

**Reporte de la Revisión de la Evaluación de Stock del  
Bacalao de Profundidad de Chile**  
*(Dissostichus eleginoides)*

Tom Polacheck  
Running Tide  
PO Box 184  
Woodbridge, Tasmania  
Australia 7162

e-mail: [runningtide.tom@gmail.com](mailto:runningtide.tom@gmail.com)

January, 2015

## Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo .....	1
Información General .....	4
Descripción del Papel desempeñado en las Actividades de Revisión .....	4
Reseña y Comentarios Generales.....	6
Resumen de Hallazgos para cada ToR.....	10
1. Enfoque de evaluación de stock.....	10
2. Parámetros de historia de vida utilizados en la evaluación.....	14
Mortalidad Natural.....	14
Crecimiento y relación Talla-Peso.....	15
Proporción y dimorfismo sexual.....	21
2. Uso de información de lecturas de escamas y otolitos .....	21
3. Calidad y confiabilidad de diferentes piezas de información y enfoques de estimación– CPUE y Capturas .....	25
CPUE .....	25
Cachalotera-Interacción con Mamíferos Marinos .....	29
Cachalotera-estandarización del CPUE en Chile.....	31
La CPUE Argentina .....	32
Capturas .....	34
Corridas Adicionales del modelo.....	40
Problemas con el caso Base .....	43
Incertidumbre – Corridas alternativas.....	54
5. El modelo de Evaluación de Stock .....	54
6. Puntos Biológicos de Referencia y determinación del status del Stock .....	58
Cálculo de los Puntos de Referencia.....	59
7. Procedimientos utilizados para las Proyecciones de Stock.....	60
8. Recomendación de mejoras en el proceso de evaluación .....	63
Revisión Exhaustiva y Desarrollo de las Entradas de Datos Biológicos y Pesqueros.....	63
Cooperación Internacional.....	64
Procedimientos para desarrollar, implementar, revisar y documentar Evaluaciones de Stock .....	64
Aproximación exhaustiva e integrada para la Evaluación y la Investigación .....	65
Información de Calibración Independiente de la Pesquería .....	65
Captura y monitoreo de la pesquería .....	66
Problemas con la determinación de edad y Estimación de Error de Lectura.....	67
Modelo Operativo y Evaluación de Procedimientos de Manejo .....	67
Agradecimientos .....	67
Bibliografía .....	69
Apéndice 1: Bibliografía de los materiales disponibles para la revisión .....	71
Principales documentos de evaluación de stock .....	71
Publicaciones adicionales entregadas con anterioridad al taller .....	71
Publicaciones entregadas durante el taller .....	73
Presentaciones.....	73

Apéndice 2: Copia de la Declaración de Trabajo .....	74
Scope of Work: .....	74
Project Description: .....	74
Location of Peer Review:.....	74
Statement of Tasks:.....	74
Specific Tasks for the Reviewer: .....	74
Acceptance of Deliverables: .....	75
Schedule of Milestones and Deliverables: .....	75
Applicable Performance Standards:.....	75
Support Personnel: .....	76
Annex 1: Format and Contents of the Independent Peer Review Report .....	77
Annex 2 Chilean Sea Bass .....	78
Apéndice 3: Miembros del Panel de Revisión y Asistentes .....	79
Apéndice 4: Resumen de las corridas del modelo de evaluación desarrolladas durante el Taller de Revisión .....	80
Reviewer Notes:.....	80
Apéndice 5: Resumen de las corridas del modelo de Evaluación entregadas al revisor a mediados de Diciembre, 2014.....	85
Notas del revisor: .....	85
Apéndice 6: Comparación de las estimaciones de la talla media a la edad y el peso medio a la edad .....	89

## Resumen Ejecutivo

La Universidad de Concepción fue contratada por la Subsecretaría de Pesca de Chile para realizar una revisión de la evaluación de stock de bacalao desarrollada por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en Septiembre, 2014. El proceso de revisión fue coordinado por el Dr. Billy Ernst. Se le solicitó al autor participar en el proceso de revisión y fue contratado para entregar un informe de revisión independiente. La revisión consistió de un taller de una semana de duración del 11-15 de Noviembre, 2014, junto con la entrega de una gran cantidad de documentos y material con información general. Este informe resume la revisión independiente del autor con respecto a esta evaluación de stock y aborda los términos de referencia especificados en el informe del revisor.

