.

A key technical point raised was the limit reference point and its associated recovery time in scenarios with and without fishing. The group acknowledged the fishery's currently robust state and the importance of avoiding fishery declines below the limit reference point. The point of how socio-economics could be accounted for in the decision process was raised. It was noted that socio-economic concerns can enter into the MP selection process (e.g., by weighing the trade-offs between stock status, catch, and catch variability).

Niels presented results showing the relative impact of different time-frames for setting catch-advice (Figure 3). While there was a general expression of members preferring TAC stability (i.e., towards favoring TACs every 3 years). However, it was clear from the preliminary results that setting TACs every 3 years could be less responsive to dynamic changes in the stock since recruitment is variable and the shorter life-history may require greater responsiveness. Additionally, members noted that TAC stability in both directions could be desirable (e.g., a specification that the TAC change should be constrained for both increases and decreases). Related to these TAC stabilizers is the Commission's request to evaluate TAC rollovers (sometimes referred to as banking and borrowing). Specifically, the request was to evaluate rollover amounts in one direction—a percentage of a TAC allocation in a current fishing year can be deferred or rolled over into the next year. This system can be approximated within the MSE, but the group noted that there may be complexities in how such an accounting may occur among members and the SPRFMO secretariat

The implications of data collection program changes on management effectiveness were also considered. Specifically, Chile reassured that it has the intention to continue hydroacoustic surveys both in the north of Chile as well as in the south-central area. They furthermore indicated that empirical harvest control rules, being for example tuned on CPUE time-series from one fishing area such as the Chilean EEZ, should be tested given the variable spatial distribution of the stock. Continued collection of spatially resolved fishery-independent data was considered important.

The group reviewed examples of how performance statistics can be presented for MP selection in an MSE context (Figure 4). Members were asked to consider additional performance indicators in preparation for the next development steps. One suggestion was to include a statistic on the magnitude of TAC change given an MP. Additionally, Jim noted that the PEW foundation, through assistance from Blue Matter Science, has indicated they would support adding some tools that could aid the MSE process (e.g., an interface to MSE tools [here](#)). Members were encouraged to provide their insights via their SC representative to the monthly MSE technical sessions.

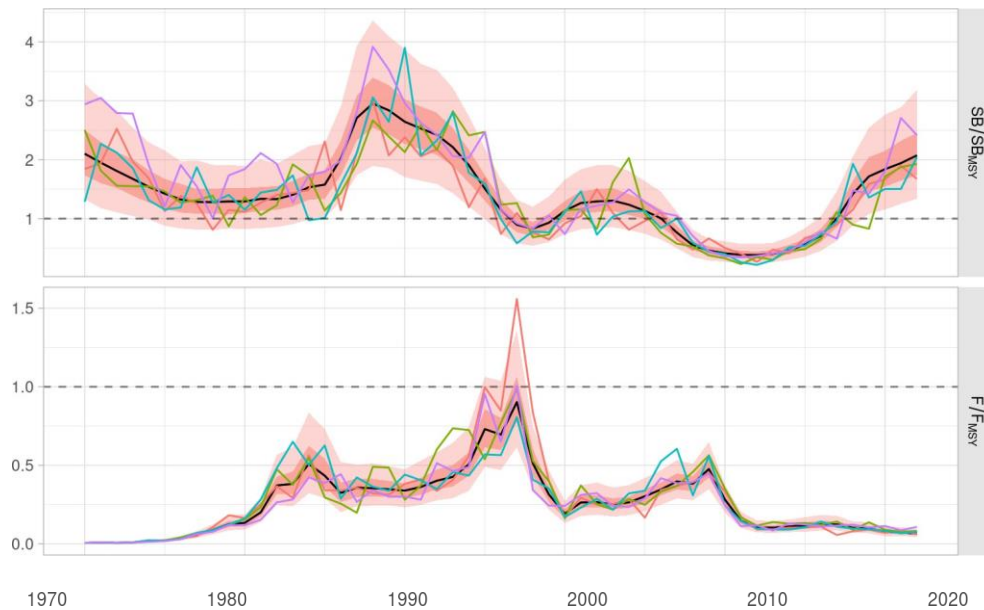


Figure 1. Illustration of setup of the OM reflecting the current understanding of the JM single-stock hypothesis including 'spaghetti lines' indicating individual stock trajectories over time as simulated within the MSE.

