



Reporte Reineta 2022

**Implementación de evaluación de stock en reineta
Brama australis en SS3**

Grupo de Trabajo DEMERSAL-CRUSTACEOS

Departamento de Evaluación de Recursos

Mauricio Mardones Inostroza

Fecha
Julio, 2022

Índice de Contenidos

1	ANTECEDENTES	2
1.1	Descripción y objetivo del documento	2
2	METODOLOGÍA	3
2.1	Área de estudio	3
2.2	Modelo conceptual	3
2.3	Plataforma de modelación	4
2.4	Parámetros biológicos	4
2.5	Datos utilizados	5
2.6	Modelos reportados	7
2.6.1	Datos utilizados en s2	7
2.6.2	Datos utilizados en s3	8
2.6.3	Datos utilizados en s4	10
2.6.4	CPUE	12
3	RESULTADOS	16
3.1	Ajustes	18
3.2	Biomasa desovante	22
3.3	Reclutamiento	25
3.4	Mortalidad por pesca	28
3.5	Retrospectivo	30
3.6	Comparación	32
4	DISCUSIÓN	34
4.1	Asociadas a la implementación metodológica	34
4.2	Datos y piezas de información disponibles	34
4.3	Asociadas a la evaluación de stock	34
4.4	Trabajo en progreso	34
	REFERENCIAS	36

1 ANTECEDENTES

1.1 Descripción y objetivo del documento

El principal objetivo de este documento es presentar los avances en la implementación del modelo de evaluación integrado para reineta *Brama australis* en la zona centro sur de Chile. Este proceso de evaluación ha sido implementado en Stock Synthesis con la finalidad de integrar distintas piezas de información disponible, analizar desempeño de los modelos y escenarios probados y por último, avanzar en la discusión sobre la utilidad de este tipo de aproximaciones metodológicas y vinculación con la asesoría de IFOP hacia el manejo.

Por lo tanto, este documento contiene el flujo de análisis y modelación de los distintos escenarios de *Brama australis* Reineta como parte de la asesoría técnica que lleva a cabo el IFOP, mediante el Grupo Técnico Demersal y Crustáceos del Departamento de Evaluación de Recursos.

2 METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El área de estudio comprende la principal área de operación de la flota arrastrera correspondiente a la zona centro sur de Chile entre el límite norte de la IV región y los $41^{\circ}28'S$. Donde a lo largo de la costa operan las flotas artesanal con redes de enmalle y espinel, mientras que la flota de industrial desarrolla su operación de captura con arrastre.



Figure 1: Zona de Estudio Reineta Assessment

2.2 Modelo conceptual

El modelo de la dinámica poblacional de reineta, corresponde a un enfoque de evaluación del tipo estadístico con estructura de edad, donde la dinámica progresa avanzando en el tiempo t , y las capturas son causantes de la mortalidad por pesca F , la mortalidad natural es constante $M = 0,35$. La relación entre la población y las capturas responde a la base de la ecuación de Baranov, y se consideran para el modelo y estimaciones el rango de edad entre 2 a 12+ (años). Sin embargo, las estimaciones del modelo tienen su origen en la edad cero sobre la base de una condición inicial estado estable. La dinámica esta modelada por un reclutamiento tipo Beverton y Holt.

2.3 Plataforma de modelación

Los modelos implementados fueron configurados utilizando Stock Synthesis (SS3 de aquí en mas)(<https://vlab.noaa.gov/web/stock-synthesis>) con la versión mas actualizada (V.3.30.18). SS3 es un modelo de evaluación de stock edad y talla estructurado, en la clase de modelos denominados “Modelo de análisis integrado de evaluación de stock”. SS3 tiene un sub-modelo poblacional de stock que simula crecimiento, madurez, fecundidad, reclutamiento, movimiento, y procesos de mortalidad, y sub-modelos de observation y valores esperados para diferentes tipos de datos. El modelo es codificado en C++ con parámetros de estimación activados por diferenciación automática (ADMB) (Fournier et al., 2012; Methot & Wetzel, 2013). El análisis de resultados y salidas emplea herramientas de R e interfase gráfica de la librería *r4ss* (<https://github.com/r4ss/r4ss>) (Taylor, 2019).

2.4 Parámetros biológicos

La Tabla 1 identifica los parametros de información disponibles que provienen del reporte técnico de Contreras (2020). En este informe no se realizó una revisión de los parámetros biológicos disponibles, dado que se utilizaron los de las evaluaciones previas para ser consistentes con los informes anteriores de evaluación y la información utilizada.

Table 1: Parámetros biológicos

	LO	HI	INIT	PRIOR	PR_SD	PR_type	PHASE	env_var&link
NatM_p_1_Fem_GP_1	5e-02	0.900000	0.350	0.350	0.60	3	-4	0
L_at_Amin_Fem_GP_1	1e+00	35.000000	13.000	13.000	0.50	0	-1	0
L_at_Amax_Fem_GP_1	2e+01	80.000000	49.000	49.000	99.00	0	-1	0
VonBert_K_Fem_GP_1	8e-02	0.550000	0.180	0.180	99.00	0	-1	0
CV_young_Fem_GP_1	1e-01	0.600000	0.300	0.300	99.00	0	-2	0
CV_old_Fem_GP_1	1e-01	0.400000	0.150	0.200	99.00	0	-2	0
Wtlen_1_Fem_GP_1	-3e+00	3.000000	0.021	0.021	99.00	0	-5	0
Wtlen_2_Fem_GP_1	-3e+00	6.000000	2.940	2.940	99.00	0	-5	0
Mat50%_Fem_GP_1	2e+01	54.000000	37.000	37.000	99.00	0	-5	0
Mat_slope_Fem_GP_1	-3e+00	3.000000	-0.200	-0.200	99.00	0	-5	0
Eggs_intercept_Fem_GP_1	-3e+00	3.000000	1.000	1.000	0.05	0	-50	0
Eggs_slope_wt_Fem_GP_1	-3e+00	3.000000	0.000	0.000	0.05	0	-50	0
CohortGrowDev	1e-01	10.000000	1.000	1.000	0.05	0	-1	0
FracFemale_GP_1	1e-06	0.999999	0.500	0.500	0.05	0	-99	0

El reclutamiento fue modelado mediante una curva logística de Beverton y Holt, con los parámetros indicados en la Tabla 2.

Table 2: Parámetros Relación S-R

	LO	HI	INIT	PRIOR	PR_SD	PR_type	PHASE
SR_LN(Ro)	3.0	31	8.815050	10.3	10.00	0	1
SR_BH_steep	0.2	1	0.614248	0.7	0.05	1	4

2.5 Datos utilizados

- Desembarque industrial y artesanal del período (1994-2021) separados por flota, provenientes de las estadísticas oficiales de Sernapesca (Subsecretaría de Pesca, 2021). Al disponer de los desembarques oficiales por flota, es posible segregar información oficial por flotas, siendo factible a la vez disponer de datos oficiales (reportados). Cabe señalar que en esta pesquería aun no se realizan procesos de corrección de desembarques.
- Información del Programa de Seguimiento de la pesquería de pesquerías demersales del Instituto de Fomento Pesquero.

La información proviene del monitoreo artesanal e industrial en la zona centro-sur de Chile, en donde se destacan dos flotas de pesca, la artesanal de enmalle y artesanal de espinel, siendo esta última la más importante en términos de registros e historial.

En ambos casos se obtienen datos de: i) estructura de tamaños, ii) composiciones por edad, iii) parámetros de crecimiento y iv) peso anuales por edad/talla y años.

Por otro lado, los rendimientos de pesca de cada flota fueron estandarizados mediante modelos lineales generalizados.

- c. En el caso de la pesquería industrial, el monitoreo permitió obtener composición de abundancia a la edad entre los años 2017 y 2021.

El esquema de evaluación presentado considera una modelación secuencial por flotas artesanal e industrial. La flota con mayor historial pesquero de acuerdo a los análisis es la flota artesanal de espinel, que para este caso se determinara como modelo base de evaluación.

La evaluación de stock en SS3 de *Brama australis* en la zona Centro Sur de Chile se realiza de manera jerárquica integrando la información relativa a las tres flotas que operan en el recurso. A saber;

- Espinel Artesanal (1)
- Enmalle Artesanal (2)
- Industrial (3)

En la Tabla 3. se enumeran y describen los escenarios de modelación en función de las flotas disponibles.

Table 3: Escenarios y descripción de los modelos de evaluación de Reineta 2022

Escenario	Descripción
s1	Todas las flotas
s1a	Todas las flotas (comps Edades Industrial)
s2	Flota Artesanal Enmalle
s3	Flotas artesanales (Espinel y Enmalle)
s4	Flota Artesanal Espinel (Modelo Base)
s5	Indice Biomasa Zhou (Zhou et al., 2009)

Para avanzar en la implementación metodológica, se establece con fines comparativos modelo por flotas artesanales, donde un modelo utiliza la información de enmalle artesanal, para luego sumar la flota enmalle artesanal, para terminar incorporando la información de la flota industrial. También se ejecutan las flotas por separado (Tabla 1).

2.6 Modelos reportados

Cabe mencionar que el modelo utilizado para la toma de decisiones esta basado en un modelo de producción basado en datos de captura con uso de supuestos asociados a los niveles de agotamiento (Contreras, 2020; Zhou et al., 2009). Por otro lado, se ha avanzado en la implenteación de modelos integrados utilizando datos de la flota artesanal de enmalle (Contreras, 2020).