La evaluación de septiembre 2014 incluyó una serie de adiciones e innovaciones sustanciales y significativas en su desarrollo. Estos incluyeron el modelado conjunto de las capturas de Argentina y Chile, el desarrollo de los índices de CPUE de la pesquería de palangre de Argentina, la integración de los datos de bitácora de IFOP con los datos de observación científica que pertenecen al Centro de Estudios Pesqueros (CEPES SA) y la incorporación de un modelo de corrección para las lecturas edad obtenidas a partir de las escamas (aunque este último por error no se utilizó en los resultados presentados en la evaluación). El revisor considera que todos estos eran factores importantes que deben tenerse en cuenta dentro de la evaluación de este recurso. Estos combinados con la gran cantidad de esfuerzo empleado y requerido para llevarlos a cabo, deben ser reconocidos y aceptados.

El Bacalao es una especie demersal de aguas profundas que habita en la zona circumpolar en las regiones de la plataforma de los océanos del sur. Es de crecimiento lento con una edad de madurez relativamente tardía (8-14 años de edad) y tiene un ciclo de vida sobre los 30 años. Existen numerosas pesquerías en la Antártica y en los alrededores de las islas Antárticas y en las aguas de la plataforma de la Patagonia y Chile (extendiéndose hasta el Sur de Perú). La gran incertidumbre acerca de los componentes de su biología y ciclo de vida es importante al evaluar su condición. Particularmente en el caso de las pesquerías en Chile, la incertidumbre acerca de la estructura del stock, la dinámica espacial y la relación entre los recursos capturados en las áreas en las que operan las pesquerías industriales y artesanales chilenas y también entre las áreas en las que ocurren las pesquerías de Argentina y las Islas Falkland, es de importancia crítica. Todos los datos y la información son consistentes en indicar que existe una sola población a través de estas áreas y que esta población es distinta de otras poblaciones de bacalao de profundidad. La evaluación constituye un avance importante en este sentido. Es la primera evaluación que utiliza datos de más de una sola área (es decir, las capturas desde el sur de Chile y la parte sur de la pesquería Argentina) y se basa en un modelo conceptual que reconoce y da cuenta de las capturas de todas las áreas en términos de las consecuencias de forma explícita de la dinámica general de la población y el status. Este modelo conceptual tiene dos implicancias fundamentales para la gestión en términos de capturas y la sostenibilidad del recurso: (1) que no hay ninguna necesidad de regular las capturas fuera de la plataforma de Chile y la Patagonia sur, excepto posiblemente en términos de consideraciones de rendimiento por recluta (esto incluye las capturas artesanales chilenas al norte de 47 ° S) y (2) que las recomendaciones de la evaluación en términos de la sobrepesca y la sostenibilidad sólo se puede proporcionar a la consecuencia de las extracciones totales combinadas por las pesquerías chilenas y argentinas. La asignación de capturas entre las pesquerías chilenas y argentinas es casi exclusivamente un problema de

gestión para lo cual la evaluación de stock es básicamente no informativa (el primer punto no es discutido en el reporte de la evaluación de stock).

Aunque el modelo conceptual que subyace a la evaluación actual da cuenta de las consecuencias de todas las capturas históricas de todas las áreas, es sólo un modelo plausible. Existen otros y en vista del revisor modelos más plausibles. Otros modelos tendrían sustancialmente diferentes implicancias para el la evaluación y en manejo. En particular, el revisor está preocupado por el supuesto de que las capturas sustanciales al norte de 47 ° S en el Pacífico y 54 ° S en el Atlántico provienen de poblaciones sumidero que no deben ser tomadas en cuenta en la evaluación o la gestión del recurso. La evidencia que respalda esta hipótesis es limitada (es decir, los comentarios sobre las limitaciones fisiológicas sobre la capacidad merluza negra de migrar). La hipótesis no es apoyada por los pocos datos de marcaje o consideraciones evolutivas. Es necesario considerar otros modelos conceptuales si los resultados de la evaluación y asesoramiento del manejo han de considerarse robustos y de precautorios.

