

RESULTADOS PARA PRIMER INFORME

Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de anchoveta,
Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos, año 2023

María José Zúñiga

septiembre 13, 2022

Resumen

Este reporte contiene los principales resultados de los objetivos 1, 2 y 3, utilizados para generar el Primer informe de Estatus 2021/2022 y CBA 2023 de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos. Los códigos utilizados para generar este reporte se puede encontrar en el repositorio de github Anchoveta. El código que genera este reporte es FigyTab_PrimerInforme.Rmd.

Índice

1. RESULTADOS	2
1.1. Datos actualizados	2
1.2. Diagnóstico del modelo de evaluación de stock	2
1.3. Indicadores del stock	4
1.4. Puntos Biológicos de Referencia (PBRs) y Estatus	4
1.5. Proyección del stock años 2022/2023 y 2023/2024	5
1.6. Captura Biológicamente Aceptable año 2023 inicial	6
2. FIGURAS	7
3. TABLAS	27
4. REFERENCIAS	34



1. RESULTADOS

1.1. Datos actualizados

El presente informe contiene la segunda actualización del estatus del año biológico 2021/22 y la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año calendario 2023 para el stock de anchoveta en la Unidad de Pesquería Centro-Sur (UPCS) de Chile (Región de Valparaíso a Región de Los Lagos) basado en un modelo en escala biológica. El análisis es actualizado con la siguiente información: (1) Estadísticas de desembarques de SERNAPESCA corregidas por IFOP los años 1998 al 2001, correspondiente al período 1996/97-2021/22. (2) El porcentaje de descarte obtenido mediante el Programa de Descarte de IFOP corresponde al período 2015-2019. (3) Información de captura a la edad y pesos individuales a la edad, proveniente del “Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Nacionales (Pesquerías Pelágicas)” desde 1996/97 al 2021/22. (4) Series de biomasa acústicas y composiciones de edad de los cruceros de verano (años 2000-2022) y otoño (años 2003-2022) provenientes del programa de cruceros IFOP sobre evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre las Regiones de Valparaíso y Los Lagos. (5) Publicaciones científicas y técnicas relacionadas con los parámetros del ciclo de vida (mortalidad natural y madurez).

Entre los años 2009 y 2017 se registraron los niveles más bajos de biomasa acústica de verano con un valor promedio de 101 mil t. Sin embargo, el año 2018 se observó un primer incremento importante hasta 347,2 mil t y los últimos cuatro años 2019 al 2022 se consolida éste incremento con valores cercanos a las 693,9 mil toneladas en promedio, registrándose el 2022 un incremento del 110 % respecto al año previo. Algo similar se observa en las tendencias de los cruceros de otoño. Sin embargo, en este estudio, la recuperación en la biomasa del stock se apreció a partir del año 2016, observándose una recuperación en la biomasa del stock desde el 2016, registrándose el año 2022 el nivel más alto de los últimos 12 años, en 1,4 millones de t (**Tabla 1**). En relación a las capturas de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos, su variación es consistente con los cambios en los niveles de biomasa estimados por los cruceros acústicos de verano y otoño. Entre el 2011/12 y 2017/18 se registran capturas totales en torno a 62,1 mil toneladas en promedio. Para el 2018/19 se incrementan a 138,7 mil t, para el año 2019/20 a 160,5 mil t, un 16 % mayor al año previo, y para el año 2020/21 se incrementa 209,5 mil t, un 31 % mayor al año previo y 97 % mayor al promedio de los últimos 9 años (período 2011/12 - 2019/20). Para el año 2021/22 se registra una disminución del 2,9 % respecto a lo registrado el año previo (**Tabla 2 y Figura 1**).

La pesquería está sustentada principalmente por la abundancia de los grupos de edad (GE) 1 y 2. A partir del 2017 el GE 0 muestra una tendencia al incremento, sin embargo, para el 2020/21 y 2021/22 su aporte a la abundancia total está en torno al 10 % . Respecto a los pesos medios, para el GE 0 se encuentra en torno a los 9,6 grs, para el GE 1 en los 21 grs en promedio. Desde el año 2014 se observa un incremento en esta variable en todos los GE, excepto en los ejemplares de edad 0 (**Figura 2**). En relación a la información proveniente de los cruceros acústicos, la composición de edad registrada por el estudio de verano muestra que el GE 0 representa en torno al 63 % de la captura en número, no obstante, para los años 2021 y 2022 su aporte disminuye al 22 % , mientras que el crucero de otoño muestra mayor variabilidad y un aporte del 65 % en promedio del grupo de edad 0 (**Figura 3**).

1.2. Diagnóstico del modelo de evaluación de stock

El modelo de evaluación utilizado para estudiar la dinámica del stock, sigue la tendencia general de las estimaciones de biomasa de los cruceros hidroacústicos, principalmente a partir del año 2009. El modelo



reproduce de manera satisfactoria los bajos niveles poblacionales en el período 2009-2015 y su tendencia al incremento a partir del año 2016. El modelo representa principalmente la tendencia que muestra el crucero de otoño. Los valores más altos del crucero de verano, que poseen mayor incertidumbre, no son ajustados de manera satisfactoria (período 2002-2008 y 2022). La alta variabilidad de estos índices de abundancia se evidencia en la amplitud de los intervalos de confianza supuestos con un coeficiente de variación de $cv=0,3$ (**Figura 4**). Para el año 2022 el modelo no logra capturar el incremento que se observa al incorporar la biomasa del crucero de verano 2022, sin embargo, la información del crucero de otoño es ajustada adecuadamente. El suavizador tipo loess de los residuales del modelo sugieren tendencias leves. El diagrama QQ corrobora, en términos generales, la linealidad en la escala log en todos los índices. No obstante, observando la mayor variabilidad y lejanía relativa respecto de la línea esperada, el análisis evidencia la falta de ajuste a los valores más altos del crucero de verano. Los datos de la captura (desembarques), se asumen inesgados y precisos con un $cv=0,01$, lo cual es reflejado en un buen ajuste del modelo a los valores observados (**Figura 5**).

En relación al ajuste a los datos de composiciones de edades, se observa que el modelo recoge la variabilidad general de la estructura de edades proveniente de la flota, con patrones de sobre-estimación del grupo de edad 0 desde el 2010 al 2018 producto de los bajos niveles de abundancia registrados en ese período (**Figura 6**). En el caso de los cruceros, el modelo muestra un mejor desempeño en ajustar la composición de edades de los estudios de verano (**Figura 7**). En el caso de los cruceros de otoño, el ajuste es menos consistente, subestimando el GE de 0 en los últimos años (**Figura 8**). El comportamiento de los residuales a las composiciones de edades de la flota, sugieren patrones de subestimación del grupo de edad 0 entre los años 2001 al 2009 y de sobre-estimación desde el 2010 al 2018 correspondiente al período con bajos niveles poblacionales. En el caso de los cruceros de verano, se observa una tendencia a sobreestimar el grupo de edad 0 desde el 2017 al 2022, mientras que en el caso de los cruceros de otoño se observan ciertos patrones que reflejan la tendencia a la subestimación del GE 0 desde el 2016 (**Figura 9**).

En la asesoría actual (septiembre 2022) se comparan los resultados de los principales indicadores de estatus del modelo base con versiones anteriores (marzo 2022, sept 2021, julio 2021, marzo 2021, sept 2020) para evaluar la consistencia de la evaluación presente (**Figura 10**). En general, existe consistencia en los resultados, en las asesorías de marzo se genera la mayor incertidumbre producto de la incompletitud de datos en este hito de revisión.

En la **Figura 11** se muestra el patrón retrospectivo estándar y relativo de los reclutamientos, BD y F de la anchoveta en la UPCS para el modelo base actual. El análisis retrospectivo del modelo de evaluación muestra que en términos de rho (promedio de anomalías retrospectivas) la reducción de información genera un patrón de subestimación del reclutamiento ($\rho = -0,03$) y de la mortalidad por pesca ($\rho = -0,05$) y un patrón de sobre-estimación de la biomasa desovante ($\rho = 0,03$). En general, las estimaciones de reclutamientos, biomazas y F para los últimos años pueden variar sustancialmente entre las sucesivas actualizaciones, mientras que en los primeros años tienden a converger a valores estables. El año 2019 se genera un problema de convergencia producto del cambio de tendencia hacia el final de la serie. No obstante, el modelo presenta una baja varianza estadística los últimos años de la serie, lo que se traduce en una menor incertidumbre, generando estimaciones más confiables para medidas de manejo.

La **Figura 12** muestra el perfil de verosimilitud de cada fuente de dato cuyo mínimo representa la estimación máxima a posteriori del reclutamiento medio (R_0) para cada fuente de error del caso base. El perfil de verosimilitud permiten conocer qué set de datos aporta más información a la estimación de R_0 , y adicionalmente, permite resolver problemas de mala especificación del modelo. En este caso se utilizó para el primer punto, donde destaca que los datos cuyos perfiles estuvieron más próximos entre si y la diferencia

del log verosimilitud respecto del mínimo se elevó por sobre el criterio estadístico $\chi^2=1,92$ fue la proporción de edad de la flota (C_Edad_Flota). Es decir, la C_Edad_Flota presenta el mayor aporte estadístico en la asesoría actual. La biomasa del crucero de otoño (Bio_Pelaces) y la composición de edad del crucero de verano (C_Edad_Recl) estiman valores de Ro menores a la Total, mientras que la biomasa del crucero de verano (Bio_Reclas) y la composición de edad del crucero de otoño (C_Edad_Pel) estiman valores de Ro mayores a la Total. Las estimaciones de composiciones de edad generan estimaciones contrarias a las biomasa de cada crucero.

1.3. Indicadores del stock

La **Figura 13** y la **Tabla 3** muestran los cambios que ha experimentado anchoveta en sus tendencias poblacionales en un período de 26 años (1996/97 - 2021/22). El análisis respecto a la media histórica de los indicadores de estado y flujo ($R_{promedio} = 43,4$ mil millones de peces, $BT_{promedio} = 789,5$ mil t, $BD_{promedio} = 414,2$ mil t, $F_{mediana} = 0,65$) permite identificar claramente dos ciclos con altos y bajos niveles de abundancia de una duración de 10 años aprox. El período de altos niveles de abundancia de anchoveta se registra desde el año 2002/03 hasta el año 2008/09 con valores sobre el promedio histórico ($R_{alto} = 75,2$ mil millones de peces, $BT_{alto} = 1,44$ millones de t, $BD_{alto} = 734,6$ mil t). Los niveles bajo el promedio histórico se registran desde el año 2009/10 hasta el 2017/18 ($R_{bajo} = 18,5$ mil millones de peces, $BT_{bajo} = 279,5$ mil t., $BD_{bajo} = 145,8$ mil t). Los mayores niveles de mortalidad por pesca se registraron durante el período de baja abundancia ($F > F_{mediana}$) debido a los bajos rendimientos. A partir del año 2015/16, se observa el inicio de un nuevo ciclo con tendencia positiva generada por la fuerza de la clase anual reclutada que se incorpora a la población y a los bajos niveles de mortalidad por pesca ($F < F_{mediana}$). El incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20, la disminución de la mortalidad por pesca 2/3 por debajo de M ($M=0,7$ año⁻¹) y el incremento de la biomasa total y desovante 2019/20 permiten la recuperación de anchoveta centro-sur para los tres últimos años de la serie.

La selectividad de la flota indica que anchoveta es próximo a su completo reclutamiento a la pesquería a la edad de 2 años cuya retención es del orden del 97,6 %, mientras que los individuos de edad 0 y 1 son vulnerados en un 10,1 % y 68 % respectivamente. Respecto a la selectividad de los cruceros acústicos, en enero el arte de pesca selecciona el 67,8 % de peces de edad 0 y en mayo se selecciona un 83 % de peces de edad 0 y 100 % de peces de edad 1 (**Figura 14**).

1.4. Puntos Biológicos de Referencia (PBRs) y Estatus

En la **Tabla 5** y **Figura 15** se presentan los valores calculados de F_{RMS} , BD_{RMS} y BD_{LIM} recomendados por el Comité Científico Técnicos de Pequeños Pelágicos (Informe Técnico CCT-PP N°01/2015) de acuerdo con la metodología discutida durante el segundo taller (Abril, 2014) y tercer taller (Agosto, 2014) de PBRs (Payá et al., 2014). En relación al cálculo de BD_0 , en la sesión de agosto 2020 del CCT-PP se revisó los datos utilizados en la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) dado que el cambio del modelo de año calendario a año biológico provoca un acortamiento en la serie utilizada para la estimación de BD_0 de 19 a 12 años y considerando que la anchoveta cierra su ciclo decreciente iniciado el 2009, el cual en su oportunidad determinó su exclusión del cálculo de BD_0 a la hora de aplicar la metodología descrita en el taller de PBR (Payá et al., 2014), considerándose un caso excepcional. Conforme a lo anterior, el CCT-PP establece que para efectos de la determinación del estatus y CBA, se utilice la serie completa de datos para el cálculo de BD_0 . De esta manera se aplica íntegramente la metodología recomendada y se



estandariza con lo aplicado en sardina común (Acta Sesión N° 5 20-21/08/2020 ¹).