Al momento de la elaboración de este informe, existen tres modelos implementados a la fecha, a saber el s_2 , s_3 y s_4 . Estos modelos seran presentados a continuación en referencia las piezas de información disponibles y salidas de la evaluación.

2.6.1 Datos utilizados en s_2

El modelo s_2 contiene los datos de enmalle de la flota artesanal de reineta que se presentan a continuación en la Figura 2.

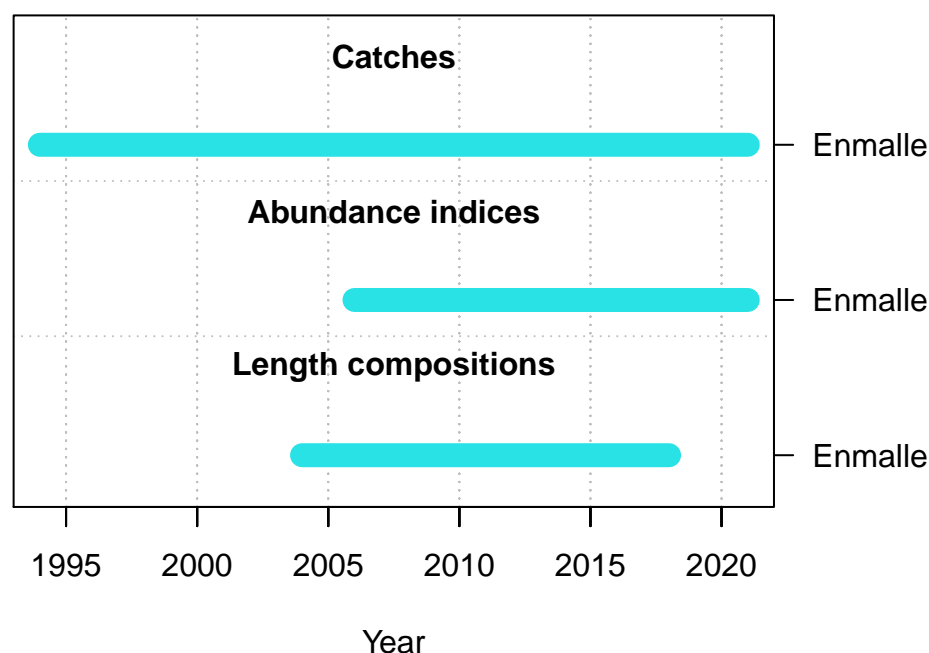


Figure 2: Datos utilizados en s_2

Desembarques asociados a las flotas del modelo s_2 .

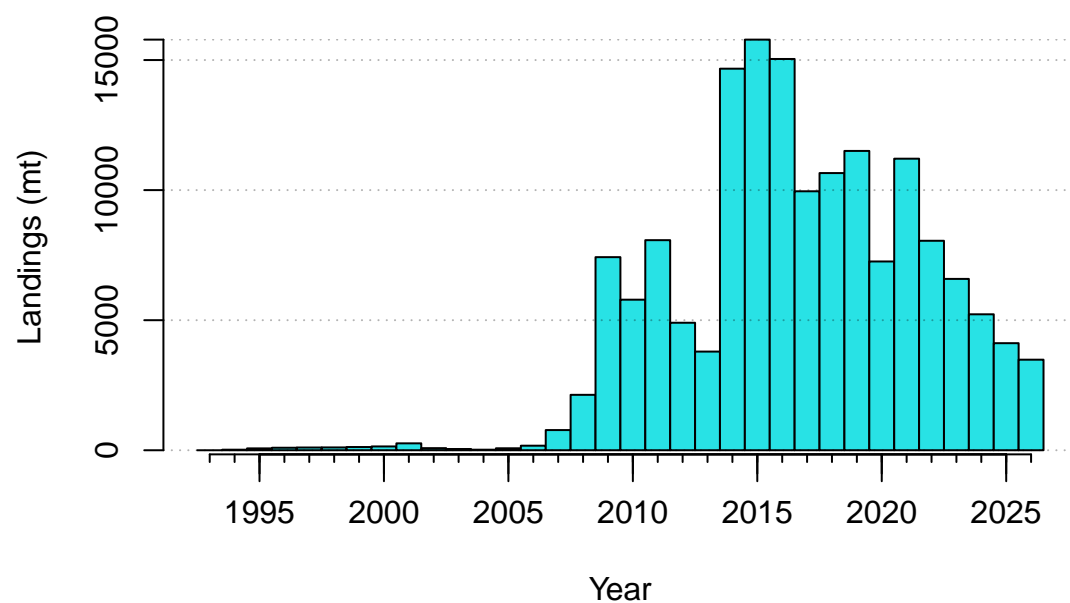


Figure 3: Desembarques en s2 para reineta

2.6.2 Datos utilizados en s3

El modelo s2 contiene los datos de enmalle y espinel de la flota artesanal de reineta que se presentan a continuación en la Figura 2.

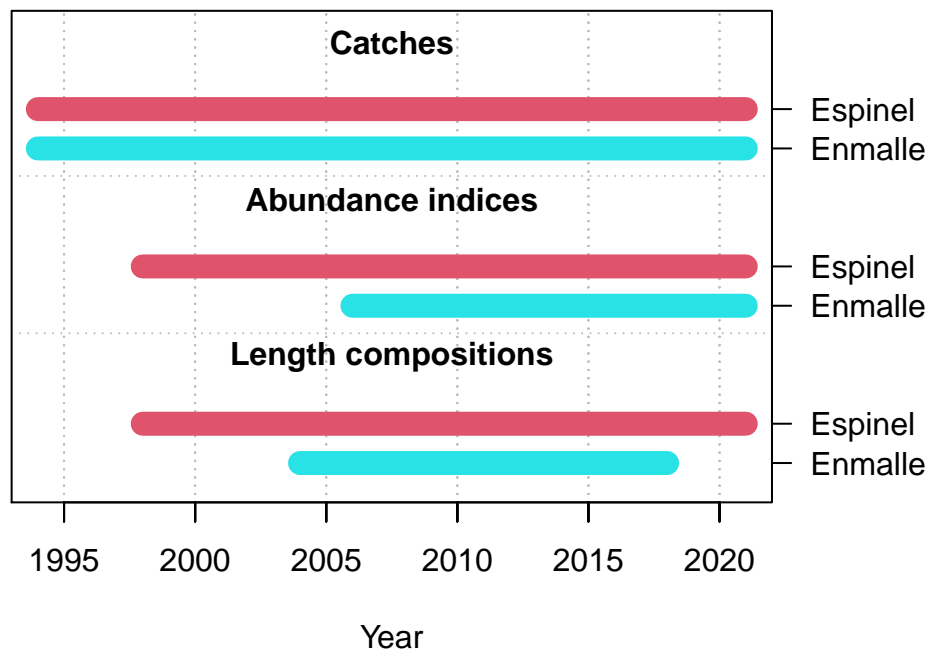


Figure 4: Datos utilizados en s3 para reineta

Desembarques asociados a las flotas del modelo s3.

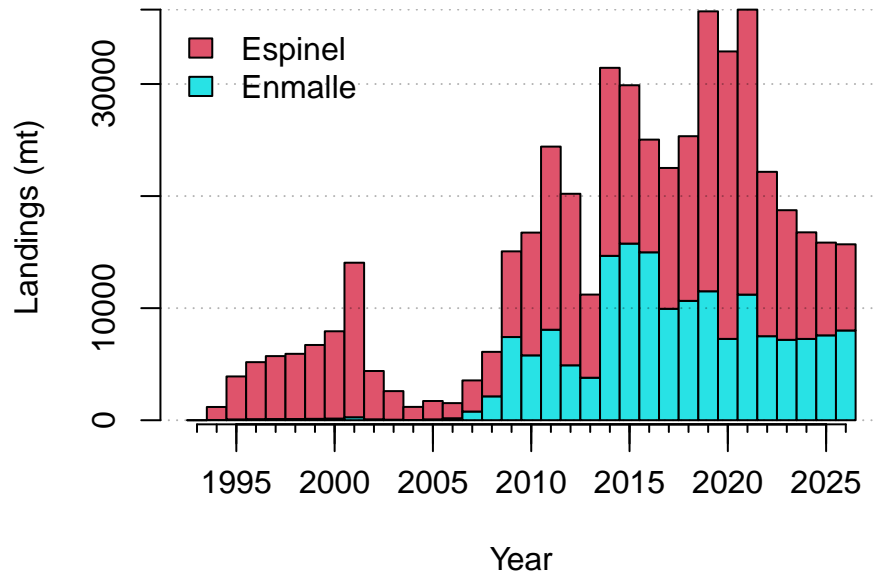


Figure 5: Desembarques en s3 para reineta

2.6.3 Datos utilizados en s4

El modelo s_4 contiene los datos de espinel de la flota artesanal de reineta que se presentan a continuación en la Figura 4.