Los resultados del modelo conceptual desarrollado y presentado en el informe de evaluación se limitan a una sola corrida del modelo. El informe de evaluación no tiene ninguna consideración de la incertidumbre del modelo. La selección de un caso base no se aborda adecuadamente. No se presentan sensibilidades hipótesis estructurales alternativas, entradas de datos o de ponderaciones. Parece haber sido una selección arbitraria y comprensión insuficiente de los datos de entrada y los valores de parámetros fijos, así como la consideración inadecuada de alternativas o la evaluación de la coherencia de los datos de entrada al modelo. El revisor considera que éstas son las principales deficiencias en la evaluación. Además, se detectaron un número importante de errores en las entradas, la implementación y funcionamiento del modelo. Estos últimos problemas, combinados con la falta de detalle y los errores en la documentación determina que sea difícil hacer conclusiones definitivas acerca de los resultados específicos y recomendaciones del Informe de Evaluación. También socavan la confianza y exactitud en los resultados numéricos reales. En general, en la opinión del revisor, la evaluación actual no podría considerarse como una base adecuada y sólida para la determinación del estado del stock y asesoramiento del manejo.

Las evaluaciones de stock y las decisiones de manejo de este recurso deben ser conscientes y tener en cuenta las capturas de todas las áreas y basarse en la consideración de una amplia gama de supuestos plausibles para las interacciones entre los peces y la pesca que se encuentran en las diferentes áreas (es decir, la artesanal y la pesca industrial en Chile, las pesquerías de palangre y de arrastre en Argentina, incluyendo los del norte de 54S y las pesquerías alrededor de las Islas Malvinas). A nivel de evaluación de la población, esto es un reto importante debido a las pesquerías espacialmente disjuntas y mezcla incompleta de peces entre zonas, agravadas por los problemas de acceso a datos. También es necesario reconocer que existen limitaciones políticas significativas y aspectos en términos de cómo lidiar con el asesoramiento de manejo que requiere abordar la asignación de capturas entre las diferentes áreas y la pesca, mientras que hay poca o ninguna base científica para el asesoramiento sobre la asignación de las capturas entre zonas. Sin embargo, es necesario entender de la limitación de la ciencia para poder proporcionar asesoramiento (por ejemplo, la asignación entre la pesquerías). No debiera solicitársele a los científicos o intentar dar consejos fuera de estos límites.

A pesar de la gran cantidad de datos que existe de la pesca de bacalao en la zona de la plataforma patagónica Sudamericana, se debe reconocer que hay limitación grave en estos datos y la información disponible para la evaluación de este recurso. Hay una necesidad de mejorar la base de información que subyace a la evaluación, así como los procedimientos y métodos para la evaluación. Estos se discuten con más detalle en el informe, e incluyen:

- Revisión integral y el desarrollo de los insumos biológicos y pesqueros disponibles para la evaluación;
- Cooperación internacional sustancial en el desarrollo e implementación de evaluaciones de los stocks; en la colección; la estandarización y el intercambio de datos; y en la investigación de ciencia básica;
- Institución de rigurosos procedimientos internos para ser utilizado en el desarrollo, implementación, revisión y documentación de las evaluaciones de stock y sus modelos;
- Desarrollo de un enfoque integrado y global de evaluación de los stocks y la investigación;
- Utilización de un enfoque de modelo operativo y evaluación de manejo
- Implementación de un programa continuo de marcaje capaz de proporcionar estimaciones pesqueras independientes de la abundancia y de datos cuantitativos sobre los movimientos espaciales e interacciones. Esto requiere que las tasas de reporte sean estimables.

Por último, la evaluación actual indica que la población se encuentra en un estado muy agotado y que la magnitud del stock es baja en relación con las capturas actuales (es decir, las estimaciones de las tasas de mortalidad por pesca son muy altas). Las tendencias en la CPUE, que domina las estimaciones de las tendencias en la evaluación de stock, sugieren claramente que el tamaño del stock ha sido sustancialmente y continuamente reducido. Como tal, es probable que esto sería la conclusión (con distintos grados de severidad) de cualquier evaluación de stock analítica desarrollada con los datos actuales disponibles, a menos que se invocaran supuestos fuertes acerca de hiper-agotamiento o temporales tendencias en los efectos de la depredación de mamíferos marinos (es decir, los supuestos que permitirían al modelo no tomar en cuenta las tendencias de la CPUE). Sin embargo, los temas y problemas discutidos con mayor profundidad en el informe indican que existe una gran cantidad de incertidumbre y persistirá (al menos en el corto plazo) respecto de la situación exacta del stock, tasas de explotación y estimaciones numéricas específicas. Sin mejoras en la base de información y ampliación del alcance de la evaluación, existe un riesgo importante, ya sea para el stock y/o la pesquería (en términos de capturas no percibidas) que se integrará en cualquier consejo de manejo y decisión.

## **Información General**

El autor fue invitado y contratado para participar en el proceso de revisión de las evaluaciones de stock de Bacalao 2014 (*Dissostichus eleginoides*) y los stocks de camarón nylon (*Heterocarpus reedi*) desarrollados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). La revisión fue solicitada por la Subsecretaría de Pesca de Chile. La Universidad de Concepción se encargó de su implementación y el Dr. Billy Ernst de su coordinación. La revisión consistió en un taller de una semana de duración, durante la cual la información utilizada y los resultados de las evaluaciones de stock de ambas especies, fueron presentados y analizados, junto con la entrega de documentos y material relacionado previo al taller. El autor fue específicamente contratado para entregar un informe independiente, que resuma sus hallazgos y conclusiones con respecto al stock de bacalao y este documento constituye el presente informe. El contenido y el formato de este informe cumplen con las especificaciones establecidas con este fin en los Términos de Referencia entregados para la Revisión (Apéndice 2). Cabe notar que la revisión se centró en la evaluación de bacalao desarrollada por IFOP en Agosto, 2014 (Tascheri et al 2014), a pesar que desde entonces se han llevado a cabo trabajos e informes adicionales.

Es de señalar que el autor no había participado anteriormente en las evaluaciones de stock de bacalao, ni directamente en la pesquería o el manejo de este stock. El autor ha participado anteriormente con IFOP en trabajos de investigación y revisiones – en algunos de los cuales participó el mismo personal responsable de la evaluación de stock y recopilación de datos/análisis de bacalao. El autor no considera que esta participación anterior constituya un conflicto de interés, ni comprometa la independencia de los hallazgos y las conclusiones.

Cabe señalar además que el autor solo tenía un conocimiento general acerca de la literatura y la información disponible sobre esta población y la pesquería antes de realizar esta revisión. Existe considerable y exhaustiva literatura científica y datos disponibles acerca de la biología y las pesquerías de esta especie en el mundo y para el recurso explotado por las pesquerías chilenas. Durante el tiempo disponible para la revisión, no fue posible llevar a cabo una revisión separada y exhaustiva de esta literatura. Los hallazgos y las conclusiones del autor están basados en los documentos que recibió para la revisión (refiérase al Apéndice1), las presentaciones realizadas durante el taller, las conversaciones entre los expertos que participaron en el taller (tanto formales, como informales) y unos pocos documentos publicados adicionales que el revisor obtuvo en forma independiente. Se realizó la interpretación simultánea de todas las presentaciones y conversaciones formales realizadas durante el taller. La interpretación simultánea facilitó enormemente el desarrollo del taller y el proceso de revisión. El revisor considera que esto fue indispensable para poder completar este trabajo.

