

2025

Documento Técnico Asesoría Gestión Técnica

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2025: Merluza de tres aletas.

Subsecretaría de Economía y EMT
Marzo 2025



Documento Técnico Asesoría Gestión Técnica

Convenio de Desempeño 2024

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2025: merluza de tres aletas.

Subsecretaría de Economía y EMT / marzo 2025.

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 Departamento Evaluación de Recursos
Carlos Techeira Tapia

Autor

María Cristina Pérez

Colaboradores

*Ignacio Paya Contreras
Francisco Contreras Mejias*



ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE FIGURAS.....	3
ÍNDICE TABLAS	6
1. RESUMEN EJECUTIVO Y ABSTRACT	7
1.1 Resumen	7
1.2 Abstract	8
2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	10
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Objetivo General.....	12
2.3 Objetivos Específicos	13
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	14
3.1 Objetivo específico 1:	14
3.1.1. Actualizaci3n de antecedentes y datos	16
3.1.2. Estandarizaci3n de la CPUE.....	18
3.1.3. Modelo de evaluaci3n de Stock	19
3.1.4. Aspectos generales del modelo	20
3.1.5. Modelo anual con informaci3n de edades	22
3.1.6. Estimaci3n	23
3.1.7. Coeficiente de variaci3n.....	24
3.1.8. Tamaño de muestra efectivo	24
3.2. Objetivo específico 2:	24
3.2.1. Evaluaci3n del estatus basado en la biomasa desovante.....	24
3.2.2. Marco biol3gico de referencia	25
3.2.3. Proyecciones del Stock de Merluza de tres aletas captura 2023.....	28
3.3. Objetivo específico 3:	29
3.4. Objetivo específico 4:	31
3.4.1. Análisis de sensibilidad	31
4. RESULTADOS	35
4.1 Objetivo específico 1:	35
4.1.1. Clasificaci3n del estándar de la pesquería de Merluza de tres aletas	35
4.1.2. Actualizaci3n de antecedentes y datos	35
4.1.3. Estandarizaci3n de la CPUE.....	73
4.1.4. Coeficientes de variaci3n CV	73
4.1.5. Tamaños de muestra efectivo.....	74
4.2 Objetivo específico 2:	75
4.2.1. Evaluaci3n de stock	75
4.3. Objetivo específico 3:	87



4.4. Objetivo espec3fico 4:	91
4.4.1. An3lisis de sensibilidad	91
5 DISCUSI3N Y CONCLUSIONES	97
5.1 Discusi3n	97
5.2 Conclusiones	99
6. REFERENCIAS BIBLIOGR3FICAS	100

Anexo 1 Actividades realizadas por concepto de asesor3a a la gesti3n t3cnica merluza de tres aletas.

Anexo 2 Mejoras al modelo de evaluaci3n de stock de merluza de tres aletas, mod3a. Versi3n 2.1

Anexo 3 3ndice de abundancia de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) basado en la modelaci3n de las tasas de capturas comerciales.

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1	Distribuci3n de merluza de tres aletas (Vargas et al., 2023).....	11
Figura 2	Sistema de niveles para la determinaci3n de los PBRs de acuerdo con la cantidad, tipo y la calidad de la informaci3n disponible y, m3todos de evaluaci3n de stock empleados en cada pesquería.....	15
Figura 3	Diagrama de fase definido Comit3 Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA) para la pesquería de merluza de tres aletas. La zona de plena explotaci3n preliminar corresponde al 5% en torno al RMS, y se representa por las líneas segmentadas.....	28
Figura 4	Cuotas (línea) y desembarque oficial (área) de merluza de tres aletas en aguas nacionales, serie 1978-2023.....	36
Figura 5	Desembarque oficial de merluza de tres aletas por flota, periodo 1978-2023.....	37
Figura 6	Capturas de Merluza de tres aletas en aguas nacionales, periodo 1978-2023.....	38
Figura 7	Desembarque oficial de polaca (Merluza de tres aletas), periodo 1980-2023 en Argentina (fuente: http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/) y capturas desde los 54°S en Argentina (fuente: Convenio de colaboraci3n Científica INIDEP-IFOP).....	40
Figura 8	Desembarque oficial de Merluza de tres aletas en el total del océano atlántico, bajo el 54°S, y en las Islas Malvinas-Falkland Island, periodo 1995-2023. (fuente: http://www.fig.gov.fk/fisheries/publications/fishery-statistics).....	40
Figura 9	Capturas (toneladas) a nivel mensual de Merluza de tres aletas en Falkland Island, periodo 1996-2023 (fuente: https://www.falklands.gov.fk/fisheries/publications/fishery-statistics).....	41
Figura 10	Capturas oficiales de Merluza de tres aletas en Malvinas/Falkland Island periodo 1995-2023.....	42
Figura 11	Capturas de Merluza de tres aletas en el cono sur de América (Pacífico sudoriental y Atlántico sudoccidental), periodo 1977-2022 (fuente: FAO, Fisheries and aquaculture software.).....	43
Figura 12	Captura de Merluza de tres aletas en océano Atlántico bajo el 54°L.S periodo 1990-2023.....	43
Figura 13	Estructura de longitudes anuales en Chile, periodo 1997-2023.....	46
Figura 14	Estructura de longitudes anuales en Chile, periodo 1997-2023.....	48
Figura 15	Estructura de longitudes mensuales por sexo en Chile, periodo 1997-2023 (machos=1 y hembras=2).....	49
Figura 16	Estructura de longitudes anuales por sexo en Chile, periodo 1997-2023 (Machos =1, Hembras =2).....	49
Figura 17	Estructura de longitudes de merluza de tres aletas por mes en Chile, periodo 1997-2008.....	51
Figura 18	Estructura de longitudes de merluza de tres aletas por mes en Chile, periodo 2009-2023.....	52
Figura 19	Estructura de longitudes de Merluza de tres aletas en Malvinas/Falkland Island en 2022 (panel superior) y 2023 (panel inferior) (fuente: http://www.fig.gov.fk/fisheries/).....	53

Figura 20	Proporción de edades a través de los años en las capturas de la flota, periodo 1982-2023.	55
Figura 21^a	Logaritmo del número capturado por cohorte desde las cohortes nacidas entre 1978 y 1991.	56
Figura 22	Edades obtenidas al transformar longitudes utilizando clave talla edad.	61
Figura 23	Edad media serie 1982-2023, en las capturas de la flota comercial.	62
Figura 24	Porcentaje de reclutas (edad 2) observados en las capturas de la flota entre los años 1982-2023.	63
Figura 25	Proporción de edades a través de los años para el crucero acústico, periodo 2001-2022, *año 2023 sin crucero acústico.	64
Figura 26	Pesos medios ponderados e intervalos de confianza (95%), del periodo 1990-2023 a la edad de merluza de tres aletas.	65
Figura 27	Ponderación de peso a la edad de observaciones de la flota comercial de merluza de tres aletas periodo 1990-2023.	66
Figura 28	Ponderación de peso a la edad de observaciones del crucero acústico de merluza de tres aletas periodo 2001-2022, *año 2023 sin crucero acústico.	67
Figura 29	Principales parámetros de la especie <i>Micromesistius australis</i> .	69
Figura 30	Distribución espacial del crucero acústico 2022, a la izquierda se presenta las transectas y a la derecha se incluyen los lances de identificación (fuente: Vargas et al., 2023).	70
Figura 31	Biomasa y abundancia de merluza de tres aletas determinada por acústica (Vargas et al., 2023).	71
Figura 32	Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, área total estudio (Vargas et al., 2023).	72
Figura 33	Serie de índice de CPUE actualizado (negro) y biomasa acústica (gris).	73
Figura 34	Estimación del tamaño muestra efectivo para las observaciones de la flota comercial y del crucero acústico.	74
Figura 35	Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las capturas (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde, eje derecho con escala de 0 a 1). Período 1982-2001.	76
Figura 36	Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las capturas (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde, eje derecho con escala de 0 a 1). Período 2002-2023.	77
Figura 37	Residuales de la proporción de edades (eje vertical) en las capturas por año.	78
Figura 38	Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las abundancias estimadas por Hidroacústica (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde) periodo 2001-2023.	79
Figura 39	Residuales de la proporción de edades (eje vertical) en las abundancias estimadas por hidroacústicas.	80
Figura 40	Ajuste del modelo base (línea) a los índices de abundancia basado en la CPUE y en la biomasa hidroacústica.	81
Figura 41	Mortalidad por pesca con intervalo de confianza al 95%.	82
Figura 42	Biomasa desovante y total con intervalo de confianza al 95%.	84
Figura 43	Reclutamientos de peces de 2 años.	85
Figura 44	Diagrama de estatus del stock. Se destaca en rojo el estado en el 2023.	86

Figura 45	Capturas proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y F=0. Se muestran el estimado m1ximo veros1mil y los percentiles del 2,5 y 97,5.....	88
Figura 46	Biomasa desovante proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y F=0. Se muestran el estimado m1ximo veros1mil y los percentiles del 2.5 y 97.5.	89
Figura 47	Agotamientos de la biomasa desovante virginal proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y F=0. Se muestran el estimado m1ximo veros1mil y los percentiles del 2.5 y 97.5. L1nea roja 20% BD/BD0, l1nea verde 40% BD/BD0.	90
Figura 48	Biomasa desovante por caso.....	91
Figura 49	Depleci3n (agotamiento) de la biomasa desovante virginal (BD0) por caso.....	92
Figura 50	Mortalidad por pesca por caso.....	94
Figura 51	Reclutamientos de peces de 2 a1os por caso.	94

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	Información y criterios de filtros utilizados en la estandarización de la CPUE de merluza de tres aletas.	18
Tabla 2	Información disponible para la evaluación de merluza de tres aletas.	20
Tabla 3	Ecuaciones de dinámica modelo de evaluación de stock merluza de tres aletas.	22
Tabla 4	Componentes de verosimilitud modelo de evaluación de stock merluza de tres aletas	23
Tabla 5	Evaluación pasada y casos de sensibilidad a incluir en la asesoría año 2024.	33
Tabla 6	Escenarios de sensibilidad a incluir en la asesoría año 2025.	34
Tabla 7	Desembarques nacionales (oficiales), corregidos de acuerdo con los dos proyectos de descarte (PD), capturas argentinas bajo la posición 54°LS. y la adición de esta a la estadística oficial nacional. (* = desembarque chileno en 2024 = cuota de captura 2024; captura argentina 2024 = capturas 2023).	45
Tabla 8	Longitudes utilizadas para obtener información en edades periodo 1982-1989.	59
Tabla 9	Parámetros de Crecimiento, Mortalidad natural y Madurez sexual de merluza de tres aletas.	68
Tabla 10	Variables principales resultantes del modelo base, biomasa total x 1000 en toneladas, biomasa desovante x 1000 en toneladas, reclutamiento en número de ejemplares x 1000, mortalidad por pesca por año ⁻¹ y agotamiento BD/BD0.	83
Tabla 11	Captura Biológicamente Aceptable (CBA) en F_{RMS} bajo una estrategia de explotación con mortalidad por pesca constante. Se evaluaron los riesgos entre 50% y 10%.	87
Tabla 12	Biomasa desovantes por caso.	93
Tabla 13	CBA (F_{RMS}) por probabilidades y casos.	95
Tabla 14	Revisión histórica de las estimadas realizadas en valuaciones de stock de años pasados. Donde F_{sq} es la F de estatus quo y %BD= es el porcentaje de la biomasa desovante virginal. Free model indica que la CBA se estimó directamente desde la biomasa acústica.	96

1. RESUMEN EJECUTIVO Y ABSTRACT

1.1 Resumen

Se actualiz3 hasta el a3o 2023 la evaluaci3n del stock y los c3culos de captura biol3gicamente aceptable para la merluza de tres aletas capturada en aguas chilenas y al sur de los 54°L.S. en aguas argentinas. Los datos chilenos analizados por per3odos (que se indican entre par3ntesis) fueron: 1) desembarques (1978-2023); 2) CPUE estandarizada (1997-2023); 3) biomasa ac3stica (2001-2003; 2005-2009 y 2011-2022), 4) frecuencia de tallas (1982-1989); 5) composici3n de edades de los desembarques (1990-2023); 6) composici3n de edades del crucero ac3stico (2001-2003; 2005-2009 y 2011-2022); y 7) pesos medios a la edad (1990-2023). Los datos argentinos fueron capturas en aguas argentinas bajo la latitud 54°S. (1995-2023).

Se capturaron un total de 7572 toneladas en el a3o 2023, de las cuales 2683 toneladas fueron realizadas en Chile y 4889 toneladas al sur de los 54°LS en Argentina. Esto corresponde en Chile a uno de los valores m3s bajos de los 3ltimos 25 a3os. La estructura de longitudes en el a3o 2023 present3 una talla media de 44.9 cm de LT. La estructura de edades para este 3ltimo a3o present3 una importante fracci3n de individuos menores a los 9 a3os, con una reducida ocurrencia de ejemplares por sobre los 13 a3os. Lo anterior confirma la tendencia de las edades medias presentes en la pesquer3a, la cual desde el a3o 2008 ha tenido una disminuci3n en la fracci3n explotada de la poblaci3n. Para el a3o 2023 la edad media disminuy3 desde 7.6 a 6.8 a3os.

En relaci3n con los 3ndices de abundancia, el crucero hidroac3stico 2022 estim3 una biomasa total de 13644 toneladas (t), con un intervalo de confianza entre las 9803 y 17483 (t), valores que representan un 21% del total estimado el a3o 2021. Por otro lado, la actualizaci3n de la CPUE estandarizada mostr3 una tendencia creciente en 2023 y proporcional a la biomasa hidroac3stica hasta el a3o 2022 (a3o 2023 no se realiz3 crucero hidroac3stico).

El modelo de evaluaci3n de stock aplicado fue el mismo que en la evaluaci3n previa, es decir, un modelo estructurado por edades (catch-at-age analysis), implementado en Automatic Differentiation Model Builder (Fournier *et al.*, 2012), y que se ajusta a las composiciones de edades de las capturas comerciales y de la abundancia estimada por ac3stica, y a los 3ndices de abundancia basados en la CPUE estandarizada y en la biomasa ac3stica.

La biomasa desovante mostr3 un crecimiento desde una condici3n inicial de 419 mil t hasta un m3ximo de 970 mil en el a3o 1992 y luego una tendencia decreciente para llegar a 63 mil t en el 2023, con mayor incertidumbre de estimaci3n hacia los primeros a3os y hacia los a3os m3s recientes. La

mortalidad por pesca tuvo una tendencia creciente hasta el a1o 2021 con el valor m1s alto de la serie hist3rica, para los a1os 2022 y 2023 esta tendencia se revierte con valores de mortalidad de 0.2 y 0.19 respectivamente. Los reclutamientos se estimaron altos para la primera parte de la serie, pero desde el 2000 se mantuvieron en un nivel bajo relativamente constante. La relaci3n entre la biomasa desovante y los reclutamientos de 2 a1os, tuvo un alto error de proceso, donde los reclutamientos se alejaron del modelo stock-recluta subyacente (Beverton-Holt), con grandes desviaciones positivas durante las d3cadas de los ochenta y noventa.

El estado del stock se estim3 como colapsado-agotado, con una mayor incertidumbre de estimaci3n en el nivel de explotaci3n que en el nivel de biomasa.

Para proyectar la abundancia del stock a inicios del 2025 se supuso que la captura del a1o 2024 ser1a igual a 10566 t, es decir, igual a la cuota de captura del a1o 2023 (5677 t) m1s la captura argentina del a1o 2023 que fue de 4889 t. Las selectividades y los pesos a la edad se supusieron iguales a los del a1o 2023. Los reclutamientos para los a1os 2024 y 2025 se estimaron con la relaci3n stock-recluta de Beverton-Holt.

La captura total, sumada la captura chilena m1s la captura argentina al sur de los 54°L.S., que se obtendr1a en el 2025, aplicando una mortalidad por pesca que conduce al RMS, fluct1a entre las 7270-9616 t para los percentiles del 10-50%.

1.2 Abstract

The stock assessment and biologically acceptable catch calculations for the Southern blue whiting (*Micromesistius australis*) captured in Chilean waters and south of 54°S in Argentine waters were updated up to the year 2023. The Chilean data analyzed by periods (indicated in parentheses) were: 1) landings (1978-2023); 2) standardized CPUE (1997-2023); 3) acoustic biomass (2001-2003; 2005-2009; and 2011-2022); 4) size frequency (1982-1989); 5) age composition of the landings (1990-2022); 6) age composition from acoustic surveys (2001-2003; 2005-2009; and 2011-2023); and 7) mean weights at age (1990-2023). The Argentine data were captures in Argentine waters south of 54°S (1995-2023).

A total of 7572 tons were caught in 2023, of which 2,683 tons were caught in Chile and 4889 tons south of 54°S in Argentina. This corresponds to one of the lowest values in Chile in the last 25 years. The length structure in 2023 showed a mean size of 44.9 cm in total length. The age structure for this year showed a significant fraction of individuals younger than 9 years, with a reduced occurrence of individuals over 13 years. This confirms the trend of average ages present in the fishery, which has

seen a decrease in the exploited fraction of the population since 2008. For the year 2023, the average age decreased from 7.6 to 6.8 years.

Regarding abundance indices, the 2022 acoustic survey estimated a total biomass of 13644 tons (t), with a confidence interval between 9,803 and 17483 t, representing 21% of the total estimated in 2021. On the other hand, the update of standardized CPUE showed an increasing trend in 2023, proportional to the acoustic biomass up to 2022 (no acoustic survey was conducted in 2023).

The stock assessment model applied was the same as in the previous assessment, namely, an age-structured model (catch-at-age analysis), implemented in Automatic Differentiation Model Builder (Fournier et al., 2012), which fits the age compositions of commercial catches and the abundance estimated by acoustic surveys, and the abundance indices based on standardized CPUE and acoustic biomass. The spawning biomass showed growth from an initial condition of 419 thousand tons to a maximum of 970 thousand in 1992, and then a decreasing trend to 63 thousand tons in 2023, with greater estimation uncertainty in the earlier years and the most recent years. Fishing mortality showed an increasing trend until 2021, with the highest value in the historical series. For 2022 and 2023, this trend reverses, with mortality values of 0.2 and 0.19, respectively. Recruitment was estimated to be high for the early part of the series, but since 2000 it has remained at a relatively constant low level. The relationship between spawning biomass and 2-year-old recruitment had high process error, with recruitments deviating from the underlying stock-recruitment model (Beverton-Holt), with large positive deviations during the 1980s and 1990s.

The stock status was estimated as collapsed-depleted, with greater estimation uncertainty in the exploitation level than in the biomass level. To project stock abundance into early 2025, it was assumed that the 2024 catch would be 10566 tons, i.e., equal to the 2023 catch quota (5677 tons) plus the Argentine catch in 2023, which was 4889 tons. Selectivities and weights at age were assumed to be the same as in 2023. Recruitments for 2024 and 2025 were estimated with the Beverton-Holt stock-recruitment relationship.

The total catch, which includes Chilean and Argentine catches south of 54°S, that would be obtained in 2025, applying a fishing mortality rate that leads to RMS, fluctuates between 7270 and 9616 tons for the 10-50% percentiles.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

2.1 Antecedentes

El presente informe, corresponde al Documento T3cnico de Asesoría a la Gesti3n T3cnica con informaci3n colectada para la pesquería de merluza de tres aletas y su respectivo estatus, incorporando la metodología de evaluaci3n de stock y objetivos solicitados por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y Comit3 Científico. La informaci3n utilizada en este reporte corresponde a los datos actualizados disponibles a la fecha a3o 2023.

DISTRIBUCI3N Y MIGRACIONES

En Chile se conoce a *Micromesistius australis* con el nombre com3n de Merluza de tres aletas, que presenta una distribuci3n conocida en la plataforma argentina desde los 37°L.S. hasta los 55 °L.S. y entre los 42 ° L.S. y 57 °L.S. en la plataforma chilena (Aguayo *et al.*, 2010) (**Figura 1**). Este gádido presenta una gran movilidad, presentando una estrecha relaci3n con las aguas subantárticas, describiéndose sus h3bitos como bento-pelágicos (50-900 m.), con capturas comerciales principalmente asociadas a profundidades entre los 300 y 500 m. En este mismo sentido, la estructura de tama3os de ejemplares capturados por la flota chilena en el oc3ano Pacífico, caracteriza a una poblaci3n con una importante fase migratoria a una zona de desove, la cual presenta mayores tama3os en comparaci3n a los individuos que son capturados fuera de la 3poca reproductiva (Contreras *et al.*, 2012).

Seg3n lo reportado en la evaluaci3n de merluza de tres aletas en las islas Malvinas/Falkland para el Atlántico (Ramos & Winter, 2021), el desove ocurre durante septiembre y octubre al sur de las Islas Malvinas a 200–300 m de profundidad y los lugares de desove varían en tama3o y ubicaci3n seg3n la intensidad de la corriente de las Malvinas. Adem3s, estos ejemplares que desovan en aguas de las Islas Malvinas se trasladan a la Plataforma Patag3nica y permanecen en esa 3rea hasta diciembre-enero antes de trasladarse m3s al sur a las 3reas de alimentaci3n en el Mar de Scotia (Barabanov 1982). En Chile, Lillo *et al.* (1999), reportan la presencia de este recurso en el Pacífico Suroriental asociada a su dinámica reproductiva, con un pulso migratorio que ingresa a Chile desde el Atlántico durante junio-julio para desovar en aguas chilenas en agosto. Este pulso migra con direcci3n norte asociado a la plataforma y talud continental hacia la 3rea de desove localizada entre las latitudes 47°S a 51°S concentrándose desde julio a septiembre y retornando hacia el Pacífico sur con direcci3n al Atlántico a mediados de noviembre, donde se encuentran las zonas de alimentaci3n. Seg3n lo reportado por Vargas *et al.* (2023) esta distribuci3n habría cambiado desde el a3o 2010, observándose una agrupaci3n en los alrededores de la península de tres montes (47°S) en una fracci3n m3s reducida

cada año y con un desfase temporal de al menos 15 días posterior a la fecha donde se registraban anteriormente los máximos de abundancia.

En resumen, se han descrito dos zonas de desove para esta especie, una en el sudoeste Atlántico, donde el pez desova al sur de las Islas Malvinas, a profundidades entre los 200-300 m. en los meses de septiembre y octubre (Shubnikov *et al.*, 1969). La otra zona de desove se encuentra al sur de Chile entre el Golfo de Penas y la Península de Tres Montes (47°S y 51°S) a profundidades de 200-300 m (Céspedes *et al.*, 1998).

De igual forma los cruceros acústicos han demostrado que las agregaciones de merluza de tres aletas migran desde el océano Atlántico en junio y julio, y se mueven a lo largo de la costa chilena a su zona de desove en el océano Pacífico, donde el desove tiene lugar en agosto. Después del desove el recurso regresa a sus zonas de alimentación del Atlántico. Estas rutas migratorias sugieren la hipótesis de que existe una población en el extremo sur de Sudamérica (Lillo *et al.*, 1999).

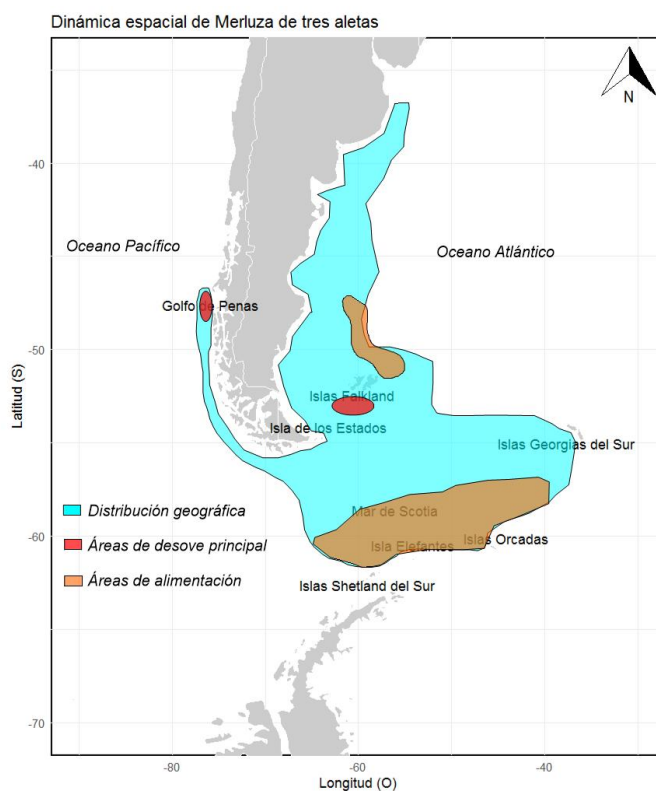


Figura 1 Distribución de merluza de tres aletas (Vargas *et al.*, 2023).

UNIDAD DE STOCK

Arkhipkin *et al.* (2009), analizan la estructura poblacional entre las zonas de desove del Pacífico y el Atlántico, mediante el análisis de micro química del otolito. Estos autores consiguen una apropiada asignación de los peces a sus zonas de muestreo (Chile o Islas Malvinas), concluyendo que los peces adultos tienen una estrecha afinidad con sus respectivos lugares de desove. Esto, probablemente indicaría que la población reproductora de Chile consta de cerca de cuatro quintas partes de los peces nativos, además de cerca de una quinta parte de individuos que migran desde el Atlántico. De igual forma Niklitschek *et al.* (2009), y utilizando la química del otolito, la genética, los antecedentes biológico-pesquero, la morfología de otolitos y la prevalencia parasitaria, describe la existencia de distintos stocks poblaciones de merluza de tres aletas en el cono sur de América. Este estudio, además reporta diferencias significativas entre zonas en algunos de sus parámetros vitales y demográficos, incluyendo estructura de talla, tasa de crecimiento y madurez sexual.

Estos resultados no se condicen con las comparaciones realizadas en el marco del convenio de cooperación entre INIDEP e IFOP, donde se analizan las estructuras de tamaños, la madurez sexual e índices de abundancia, además de los reclutamientos estimados por modelos de evaluación de stock con información independiente; los cuales presentan una importante relación entre las poblaciones de ambos océanos (Contreras y Quiroz, 2017).

En el presente estudio por lo tanto se considera para la evaluación poblacional del recurso información nacional, y una fracción de las capturas realizadas por la flota argentina bajo la latitud 54°L.S. En este sentido se considera como modelo conceptual que el recurso capturado en aguas nacionales y el que migra anualmente con fines reproductivos; conformaría el stock de merluza de tres aletas en aguas nacionales. De igual forma se consideran las capturas argentinas, teniendo en cuenta que esta flota captura el recurso en las proximidades de la Zona Económica exclusiva de Chile.

2.2 Objetivo General

En el marco del establecimiento de cuotas globales y anuales de captura, implementar el procedimiento de manejo vigente para la pesquería de merluza de tres aletas, actualizando el estatus en base a los datos e información establecida y aplicando la regla de control de captura que corresponda según el plan de manejo o la que se determine en ausencia de este.

2.3 Objetivos Específicos

1. Detallar y protocolizar el procedimiento de manejo vigente para la pesquería.
2. Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biológicamente aceptable (CBA).
3. Evaluar bajo incertidumbre la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo en plazos definidos bajo el procedimiento de manejo vigente y candidatos.
4. Detallar y analizar las fuentes de incertidumbre relevantes asociadas a errores de observación, de modelo, de proceso, de estimación y de implementación.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Objetivo específico 1:

“Detallar y protocolizar el procedimiento de manejo vigente para la pesquería”.

El estudio se sustenta en la aplicación de un método científico y uso de análisis basados en la mejor información y conocimiento disponible del recurso a la fecha de ejecución del proyecto de acuerdo con la aplicación del enfoque precautorio para la pesca establecido por la FAO (1995). En la implementación del procedimiento de evaluación de stock se utilizan protocolos científicos basados en la determinación de un sistema de niveles o “tiers” que permiten clasificar la información disponible de las especies y su pesquería, los cuales se han convertido en una herramienta de uso común en la asesoría orientada al manejo pesquero en la actualidad.

Como base para la asesoría, el sistema de niveles clasifica a una población según el tipo, cantidad y la calidad de información disponible y, por lo tanto, la asesoría en sistemas de nivel superior se considera más confiable (más precisa) que la basada en niveles más bajos. De esta forma, los científicos y administradores de una pesquería, quienes deben asesorar y diseñar medidas de manejo, pueden abordarla con fundamentos más o menos precautorios basados en el nivel de clasificación en que la población se encuentre.

La actual legislación establece que las pesquerías deberán alcanzar o estar en torno al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) así como los niveles límite que definen el agotamiento o colapso. Para estimar el RMS se utiliza la estrategia de niveles y de acuerdo con la clasificación del estándar de información se definen los PBR o “proxies” que serán usados para determinar el estatus del recurso. La definición de los procedimientos de cálculo de los PBR y del marco de referencia especie específicos se basan en el estudio “Revisión de los puntos Biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales” (Paya *et al.*, 2014), en cuyo primer taller, se desarrolló en conjunto con expertos internacionales, un sistema de tres niveles para derivar al RMS específico para las pesquerías en Chile. Además, para determinar el estatus de los recursos selectos, se considera lo establecido por el Comité Científico Técnico sobre los requerimientos técnicos que define los estándares de análisis y evaluación para las pesquerías analizadas, conforme a los niveles de conocimiento, información y calidad de los datos disponibles para esos fines.

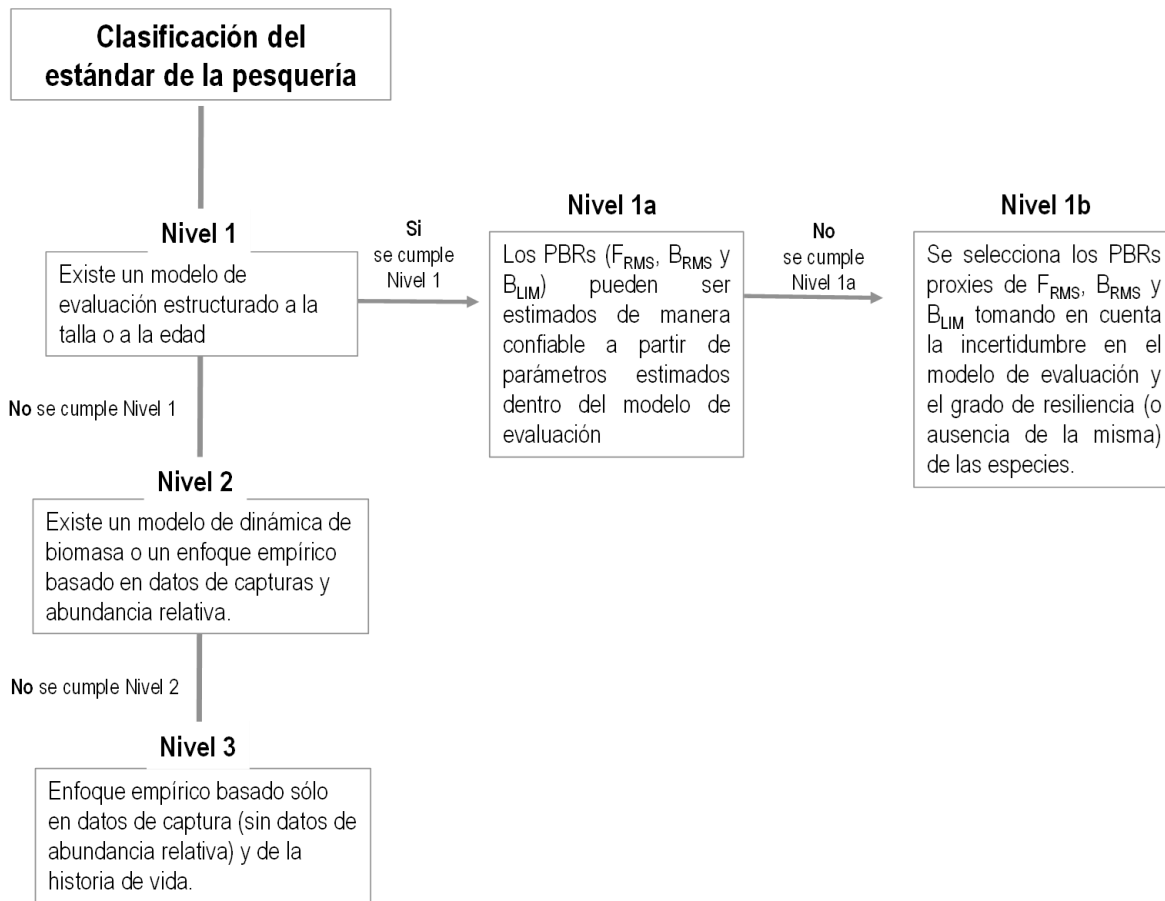


Figura 2 Sistema de niveles para la determinación de los PBRs de acuerdo con la cantidad, tipo y la calidad de la información disponible y, métodos de evaluación de stock empleados en cada pesquería.

No obstante, lo anterior, y con el propósito de alcanzar el Estándar Completo, se identificaron las brechas y limitaciones que impiden lograr ese objetivo y se propusieron detalladamente las acciones que se consideren necesarias para alcanzarlo, en el corto o mediano plazo, según corresponda. Al respecto, el año 2020 (Contreras *et al.*, 2020) se reportó un listado de comprobación, en el que se dio cuenta técnica y detalladamente de todas las recomendaciones emanadas de los revisores expertos, con el propósito de que, tanto los sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca, evaluadores externos, pares nacionales, miembros del Comité Científico Técnico y cualquier científico, académico y ciudadano puedan verificar el cumplimiento de cada una de las observaciones, correcciones y recomendaciones señaladas por los revisores.

3.1.1. Actualización de antecedentes y datos

Se realiza una actualización y consolidación del conocimiento y de los antecedentes disponibles referidos a aspectos de la biología, dinámica y ecología de merluza de tres aletas. Además, se recaba y compila todos los datos e información de la pesquería, disponible en el país, y se presentan los antecedentes disponibles de la pesquería en la zona trasandina. La escala y nivel de agregación espacial y temporal son definidos en este estudio, de acuerdo con la información disponible, las recomendaciones de expertos y los lineamientos definidos por los Comités Científico Técnicos y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

A continuación, se detalla y fundamenta el conjunto de datos a emplear para la estimación de los índices de abundancia, así como su forma de utilización (ejemplo, indicadores absolutos o relativos).

Desembarques

Corresponde a la extracción oficial del recurso, y es independiente de la zona de procedencia. Tiene valor en definir la importancia relativa de las distintas flotas que capturan el recurso, por lo tanto, de mayor interés administrativo y/o comercial de la actividad. Su propósito es cuantificar los volúmenes, totales y por especie, que efectivamente se reciben en la descarga o desembarque. Las estadísticas oficiales de los desembarques son sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca, sobre una base mensual, por tipo de flota, puerto de desembarque y especie objetivo.

Seguimiento de la pesquería

El monitoreo de la pesquería es realizado por el Proyecto de Investigación Situación Pesquerías demersal sur austral, que forma parte del Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales y es encargado por la Subsecretaría de Pesca a IFOP. Este proyecto permite obtener indicadores como las estructuras de edad/talla y peso medio a la edad, entre otros;

a) Composición por edad/talla: Denominada también como estructura de edad, corresponde a la expansión de la captura mediante la clave edad-talla determinada. Así esta composición corresponde a la matriz que representa la distribución de los ejemplares que están presentes en la captura, por grupo de edad y por estrato de tamaño, a través de un diseño de muestreo de otolitos estratificado por clase de tallas. A pesar de que se dispone de una composición por zona, trimestre y flota, para efecto de la evaluación se considera la estimación global para la unidad de pesquería y agregadas entre flotas, estando disponible una serie construida desde el año 1990 hasta el 2023.

Esta información es empleada en el proceso de evaluación de stock con objeto de evaluar los supuestos de la mortalidad por pesca diferenciada por grupos de edad, además de entregar señales de la fuerza de las clases anuales que han atravesado por la pesquería.

La estructura de tallas del desembarque o captura corresponde al número de ejemplares, por rango de talla, capturados por la flota. En términos generales el diseño de muestreo asociado a la estructura de tallas del desembarque corresponde a un diseño en dos etapas, donde la primera son los viajes y la segunda los ejemplares. También, y con menos frecuencia, se lleva a cabo un muestreo en tres etapas, es decir, un muestreo dentro de un viaje, lance y ejemplares. El indicador se obtiene por estratos de zona y mes inicialmente, a través de la ponderación de la estructura de talla con la captura diaria o temporal evaluada de las embarcaciones.

A diferencia de otros recursos objetivos de la Pesquería Demersal Austral (PDA) como lo son merluza del sur y congrio dorado en los cuales se incorporó su estudio en el monitoreo permanente desde la década de los 80, en merluza de tres aletas fue desde el año 1997 cuando se introdujo su estudio de forma sistemática, año tras año, en el “Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, Investigación Situación Pesquería Demersal Zona Sur–Austral” cuyo objetivo del estudio de la edad del recurso merluza de tres aletas se mantiene hasta el presente.

b) Pesos a la edad: El crecimiento intra-anual es recogido en matrices de pesos medios a la edad, las que corresponden respectivamente a las estimaciones globales luego de la asignación de la edad. El peso medio es empleado para generar las estimaciones de desembarque, la biomasa desovante virginal, la biomasa total, la biomasa desovante, biomasa vulnerable de la flota y del crucero, y la biomasa desovante proyectada.

c) Cruceros de evaluación acústica: El estudio de la edad del recurso merluza de tres aletas, focalizado a las épocas de stock desovante, proporciona la estructura del stock parental que está presente en el período específico en que se realiza el crucero de evaluación en el área sur austral mediante barcos de investigación o barcos pesqueros operando para la investigación.

d) Parámetros de la historia de vida: Para la implementación del procedimiento de evaluación se recoge el conocimiento de estudios científicos y técnicos que reportan información asociada a los parámetros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros. De esta forma, el proyecto tiene un rol de integración del conocimiento y utiliza los productos de todos los programas y proyectos de investigación para modelar la dinámica del recurso.

3.1.2. Estandarizaci3n de la CPUE

Esta estandarizaci3n incorporar3 como ya es de costumbre, los comentarios del experto internacional en la revisi3n por pares, por cuanto solo se considera la se1al estandarizada de la captura por unidad de esfuerzo de aquellos a1os que el 3ndice corresponda a un 3ndice de abundancia, excluyendo los a1os iniciales (1989-1996) consider3ndose que los rendimientos de pesca reflejar3an un proceso de aprendizaje de captura y no un aumento real de la biomasa. En este mismo punto, es necesario aclarar que, si bien la base de datos contiene informaci3n desde el a1o 1978, la modelaci3n estadística solo es posible desde el a1o 1989 a causa de los factores utilizados en la estandarizaci3n de esfuerzo.

La estandarizaci3n de la CPUE para la merluza de tres aletas se basa en una metodolog3a ya conocida (Contreras *et al.*, 2014), con informaci3n proveniente de las bit3coras de pesca, las que registran por cada lance de pesca el esfuerzo medido en horas de arrastre, la captura en kilogramos, las embarcaciones que participaron de la pesca, la ubicaci3n geo-referenciada y la fecha del lance. Con la idea de asegurar la utilizaci3n de los registros de lances dirigidos al recurso, y evitar la influencia de datos an3malos en el proceso de estandarizaci3n, se realiz3 un filtrado de informaci3n bajo los criterios presentados en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Informaci3n y criterios de filtros utilizados en la estandarizaci3n de la CPUE de merluza de tres aletas.