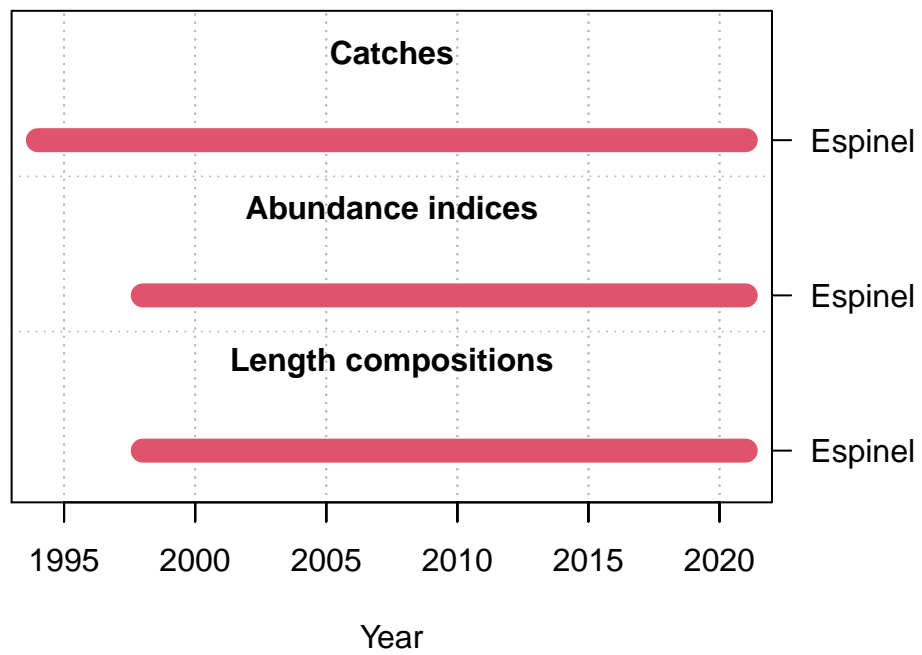


Figure 6: Datos utilizados en s_4 para reineta

Desembarques asociados a las flotas del modelo s_4 .

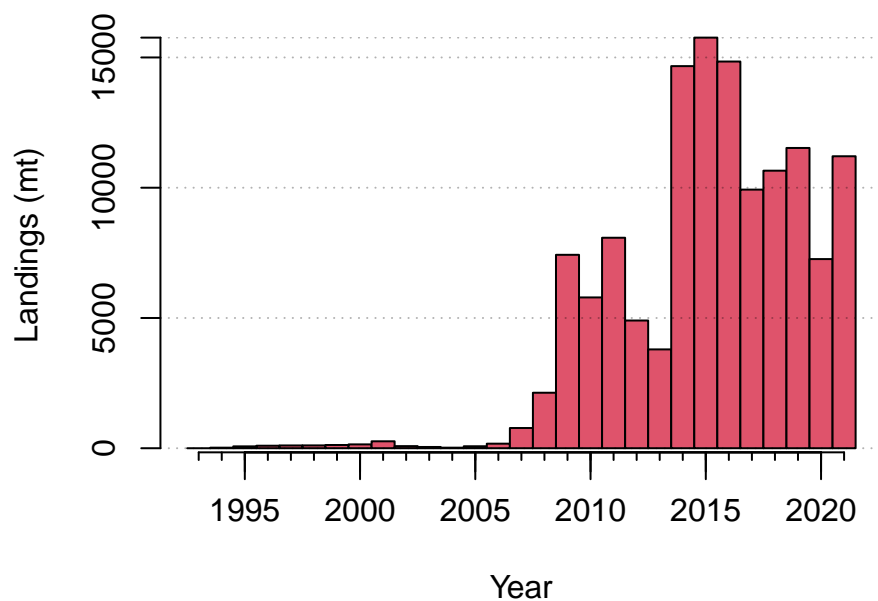


Figure 7: Desembarques en s4 para reineta

2.6.4 CPUE

Las tablas 3, 4 y 5 muestran las series de rendimientos nominales definidas por las pesquerías de Enmalle y Espinel para reineta.

Table 4: CPUE Espinel

year	seas	index	obs	se_log
1998	6	1	667	0.3
1999	6	1	1019	0.3
2000	6	1	1108	0.3
2001	6	1	1142	0.3
2002	6	1	530	0.3
2003	6	1	297	0.3
2004	6	1	360	0.3
2005	6	1	732	0.3
2006	6	1	590	0.3
2007	6	1	725	0.3
2008	6	1	654	0.3
2009	6	1	427	0.3
2010	6	1	1252	0.3
2011	6	1	1847	0.3
2012	6	1	1437	0.3
2013	6	1	672	0.3
2014	6	1	1006	0.3
2015	6	1	694	0.3
2016	6	1	402	0.3
2017	6	1	627	0.3
2018	6	1	654	0.3
2019	6	1	1027	0.3
2020	6	1	1265	0.3
2021	6	1	1265	0.3

Table 5: CPUE Enmalle

	year	seas	index	obs	se_log
25	2006	6	2	36.26	0.3
26	2007	6	2	97.54	0.3
27	2008	6	2	565.45	0.3
28	2009	6	2	306.94	0.3
29	2010	6	2	155.50	0.3
30	2011	6	2	858.38	0.3
31	2012	6	2	513.68	0.3
32	2013	6	2	260.25	0.3
33	2014	6	2	353.84	0.3
34	2015	6	2	226.97	0.3
35	2016	6	2	181.68	0.3
36	2017	6	2	132.54	0.3
37	2018	6	2	169.04	0.3
38	2019	6	2	276.58	0.3
39	2020	6	2	226.65	0.3
40	2021	6	2	741.35	0.3

Table 6: CPUE Industrial

	year	seas	index	obs	se_log
41	2011	7	3	584	0.3
42	2012	7	3	430	0.3
43	2013	7	3	139	0.3
44	2014	7	3	713	0.3
45	2015	7	3	528	0.3
46	2016	7	3	320	0.3
47	2017	7	3	319	0.3
48	2018	7	3	395	0.3
49	2019	7	3	643	0.3
50	2020	7	3	707	0.3
51	2021	7	3	729	0.3

Por otro lado, se presentan los graficos que señalan las tendencias de los rendimientos (Figura 5).

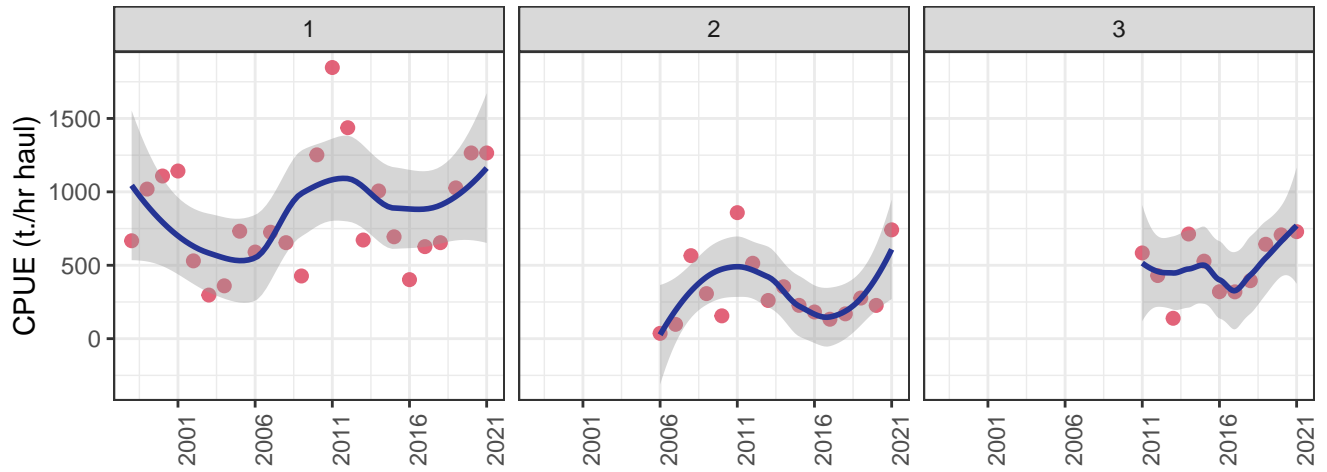


Figure 8: Tendencia de Rendimientos estandarizados para Reineta utilizados en el s3 para Espinel (1), Enmalle (2) e Industrial (3)

3 RESULTADOS

Respecto a los valores y parámetros biológicos modelados, los siguientes gráficos identifican los estimadores puntuales del recurso en s_2 , s_3 y s_4 . En el primer análisis visualizamos el modelo de crecimiento individual del recurso en cada modelo.

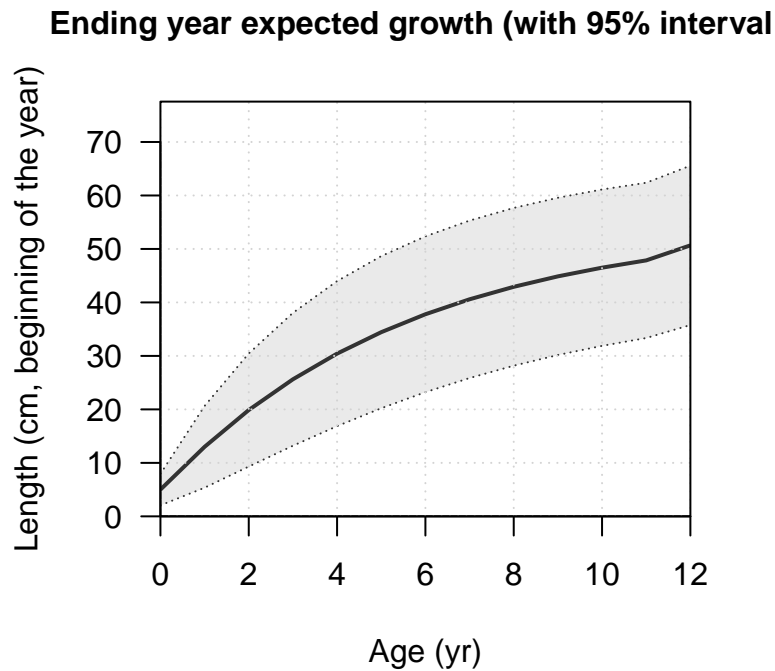


Figure 9: Curva de crecimiento en s_2

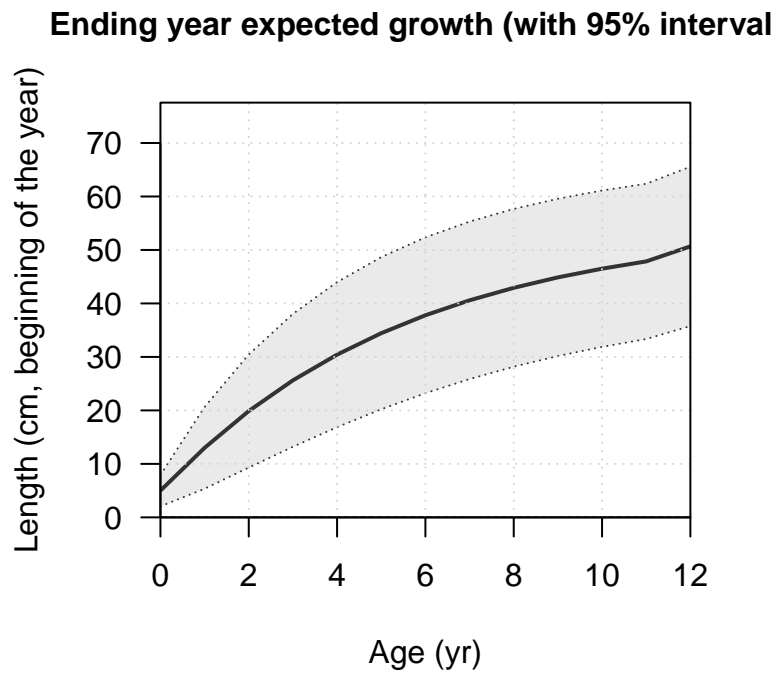


Figure 10: curva de crecimiento en s3

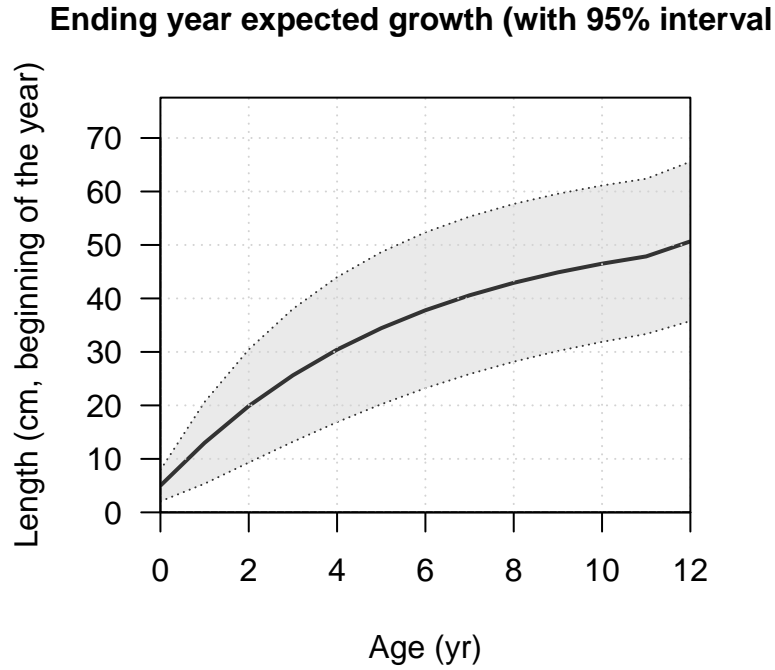


Figure 11: curva de crecimiento en s₄

3.1 Ajustes

Una de las mas básicas formas de identificar el desempeño de los modelos es mirando los ajustes asociados a la estimación de parámetros y variables. En primer lugar observamos los ajustes a las tallas de cada escenario.