## **Descripción del Papel desempeñado en las Actividades de Revisión**

Durante las semanas previas al taller de revisión, que se realizó durante la semana del 10 de Noviembre, 2014, se proporcionó considerable material de referencia sobre el stock de bacalao. Se entregaron varias publicaciones de referencia sometidas a revisión por pares en la literatura científica primaria y traducciones en Inglés del Informe de Evaluación de stock del

año 2014 (Tascheri et al. 2014)<sup>1</sup> y otros informes claves sobre los datos básicos y otros datos de entrada utilizados en la evaluación de stock de la sardina común (Apéndice 1). Se entregaron documentos adicionales durante el taller, incluyendo el código computacional utilizado para realizar la evaluación de stock. Durante el periodo anterior al taller, el autor leyó y revisó todo el material proporcionado. En total, el material disponible fue muy voluminoso. Durante el análisis de todos los documentos, considerando el plazo limitado para este propósito, fue necesario que el revisor se concentrara en el material que consideró clave y más importante dentro del contexto de los Términos de Referencia (Apéndice 2).

Durante el taller, el revisor asistió a todas las sesiones. Las sesiones relacionadas con bacalao se sostuvieron principalmente en las mañanas, y aquellas relacionadas con camarón Nylon en las tardes. La participación en el taller consistió en escuchar a todas las presentaciones (para ambas especies) y liderar las discusiones acerca del material proporcionado sobre bacalao y participar activamente en las discusiones sobre camarón Nylon. Esto incluyó buscar aclaraciones y entregar respuestas y retroalimentación respecto de los aspectos técnicos y más generales del proceso de evaluación y la recopilación de datos.

La documentación escrita estuvo muchas veces incompleta y poco clara. Además, los resultados numéricos presentados a partir del modelo de evaluación de stock estaban imprecisos en lo que se refiere a la especificación establecida al respecto en el Informe de Evaluación. También hubo incongruencias entre los datos de entrada, descritos y especificados en el Informe de Evaluación y aquellos efectivamente utilizados para ajustar el modelo. Como resultado de estos problemas, gran parte del proceso de revisión y del tiempo del revisor en la preparación de este informe estuvo dedicado a esclarecer lo que se quiso hacer versus y lo que efectivamente se realizó. En consecuencia, durante el tiempo disponible, no fue posible aclarar completamente algunos detalles técnicos en el Informe de Evaluación, ni explorar y/o aclarar exhaustivamente algunos aspectos más fundamentales relacionados con la evaluación y los términos de referencia.

Como parte del taller, el revisor solicitó corridas adicionales o escenarios para el modelo de bacalao, trabajo realizado por el Sr. Tascheri. El objetivo de esta solicitud fue proporcionar una mejor comprensión del comportamiento del modelo de evaluación, su sensibilidad ante supuestos alternativos, la incertidumbre en los resultados y la pertinencia de algunos supuestos y especificaciones del modelo. Los resultados de estas corridas no estuvieron disponibles hasta el último día del taller, lo cual no permitió realizar un análisis detallado de los mismos en el momento. Después del taller, durante el desarrollo de este informe, el Revisor encontró problemas en los resultados proporcionados para estas corridas (ver más abajo). El Sr. Tascheri realizó corridas adicionales y se las entregó al Revisor el 16<sup>2</sup> de Diciembre. Todas las corridas adicionales fueron elementos importantes del proceso de revisión dado que entregaron una perspectiva significativa respecto del modelo de evaluación, el tema computacional, el análisis y las conclusiones. Los resultados de estas corridas adicionales del modelo han sido incorporados en el actual informe. Cabe destacar que estas corridas alternativas no tenían el objetivo de obtener una evaluación de stock alternativa o mejorada. Esto no formaba parte de los términos de referencia de la Revisión. Se presentan con fines ilustrativos con relación a ciertos aspectos técnicos de la actual evaluación y como ejemplos del tipo de escenarios que son importantes realizar dentro del proceso de evaluación y que podrían ser de utilidad en el futuro.

---

<sup>1</sup> En el resto de este informe, se referirá a este informe como el “Informe de Evaluación”. La traducción al inglés de este documento fue entregado ~2 semanas antes del taller de revisión.

<sup>2</sup> Esto resultó en demoras en la finalización del reporte de revisión.



Después del taller de revisión, el revisor llevó a cabo una revisión adicional exhaustiva de los documentos y el material proporcionados, incluyendo un análisis de los resultados de las corridas adicionales del modelo realizadas durante y después del taller. Finalmente, se dedicó mucho tiempo a la elaboración del actual informe de revisión.

## Reseña y Comentarios Generales

En el taller de revisión se entregó mucha información en la forma de datos, literatura científica y presentaciones con relación a la biología y la pesquería chilena de bacalao (*Dissostichus eleginoides*) y el actual modelo de evaluación de stock. Se ha realizado una cantidad impresionante de trabajo de muestreo biológico y pesquero respecto de esta especie en Chile. Dicho trabajo es la base de toda evaluación y es vital para la evaluación de la condición del stock y la entrega de recomendaciones de manejo.

El Bacalao es una especie demersal de aguas profundas que habita en la zona circumpolar en las regiones de la plataforma de los océanos del sur. Es de crecimiento lento con una edad de madurez relativamente tardía (8-12 años de edad) y tiene un ciclo de vida sobre los 30 años. Existen numerosas pesquerías en la Antártica y en los alrededores de las islas Antárticas y en las aguas de la plataforma de la Patagonia y Chile (extendiéndose hasta el Sur de Perú). La gran incertidumbre acerca de los componentes de su biología y ciclo de vida es importante para evaluar su condición. Particularmente en el caso de las pesquerías en Chile, la incertidumbre acerca de la estructura del stock, la dinámica especial y la relación entre los recursos capturados en las áreas en las que operan las pesquerías industriales y artesanales chilenas y también entre las áreas en las que ocurren las pesquerías de Argentina y las Islas Falkland, es sumamente importante tanto para evaluar la condición del recurso, como para entregar recomendaciones de manejo.

La pesquería del bacalao en Chile está dividida y es administrada como dos componentes espaciales distintas pero contiguas (es decir, un componente artesanal norte de los 47 grados sur y un componente comercial al sur de este lugar— todo esto ocurre dentro de la zona económica exclusiva (ZEE) de Chile). El área en la que opera la flota comercial chilena se encuentra contigua a la distribución de los peces y las áreas en las que operan las naves argentinas dentro de la ZEE de Argentina. A la vez, la distribución de peces y el área de pesca en Argentina también está contigua al área de distribución de los peces y las pesquerías de los mismos en las Islas Falkland (Malvinas). Existe una gran cantidad de información genética y datos relacionados acerca de los peces a lo largo de esta área. Los datos y la información son congruentes. Indican que existe una población única en estas áreas y que esta población es distinta de otras poblaciones de bacalao, incluyendo la más cercana en el área de Georgia del Sur. Resultados recientes indican que podría existir cierta estructuración espacial dentro de esta población en la plataforma Sudamericana/Patagónica, pero con una mezcla e intercambio importante (Ferrada, 2014).

Según la información disponible para el revisor hasta el momento de la evaluación de stock bajo revisión, todas las evaluaciones de stock previas con respecto al bacalao en la Plataforma sudamericana /Patagónica han sido miopes, en el sentido que solo consideraron las capturas y las tasas de captura de sólo una de las tres ZEE en las que existen las pesquerías (por ejemplo, las capturas al sur de los 47 grados dentro de la ZEE chilena, las capturas en la ZEE Argentina y las capturas dentro de la ZEE de las Islas Falkland). El supuesto implícito, excepto si hubiesen sido explícitamente expuestos, en estas evaluaciones es que las capturas de cada una de estas áreas provienen esencialmente de una población

única aislada. Como este supuesto no está respaldado por la información genética, micro química, de las áreas de desove y de distribución, la interpretación y la validez de estas conclusiones sobre la condición de la población son poco claras, en el mejor de los casos. Las recomendaciones de manejo resultantes, desde el punto de vista del Revisor, no contienen medidas razonables o confiables respecto de, ya sea la conservación del stock, o la sub-utilización de este recurso.