Los pasos para el cálculo de BD_0 , BD_{RMS} y BD_{LIM} se describe en la **Tabla 5**. Este procedimiento busca encontrar un balance entre la serie histórica de las BD y de F a partir del cálculo de $BD_{promedio}$ y F_{mh} . Al respecto, la **Figura 15** muestra las series de Biomasa desovante y mortalidad por pesca junto a los PBRs calculados, donde se observa que en el período de menores niveles de BD se registraron los mayores niveles de F. Cuando los niveles de BD incrementan las Fs son bajas. Según Patterson (1992), para que el valor de F_{mh} fuera sostenible las biomásas deberían ser estables o crecientes y el nivel de F encontrarse bajo 2/3 de M. Respecto a la mortalidad por pesca al RMS, el CCT-PP recomendó considerar un F_{RMS} precautorio ($F_{60\%BDPR}$, **Figura 16**) debido a su condición de pesquería mixta junto a sardina común y por su rol ecosistémico, considerado clave para otros eslabones de la trama trófica.

Los resultados de este estudio muestran que entre los años 1996/97 y 2000/01 el stock de anchoveta centro-sur se encontraba sobre-explotado con biomásas por debajo del objetivo de manejo ($BD < BD_{RMS}$). A partir del 2001/02 se incrementan los niveles de biomasa desovante, permitiendo que el stock transite y se mantenga en una condición de plena-explotación hasta el 2007/08. No obstante, los niveles de reclutamiento para el año 2008 se reducen drásticamente generando niveles de biomasa desovante por debajo del promedio histórico para el 2008/09. Debido a la falla en los reclutamientos, desde el año 2009/10 la anchoveta de la zona centro-sur cambia drásticamente su estatus a una condición de agotamiento y/o colapso, manteniéndose en esa condición durante 8 años (2009/10 al 2016/17). A partir del año 2017/18 se manifiesta una recuperación del stock, transitando de la zona de colapso a la zona de sobre-explotación los años 2017/18 y 2018/19 y de plena-explotación los años 2019/20, 2020/21 y 2021/2022. En términos de los niveles de mortalidad por pesca (F año⁻¹), en general, se ha mantenido históricamente por sobre el nivel objetivo de referencia F_{RMS} , no obstante, a partir del año 2016/17, los niveles de F estuvieron bajo el objetivo de manejo. Con respecto a la razón entre $F_{2021/2022}$ y F_{RMS} en la asesoría previa (marzo 2022) se asumió un valor en torno a F_{RMS} para el año actual ($F/F_{RMS} = 1$), a la espera de actualizar el valor de captura 2021/2022 en esta asesoría (julio 2022). Al respecto, se registraron capturas por debajo del RMS y por lo tanto, la mortalidad por pesca estimada con información actualizada es un 26 % menor al supuesto utilizado en la asesoría previa, por lo tanto, la razón entre $F_{2021/2022}$ y F_{RMS} disminuye a **0,73** (**Figura 17** y **Tabla 4**).

Respecto a la condición actual de anchoveta centro-sur, los resultados actualizados con información completa de este estudio indican una recuperación del estatus generada por el incremento de los reclutamientos 2018/19 y 2019/20, la disminución de la mortalidad por pesca por debajo del objetivo de manejo ($F < F_{RMS}$) y 2/3 por debajo de M ($M=0,7$ año⁻¹) y el incremento de la biomasa total y desovante de los años 2019/20, 2020/21 y 2021/2022. Por lo tanto, anchoveta centro-sur se encuentra en una condición de plena-explotación sin probabilidad de sobre-explotación (**0%**) (**Figura 18** y **Tabla 6**).

1.5. Proyección del stock años 2022/2023 y 2023/2024

La proyección de la población se realizó 2 años biológicos hacia el futuro (julio 2022-junio 2023 y julio 2023-junio 2024) en base a tres escenarios de reclutamiento: a) un escenario favorable que consiste en el reclutamiento promedio del período 1997-2009 (53,1 mil millones de ind.), b) un escenario que representa el reclutamiento promedio histórico (35,2 mil millones de ind.) y un escenario que representa el período reciente entre el 2010-2022 (23,3 mil millones de ind.) (**Figura 19**), con una mortalidad por pesca en torno al F_{RMS} y pesos medios igual al promedio de los últimos 5 años.

¹http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-108563_documento.pdf



Las **Figuras 19** y **Tabla ??** indican que independiente del escenario de reclutamiento, en términos de biomasa desovante proyectada al 2022/2023 (585,9 **554** mil t) se observa una disminución del 20,8% **12%** respecto al año previo 2021/2022 (0,74 **631** mil t), de este modo la probabilidad de sobreexplotación aumenta a un **13%** para el año biológico 2022/2023. Mientras que la biomasa desovante proyectada hacia el 2023/2024 depende del reclutamiento proyectado hacia el 2023 y 2024, de este modo, la probabilidad de sobreexplotación puede aumentar hasta un 9,9% **60%** si los reclutamientos futuros retornan a los niveles promedios 2010-2022, o pueden disminuir a un **0%** si los reclutamientos se encuentran en torno al promedio de los años 1997-2009 (**Tabla ??** y **Figura 20**).

La **Tabla ??** muestra la captura proyectada para los años biológicos 2021/2022 y 2022/2023 considerando una mortalidad por pesca igual al F_{RMS} , con sus respectivos escenarios de reclutamientos. El cálculo de la Captura al RMS (C_{RMS}) para el año calendario 2022 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre ($C_{1erSem2022}$) y 30 % para el segundo semestre ($C_{2doSem2022}$). De este modo, la captura al RMS para el año biológico 2021/2022 ($C_{2021/2022}$) puede variar según el escenario de reclutamiento entre **192** mil t a **201** mil t. Si el 70 % de la captura 2021/2022 se realiza durante el primer semestre 2022, la captura puede variar entre **135** mil t a **141** mil t, dependiendo del reclutamiento 2022, considerando un resguardo del 2 % por causa del descarte.

El aporte del reclutamiento en la estimación de captura 2021/2022 es de un **8%** para un escenario de reclutamiento alto ($R_{1997-2009}$), de un **6%** para un escenario de reclutamientos promedio histórico y de un **3,6%** para un escenario de reclutamiento bajos ($R_{2010-2021}$) (**Figura 21**). En el caso de la captura proyectada para el año 2022/2023, los escenarios de reclutamientos tienen un efecto en el grupo de edad 1, un **51,5%** para un escenario de reclutamiento alto ($R_{1997-2009}$), de un **44,6%** para un escenario de reclutamientos promedio histórico y de un **33,3%** para un escenario de reclutamiento bajos ($R_{2010-2021}$) (**Figura 21**), por lo tanto, es una estimación con mayor incertidumbre (**Figura 21**).

1.6. Captura Biológicamente Aceptable año 2023 inicial

El cálculo de la CBA inicial para el año calendario 2023 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre, bajo un criterio de explotación de $F_{60\%SPR}$, sujeto a percentiles de probabilidad entre el 10 % y 50 %. La **Tabla ??** y **Figura ??** muestran los rangos de capturas para el año 2023 estimada bajo un escenario de $R_{1997-2009}$ podría situarse entre **161** mil t y **211** mil t; bajo un escenario de $R_{histórico}$ entre **147** mil t y **197** mil t y, bajo un escenario de $R_{2010-2021}$ entre **132** mil t y **182** mil t. Considerando el descuento del 2 % de descarte 2022, los rangos de capturas para el año 2023 estimada bajo un escenario de $R_{1997-2009}$ podría situarse entre **158** mil t y **207** mil t; bajo un escenario de $R_{histórico}$ entre **144** mil t y **194** mil t y, bajo un escenario de $R_{2010-2021}$ entre **129** mil t y **179** mil t. Para evaluar el efecto que tiene la decisión de la CBA en base a los percentiles (10 %-50 %) que en general son menores a la captura al RMS (percentil del 50 %), se calculó el resguardo a lo cual equivale cada percentil (**Tabla ??**). Esos niveles variaron entre un **5%** para un percentil del 40 % hasta un **26%** para un percentil de probabilidad del 10 %, considerando tres escenarios de reclutamiento.

2. FIGURAS

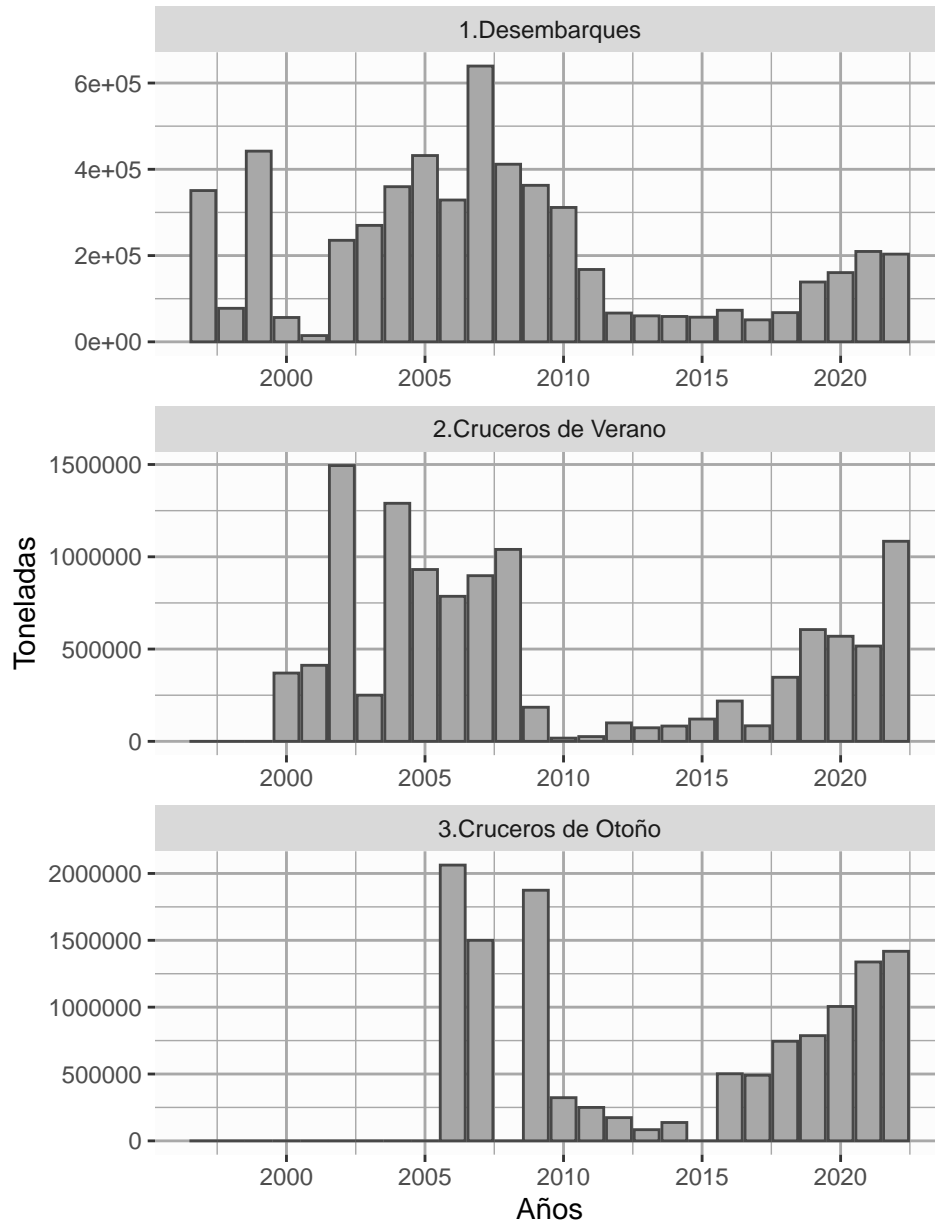


Figura 1. Serie de desembarques y biomazas estimadas por la evaluación hidroacústica de verano y otoño utilizadas como datos de entrada al modelo de evaluación de stock de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