Filtro	Criterio de Selecci3n
A1os	1978-2023 (base datos) 1989-2023 (estandarizada) *1997-2023 (utilizada en el modelo)
Buques	Unzen Maru, Uni3n Sur Uni3n Sur I
Meses	Junio - Noviembre
Área	(1) 46° - 48° S (2) 48° - 50° S (3) 50° - 52° S (4) 52° - 54° S (5) 54° - 56° S (6) 56° - 58° S (7) > 58° S

La estandarizaci3n se realiz3 mediante un modelo lineal generalizado (GLM) que incorpora como predictores el A1o, Buque, Mes y la Zona de cada lance (**Tabla 1**), permitiendo tambi3n incorporar interacciones entre los predictores del rendimiento, as3 como explorar distintas distribuciones de error mediante la utilizaci3n de la verosimilitud en el ajuste del modelo (Punt *et al.*, 2000; McCullagh y Nelder, 1989). Bajo este enfoque, el modelo general para la estimaci3n del log(CPUE) es:

$$\log(CPUE) = \beta_0 + \sum_k \beta_k x_k + \varepsilon$$

Donde β_0 es el intercepto, β_k son los coeficientes que dan cuenta de la variaci3n del $\log(CPUE)$ y ε es un error normal con media 0 y varianza constante σ^2 ; tambi3n $CPUE$, x y ε son vectores de dimensi3n $n \times 1$. Los factores analizados fueron: a3os, 3reas de pesca, y la interacci3n entre meses y buques:

$$\log(CPUE) = \beta_0 + A3o + 3rea + Buque: Mes + \varepsilon$$

El factor buque caracteriza las tasas de captura de las embarcaciones “Unzen Maru”, “Uni3n Sur” y “Uni3n Sur I”, de acuerdo a las recomendaciones realizadas en el comit3 t3cnico (Contreras y Canales, 2011). La estandarizaci3n de esfuerzo fue modelada por medio de la utilizaci3n del software R (R Core Team, 2019).

Finalmente, el 3ndice de abundancia relativa, I , fue estimado en su escala natural y considerando la correcci3n por sesgo para una transformaci3n logar3tmica.

$$I_i = \exp(\log(CPUE_i) + var_i/2)$$

3.1.3. Modelo de evaluaci3n de Stock

El modelo aplicado para la evaluaci3n de stock de la merluza de tres aletas es edad-estructurado, ajustado a la composici3n de edades de las capturas y de los cruceros hidroac3sticos, a las capturas totales observadas, y a los 3ndices de CPUE de la flota y a los niveles de biomasa observados en los cruceros ac3sticos. A continuaci3n, se presentan los datos que fueron incorporados en el modelo de evaluaci3n de stock, considerado como el caso base, para la recomendaci3n de captura biol3gicamente aceptable del a3o 2025 (CBA_{2025}), y aquellos datos disponibles para su utilizaci3n en la versi3n actual de este estudio (**Tabla 2**).

En este sentido es necesario aclarar que este escenario de evaluaci3n denominado CBA_{2025} , representa un caso particular de estudio adoptado por el CCT, donde a los desembarques nacionales oficiales se le adicionan las capturas argentinas realizadas bajo el 54° L.S. actualizados al 2023. La serie estandarizada de CPUE desde el a3o 1997 al 2023, y la biomasa ac3stica disponible a la fecha (2001-2022, *2023 sin crucero ac3stico).

De manera complementaria y como efecto de la revisi3n por pares del recurso (Francis, 2013), a las estructuras de edades (1990-2023), se agregan las estructuras de tama3o que son convertidas a edades, con el fin de contar con una serie de edades desde una mayor cantidad de a3os. En este

sentido el modelo reproduce la dinámica del recurso entre los a1os 1978 hasta el a1o 2023, y proyecta la abundancia del stock hasta enero del 2024, suponiendo que la captura de 2024 será igual a la cuota de captura de 2023. Esta proyecci3n de la dinámica del recurso, solo se usa la captura supuesta (captura 2024) y los pesos promedios del a1o más reciente (2023), ya que no estn disponibles las estructuras de edades ni los índices de abundancia.

Finalmente comentaremos que el modelo base representa un compromiso de conocimiento de la dinámica del recurso, del proceso de revisi3n por pares, así como también de los acuerdos adoptados en el seno del CCT del recurso.

Tabla 2 Informaci3n disponible para la evaluaci3n de merluza de tres aletas.

Informaci3n disponible	CBA ₂₀₂₅
Desembarques nacionales	Serie 1978-2023 (2024 = Cuota de captura 2024)
Capturas argentinas bajo 54°	Serie 1995-2023 de capturas bajo 54°LS. (2024=2023)
CPUE estandarizada (1989-2023)	Serie 1997-2023
Biomasa Acústica	Series 2001-2003; 2005-2009 y 2011-2022 *2023 sin crucero acústico
Frecuencia de Tallas (transformadas a edades)	Serie 1982-1989
Composici3n de edades de los desembarques	Serie 1990-2023
Composici3n de edades del crucero	Series 2001-2003; 2005-2009 y 2011-2022 *2023 sin crucero acústico
Pesos medios a la edad	Serie promedio periodo 1990-2023
Madurez sexual	Céspedes <i>et al.</i> , 2013

3.1.4. Aspectos generales del modelo

Se estimaron los niveles de abundancia para todas las edades del primer a1o como parámetros libres, conforme a las proporciones observadas para cada edad en las estructuras de edad de la captura y a la dinámica de las clases anuales en su paso por la pesquería. Reclutamientos anuales a la pesquería correspondientes a individuos de 2 a1os, en la práctica corresponden a las desviaciones aleatorias del modelo stock-recluta. Los patrones de selectividad utilizados para la flota se suponen diferentes entre bloques de a1os, pero constante al interior de cada bloque, para los cuales se estiman distintos valores de $A_{50\%}$ y el rango $A_{95\%}$ - $A_{50\%}$. Por lo tanto, el modelo contempla la estimaci3n de bloques de selectividad de la flota comercial, con parámetros asociados a selectividad de la flota comercial y para modelar la informaci3n proveniente del crucero acústico.

El modelo además considera un desove en el mes de agosto, lo que resulta coherente con lo observado en la pesquería y concuerda con el periodo de máxima agregación reproductiva, evaluando además la dinámica en edades (2-23), incluyendo un grupo plus (24+). El modelo además considera que las estructuras de edad son informativas en términos de evidenciar la progresión de cohortes y de la entrada de reclutas (Contreras y Canales, 2011).

El modelo de la dinámica poblacional de merluza de tres aletas presenta además los siguientes supuestos:

- La mortalidad natural no varía en el tiempo o en las edades modeladas y se considera que $M=0,18$ (parámetro fijo) (pudiendo estimar este parámetro, o considerar otro valor);
- Los cruceros hidroacústicos son capaces de observar los cambios de la población, que migra anualmente para desovar en aguas chilenas (pudiendo estimar la capturabilidad);
- La condición inicial (1978) es considerada en equilibrio y virginal, y permite el cálculo de la biomasa desovante virginal;
- Los reclutamientos se modelan con una relación stock-recluta de Beverton-Holt con error de proceso y un parámetro de escarpamiento ("steepness") $d=0,75$. Este valor de escarpamiento implica un nivel de productividad media y se usa con un error de proceso elevado ($CV=0,6$) para dar flexibilidad a la estimación de los reclutamientos;
- Patrón de explotación tipo domo y logístico dependiendo del periodo de explotación.
- El modelo considera una población compartida en los océanos Pacífico y Atlántico bajo el 54° L.S, por cuanto se adicionó a los desembarques nacionales oficiales los declarados por la flota argentinas bajo el 54° L.S. Este enfoque, no considera aproximaciones adicionales a la estimación de múltiples flotas (Chile, Argentina y otras), ni de información de estructuras del sector trasandino.

3.1.5. Modelo anual con información de edades

Las **Tablas 3 y 4**, muestran las ecuaciones utilizadas para la modelar de la dinámica poblacional del stock de merluza de tres aletas.

Tabla 3 Ecuaciones de dinámica modelo de evaluación de stock merluza de tres aletas.

Objetivos, supuestos y prior	Ecuación
<u>Sobrevivencia</u> a es la edad y t es el año. $a = [2 - 24]$, $t = [1978-2023]$	$N_{a,t} = \begin{cases} N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1} & a > 1 \\ N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1} + N_{a,t-1} S_{a,t-1} & a = A + 1 \\ S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t}) \end{cases}$
<u>Mortalidad total</u> F_t es el efecto anual de la mortalidad por pesca M es la mortalidad natural	$Z_{a,t} = M + F_t \psi_a$
<u>Selectividad</u>	$\psi_a = \left(1 + \exp \left[-\log(19) \frac{(a - A_{50\%})}{\Delta} \right] \right)^{-1}$
<u>Reclutamiento anual</u> $\varepsilon \sim N(0, \sigma_R^2)$; $\ln R_0 \sim U[a, b]$	$R_y = f(SB_{y-1}) e^{\varepsilon_y - \sigma_R^2 / 2}$ $f(SB_{y-1}) = \frac{\alpha SB_{y-1}}{\beta + SB_{y-1}}$ $\alpha = \left(\frac{1-d}{4d} \right) \frac{SB_0}{R1}$ $\beta = \frac{5d-1}{4dR1}$
<u>Población inicial</u> N = abundancia a la edad	$N_{a,1978} = \begin{cases} R_y & a = 2 \\ N_{a-1,1978} e^{-M+\varepsilon_a-0.5\sigma_R^2} & a > 2 \\ N_{a,1990}/(1-e^{-M}) & a = A + 1 \end{cases}$
<u>Biomasa desovante Inicial (SSBo)</u> N = abundancia; M = Mortalidad natural, $Msex$ = Ojiva de madurez sexual a la edad (a) y Wm = Peso media a la edad (a) constante	$SSBo = e^{-\frac{7}{12}M} \sum_{a=1}^n N_a Msex_a Wm_a$
<u>Capturas estimadas en edad</u>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<u>Desembarques en peso</u>	$\hat{Y}_t = \sum_a \hat{C}_{a,t} Wm_a$
<u>Biomasa total y desovante</u> O_a Corresponde a la ojiva de madurez sexual a la edad y Δ^t es la fracción del año en la cual ocurre del desove.	$B_t = \sum_a N_{a,t} Wm_a$ $BD_t = \sum_a N_{a,t} e^{-\Delta^t Z_{a,t}} Wm_a O_a$
<u>Biomasa acústica</u> Δ^c es la fracción del año en la cual se realiza el crucero.	$\hat{B}_t^c = q^c \sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}} Wm_a$

q^c es la capturabilidad / disponibilidad del crucero	
Proporci3n estimada de la captura/abundancia a la edad cruceros	$\hat{p}_{a,t}^c = \frac{N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}{\sum_a N_{a,t} \psi_a^c e^{-\Delta^c Z_{a,t}}}$
Proporci3n estimada de la captura/abundancia a la edad flota	$\hat{p}_{a,t}^f = \frac{\hat{C}_{a,t}}{\sum_a \hat{C}_{a,t}}$

Tabla 4 Componentes de verosimilitud modelo de evaluaci3n de stock merluza de tres aletas

Funci3n/fuente	-log-verosimilitud
<u>Indices de abundancia</u> σ_I es la desviaci3n estandar del indice I en escala logaritmica	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left(\ln \left(\frac{\hat{I}_t}{I_t} \right) \right)^2$
<u>Desembarques</u> σ_Y es la desviaci3n estandar de los desembarques en escala logaritmica	$-l(Y) = \frac{1}{2\sigma_Y^2} \sum_t \left(\ln \left(\frac{\hat{Y}_t}{Y_t} \right) \right)^2$
<u>Proporci3n de la captura/abundancia a la edad</u> f, c corresponde a la flota o crucero, n es el tama1o de muestra efectivo	$-l(p) = n^{f,c} p_{a,t}^{f,c} \ln p_{a,t}^{f,c}$
<u>Distribuci3n a Priori</u> Desvios del reclutamiento promedio	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_R^2} \sum_t (\delta_t)^2$
<u>Penalizaci3n edad de 50% de selectividad comercial</u>	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_{0.1^2}}^* \sum (\log_L50f - \log_L50fprior)^2$
<u>Penalizaci3n edad de media de selectividad de acustica</u>	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_{0.1^2}}^* \sum (\log_L50c - \log_L50fprior)^2$
<u>Penalizaci3n desviaci3n estandar de la selectividad de acustica</u>	$-l(R) = \frac{1}{2\sigma_{0.1^2}}^* \sum (\log_s2c - \log_s2priori)^2$

3.1.6. Estimaci3n

Debido a las distintas bondades relacionadas con la plataforma AD Model Builder (Fournier *et al.*, 2019), dentro de las cuales se reconocen su rapidez, su precisi3n y su estable optimizaci3n, se utiliz3 esta plataforma para implementar el modelo edad estructurado. Se incorpor3 adem1s, una estimaci3n de las capturas considerando una selectividad diferenciada en periodos, los cuales guardan relaci3n al comportamiento de la flota, una etapa caracterizada por un desarrollo incipiente o incidental (1978-1994), un periodo transitorio (1995-2000) y otro periodo relacionado con una pesqueria dirigida al recurso (2001-2023).

3.1.7. Coeficiente de variaci3n

Para la estimaci3n del coeficiente de variaci3n empleado en la estimaci3n de los 3ndices de abundancia de cada escenario de an3lisis del presente estudio, se considerarn los comentarios realizados por C. Francis en la revisi3n por pares, los cuales consideran la utilizaci3n de “cv’s realistas” en los modelos de evaluaci3n. En este sentido se consider3 los CV obtenidos desde las estimaciones particulares de cada 3ndice de abundancia y la percepci3n de la calidad del 3ndice.

Para el modelo base (ver an3lisis de sensibilidad de objetivo espec3fico 4) se utiliz3 un CV=0,2 para el 3ndice de CPUE, y un CV=0,2 para el 3ndice de biomasa ac3stica.

3.1.8. Tama1o de muestra efectivo

El tama1o de muestra es considerado equivalente al n3mero de lances realizados o registrados para obtener las composiciones de tallas (lanelli, com pers). Para la ponderaci3n de datos se utiliz3 el m3todo de Francis TA1.8 (Francis, 2011). Seg3n lo reportado en el congreso “Data conflict and weighting, likelihood functions, and process error” realizado en La Jolla, Estados Unidos en 2016, es preferible utilizar el m3todo de Francis ya que la extensi3n de este m3todo a las claves de edad-talla produce un menor sesgo (porque da cuenta de las correlaciones entre los datos), o tambi3n es recomendable utilizar una extensi3n de McAllister y lanelli empleando la media arm3nica en vez del m3todo de McAllister y lanelli (1997) basado en la media aritm3tica.

Para el modelo base (ver an3lisis de sensibilidad de objetivo espec3fico 4) se utiliz3 tama1o de muestra efectivo de 36 para la captura comercial y de 27 para la estructura de edades de la abundancia estimada por ac3stica.

3.2. Objetivo espec3fico 2:

“Implementar el procedimiento de manejo vigente, determinando el estatus del recurso y la captura biol3gicamente aceptable (CBA).”

3.2.1. Evaluaci3n del estatus basado en la biomasa desovante

Los cambios en el potencial reproductivo de la poblaci3n se medirn con el 3ndice de reducci3n del stock desovante:

$$\frac{BD_i}{BD_0}$$

Donde BD_i es la biomasa desovante en el año i y BD_0 (SSBo) es la biomasa desovante virginal estimada a partir del reclutamiento virginal R_0 bajo una condición sin pesca y sin variabilidad en el reclutamiento. Esta biomasa es interpretada como una medida del potencial reproductivo máximo respecto de la cual se establece la condición en el año i . Valores cercanos o superiores a 0,4 se consideran adecuados por encontrarse en la región de plena explotación (próximo a $0,4 * B_0$; Payá *et al.*, 2014). Valores cercanos o inferiores a 0,2 se consideran en o próximos a B_{LIM} (valor de biomasa bajo del cual el recurso se presume en proceso de sobrepesca por reclutamiento y en condición de agotamiento o colapso).

3.2.2. Marco biológico de referencia

Sobre este punto, se consideraron los resultados del proyecto: “Revisión de los puntos biológicos de referencia (rendimiento máximo sostenible) en las pesquerías nacionales”. Este proyecto considero una revisión de los antecedentes por recurso, con lo cual se clasificaron las pesquerías de acuerdo al grado de calidad de los datos. Posterior a esta clasificación, se definieron las metodologías especie-específicas para el cálculo los puntos biológicos de referencia (calculados en el segundo taller). Sobre las recomendaciones de los expertos para la estimación del punto de referencia: *“Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} y aplicar el método 3.1 PBR. Se recomienda además usar la totalidad de la serie de tiempo de reclutamientos como un enfoque por defecto para estimar el reclutamiento medio, sin embargo, se pueden usar otros periodos de tiempo si se proporciona una justificación para el mismo. Además, se debiera aplicar el método 4 PBR”*, para más detalles ver reporte del proyecto de puntos biológicos de referencia (Payá *et al.*, 2014). Como resultado del segundo taller de revisión de los puntos biológicos de referencia, los expertos reportan que el stock de merluza de tres aletas tiene una breve historia de la explotación, donde la mortalidad por pesca ha sido relativamente baja. Sin embargo, se reconoce que existe alguna relación con las poblaciones en Argentina. La mortalidad por pesca ha sido relativamente baja y estable desde el año 2000, y la abundancia del stock ha sido alto, pero con tendencia a la baja.

Por otro lado, los peces parecen madurar antes que la edad a la que son seleccionados por la pesquería, lo que resulta en tasas de captura basados en SPR más del doble del nivel de mortalidad natural. Esta diferencia se cree que se refieren a una pesquería que se produce en las zonas de desove en Chile que se utilizan solamente por individuos adultos. El grupo considera la selectividad y las curvas de madurez a se han estimado de forma fiable. El grupo recomendó que los puntos de referencia de la biomasa se basaran en el reclutamiento promedio durante el período de evaluación.

F_{MSY} options:

F_{45%}

B_{MSY} options:

B_{MSY} = R_{mean} * SRP₀ * 0,45

La LGPA manda a que el estatus actualizado de un recurso pesquero o *estado de situación* del recurso se establezca, desde el punto de vista de la conservación, de acuerdo con el marco biológico de referencia (MBR) descrito en la definición 59 del Título I, Artículo 2 de la ley.

La especificación de este MBR para un recurso en particular requiere estimar los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) asociados al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y adoptar un nivel de biomasa, tal que este corresponda a un Punto Biológico Límite (Def. 59, Título I Artículo 2). El marco biológico de referencia (*MBR*) representa los cambios de estado del stock con relación al nivel de explotación a través del tiempo. Este consiste en un plano cartesiano donde en el eje x se representa la razón entre la biomasa desovante en el año *t* respecto de la biomasa desovante que produce el Rendimiento Máximo Sostenible (B_t/B_{RMS}) y en el eje y la razón entre la mortalidad por pesca en el año *t* y la mortalidad por pesca que produce el RMS (F_t/F_{RMS}).

Los *estados de situación* posibles para el recurso son parte esencial del *MBR* y se encuentran definidos por Ley en el modo que a continuación se indica:

Pesquería subexplotada: aquella en que el punto biológico actual es mayor en caso de considerar el criterio de la biomasa, o menor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del *RMS* y respecto de la cual puede obtenerse potencialmente un mayor rendimiento.

Pesquería en plena explotación: aquella cuyo punto biológico está en o cerca de su *RMS*.

Pesquería sobreexplotada: aquella en que el punto biológico actual es menor en caso de considerar el criterio de la biomasa o mayor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del *RMS*, la que no es sustentable en el largo plazo, sin potencial para un mayor rendimiento y con riesgo de agotarse o colapsar.

Sobrepesca: el CCT-RDZSA consideró necesario diferenciar al interior de la zona de sobreexplotación definida por la LGPA, el área de sobrepesca, con el objeto de aplicar las medidas de Administración más acordes con dicha condición. En tal sentido, la sobrepesca ocurriría cuando la mortalidad por pesca *F* (variable de flujo y de control) exceda un valor considerado umbral o límite, que en este caso

corresponde al valor superior en mortalidad por pesca (valor relativo al objetivo) de la zona de plena explotaci3n.

Pesquería agotada o colapsada: aquella en que la biomasa del stock es inferior a la biomasa correspondiente al punto biológico límite que se haya definido para la pesquería, no tiene capacidad de ser sustentable y cuyas capturas est3n muy por debajo de su nivel hist3rico, independientemente del esfuerzo de pesca que se ejerza.

Los PBRs usados para determinar el estatus en merluza de tres aletas corresponden a aquellos aprobados por el comité científico t3cnico (CCT-RDSA) durante la sesi3n 4 del 5 de noviembre del 2014. Donde se consider3 utilizar los resultados del taller de PBR realizado por IFOP, siguiendo las recomendaciones para los recursos merluza del sur, merluza de tres aletas, y congrio dorado, cuyos PBR correspondieron a $F_{45\%}$ (BDPR) como proxy del F_{RMS} , y $F_{30\%}$ (BDPR) como proxy del F_{lim} . En t3rminos de biomasa los PBR son $B_{40\%BD0}$ como proxy de B_{RMS} , y como B_{lim} se tienen $0.5B_{RMS}$. Por lo tanto, estos corresponden **$BRMS = 40\%BD0$** y **$FRMS = 45\%BDPR$** . El PBR límite queda establecido en $BRMS/2$ (realiz3ndose nuevas estimaciones con la actualiza del modelo de evaluaci3n).

Una vez estimados los PBRs, se construy3 el MBR considerando lo establecido en la LGPA. En el marco del proyecto de revisi3n de los puntos biol3gicos de referencia (Pay3 *et al.*, 2014), se propuso el siguiente diagrama (**Figura 3**):

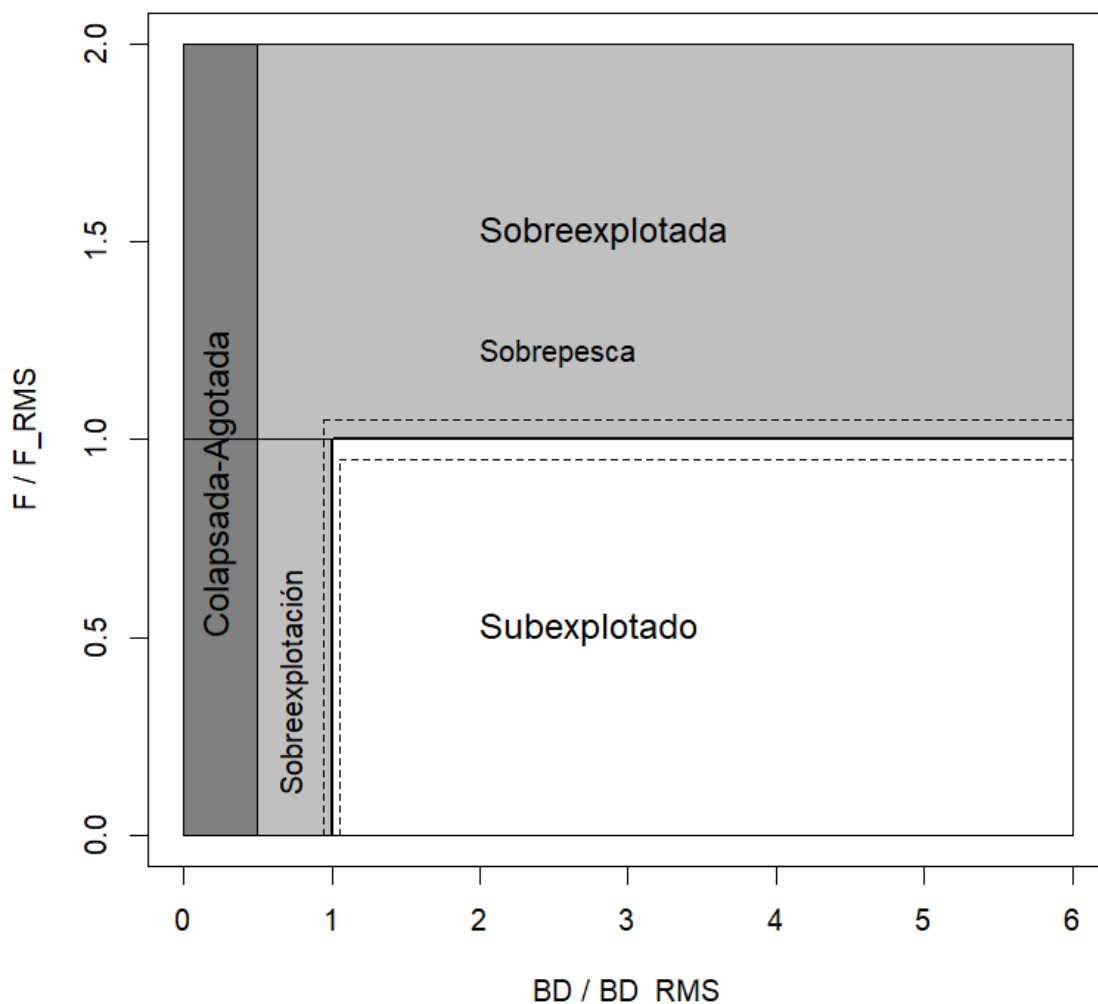


Figura 3 Diagrama de fase definido Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur Austral (CCT-RDZSA) para la pesquería de merluza de tres aletas. La zona de plena explotación preliminar corresponde al 5% en torno al RMS, y se representa por las líneas segmentadas.

3.2.3. Proyecciones del Stock de Merluza de tres aletas para captura.

Para determinar los escenarios de captura biológicamente aceptable (CBA) año 2025, se realiza la proyección de la población estimada mediante el modelo base en el año 2024, bajo un nivel referencial de mortalidad por pesca: $F=F_{RMS}$, manteniendo las ecuaciones de dinámica poblacional antes ya presentadas. En este sentido, se considera la abundancia estimada, así como también la selectividad del último año de la serie, manteniendo los mismos pesos medios (promedios) y la madurez sexual utilizados para evaluar en la dinámica población del recurso mediante el modelo base. En cualquiera

de los casos el stock de merluza de tres aletas es simulado en un horizonte de proyecci3n de 10 a1os, y el reclutamiento considera una relaci3n S/R de Beverton y Holt ponderado con una condici3n estable o promedio ($pR=1$), y que considera un h dependiente del escenario analizado. En el an1lisis se complementa con dos escenarios de proyecci3n adicionales, una proyecci3n basada en $F_{statusquo}=F_{2023}$, y otra proyecci3n de recuperaci3n sin pesca ($F=0$).

3.3. Objetivo espec3fico 3:

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

Para complementar las proyecciones de la poblaci3n y recomendaci3n de CBA 2025, donde se evalúa en un plazo de 40 a1os, los efectos de distintos niveles de mortalidad por pesca (3 casos). El objetivo 2, que incorpora la cuantificaci3n y efectos de distintos niveles de mortalidades por pesca, en la biomasa desovante proyectado, la reducci3n poblacional evaluado mediante el estudio de la biomasa desovante proyectada contrastada con la biomasa desovante virginal y la captura proyectada. Se evalúa entonces, la probabilidad que la poblaci3n estimada en el a1o 2025 se encuentre por debajo del nivel objetivo que resguarda el 40% de la biomasa desovante virginal considerado un proxy del MRS. De manera complementaria tambi3n se analiza la probabilidad de que la poblaci3n se encuentre bajo el l3mite del 20% de la biomasa desovante virginal considerada como l3mite que marca la condici3n de agotamiento de la poblaci3n. Otro elemento para considerar corresponde a la evaluaci3n del riesgo relacionado con la determinaci3n del estatus del recurso, en relaci3n con los niveles l3mite y objetivo del m1ximo rendimiento sostenible.

Tambi3n se estudia la distribuci3n de la biomasa desovante virginal (BDo), la biomasa desovante del a1o 2023 (BD2023) y la reducci3n del stock (BD2023/BDo), estudiando la probabilidad e incertidumbre (con el intervalo de confianza) en cada uno de ellos. Teniendo en consideraci3n que ADMB, permite explorar la incertidumbre de estimaci3n, mediante el c1lculo de:

- La matriz hessiana
- El perfil de verosimilitud
- MCMC

Una estimaci3n sensata de los par1metros del modelo es elegir los valores que maximicen la probabilidad de las observaciones reales.

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

La curvatura de la funci3n de verosimilitud logarítmica negativa da una estimaci3n del estimador de verosimilitud máxima:

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

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

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

Tanto el estimador como la matriz de hessiana se encuentran a menudo mediante métodos numéricos.

Entonces, de manera inicial se utilizarán los archivos *.std y *.corr para la obtenci3n de las estimaciones y su respectiva desviaci3n estándar, lo que permitirá el cálculo de incertidumbre de las principales variables de interés por medio de la aproximaci3n normal. Lo anterior nos permitirá conocer la probabilidad, y el intervalo de confianza de BDo, BD₂₀₂₃ y la BD₂₀₂₃/BDo.

La incertidumbre, tal como se defini3 en la Consulta Técnica sobre el Enfoque Precautorio en Pesquerías (CTEP), es "la imperfecci3n en el conocimiento sobre el estado o los procesos de la naturaleza" (FAO/Gobierno de Suecia, 1995). La incertidumbre estadística es "la aleatoriedad o el error proveniente de varias fuentes como las descritas al usar la metodología estadística". La CTEP define el riesgo como "la probabilidad de que pase algo malo." Note que, en términos de teoría de decisiones, el riesgo es definido como las pérdidas promedio o las pérdidas que se pronostican cuando algo malo sucede. En relaci3n con este t3pico se considera que existen varias fuentes de incertidumbre en el cálculo de los puntos de referencia y en la evaluaci3n del estado de las poblaciones con respecto a estos puntos de referencia. En este sentido se reconocen habitualmente cinco tipos de incertidumbre, que emergen de un conocimiento impreciso del estado de la naturaleza de acuerdo con Rosenberg y Restrepo (1994), las cuales son:

- **Incertidumbre en la medici3n**, es el error en las cantidades observadas tales como la captura o los parámetros biológicos;
- **Incertidumbre en el proceso**, es la aleatoriedad subyacente en la dinámica poblacional tal como la variabilidad en el reclutamiento;

- **Incertidumbre en el modelo**, es la especificaci3n err3nea de la estructura del modelo;
- **Incertidumbre en la estimaci3n**, es la que puede resultar de cualquiera, o de una combinaci3n, de las incertidumbres descritas anteriormente y es la inexactitud e imprecisi3n en la abundancia o en la tasa de mortalidad por pesca;
- **Incertidumbre en la implementaci3n**, es la consecuencia de la variabilidad que resulta de una pol3tica de ordenaci3n, i.e. incapacidad para alcanzar exactamente el objetivo de una estrategia de captura.

En relaci3n con este 3ltimo punto, las aproximaciones aqu3 desarrolladas se hacen cargo particularmente de la incertidumbre de estimaci3n, y por medio de an3lisis de sensibilidad se analiza la incertidumbre de observaci3n. En relaci3n con este punto, se espera que en las siguientes versiones de este estudio se puedan considerar otros tipos de incertidumbre (particularmente la incertidumbre en el modelo).

3.4. Objetivo espec3fico 4:

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

3.4.1. An3lisis de sensibilidad

Toda evaluaci3n de stock est3 sujeta a supuestos representados en procesos o par3metros que a menudo se suponen conocidos. La incertidumbre estructural se basa en analizar c3mo podr3an cambiar las variables poblacionales y la percepci3n respecto de la poblaci3n, frente a variaciones en par3metros considerados relevantes. En este trabajo tradicionalmente se realizaba un an3lisis de sensibilidad respecto del modelo base, considerando variaciones de: el par3metro “steepness” que determina el grado de denso-dependencia entre reclutas y progenitores, un caso que estima la relaci3n de la CPUE con la abundancia (hiperestabilidad), un caso donde se reduce la mortalidad natural del modelo base, un caso donde se estima los coeficientes de variaci3n de los 3ndices de abundancia; otro con variaciones de la confianza en desembarques o de la incorporaci3n de series de captura que integren a los niveles nacionales lo declarado en el oc3ano atl3ntico.

Sin embargo, y relacionado con el proceso participativo en el cual est3 inmerso el estudio de determinaci3n de estatus del recurso, donde se discute en el CCT aspectos t3cnicos del estudio, y se acuerda en el 2021 prescindir de escenarios incluidos en evaluaciones anteriores (Contreras *et al.*, 2020) que consideraban:

- *Cambios de productividad ($h=0,9$) (S2).*
- *Modificaciones de la mortalidad natural a $M=0,15$ (S3).*
- *Hiperestabilidad estimada internamente por el modelo de evaluación de stock (S4).*
- *Capturabilidad del crucero estimada internamente por el modelo (S5).*
- *Coeficientes de variación estimados (S6).*
- *Corrección de captura nacional por ponderación de factores provenientes del proyecto de descarte (S7).*
- *Modelo base 2020 con longitudes transformadas con una clave talla edad (S8).*
- *Modelo base 2020 con pesos medios variables por año (S9).*
- *Modelo base 2020 con cambio de selectividad (S10).*
- *Modelo con todos los cambios propuestos S11 (S1+S8+S9+S10).*
- *Adicionalmente y a solicitud de la SSPA se considera una evaluación de la población sin la acústica 2019 (biomasa y estructura de edad).*

Los anteriores escenarios fueron considerados de menor prioridad, y el Comité Científico Técnico en reunión de abril del 2023, consideró necesario incluir para 2023 los casos de análisis que se describen en la **Tabla 5**. Cabe destacar que para la asesoría 2025, por encontrarnos en proceso de Peer Review, el escenario acordado para esta evaluación corresponde al caso base (Modelo 2) y tres escenarios alternativos sin incluir las capturas argentinas y el segundo sin el proceso de filtro del mes en los factores utilizados en la estandarización de la CPUE (**Tabla 6**). Los comentarios emanados del proceso de evaluación externa serán incorporados en un nuevo escenario base cuando estos se encuentren disponibles posterior al taller de presentación de resultados a realizarse en enero de 2025.

Tabla 5 Evaluación pasada y casos de sensibilidad a incluir en la asesoría año 2024.

Nombre	Descripción	Fundamento
Pasada	Modelo base usado en la evaluación pasada (2022) con hiperestabilidad ($q \cdot BV^b$)	Referencia de comparación, resultados de evaluación de stock del año pasado (Payá <i>et al.</i> 2022).
Caso 1	Modelo base sin hiperestabilidad ($q \cdot BV^1$)	Impacto de la actualización de datos y de no considerar hiperestabilidad.
Caso 2	Modelo base con hiperestabilidad ($q \cdot BV^b$)	Impacto de la actualización de datos en la evaluación pasada (caso 2).
Caso 3	Caso 2 sin las acústicas del 2019 y 2020.	Gran cambio de las biomásas acústicas en 2019 (13 mil t) y en 2020 (138 mil t).
Caso 4	Modelo base con hiperestabilidad ($q \cdot BV^b$) e inicio en 1990 (sin equilibrio al inicio).	Efecto en la estimación de BD0 de cambio desde pesquería incidental de baja captura a pesquería objetivo de alta captura.
Caso 5	Caso 4 sin las acústicas de 2019 y 2020.	Efecto en la estimación de BD0 de cambio desde pesquería incidental de baja captura a pesquería objetivo de alta captura. Gran cambio de la biomasa acústica en años 2019 y en 2020.
Caso 6	Caso 2 sin las acústicas de 2022.	Con el fin de observar el impacto de la biomasa acústica del último año.

Tabla 6 Escenarios de sensibilidad a incluir en la asesoría año 2025.

Nombre	Descripción
Caso 1 (base)	Modelo base usado en la evaluación pasada (2024) sin hiperestabilidad ($q \cdot BV^{b1}$)
Caso 2 (sin Cap Argentina)	Modelo base sin incluir capturas argentinas
Caso 3 (sin mes en CPUE)	Modelo base sin incluir filtro mes en estandarización de CPUE
Caso 4 (final)	Modelo base sin incluir las capturas argentinas y sin el filtro del mes en el proceso de estandarización de CPUE.

4. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 1:

“Detallar y protocolizar el procedimiento de manejo vigente para la pesquería”

4.1.1. Clasificación del estándar de la pesquería de Merluza de tres aletas

Del primer taller de PBR, y con respecto de la clasificación y metodologías recomendadas para el cálculo de los PBR, se comenta que: *“Pareciera existir una mezcla entre las poblaciones en aguas chilenas y argentinas, lo que sugiere que el supuesto de una población separada en aguas chilenas es cuestionable. Existe una cantidad media de información para realizar una evaluación de estructura en edad, incluyendo datos de composición de edad y CPUE de la pesquería correspondiente a cerca de 20 años, y diez años de datos de cruceros acústicos. Los datos sobre composición de edad de la pesquería y del crucero acústico muestran una señal contradictoria con relación a la condición del stock, donde los datos del crucero acústico muestran un fuerte descenso, y los datos de composición de edad indican un amplio rango de estructuras de edad. La evaluación consiste en una evaluación estructurada a la edad”*.

Por lo tanto y en base a los antecedentes revisados esta pesquería fue clasificada como Tier:1b

4.1.2. Actualización de antecedentes y datos

a) Desembarques y cuotas

La Ley General de Pesca y Acuicultura posee numerosas formas de regular las pesquerías, y dentro de estas se encuentran las cuotas. Las cuotas restringen los niveles de desembarque, permiten regular el esfuerzo y la mortalidad por pesca y propender a la conservación de los recursos y a la sustentabilidad de la pesquería. Dichas cuotas se sustentan en la estimación de la captura biológicamente aceptable, que responde a criterios biológicos y pesqueros relativos a la dinámica de los excedentes productivos sobre la base de estrategias de explotación y manejo definidas. De lo anterior, el actual marco de administración del recurso establece la necesidad de definir para su administración cuotas anuales de captura, las que deben estar técnicamente respaldadas, mediante estudios anuales del Estatus y de las posibilidades de explotación biológicamente sustentables. Es así como mediante D.S. (MINECON) N° 538 del año 2000 se declaró el régimen de plena explotación la unidad de pesquería de merluza de tres aletas, y a partir del año 2001 a la fecha las

cuotas de pesca han variado en torno a valores entre las 14 y 28 mil toneladas. Para los años 2023 y 2024 la cuota establecida fue de 5667 toneladas globales para la unidad de pesquería comprendida desde el paralelo 41°28',6 L.S. al Sur. Los registros oficiales de desembarques de merluza de tres aletas informan de la ocurrencia de este recurso desde el año 1978, y entre este año y el 1992 se considera un periodo de capturas producto de la actividad extractiva dirigida a otros recursos. El año 1993, y como efecto de las prospecciones de investigación para el desarrollo de una pesquería dirigida a la captura de merluza de tres aletas, se desembarcaron en torno a las 27 mil toneladas. Para el periodo previo a la regulación de los límites máximos de captura (1995-1999), se registró un promedio de desembarques de 31 mil toneladas, con un máximo histórico registrado el año 1998, con un nivel aproximado de captura de 41 mil toneladas. Con posterioridad a este año, los desembarques se reducen considerablemente, no alcanzando los niveles de captura permitidos desde el año 2009 a la fecha. Cabe destacar, que entre los años 2014 al 2018, las cuotas se reducen bajo las 14.4 mil toneladas, las cuales tampoco son completadas por la industria pesquera. Finalmente, los desembarques oficiales para los años 2022 y 2023 fueron de 3297 y 2683 toneladas (**Figura 4**).