La evaluación actual constituye un gran avance en este sentido. Es la primera evaluación que utiliza datos de más de una área (es decir, las capturas del sur de Chile y la porción sur de la pesquería Argentina) y se basa en un modelo conceptual que explícitamente reconoce y da cuenta de las capturas desde todas las áreas en lo que se refiere a las consecuencias para la dinámica y la condición general de la población. El modelo conceptual está basado en el supuesto que todo el desove ocurre solo en áreas donde se encuentran las pesquerías en el sur de Chile y el sur de Argentina y que el bacalao en las áreas fuera de éstas representa poblaciones sumidero. Estas poblaciones sumidero no pueden contribuir ni contribuyen al desove y futuro reclutamiento. Las poblaciones sumidero surgen como resultado de la dispersión de larvas y juveniles desde las áreas de desove hacia regiones desde las cuales resulta imposible para ellos como adultos (o sub-adultos) hacer el viaje de retorno hacia las áreas de desove. Este modelo conceptual tiene dos implicancias fundamentales para el manejo en lo que se refiere a las capturas y la sustentabilidad del recurso (1) no existe necesidad de regular las capturas fuera de las áreas de la plataforma del Sur de Chile y la Patagonia (salvo la posibilidad en materia de consideraciones de rendimiento por reclutamiento) y (2) que las recomendaciones de evaluación con relación a la sobre pesca y la sustentabilidad sólo se pueden entregar con respecto a las consecuencias de las remociones totales de las pesquerías chilenas y argentinas en conjunto. La distribución de capturas entre estas pesquerías es casi exclusivamente una materia relacionada con el manejo, respecto de la cual la evaluación de stock es básicamente no informativa<sup>3</sup>.

Aunque el modelo conceptual subyacente a la actual evaluación da cuenta de las consecuencias de todas las capturas históricas en lo que se refiere a la condición actual y la dinámica a largo plazo del recurso, es uno solo de los modelos plausibles. Existen otros modelos (y desde el punto de vista del revisor, más plausibles). Otros modelos tendrían implicancias significativamente diferentes para la evaluación y las recomendaciones de manejo. Este tema se expone con mayor detalle a continuación. Se menciona aquí debido a su importancia fundamental. Como tal, y sin perjuicio de las materias técnicas y computacionales mencionadas más abajo, en la opinión del revisor, la evaluación actual no puede ser considerada como una base apropiada y robusta para determinar la condición del stock y entregar recomendaciones de manejo.

Las evaluaciones de stock y las decisiones de manejo para este recurso deben ser conscientes y tomar en cuenta las capturas de todas las áreas y basarse en una amplia gama de supuestos plausibles para las interacciones entre las pesquerías y los peces encontrados en las varias áreas. A nivel de la evaluación de stock, esto es un desafío importante para este recurso debido a las pesquerías espacialmente disociadas y la mezcla incompleta de peces – es decir,

---

<sup>3</sup> En la medida que las selectividades sean diferentes entre las pesquerías, habrían repercusiones respecto de las consecuencias en las capturas totales para diferentes distribuciones relativas entre los distintos componentes de la pesquerías. Sin embargo, para cualquier distribución específica, se puede proporcionar una recomendación igualmente robusta en términos de sustentabilidad y riesgo— es decir, no existe una base “científica” para entregar recomendaciones respecto de la “mejor” distribución.

una distribución no homogénea entre las áreas (esto se analiza más adelante). También se reconoce que existen restricciones políticas significativas y temas relacionados con la forma de abordar las recomendaciones de manejo que requiere tratar con la distribución de las capturas entre las distintas áreas y pesquerías, a pesar que existe poca o ninguna base científica para entregar recomendaciones sobre la distribución de capturas en todas las áreas. Sin embargo, es necesario contar con una comprensión acerca de las limitaciones de las recomendaciones que puede entregar la ciencia (por ejemplo, la distribución entre las pesquerías). A los científicos no se les debería solicitar, ni deberían intentar, proporcionar recomendaciones fuera de estos límites.