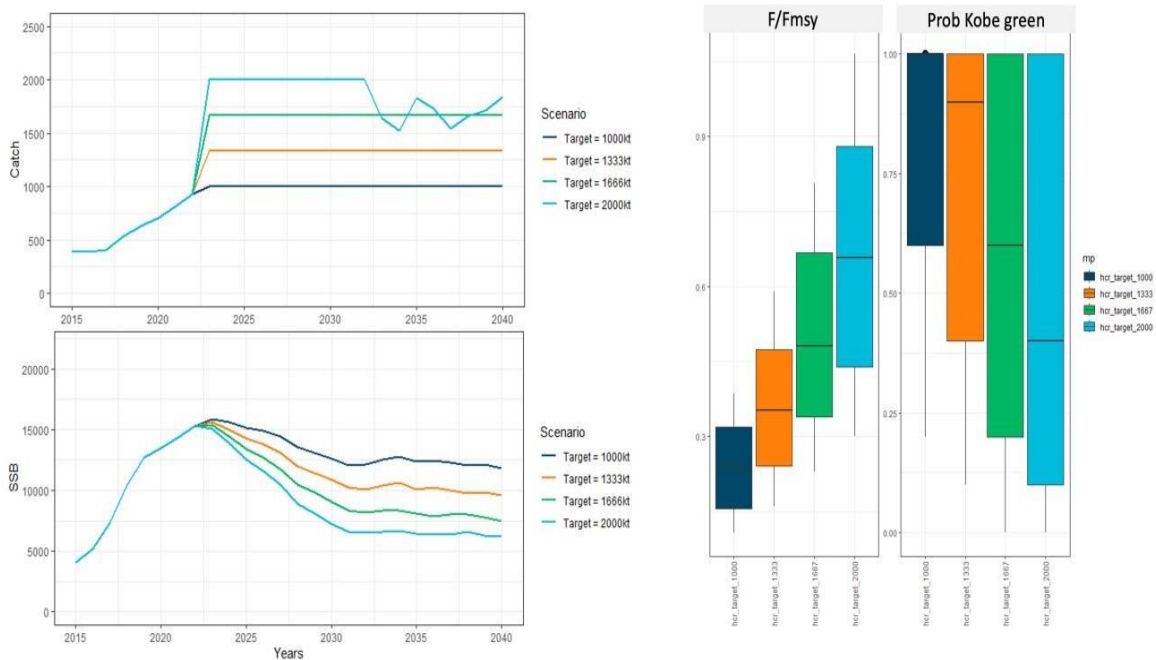


Figure 2. Illustration of MSE results in terms of catch and SSB when setting different harvest targets and the associated performance statistics on F/F_{MSY} and the probability to be in the Kobe green