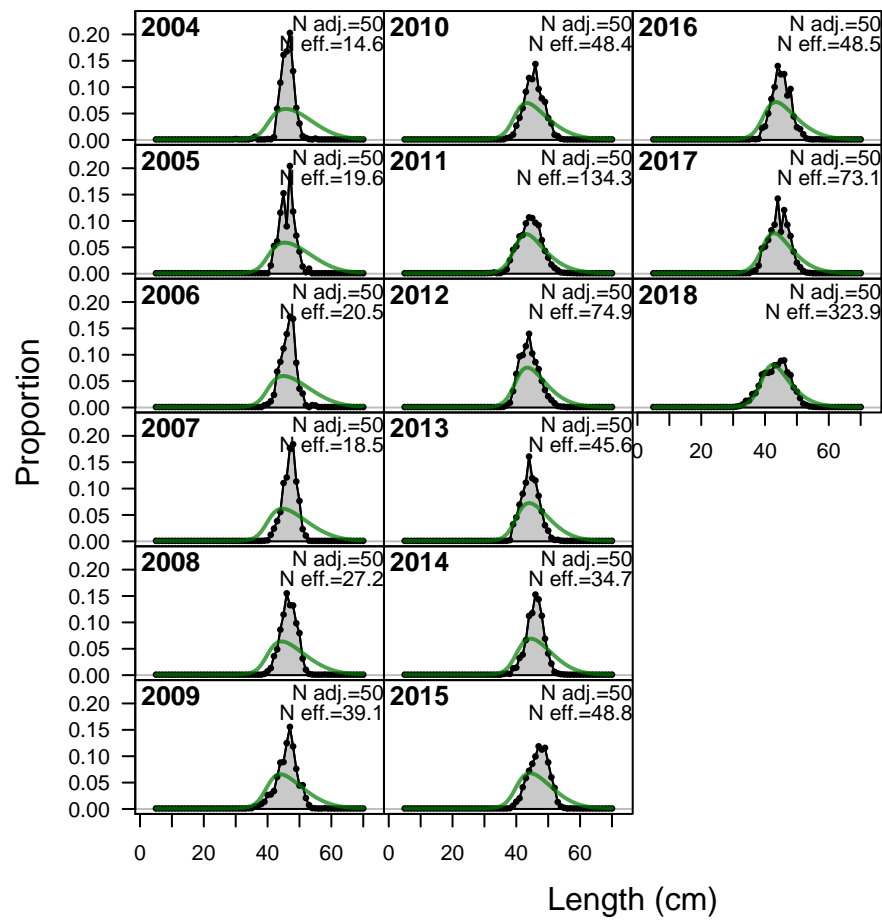


Figure 12: Ajuste Tallas s2

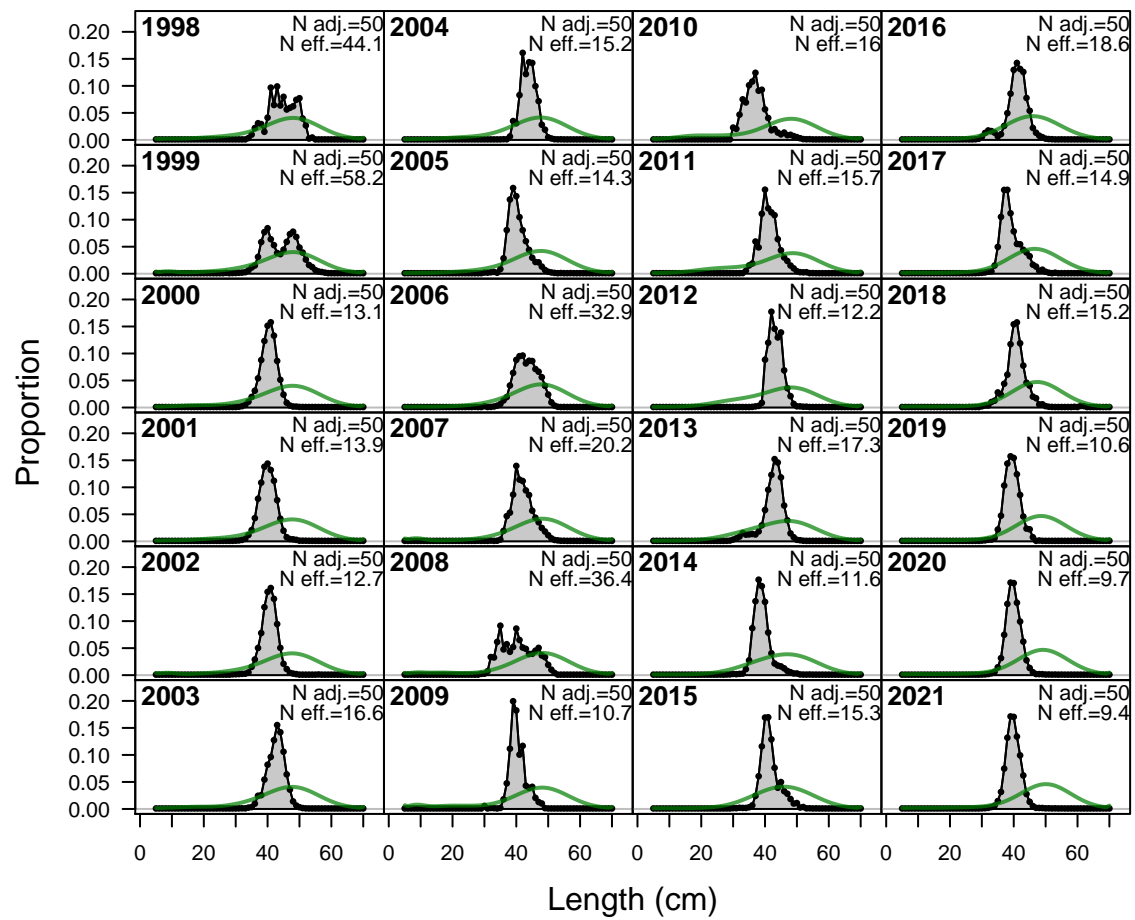


Figure 13: Ajuste Tallas s3

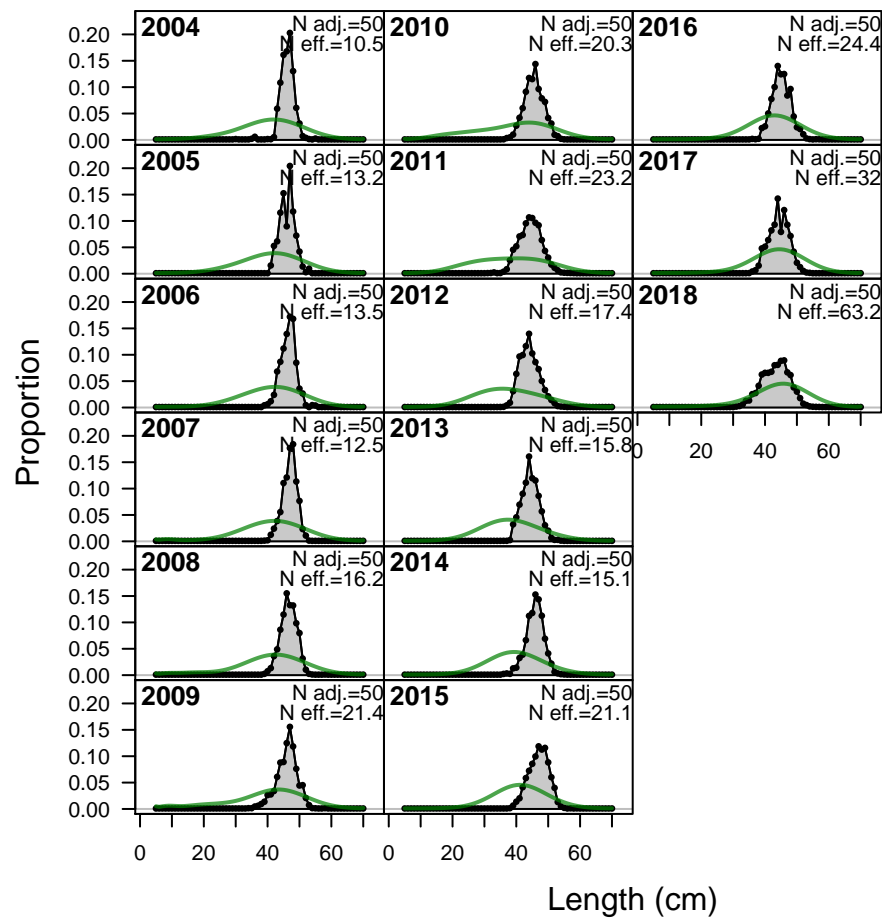


Figure 14: Ajuste Tallas s3

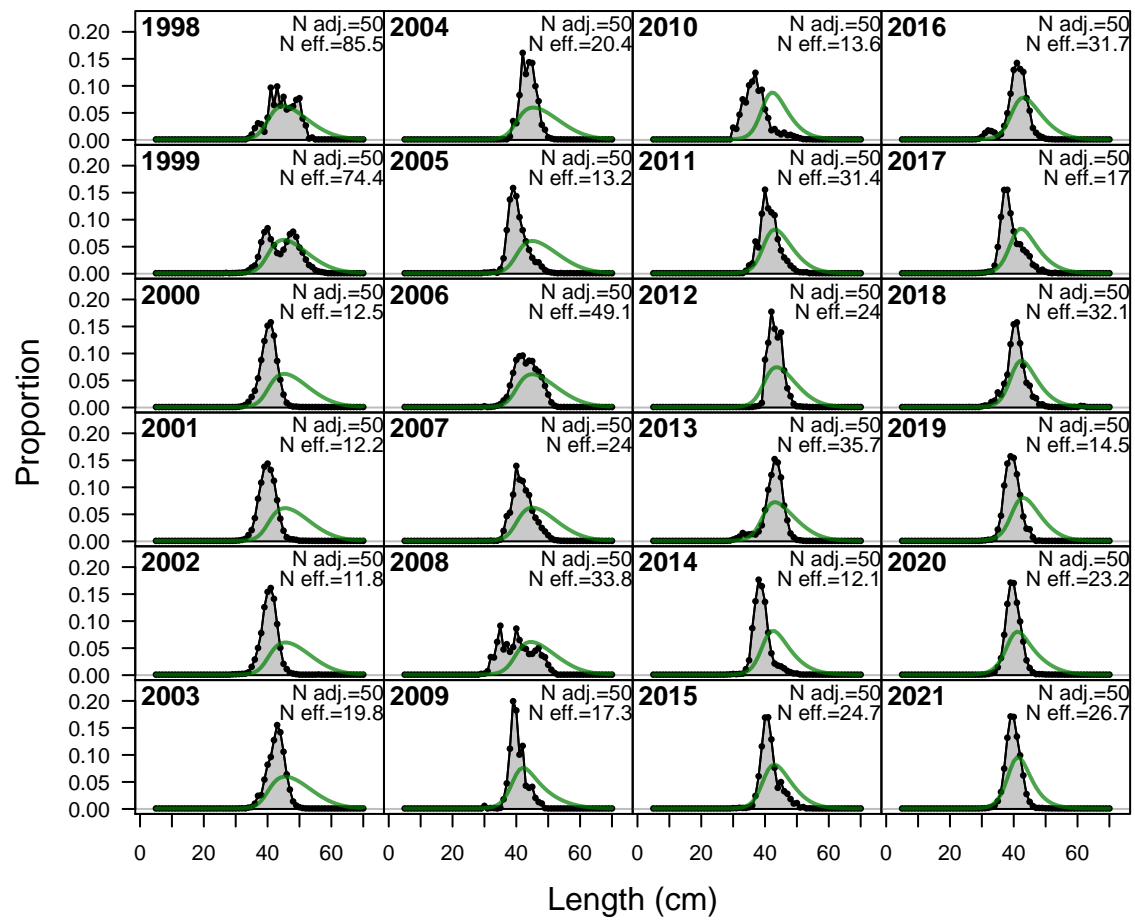


Figure 15: Ajuste Tallas s_4

3.2 Biomasa desovante

La estimación de biomasa total por modelo da cuenta de las diferencias entre modelos. A continuación se grafican las salida de las biomazas de los modelos s_2 , s_3 y s_4 .

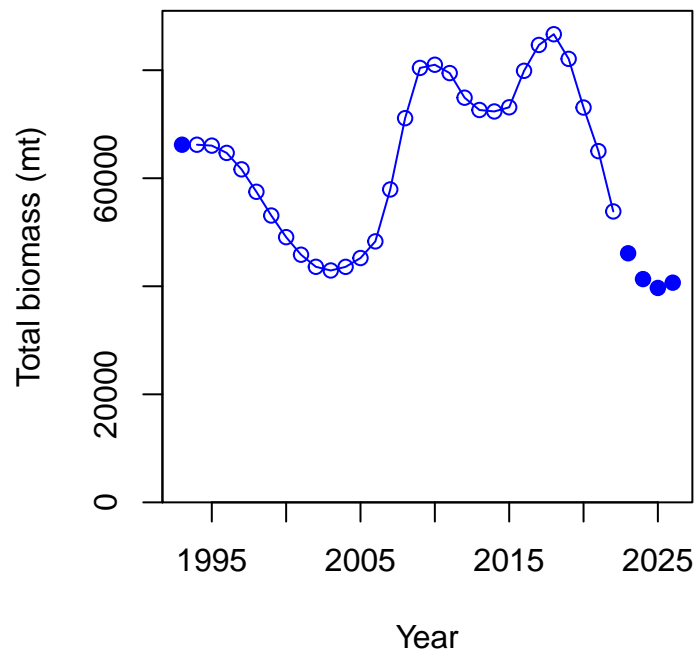


Figure 16: Biomasa total s2

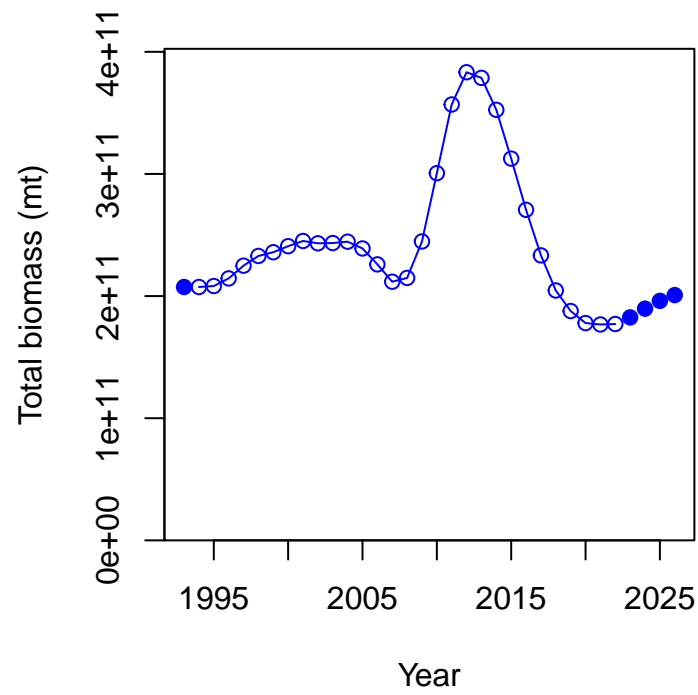


Figure 17: Biomasa total s3

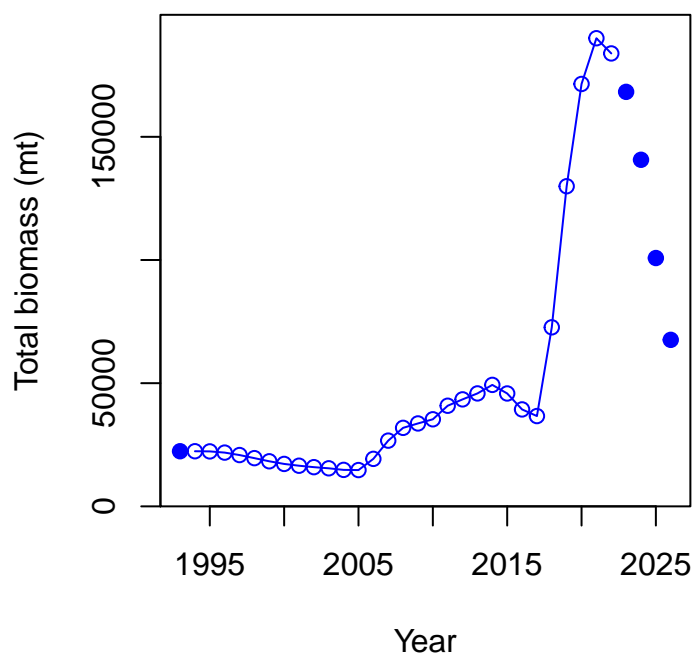


Figure 18: Biomasa total s4

3.3 Reclutamiento

Las siguientes figuyras muestran los desvios del reclutamiento para los escenarios s2, s3 y s4.

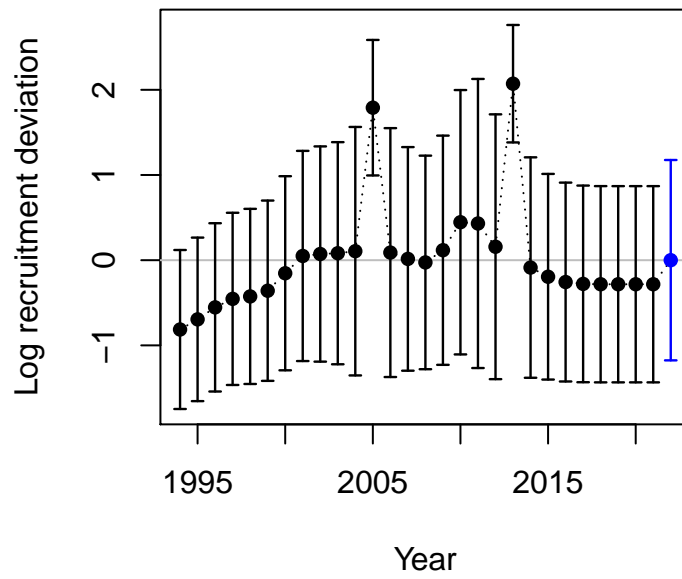


Figure 19: Dev recruits s2

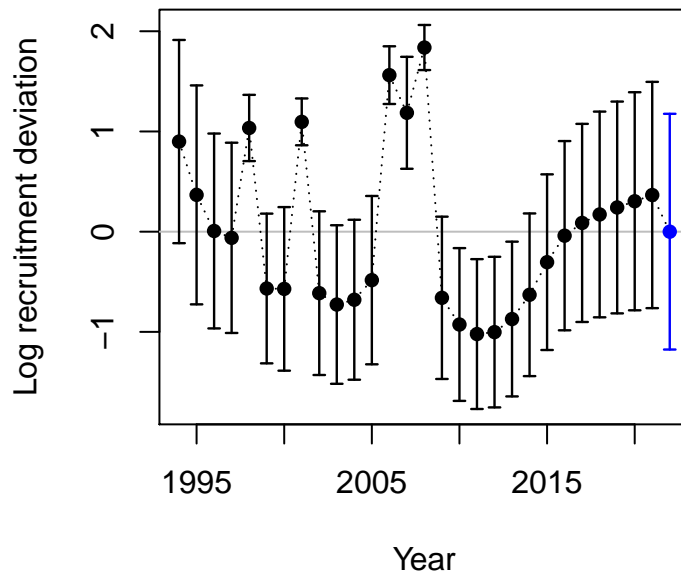


Figure 20: Dev recruits s3

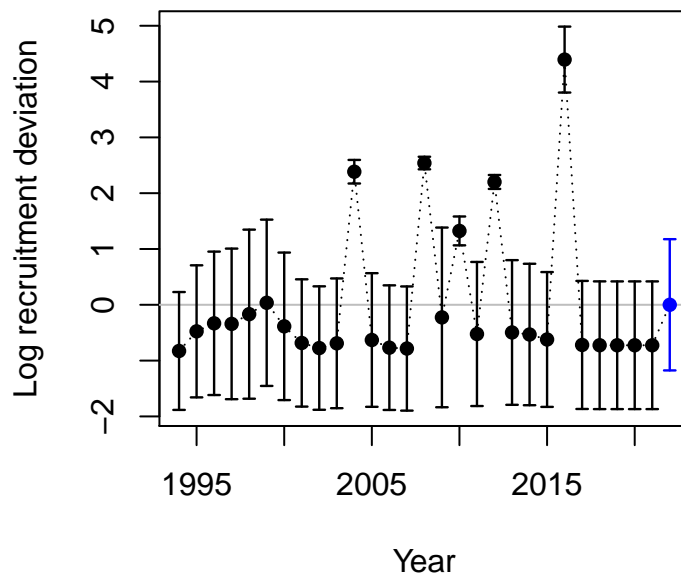


Figure 21: Dev recruits s4

3.4 Mortalidad por pesca

La mortalidad por pesca se identifica en las siguientes figuras.

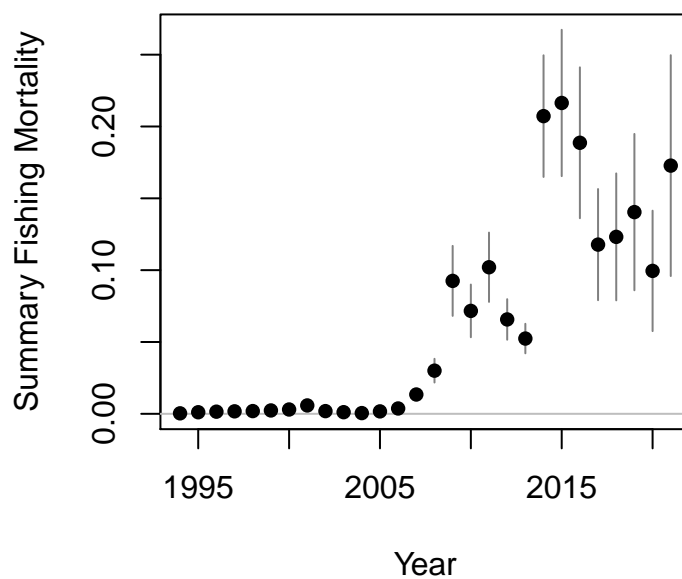


Figure 22: Mortalidad pot Pesca s2

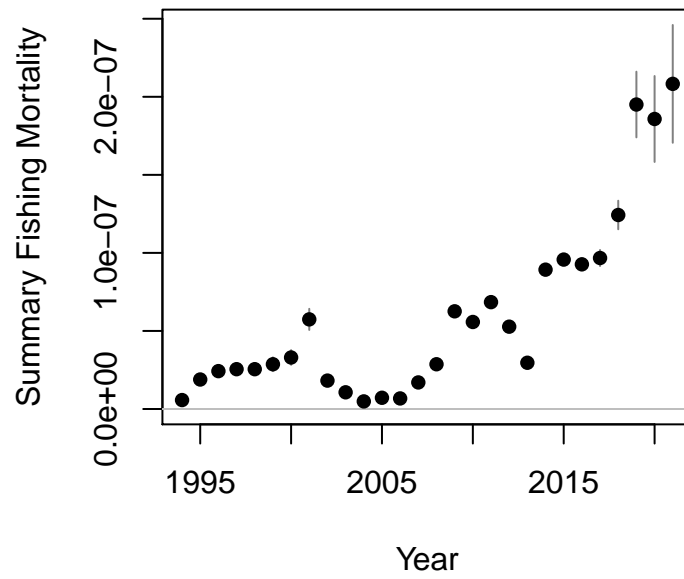


Figure 23: Mortalidad pot Pesca s3

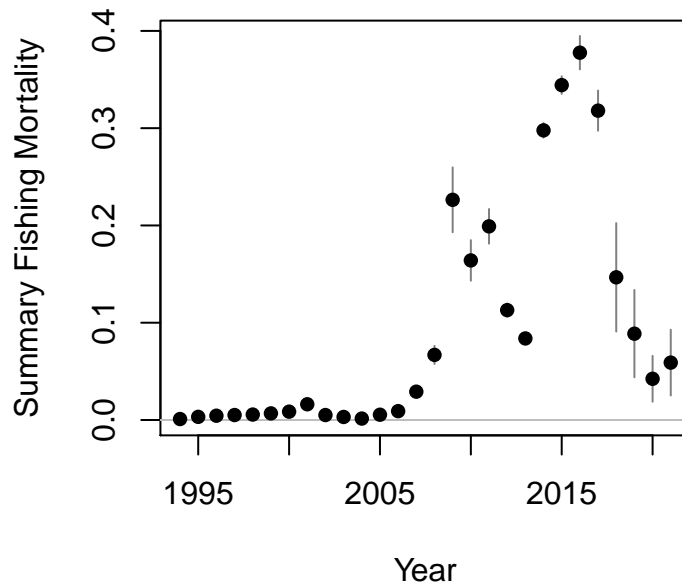


Figure 24: Mortalidad por Pesca s4

3.5 Retrospectivo

Los análisis retrospectivo, dan cuenta de diferencias en los patrones entre modelo 1 y 2. En el caso del reclutamiento el patrón corresponde a una sub-estimación (Figura 14) en M1, mientras que en M2 el patrón se relaciona con una sobre-estimación (Figura 15).