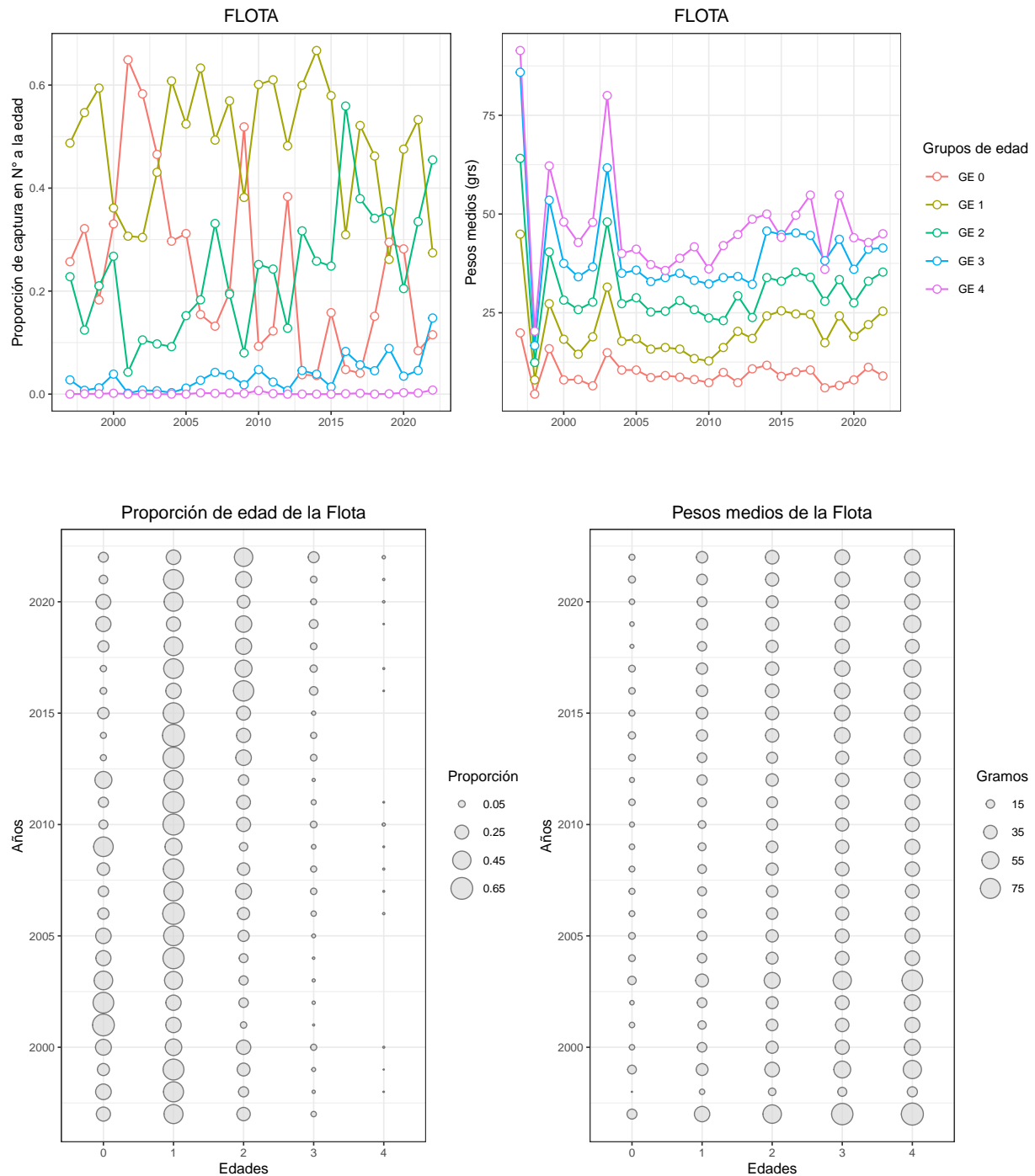


Figura 2. Variabilidad interanual de la proporción de la captura de la flota (panel superior izquierdo) y pesos medios (panel superior derecho) de cada grupo de edad (edad 0 a 4). Composición de edad de la captura de la flota (panel inferior izquierdo) y pesos medios (panel inferior derecho) utilizados en la evaluación de stock de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

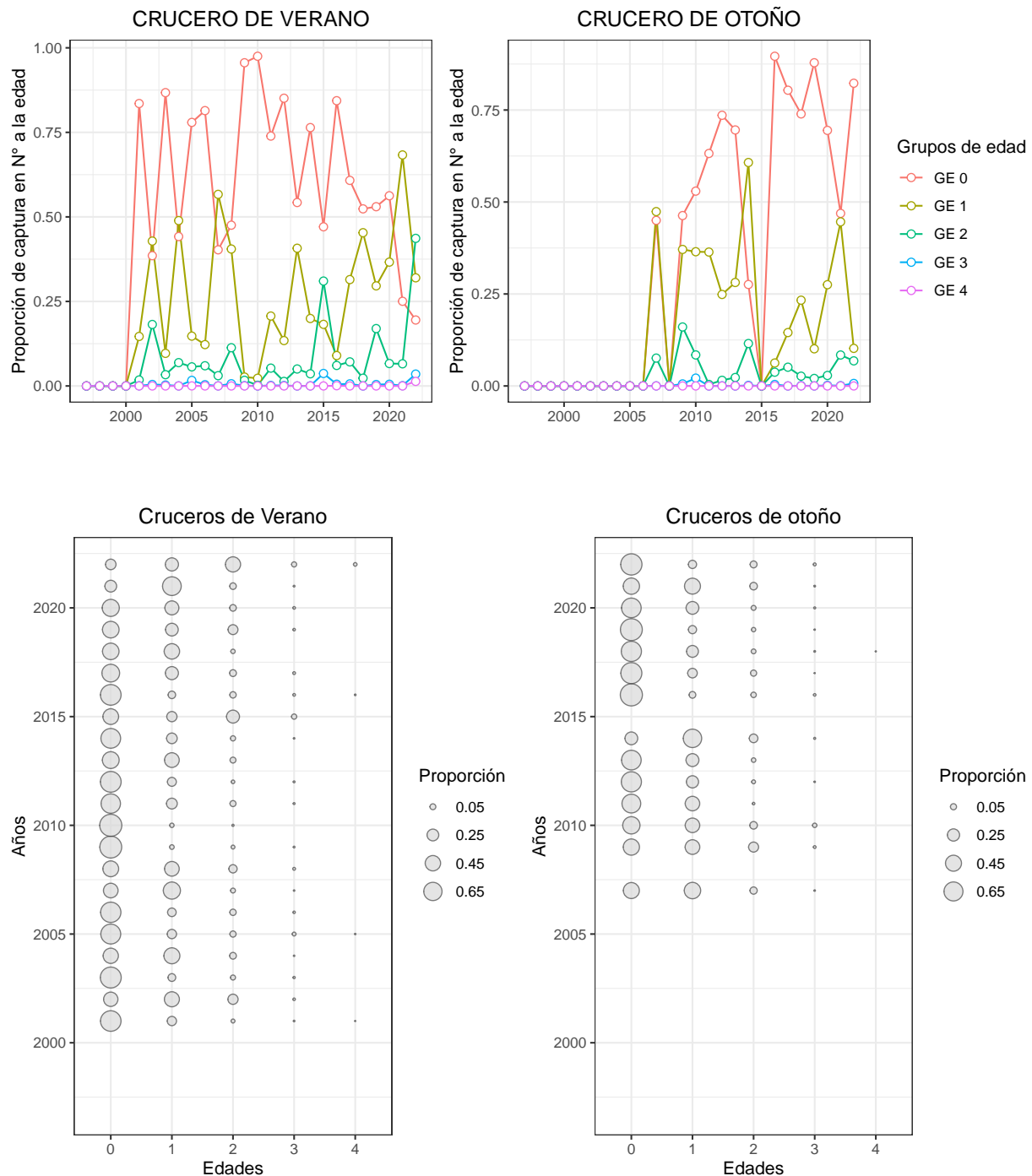


Figura 3. Variabilidad interanual de la proporción de la captura del crucero de verano (panel superior izquierdo) y crucero de otoño (panel superior derecho) de cada grupo de edad (edad 0 a 4). Composición de edad de la captura de los cruceros de verano (panel inferior izquierdo) y otoño (panel inferior derecho) utilizados en la evaluación de stock.

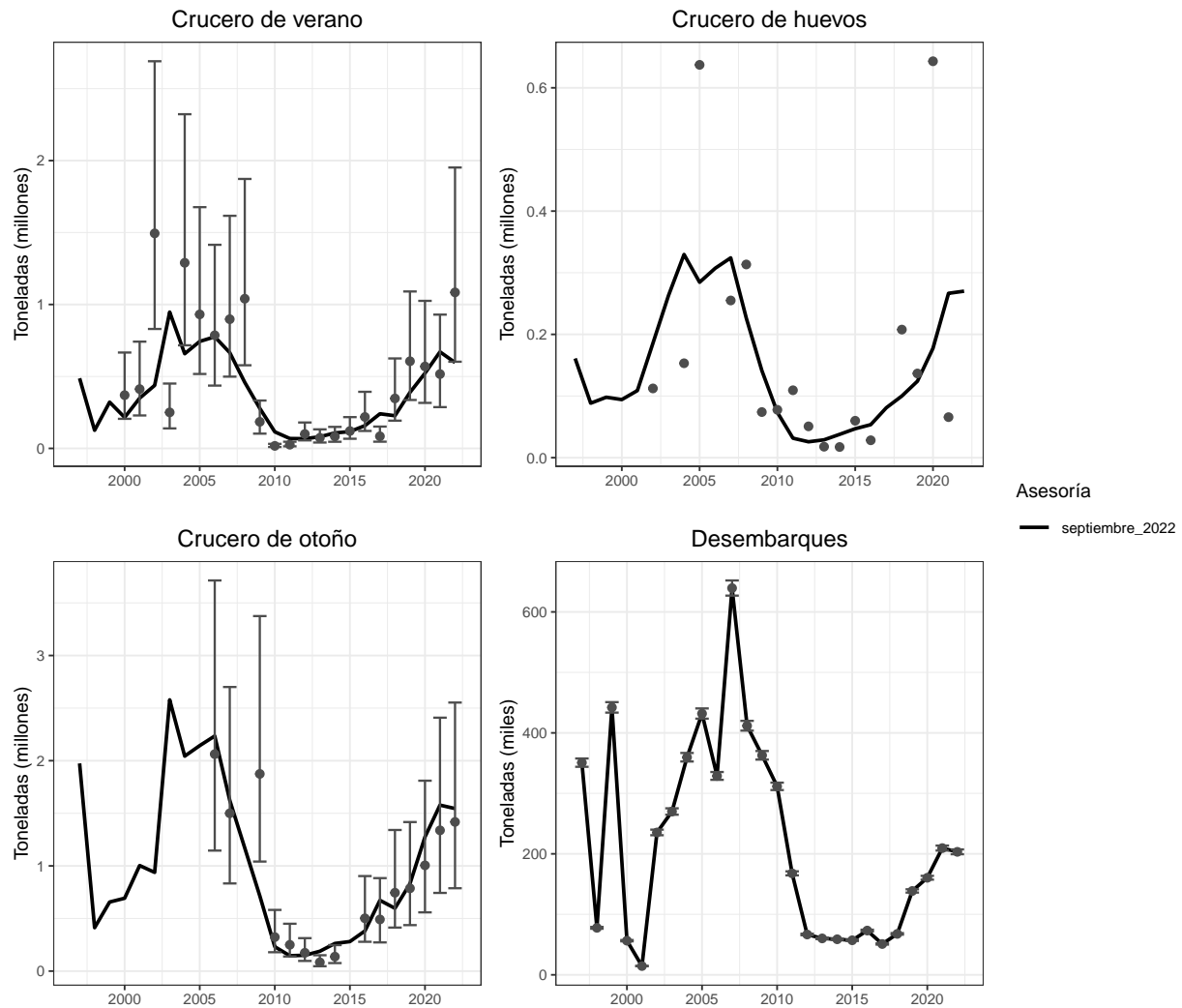


Figura 4. Ajustes del modelo anual en edades a los valores de biomasa de cruceros de verano, otoño y desembarques. Las barras corresponden al intervalo de confianza asíntotico y el círculo al valor del estimador

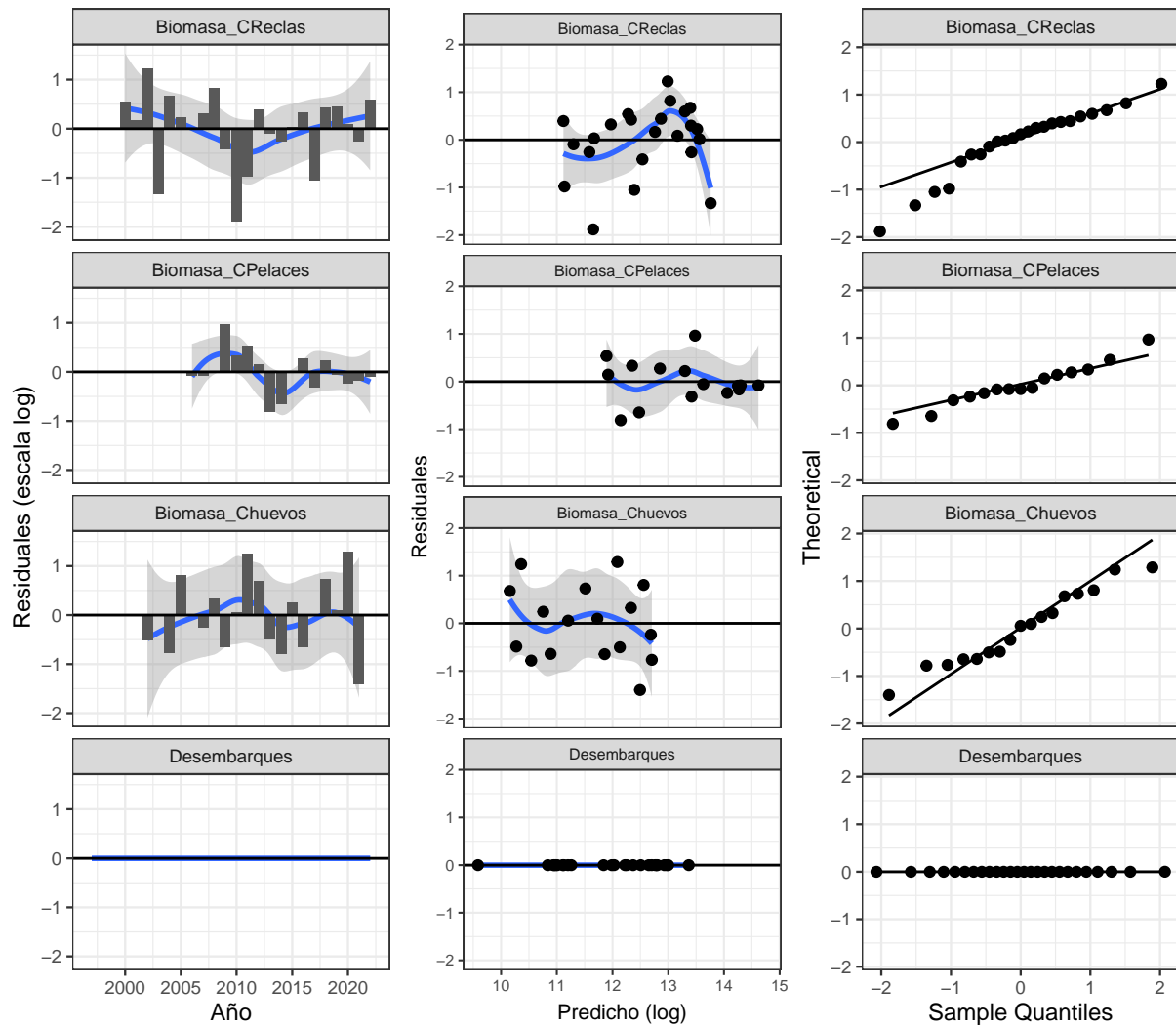


Figura 5. Residuales (escala log) del ajuste del modelo base actual a los datos observados.

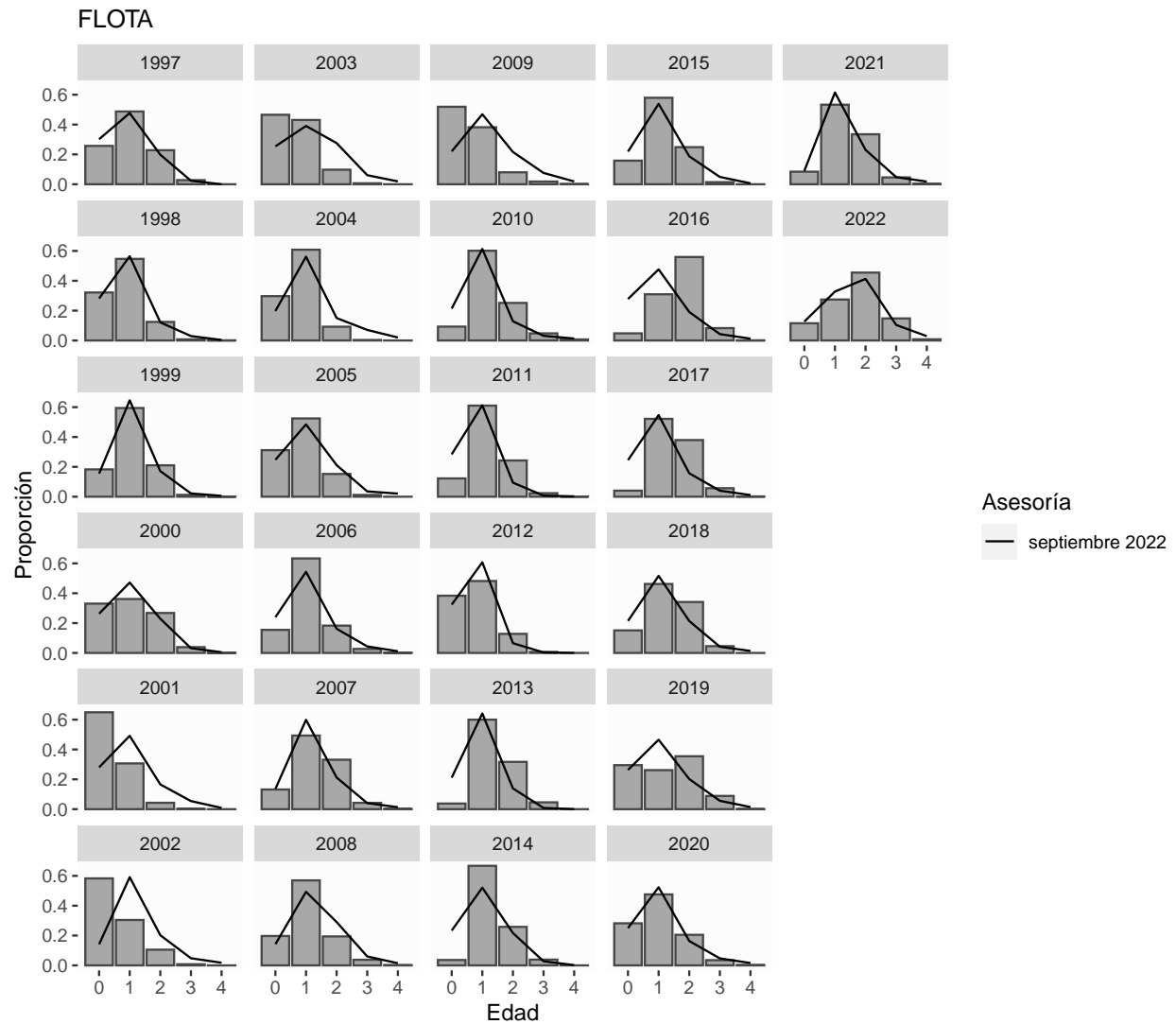


Figura 6. Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de la flota de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

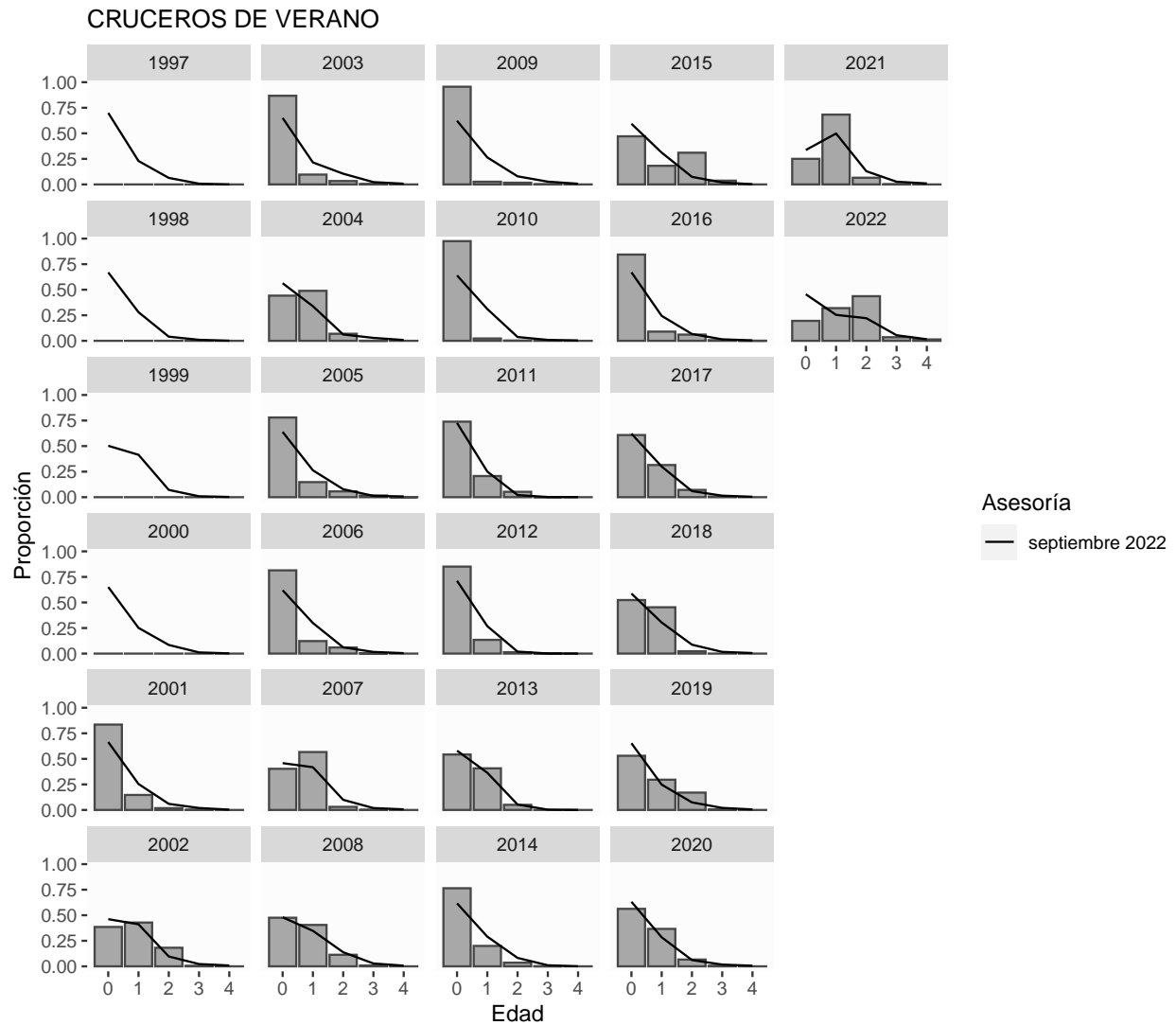


Figura 7. Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de los Cruceros de verano de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

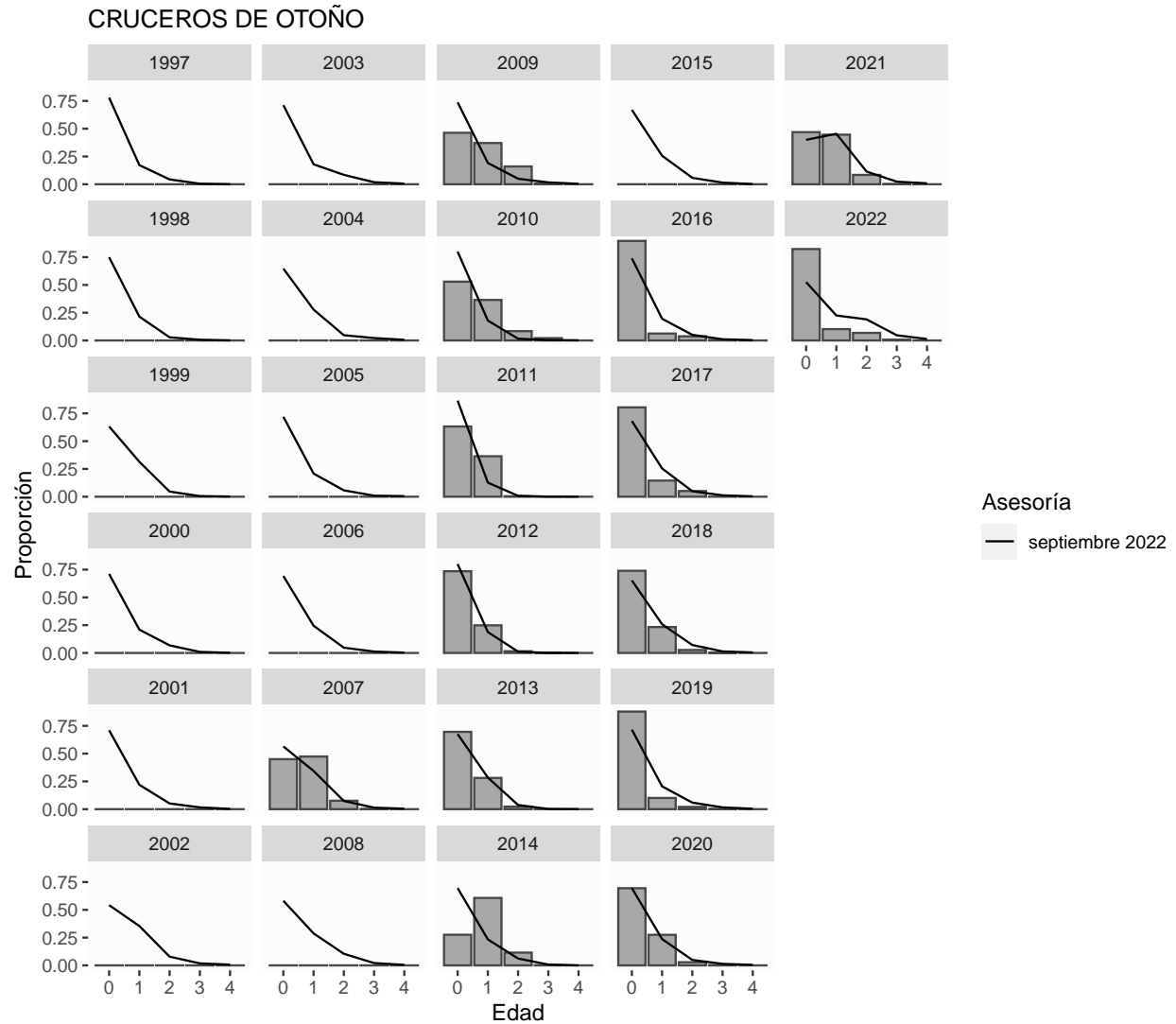


Figura 8. Ajuste del modelo base a las composiciones de edades de los Cruceros de otoño de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