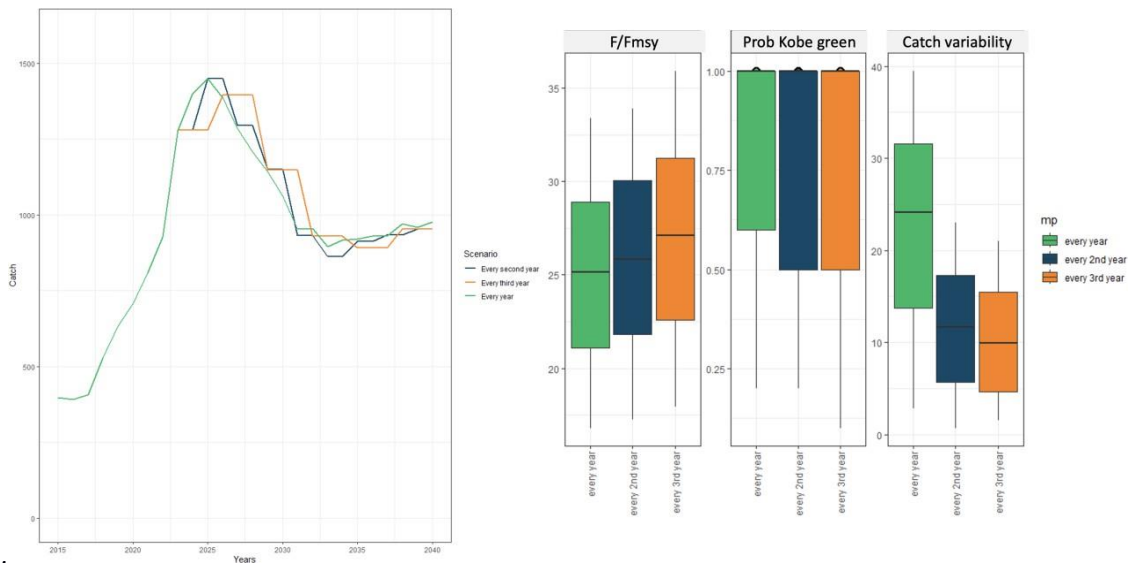


Figure 3. Illustration of MSE results in terms of catch when setting TACs at 1, 2 or 3 year intervals. Associated performance statistics on F/F_{msy} , the probability to be in the Kobe green as well as the inter-annual variation in catch are shown.

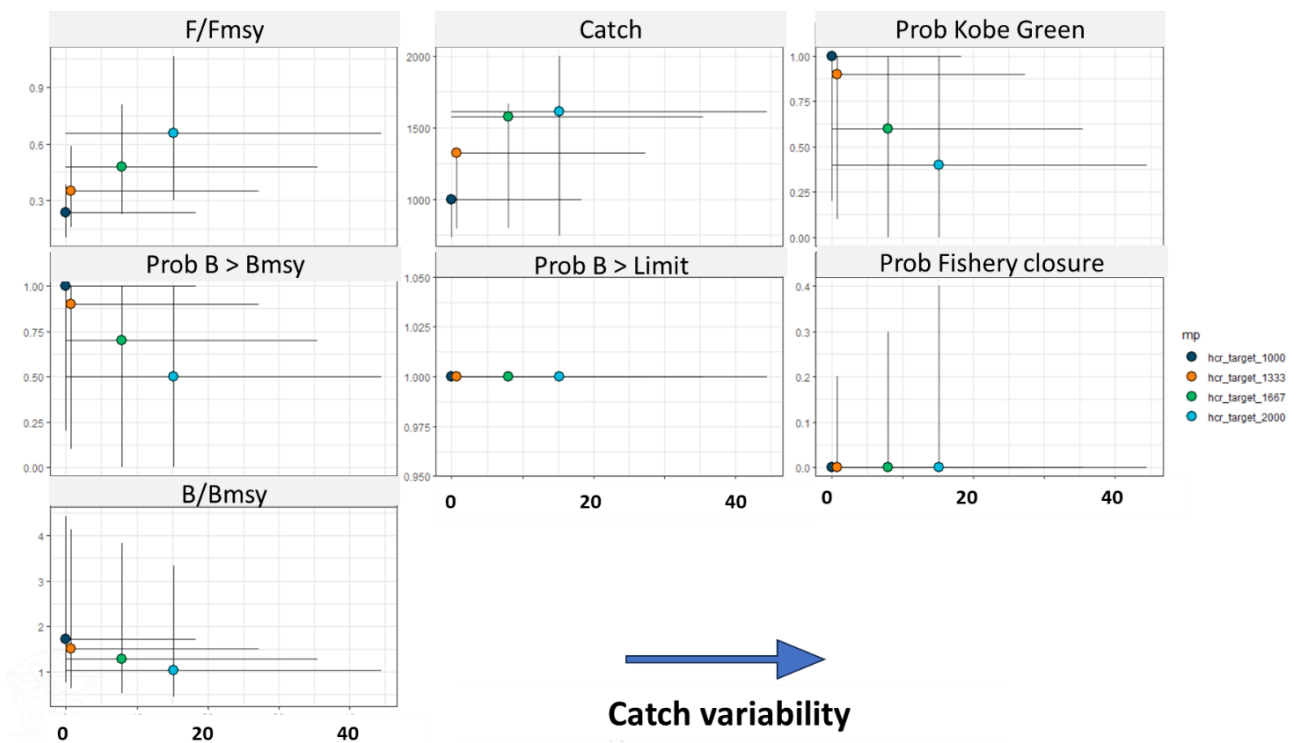


Figure 4. Illustration of trade-off visualization between catch variability on the horizontal axis vs Catch, probability to be in the Kobe green etc.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl