

ACTA SINTÉTICA
COMITÉ DE MANEJO MERLUZA TRES ALETAS
VIDEOCONFERENCIA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2020

A través de videoconferencia, con fecha 24 de septiembre de 2020, siendo las 15: 30 horas, se dio inicio a la sesión N°4 del Comité de Manejo de Merluza Tres Aletas.

Los acuerdos suscritos por los asistentes del comité fueron los siguientes:

1. Se enviará el acta anterior y se dará un plazo de 5 días para las observaciones y luego se entenderá aprobada.
2. En la próxima sesión se hará un diagnóstico del procedimiento de manejo actual.
3. El registro de documentos técnicos y presentaciones desarrollados en el ámbito del trabajo del CM se incorporarán como anexos en el Acta correspondiente.
4. Se acuerda poner a disposición del CM documento técnico relativo al crucero de evaluación del año 2019 elaborado por CEPES, el que se incorporará como anexo en el acta extendida de la presente reunión.

La sesión del CM de Merluza de Tres Aletas termina a las 18:32 horas.


Jorge Fariás Ahumada
Presidente Comité de Manejo
Merluza de Tres Aletas

Valores atípicos de biomasa acústica de merluza de tres aletas, implicaciones para la evaluación de su status y manejo

Centro de Estudios Pesqueros
Agosto 2020

1. Introducción

Los valores atípicos de prospecciones acústicas, como la del año 2019, suelen considerarse accidentales y no prestarles suficiente atención bajo el convencimiento, quizás, que así como sorpresivamente llegaron desaparecerán, por estar fuera del patrón histórico o por tener una explicación evidente que bastara atender para volver a la normalidad.

El evento de 2019 tiene tres características que desafían esta manera de reaccionar. En primer lugar es un valor atípico, que se encuentra fuera del ámbito de las expectativas habituales, y nadie puede asegurar de manera convincente que no vuelva a suceder. En segundo lugar tiene potencialmente un impacto que es necesario dimensionar en la evaluación del estatus de recurso, su manejo, y las expectativas de capturas futuras. Y, en tercer lugar, a pesar de su condición atípica, provoca una variedad de explicaciones a posteriori, todas sin fundamentos sólidos, que pueden justificar y gatillar acciones sin mayor análisis ni reflexión sobre lo sucedido.

Este documento pone el acento en la baja previsibilidad e impacto de este evento, indaga sobre sus probables causas, e invita a pensar sobre las lecciones que este fenómeno nos enseña para mejorar la evaluación y manejo de la pesquería.

2. Evolución de la biomasa acústica

La biomasa desovante total y por sexo de la merluza de tres aletas entre el año 2001 y 2019 muestra años de aumento y reducción en torno a una tendencia decreciente a través del período (Figura 1). Tres caídas de la biomasa desovante durante este período, en los años 2004, 2014 y 2019, llaman la atención por su magnitud, siendo los eventos más notables los de los años 2004 y 2019 y especialmente este último, cuyo porcentaje de disminución respecto del año anterior fue de 84% (Figura 2). La magnitud relativa de los valores atípicos se aprecia mejor en escala logarítmica. En esta escala el valor más extremo de biomasa acústica es el del año 2019 (Figura 3).

No obstante la similitud que presentan las caídas de los años 2004 y 2014 en cuanto a su magnitud, siguen un patrón diferente que las distingue entre si. La caída del 2004 es una anomalía puntual que al año siguiente desaparece, mientras la caída del 2014 es la culminación de una racha de tres años consecutivos de decrecimientos, que dos años después se revierte con tasas positivas de crecimiento.

La anomalía del año 2004 fue atribuida al retraso del crucero acústico realizado en septiembre, cuando el proceso de desove en su mayor intensidad ya había ocurrido y los reproductores habían iniciado el proceso de salida del área de reproducción (Saavedra 2007)¹, razón por la cual el dato de biomasa acústica de ese año fue eliminado de la serie de tiempo usada en la evaluación de stock (Contreras et al. 2019)².

El tratamiento de la biomasa acústica del 2014 ha sido diferente, forma parte de la serie de tiempo de este indicador, por lo que se debe asumir que se lo considera informativo del estado del recurso.

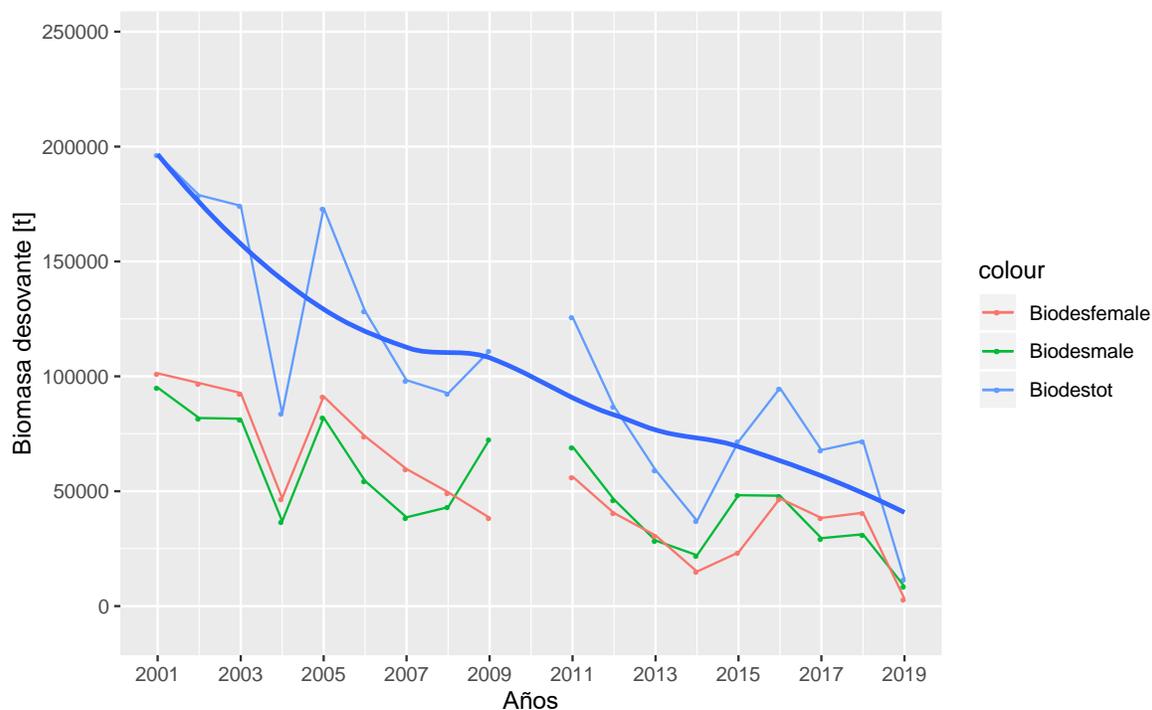


Figura 1. Biomasa desovante total y por sexo de merluza de tres aletas de prospecciones acústicas de merluza de tres aletas del período 2001-2019.

¹ Saavedra A, V. Correa, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, J. Oliva y P. Rozas. (2007). Evaluación Hidroacústica Stock Parental merluza de Tres Aletas en su Unidad de Pesquería, Año 2005. Informe Final Corregido. FIP N° 2005-06, 98 pp + Tablas y Figuras.

² Contreras F. y J.C. Quiróz. (2017). Convenio de desempeño 2016: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2017. Investigación del estatus y evaluación de estrategias de explotación sustentables en Merluza de tres aletas, al sur del paralelo 47°, año 2017.

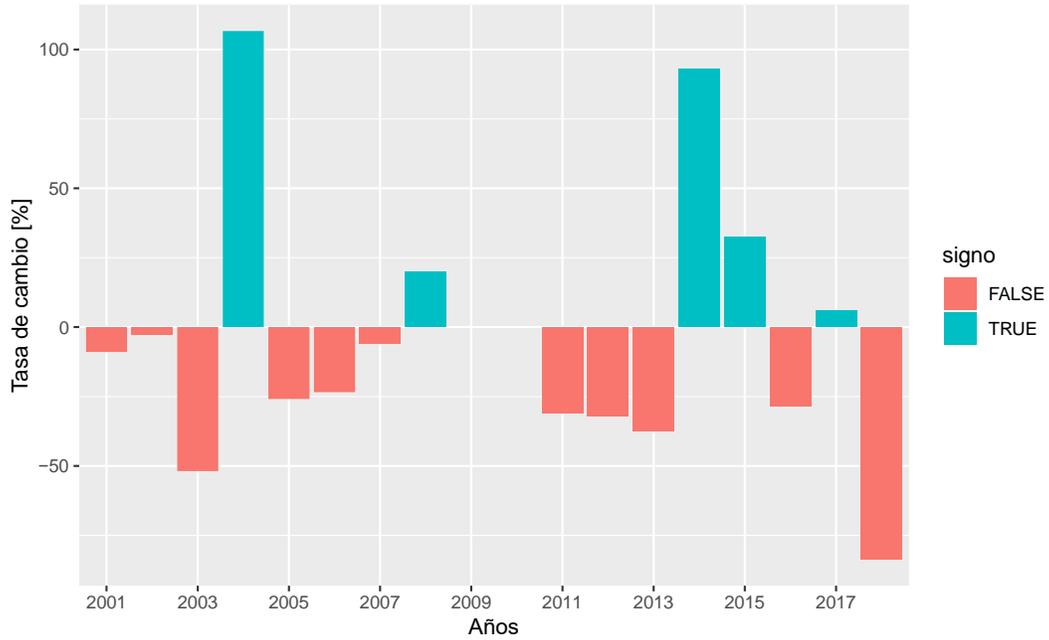


Figura 2. Tasas de cambio relativas de la biomasa desovante total de las prospecciones acústicas de merluza de tres aletas del período 2001-2018.

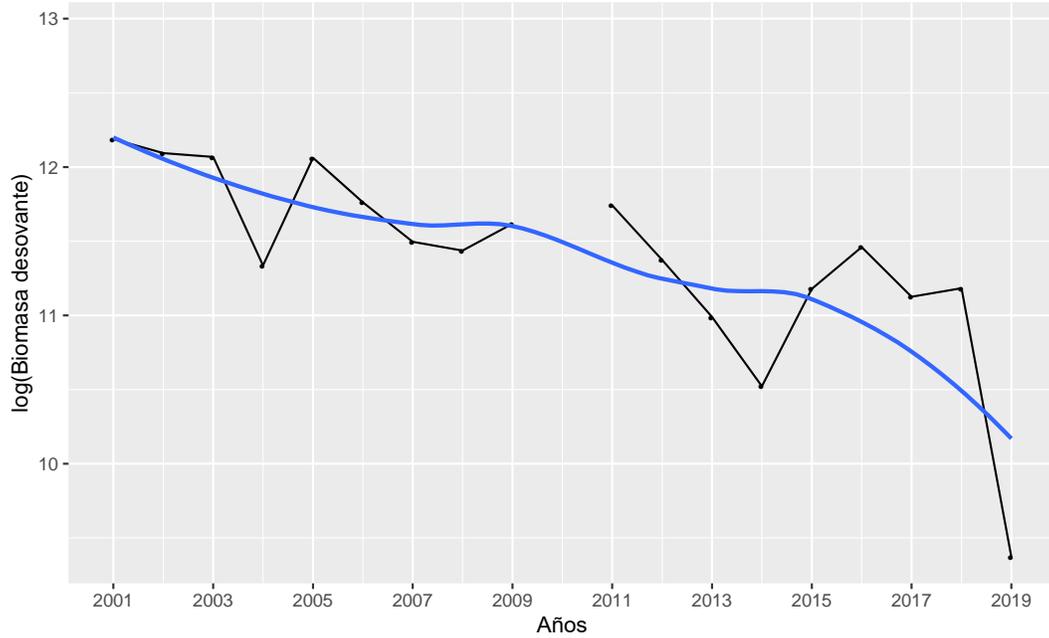


Figura 3. Biomasa desovante total de merluza de tres aletas de prospecciones acústicas del período 2001-2019 en escala logarítmica.

3. Factores potenciales que explican la biomasa acústica 2019

La validéz de la biomasa ácustica como estimación del tamaño del stock desovante del año 2019 es controvertida. No obstante corresponder a una tasa de reducción notablemente mayor que la del 2004, juzgada anómala, su apreciación técnica origina interpretaciones contrapuestas. Dos han sido las predominantes, una que lo interpreta como una anomalía debido a contratiempos e interferencias que impidieron realizar el crucero según lo programado y, otra, que lo entiende como el resultado consistente con la agudización de un proceso de decrecimiento sostenido del stock debido a la pesca, y otros factores determinan su dinámica (reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural, etc.).

3.1 Factores del crucero

Al indagar sobre las causas que podrían explicar el valor extremo de biomasa acústica del año 2019, no es prudente descartar de plano el rol que pudieron desempeñar aspectos operacionales del crucero. El exámen retrospectivo de los cambios introducidos en la ejecución del crucero, involuntarios o deliberados, sugiere tres factores que por relacionarse con la sincronía del pulso reproductivo, podrían explicar las variaciones observadas de la biomasa acústica:

- inicio del crucero,
- duración del crucero, y
- barrido del área prospectada.

Estas variables se muestran en la Tabla 1 en las columnas 6, 7 y 8 con los nombres: **Inicio**, **Duracion** y **Barrido** junto a la biomasa desovante total, **Biodesotot**, en la columna 9. Ambos factores poseen niveles, el primero, *Antes-Después*, si la fecha de inicio fue antes o después del 22 de agosto y el segundo los niveles *NS-SN-NSN-NSSN* que se refieren a la manera como el barco recorre el área de estudio ejecutando las transectas: de norte a sur (*NS*), de sur a norte (*SN*), de norte a sur con revisita de la zona norte (*NSN*) y de norte a sur y de sur a norte (*NSSN*), cuando el crucero lo realizaron dos barcos operando simultáneamente, uno desde el norte y el otro desde el sur.

Año	Barco	Fecha inicio	Fecha fin	Inicio	Duracion	Barrido	Biomasa total	Biomasa machos	Biomasa hembras
2001	Unzen	8/28/01	9/8/01	Despues	12	NS	196444	95110	101334
2002	Unzen	8/3/02	8/18/02	Antes	16	NS	178825	81807	97018
2003	Abate	8/2/03	8/15/03	Antes	14	SN	174237	81513	92724
2004	Abate	9/2/04	9/14/04	Antes	13	SN	83807	36908	46899
2005	Unzen	8/13/05	8/22/05	Antes	10	NS	173188	81976	91212
2006	Unzen	8/20/06	8/27/06	Antes	8	NS	128344	54476	73868
2007	ODFSIX	8/20/07	8/26/07	Antes	7	NSSN	98284	38623	59661
2008	FSVIII	8/15/08	8/28/08	Antes	14	NS	92605	43057	49549
2009	FSVIII	8/17/09	8/29/09	Antes	13	NS	111012	72579	38433
2010									
2011	FSVIII	8/15/11	8/28/11	Antes	11	NS	125721	69363	56358
2012	FSVIII	8/15/12	8/28/12	Antes	11	NSN	86926	46436	40490
2013	C.Hornos	8/18/13	8/29/13	Antes	12	NSN	59226	28507	30719
2014	C.Hornos	8/24/14	9/4/14	Despues	12	SN	37091	22125	14966
2015	C.Hornos	8/18/15	8/28/15	Antes	11	SN	71617	48256	23361
2016	C.Hornos	8/18/16	8/28/16	Antes	11	SN	94857	48025	46832
2017	FSVIII	8/28/17	9/8/17	Despues	12	NS	67911	29541	38370
2018	FSVIII	8/19/18	8/29/18	Antes	11	NSN	71874	31265	40609
2019	C.Hornos	8/23/19	8/31/19	Despues	9	NSN	11744	8573	3171

Tabla 1. Prospecciones acústicas de merluza de tres aletas del período 2001-2019.

Como se indica en la Tabla 1, el crucero acústico 2019 comenzó el 23 de agosto, 5 días después del comienzo del crucero 2018 con barrido de Norte a Sur y una revisita de la Zona 1 de mayor densidad, situada al norte del área de estudio, frente a la Península de Tres Montes. El crucero tuvo una corta duración, 9 días, sólo mayor a la de las prospecciones acústicas de los años 2006, que no incluyó revisita, y del 2007 cuando la participación de 2 buques (Friosur IX y Ocean Dawn) disminuyeron la duración del crucero al barrer simultáneamente el área de estudio, en sentidos opuestos. La revisita a la Zona 1, de mayor agregación reproductiva, aconteció a fines de agosto cuando los peces habían iniciado su retorno posdesove como se describe en la sección 3.2.

3.1.1 Análisis del inicio del crucero.

Se ha indicado que la sincronización del crucero que puede ser un factor de sesgo (Saavedra et al. 2007, Contreras 2019 op. cit.). Los cruceros acústicos 2014, 2017 y 2019 sobre merluza de tres aletas tienen en común que su inicio ocurrió después del 22 de agosto, específicamente 24, 28 y 23 de agosto. Todos ellos presentaron biomasa acústicas menor que el año anterior y posterior, donde los cruceros comenzaron antes, específicamente el día 18 de agosto.

Al comparar el desempeño de los cruceros que comenzaron antes y después del 22 de agosto, entre los años 2011 y 2019 período en el cual los tratamientos se presentan más balanceados, se obtuvo que los ejecutados después del 22 de agosto (cruceros 2014, 2017 y 2019) derivaron en biomasa desovantes significativamente menores según el test de Kruskal-Wallis (Chi-Cuadrado= 4,2667, df=1, p-value=0,0389).

3.1.2 Análisis conjunto del inicio, barrido y duración del crucero

Un análisis conjunto de los tres factores para determinar su grado de influencia en la **Biodestot** como variable respuesta se realizó mediante un GLM para observaciones del mismo período del análisis anterior.

Los resultados, que se muestran a continuación, indican que el factor **Inicio** y el factor **Barrido** son estadísticamente significativos ($p\text{-value} < 0,01$ y $p\text{-value} < 0,05$, respectivamente) para explicar variabilidad de las estimaciones acústicas de la biomasa desovante total entre el años 2011 y 2019. El inicio del crucero resultó ser más importante entre los tres factores analizados para explicar la variabilidad de las estimaciones acústicas en dicho periodo. los cruceros que comenzaron después del 22 de agosto entregaron estimaciones de biomasa acústica menores que aquellos realizados antes de dicha fecha. En tanto el factor Barrido, indica que los cruceros realizados con la estrategia NSN, es decir con revisita, porporcionaron estimaciones de biomاسas menores que aquellos que se realizaron recorridos norte-sur con revisitas NSN . En tanto ambas estrategias sin revistas, es decir NS y SN, no presentaron diferencias estadísticas enentre ellas, aun cuando el barrido SN presentó una disminución respecto de su par opuesto NS.

```
Call:
glm(formula = Biodestot/1000 ~ Inicio + Barrido + Duracion, family = Gamma(link = log),
     data = dat, na.action = na.omit)

Deviance Residuals:
    11     12     13     14     15     16     17     18
-0.10261  0.29215 -0.34985  0.00430 -0.14874  0.13134  0.09603  0.08977
    19
-0.10723

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    2.0082     1.2974   1.548  0.19659
InicioDespues -1.0812     0.1931  -5.600  0.00499 **
BarridoNSN     -0.7520     0.2500  -3.008  0.03961 *
BarridoSN      -0.5146     0.2436  -2.113  0.10218
Duracion        0.2664     0.1099   2.424  0.07244 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.06930877)

Null deviance: 2.83802 on 8 degrees of freedom
Residual deviance: 0.28644 on 4 degrees of freedom
AIC: 80.11

Number of Fisher Scoring iterations: 6
```

Resumiendo, los resultados del GLM concuerdan con los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, e indican que la fecha de inicio del crucero tiene un efecto sobre la estimación de la biomasa. De igual forma, la estrategia de barrido también tiene un efecto sobre la estimación de biomasa desovante.

3.2 Coincidencia espacio-temporal del crucero con el proceso reproductivo

Durante la prospección acústica 2019 el crucero no logra una plena cobertura del foco reproductivo en la escala espacio-temporal. El foco reproductivo se comienza a conformar antes de la fecha de inicio del crucero y se extiende más allá del 24 de agosto, probablemente hasta fin de mes (Figura 4 y Figura 5). Esto se infiere desde la operación del buque Union Sur, especialista en la detección y captura de las agregaciones de merluza de tres aletas, el cual se mantuvo pescando en el Golfo de Penas entre Península de Tres montes e Isla Byron (47°S y 47,75°S), desde el 15 al 31 de agosto.

El crucero comienza la prospección el día 23 de agosto y permanece sólo hasta el día 24 en el área donde se ha conformado el foco reproductivo. Luego realiza las transectas programadas al sur del Golfo de Penas, las cuales termina el día 30 y, a continuación regresa al área de desove donde sólo opera el día 31 de agosto cuando ya parte de los desovantes comienzan a abandonar esa área. El inicio retrasado del crucero y la cobertura temporal de la principal área de concentración de desove hacen suponer que el área y momento de máxima concentración del pulso reproductivo no fue cubierto adecuadamente. Datos derivados de la pesca apoyan esta observación, pues de acuerdo con la serie diaria de la CPUE del buque Unions Sur, que durante agosto estuvo pescando en el área de desove, los rendimientos máximos se produjeron entre el 29 y 31 (Figura 5), no obstante el día 31 el crucero tuvo una cobertura espacial limitada al norte 47,10°S.