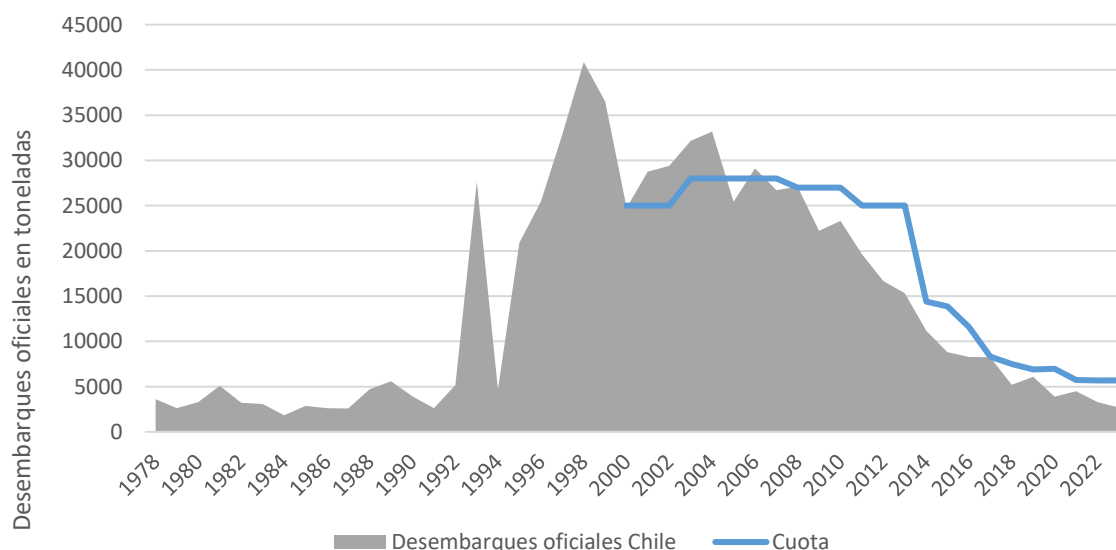


Figura 4 Cuotas (línea) y desembarque oficial (área) de merluza de tres aletas en aguas nacionales, serie 1978-2023.

Es importante considerar que la cuota de captura en Chile se basa en la recomendación de captura biológicamente aceptable para las capturas en Chile y en Argentina al sur de los 54°S, por lo que las relaciones entre las cuotas y los desembarques no son completamente comparables.

Al observar la **Figura 5**, es posible apreciar que las capturas de merluza de tres aletas se caracterizan principalmente por presentar una mayor participación de los buques fábrica en aguas nacionales. En

este sentido, se puede observar que los buques fábrica presentan una participación promedio histórica en los desembarques del cercana al 94% total de las capturas de este recurso (desde el año 1978), con excepción de lo observado los años 1985-1987 donde se reportan capturas de la flota artesanal, y lo observado entre los años 1997-2008 producto de la actividad en aguas internacionales. La flota hielera en tanto, presenta desembarques de menor importancia, los cuales no superan las 15000 toneladas como máximo histórico (1998), y que solo entre los años 2011 y 2013 han presentado capturas 1.3 y 1.1 mil toneladas. En el año 2020 las remociones de la flota hielera fueron 181 toneladas, y los buques fabrica alcanzaron las 3.719 mil toneladas. En 2022, la flota industrial hielera obtuvo un desembarque de 74.5 toneladas y la industrial fábrica de 3222 toneladas. Para el año 2023 el desembarque fue de 2683 toneladas.

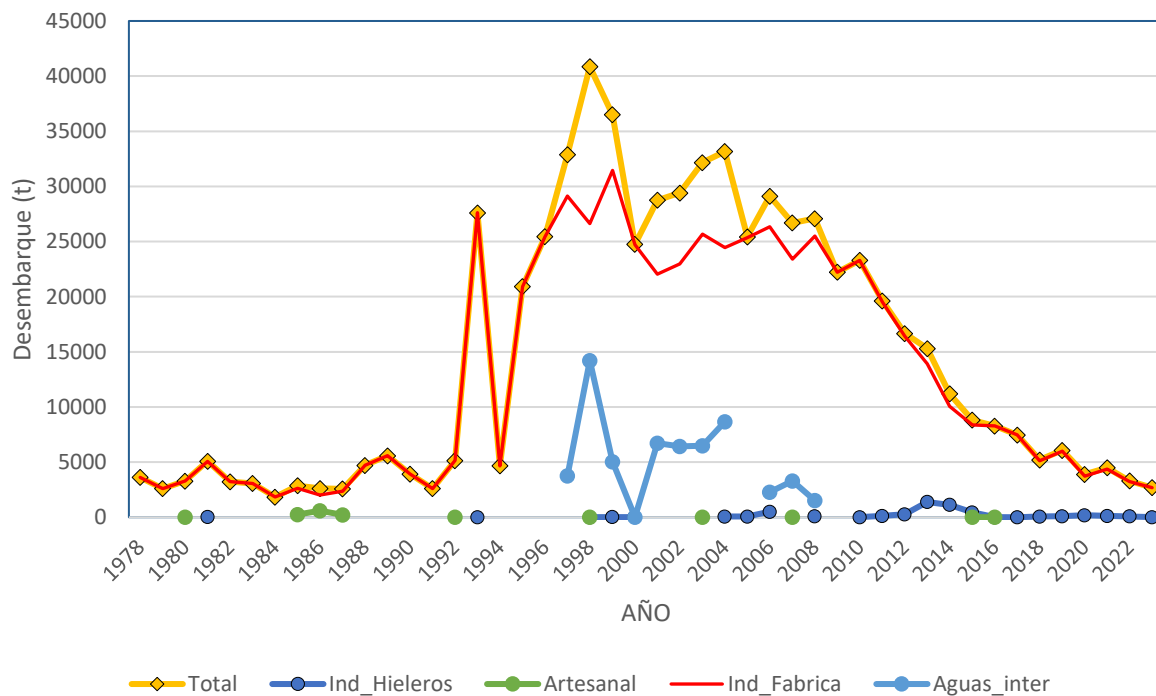


Figura 5 Desembarque oficial de merluza de tres aletas por flota, periodo 1978-2023.

b) Descarte

La **Figura 6**, presenta las series de captura obtenidas mediante la ponderación de los desembarques oficiales y los factores de corrección disponibles. En este contexto, se cuenta con información de descarte y subreporte de Céspedes y Adasme (2007), quienes construyen un factor de descarte-subreporte (razón) para la flota arrastrera fabrica congelador y surimera entre los años 2001 y 2007.

De igual forma el programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental, genera la minuta técnica: *“Estimaciones preliminares de Descarte para los recursos Merluza de Cola, Merluza del Sur, Merluza de tres aletas y Congrio Dorado para las flotas arrastreras fábrica y hieleras que operan en la zona Centro-sur y Sur Austral”*, la cual genera información para el periodo 2015 y 2023. Utilizando estos factores de corrección de las cifras oficiales de desembarque de merluza de tres aletas, se calcularon los vectores corregidos de la serie disponible entre los años 1978-2023. En este sentido cabe señalar que del proyecto de Céspedes y Adasme (2007), se utiliza el factor promedio resultante para la flota surimera ($fc=1.103$); y del programa de investigación del descarte se desprende un factor de corrección promedio de 1.1809 (para el periodo 2015-2023). Este cálculo permitirá realizar los casos relacionados con cambios en el vector de desembarques (si corresponde), asumiendo diferencias en las capturas oficiales del país. Sin embargo, el Comité Científico Técnico, desestimó realizar estos casos para el 2023.

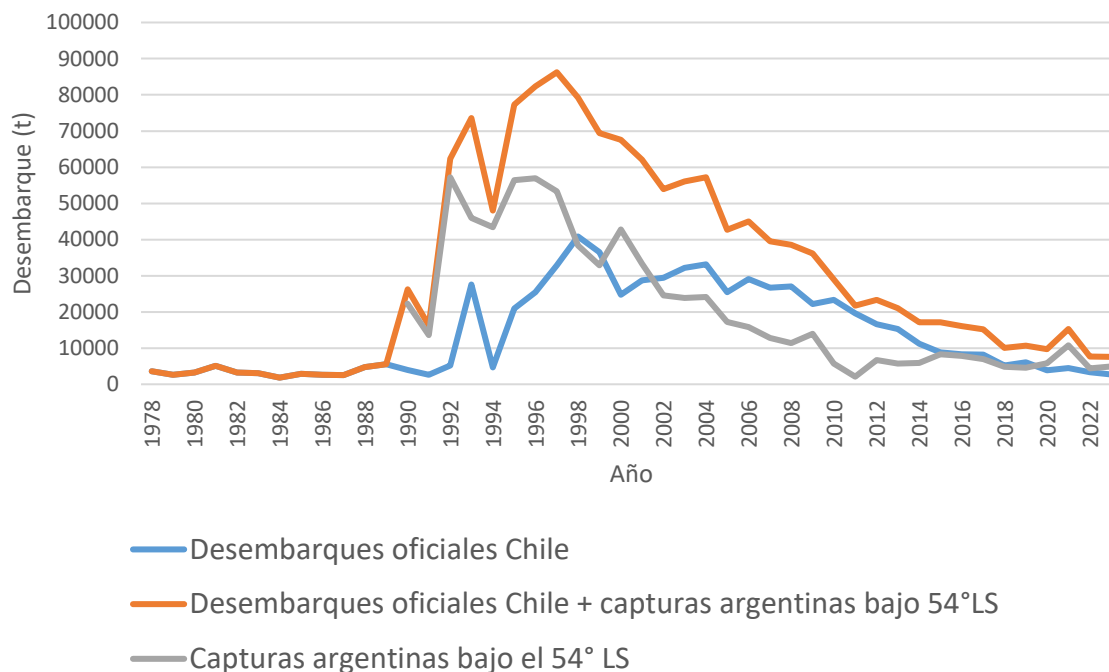


Figura 6 Capturas de Merluza de tres aletas en aguas nacionales, periodo 1978-2023.

c) Condición de los desembarques en Argentina

Siguiendo las recomendaciones surgidas en la revisión por pares (Francis, 2013), donde se comentó que una de las principales fuentes de incertidumbre en la evaluación de stock, podría reducirse más si se sabe acerca de las capturas extranjeras de la población chilena de merluza de tres aletas (distribución espacial y temporal o estructura de talla/edad), información que sería muy útil para generar hipótesis acerca de qué proporción de esa captura podría ser de merluza tres aletas (chilena), y cómo esa proporción ha cambiado con el tiempo; se incluye analizar la información disponible de la condición conocida de la pesquería y el stock en aguas trasandinas. En este sentido, se intenta con la ayuda del convenio de cooperación entre INIDEP e IFOP, aumentar el conocimiento de la actividad pesquera de la flota trasandina, profundizando sobre la operación espacial de la actividad pesquera. Se utilizó, la información de capturas argentinas y chilenas, para analizar distintas hipótesis sobre los niveles de remoción que han sido capturadas del recurso nacional.

En relación con lo anterior, la **Figura 7** muestra los desembarques oficiales de merluza de tres aletas declaradas por el Ministerio de Agroindustria de Argentina, desde el año 1980 al 2023. Esta serie se caracteriza por presentar un periodo de crecimiento en las capturas de la flota trasandina entre los años 1989 al año 1993, con un nivel máximo observado el año 1993 con más de 120 mil toneladas. Desde este año se registra una reducción sostenida que alcanza un mínimo el año 2011, con 3,5 mil toneladas, y desde este año a la fecha los desembarques han presentado un leve incremento, que permiten obtener un promedio por sobre las 11 mil toneladas anuales. Finalmente, la captura en el año 2022 fue de 12095 toneladas. Históricamente, las capturas bajo los 54°L.S. han fluctuado en torno al 60% de la captura total.

Por otro lado, es importante conocer las capturas del stock que desova en el océano Atlántico y que migra al área las islas Malvinas-Falkland Islands (Falkland Islands Government, 2023), y su relación con las capturas totales en el Atlántico y las obtenidas al sur de los 54°S (**Figura 8**). Las tres series muestran una tendencia decreciente importante hasta el 2010, luego tienden a estabilizarse. Hasta el 2010 las participaciones de las Malvinas-Falkland y del área al sur de los 53°S en el total del Atlántico fueron similares (30%-60%), pero desde el 2011 la participación de las Malvinas-Falkland disminuyó notablemente (20%-<1%). Finalmente, desde el año 2011 las capturas no superan las 6 mil toneladas, en el año 2022, las capturas alcanzaron las 273 toneladas y para 2023 la captura se reduce a 51 toneladas.

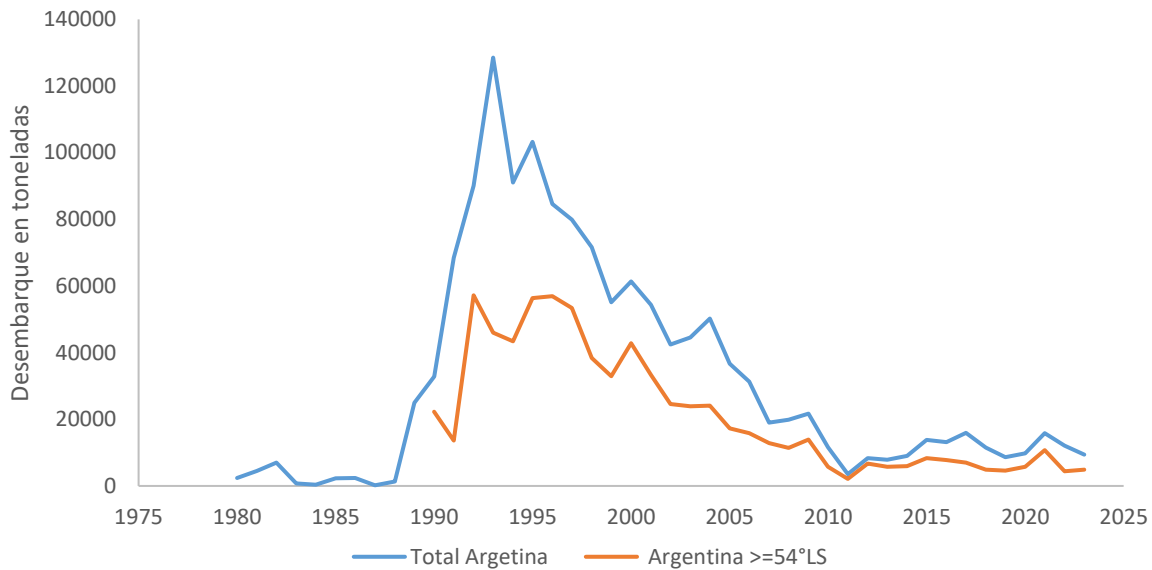


Figura 7 Desembarque oficial de polaca (Merluza de tres aletas), periodo 1980-2023 en Argentina (fuente: <http://www.fig.gov.fk/fisheries/publications/fishery-statistics>) y capturas desde los 54°S en Argentina (fuente: Convenio de colaboraci3n Científica INIDEP-IFOP).

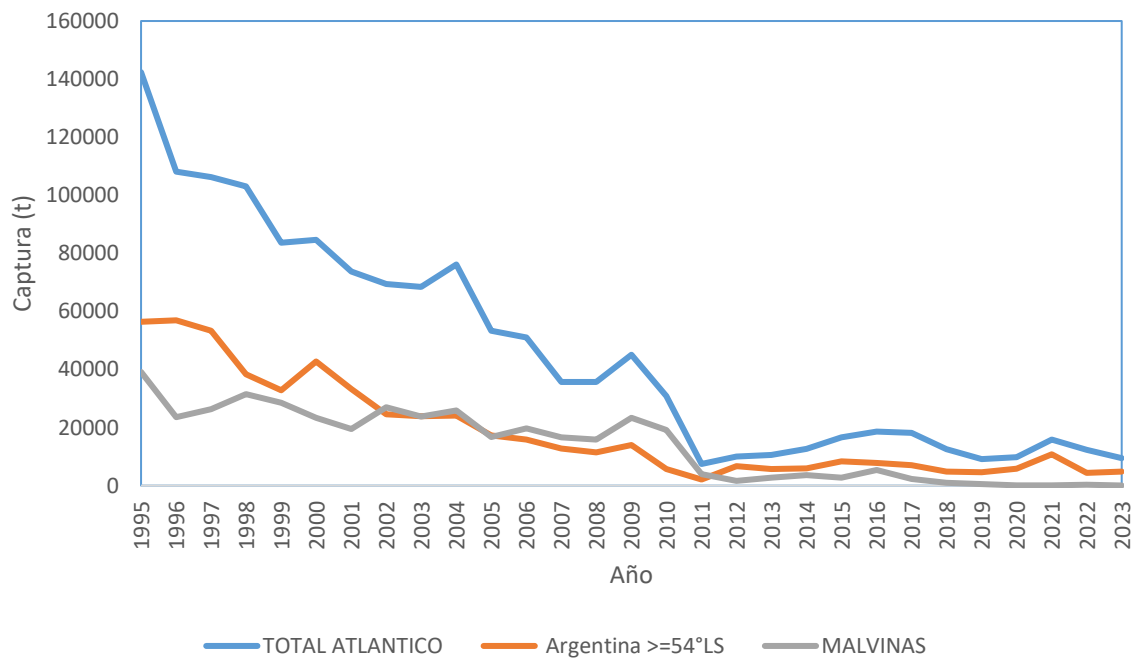


Figura 8 Desembarque oficial de Merluza de tres aletas en el total del océano atlántico, bajo el 54°S, y en las Islas Malvinas-Falkland Island, periodo 1995-2023. (fuente: <http://www.fig.gov.fk/fisheries/publications/fishery-statistics>).

La **Figura 9**, presenta las capturas a nivel mensual declarado por las Islas Malvinas, donde destaca la marcada temporalidad de las remociones de merluza de tres aletas. En este sentido, y en los m1s de 25 a1os de informaci3n disponibles, el patr3n de explotaci3n confirma que en t3rminos porcentuales los principales meses de actividad (con altos niveles de captura) corresponden al trimestre enero-marzo y septiembre-diciembre (juntos representan el 93% de las capturas totales). Sin embargo, durante los 3ltimos a1os estos meses se reducen considerablemente, para el a1o 2023 se obtienen los mayores puntos de actividad en abril y septiembre.

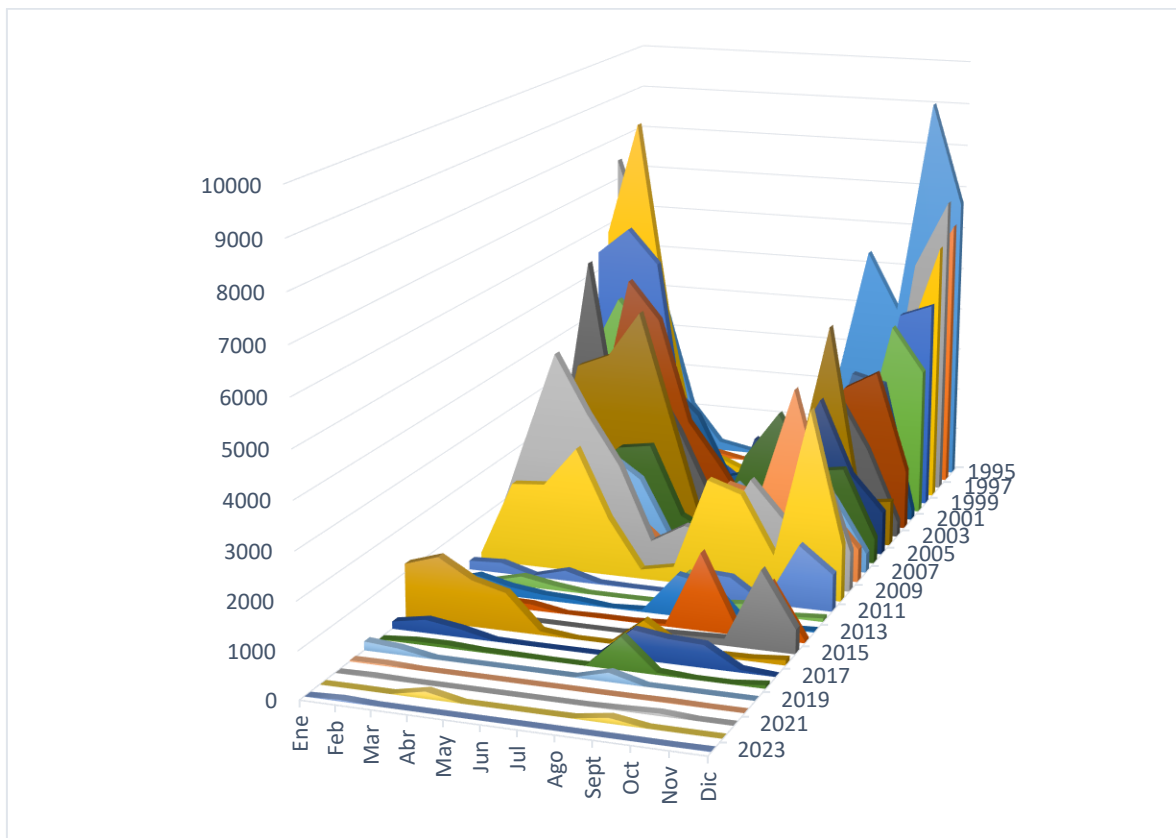


Figura 9 Capturas (toneladas) a nivel mensual de Merluza de tres aletas en Falkland Island, periodo 1996-2023 (fuente: <https://www.falklands.gov.fk/fisheries/publications/fishery-statistics>).

La **Figura 10**, presenta la captura por flota internacional, que opera en aguas del Atl1ntico, y declaradas por el Departamento de Pesquer1as de las Islas Falkland. En este gr1fico, se presentan aquellas flotas que han capturado en mayor proporci3n merluza de tres aletas entre los a1os 1996 y 2018, donde destacan las capturas registradas por las flotas de Jap3n, Chile, Espa1a, Reino Unido e Islas Falkland. En t3rminos porcentuales las flotas que m1s captura han reportado en aguas de las Islas Falkland, corresponden a Jap3n (49.5%), Espa1a (19.3%), Chile (18.4%) y las Falkland Islands

(10.9%). Desde el 2009 la flota chilena no pesca en esta área, excepto en el 2014 cuando pescó 1115 toneladas. En el 2022 y 2023 solo pescaron las flotas españolas y de las Falkland Islands con 2 y 271 toneladas respectivamente en 2022 y 13 y 38 toneladas en 2023.

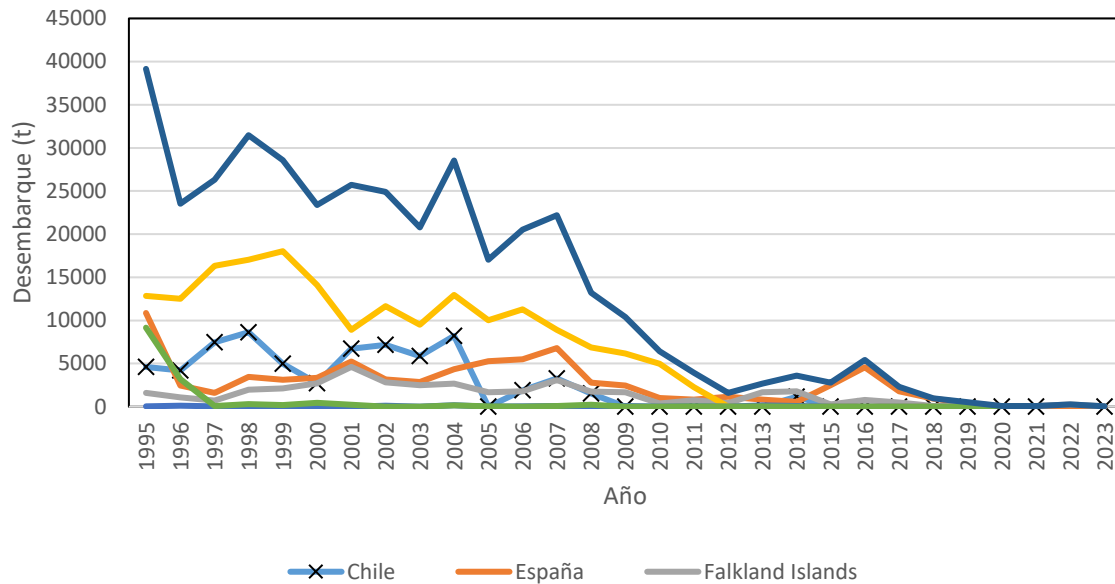


Figura 10 Capturas oficiales de Merluza de tres aletas en Malvinas/Falkland Island periodo 1995-2023.

La **Figura 11**, muestra las capturas reportadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para las remociones realizadas tanto en la zona del Pacífico sudoriental y la del Atlántico sudoccidental, destacando las capturas realizadas por las principales flotas sobre Merluza de tres aletas. Esta grafica presenta los altos niveles de capturas realizados por la flota de Polonia y la flota de Argentina en la serie histórica 1975-2023, las que en conjunto representan un 60% del total de las capturas. Además, cabe señalar que las capturas realizadas por la flota polaca alcanzaron un máximo el año 1983 con 233 mil toneladas, y para la flota argentina el nivel de remoción máxima se alcanza el año 1993, con 128 mil toneladas.

En tercer orden de capturas aparece Chile, con capturas realizadas en ambos océanos, y cuyas capturas representan el 16.7% de las remociones realizadas en el cono sur de América. Finalmente, cabe señalar que las capturas realizadas por las flotas de Japón, España, Federación Rusa, Bulgaria y de las Islas Malvinas, no sobrepasan en conjunto una participación del 14.4% del total de remociones del recurso. Para el año 2022, las flotas de Republica de Korea, Islas Malvinas (Falkland Islands) y España son las únicas con captura, con 35, 271 y 1 toneladas respectivamente.

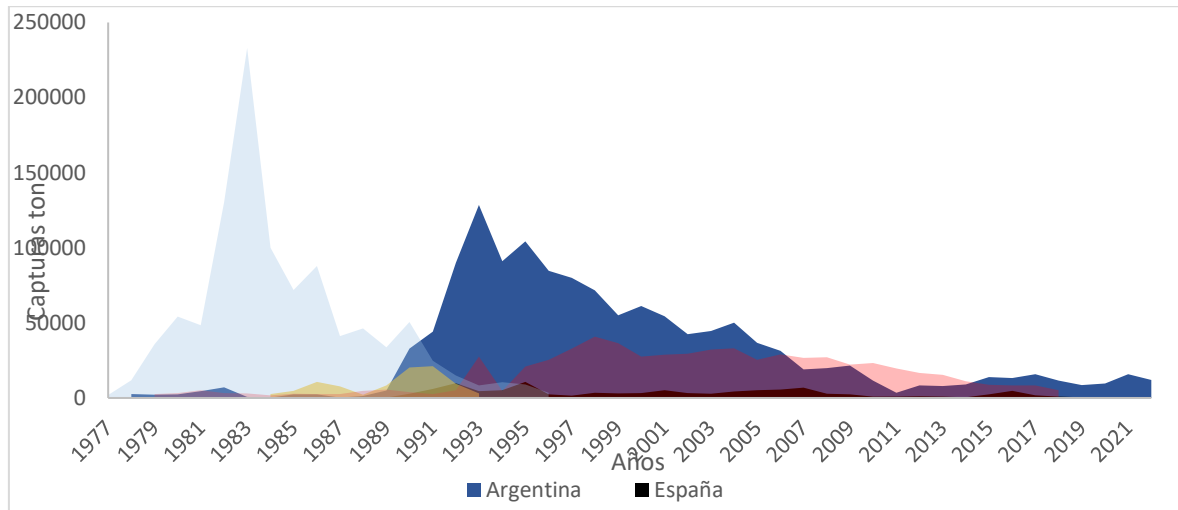


Figura 11 Capturas de Merluza de tres aletas en el cono sur de América (Pacífico sudoriental y Atlántico sudoccidental), periodo 1977-2022 (fuente: FAO, Fisheries and aquaculture software.)

Para poder incluir un escenario de captura de la flota argentina bajo los 54°L.S. en la temporada 2024, se supuso que su valor será el mismo que en el año 2023 (**Tabla 6**).

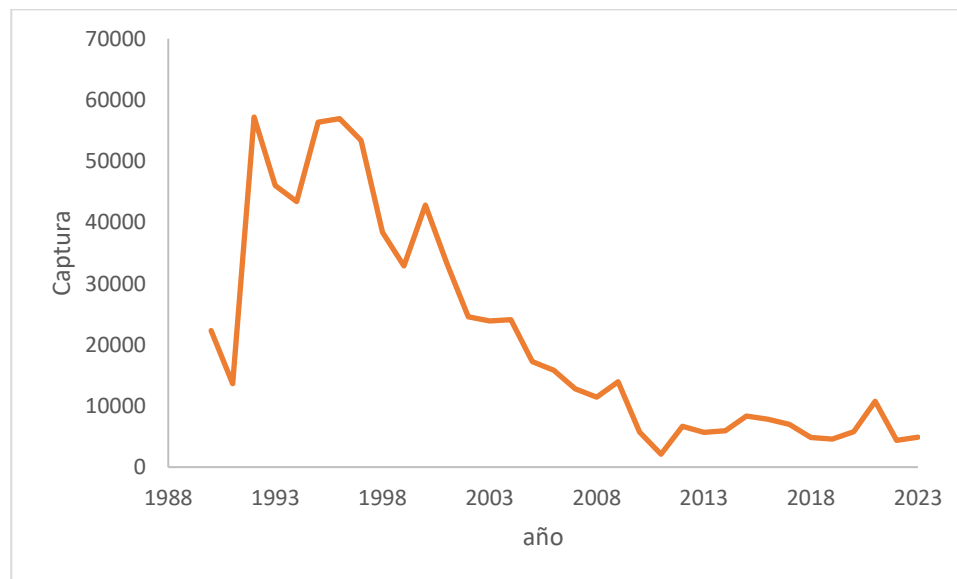


Figura 12 Captura de Merluza de tres aletas en océano Atlántico bajo el 54°L.S periodo 1990-2023.

La **Tabla 6** presenta las series de captura utilizadas en la determinación del estado poblacional de merluza de tres aletas, mediante el uso de información que adicionada a los desembarques nacionales las capturas argentinas bajo los 54° L.S. adicionalmente se incluyen a solicitud del revisor nacional, los vectores que corrigen la información de desembarques nacionales mediante la ponderación de factores de corrección derivados de los proyectos que estudian el descarte en la pesquería de merluza de tres aletas, y de los cuales ya se hizo mención en la sección relativa al descarte.

d) Estructura de tamaños

La **Figura 13**, presenta las estructuras de tamaño de la flota comercial que captura merluza de tres aletas (para el periodo 1997-2023), la cual ha sido presentada en un rango entre los 20 y 70 cm. Las estructuras de longitud fueron analizadas por año, revisando la evolución de las estructuras en el tiempo, lo que hace posible seguir las modas a través de los años, debido a la existencia de una marcada progresión anual de las estructuras de tamaños. Por otro lado, en el año 2017 se observa una estructura unimodal con una moda en los 41 cm. En el mismo sentido, se destaca el ingreso de un grupo modal en los 30 cm, lo que representaría una entrada de reclutas a la pesquería del cual ya se veían indicios en la estructura del año 2012, y que en el año 2018 correspondería a la moda en torno a los 43-44 cm. En el año 2019 en tanto, se aprecia una moda principal en los 41, con una progresión anual, entre 43 y 45 cm, antes comentada. En el 2020, la distribución de las frecuencias de tallas fue más plana que en el 2019, sin presentar una moda destaca que pueda ser asociada con alguna clase anual, además el rango de tallas fue similar al del 2019. Para el 2022 la estructura de longitudes es similar a la observada en 2021 y en 2023 se observa una disminución aun mayor de ejemplares mayores a 50 centímetros.

Tabla 7 Desembarques nacionales (oficiales), corregidos de acuerdo con los dos proyectos de descarte (PD), capturas argentinas bajo la posición 54°LS. y la adición de esta a la estadística oficial nacional. (* = desembarque chileno en 2024 = cuota de captura 2024; captura argentina 2024 = capturas 2023).

Ano	Desembarques oficiales Chile	Desembarques oficiales Chile corregidos por el PD (2015-2021)	Desembarques oficiales Chile corregidos por el PD (2001-2007)	Capturas argentinas bajo el 54° LS	Desembarques oficiales Chile + capturas argentinas bajo 54°LS
1978	3621	4276	3995		3621
1979	2602	3072	2870		2602
1980	3288	3883	3628		3288
1981	5088	6009	5614		5088
1982	3231	3816	3565		3231
1983	3067	3622	3384		3067
1984	1839	2172	2029		1839
1985	2871	3390	3168		2871
1986	2611	3083	2881		2611
1987	2573	3039	2839		2573
1988	4710	5562	5197		4710
1989	5578	6587	6154		5578
1990	3931	4642	4337	22286	26217
1991	2609	3081	2879	13635	16244
1992	5149	6081	5681	57199	62348
1993	27607	32602	30460	45988	73595
1994	4664	5508	5146	43379	48043
1995	20917	24702	23078	56385	77302
1996	25445	30049	28074	56931	82376
1997	32875	38823	36272	53365	86240
1998	40857	48249	45079	38379	79236
1999	36506	43111	40278	32887	69393
2000	24756	29235	27314	42801	67557
2001	28755	33958	31726	33307	62062
2002	29409	34730	32448	24558	53967
2003	32166	37986	35490	23887	56053
2004	33169	39170	36596	24084	57253
2005	25425	30025	28052	17249	42674
2006	29115	34383	32124	15850	44965
2007	26701	31532	29460	12805	39506
2008	27086	31987	29885	11429	38515
2009	22221	26242	24517	13954	36175
2010	23298	27513	25705	5714	29012
2011	19629	23180	21657	2107	21736
2012	16649	19661	18369	6684	23333
2013	15304	2377	2221	5702	21006
2014	11191	2378	2222	5926	17117
2015	8809	2380	2223	8332	17141
2016	8269	2381	2224	7806	16075
2017	8233	2382	2225	6993	15226
2018	5199	2383	2227	4838	10037
2019	6075	2384	2228	4572	10647
2020	3899	2385	2229	5773	9672
2021	4494	2387	2230	10775	15269
2022	3297	2388	2231	4370	7667
2023	2683	3168	2960	4889	7572
2024*	5667			4889	10556

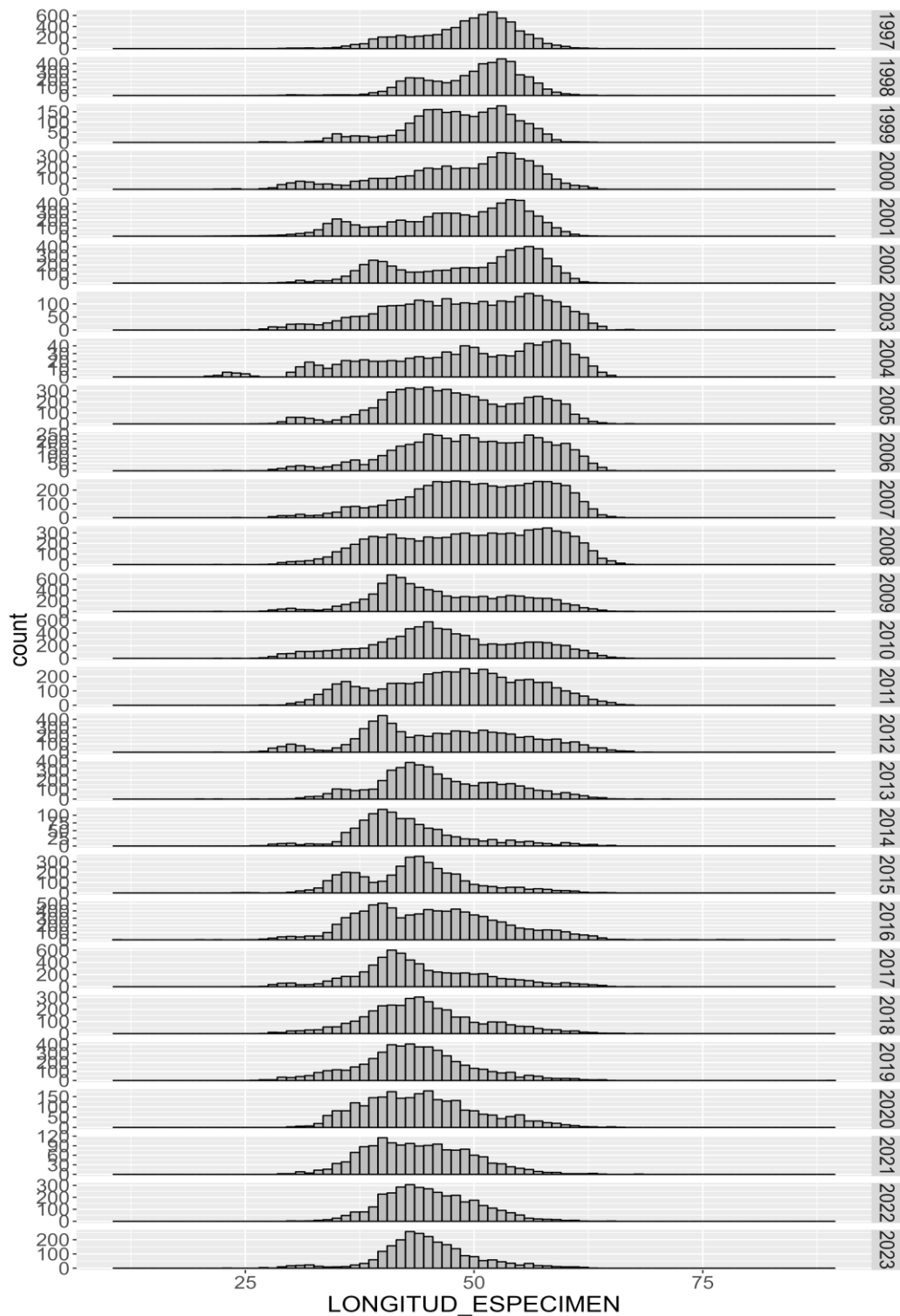


Figura 13

Estructura de longitudes anuales en Chile, periodo 1997-2023.

La **Figura 14** presenta una prueba para comparar las estructuras de longitud observadas en la pesquería de merluza de tres aletas, mediante la utilizaci3n del paquete ggstatsplot (Indrajeet, 2018). Así, y mediante la utilizaci3n de un gráfico de violín se presenta una descripci3n de las tallas del recurso, permitiendo visualizar la distribuci3n y densidad de probabilidad de las observaciones contenidas en los muestreos desarrollados por el programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas en su secci3n Pesquería Demersal Sur Austral Industrial.

Este gráfico de violín es una combinaci3n de un diagrama de cajas y bigotes y un diagrama de densidad girado y colocado a cada lado, para mostrar la forma de distribuci3n de los datos. La caja en el centro representa el intervalo Inter cuartil, la barra negra fina que se extiende desde ella, representa el 95 % de los intervalos de confianza, y el punto rojo es la mediana. Sobre el gráfico se presenta la prueba con el intervalo de confianza para la comparaci3n de las longitudes entre ańos, mostrando la variaci3n natural de una pesquería con una importante dinámica de cohortes, y donde apreciamos la variaci3n de las longitudes promedio hasta el ańo 2008, con una media que superaba los 47 cm, en comparaci3n con longitudes caracterizadas por presentar un nivel medio en torno a los 45 en el ańo 2023.