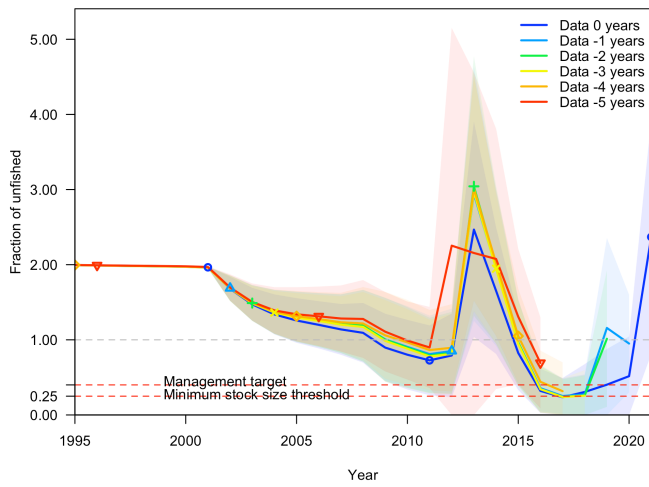


Figure 25: Retro BRatio s2

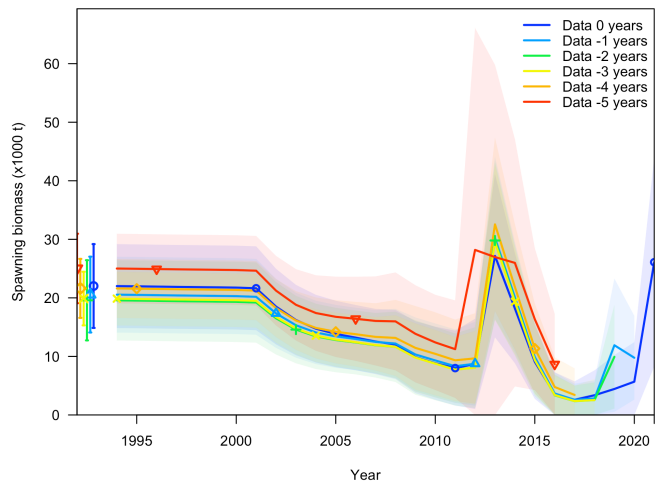


Figure 26: Retro SSB s2

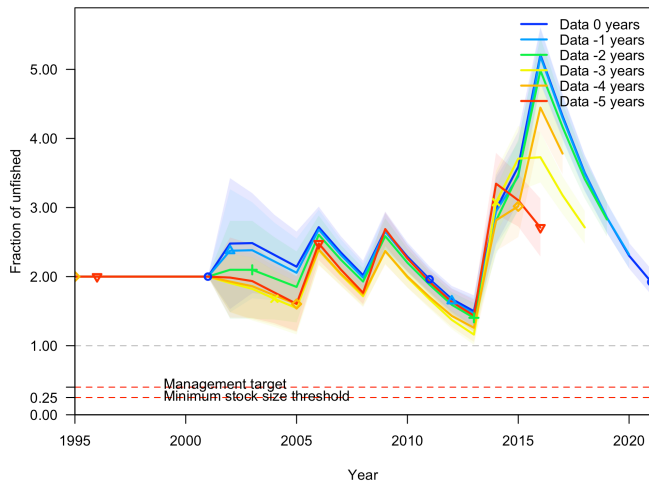


Figure 27: Retro BRatio s3

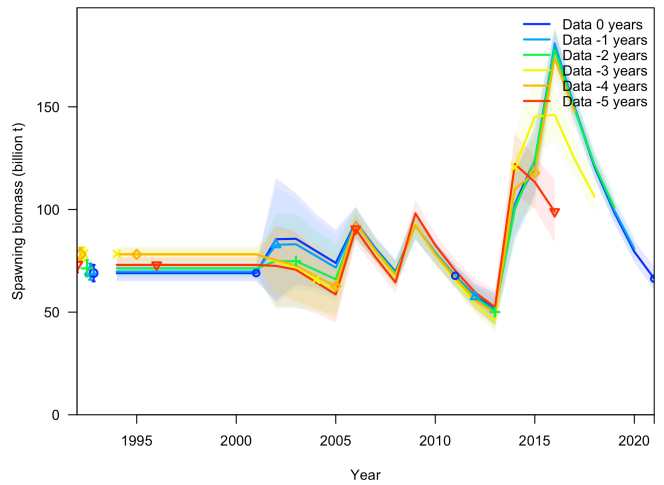


Figure 28: Retro SSB s3

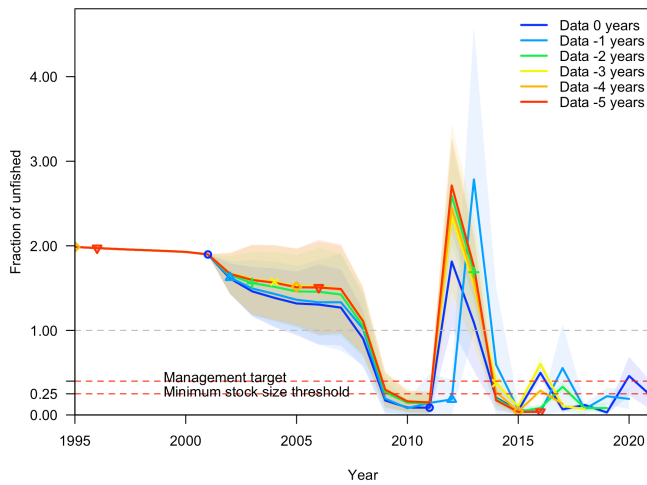


Figure 29: Retro BRatio s4

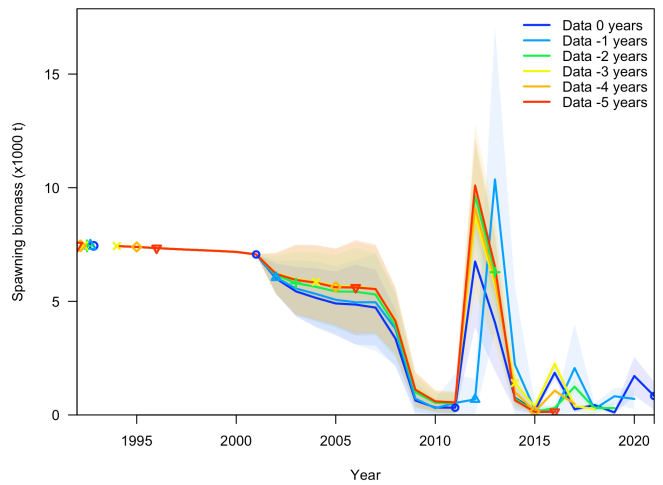


Figure 30: Retro SSB s4

3.6 Comparación

La siguiente Tabla muestra los componentes de la probabilidad asociados a la estimación de cada escenario testado en este documento. A su vez se identifican los parámetros estimados por cada assessment. También podemos identificar las diferencias entre modelos en las principales variables poblacionales estimadas para los tres escenarios (s_2 , s_3 y s_4)

Table 7: Comparacion likelihood y parámetros s_2 , s_3 y s_4

Label	s_2	s_3	s_4
TOTAL_like	273.363000	3.99920e+03	774.834000
Survey_like	26.261800	2.28558e+03	8.293300
Length_comp_like	244.007000	1.66479e+03	713.349000
Parm_priors_like	2.862110	2.78771e+00	2.992780
Recr_Virgin_thousands	59.431200	1.86219e+08	20.085500
SR_LN(Ro)	4.084820	1.90424e+01	3.000000
SR_BH_steep	0.987895	9.42771e-01	0.999218
NatM_uniform_Fem_GP_1	0.350000	3.50000e-01	0.350000
L_at_Amax_Fem_GP_1	49.000000	4.90000e+01	49.000000
VonBert_K_Fem_GP_1	0.180000	1.80000e-01	0.180000
SSB_Virgin_thousand_mt	22.023000	6.90054e+07	7.443000
Bratio_2021	2.369070	1.92201e+00	0.224274
SPRratio_2021	0.636230	1.20000e-06	0.857473