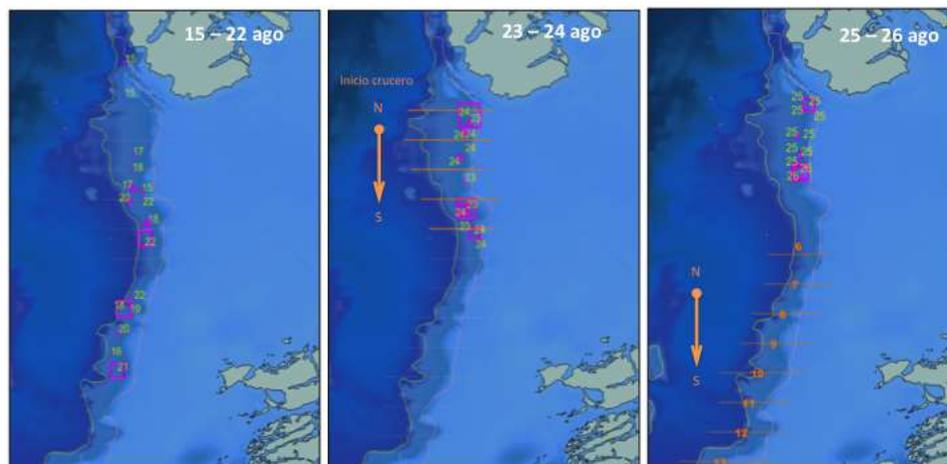


Figura 4. Sincronización de la pesca con el crucero acústico entre el 15 y 26 de agosto de 2019. Las líneas naranjas indican las transectas de evaluación acústica y los cuadrados de color magenta señalan los lances de pesca, donde su tamaño es proporcional al monto capturado.



Figura 5. Sincronización de la pesca con el crucero acústico entre el 27 y 31 de agosto de 2019. Las líneas naranjas indican los transectos de evaluación acústica y los cuadrados de color magenta señalan los lances de pesca, donde su tamaño es proporcional al monto capturado.

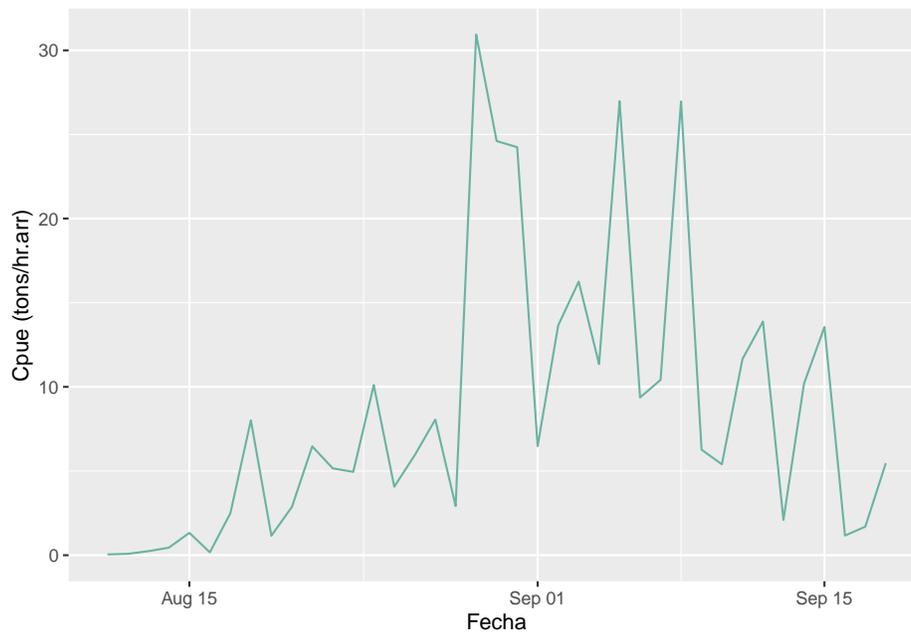


Figura 6. CPUE del buque Union Sur 11 de agosto y 15 de septiembre de 2019. Entre el 11 y 31 de agosto el buque operó al norte de los 48°S y a partir del 01 de septiembre al sur de esta latitud siguiendo al contingente reproductivo que ya había empezado el movimiento de retorno.

3.3 La pesca como factor

Una manera simple de analizar la influencia de los factores de la dinámica, incluyendo la pesca, en las fluctuaciones de la biomasa acústica de la merluza de tres aletas es mediante la ecuación de Russell (1931)

$$B_t = B_{t-1} + (R_t + G_t + I_t) - (C_t + D_t + E_t),$$

donde, la biomasa del stock en un año t (B_t) crece debido a la incorporación de nuevos reclutas (R_t), el crecimiento de los individuos que sobreviven durante el año (G_t) e inmigran (I_t) y decrece por la remoción de individuos causada por la pesca (C_t), las muertes naturales (D_t) y los que emigran (E_t).

Según esta ecuación de balance, entonces, la caída de la biomasa desovante del 2018 al 2019, debió producirse, necesariamente, porque la suma de los factores de pérdida ($C_t + D_t + E_t$) fueron mayores que la suma de los factores que contribuyen al crecimiento del stock ($R_t + G_t + I_t$). La estimación de la contribución de cada factor requiere de un modelo de evaluación de stock y supuestos acerca de la migración, no así en el caso de la pesca cuyo efecto se puede calcular directamente a partir de la captura realizada el 2018. Si se asume que la biomasa acústica es un estimador de la biomasa absoluta del stock, entonces entre el año 2018 y 2019 el tamaño total del stock se redujo respecto del año 2018 en

$$\frac{B_{2019} - B_{2018}}{B_{2018}} = \frac{(11.744 - 71.874)}{71.874} = -0,84$$

es decir, un 84%.