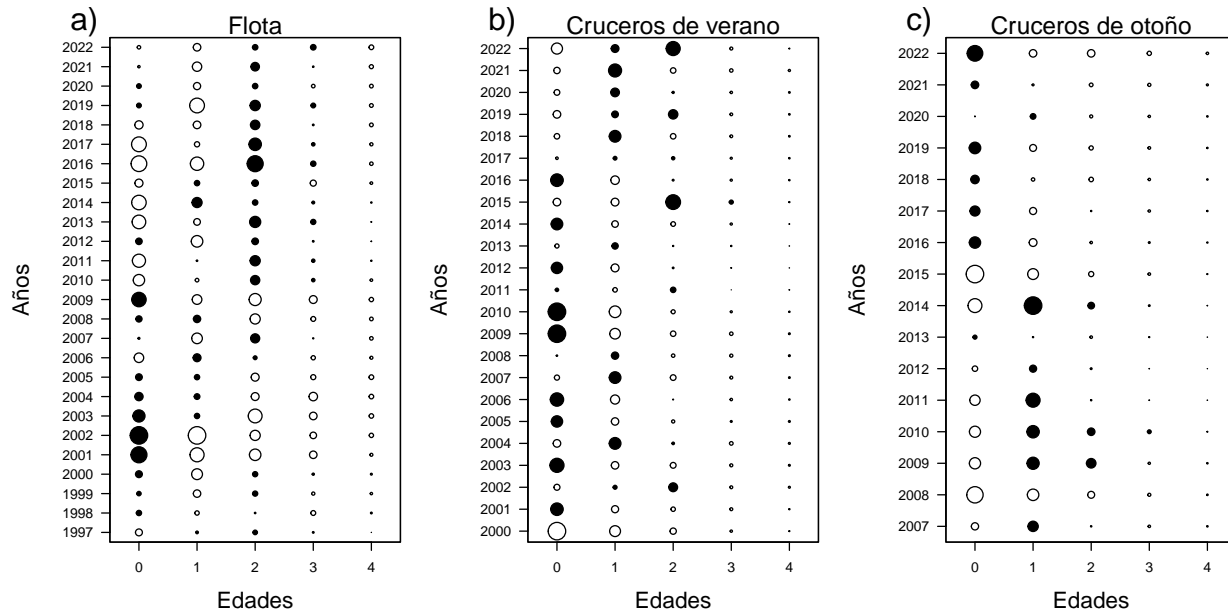


Figura 9. Residuales del modelo base actual a las composiciones de edades de la flota y cruceros. Subestimaciones (círculos negros) y sobreestimaciones (círculo blanco), donde el tamaño corresponde a la magnitud relativa de error por edad.

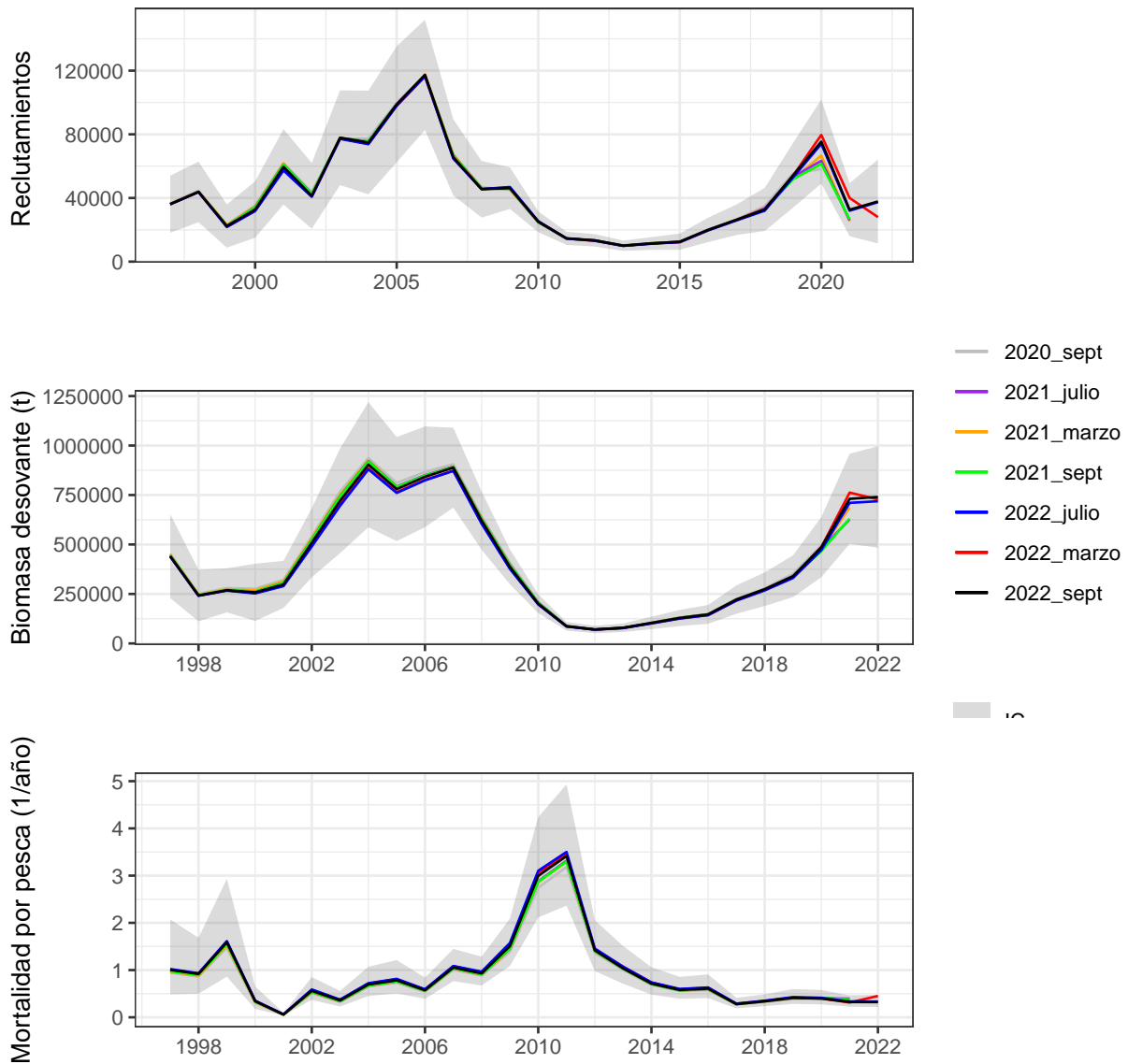


Figura 10. Comparación con asesorías anteriores del reclutamiento, biomasa desovante y mortalidad por pesca ($F_{año}^{-1}$) de la anchoveta centro-sur. Los años en el eje x corresponden a año biológico.

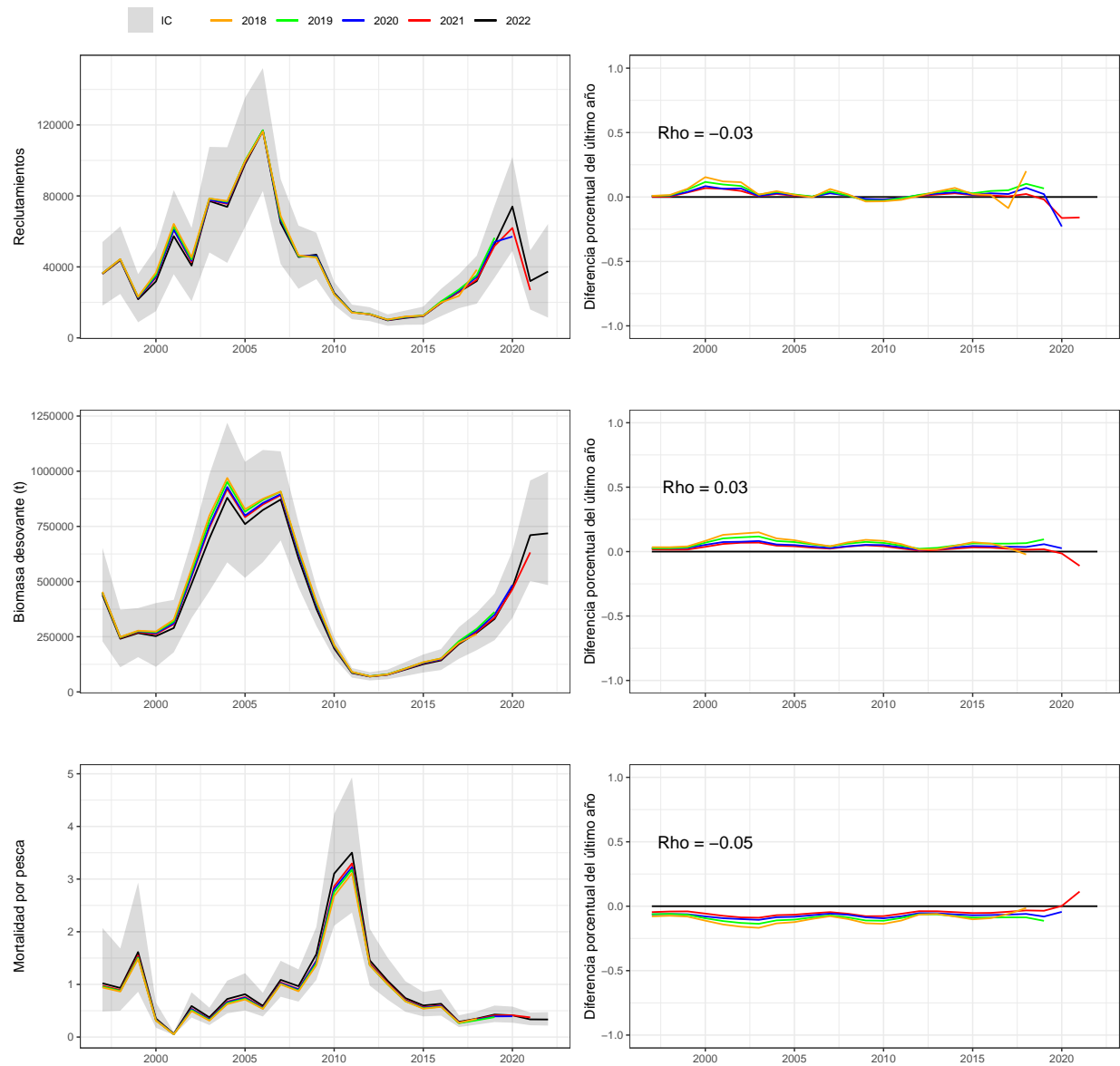


Figura 11. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos, biomasa desovante y de la mortalidad por pesca de anchoveta centro-sur para el modelo base actual.

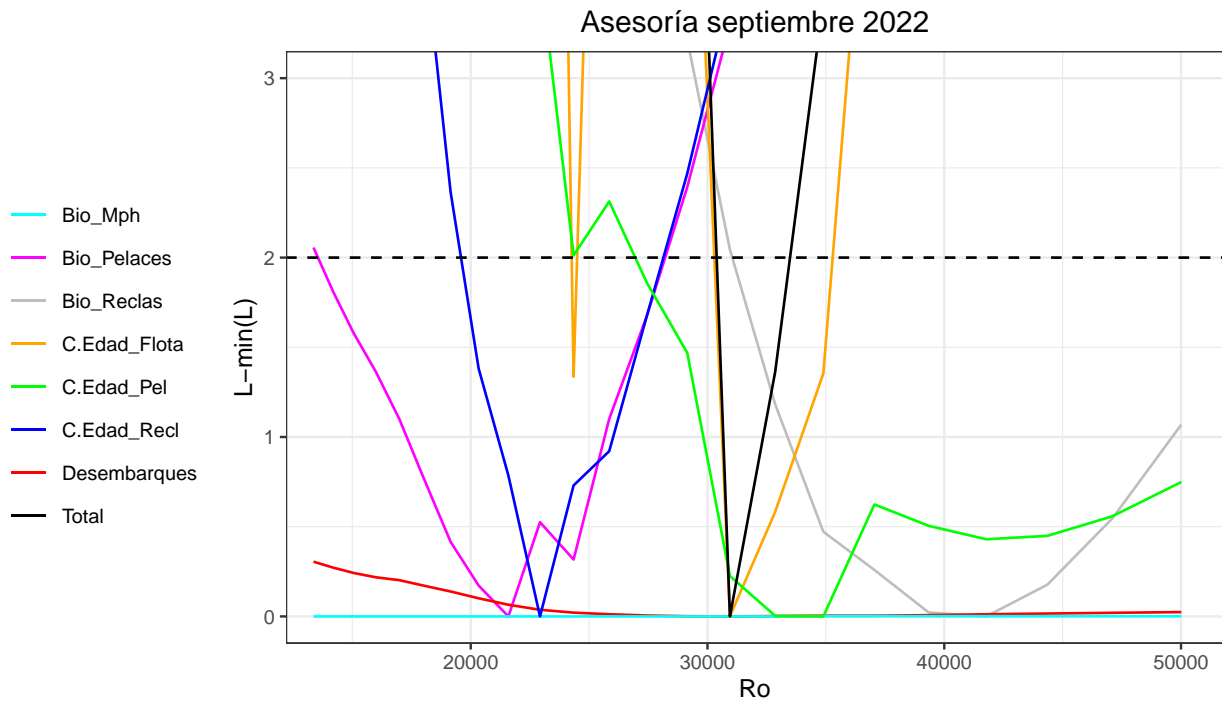


Figura 12. Perfiles de verosimilitud donde la línea horizontal representa el nivel crítico para el test χ^2 .

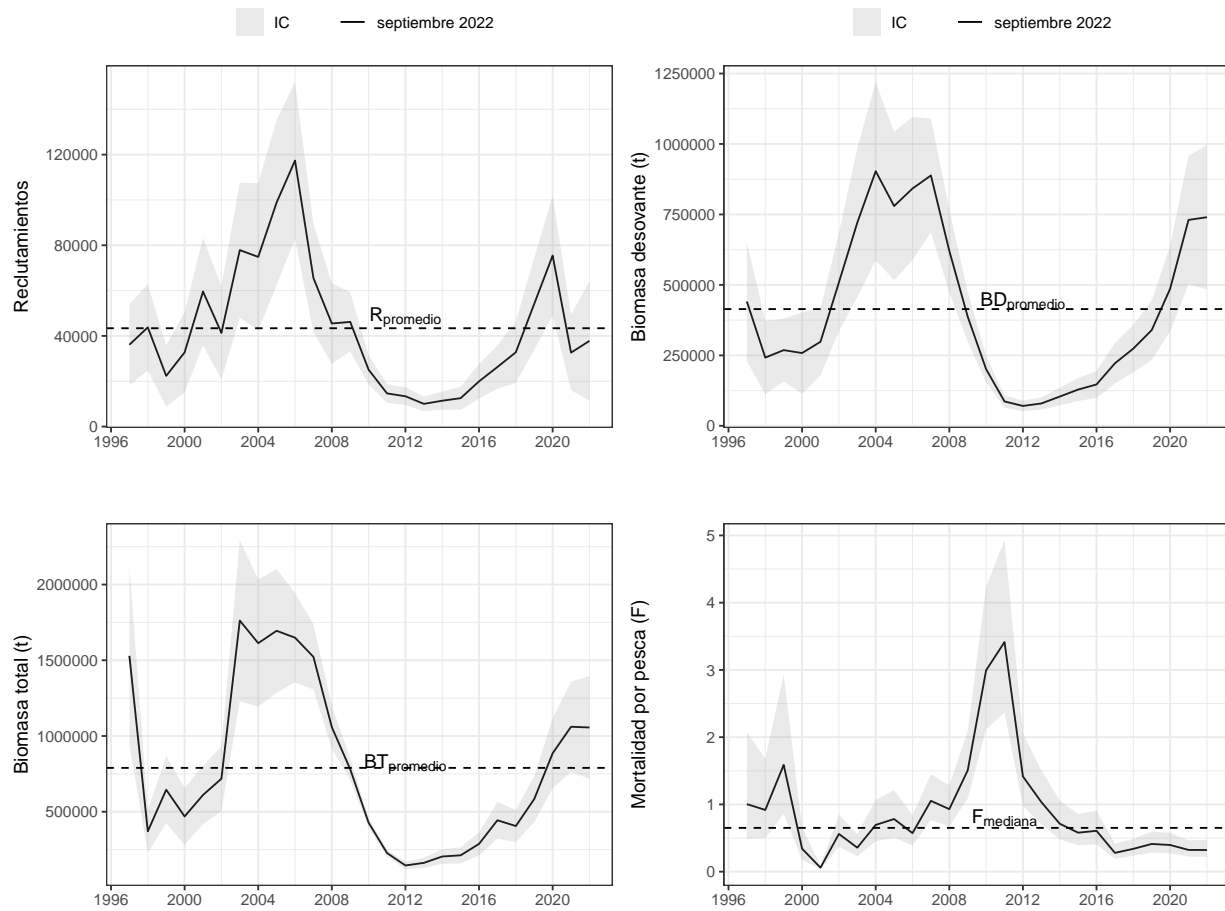


Figura 13. Estimaciones medias de los reclutamientos, biomasa total, biomasa desovante y mortalidad por pesca y su respectivo Intervalo de Confianza (IC). Las línea segmentada corresponde al promedio y mediana de las series respectiva.

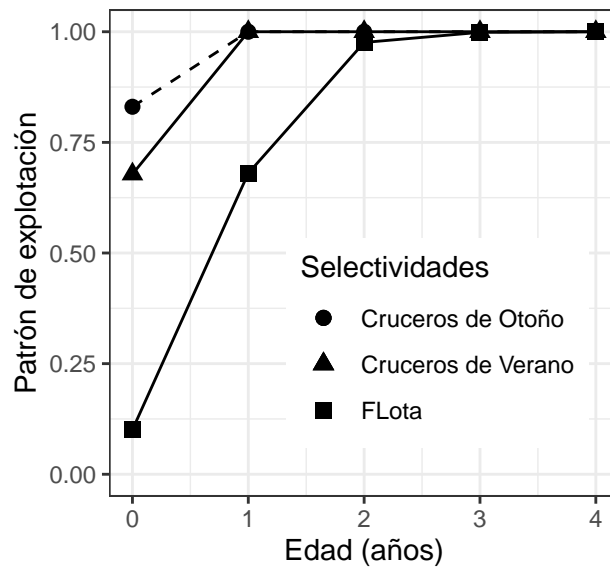


Figura 14. Patrón de explotación o selectividad de la flota y de los cruceros acústicos de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

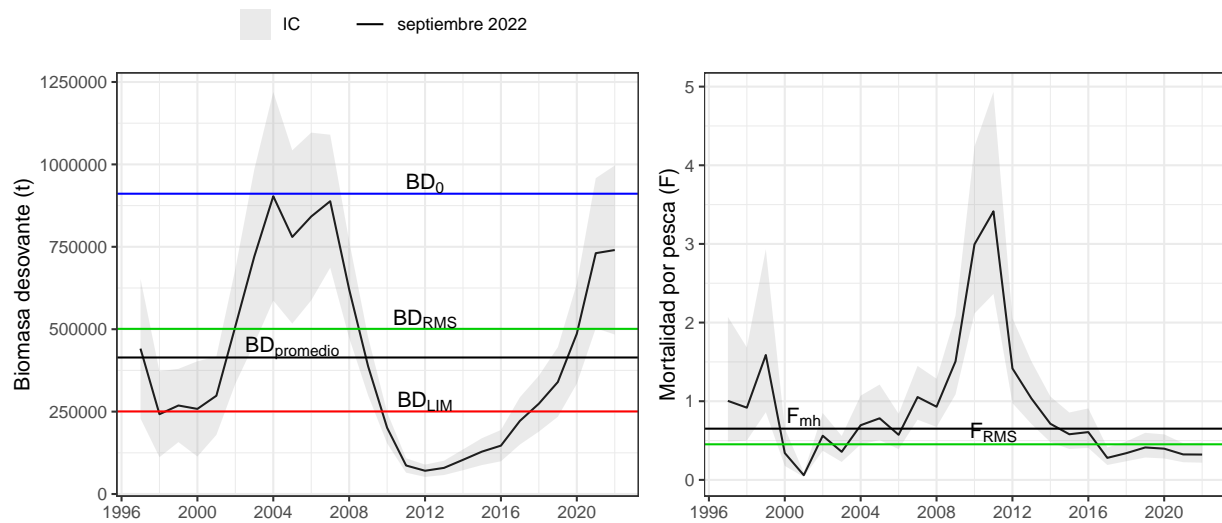


Figura 15. Series de Biomasa desovante y mortalidad por pesca junto a los PBRs calculados a partir de la BD promedio y mediana de F (F_{mh}) para el período 1997-2022.

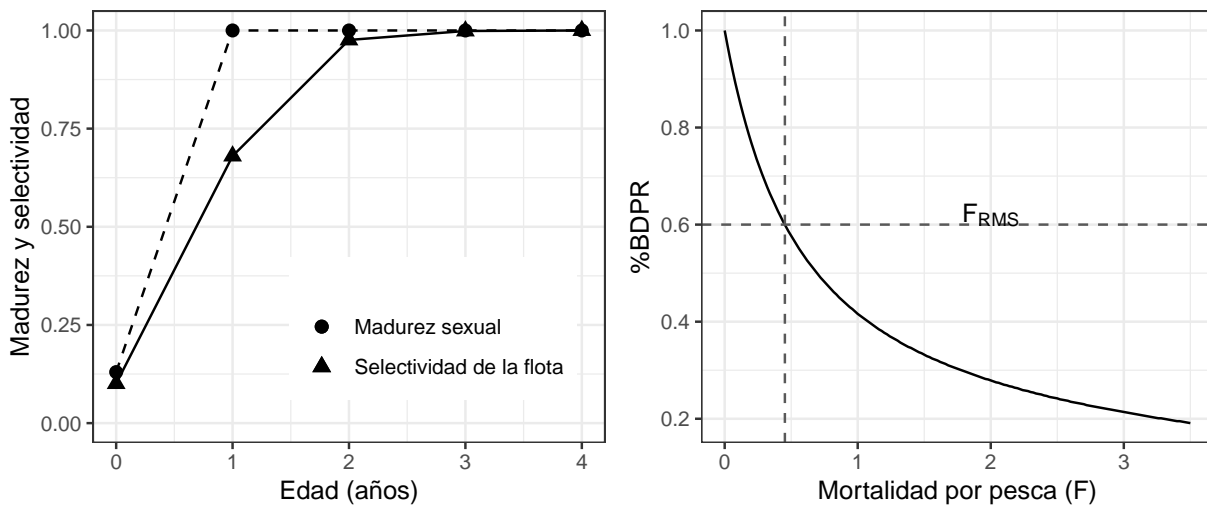
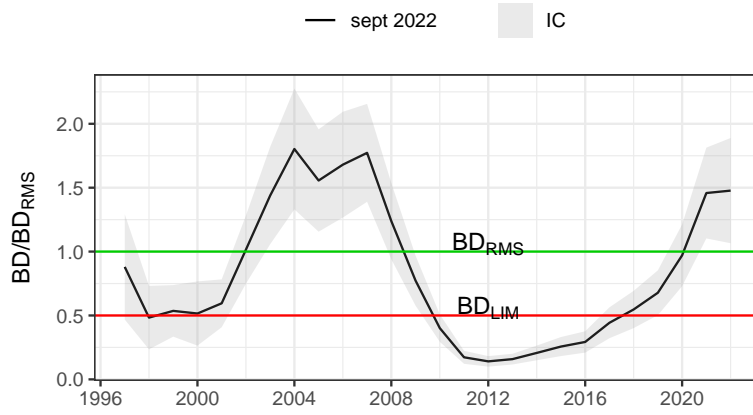
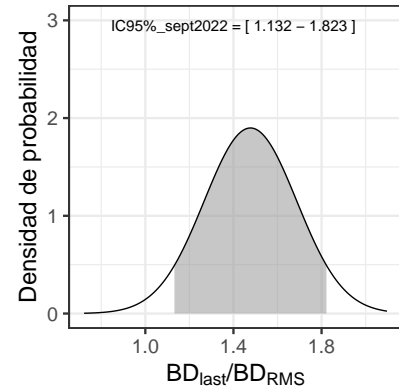


Figura 16. Madurez, selectividad (Panel izquierdo) y Curva de Biomasa por Recluta (%BDPR) (Panel derecho), utilizados en los cálculos de F_{RMS} .