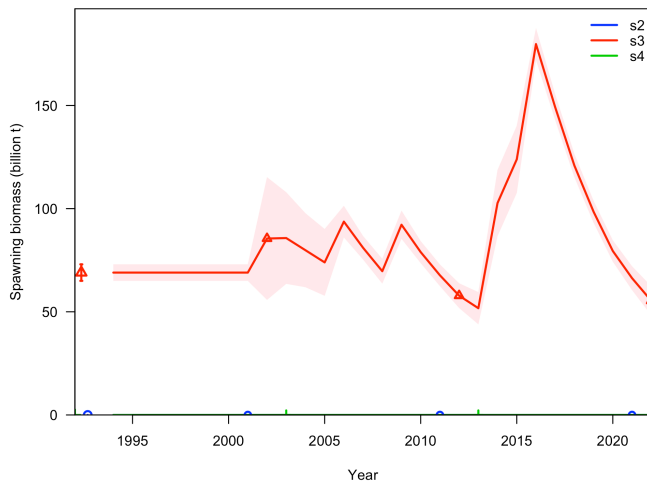


Figure 31: SSB Comparado

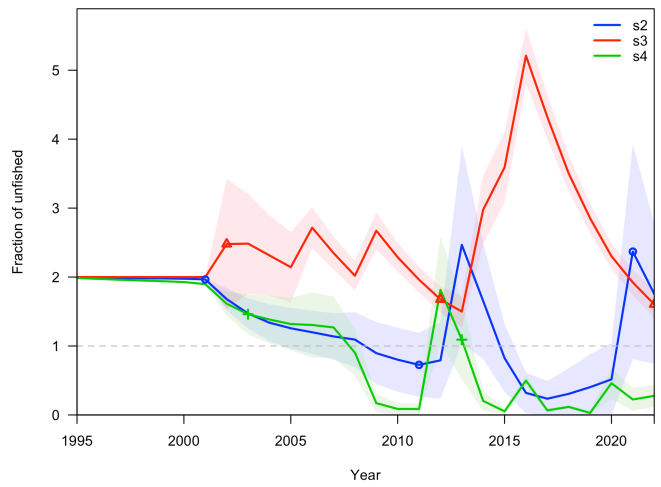


Figure 32: BR Comparado

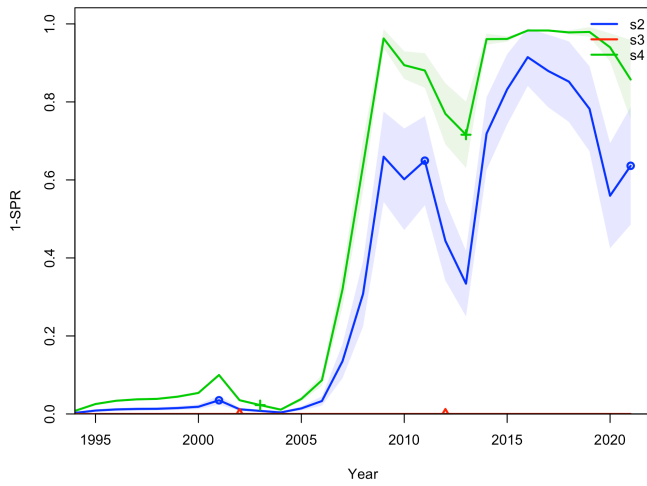


Figure 33: SPR Comparado

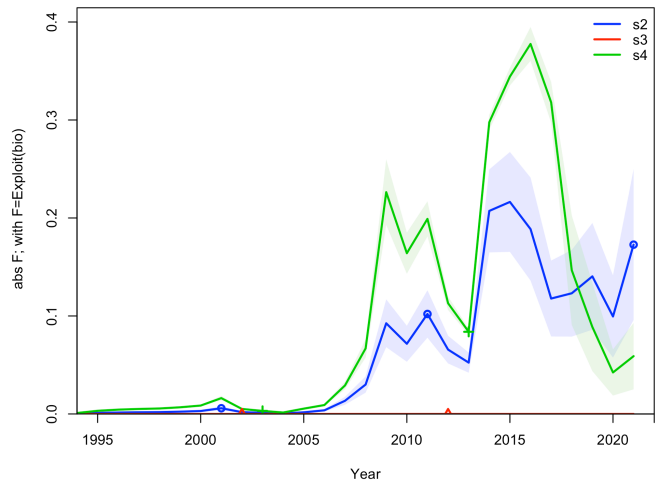


Figure 34: FComparado

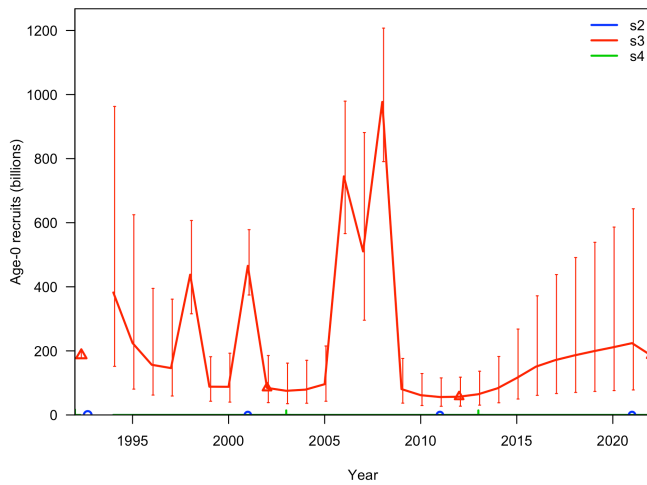


Figure 35: Reclutas Comparado

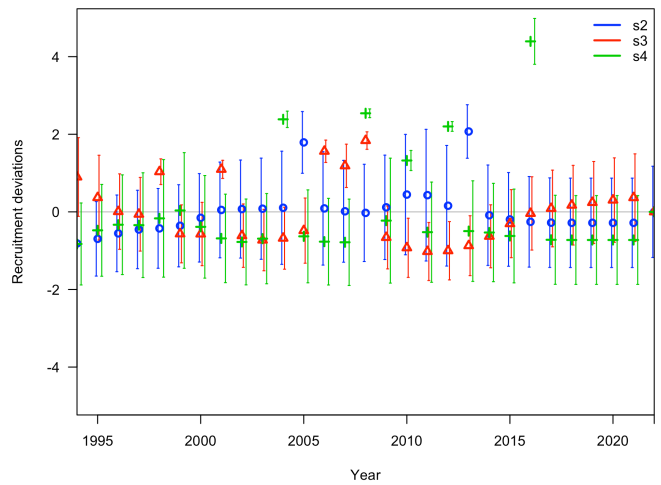


Figure 36: Desvios R Comparado

4 DISCUSIÓN

4.1 Asociadas a la implementación metodológica

La implementación metodológica de la evaluación de stock mediante un modelo integrado de reineta para la zona Centro Sur de Chile presenta múltiples desafíos, y que algunos componentes de este proyecto fueron atendidos en este documento. El uso de plataformas de evaluación de stock como SS3 (Methot & Wetzel, 2013) ha permitido explorar otros escenarios de la naturaleza asociada a este recurso, dinámica poblacional y pesquería, en este caso, incorporar nuevas fuentes y piezas de datos disponibles los cuales dieron paso a los resultados presentados.

4.2 Datos y piezas de información disponibles

Este trabajo de implementación metodológica fue posible dado el trabajo de análisis de datos disponibles de las tres flotas que operan sobre este recurso, a saber: espinel, enmalle e industrial. Este trabajo ha sido desarrollado por el Grupo de Trabajo de Demersales del Departamento de Evaluación de Recursos de IFOP. Los principales avances tienen relación con obtención de rendimientos estandarizados y estructuras de tallas asociadas a cada flota. Estos datos presentan un avance en la información disponible para la implementación de un modelo integrado con dinámica en edades como se plantea en este documento.

4.3 Asociadas a la evaluación de stock

Respecto a los resultados de la evaluación de stock, es posible identificar la consistencia en la estimación de los modelos s_2 y s_3 , es decir, los modelos que utilizaron las flotas de enmalle y espinel por separado respectivamente. Por otro lado, el modelo que combinó las flotas de enmalle y espinel (s_3) fue el que tuvo el desempeño más bajo de los tres modelos presentados.

4.4 Trabajo en progreso

Este trabajo presenta componentes que aun deben ser discutidos y analizados de manera más extensa. En primer lugar, es necesario parametrizar en el ámbito biológico de la especie y de la pesquería los tres modelos analizados. En segundo lugar, se deben terminar de implementar los modelos con la información de la flota industrial, los cuales deben ser integrados a la información disponible de las otras flotas artesanales (modelo s_1 y s_{1a}). Por último, se debe avanzar en un modelo que utilice otro indicador de abundancia alternativo al de la CPUE. En este caso hemos propuesto utilizar las salidas del modelo de producción utilizado para el manejo y que actualmente se presenta en la evaluación (Zhou et al., 2009)

Consideramos que este trabajo se sitúa en el camino correcto para la integración de las piezas de información disponible en esta pesquería, sin embargo, la implenteación y mejoras presentadas en este documento deben ser analizadas a la luz de un trabajo que no ha terminado y en progreso.

REFERENCIAS

- Contreras, F. (2020). *SEGUNDO INFORME TÉCNICO Convenio de Desempeño 2019: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2020: Reineta*.
- Fournier, D. A., Skaug, H. J., Ancheta, J., Ianelli, J., Magnusson, A., Maunder, M. N., Nielsen, A., & Sibert, J. (2012). AD Model Builder: Using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software*, 27(2), 233–249. <https://doi.org/10.1080/10556788.2011.597854>
- Methot, R. D., & Wetzel, C. R. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>
- Taylor, I. (2019). Using R for Stock Synthesis Installing R and getting R4SS. *Fisheries Science*, November.
- Zhou, S., Punt, A., Deng, R., & Dichmont, C. M. (2009). Stock assessment of short-lived invertebrates using hierarchical Bayesian models. ... *Congress on Modelling ...*, 383–389. http://www.researchgate.net/publication/228978770/_%7DStock%7B/_%7Dassessment%7B/_%7Dof%7B/_%7Dshort-lived%7B/_%7Dinvertebrates%7B/_%7Dusing%7B/_%7Dhierarchical%7B/_%7DB%7B/_%7D Bayesian%7B/_%7Dmodels/file/d912f507dc57bef3f7.pdf