Para este período las capturas en Chile alcanzaron las 5.872 toneladas que explican

$$\frac{C_{2019}}{B_{2018}} = \frac{5.872}{71.874} = 0,08$$

Sólo el 8% del cambio observado.

Una estimación alternativa del efecto de la pesca se puede obtener asumiendo que el stock que desova frente a Chile también es capturado por flotas de Argentina y el Reino Unido en el Atlántico. Si en tal caso, se sumarán las capturas conjuntas de Chile, Argentina y Falkland, para acotar superiormente el efecto que podría alcanzar la pesca, bajo el supuesto que todas ellas hubiesen ocurrido sobre el stock chileno

$$\frac{(C_{2019}^{Chi} + C_{2019}^{Arg} + C_{2019}^{Fal})}{B_{2018}} = \frac{5.872 + 8.639 + 518}{71.874} = 0,21$$

el impacto sería de 21%. Por lo tanto, siendo este último un valor extremo, la magnitud del efecto probable de la pesca se estima estará en el rango [8%-21%]. De cualquier modo, un efecto reducido que deja sin explicar gran parte de la variación de la biomasa del año 2019 (Figura 7).

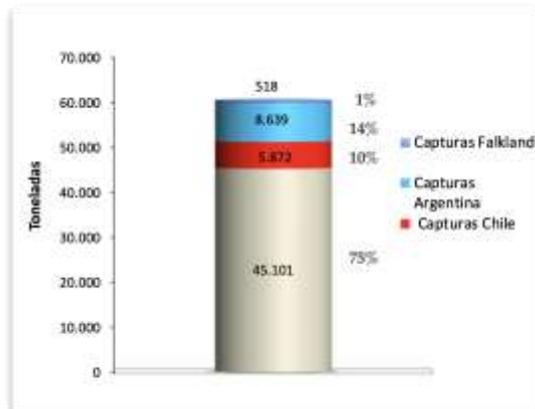


Figura 7. Contribuciones de la captura nacional y del Atlántico a la tasa de cambio de la biomasa durante el año 2018.

Siguiendo esta línea de análisis evidentemente no se puede descartar que sean otros factores, diferentes a la pesca, la causa de la anomalía observada, sin embargo, dado que no hay evidencia directa de la magnitud de estos efectos, cualquier afirmación es de carácter especulativo y de valor sólo para sugerir investigaciones dirigidas a reunir evidencia que despeje algunas interrogantes. Entre los candidatos más probables de los cambios abruptos de la biomasa están:

- cambios en los patrones o intensidad de la migración del contingente reproductivo,
- cambios de distribución asociados a factores oceanográficos, y
- fluctuaciones del reclutamiento por cambios de régimen oceanográficos.

4. Implicaciones para la evaluación del stock

La evaluación de stock no está preparada para valores atípicos en el indicador de biomasa acústica. Habitualmente, la evaluación de stock asume que el valor obtenido no es atípico y se procede a evaluar el estatus y calcular la CBA correspondiente (Figura 8, línea 1). En caso contrario, como en el año 2004 que se consideró atípico, otra opción es descartarlo de la serie de tiempo y proceder a la evaluación de stock del modo convencional (Figura 8, línea 2). En caso de que la biomasa estimada se la considere atípica, pero no se desee descartarla, existen dos posibilidades. Una, que se utilice un modelo de evaluación robusto (Figura 8, línea 3), es decir que la verosimilitud de los datos no sea sensible a valores extremos (Mauder y Punt, 2013)³. Otra opción es profundizar en el análisis estadístico de

³ Mauder, M. N, and A. Punt. 2013. A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. Fisheries Research 142. 61-74.

los factores del crucero u otros que pudieron influir en la variación de la biomasa acústica, filtrar la señal de abundancia presente en la y utilizarla en la evaluación de stock convencional (Figura 8, línea 4). La opción más a la mano que se hace cargo del valor anómalo es descartar el dato, mientras se desarrolla la aplicación de alguna de las opciones 3 y 4, que tomará más tiempo implementarlas.

De cualquier modo, lo anterior no aconseja prescindir de una revisión de la metodología de muestreo de la prospección para lograr un mejor control de los factores de sesgo no muestrales.