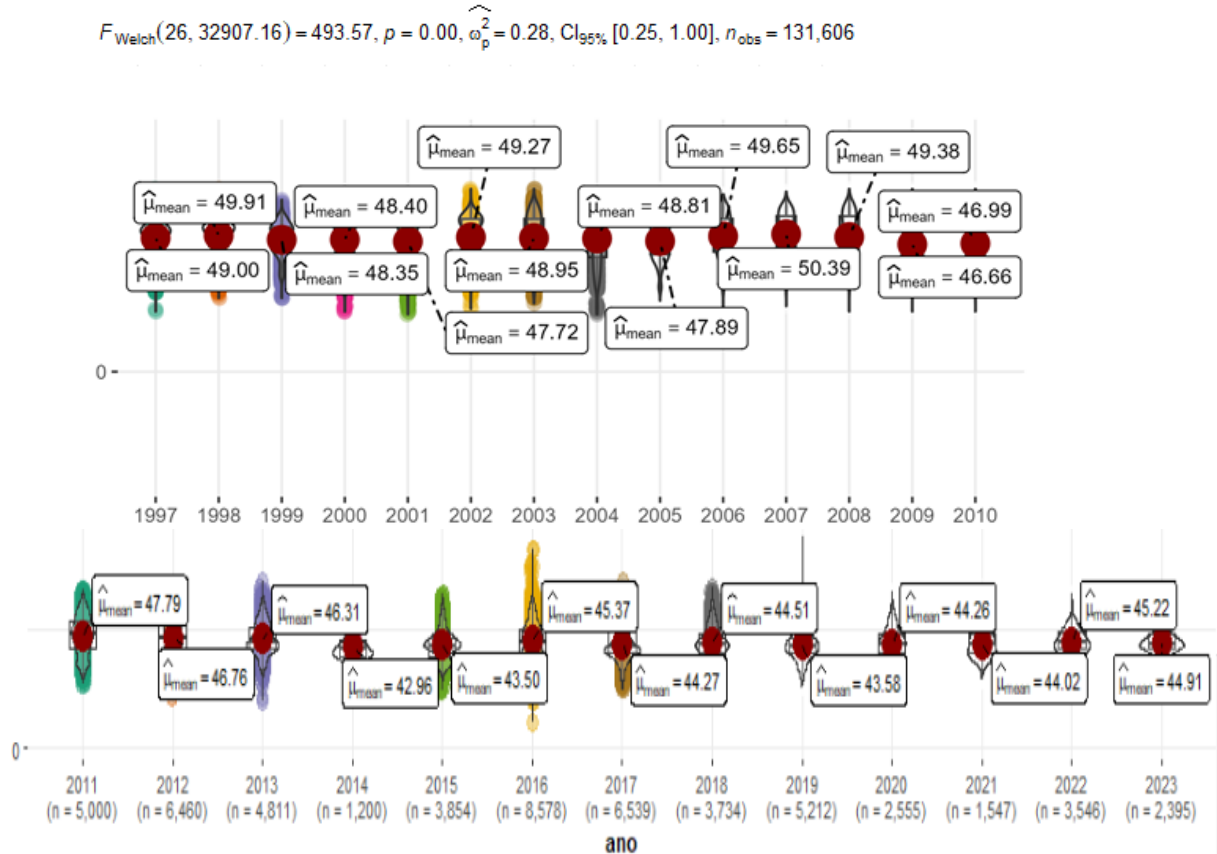


Figura 14 Estructura de longitudes anuales en Chile, periodo 1997-2023.

La **Figura 15**, presenta las estructuras de longitud mensuales analizados por sexo, en esta se puede apreciar que la entrada del contingente reproductivo generaba un aporte en tamaño, que queda presentado en las variaciones del grafico boxplot a través del año. En esta figura se aprecia que entre los meses de junio hasta noviembre la estructura promedio se incrementa positivamente en términos de tendencia. Lo anterior queda claramente de manifiesto en ambos sexos, sin embargo, se ve un aporte de mayor cuantía en las hembras; las cuales alcanzan tamaños (mediana) por sobre los 50 cm.

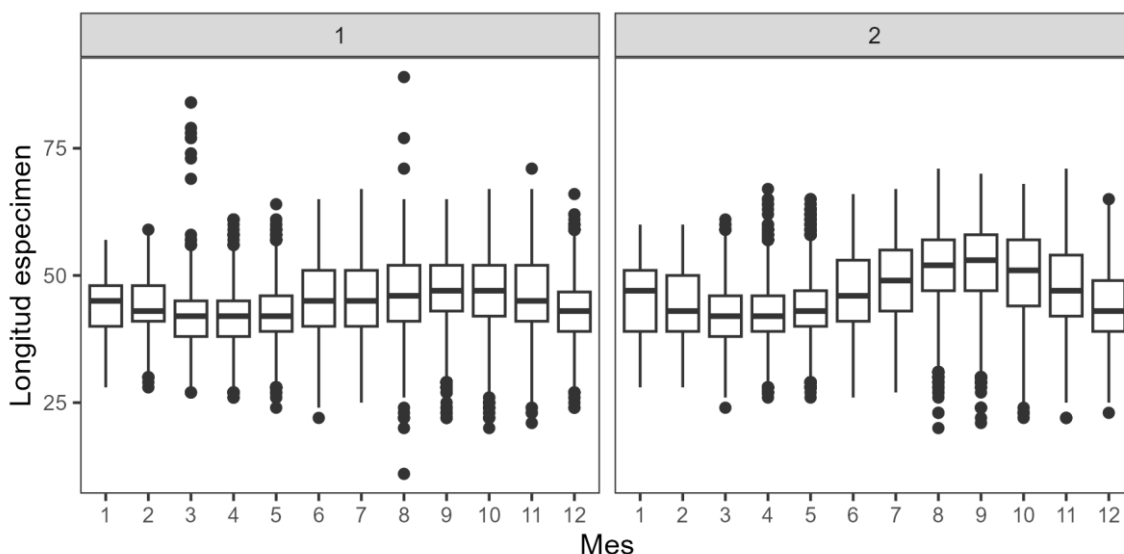


Figura 15 Estructura de longitudes mensuales por sexo en Chile, periodo 1997-2023 (machos=1 y hembras=2).

La **Figura 16**, muestra las longitudes por sexo obtenidas desde muestreos de la flota comercial que captura merluza de tres aletas, en donde destaca que en promedio los machos, para la serie histórica analizada, tienen un menor tamaño promedio que las hembras. En este sentido, los machos presentan una longitud promedio de 45.52 cm contra los 48.95 presentados por las hembras.

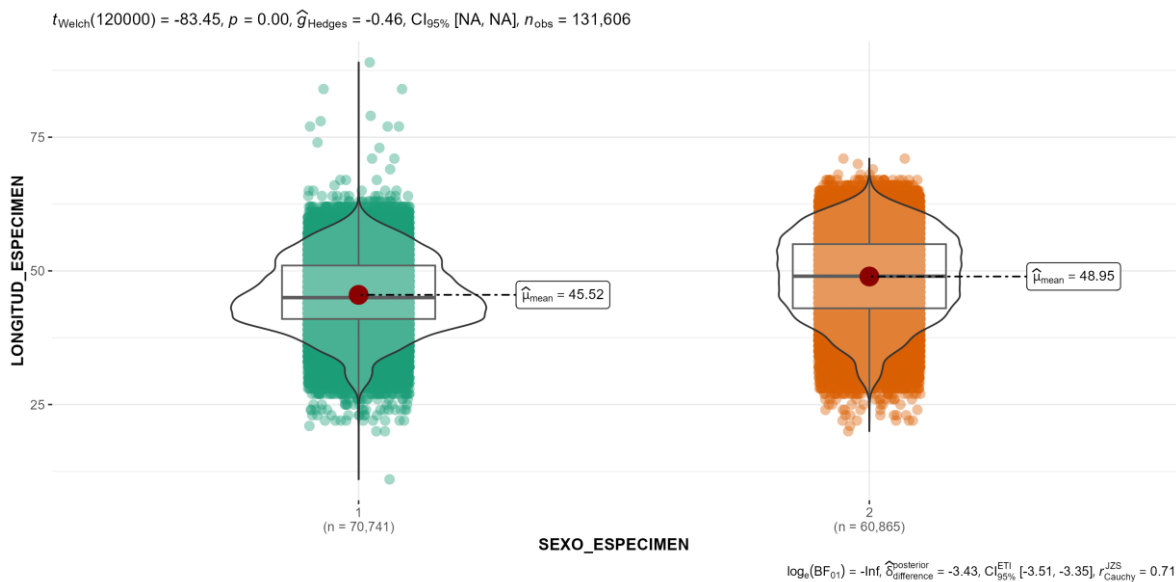


Figura 16 Estructura de longitudes anuales por sexo en Chile, periodo 1997-2023 (Machos =1, Hembras =2).

Adicionalmente, las **Figura 17 y 18**, presentan la estructura de tamaños por año y mes, caracterizada por presentar para gran parte de los años analizados una estructura caracterizada por presentar menor tamaño hasta el mes de junio, la que es complementada por una estructura de tamaños de mayor tamaño que se considera ingresa a aguas nacionales con fines reproductivos. Esta estructura de individuos de mayor tamaño (> 45 cm), se ha visto debilitada a partir del año 2013, donde se aprecia que el contingente que ingresó entre junio y agosto no presentó diferencias significativas en su composición de tamaños con la estructura de tamaños observada entre enero a mayo. La escasa presencia de peces de longitudes >50 cm, se mantuvo en los años 2021 y 2023.

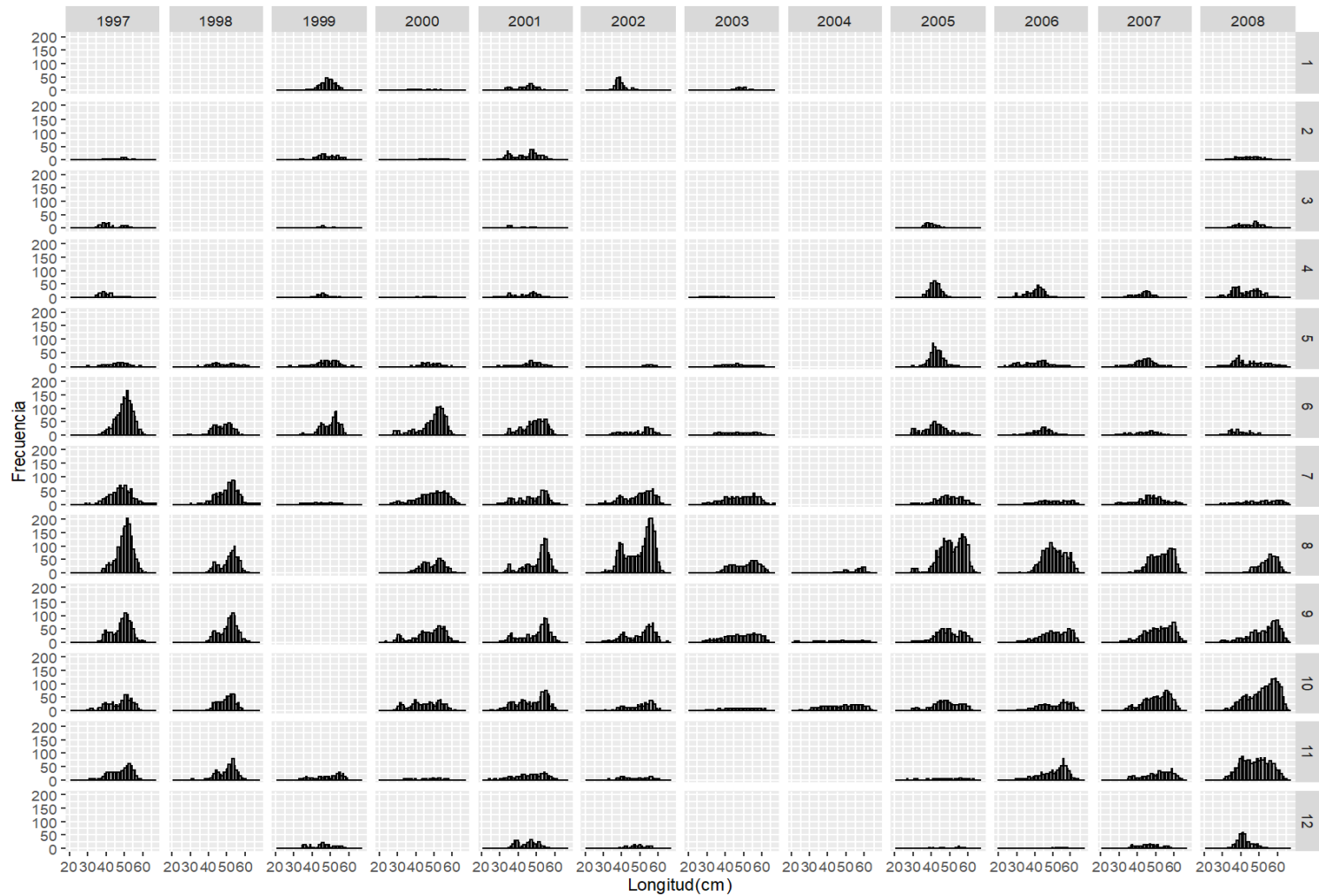


Figura 17 Estructura de longitudes de merluza de tres aletas por mes en Chile, periodo 1997-2008.

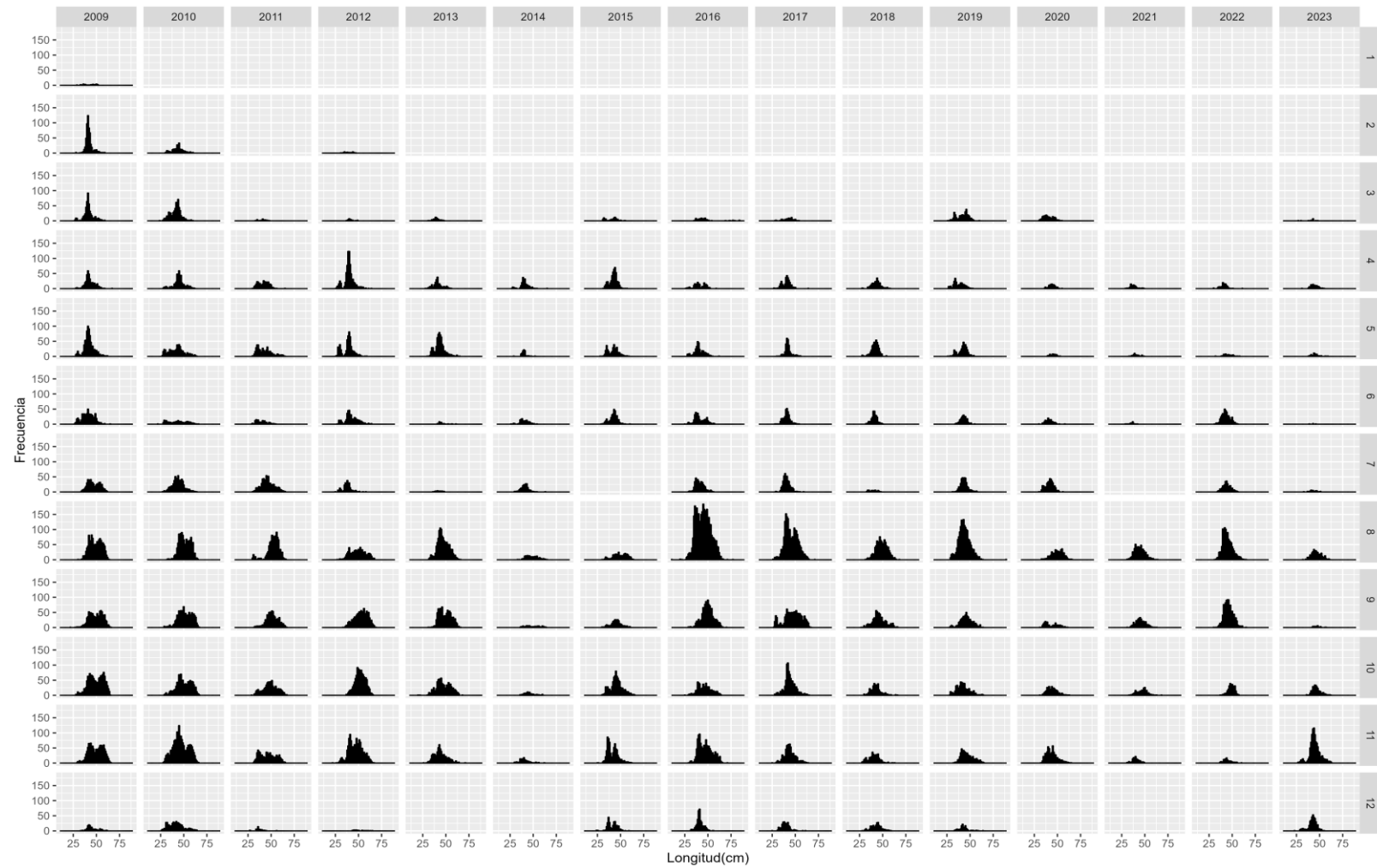


Figura 18 Estructura de longitudes de merluza de tres aletas por mes en Chile, periodo 2009-2023.

La **Figura 19** presenta la frecuencia porcentual de hembras, machos, y juveniles, reportada por el Departamento de Pesquerías del Gobierno de la Islas Falkland, para los años 2019-2023. Esta figura se incorpora en el estudio con el objetivo de poner en conocimiento la composici3n de longitudes del Atlántico, donde podemos apreciar un rango de tamaños entre 8 a 69 cm. Cabe señalar que longitudes de tamaño bajo los 20 cm de longitud total (LT) es muy raro encontrarlas en aguas chilenas, salvo los años 1996 y 2000 donde se observaron individuos de una clase igual a 16 cm de LT, sin embargo, esta estructura fue de baja importancia por solo represent3 un 0.02% de la frecuencia total.

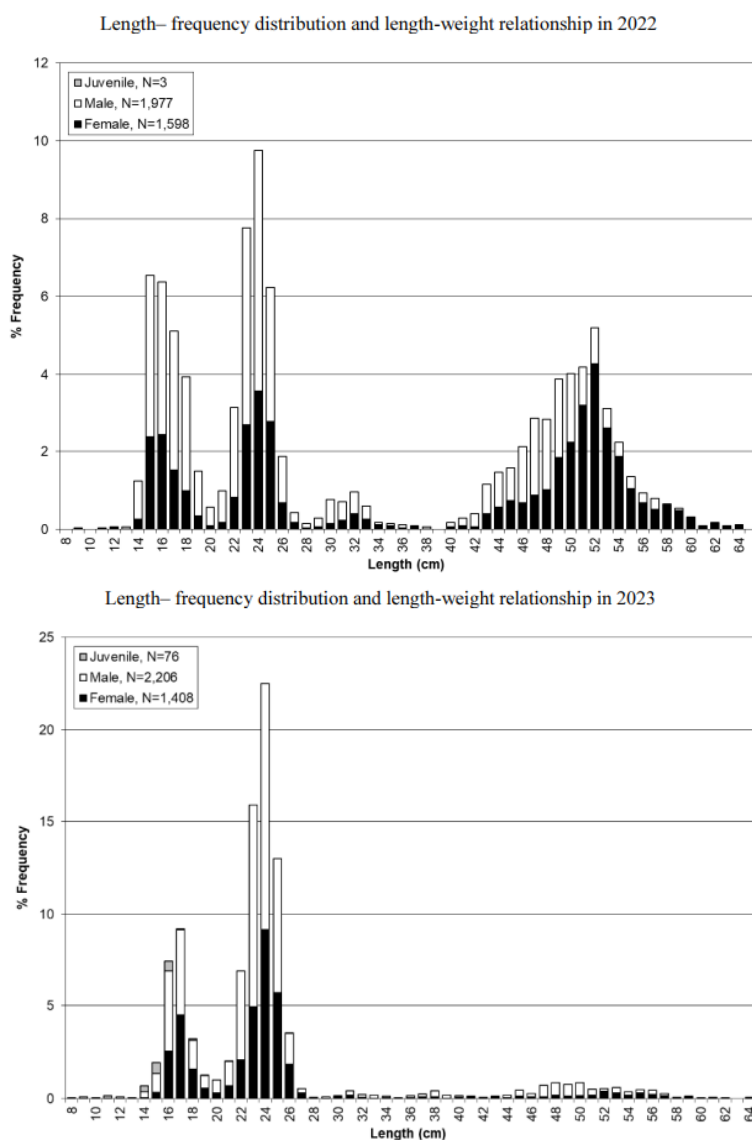


Figura 19 Estructura de longitudes de Merluza de tres aletas en Malvinas/Falkland Island en 2022 (panel superior) y 2023 (panel inferior) (fuente: <http://www.fig.gov.fk/fisheries/>).

En relación con la estructura en las Malvinas-Falkland en 2019, esta se caracterizó por presentar una estructura de juveniles con un rango entre los 13 y 18 cm de LT, y una moda principal en los 17 cm. Las hembras en tanto presentaron una estructura con un rango de tamaños entre los 16 y 69 cm de LT, con una moda principal en los 37 cm, y varias modas secundarias a los 23, 32 y 49 cm. En el caso de los machos se aprecia una estructura con un rango de tamaños entre los 16 y 59 cm de longitud total. Al igual que para las hembras, los machos presentan una estructura polimodal, con modas en los 23 y 46 cm; presentando una moda principal en los 31 cm de LT. En el 2020 la estructura es diferente a la del 2019, con un menor número de modas intermedias y con tres modas principales, en los 17, 34 y 49 cm. Esta variabilidad entre años puede estar relacionada con el tamaño de muestra, el cual no superó los 1300 ejemplares por año. En el 2021 la estructura es similar a la de 2020, con un menor número de modas intermedias y con dos modas principales en los 24 y 49 cm. Para el año 2022, las hembras presentaron una estructura con un rango de tamaños entre los 9 y 64 cm de LT, con una moda principal en los 52 cm, y dos modas secundarias a los 16 y 25 cm; se observa además un aumento en la frecuencia de hembras mayores a 45 cm. Para el año 2023, las estructuras tanto de machos como de hembras se ven reducidas con dos modas entre los 16 y 24 centímetros y una mínima presencia de ejemplares entre los 52-54 centímetros. En todo caso, la información de estructuras de tamaños que proporciona las Falkland Island (Falkland Islands Government, 2017-2006), permite complementar que las estructuras de longitudes bajo los 20 cm aparecen de manera importante desde el año 2011, y desde el año 2014 se posiciona como una proporción fundamental para la estructura de merluza de tres aletas en aguas trasandinas.

e) Estructura de edades

La estructura de edad en la pesquería de merluza de tres aletas en Chile destaca por presentar ejemplares mayores a los 18 años desde el año 1997. Es precisamente en este año, cuando se observa un incremento de individuos por sobre esta edad, alcanzando una edad máxima de los 24 años (utilizado como grupo plus en el modelo de evaluación de stock) desde el año 2001 hasta el año 2018. Cabe señalar que las estructuras de edad en años anteriores al año 1997, si bien presentaron individuos mayores a los 18 años en las estructuras de edad, estas eran de baja cuantía por lo que eran acumuladas al grupo plus (18+). Lo anterior estaría relacionado a qué la pesquería no estaba dirigida a la captura de merluza de tres aletas sino hasta el año 1995, capturando merluza de tres aletas como parte de la actividad extractiva de otros recursos objetivos. Sobre este mismo punto Payá y Montecinos (2005), destacan la escasa presencia de ejemplares maduros en el inicio de la matriz de clases anuales, lo cual podría estar explicado por el arte de pesca utilizado, ya que solo a partir de 1993 las capturas fueron realizadas por medio de redes de media agua, mientras que antes de este

año las capturas eran efectuadas como pesca incidental de las capturas orientadas a merluza del sur (Figura 20).

Otro elemento para destacar es la importante fracci3n de individuos de la edad 7, presente en la estructura 2019, la cual ya haba sido destacada en informes anteriores (Contreras et. al 2020), y la cual es originada en las clases anual del ańo 2012. De igual forma, se destacan algunas edades con importantes clases anuales, las cuales pasan de manera importante a trav3s de los ańos, y que corresponden a los ańos 1982, 1986, 1998, 2008 y 2011. Desde el ańo 2013, los ejemplares mayores a los 17 ańos reducen su presencia hasta alcanzar valores m3nimos en el ańo 2021. La estructura 2022 es similar a la del ańo previo con una moda en los 5 ańos, mientras que el ańo 2023 presenta una estructura con m3nima participaci3n de ejemplares mayores a los 9 ańos.

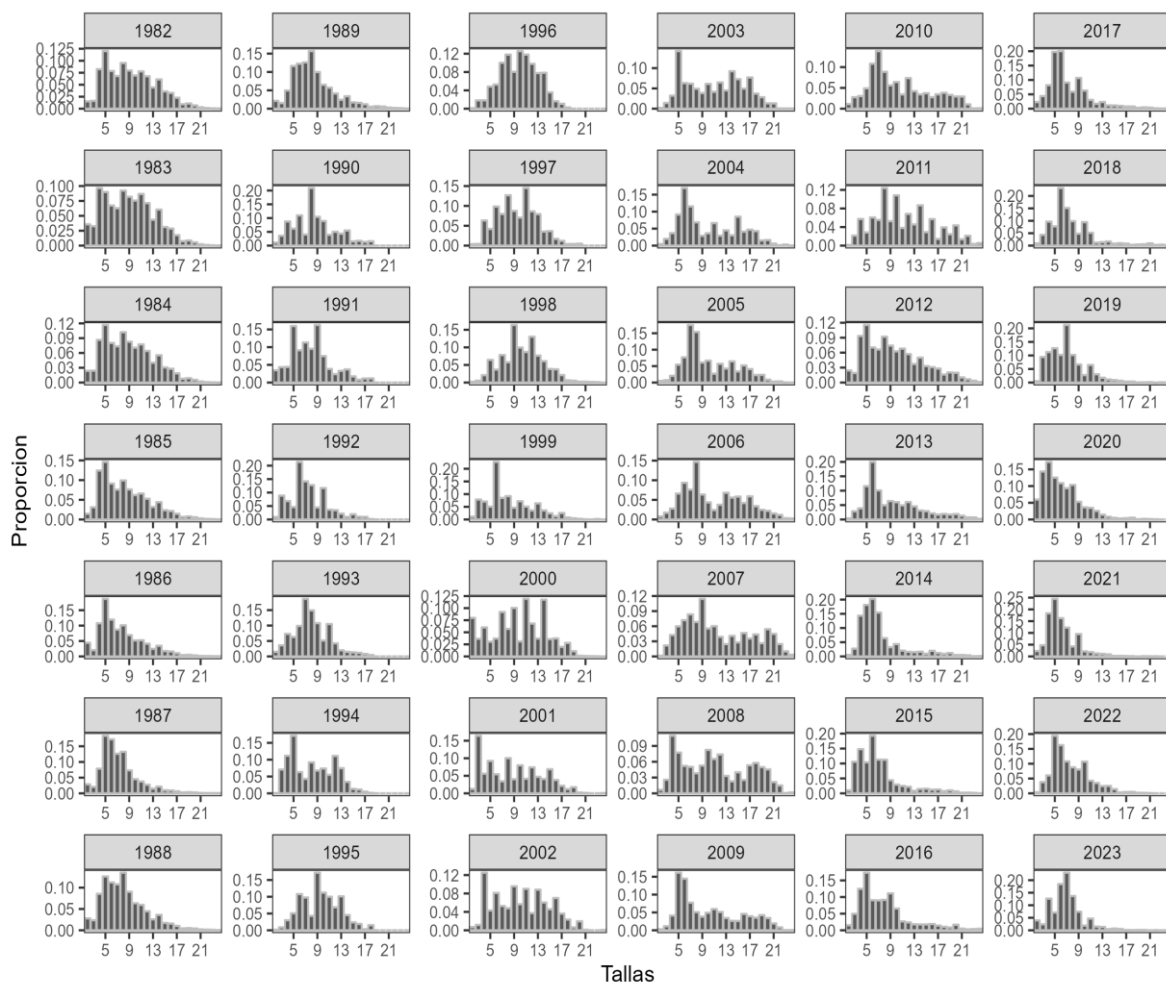


Figura 20 Proporción de edades a través de los años en las capturas de la flota, periodo 1982-2023.

La **Figura 21 a y b** presenta el logaritmo de los individuos capturados por cohorte, el cual teóricamente debe describir una línea recta decreciente para las edades completamente reclutadas a la pesquería. Se aprecia claramente en las primeras cohortes el aumento repentino generado por el ingreso de los barcos de surimi orientados a pescar este recurso. En general, se aprecia que históricamente la primera edad completamente capturada fue entre 7 a 8 años, excepto en aquellas cohortes nacidas entre 1995 y 1997.

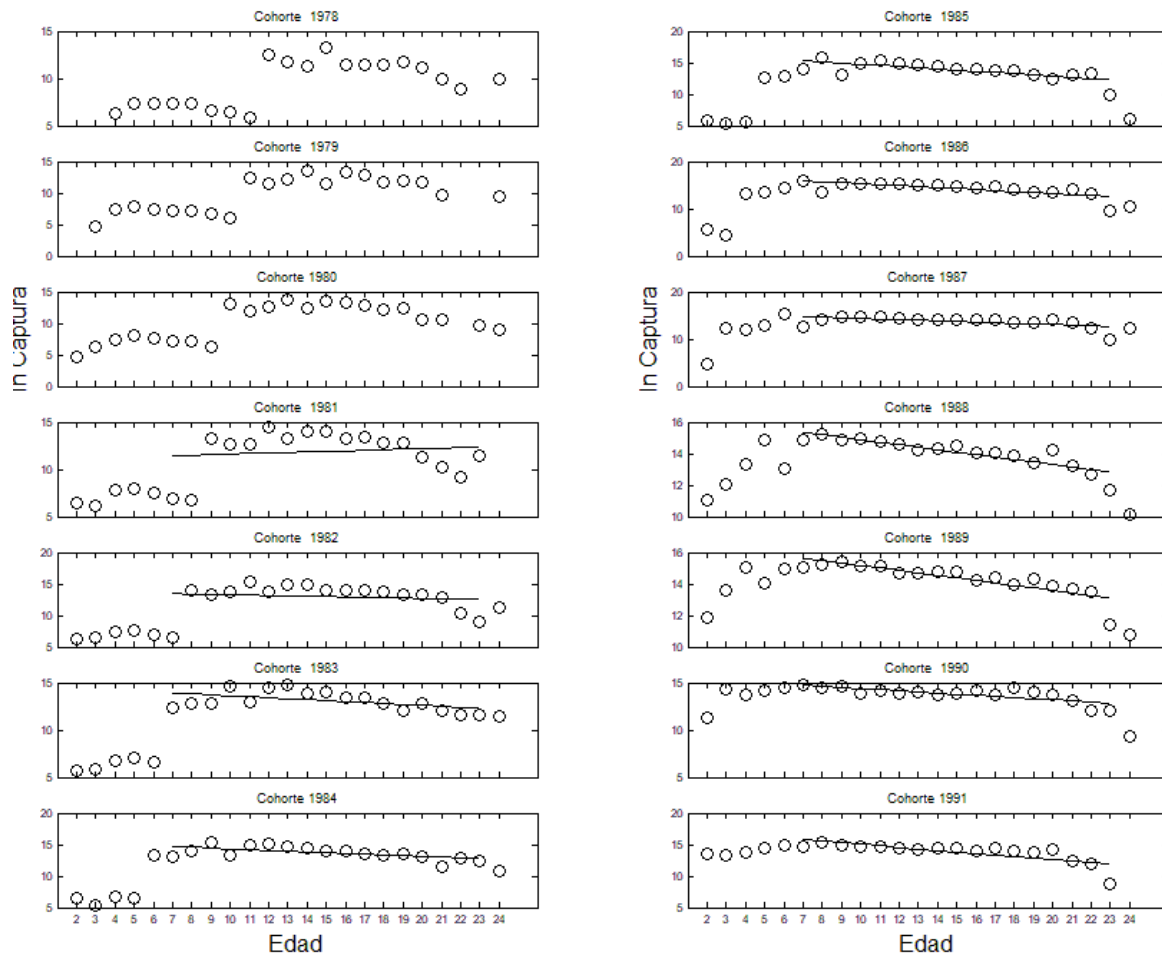


Figura 21a Logaritmo del número capturado por cohorte desde las cohortes nacidas entre 1978 y 1991.

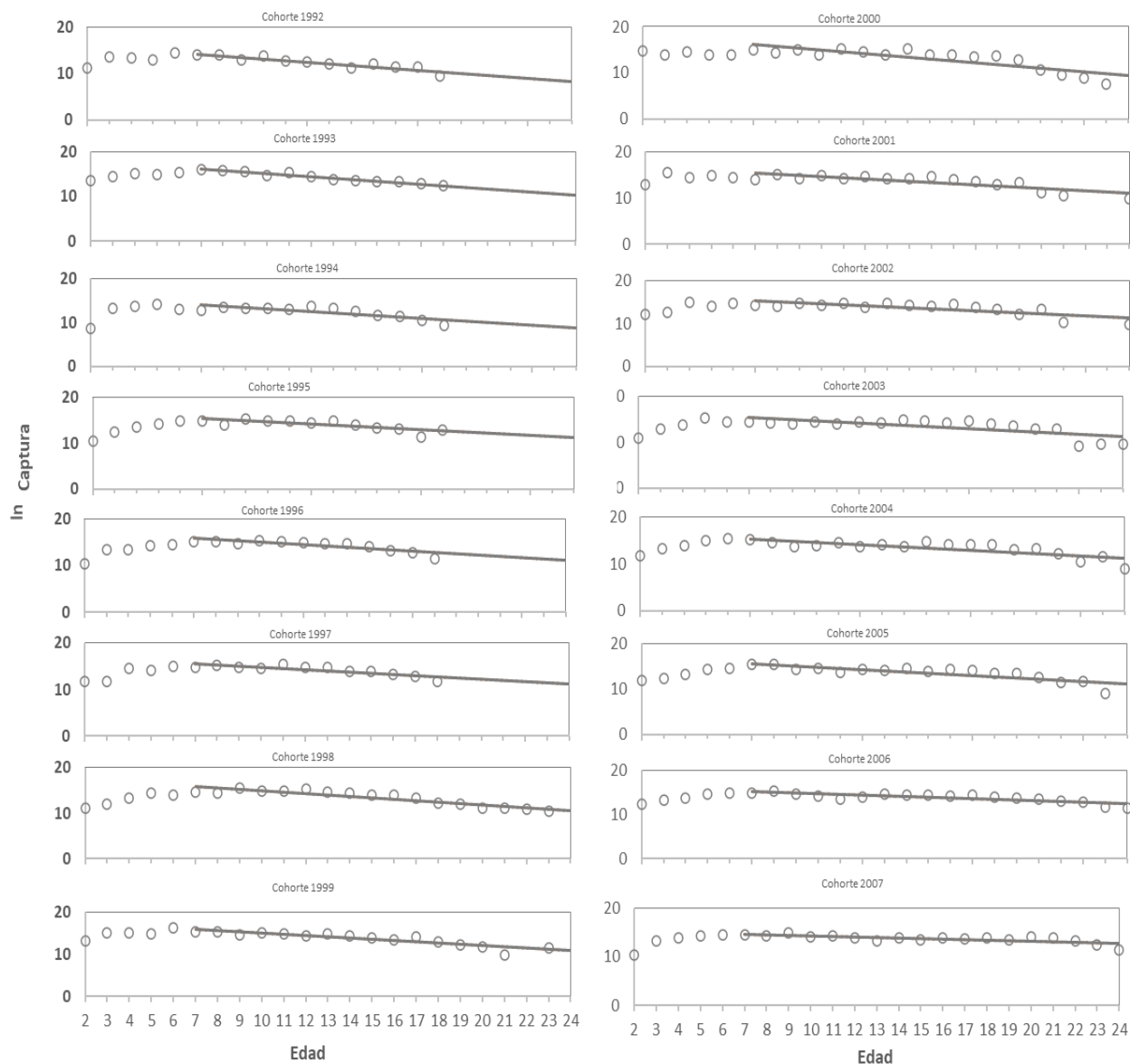


Figura 21b Logaritmo del número capturado por cohorte desde la cohorte nacidas entre 1992 y 2007.

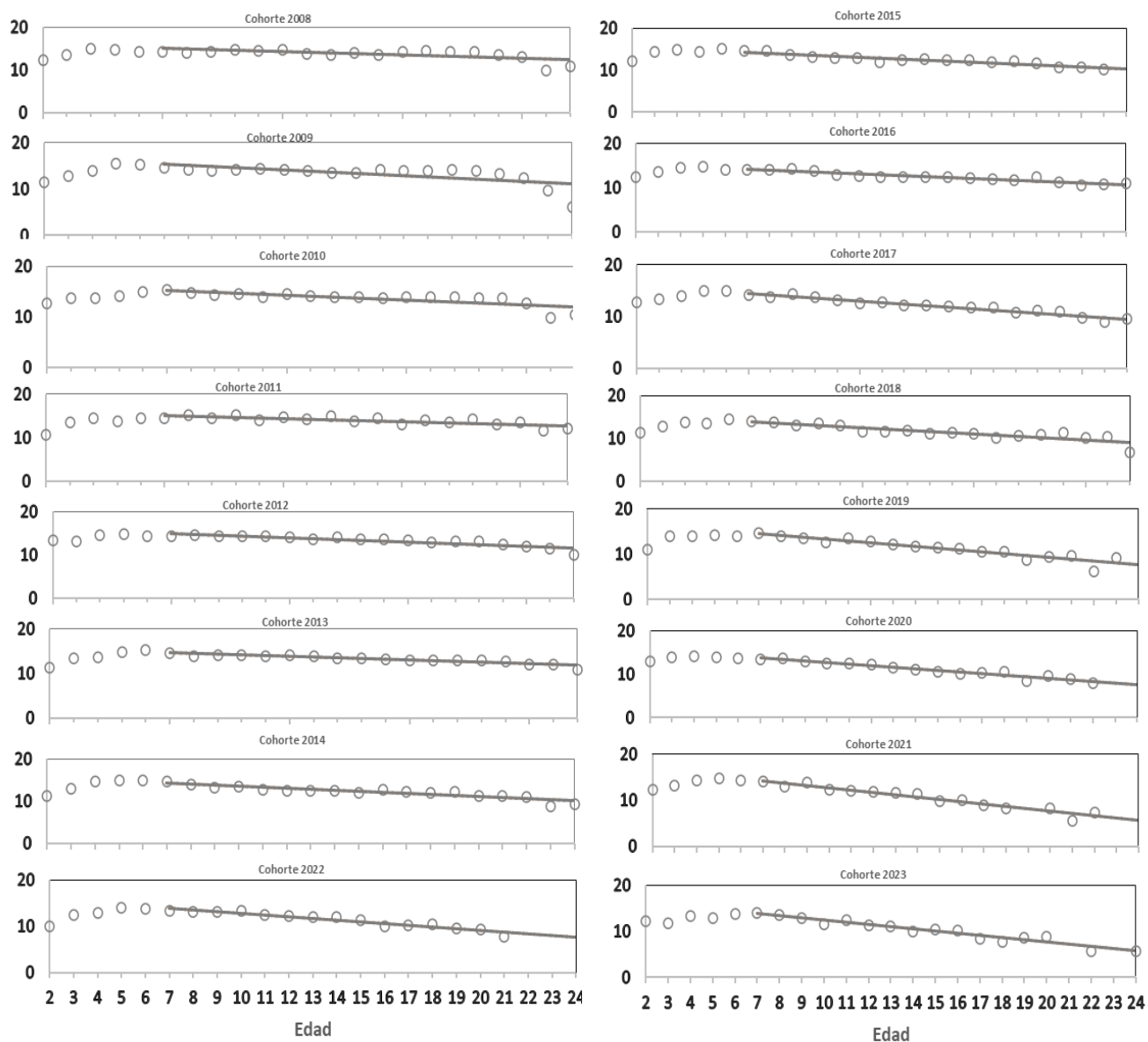


Figura 21c Logaritmo del número capturado por cohorte desde la cohorte nacidas entre 2008 y 2023.

f) Transformación de longitudes a edades

El CCT-RDZSA en 2019, solicitó revisar el procedimiento de cálculo de las edades obtenidas por medio de transformación de longitudes. Este procedimiento cabe señalar, que se utilizaba tradicionalmente en el modelo base para la transformación de longitudes a edades, de estructuras de tamaño entre los años 1982 y 1989. Este procedimiento de cálculo, basado en la matriz de transición, donde internamente el modelo de evaluación transformaba las estructuras utilizando los parámetros de crecimientos reportados por Contreras-Reyes *et al.*, 2014 y las capturas del mismo periodo; permitió extender la composición etaria del modelo de evaluación de stock desde el año 1990 hasta el año 1982. En este sentido el CCT recomendó la utilización de una clave talla edad para la transformación de estas longitudes. La **Tabla 7**, presenta las longitudes proporcionadas por el seguimiento del recurso entre los años 1982 y 1989, donde los individuos analizados tenían el carácter de fauna acompañante de otros recursos.

Tabla 8 Longitudes utilizadas para obtener información en edades periodo 1982-1989.

Longitud	Años								TOTAL
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
14									0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	1	0	0	0	4	1	0	0	6
22	0	17	0	0	1	0	6	0	24
24	0	119	3	2	9	1	25	0	159
26	3	230	18	10	113	26	22	13	435
28	37	105	123	18	326	100	12	28	749
30	41	143	209	83	316	120	137	35	1084
32	44	286	244	256	102	135	182	96	1345
34	103	531	494	736	180	213	124	56	2437
36	188	940	620	1025	464	151	392	80	3860
38	328	811	937	1335	1122	285	421	129	5368
40	471	674	1348	1703	1852	961	546	311	7866
42	538	1170	1462	1825	1958	1826	807	458	10044
44	488	1140	1658	1835	2026	2153	1383	976	11759
46	544	1378	1883	1891	1537	1617	1440	1054	11344
48	665	1696	2063	1946	1438	963	1187	867	10825
50	762	2286	2318	2074	1280	612	993	574	10899
52	779	2577	2388	2023	1200	442	723	382	10514
54	745	2006	1939	1487	922	322	520	252	8193
56	512	987	1227	876	499	184	298	201	4784
58	207	393	486	415	233	100	122	105	2061
60	46	139	132	156	60	43	49	44	669
62	16	15	17	63	20	15	30	30	206
64	4	6	5	5	4	5	11	4	44
66	3	3	1	4	2	2	10	7	32
68	3	0	0	2	2	0	8	3	18
70	7	0	0	1	5	0	4	0	17
Total	6535	17753	19575	19771	15675	10277	9452	5705	104743

El procedimiento de cálculo utilizó los siguientes elementos para la transformación de longitudes a edades por medio del uso de la clave talla edad:

1. Identificaci3n de clave patr3n (1990 primera clave de la serie de edades).
2. Uni3n de claves machos y hembras 1990.
3. Identificaci3n de desembarques del periodo.
4. Estimaci3n de los par3metros de la relaci3n longitud-peso de clave 1990.
5. Expansi3n de la matriz clave talla edad mediante la utilizaci3n de 2000 otolitos.
6. Obtenci3n clave talla edad a3o 1990 global, con estructura de longitud, edades, porcentaje, talla promedio, varianza, peso promedio y coeficiente de variaci3n de grupos de edad.
7. Identificaci3n y comparaci3n de longitudes del a3o a transformar en edades de acuerdo con la clave obtenida en punto 6.
8. Expansi3n de longitudes del a3o a transformar, por medio el uso de par3metros de la relaci3n longitud peso (punto 4), y del desembarque del i-3simo a3o.
9. Determinaci3n de la composici3n en n3mero de individuos por grupo de edad en el desembarque.
10. Determinaci3n de la matriz peso frecuencia desembarque.
11. Determinaci3n de la matriz para c3lculo de varianza.
12. Determinaci3n del desembarque en n3mero (%) por grupo de edad (grafico).
13. Obtenci3n clave talla edad a3o i-3simo global, con estructura de longitud, edades, porcentaje, talla promedio, varianza, peso promedio y coeficiente de variaci3n de grupos de edad.
14. Obtenci3n de abundancia a la edad para el a3o transformado.

La **Figura 22**, muestra las estructuras de longitud transformadas a edad por medio del procedimiento antes descrito, que permiten complementar las edades con lecturas formales del periodo 1990-2023, por lo tanto, alcanzar una estructura global para los a3os 1982-2023. Cabe se3alar que, en t3rminos comparativos, se aprecia una diferencia l3gica con el procedimiento antes utilizado para la obtenci3n de edades a trav3s de la modelaci3n directa con la matriz de transici3n. Por cuanto esta 3ltima utilizaba par3metros de crecimiento distintos a los obtenido mediante la utilizaci3n de la clave talla edad del a3o 1990, como patr3n para la obtenci3n de edades. En t3rminos simples, es posible se3alar que mediante el uso de esta clave no se obtienen individuos por sobre los 20 a3os, al igual a lo observado en la clave del a3o 1990.

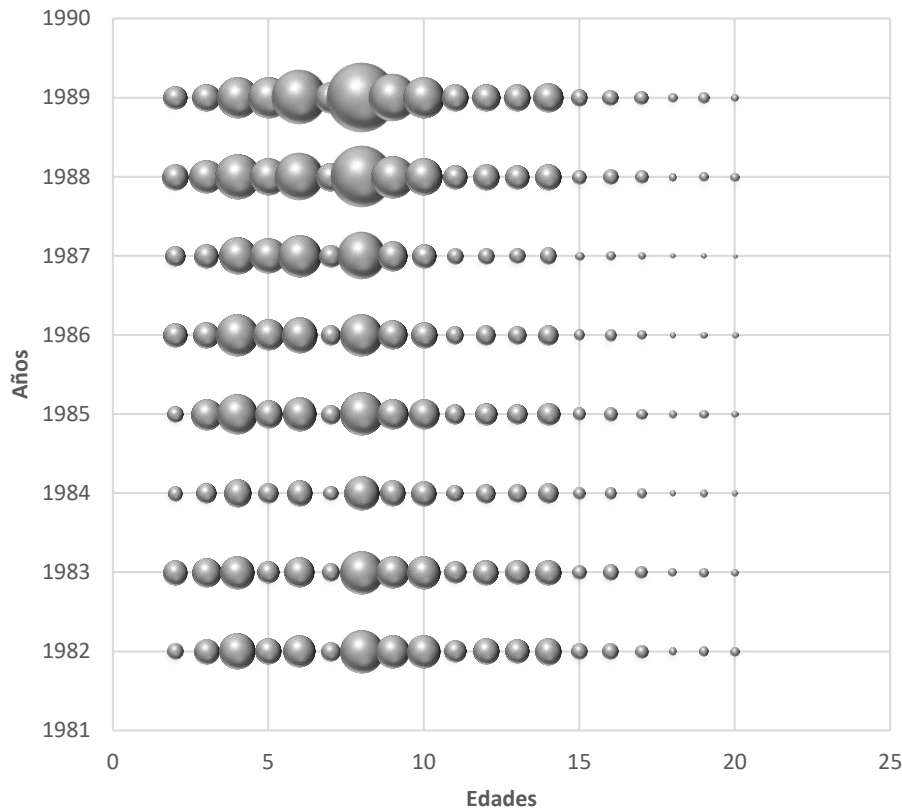


Figura 22 Edades obtenidas al transformar longitudes utilizando clave talla edad.

La **Figura 23** muestra las edades promedio a través de la serie 1982-2023, en esta grafica se incluye un ajuste polinomial (de orden 4), con la intención de exhibir la tendencia que han presentado las estructuras de tamaño en la información de la flota comercial. En relación con lo anterior, se observa que las estructuras medias, presentaron una reducción desde el año 1982 a 1989, y desde el año 1990 y hasta el 2006 la tendencia es a incrementar las proporciones de edades promedio. Finalmente, entre los años 2007 y hasta el año 2023 la tendencia es a la reducción de las edades promedio, lo que puede estar explicado por dos motivos principales: 1) la entrada de una importante proporción de reclutas; 2) que la estructura de edades en el último tiempo se caracteriza por presentar una importante fracción de edades entre 2 y 11 años, por lo tanto una estructura de edades con un nivel reducido de presentación para las edades mayores a este rango, siendo este último evento el que estaría explicando la composición de edades en la flota comercial. Para el año 2022 se observa un aumento de la edad media desde 6.1 años a 7.6 años y para 2023 una disminución a 6.8 años (**Figuras 20 y 21**).

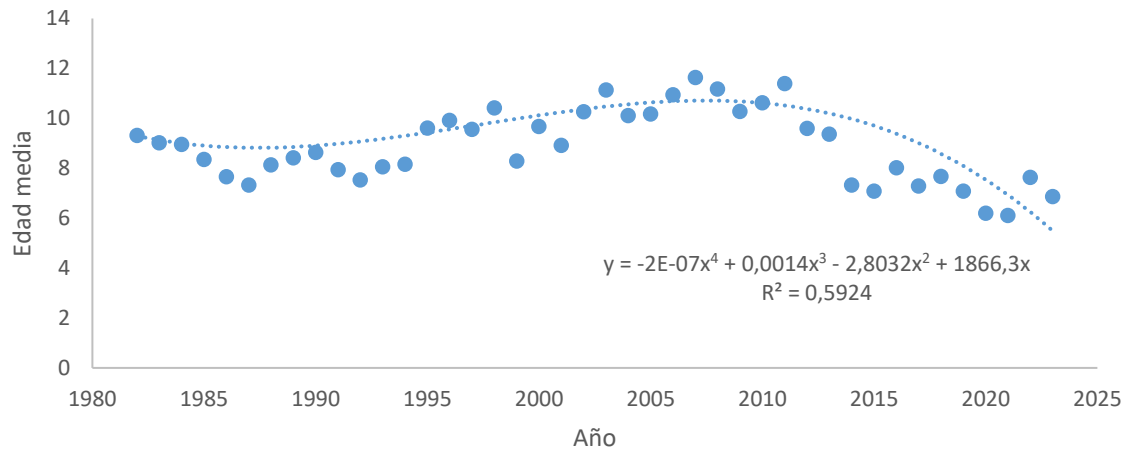


Figura 23 Edad media serie 1982-2023, en las capturas de la flota comercial.

La **Figura 24**, muestra el porcentaje de la edad 2, presentes en la estructura de la flota comercial de merluza de tres aletas, y que se considera como reclutas a la pesquería. Esta grafica presenta una importante fracci3n de reclutas en los ańos 1983, 1986, 1991, 2000 (máximo de la serie), 2012, 2017 y 2020. Entre los ańos 2014 al 2017, se observa que los reclutamientos presentan una tendencia positiva, lo que sin embargo podría deberse a impacto de estas edades en una estructura representadas por edades menores (juvenilizada); y con menor participaci3n de las edades 11 a 24 (en términos de proporci3n). Luego cae la proporci3n de esta edad en el 2018 y 2019, para alcanzar el segundo nivel más alto de la serie histórica en el ańo 2020. Para el ańo 2023, la proporci3n de individuos de edad 2 aumenta a un 0.39.

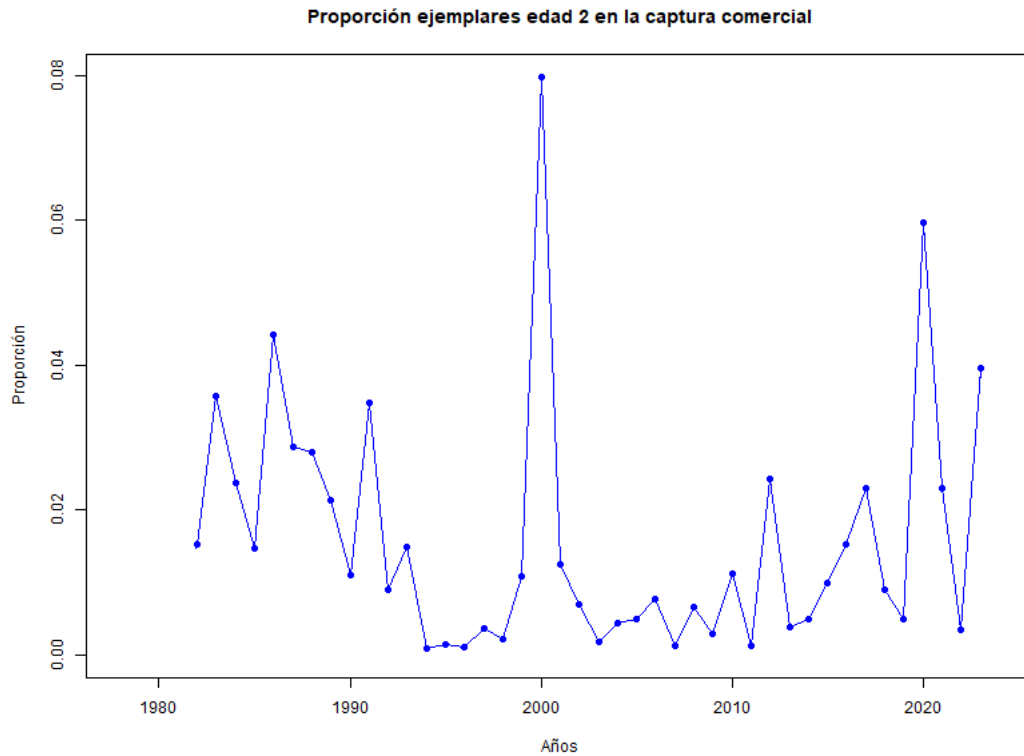


Figura 24 Proporción de reclutas (edad 2) observados en las capturas de la flota entre los años 1982-2023.

Con respecto a las edades observadas por el crucero de evaluación acústica, se observa una amplia representatividad de todos los grupos de edad hasta el año 2011, posteriormente los ejemplares mayores a 20 años comienzan a desaparecer hasta que en el año 2015 casi no hay presencia de ejemplares mayores a 13 años. La estructura etaria de los últimos años se caracteriza por tener algunos picos con mayores proporciones en las edades 4.5 y 7; el año 2021 presenta una estructura dominada por ejemplares de edad 4 y 5 y una mínima presencia de ejemplares mayores a los 9 años. La estructura 2022 es similar a la del 2021 con una mayor presencia de ejemplares de 3 años (**Figura 25**).

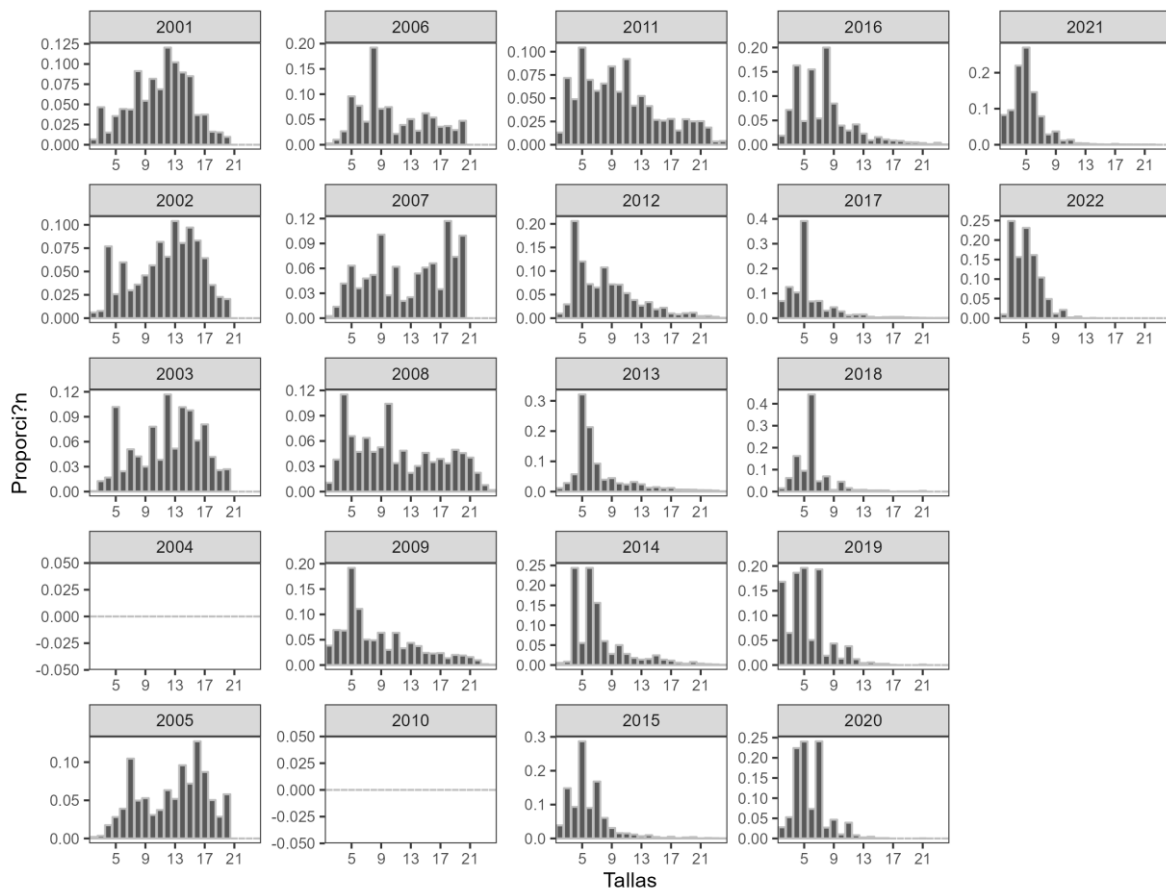


Figura 25 Proporción de edades a través de los años para el crucero acústico, periodo 2001-2022, *año 2023 sin crucero acústico.

g) Pesos medios

En la **Figura 26** se presenta el peso promedio ponderado a la edad para el periodo 1990-2023, que fue obtenida desde los muestreos realizados por el seguimiento del recurso.

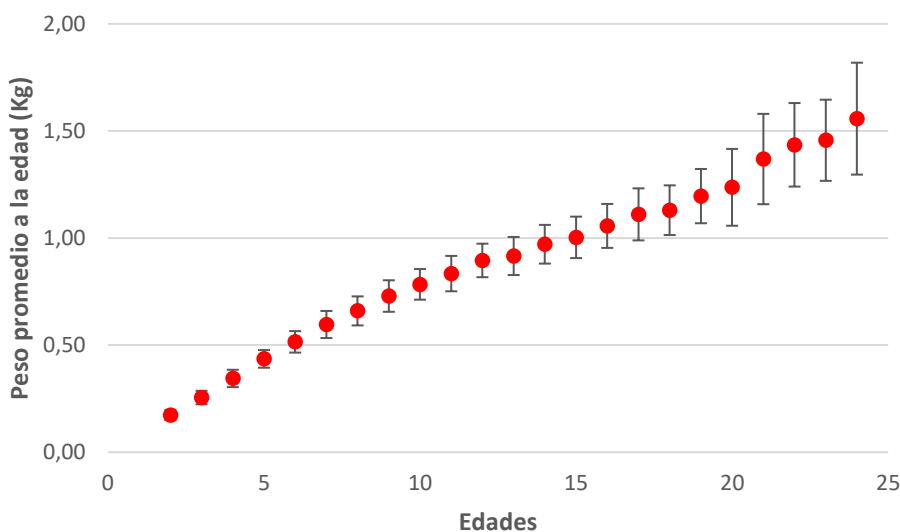


Figura 26 Pesos medios ponderados e intervalos de confianza (95%), del periodo 1990-2023 a la edad de merluza de tres aletas.

Para actualizar el vector de pesos medios a la edad que es usado en el modelo de evaluaci3n de stock, se emplearon las matrices de pesos medios a la edad por a1o hasta el a1o 2023. Para componer estas matrices se us3 el peso ponderado global, el cual se calcul3 considerando el peso promedio a la edad y la composici3n sexual por a1o. La **Figura 27 y 28**, presentan los resultados de la ponderaci3n de cada estructura anual de la flota comercial (1990-2023) y del crucero ac3stico (2001-2022 *2023 sin crucero ac3stico).

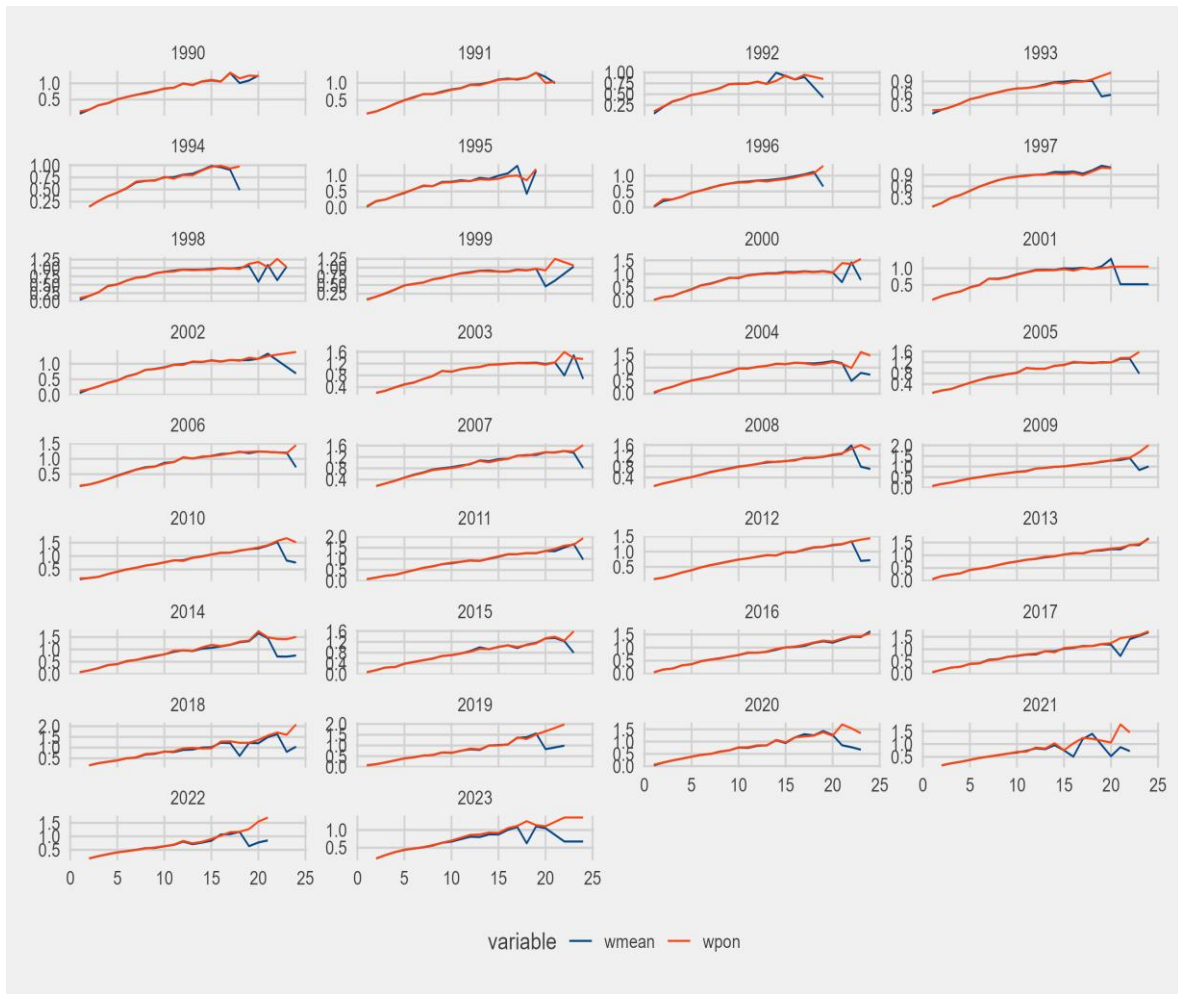


Figura 27 Ponderación de peso a la edad de observaciones de la flota comercial de merluza de tres aletas periodo 1990-2023.

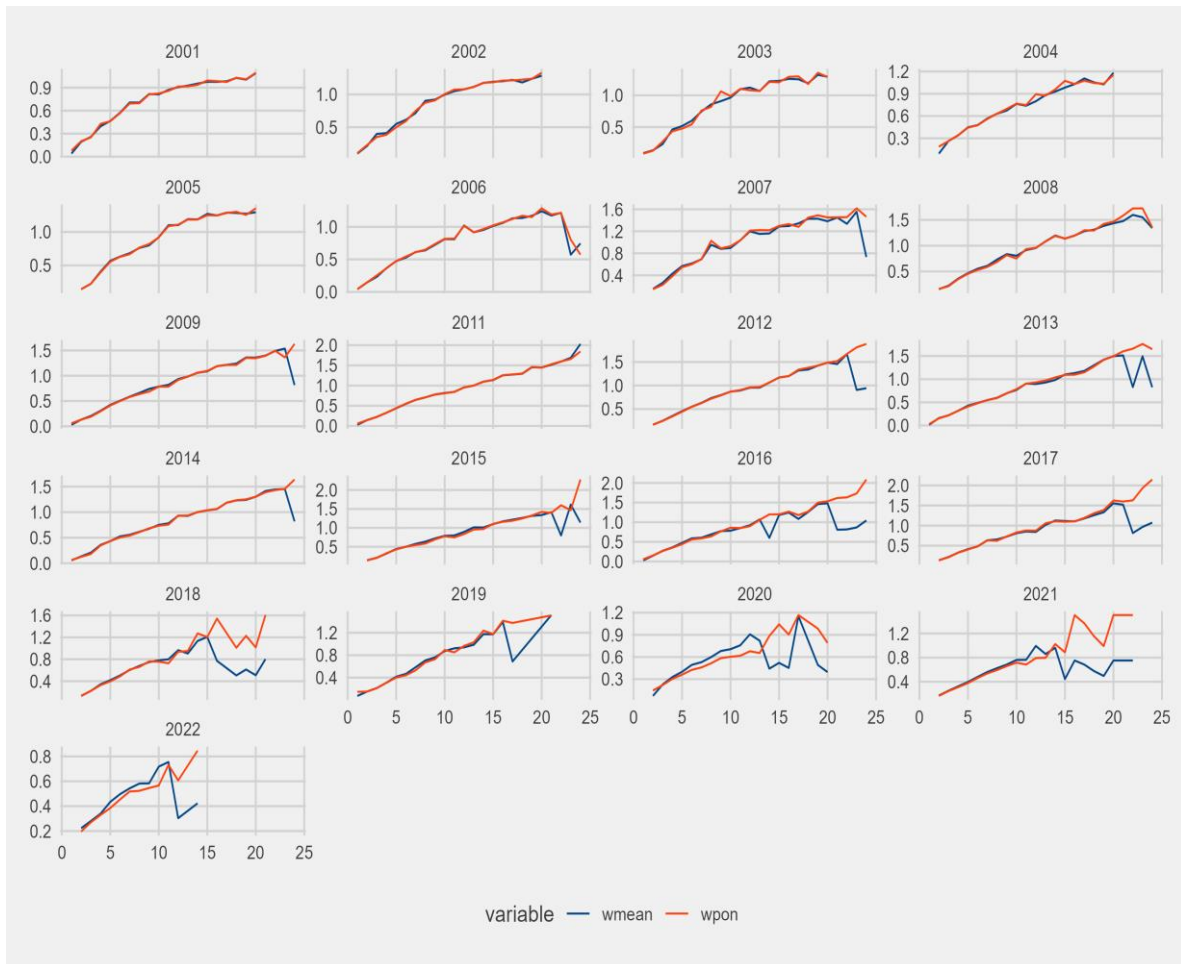


Figura 28 Ponderaci3n de peso a la edad de observaciones del crucero ac3stico de merluza de tres aletas periodo 2001-2022, *año 2023 sin crucero ac3stico.

h) Parámetros de historia de vida

La **Tabla 8**, presenta un resumen de los principales parámetros de historia de vida de merluza de tres aletas. En esta tabla se presentan los últimos antecedentes conocidos del crecimiento del recurso para ambos sexos, los cuales eran utilizados para transformar las estructuras de longitud a edad, observaciones (entre los años 1982 a 1989).

De igual forma se presentan las estimaciones de la mortalidad natural, calculados utilizando los parámetros de crecimiento del recurso (Contreras-Reyes *et al.*, 2014), utilizando el paquete “fishmethods” (Nelson, 2014) del software R (R Core Team, 2019). Para la estimaci3n de la mortalidad natural basado en la metodologí de Pauly (1980), se consider3 la temperatura (6,5 °C) observada por el crucero ac3stico a 200 m (profundidad de la máxíma agregaci3n del recurso) (Saavedra com.

pers.). Para los m3todos de Hoening y Alverson y Carney, se utiliz3 la edad m3s longeva observada del recurso ($T_{max} = 27$ a3os). Estos valores de mortalidad natural estimados, permitir3n realizar en el corto plazo otros escenarios de modelaci3n del stock asumiendo hip3tesis distintas a las ya consideradas que asum3an niveles de mortalidad natural de $M=0.18$. En relaci3n a este 3ltimo punto, es necesario aclarar que este valor de mortalidad natural de $M=0.18$, fue derivado de la utilizaci3n del modelo de Hoening (1983) para las estimaciones derivadas del c3lculo de los par3metros de crecimiento ($L_{inf}=60.987$, $KI=0,149$, $t_{max}=24$), y que se emplean en la evaluaci3n del recurso desde el a3o 2010 a la fecha (Contreras *et al.*, 2012).

Para la estimaci3n de madurez se consider3 el reporte de la condici3n reproductiva del recurso, el cual es proporcionado en C3spedes *et al.*, 2013. Esta ojiva de madurez considera la informaci3n del seguimiento y del crucero ac3stico entre los a3os 2000 y 2012, considerando observaciones de mayor cobertura espacio temporal que otros estudios reproductivos de merluza de tres aletas. En este sentido, cabe se3alar, que cuando las observaciones comerciales fueron muy similares en cobertura (espacial y temporal) a los reportados habitualmente por el estudio reproductivo incluido en la estimaci3n ac3stica, los resultados son similares, por el contrario, cuando la actividad comercial abarcaba una mayor cobertura se obtuvo niveles de madurez mayores a los conocidos para este recurso ($L_{50\%} = 40,5$).

La **Figura 29**, presenta los principales par3metros de la especie obtenidos mediante el uso del paquete Fishlife de R (Thorson *et al.*, 2017), que permiten complementar el conocimiento sobre la historia de vida del recurso, adem3s de estimar los par3metros de crecimiento, tama3o, madurez, mortalidad, poblaci3n-reclutamiento y din3mica poblacional.

Tabla 9 Par3metros de Crecimiento, Mortalidad natural y Madurez sexual de merluza de tres aletas.

	Par3metro	Unidad	Valor	Ecuaci3n /M3todo	Fuente
Crecimiento	L_{∞}		59.565		
	k	A3o ⁻¹	0.162	$L(t)=L_{\infty} (1-Exp^{-k(t-t_0)})$	Contreras-Reyes <i>et al.</i> , 2014
	t_0		-2.449		
Mortalidad Natural	M	A3o ⁻¹	0.228	Pauly (1980)	
			0.166	Hoening (1983) Joint Equation	Nelson, 2014
			0.154	Hoening (1983) Fish Equation	
			0.114	Alverson and Carney	
Madurez sexual	B0 B1		0.166	$ln(M)=1.44-0.982 \times ln(t_{max})$	Hewitt & Hoenig, 2005
			14.79	$P = \frac{1}{1+exp(\beta_0 - \beta_1 * L_{\infty}E)}$	Flores <i>et al.</i> , 2013
			0.36		

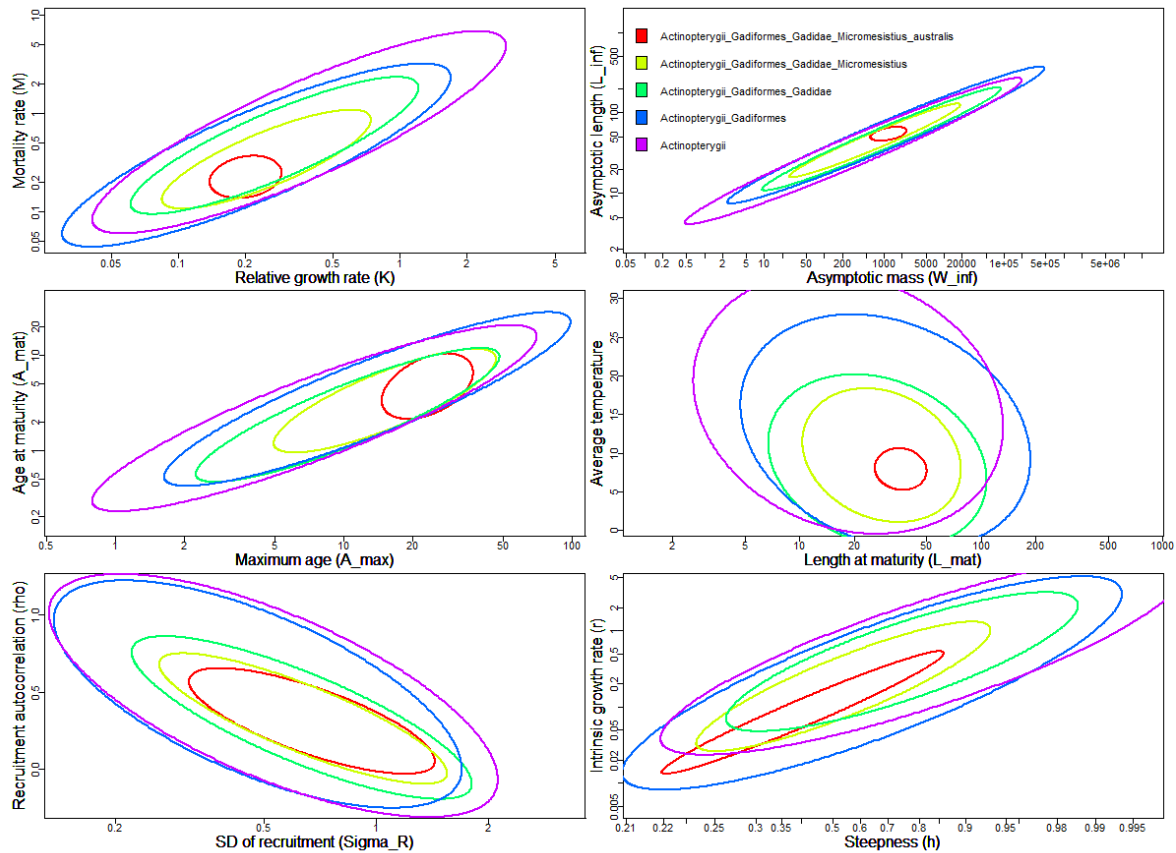


Figura 29 Principales parámetros de la especie *Micromesistius australis*.

g) Crucero de evaluación hidroacústica

El crucero de prospección acústica de merluza de tres aletas se desarrolló a bordo de la embarcación Cabo de Hornos durante los días 22 y 25 de agosto, realizándose 13 transectas regulares con orientación perpendicular a la costa, separadas cada 5.0 mn, entre sí y 6 lances de pesca, como parte del proyecto “Evaluación del Stock Desovante de Merluza del Sur, Merluza de Cola y Merluza de Tres Aletas, en las aguas exteriores entre las regiones de Los lagos y de Magallanes y la Antártica Chilena, Año 2022”. El crucero estuvo orientado a determinar la biomasa desovante (en peso), abundancia total (en número) y la distribución espacial y batimétrica del stock desovante de merluza de tres aletas. Crucero que se realizó entre las latitudes 47°00’S y 48°00’S (**Figura 30**).

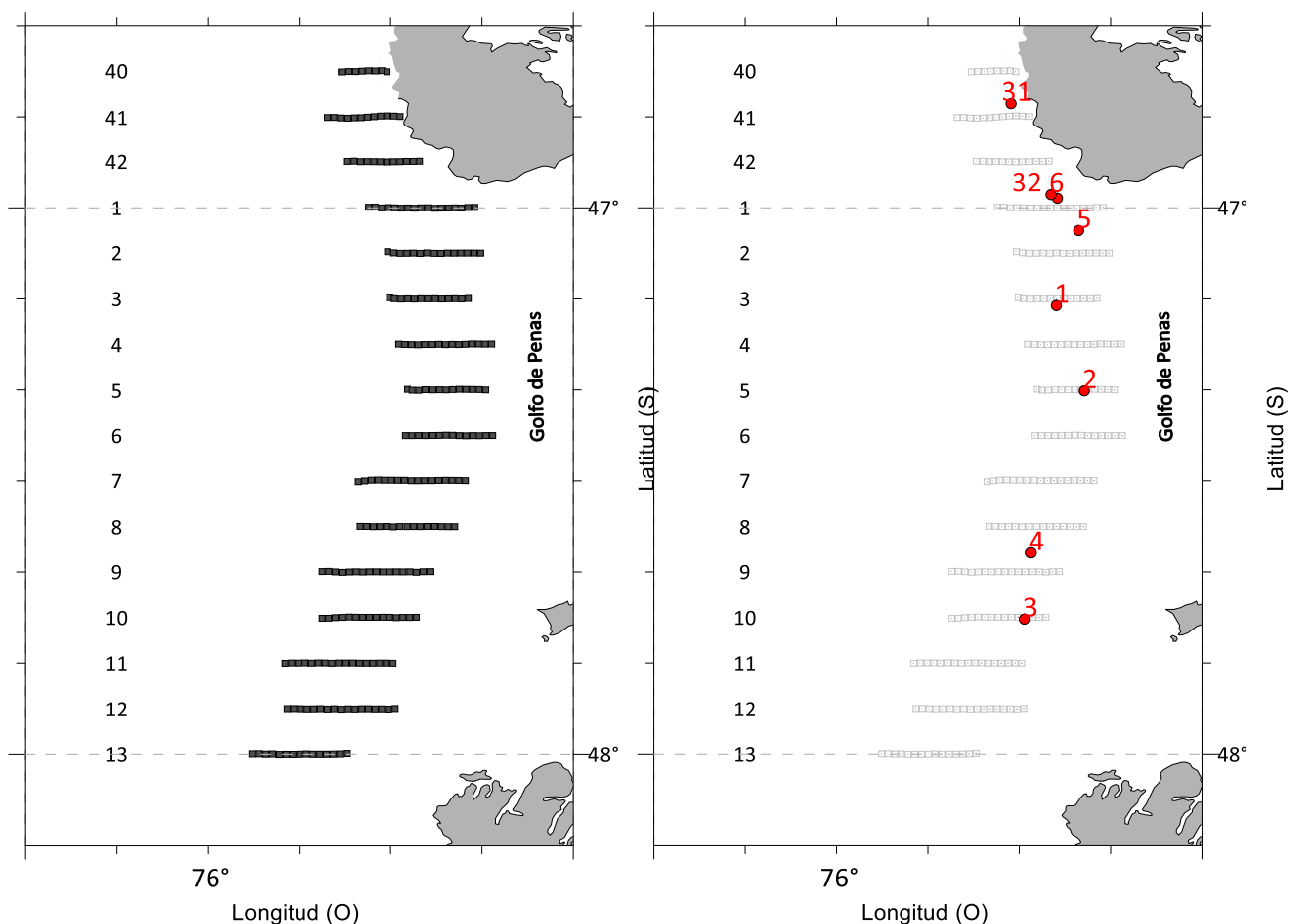


Figura 30 Distribución espacial del crucero acústico 2022, a la izquierda se presenta las transectas y a la derecha se incluyen los lances de identificación (fuente: Vargas et al., 2023).

Los resultados de este estudio reportan para el año 2022 una biomasa total de 13644 t, con un intervalo de confianza entre las 9803 y 17483 t, valores que representan un 78.4% de disminución con respecto al estimado el año 2021.