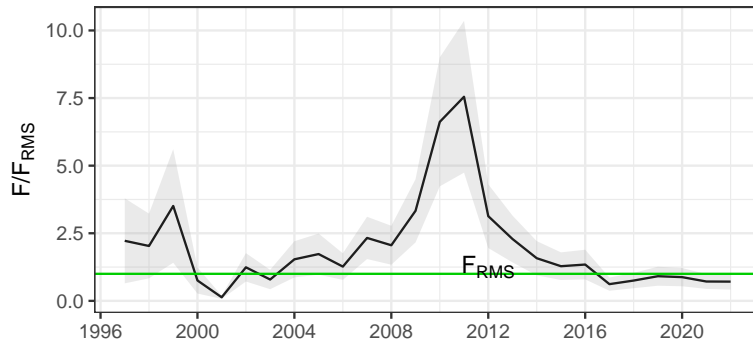
a)



b)



c)



d)

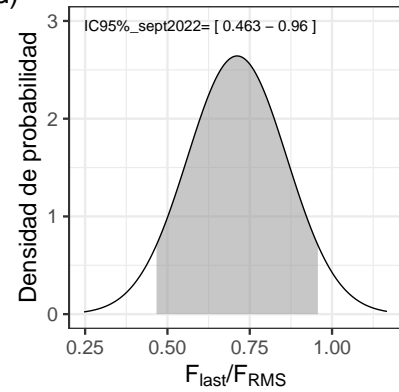


Figura 17. a) Razón BD/BD_{RMS} , b) la distribución de probabilidad de BD_{last}/BD_{RMS} , c) razón F/F_{RMS} y d) la distribución de probabilidad F_{last}/F_{RMS}

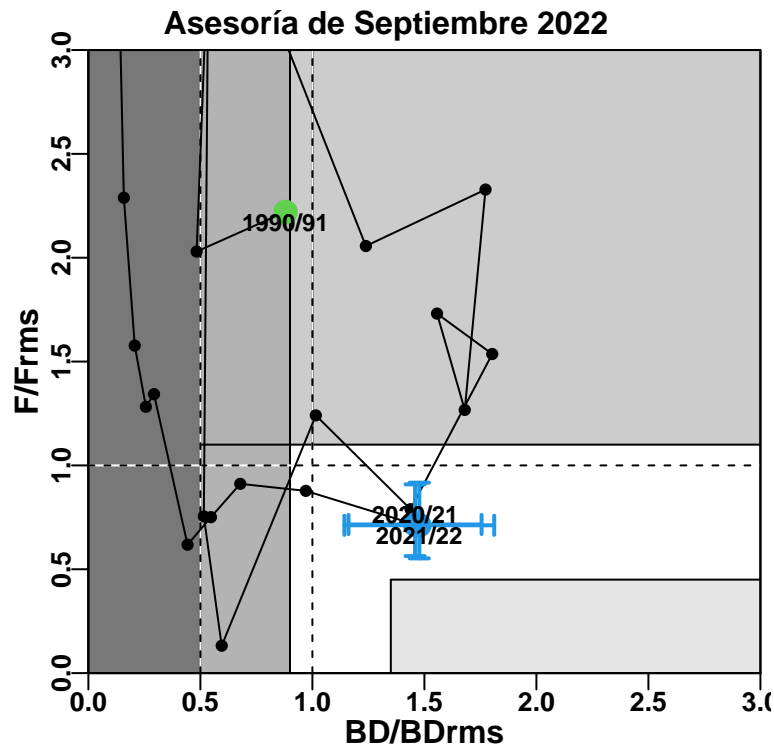


Figura 18. Diagrama de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca de la asesoría de septiembre 2022. Los ejes están estandarizados a los valores que generan el RMS proxy. Cruz azul corresponde a los intervalos de confianza de la razón BD/BD_{RMS} y F/F_{RMS} . El año con cruz continua corresponde a *Estatus completo*.

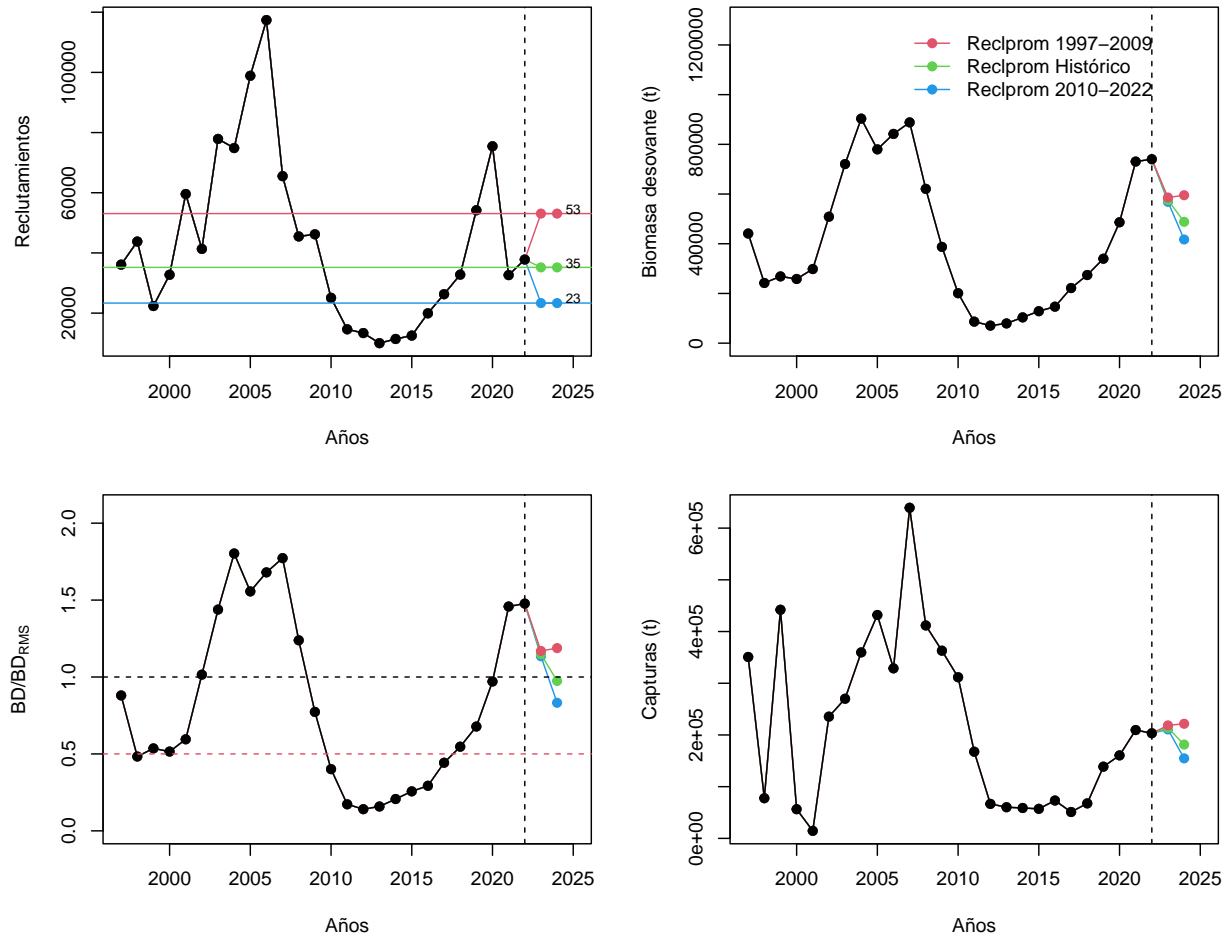


Figura 19. Proyección de dos años biológicos (2022/2023 y 2023/2024) de la biomasa desovante, razón BD/BD_{RMS} y capturas en base a tres escenarios de reclutamiento proyectado. Asesoría de septiembre 2022.

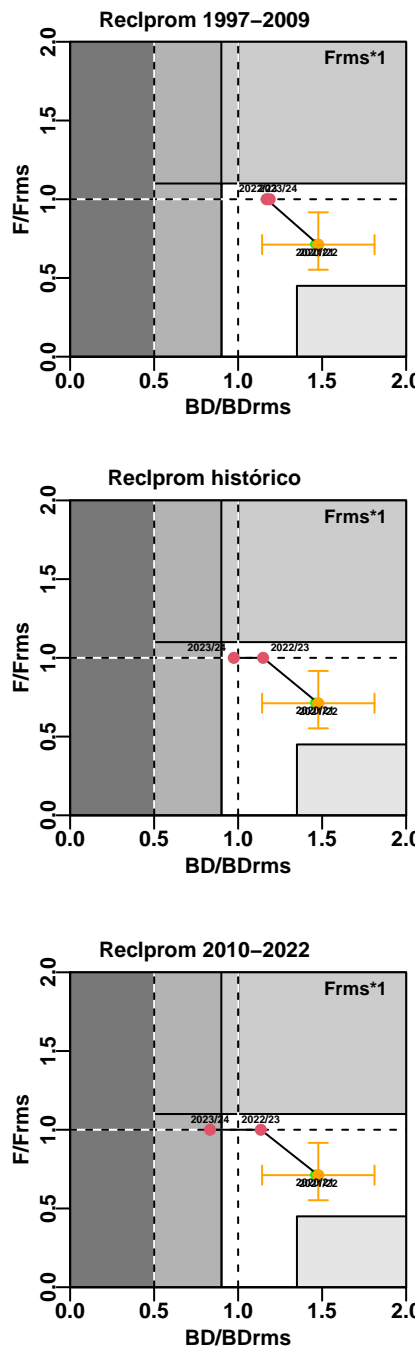


Figura 20. Diagramas de fases de explotación de la biomasa desovante respecto de la mortalidad por pesca mostrando el estatus de anchoveta centro-sur para el año previo 2020/21 (punto verde), año actual 2021/22 (punto y cruz naranja) y años proyectados 2022/23 y 2023/24 (puntos rojos) bajo un escenario de reclutamiento promedio alto [1997-2009], reclutamiento promedio histórico [1997-2022], reclutamiento promedio reciente [2010-2022]. Asesoría de septiembre 2022.

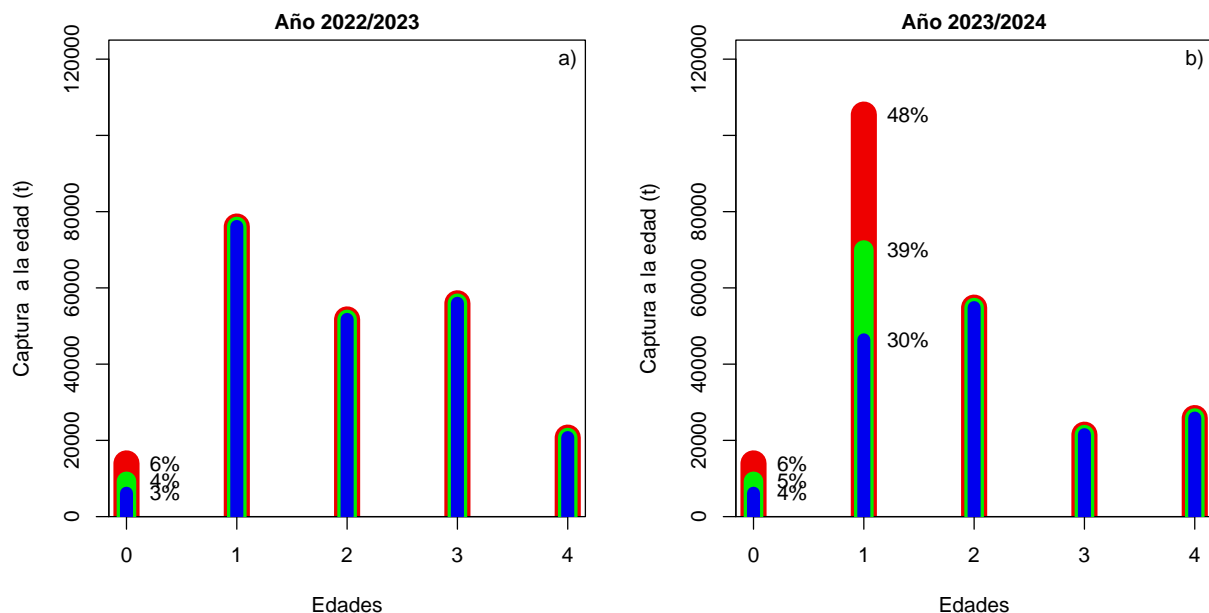


Figura 21. Captura 2022/2023 y 2023/2024 a la edad bajo tres escenarios de reclutamiento proyectado en el hito 1. Asesoría Septiembre 2022.

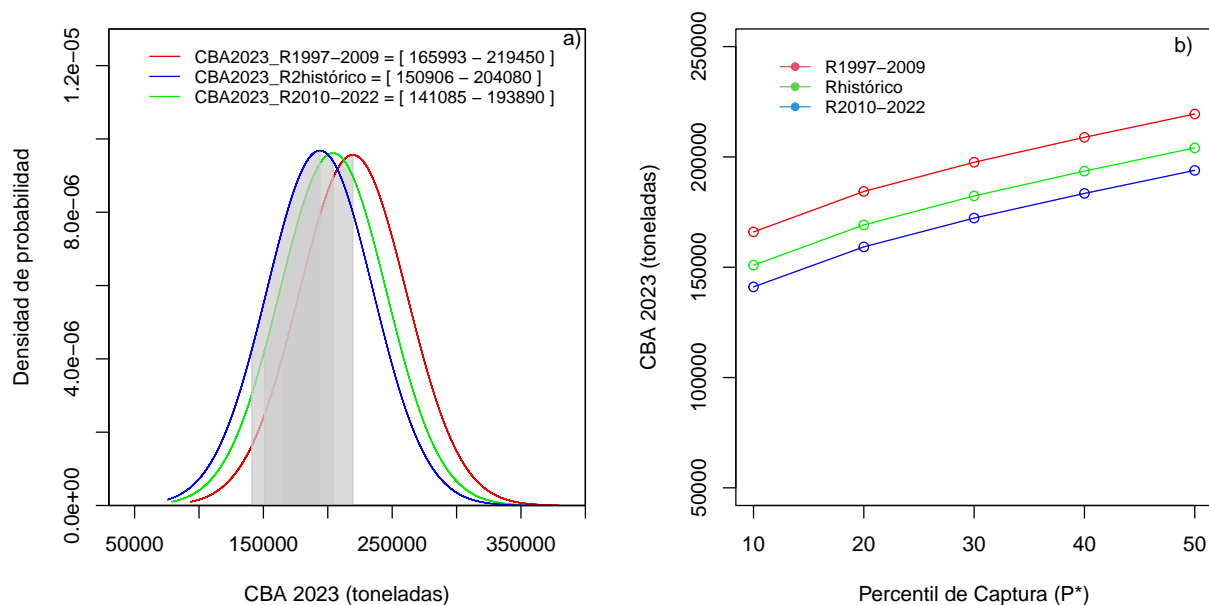


Figura 22. a) Distribución de probabilidad de la Captura al RMS proyectada al 2023 bajo tres escenarios de reclutamiento proyectado en el hito 1. La zona sombreada corresponde a la zona de percentiles de probabilidad de captura (*P) entre el 10 % - 50 % y b) La CBA estimada para cada *P.