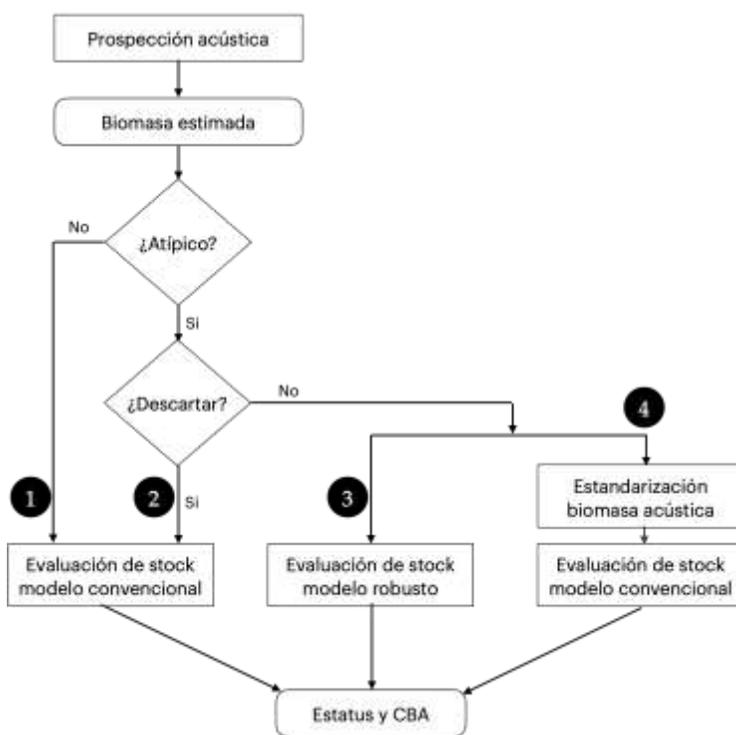


Figura 8. Esquema de las opciones de tratamiento de datos atípicos en la evaluación de stock.

5. Conclusiones y recomendaciones

Considerando que el Comité Científico Técnico, a falta de una evaluación de stock informativa del estado del recurso, ha debido recurrir a otros indicadores, la importancia de disponer estimaciones confiables de la biomasa acústica como fuente de información se ha vuelto aún más importante, y crucial, para verificar si las medidas de manejo están logrando regular la disminución del tamaño del stock desovante, que sostenidamente se viene observando. De allí la importancia de tratar de entender lo acontecido recientemente y proponer acciones para mitigar sus efectos y revisar la metodología.

El análisis presentado nos permite concluir, puntualizadamente, lo siguiente:

1. La estimación de biomasa acústica del stock desovante del año 2019 es un valor estadísticamente anómalo asociado a tasas relativas de cambio negativas, fuera del intervalo de confianza del 95% en torno a la tendencia esperada de este indicador.
2. Los factores potenciales que explican esta anomalía son aspectos operacionales del crucero acústico relacionados con la dificultad de calzar el pulso y agregaciones de los peces durante el desove. Así lo muestran los resultados estadísticamente significativos de los factores inicio del crucero, la modalidad de barrido del área de estudio y la no coincidencia espacio-temporal de las transectas del crucero con los desplazamientos del recurso durante su agregación y posterior abandono del área prospectada.
3. La pesca nacional, como factor, explica sólo un porcentaje reducido (10%) de la variación total de la tasa de cambio de la biomasa desovante del año 2018, afectada por la estimación anómala. Aún sumando las capturas del Atlántico, en la hipótesis que afectan completamente el stock que desova frente a nuestras costas, el porcentaje no supera el 25%, quedando gran parte de la variación sin explicar (75%).
4. Reconociendo que la biomasa presenta una tendencia declinante de largo plazo, es previsible que la consideración del valor atípico del 2019 sesgue negativamente la evaluación del estatus del recurso, subestimado y sobreestimando su tamaño actual y tasa de explotación, respectivamente.
5. El comportamiento migratorio y de agregación del recurso es un fenómeno persistente en su actual condición que requiere tenerse en consideración en el diseño y ejecución de las próximas prospecciones con el objeto de tener un mejor control de la técnica y sus resultados.

En virtud de lo anterior, se recomienda:

1. Revisar la metodología del diseño estadístico de las prospecciones por pares externos, nacionales e internacionales.
2. Formalizar la colaboración entre el buque de investigación y el BF Unión Sur con el objeto de localizar mejor las agregaciones, tal como se hacía en el pasado.
3. Descartar de la evaluación de stock 2020, el dato atípico de biomasa acústica del año 2019 o, en su defecto, introducir previo a su determinación un método de estimación robusto frente a este tipo de datos en el modelo de evaluación.