Una de las principales debilidades de esta señal de abundancia es el alto grado de dependencia de variables espaciotemporales y de la condición reproductiva del recurso, sobre la cual se desarrolla este estudio. Sobre este punto es necesario señalar que el año 2004, el crucero de evaluación hidroacústica fue realizado de manera tardía, y aunque el recurso se encontró en un periodo reproductivo activo, no estimo plenamente el pulso de abundancia del stock, a diferencia del resto de las prospecciones acústicas. Es por este motivo que la señal de biomasa acústica 2004, no es incluida en el modelo de evaluación de stock. El año 2001 en tanto, es considerado dentro del estudio por los siguientes motivos: estar dentro de la tendencia del índice, encontrarse en condición reproductiva activa en el momento de la prospección acústica el recurso, punto que además fue tratado en el seno

del grupo técnico de merluza de tres aletas donde se concluyó que no existen antecedentes para excluir del análisis el año 2001 (Contreras y Canales, 2011) (**Figura 31**).

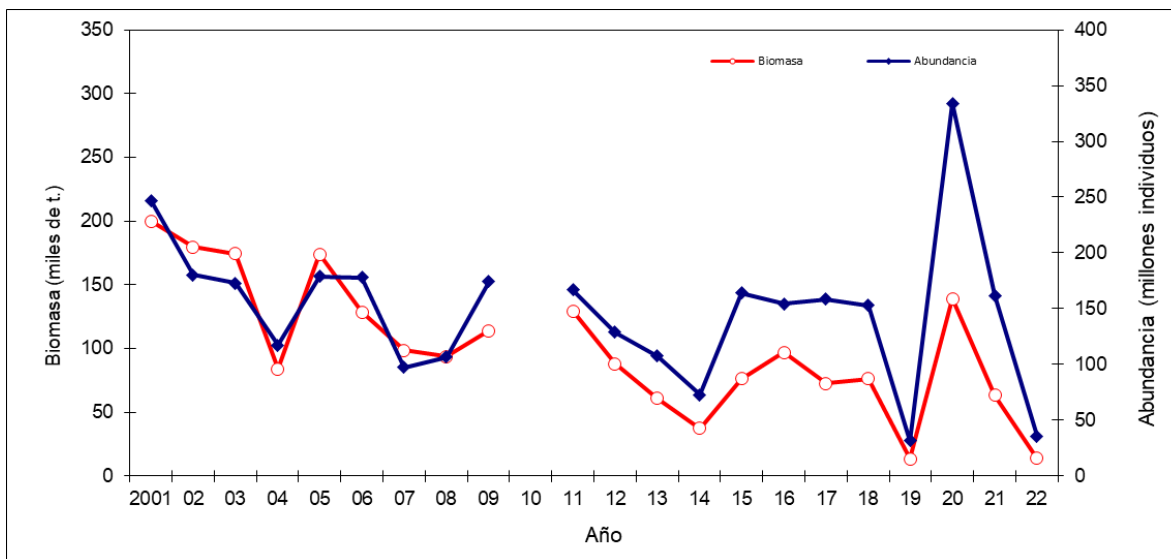


Figura 31 Biomasa y abundancia de merluza de tres aletas determinada por acústica (Vargas et al., 2023).

En términos de concentración, este estudio relaciona el centro de gravedad de la distribución del stock en la latitud 47°00'S (península de Tres Montes), posición que se presenta a 0.7 mn al norte respecto del año 2021, ubicándose este centro de gravedad en la zona en que se ha registrado en años previos a 2020, mientras que al sur de dicha área la detección acústica presentó nula presencia del recurso, sin observarse cardúmenes de gran importancia en los alrededores de la latitud 48°00'S, como lo observado durante el año 2020 (**Figura 32**).

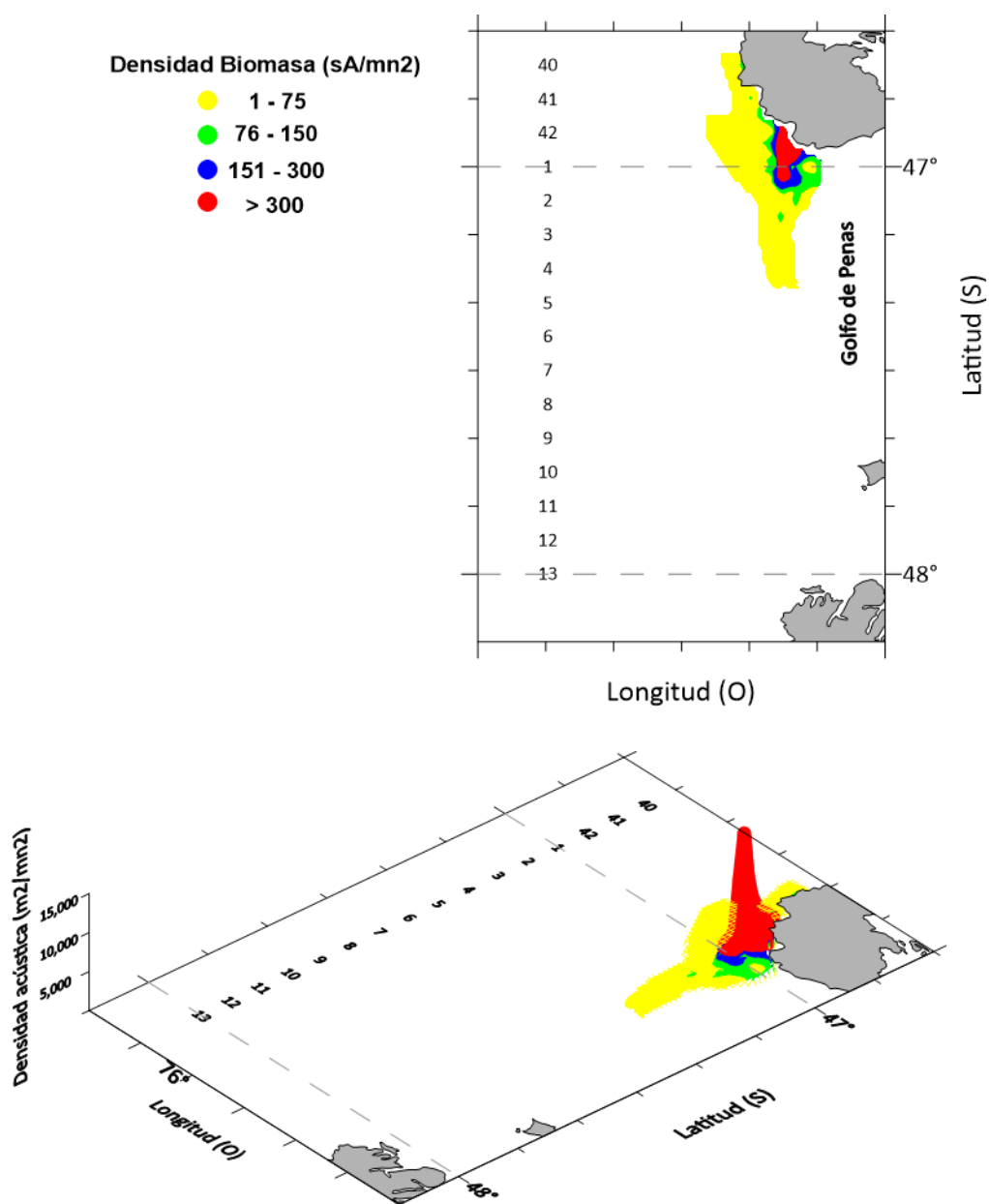


Figura 32 Distribución espacial de la densidad de merluza de tres aletas, área total estudio (Vargas et al., 2023).

4.1.3 Estandarización de la CPUE

El detalle de los resultados del modelo de estandarización se presenta en el ANEXO 2. El índice de CPUE actualizado presentó una tendencia similar a la biomasa acústica, excepto por el 2020 en donde el crucero acústico estimó una biomasa mayor a la reportado en años previos y posteriores (**Figura 33**).

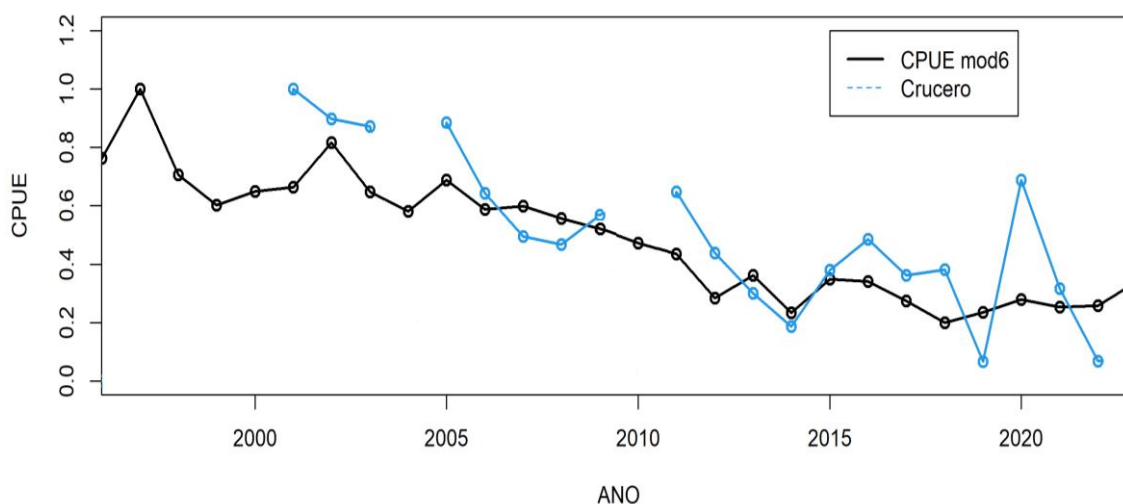


Figura 33 Series de índice de CPUE actualizado (negro) y biomasa acústica (gris).

4.1.4. Coeficientes de variación CV

Los coeficientes de variación empleados en los distintos índices de abundancia reflejan el nivel de desviación que el investigador supone tienen los datos respecto del valor central observado como parte del error de observación. Comúnmente se asignan menores niveles de incertidumbre a la información de los desembarques y mayores a la CPUE y cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones “observables” directas y no así la CPUE y biomasa del crucero, debido a que los últimos índices están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones, llevando a suponer entonces que ellos tienen mayor incertidumbre.

Francis (2011) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, que considere un coeficiente de variación teórico en torno a la tendencia central de las observaciones. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos. En el caso de la merluza de tres aletas se realizaron análisis para estimar el valor medio de los CVs de la CPUE utilizando un ajuste de tendencia polinomial de orden 3 ($y = -1E-04x^3 + 0.0037x^2 - 0.0752x + 2.001$), el cual arrojó un coeficiente de

determinaci3n $R^2=0,841$. Este procedimiento de ajuste permiti3 calcular el CV de la CPUE, del periodo 1997-2019 (sin considerar el a3o 2004 en el an3lisis), al contrastar la observaci3n de la variable con la estimaci3n lograda con el polinomio en escala logar3tmica, y finalmente utilizando la desviaci3n est3ndar se estim3 un CV global de 7%.

Por otro lado, y desde el proyecto “Evaluaci3n del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones” se obtuvieron las estimaciones del CV $(\frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{B})}}{\hat{B}})$. Los resultados arrojaron valores del **14%**, como coeficiente promedio de variaci3n para la serie de datos disponible. Estos coeficientes de variaci3n ser3n utilizados como an3lisis de sensibilidad del modelo base de evaluaci3n de stock.

4.1.5 Tama3os de muestra efectivo

La **Figura 34**, compara los m3todos m3s aceptados en la actualidad para la estimaci3n del tama3o muestral efectivo, es decir el m3todo TA1.8 de Francis (2011) y la estimaci3n de la media arm3nica. En este sentido, el m3todo TA1.8 estima valores de 27 muestras para la informaci3n proveniente del crucero ac3stico, y de 36 para las provenientes de la flota comercial. La media arm3nica en tanto calcula para la flota comercial por sobre un tama3o muestral de 40, para el crucero ac3stico se estiman valores de 37. Para evaluar el impacto en la estimaci3n de las variables poblacionales, as3 como tambi3n del nivel de reducci3n de la poblaci3n se considera de igual forma contrastar ambas metodolog3as de estimaci3n del tama3o de muestra efectivo por medio de un an3lisis de sensibilidad del modelo de evaluaci3n de stock (sin embargo, el modelo base considera la metodolog3a TA1.8).

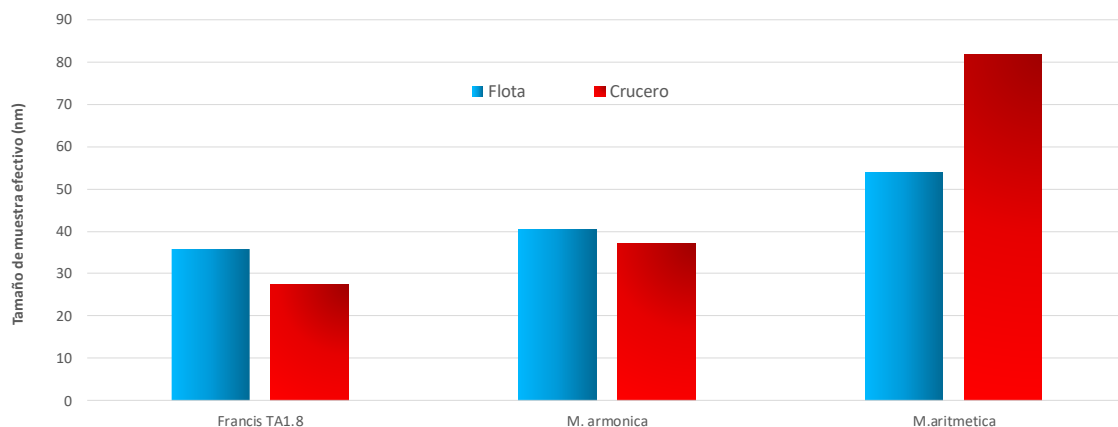


Figura 34 Estimaci3n del tama3o muestra efectivo para las observaciones de la flota comercial y del crucero ac3stico.

4.2 Objetivo específico 2:

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

4.2.1. Evaluación de stock

a) Ajuste del modelo a las observaciones modelo base.

El modelo base actualizado al 2024, corresponde al caso 2, es decir, el caso base del año pasado, en el cual se estimó el parámetro de hiperestabilidad (b). Este caso difiere del modelo base de hace tres años en donde el parámetro de hiperestabilidad fue un parámetro fijo de 0.2, cuyo valor calculado externamente relacionando la CPUE con la biomasa acústica.

Los ajustes del modelo a las proporciones de las edades en las capturas comerciales fueron buenos (Figuras 35-37).

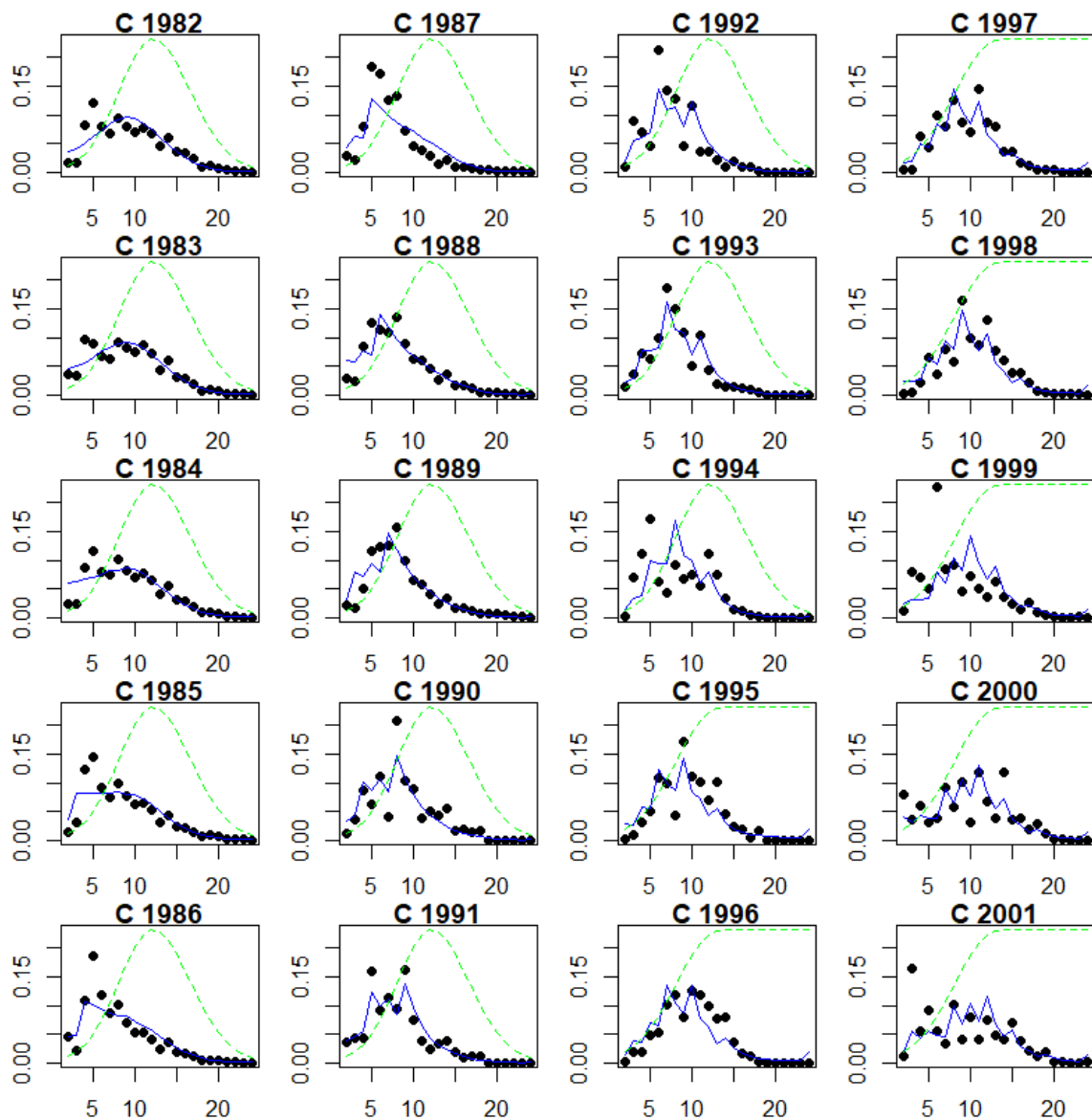


Figura 35 Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las capturas (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde, eje derecho con escala de 0 a 1). Período 1982-2001.

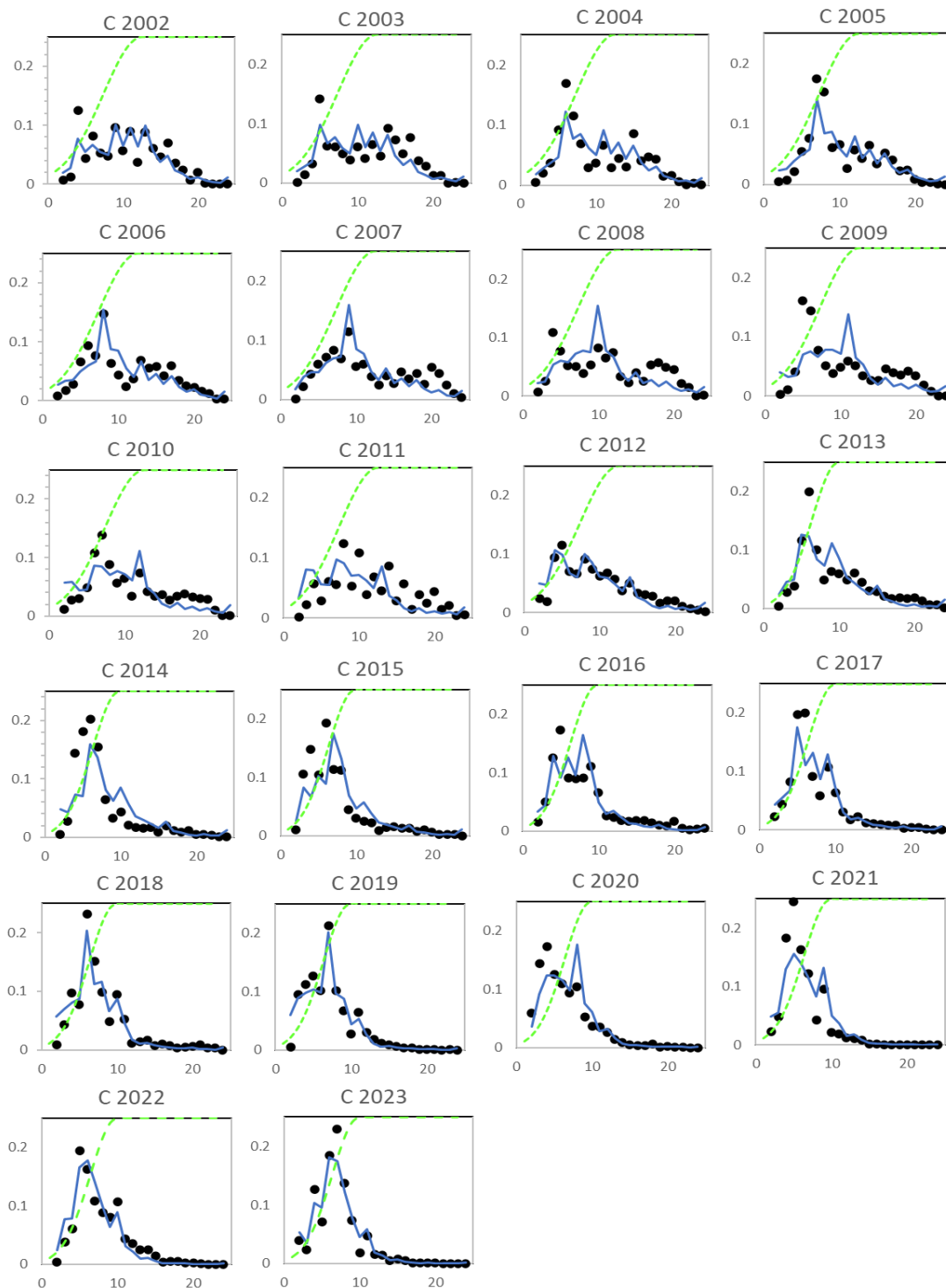


Figura 36 Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las capturas (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde, eje derecho con escala de 0 a 1). Período 2002-2023.

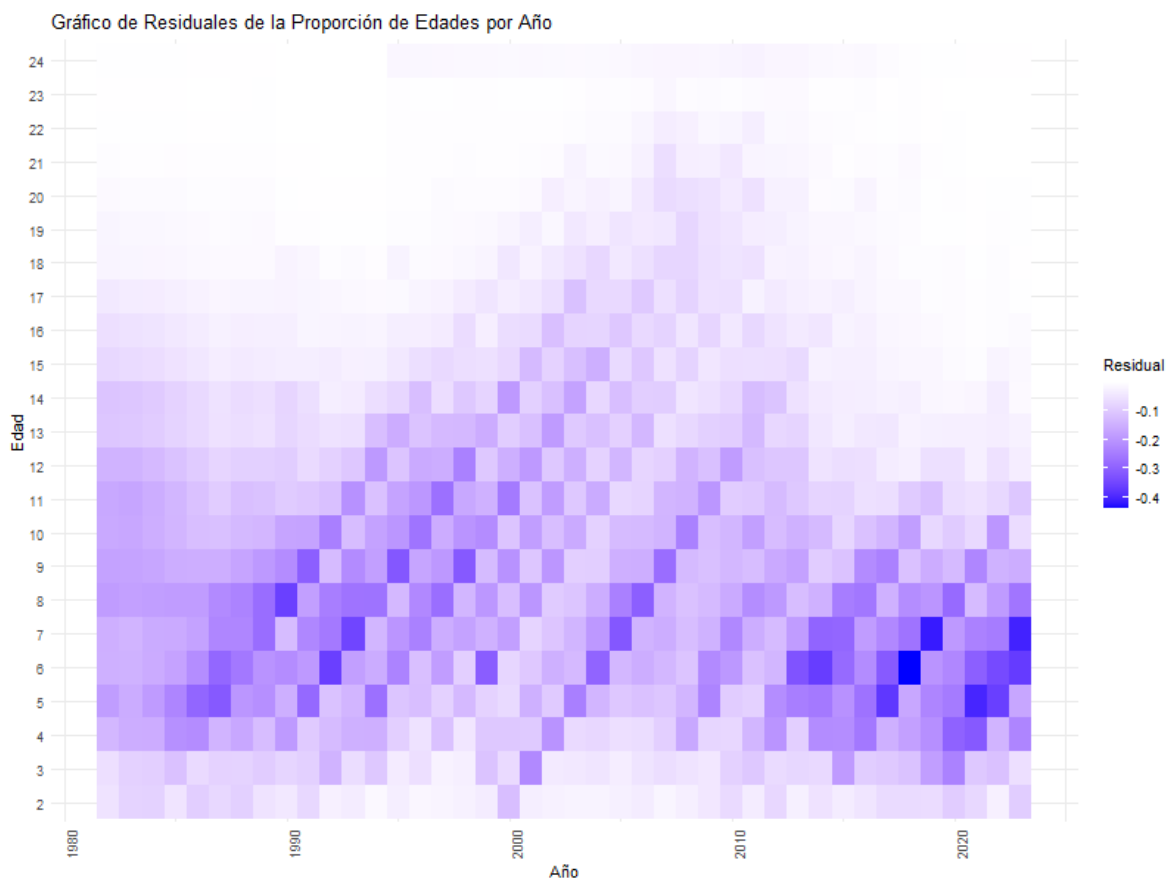


Figura 37 Residuales de la proporción de edades (eje vertical) en las capturas por año.

Los ajustes del modelo a la proporción de edades en las abundancias estimadas por los cruceros acústicos fueron en general buenos, excepto para los últimos años donde el modelo no fue capaz de reproducir adecuadamente las altas proporciones observadas en las edades menores de 7 años (Figuras 38, 39).

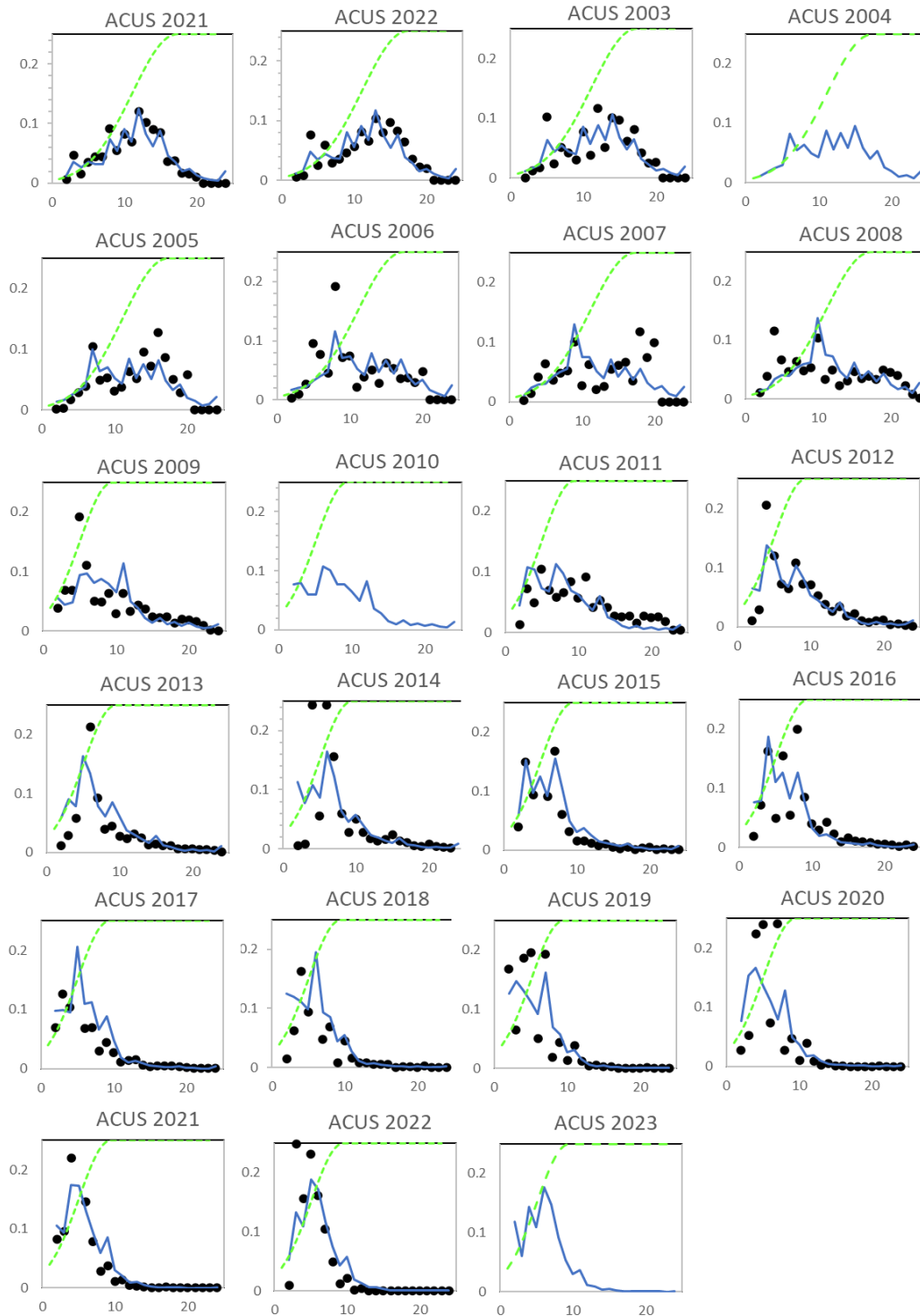


Figura 38 Ajuste de modelo base (línea) a la proporción de edades en las abundancias estimadas por Hidroacústica (puntos) y sus patrones de selectividad (línea verde) periodo 2001-2023.

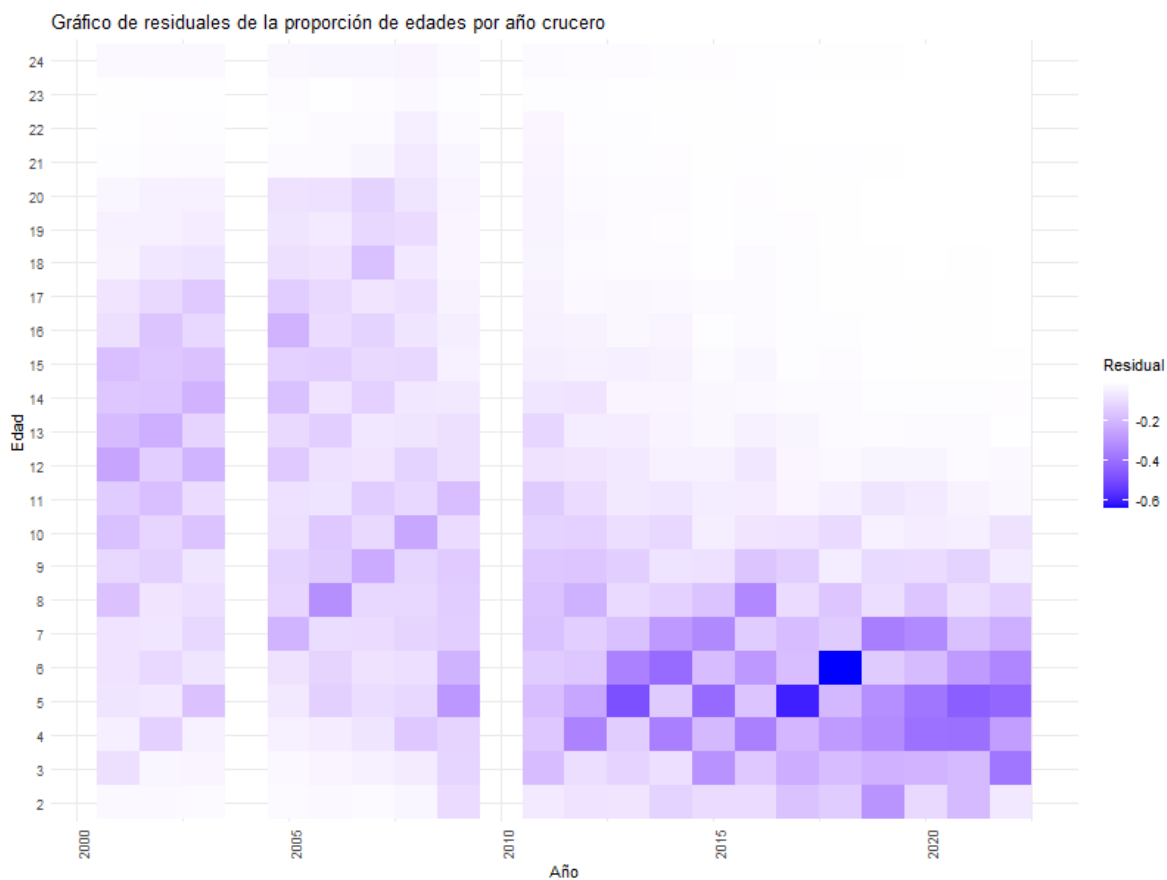


Figura 39 Residuales de la proporción de edades (eje vertical) en las abundancias estimadas por hidroacústicas.

El modelo ajustó bien a los dos índices de abundancia relativa, en el caso de las biomásas hidroacústicas el modelo balanceó el efecto de los grandes cambios en los estimados de los años 2019 y 2020 (**Figura 40**). Por otra parte, la tendencia de la CPUE estandarizada fue bien reproducida.

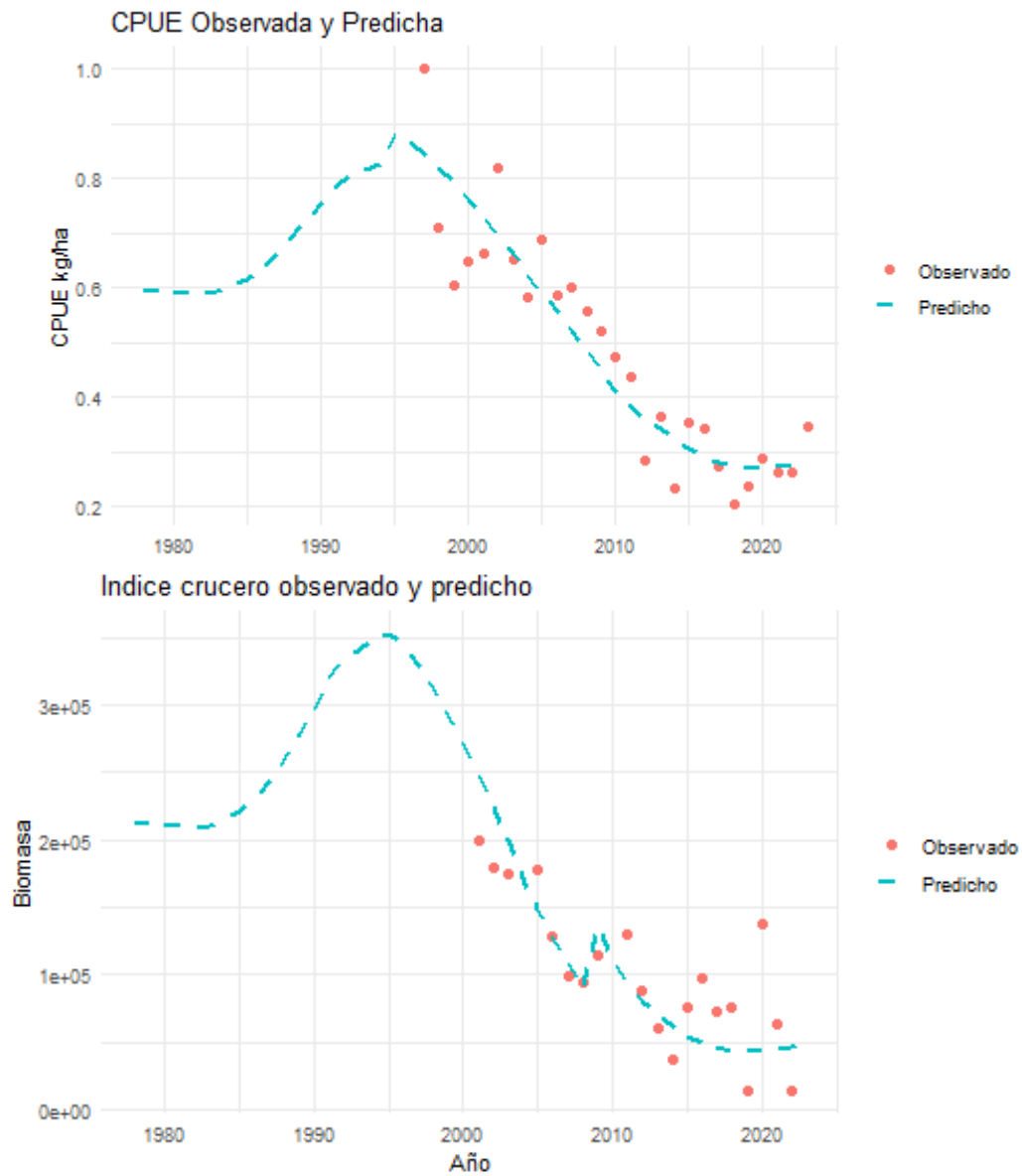


Figura 40 Ajuste del modelo base (línea) a los índices de abundancia basado en la CPUE y en la biomasa hidroacústica.

b) Variables de Estado del modelo base

Las estimaciones del modelo base se analizan hasta el a1o 2023, ya que los resultados del a1o 2024 corresponden a una proyecci3n basada solo en el supuesto de la captura que se realizar3 en el 2024, sin informaci3n de la estructura de edades ni de 3ndices de abundancia. La proyecci3n del 2024 se usa para proyectar los sobrevivientes a enero del 2025, que se utilizan el c3lculo de CBA y proyecciones de mediano plazo con diferentes niveles de F constantes.

La mortalidad por pesca tuvo una tendencia creciente hasta el a1o 2017 y luego disminuy3 hasta el 2023 con un segundo m3ximo en 2021. El a1o 2023 la mortalidad por pesca alcanza un valor de 0.199 a1o^{-1} (**Figura 41 y Tabla 9**), menor al registrado en 2022. La mortalidad por pesca por a1o se distribuy3 por edades de acuerdo con los tres bloques de a1os.

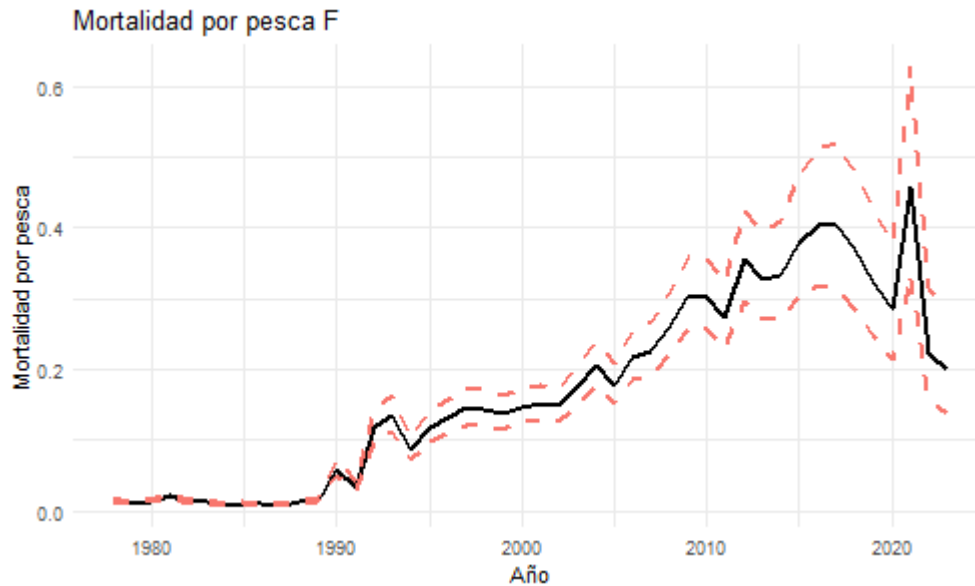


Figura 41 Mortalidad por pesca con intervalo de confianza al 95%.