3. TABLAS

Tabla 1. Estimaciones de biomazas utilizadas en la evaluación de stock de anchoveta provenientes de los cruceros de Verano (RECLAS), Otoño (PELACES) y crucero de huevos (MPDH).

Año calendario	Biomasa crucero de verano (toneladas)	Biomasa crucero de otoño (toneladas)	Biomasa desovante MPDH (toneladas)
1997	0	0	0
1998	0	0	0
1999	0	0	0
2000	370.054	0	0
2001	412.103	0	0
2002	1.494.267	0	112.323
2003	250.295	0	0
2004	1.289.818	0	153.150
2005	931.140	0	637.223
2006	785.840	2.062.538	0
2007	897.777	1.500.000	255.016
2008	1.040.062	0	313.432
2009	184.774	1.874.556	73.983
2010	17.550	323.000	77.613
2011	25.797	250.000	109.348
2012	100.020	174.000	50.772
2013	73.551	83.755	17.779
2014	82.996	137.374	17.303
2015	120.727	0	59.886
2016	218.422	501.740	28.197
2017	84.188	490.994	0
2018	347.160	745.055	207.744
2019	605.670	786.931	136.588
2020	569.463	1.005.239	643.089
2021	516.374	1.338.007	65.757
2022	1.084.161	1.417.886	0



Tabla 2. Desembarques en toneladas, porcentaje de descarte supuesto, captura descartada (toneladas) y captura total (toneladas) estimadas en año biológico para anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Año biológico	Desembarques (toneladas)	Porcentaje Descarte	Captura descartada (toneladas)	Captura total (toneladas)
1996-97	350.755	0 %	0	350.755
1997-98	77.701	0 %	0	77.701
1998-99	442.110	0 %	0	442.110
1999-00	56.441	0 %	0	56.441
2000-01	13.986	4 %	559	14.545
2001-02	226.307	4 %	9.052	235.359
2002-03	259.572	4 %	10.383	269.955
2003-04	345.847	4 %	13.834	359.681
2004-05	415.290	4 %	16.612	431.902
2005-06	316.159	4 %	12.646	328.805
2006-07	614.773	4 %	24.591	639.364
2007-08	395.911	4 %	15.836	411.747
2008-09	348.914	4 %	13.957	362.871
2009-10	299.548	4 %	11.982	311.530
2010-11	161.306	4 %	6.452	167.758
2011-12	64.116	4 %	2.565	66.681
2012-13	57.910	4 %	2.316	60.226
2013-14	56.524	4 %	2.261	58.785
2014-15	54.919	4 %	2.197	57.116
2015-16	70.367	4 %	2.815	73.181
2016-17	49.016	4 %	1.961	50.977
2017-18	66.757	1,4 %	935	67.692
2018-19	135.804	2,1 %	2.852	138.656
2019-20	157.646	1,8 %	2.838	160.484
2020-21	205.398	2 %	4.108	209.506
2021-22	199.343	2 %	3.987	203.330



Tabla 3. Estimaciones medias de las biomasa desovante (t) , biomasa total (t), reclutamientos (#) y mortalidad por pesca (año-1) estimadas en la asesoría de septiembre 2022 de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Año biológico	Biomasa desovante	Biomasa total	Reclutamientos	Mortalidad por pesca
1996/97	441.030	1.529.500	36.108	1
1997/98	242.130	370.750	43.782	0,918
1998/99	268.580	645.270	22.364	1,59
1999/00	258.210	468.860	32.743	0,341
2000/01	298.230	610.580	59.576	0,06
2001/02	508.740	718.090	41.342	0,561
2002/03	720.680	1.762.200	77.883	0,357
2003/04	903.400	1.613.100	74.857	0,695
2004/05	779.840	1.694.700	98.866	0,783
2005/06	841.910	1.649.300	117.380	0,573
2006/07	888.310	1.522.400	65.521	1,05
2007/08	620.710	1.058.600	45.482	0,93
2008/09	387.310	780.440	46.187	1,51
2009/10	201.030	427.300	25.074	3
2010/11	86.549	227.230	14.632	3,41
2011/12	70.567	145.180	13.375	1,42
2012/13	79.325	162.250	10.020	1,03
2013/14	103.690	204.320	11.405	0,713
2014/15	128.650	212.100	12.535	0,58
2015/16	146.760	287.570	19.943	0,608
2016/17	221.810	443.700	26.292	0,28
2017/18	274.090	405.500	32.787	0,34
2018/19	339.750	583.900	54.194	0,412
2019/20	486.370	885.820	75.451	0,397
2020/21	730.680	1.061.100	32.643	0,324
2021/22	740.200	1.056.200	37.801	0,322



Tabla 4. Índices de reducción de F respecto de F_{RMS} (F/F_{RMS}), BD respecto de BD_{RMS} (BD/BD_{RMS}), tasas de explotación anual referidos a la biomasa (Y/BT) y a la abundancia estimada ($C\#/N\#$), estimadas en la evaluación de septiembre 2022 de anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Año biológico	F/F_{RMS}	BD/BD_{RMS}	Y/BT	$C\#/N\#$
1996/97	2,221	0,88	0,229	0,164
1997/98	2,03	0,483	0,21	0,157
1998/99	3,51	0,536	0,685	0,328
1999/00	0,755	0,515	0,12	0,066
2000/01	0,132	0,595	0,024	0,011
2001/02	1,241	1,015	0,328	0,144
2002/03	0,789	1,438	0,153	0,071
2003/04	1,536	1,803	0,223	0,149
2004/05	1,731	1,556	0,255	0,148
2005/06	1,267	1,68	0,199	0,113
2006/07	2,328	1,773	0,42	0,252
2007/08	2,056	1,239	0,389	0,227
2008/09	3,331	0,773	0,465	0,275
2009/10	6,62	0,401	0,729	0,45
2010/11	7,548	0,173	0,738	0,436
2011/12	3,133	0,141	0,459	0,21
2012/13	2,289	0,158	0,371	0,202
2013/14	1,577	0,207	0,288	0,14
2014/15	1,282	0,257	0,269	0,12
2015/16	1,343	0,293	0,254	0,109
2016/17	0,618	0,443	0,115	0,056
2017/18	0,751	0,547	0,167	0,074
2018/19	0,911	0,678	0,237	0,079
2019/20	0,877	0,971	0,181	0,078
2020/21	0,716	1,458	0,197	0,104
2021/22	0,712	1,477	0,192	0,095



Tabla 5. Procedimiento de cálculo de los puntos biológicos de referencia de biomasa (miles de t) estimados en la evaluación de stock de septiembre 2022 para anchoveta de las regiones de Valparaíso a Los Lagos, calculados siguiendo los pasos descritos en la metodología de este informe.

Etapas	Cálculo	Aproximación	Valores
Paso 1	Promedio de la serie histórica entre 1991-2022	$BD_{promedio}$	414
	Mediana de la serie histórica entre 1991-2022	F_{mh}	0,65
Paso 2	Cálculo de la curva de biomasa por recluta (BDPR)	$\%BDPR_{F_{mh}}$	51,5
		$\%BDPR_{F_{RMS}}$	60
Paso 3	$\%BDPR_{F_{mh}} - 5\%$	$\%BD_{F_{mh}}$	46,5
	$\%BDPR_{F_{RMS}} - 5\%$	$\%BD_{F_{RMS}}$	55
Paso 4	$BD_0 = BD_{promedio} / \%BD_{F_{mh}}$	BD_0	911
Paso 5	$BD_{RMS} = BD_0 * \%BD_{F_{RMS}}$	$BD_{55\%}$	501
Paso 6	$BD_{LIM} = BD_0 * \%BD_{F_{LIM}}$	$BD_{27,5\%}$	251

Tabla 6. Puntos Biológicos de referencia (PBRs) y probabilidades de estar bajo BD_{RMS} y sobre F_{RMS} y en sobreexplotación, colapsado o sobrepesca.

	Valores
Año biológico	2021/22
F_{RMS}	0,45
BD_{RMS}	501
BD_{LIM}	251
$p(BD_{2021/22} < BD_{RMS})^1$	0
$p(F_{2021/22} > F_{RMS})^2$	0,01
$p(sobre - explotación)^3$	0
$p(agotado/colapsado)^4$	0
$p(sobrepesca)^5$	0,01

¹ Probabilidad que BD del año más reciente sea menor a BD_{RMS} según el diagrama de fase

² Probabilidad que F del año más reciente sea mayor a F_{RMS} según el diagrama de fase

³ Probabilidad de estar en sobreexplotación = $p(0,5 < BD_{last}/BD_{RMS} < 0,9)$

⁴ Probabilidad de estar en colapso = $p(BD_{last}/BD_{RMS} < 0,5)$

⁵ Probabilidad de estar en sobrepesca = $p(F_{last}/F_{RMS} > 1,1)$



Tabla 7. Proyección de la biomasa desovante hacia el año biológico 2022/2023 y 2023/2024 considerando tres escenarios de reclutamientos y mortalidad por pesca igual al F_{RMS} . Probabilidad de estar bajo BD_{RMS} y sobre F_{RMS} y la probabilidad de sobre-explotación y colapso.

	Estatus 2022/2023			Estatus 2023/2024		
	Escenarios de reclutamiento			Escenarios de reclutamiento		
	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$
R_{proy}	53,08	35,2	23,34	53,08	35,2	23,34
$F_{proy} = F_{RMS}$	0,4524	0,4524	0,4524	0,4524	0,4524	0,4524
BD_{RMS}	501,1	501,1	501,1	501,1	501,1	501,1
BD_{proy}	586	576	569	595	488	417
BD_{proy}/BD_{RMS}	1,17	1,15	1,14	1,19	0,97	0,83
$p(\text{sobreexplotación})^1$	0,1	0,12	0,13	0,02	0,29	0,69
$p(\text{agotado/colapsado})^2$	0	0	0	0	0	0,01

¹ Probabilidad de estar en sobreexplotación = $p(0,5 < BD_{last}/BD_{RMS} < 0,9)$

² Probabilidad de estar en colapso = $p(BD_{last}/BD_{RMS} < 0,5)$

Tabla 8. Proyección de la captura estimada para los años biológicos 2022/2023 y 2023/2024 considerando una mortalidad por pesca igual al F_{RMS} , con sus respectivos escenarios de reclutamientos. El cálculo de la Captura para el año calendario 2023 se obtiene como el promedio ponderado según la estacionalidad semestral de la pesquería que a la fecha se asume 70 % para el primer semestre y 30 % para el segundo semestre.

Captura	Escenarios de reclutamiento		
	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$
Año biológico proyectada 2022/2023	219	214	211
Primer Semestre 2023	153	150	147
Año biológico proyectada 2023/2024	222	181	155
Segundo Semestre 2023	66	54	46
Año calendario 2023	219	204	194

**Tabla 9.** CBA inicial año calendario 2023 de anchoveta calculada bajo F_{RMS} con sus respectivos percentiles de captura entre 10 % y 50 % y tres escenarios de reclutamientos.

CBA 2023			
	Escenarios de reclutamiento		
	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$
mean	219.450	204.080	193.890
sd	41.713	41.492	41.204
10 %	165.993	150.906	141.085
20 %	184.343	169.159	159.212
30 %	197.576	182.322	172.283
40 %	208.882	193.568	183.451
50 %	219.450	204.080	193.890

Tabla 10. CBA inicial año calendario 2023 considerando el descuento del 2 % de descarte.

CBA 2023 - 2 \% descarte			
	Escenarios de reclutamiento		
	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$
mean	215.060	200.000	190.020
sd	40.878	40.662	40.380
10 %	162.673	147.890	138.271
20 %	180.656	165.778	156.035
30 %	193.624	178.677	168.845
40 %	204.704	189.698	179.790
50 %	215.060	200.000	190.020

Tabla 11. Nivel de resguardo de cada percentil de Captura al RMS

	Resguardo		
	Escenarios de reclutamiento		
	$R_{1997-2009}$	$R_{Histórico}$	$R_{2010-2022}$
10 %	0,24	0,26	0,27
20 %	0,16	0,17	0,18
30 %	0,10	0,11	0,11
40 %	0,05	0,05	0,05
50 %	0,00	0,00	0,00



4. REFERENCIAS

Payá, I., Canales, C., Bucarey, D., Canales, M., Contreras, F., Leal, E., Tascheri, R., Yáñez, A., Zúñiga, M. J., Clark, W., Dorn, M., Dunn, M., Fernández, C., Haddon, M., Klaer, N., & Sissenwine, M. (2014). *Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales. Informe Final. Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014. Subsecretaría de Economía y EMT / IFOP, Chile* (pp. 1–49 +Anexos). https://www.researchgate.net/publication/301698303_Revision_de_los_puntos_biologicos_de_referencia_Rendimiento_Maximo_Sostenible_en_las_pesquerias_nacionales_Review_of_Biological_Reference_Points_for_main_chilean_fisheries