Tabla 10 Variables principales resultantes del modelo base, biomasa total x 1000 en toneladas, biomasa desovante x 1000 en toneladas, reclutamiento en número de ejemplares x 1000, mortalidad por pesca por año⁻¹ y agotamiento BD/BD0.

Año	Biomasa total	Biomasa desovante	Reclutamiento	Mortalidad por pesca	Agotamiento (BD/BD0)
1978	565	420	180	0.015	0.995
1979	568	417	213	0.011	0.991
1980	575	417	228	0.014	0.99
1981	588	418	265	0.022	0.992
1982	616	426	341	0.014	1.01
1983	670	442	460	0.013	1.048
1984	761	472	648	0.007	1.12
1985	817	516	411	0.011	1.225
1986	905	573	602	0.009	1.359
1987	1006	639	628	0.008	1.516
1988	1152	706	970	0.013	1.676
1989	1238	787	566	0.014	1.866
1990	1325	860	644	0.06	2.04
1991	1432	936	839	0.033	2.222
1992	1452	970	421	0.119	2.301
1993	1432	975	502	0.136	2.312
1994	1371	980	285	0.086	2.326
1995	1327	949	389	0.119	2.251
1996	1220	891	174	0.131	2.114
1997	1102	814	188	0.145	1.932
1998	995	733	236	0.144	1.739
1999	888	652	209	0.137	1.547
2000	822	580	333	0.147	1.377
2001	733	519	136	0.151	1.232
2002	649	467	124	0.147	1.107
2003	580	417	109	0.174	0.99
2004	503	361	87	0.205	0.857
2005	431	312	97	0.178	0.74
2006	380	268	95	0.217	0.637
2007	321	227	53	0.225	0.538
2008	272	189	56	0.263	0.448
2009	232	155	86	0.303	0.367
2010	201	127	101	0.301	0.301
2011	172	109	51	0.273	0.259
2012	155	95	67	0.355	0.225
2013	137	83	54	0.327	0.198
2014	129	74	97	0.333	0.176
2015	118	67	47	0.378	0.159
2016	108	61	56	0.404	0.145
2017	104	57	68	0.405	0.136
2018	103	54	87	0.37	0.129
2019	106	55	92	0.324	0.13
2020	106	57	56	0.285	0.136
2021	111	58	79	0.457	0.138
2022	102	60	38	0.222	0.142
2023	110	63	93	0.199	0.15

La biomasa desovante muestra un crecimiento desde una condición inicial de 420 mil t hasta un máximo de 980 mil en el año 1994 y luego una tendencia decreciente para llegar al valor mínimo de 54 mil t en el 2018, con mayor incertidumbre de estimación hacia los años previos a 2020 (**Figura 42** y **Tabla 9**). El año 2023 se caracteriza por presentar un leve incremento en comparación con el año anterior. Por otra parte, los reclutamientos se estimaron altos para la primera parte de la serie, pero desde el 2000 se estimaron en un nivel bajo relativamente constante (**Figura 43** y **Tabla 9**). Como valor de parámetros de escarpamiento o steepness (d) se utilizó un valor de 0.75.

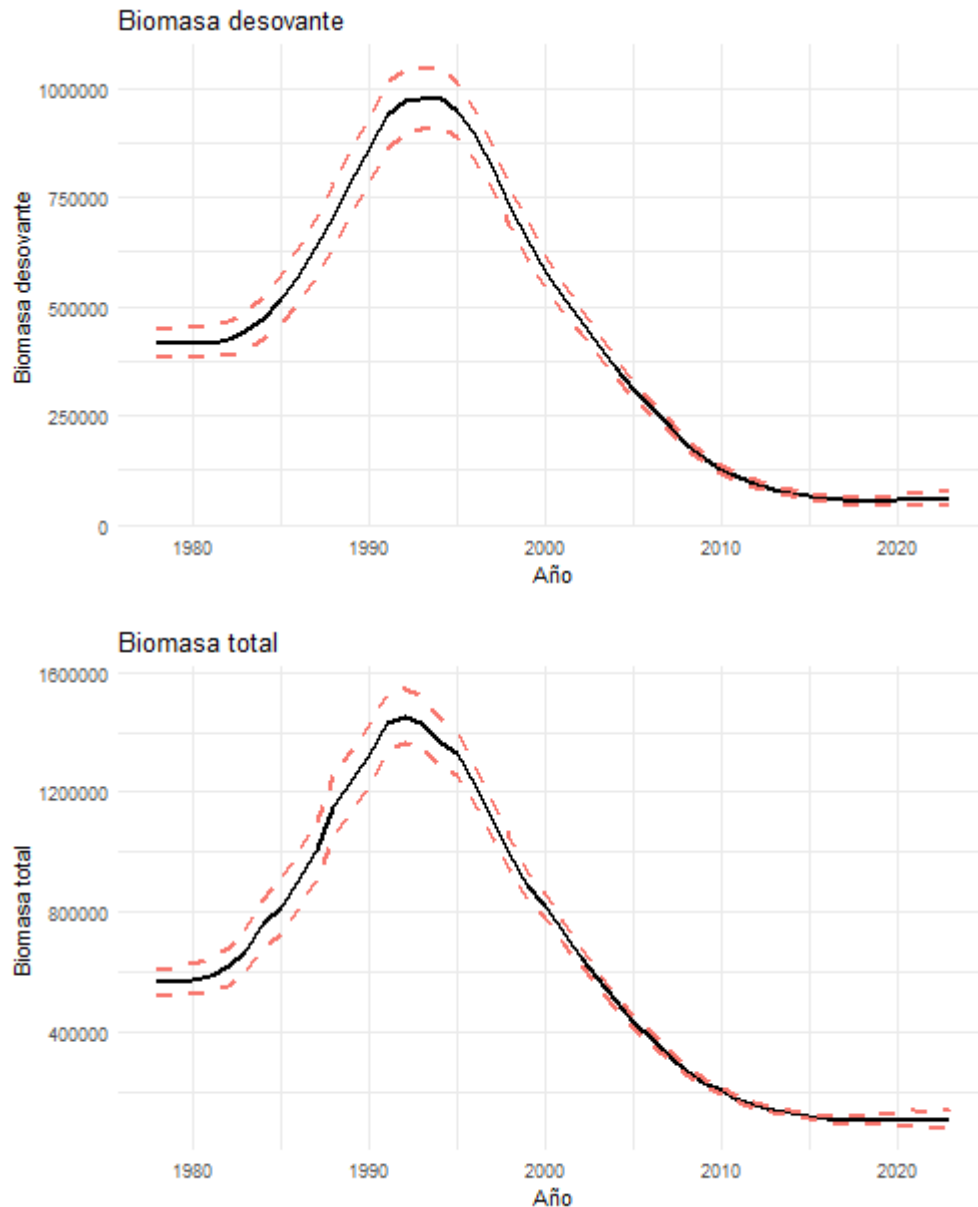


Figura 42 Biomasa desovante y total con intervalo de confianza al 95%.

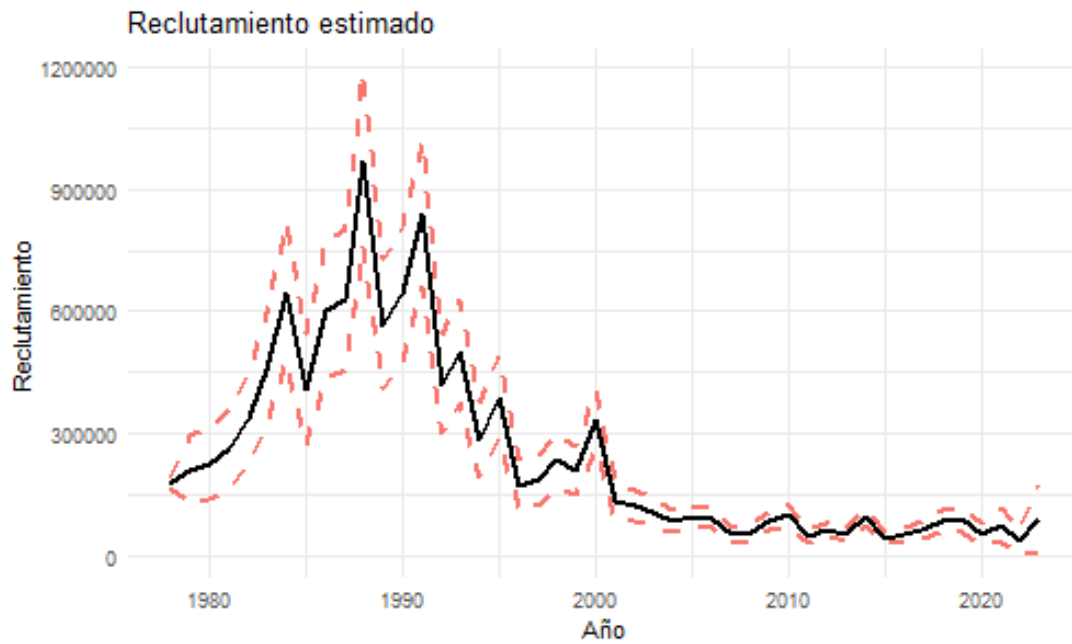


Figura 43 Reclutamientos de peces de 2 años.

El estado del stock al a1o 2023 es de colapsado-agotado, con una mayor incertidumbre en el nivel de explotaci3n que en el nivel de biomasa (**Figura 44**).

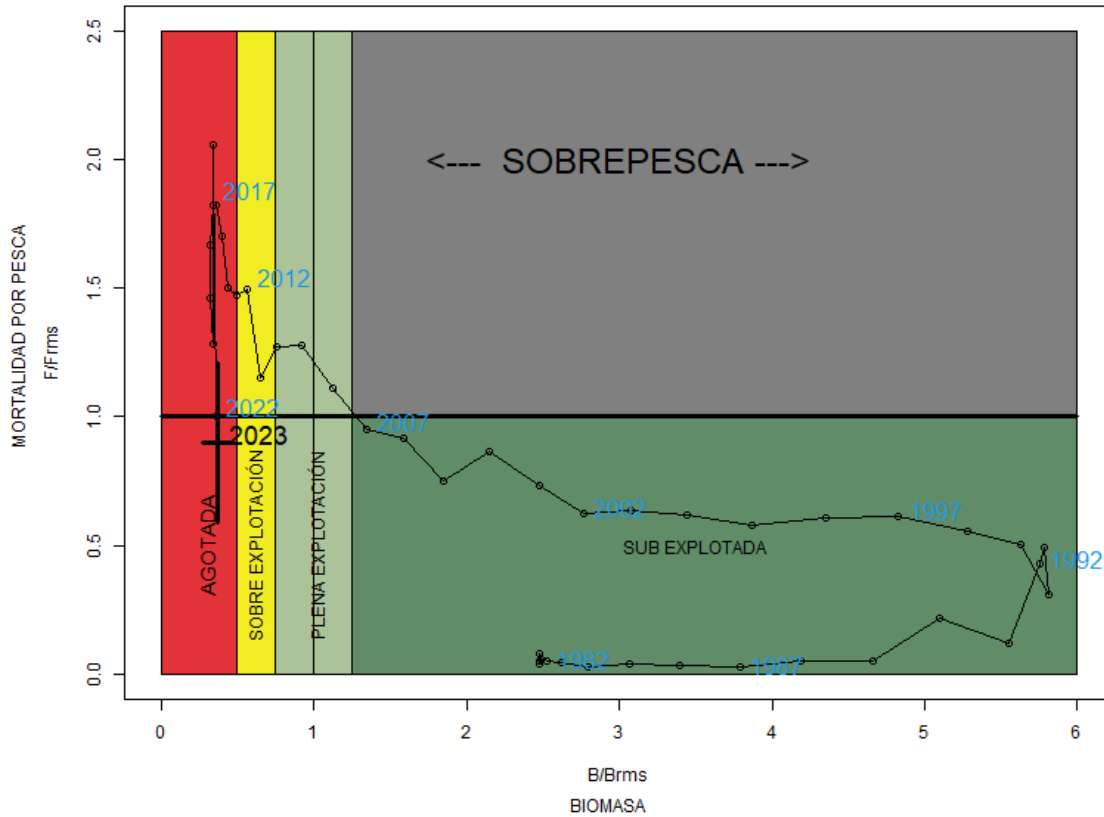


Figura 44 Diagrama de estatus del stock. Se destaca en rojo el estado en el 2023.

c) Capturas biol3gicamente aceptables.

La captura total, sumada la captura chilena m1s la captura argentina al sur de los 54°S, que se obtendr1a en el 2025, aplicando un F_{RMS} (F45BDPR) alcanza las 9616 toneladas. Con un valor de 7270 ton el percentil del 10% y 8656 ton en el percentil del 30% (**Tabla 11**).

Tabla 11 Captura Biol3gicamente Aceptable (CBA) en F_{RMS} bajo una estrategia de explotaci3n con mortalidad por pesca constante. Se evaluaron los riesgos entre 50% y 10%.

CBA 2025 (toneladas)					
Escenario	10%	20%	30%	40%	50%
Caso 2	7270	8075	8656	9152	9616

4.3. Objetivo espec1fico 3:

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

Las proyecciones realizadas aplicando por 40 a1os la estrategia de mortalidad por pesca constante, y considerando tres niveles de (F_{RMS} , F_{stq} y $F=0$) se muestran en las **Figuras 45 a 47**. La proyecci3n con $F=0$, se realiz3 para verificar los resultados del algoritmo de proyecci3n y conocer el potencial de recuperaci3n sin pesca. Las capturas con F_{RMS} y F_{stq} fueron pr1cticamente iguales y las bandas de confianza al 95% se sobrepusieron ampliamente ya que estas F est1n muy pr3ximas como muestra tambi3n el diagrama de estatus (F/F_{RMS}).

La captura proyectada alcanza la captura en el RMS de 24 mil t en el año 2045, es decir, la recuperación del stock desde la condición de colapso actual hasta el objetivo del RMS tomaría aproximadamente 20 años (**Figura 45**).

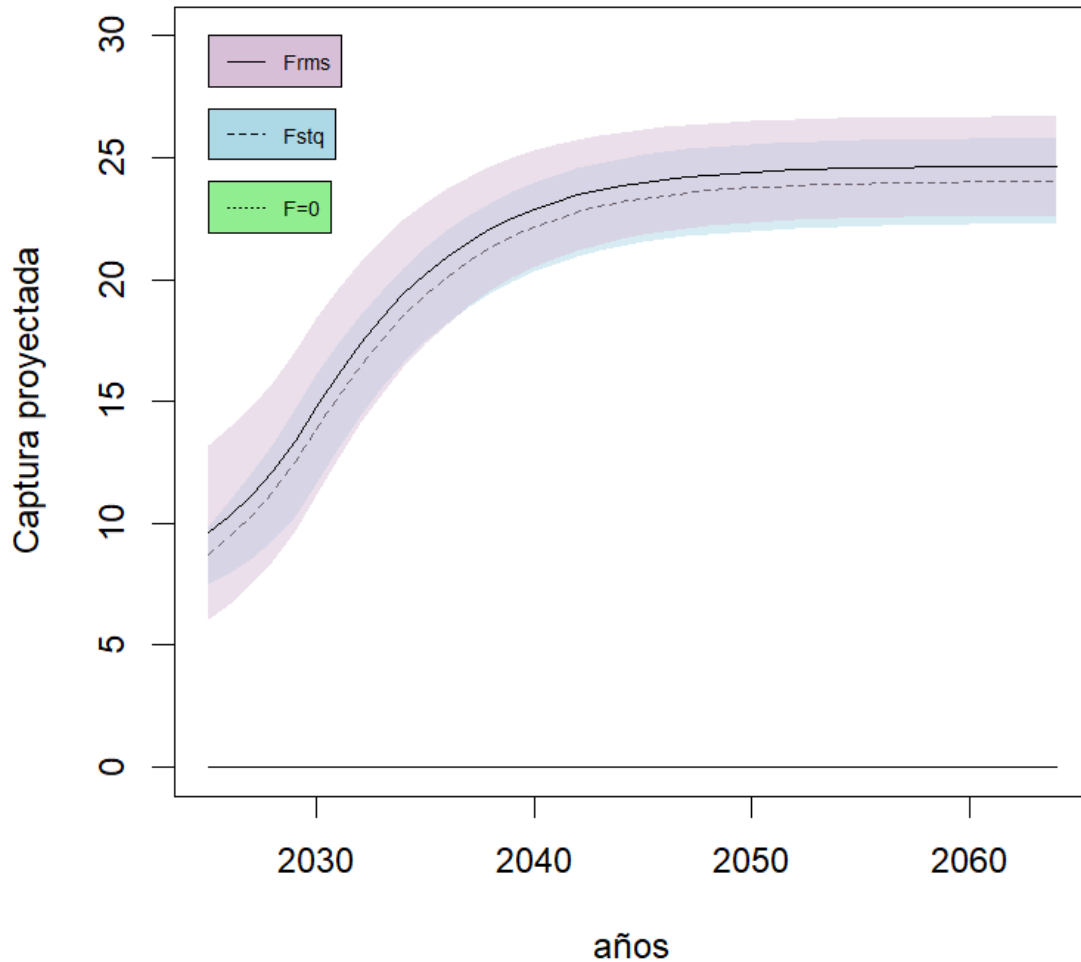


Figura 45 Capturas proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y F=0. Se muestran el estimado máximo verosímil y los percentiles del 2.5 y 97.5.

La recuperaci3n de la biomasa desovante del stock a su condici3n virginal sin pesca ($BD_0 = 421$ mil toneladas) tomaría cerca de 40 ańos (**Figura 46**) si consideramos $F=0$, mientras que alcanzar la biomasa desovante en el RMS ($BD_{RMS}=168$ mil toneladas) tomaría 20 ańos si consideramos un escenario de F en el rendimiento m3ximo sostenido.

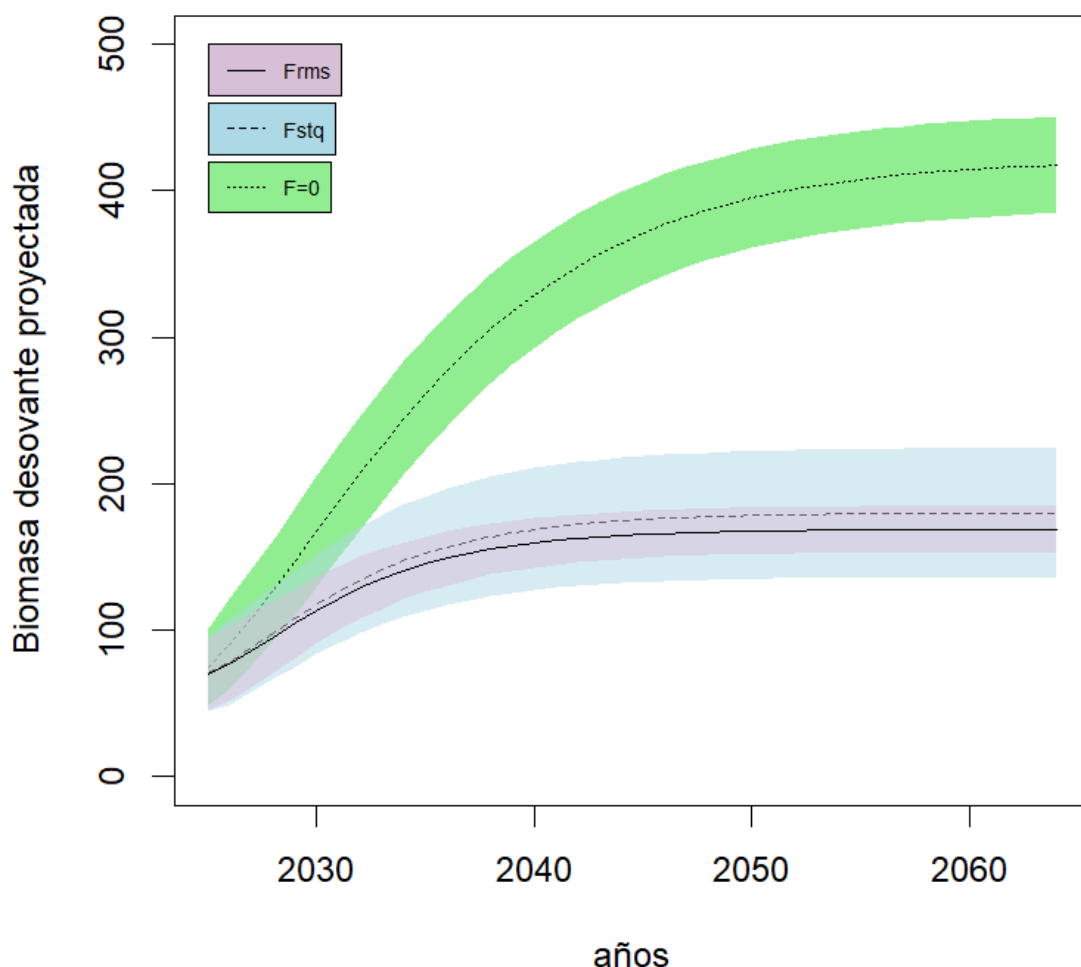


Figura 46 Biomazas desovante proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y $F=0$. Se muestran el estimado m3ximo verosímil y los percentiles del 2.5 y 97.5.

La proyecci3n de la deplesi3n o nivel de agotamiento (BD/BD_0) muestra que el objetivo del 40% de BD virginal se alcanzaría aproximadamente en 20 a3os (**Figura 47**).

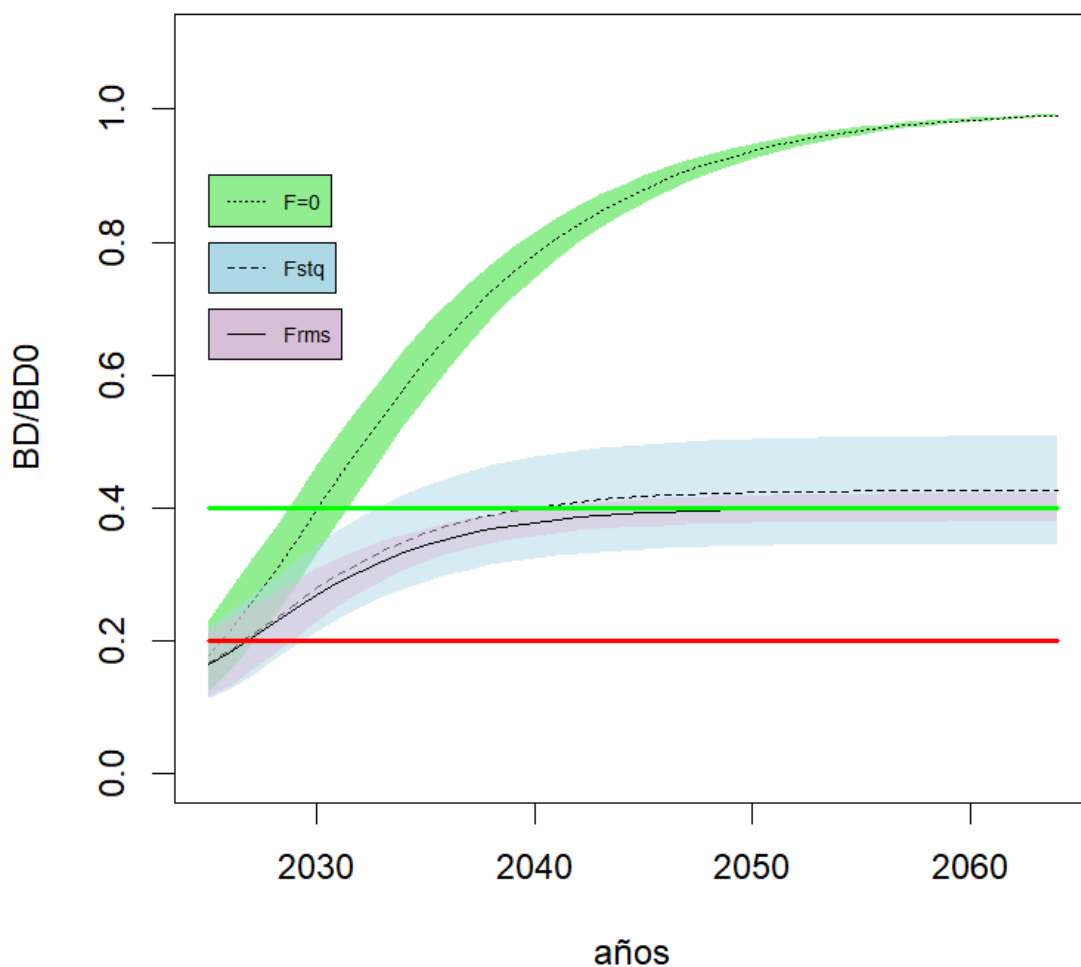


Figura 47 Agotamientos de la biomasa desovante virginal proyectadas aplicando F de RMS, F de estatus quo y $F=0$. Se muestran el estimado máximo verosímil y los percentiles del 2.5 y 97.5. Línea roja 20% BD/BD_0 , línea verde 40% BD/BD_0 .

4.4. Objetivo específico 4:

“Detallar y analizar las fuentes de incertidumbre relevantes asociadas a errores de observación, de modelo, de proceso, de estimación y de implementación”.

4.4.1. Análisis de sensibilidad

Los casos a analizar corresponden al caso base (Caso 1), caso sin capturas argentinas (Caso 2), caso sin filtro del mes (Caso 3) y caso sin capturas argentinas ni filtro de mes en la estandarización de la CPUE (Caso 4 o final). La tendencia general de la biomasa desovante fue similar entre los casos base y Caso 3 (sin factor mes) y en los casos 2 y 4 (sin captura argentina y caso final sin capturas argentinas ni filtro del mes) (**Figura 48 y Tabla 12**). Para el escenario base y sin el factor mes las estimaciones de biomasa desovante son mayores a las estimadas por los otros dos escenarios, al incorporar las capturas argentinas la biomasa es mayor para dar cuenta del nivel de capturas incluidas en el modelo.

La tendencia general en el nivel de depleción (BD/BD0) es baja en todos los escenarios evaluados. En los años más recientes los escenarios base y sin el factor mes (ambos incluyen capturas argentinas) alcanzan valores menores a 15% y los escenarios que no incluyen las capturas argentinas alcanzan valores cercanos al 26% (**Figura 49**). Los escenarios base y sin el filtro de mes (Caso 1 y 3) sitúan al recurso en estado de colapso en los últimos años, mientras que los escenarios sin la captura argentina (Caso 2 y 4) lo llevan al estado de sobreexplotación.

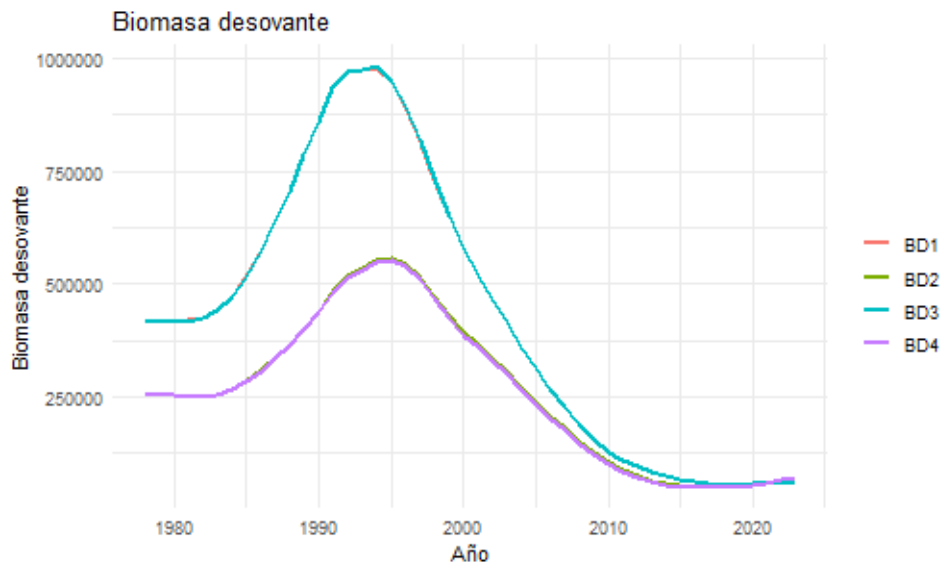


Figura 48 Biomasa desovante por caso.

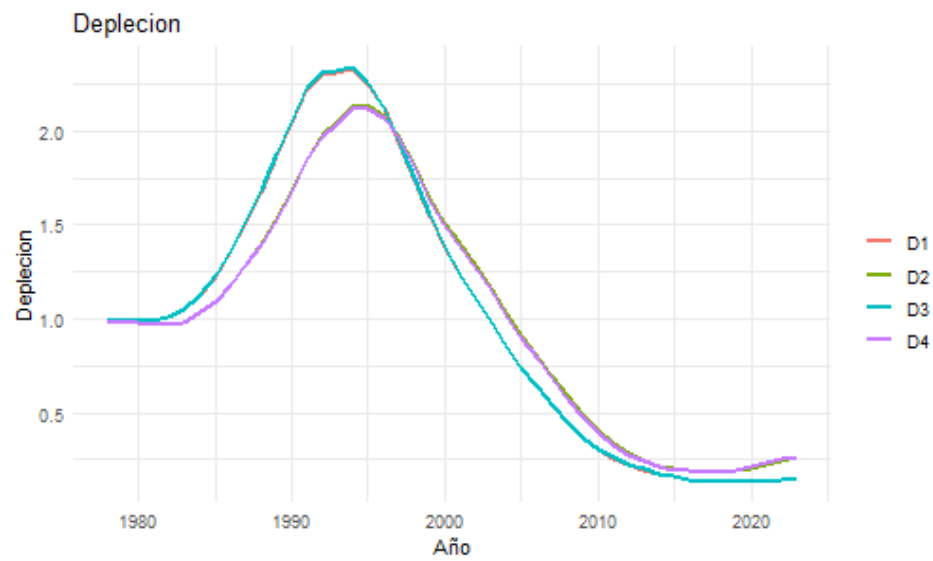


Figura 49 Depleci3n (agotamiento) de la biomasa desovante virginal (BD0) por caso.

Tabla 12 Biomosas desovantes por caso.

Año	caso 1	caso 2	caso 3	caso 4
1978	419520	258772	418022	258108
1979	417498	256283	416006	255615
1980	417083	254251	415607	253567
1981	418321	251887	416879	251170
1982	425624	251913	424242	251132
1983	441706	256309	440395	255430
1984	472145	267807	470917	266780
1985	516361	285592	515231	284361
1986	572790	308871	571777	307384
1987	639139	336891	638268	335103
1988	706257	365034	705559	362926
1989	786554	399695	786063	397206
1990	860041	438287	859779	435389
1991	936467	482381	936449	479036
1992	970018	516393	970210	512665
1993	974595	535089	974966	530981
1994	980454	554201	980957	549729
1995	948922	556418	949476	551696
1996	891046	542650	891596	537735
1997	814183	513876	814687	508860
1998	733126	473407	733543	468339
1999	652218	427684	652528	422646
2000	580371	393318	580545	388287
2001	519162	364758	519184	359684
2002	466706	335607	466593	330507
2003	417421	305743	417195	300642
2004	361427	270875	361138	265884
2005	312110	239063	311802	234271
2006	268306	209361	268014	204774
2007	226895	179812	226649	175479
2008	189024	151818	188842	147747
2009	154595	127790	154491	124005
2010	126803	105622	126781	102138
2011	109047	87905.1	109099	84715.4
2012	94979.2	74968.9	95102.3	72080.7
2013	83448.4	64594.5	83631.8	62161
2014	74007.6	56691.1	74203	54778.7
2015	67034.4	52685.6	67203.3	51232.4
2016	61150.9	50146.7	61261.9	49130.1
2017	57442.4	48628.6	57460.4	48009.5
2018	54438.5	48358.6	54324.1	48075.8
2019	54650.2	50111	54341.8	50125.8
2020	57421.7	54159.3	56868.5	54426
2021	57993.1	59386	57150.8	59881.6
2022	60051.4	64437.3	58934.1	65100.2
2023	63157.9	68817.9	61803.9	69606.8

Las mortalidades por pesca fueron incrementando hasta el 2012 en todos los casos evaluados, la diferencia se observa en los casos que no incluyen capturas argentinas (2 y 4) donde la mortalidad por pesca se reduce progresivamente hasta el último año de la serie (**Figura 50**).

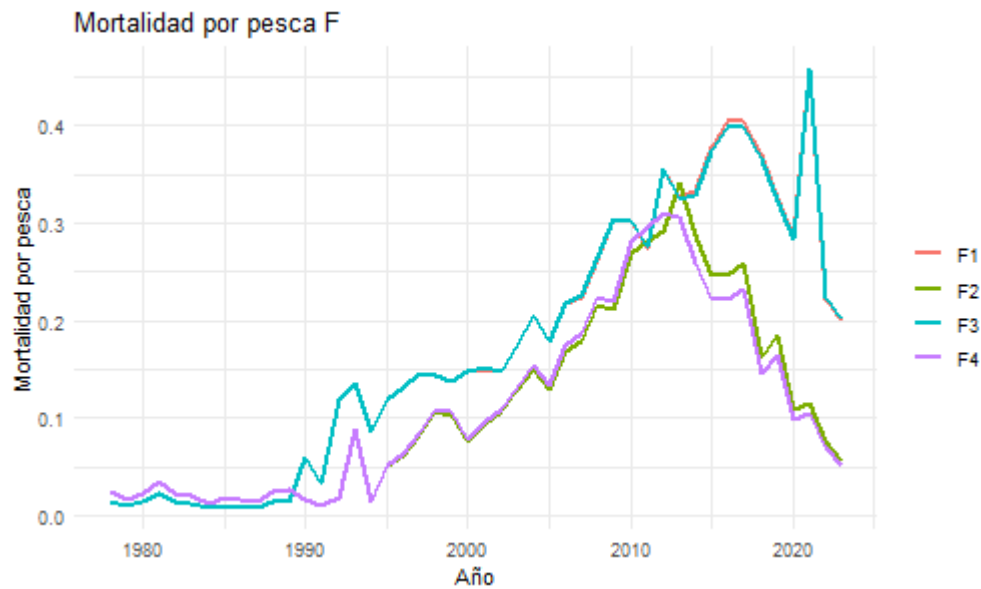


Figura 50 Mortalidad por pesca por caso.

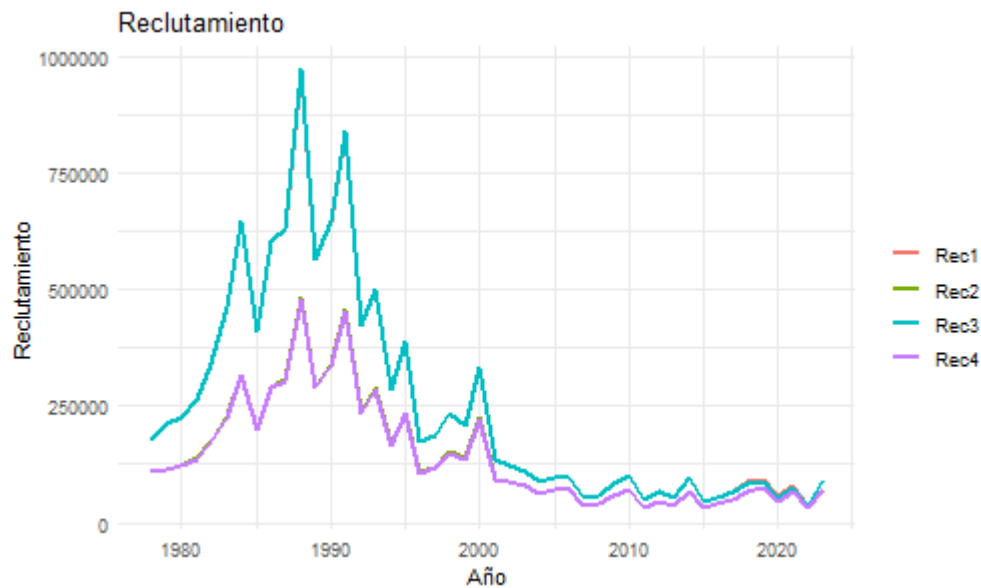


Figura 51 Reclutamientos de peces de 2 años por caso.

Los reclutamientos de peces de 2 a1os estimados por los diferentes casos fueron similares a los estimados en cada escenario a lo largo de la serie hist3rica, con reclutamientos altos en la primera mitad y reclutamientos bajos y relativamente constantes en la segunda mitad de la serie (**Figura 51**).

Las capturas totales que se obtendrían al aplicar el F de rendimiento m3ximo sostenido (**F_{RMS} o F_45%RBDPR**), para diferentes niveles de riesgo (probabilidad) y para cada escenario se presentan en la **Tabla 13**. Para el caso base (modelo utilizado en la asesoría previa) la CBA 2025 se estima en valores entre 7270 y 9616 toneladas asumiendo un nivel de riesgo entre el 10 y el 50%. Las capturas m3s altas se obtienen con el caso 4 que no incluye las capturas argentinas ni el filtro del mes en la estandarizaci3n de la CPUE (8936-10974 toneladas respectivamente).

Tabla 13 CBA (F_{RMS}) por probabilidades y casos.

CBA 2025 (toneladas)					
Escenario	10%	20%	30%	40%	50%
Caso 1 (base)	7270	8075	8656	9152	9616
Caso 2	8785	9483	9986	10416	10819
Caso 3	7049	7850	8428	8921	9382
Caso 4	8936	9635	10140	10571	10974

Tabla 14 Revisión histórica de las estimadas realizadas en valuaciones de stock de años pasados. Donde Fsq es la F de estatus quo y %BD= es el porcentaje de la biomasa desovante virginal. Free model indica que la CBA se estimó directamente desde la biomasa acústica.

Año	CBA Free Model	CBA Modelo	Fsq	%BD=	Estatus	Referencia
2009	17665	ND			Saludable	Feltrim 2019
2010	16665	45000			Saludable	Contreras 2010
2011	18000	15200			Saludable	Contreras et al 2011
2012	17000	15000			Saludable	Contreras et al 2012
2013		19000		40%	Saludable	Contreras et al 2013
2014		16000		34%BD0	Saludable	Contreras et al 2014
2015						
2016						Contreras 2016
2017		9800		16%BD0	Colapsado o agotado	Contreras 2017
2018		10000		21%Bd0	Sobreexplotado	Contreras y Quiroz 2018
2019		12000	6600	25%BD0	Sobreexplotado	Contreras 2019
2020		15800	6500	29%BD0	Sobreexplotado	Contreras 2020
2021		6600	7800	<20%BD0	colapsado o agotado	Contreras et al 2021
2022		15268		<20%BD0	colapsado o agotado	Payá et al 2021

5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Discusión

Iniciar el modelo de evaluación en el año 1978 en una condición virginal sin pesca tiene la limitación que no hay datos independientes sobre la productividad del stock en ese año, y que hasta el 1992 las capturas en Chile fueron bajas y obtenidas como fauna acompañante. Frente a esto, el modelo estima cambios de biomasa determinados por las fluctuaciones de los reclutamientos, los cuales a su vez se dimensionan para dar cuenta del gran aumento de las capturas (desde que el recurso pasa a ser especie objetivo) y del cambio en su estructura, así como de las capturas y de los índices de abundancia disponibles. En una población gobernada solo por procesos denso-dependientes un cambio de productividad se puede asociar a un cambio en la relación stock-recluta (parámetro de “steepness”), sin embargo, en el modelo base se supone que esta relación es constante. Sin embargo, se incluyen errores de proceso, que permiten desviaciones de los reclutamientos de esta relación. Suponer un cambio hacia una menor productividad del stock podría cambiar el estatus del stock hacia una condición más favorable, pero no existiendo evidencia independiente, este cambio de supuesto no es precautorio.

Se encontraron cambios notables en las estructuras del stock a través de los años. La ausencia de diferencias en la estructura de tamaños del contingente que ingresó a partir del año 2013, entre junio y agosto, en comparación con la estructura de tamaños observada entre enero y mayo, puede ser explicada por al menos dos hipótesis. La primera, es que el stock está igualmente agotado en ambos países, por lo que los flujos entre países no son evidentes en cambios en la estructura, la segunda, es que existió un stock reproductor migratorio importante que venía del Atlántico que ahora está agotado, y que tiene una estructura similar a la fracción del stock que habitualmente se pescaba en Chile en períodos no reproductivos.

La estructura de tamaños de la flota comercial ha permitido cubrir el rango entre los 20 y 70 cm de longitud total, lo cual sugiere que el parámetro de crecimiento ($L_{inf} = 59,565$ cm.), podría estar subestimado. No obstante, es importante notar que el modelo de crecimiento no es usado en el modelo de evaluación ni en el cálculo de cuota, ya que se usa una aproximación empírica basada en claves talla-edad de la captura comercial. Por otra parte, se debe recordar que el valor del parámetro L_{inf} corresponde al valor promedio de la mayor edad y no a la máxima longitud observada.

En relación con un posible efecto sobre la estimación de la biomasa desovante del cambio desde una captura como fauna acompañante a una como especie objetivo (1993), el modelo de evaluación no tiene información independiente adicional (evaluación acústica y/o CPUE estandarizada) para

diferenciar entre capturas objetivo y de fauna acompañante, por lo que es capaz de estimar su impacto sólo en función de los supuestos de cambio de los patrones de explotación. Debido a esto en este informe se incluyeron los casos 4 y 5 que consideraron el inicio del modelo en el año 1990, es decir, desde cuando se dispone de estructura de la captura y más próximo al inicio de la pesca objetivo (1993). El año 1990 fue modelado como una condición de equilibrio dinámico para reflejar que el stock no era virginal y ya había sido pescado en años anteriores.

Los casos que incluyeron las capturas argentinas tuvieron niveles de biomasa desovante muy distintos a aquellos que no las incluyeron. La razón $DB/BD0$ fue menor en el escenario 1 y 3 ya que $BD0$ depende de la abundancia virginal (N_0) que proviene del reclutamiento medio R_0 ($N_0(1)=\exp(\log_R - 0.5 \cdot \text{square}(\sigma_R))$). Para el caso 1 $\log_R$ fue estimado en 12.28 mientras que para el caso 4 fue estimado en 11.78. En consecuencia, es necesario continuar con estos análisis de sensibilidad ya que el año de inicio de la evaluación podría cambiar la biomasa desovante de referencia para se utiliza para definir el estatus del stock.

En cuanto a las proyecciones, estas se basan en la proyección de los reclutamientos desde la relación stock-recluta, pero sin incorporar el error de proceso en torno a esta relación. Debido a que el error de proceso resultó alto en el modelo de evaluación, se sugiere para futuros análisis incorporarlo en las proyecciones, de forma de tener una mejor percepción de la incertidumbre de la proyección. Por lo tanto, las proyecciones realizadas deberían tener un mayor intervalo de confianza para reflejar en mejor forma el riesgo que el stock se mantenga en la zona de colapso. No obstante, las proyecciones realizadas son suficientes para tener una estimación del plazo de recuperación largo (20 años), lo cual es riesgoso para la recuperación del stock.

Hasta el momento, no existe un plan de recuperación del stock, ya que no existe un plan de manejo para esta pesquería. Esta situación se complica aún más por la naturaleza migratoria del stock, que ocuparía tanto aguas nacionales como argentinas (al sur de los 54°S). En consecuencia, se sugiere diseñar y aplicar un plan de manejo interino mientras no se defina un plan de manejo y no se busque un manejo coordinado con Argentina. Este plan debería excluir la aplicación de una cuota de captura basada en el F_{RMS} , ya que el tiempo de recuperación es muy largo (20 años) con esta estrategia, y no considerar aplicar toda la captura biológicamente aceptable (CBA) a la captura chilena sin considerar las capturas que se realizan en Argentina.

La evaluación acústica para el año 2022 reportó una biomasa total de 13644 toneladas, que representó un 21% de lo estimado en el año 2021. Es por esto por lo que se incluyó el escenario número 6 en la asesoría previa para contrastar el impacto de este valor en las variables de estado y la CBA. Con este escenario los valores de CBA se mantienen en los órdenes de magnitud de lo reportado en la asesoría previa que incluía valores de biomasa acústica mucho más altos. En este sentido se debe considerar

que el modelo de evaluación de stock base supone un valor constante de la eficiencia (“capturabilidad”) en como el crucero acústico estima la biomasa presente en la zona de desove, por lo tanto, toda la variabilidad de la biomasa acústica es interpretada como error de observación, el cual aumentó fuertemente en el 2019 y 2020. No obstante, también es posible que este supuesto sea incorrecto y existan también errores de proceso en la biomasa estimada por el modelo, tales como cambios en la capturabilidad y/o disponibilidad y/o en la fracción que migra a desovar desde el Atlántico). Esto podría, en el futuro, modelarse como modelos de estado-espaciales. Es importante considerar que para la asesoría actual no se contó con índices provenientes de crucero acústico ni tampoco con las estructuras etarias ya que no se realizó crucero acústico en el año 2023.

5.2. Conclusiones

- a) Se aplicó el mismo modelo de evaluación que el año pasado, con los mismos parámetros biológico-pesqueros, dinámica poblacional y pesquera, y con los mismos ponderadores para los diferentes datos e índices de abundancia.
- b) El estado del stock es de agotado-colapsado, la biomasa desovante se encuentra reducida a 15% de la biomasa desovante virginal
- c) La mortalidad por pesca actual es menor que la mortalidad por pesca que conduce al RMS en el largo plazo.
- d) Las proyecciones realizadas indican que para recuperar el stock y conducirlo al nivel del RMS, con el actual nivel de explotación, se requiere de más de 20 años.
- e) Se sugiere disminuir los niveles de explotación actual para reducir el riesgo sobre el stock que involucra un plazo de recuperación tan largo.
- f) La captura total para el año 2025, sumada la captura chilena más la captura argentina al sur de los 54°L.S., que resulta de aplicar la mortalidad que conduce al stock al RMS en un plazo de 20 años, fluctúa entre las 7270-9616 t para el percentil del 10 y 50%.
- g) Se sugiere, para recuperar el stock en un plazo más corto, coordinar esfuerzos con Argentina para regular la mortalidad por pesca.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo M., J. Chong y I. Paya 2010. Estimación de edad, crecimiento y mortalidad natural de merluza de tres aletas, *Micromesistius australis* Norman (1937) en el Océano Pacífico Suroriental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45 (51): 310-324.
- Arkhipkin A., P.C. Schuchert and L. Danyushevsky L (2009) Otolith chemistry reveals fine population structure and close affinity to the Pacific and Atlantic oceanic spawning grounds in the migratory southern blue whiting (*Micromesistius australis australis*). *Fisheries Research* 96:188–194.
- Céspedes R., V. Ojeda, L. Adasme, L. Muñoz, K. Hunt, L. Cid, M. Miranda, A. Villalón y P. Gálvez. 2013. Informe Final Convenio Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura 2012. Actividad 1: Seguimiento General de Pesquerías de Peces y Crustáceos. Pesquerías Demersales y Aguas Profundas 2012. Sección IV: Demersales Sur Austral Industrial. Requirente SUBPESCA Ejecutor IFOP. 150 p. (+ anexo).
- Céspedes R y L Adasme. 2007. Descarte y subreporte en la pesquería demersal austral (PDA), 2007. Investigación situación pesquería demersal austral, 2007. Anexo 7. Informe de IFOP a SUBPESCA
- Céspedes R., H. Robotham, A. Zuleta, A. Adasme y P. Gálvez. 1998. Análisis de la pesquería de la merluza de tres aletas en la zona sur austral. Informe Final (FIP 96-36), IFOP, 124 pp.
- Contreras F., y C. Canales. 2011. Convenio investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables 2011, de las principales pesquerías chilenas. SUBPESCA informe final: actividad 2: peces demersales-merluza de tres aletas. Julio 2011. 59 p.
- Contreras F., J.C. Quiroz y C. Canales. 2012. Implicancias de la condición reproductiva en la evaluación de stock de Merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en Chile. II Simposio Iberoamericano de Ecología Reproductiva, Reclutamiento y Pesquerías–SIBERCOP II- Mar del Plata.
- Contreras F., C. Canales y J.C. Quiroz y 2014. Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables en Merluza de tres aletas, al sur del paralelo 47°, año 2014.
- Contreras-Reyes J., R. B. Arellano-Valle and TM. Canales. 2014. Comparing growth curves with asymmetric heavy-tailed errors: Application to the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). *Fisheries Research* 159 (2014) 88–94.

- Contreras F. y J.C. Quiroz y 2017. Convenio de desempeño 2017: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables en Merluza de tres aletas, al sur del paralelo 47°, año 2017.
- Contreras F., J.C. Quiroz. 2020. Convenio Desempeño 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2020. Merluza de tres aletas. Instituto de Fomento Pesquero. 126 pp.
- Contreras F., J.C. Quiroz y G. Moyano. 2021. Convenio Desempeño 2020. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2021. Merluza de tres aletas. Instituto de Fomento Pesquero. 122 pp.
- Falkland Islands Government. 2022. Fisheries Department Fisheries Statistics, Volume 26, 2021: 98pp Stanley.
- FAO/Gobierno de Suecia. 1995. Informe administrativo de la consulta técnica sobre el enfoque precautorio para la pesca de captura (incluidas las introducciones de especies). FAO Informe de Pesca 527:26p.
- FAO. 1995. Precautionary approach to fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 350 (Part 1). Roma, FAO. 47 pp.
- Fournier D. A., H. J. Skaug, J. Ancheta, J. Ianelli, A. Magnusson, M. N. Maunder, A. Nielsen and J. Sibert 2012. AD 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. 2013. Report on the 2012 stock assessment of Southern Blue Whiting “Merluza de Tres Aletas”. Department of Oceanography, University of Concepción.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 68: 1124–1138.
- Hoening, J.M., W.D. Lawing, and N.A. Hoening. 1983. Using mean age, mean length and median length data to estimate the mortality reate. ICES Stat. Comm. Document No. 23. 11 p.
- Indrajeet P. 2018. ggstatsplot: 'ggplot2' Based Plots with Statistical Details. R package version 0.0.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ggstatsplot>
- Lillo S., R. Céspedes y M. Barbieri. 1999. Evaluación directa del stock desovante de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final, IFOP (1999), 48 pp. (+ figuras).

- McAllister M., K. and J. Ianelli. 1997. Bayesian stock assessment using catch-age data and the sampling-importance resampling algorithm. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54, 284–300.
- McCullagh P. and J.A. Nelder, 1989. *Generalized Linear Models*, 2nd edition. Chapman and Hall, London, 1989.
- Nelson G.A. 2014. fishmethods: Fishery Science Methods and Models in R. R package version 1.7-0. <http://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>.
- Niklitschek E.J., D. Secor, P. Toledo, A. Lafon, and M. George-Nascimento. 2009. Segregation of SE Pacific and SW Atlantic southern blue whiting stocks: integrating evidence from complementary otolith microchemistry and parasite assemblage approaches. *Environmental Biology of Fishes* November 2010, Volume 89, Issue 3-4, pp 399-413.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 39:175–192.
- Payá I, F. Contreras, M.C. Pérez y A. Roldán. 2022. Estatus y posibilidades de explotaci3n biol3gicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, a3o 2022: Merluza de tres aletas, 2022. Segundo Informe T3cnico. Instituto de Fomento Pesquero. 108 pp + 4 anexos.
- Payá I, C. Canales, D. Bucarey, M. Canales, F. Contreras, F. Espíndola, E. Leal, C. Montenegro, J. Quiroz, R. Tascheri. 2014. Revisi3n de los puntos biol3gicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales.” Primer Taller internacional. Informe de Avance 1. Subsecretaría de Economía - IFOP. 32 pp.+ 4 Anexos.
- Payá I. y M. Montecinos. 2005. Investigaci3n evaluaci3n Captura Total Permissible merluza de tres aletas, sur 47°. 2005. Instituto de Fomento Pesquero.
- Punt A.E., T.I. Walker, B.L. Taylor and F. Pribac. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fish. Res.*, 45: 129-145.
- Ramos JE. & Winter, A. 2021. Stock assessment of southern blue whiting (*Micromesistius australis* australis) in the Falkland Islands. SA–2021–BLU. Fisheries Department, Directorate of Natural Resources, Falkland Islands Government, Stanley, Falkland Islands. 52 p.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rosenberg A.A, V.R. Restrepo. (1994). Uncertainty and Risk Evaluation in Stock Assessment Advice for U.S. Marine Fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51(12):2715-2720. DOI: 10.1139/f94-271

- Shubnikov D.A., Y.E. Permitin and S.P. Voznyak. 1969. Biology of the pelagic gadoid fish *Micromesistius australis* Norman. Trudy VNIRO 66: 299-306.
- Thorson, J. T., S. B. Munch, J. M. Cope, and J. Gao. 2017. Predicting life history parameters for all fishes worldwide. *Ecological Applications*. 27(8): 2262–2276. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eap.1606/full>.
- Vargas R., J. Legua, V. Ojeda, R. C3spedes, M. Miranda, L. Mu3oz, M. Lichtenberg, S. Klarian, F. Vargas, C. L3pez, J. Julca, I. Quintanilla y A. Saavedra. 2023. Evaluaci3n del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones: Secci3n III. Merluza de tres aletas. 2023. Convenio de desempe3o 2022. Subsecretar3a de Econom3a y EMT 152 pp + Anexos.

A N E X O S

A N E X O 1

Actividades realizadas por concepto de asesoría a la gestión técnica
merluza de tres aletas



Como parte del proceso de asesoría científica a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y al Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Sur-Austral (CCTRDZSA), durante el año calendario se realizaron tres presentaciones a Comité Científico de las cuales, la primera se realizó el 7 de mayo de 2024 y tuvo por objetivo identificar los datos de entrada al modelo. La segunda reuni3n se realizó el día 6 y 7 de agosto de 2024 e incluyó la revisi3n del modelo base y escenarios de incertidumbre. Una tercera reuni3n se realizó como parte del proceso de Peer Review (FIPA 2023-27) los días 3 al 7 de junio de 2024 donde se presentaron los datos de entrada al modelo de evaluaci3n y supuestos de dicho modelo con sus respectivos escenarios de incertidumbre, modelo conceptual y modelo de evaluaci3n de stock.

Las actas de dichas reuniones est3n publicadas en el sitio web de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y son de acceso p3blico en los siguientes enlaces:

CCTRDZSA N°1

Adem3s, el proceso de asesoría realizado por el Instituto de Fomento Pesquero es sometido cada a3o a revisiones externas de informes, reuniones peri3dicas con el programa de seguimiento de pesquerías demersales zona sur-austral y reuniones peri3dicas con el Comité Científico Técnico. Hasta la fecha, gran parte de los comentarios y solicitudes emanadas por el Comité Científico Técnico y los evaluadores externos han sido abordadas. Durante el a3o, se realizó el proceso de peer review para merluza de tres aletas con el objetivo de desarrollar una revisi3n detallada de la evaluaci3n de stock y un benchmark para el proceso de evaluaci3n de stock. Los principales hitos de este proyecto FIPA 2023-27, comprenden dos talleres de trabajo realizados en junio de 2024 y el taller de presentaci3n de resultados que se realizó en enero de 2025. Actualmente, IFOP se encuentra identificando una lista de los principales resultados del reporte final del proyecto para dar priorizaci3n a las distintas actividades para el proceso de asesoría 2026. Informaci3n relacionada al proyecto puede ser encontrada en el siguiente enlace:

Proyecto FIPA 2023-27

A N E X O 2

Mejoras al modelo de evaluación de stock de merluza de tres aletas, mod3a. Versión 2.1

Citar como: Payá I. 2023. Mejoras al modelo de evaluación de stock de merluza de tres aletas, mod3a. Versión 2.1. Anexo 1 en Payá I, M.C. Pérez y F. Contreras. 2023. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2023: Merluza de tres aletas. Segundo Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. 120 pp.

Modelo de Evolución para merluza de 3 aletas, mod3a Versión 2.1

Autor versión 2.1: Ignacio Payá C. agosto 2022.

Se basa en el código mod3a de Contreras *et al.* 2020, al cual se adicionan los siguientes complementos:

1. Se agrega archivo de parámetros iniciales (ejemplo: caso2.pin)
2. Se define un archivo de control (ejemplo: caso2.cti).
3. Los nombres de los archivos de datos y parámetros iniciales deben ser definidos en el archivo de control (ejemplo caso2.dat, caso2.pin)
4. Para ejecutar el programa se debe usar argumentos: args: -ind caso2.cti -nox
5. Se agrega nueva función FUNCTION Eval_F_{RMS}, la cual:
 - a) Estima los PBR: $F_{X\%BDPR}$ por períodos de selectividad
 - b) La proporción ($X\%BDPR$) se define para cada período de selectividad en el archivo de control.
 - c) Estiman $F/F_{X\%BDPR}$ con desviaciones estándares para cada año.
6. Mejoras a la FUNCTION Eval_CTP.
 - a) Se reemplaza F_{RMS} por PBR (ejemplo $PBR = F_{0,45BDPR}=F_{RMS}$)
 - b) Proyecciones con F constante basadas en: 1) F_PBR; 2) Estatus quo; 3) F=0.
7. Se separa el cálculo de biomasa desovante del primer año de la biomasa desovante virginal, para esto la abundancia a la edad del primer año se considera en equilibrio dinámico.

El código de la versión 2.1 y sus archivos se entregan en formato digital en la base de datos que se adjunta a este informe.

A N E X O 3

Índice de abundancia de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*)
basado en la modelación de las tasas de capturas comerciales.

Citar como:

Pérez, M.C. 2024. Índice de abundancia de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) basado en la modelación de las tasas de capturas comerciales. Anexo. 2 en Pérez, M.C., Payá I. y Contreras, F. 2025. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2025: Merluza de tres aletas. Segundo Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. 121 pp.

1. CPUE estandarizada (1997–2023) de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) mediante Modelos Lineales Generalizados (GLMs, por sus siglas en inglés). Se modificó la variable respuesta al logaritmo Log CPUE, con una distribución gaussiana del error y corrección por sesgo ($\log(\text{cpue})$, $\text{family}=\text{gaussiana}$; $\exp(u+0.5*\text{var}^2)$).

Introducción y análisis de datos

Para la estandarización de la CPUE de merluza de tres aletas se utilizan las bases de datos oficiales del Instituto de Fomento Pesquero, las cuales contienen información de pesca comercial de la Pesquería Demersal Austral (PDA) durante el periodo 1978-2023. Siguiendo los comentarios realizados por los investigadores expertos, los años iniciales de la serie histórica no son utilizados en la estandarización de la CPUE (1978-1988) ya que los rendimientos de pesca reflejarían un proceso más bien de aprendizaje de captura y no un aumento real de la biomasa. Es por esta razón que el proceso de estandarización se realiza desde el año 1989 pero solo se utiliza una porción del índice en el modelo de evaluación (1997-2023).

Una vez seleccionada la especie, se realizan filtros en la base de datos según lo reportado en Tabla 1 del informe final 2021 (Contreras *et al.*, 2021). Estos filtros provienen del trabajo histórico de estandarización de CPUE de este recurso y corresponden a la selección de los buques con mayor participación histórica (UNZEN MARU, UNION SUR y UNION SUR I); los meses en donde se concentra la captura (junio a noviembre), la serie histórica a trabajar (1989 al 2023) y las zonas donde se produce el proceso de pesca (zona de 1 a 6). Además, se realizan algunos otros filtros como por ejemplo valores de CPUE menores a 500 toneladas por hora de arrastre, capturas mayores a 2 toneladas y horas de arrastre entre 0.15 y 3.5.

La **Figura 1** presenta el histograma de los datos utilizados en la estandarización después de los filtros anteriormente mencionados (con su respectivo logaritmo), CPUE en toneladas por hora de arrastre, captura en toneladas y esfuerzo en horas de arrastre. Además, la **Tabla 1** reporta los valores promedio por año de esfuerzo (ha), captura (ton), CPUE (ton/ha) y número de registros anuales disponibles para el análisis.

En cuanto al número de registros, durante el periodo 1993-2019 encontramos valores por sobre los 100 registros. Los valores más bajos se encuentran en los años 1990 y 2020 con 24 y 36 registros respectivamente después de aplicar los filtros y el mayor valor se encuentra en el año 1996 con 372. Los valores de esfuerzo en horas de arrastre se han mantenido relativamente estables con valores mínimos que bordean las 1.65 horas de arrastre en los años 1994, 1995 y 2020 y un valor máximo de 2.75 horas de arrastre en 1993. La captura promedio en toneladas ha tenido mayor variación con valores mínimos a comienzos de la serie histórica (1989-1994) y valores máximos en el año 2002 (89 toneladas). La captura promedio muestra una tendencia decreciente desde el 2002 hasta 2020, con un aumento en año 2022 (44.59 toneladas) (**Figura 2**).

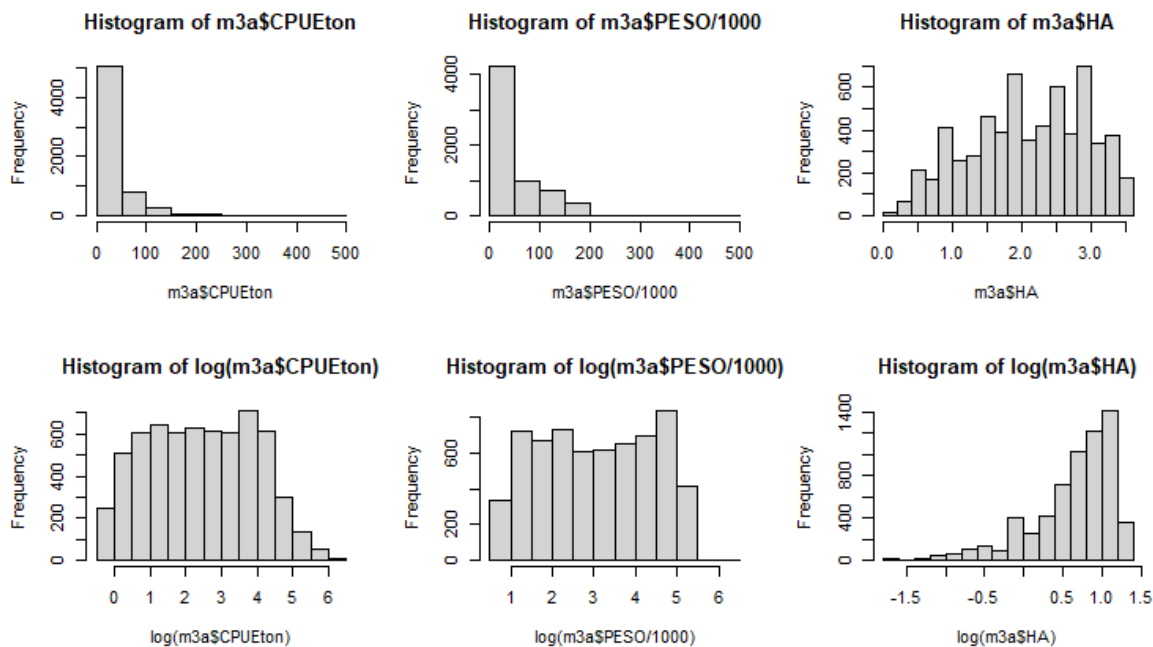


Figura 1 Histograma de la CPUE en toneladas por hora de arrastre, captura en toneladas y esfuerzo en hora de arrastre con su respectivo logaritmo (base de datos posterior a los filtros).

Tabla 1 Valores promedio de esfuerzo en horas de arrastre, captura en toneladas, CPUE en toneladas por hora de arrastre y número de registros por año.

Año	Esfuerzo (ha)	Captura prom (t)	CPUE (t/ha)	n
1989	2.28	7.25	3.66	81
1990	2.2	8.76	4.26	24
1991	2.47	10.04	5.14	52
1992	2.7	13.07	5.39	92
1993	2.75	11.03	4.22	126
1994	2.5	15.9	6.87	78
1995	1.72	38.57	37.35	282
1996	1.66	55.39	46.96	372
1997	1.89	68.67	56.76	286
1998	2.18	69.73	39.4	156
1999	2.31	61.66	26.33	159
2000	1.92	54.97	38.09	275
2001	2.05	54.49	33.57	285
2002	1.95	89.33	51.21	190
2003	2.22	70.17	38.33	191
2004	2.14	50.35	28.98	240
2005	2	55.32	47.84	286
2006	2.18	52.27	31.18	242
2007	2.13	52.96	34.72	246
2008	2.14	57.43	33.12	242
2009	2.04	42.76	29.85	297
2010	2.05	40.37	29.38	302
2011	2.15	43.72	25.83	250
2012	2.2	33.91	21.62	252
2013	2.15	43.32	23.86	185
2014	2.19	27.22	15.45	151
2015	2.27	32.79	17.72	127
2016	2.24	24.2	18.57	173
2017	2.21	23.14	16.36	203
2018	2.37	20.52	9.52	109
2019	2.08	20.06	21.07	115
2020	1.61	19.67	24.42	36
2021	2.25	37.89	25.26	51
2022	1.88	44.59	32.82	51
2023	2.06	32.8	21.73	64

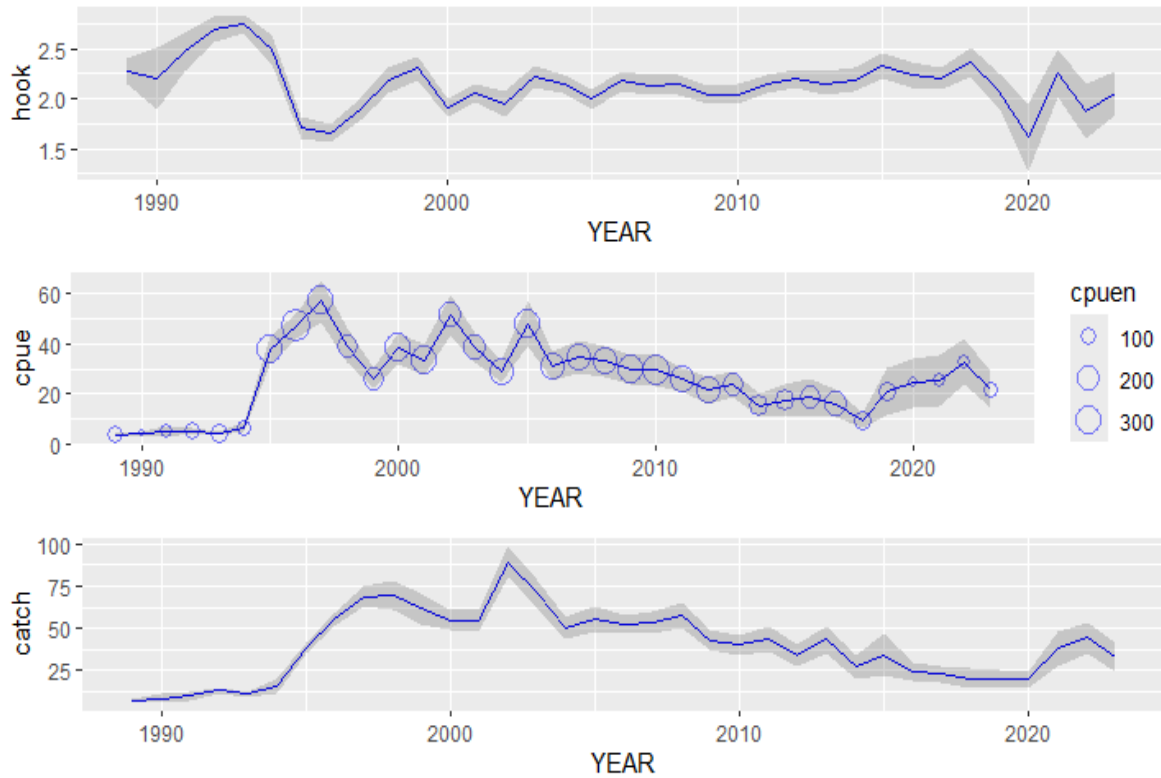


Figura 2 Valores promedio de esfuerzo en horas de arrastre, captura en toneladas y CPUE nominal toneladas por hora de arrastre, bit3cora merluza de tres aletas periodo 1989-2023.

Estandarizaci3n de la CPUE

La primera etapa del proceso de estandarizaci3n de la CPUE de merluza de tres aletas comienza con los filtros mencionados anteriormente y que provienen de la Tabla 1 en Contreras *et al.* (2021). Utilizando los barcos UNZEN MARU, UNION SUR y UNION SUR I; as3 mismo se filtraron los meses de junio a noviembre, los a3os de 1989 al 2023 (debido al filtro por barcos) y las zonas de 1 a 6.

La estandarizaci3n se realiz3 mediante Modelos Lineales Generalizados (GLMs, por sus siglas en ingl3s) utilizando como variables predictoras el a3o, mes, barco y zona. Adem3s, se testearon algunas interacciones entre la zona y el mes y el barco y el mes. En la asesor3a previa se modific3 la variable respuesta al logaritmo Log CPUE, y se seleccion3 una distribuci3n gaussiana del error y correcci3n por sesgo (log(cpue), family=gaussiana; (exp(u+0.5*var2) a diferencia de la distribuci3n Gamma utilizada en asesor3as previas.

La **Tabla 2** muestra los factores y el desempe3o de los GLMs utilizados en el modelamiento de la CPUE. El modelo con el mayor porcentaje de devianza explicada corresponde al n3mero 6 (m6eg) explicando el 53% de la variable respuesta. En la **Tabla 3** se muestra la anova del modelo seleccionado (m6eg).

Tabla 2. Desempe3o de los Modelos Lineales Generalizados (GLMs) utilizados.

Modelo	Factores	df	% devianza	AIC
m1eg*	CPUE~A3o	34	13	52189
m2eg*	CPUE~A3o + Barco	36	35	50004
m3eg*	CPUE~A3o + Barco + Zona	41	49	48412
m4eg*	CPUE~A3o + Barco + Zona + Mes	44	38	49772
m5eg*	CPUE~A3o + Barco + I(Zona: Mes)	67	52	47984
m6eg**	log(CPUE)~A3o + Zona + I(Barco: Mes)	56	53	17031
m7eg**	log(CPUE)~A3o + Zona + Barco + Mes	46	52	17184

* familia "Gamma", link="log". ** familia "Gauss". En negritas se muestra el modelo que mostr3 el mejor ajuste.

Tabla 3. Anova del mejor modelo de estandarizaci3n de CPUE.

	Df	Deviance	Resid.DF	Resid.Dev	Pr(<F)	% deviance
NULL			6031	12410		
YEAR	34	1967	5997	10442	<2.2e-16***	15.85
ZONA	5	2148	5992	8294	<2.2e-16***	17.31
COD_BARCO:MES	17	2461	5975	5832	<2.2e-16***	19.83

Para el modelo seleccionado la interacci3n barco:mes explica el mayor porcentaje de la devianza (19,83%), seguido por la zona con un 17,3% y finalmente el a3o con un 15,85%. La **Figura 3** contiene el diagrama de los factores utilizados en el GLM, a3o, zona y la interacci3n entre el barco y el mes, as3 como el histograma de los residuos y gr3fico de normalidad (qqplot) del modelo m6eg ajustado a los rendimientos de pesca (Gaussian) de merluza de tres aletas.

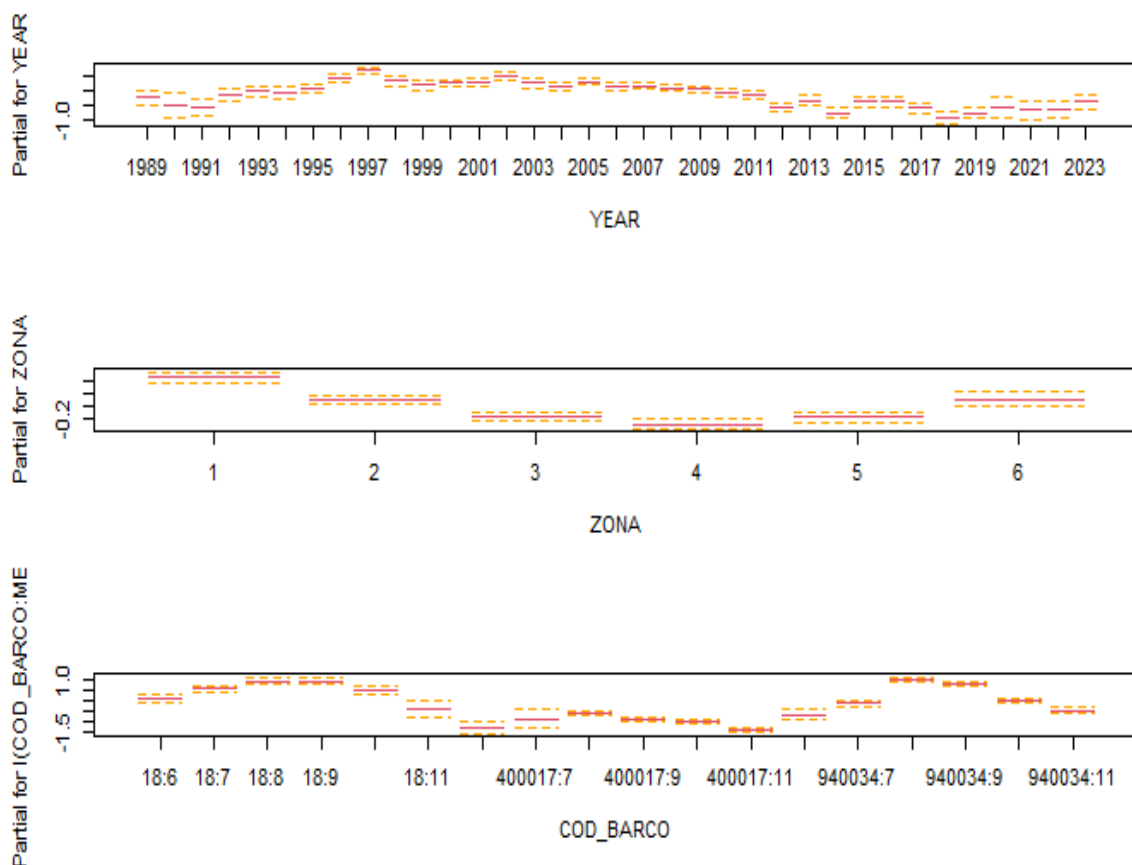


Figura 3. Diagrama de los factores del modelo seleccionado (m6eg) ajustado a los rendimientos de pesca (Gaussian) de merluza de tres aletas.

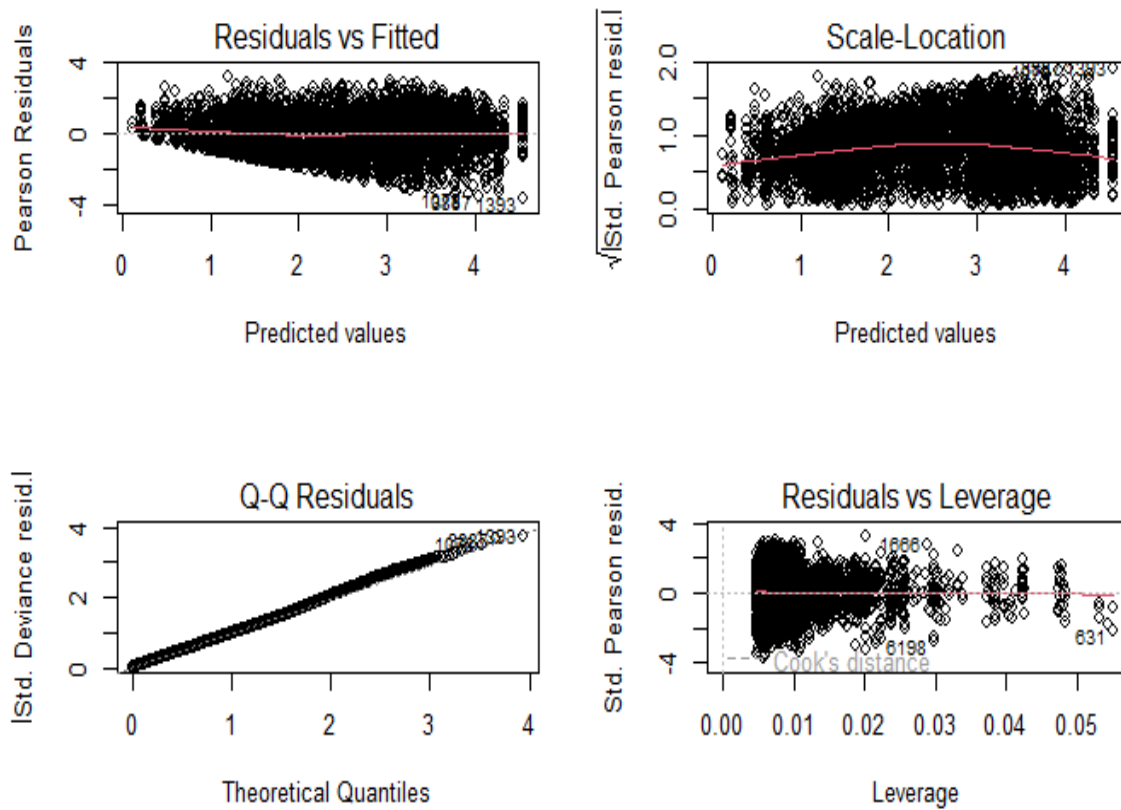


Figura 4. Histograma de los residuos, residuos versus valores predichos y gr1fico de normalidad (qqplot) del modelo m6eg ajustado a los rendimientos de pesca (Gaussian) de merluza de tres aletas.

CPUE estandarizada de merluza de tres aletas

En la **Tabla 4** se reportan los valores de la CPUE estandarizada mediante el modelo Gaussiano, función de enlace normal y corrección por sesgo, con los filtros mencionados y actualizado al 2023.

Tabla 6. CPUE estandarizada mediante el modelo Gaussiano, periodo 1997-2023.

Año	CPUE
1997	1.00
1998	0.71
1999	0.60
2000	0.65
2001	0.66
2002	0.82
2003	0.65
2004	0.58
2005	0.69
2006	0.59
2007	0.60
2008	0.56
2009	0.52
2010	0.47
2011	0.44
2012	0.28
2013	0.36
2014	0.23
2015	0.35
2016	0.34
2017	0.27
2018	0.20
2019	0.24
2020	0.29
2021	0.26
2022	0.26
2023	0.35



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl

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



 www.ifop.cl

 info@ifop.cl

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO - CHILE