Dentro del límite del modelo conceptual, se encontraron problemas significativos y considerables, potenciales errores e inquietudes con los datos/parámetros de entrada, la implementación del modelo y los resultados presentados en el informe de Evaluación. Estas incluyen (1) estimaciones exageradamente altas del nivel de precisión asociado con los resultados de la evaluación y las recomendaciones de manejo, (2) la falta de exploración del comportamiento del modelo de evaluación, (3) la selección arbitraria y la comprensión insuficiente de los datos de entrada y los parámetros sin tomar en cuenta ni explorar una alternativa, (4) la congruencia y los errores en los datos de entrada y estandarización de CPUE y (5) la implementación del modelo, problemas computacionales y de documentación relacionados con el software. Los primeros tres problemas significan que existe una subestimación tanto del nivel de incertidumbre en la estimación resultante de la condición del stock y del grado de riesgo asociado con la recomendación de manejo. Además, uno no es capaz de evaluar la robustez de las conclusiones y si la evaluación está centrada en la región más apropiada o “probable” (es decir, el caso base). Finalmente, los temas anteriormente mencionados socavan la confianza en los resultados numéricos reales presentados y la validez de su uso para tomar decisiones específicas de manejo (por ejemplo, niveles de cuota) incluso si no existen otras inquietudes y problemas con la estructura y la implementación del modelo. En general, estos problemas de implementación y computacionales, por sí solos, en la opinión del Revisor, serían suficientes para concluir que los resultados presentados en el Informe de Evaluación son una base insuficiente para determinar la condición del stock y proporcionar recomendaciones de manejo.

Cabe destacar que cambió el científico encargado de la evaluación de bacalao en IFOP entre los años 2013 y 2014. Claramente hubo una gran cantidad de esfuerzo y trabajo arduo dedicado a esta evaluación. La evaluación incluyó varias adiciones y modificaciones considerables y significativas a lo largo de su desarrollo. Entre éstos, el modelamiento conjunto de las capturas argentinas y chilenas, el desarrollo de los índices de CPUE para la pesquería palangrera Argentina, la integración de los datos de la bitácora de IFOP con los datos de observadores científicos pertenecientes al Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.) y la incorporación del modelo de corrección para las lecturas de escamas. El revisor considera que todos estos factores eran elementos importantes que deben ser considerados en la evaluación de este recurso. Este enorme esfuerzo debe ser reconocido. A largo plazo, estas adiciones deberían dar lugar a evaluaciones más robustas y perfeccionadas. Sin embargo, pareciera que hubo poco o ninguna coincidencia entre el científico encargado de la evaluación actual y el anterior. Esto significó que casi todos los componentes de la evaluación fueron desarrollados de cero (*de nova*) incluyendo el código del modelo, las compilaciones de datos y la estandarización de la CPUE. En consecuencia, la carga de trabajo para completar esta evaluación dentro de un periodo de tiempo relativamente corto, fue enorme. Asimismo, mientras que el informe de evaluación es una publicación de autoría conjunta, pareciera que la mayoría, sino todo el análisis, el desarrollo del modelo y el trabajo

computacional fue desarrollado por el científico encargado. Además, la falta de continuidad tanto del personal, como en los análisis, impide comprender evaluar la pertinencia y las consecuencias de los numerosos cambios en la evaluación. Tales faltas de continuidad presentan dificultades para el proceso de manejo y revisión. Es necesario utilizar un enfoque transitorio estructurado con recursos apropiados cuando se realizan cambios importantes en el personal que trabaja en la evaluación o la estructura del modelo/datos y con mayor razón cuando ambas cosas suceden a la vez. Además, pareciera existir una falta de rigurosidad y suficiente revisión interna en el desarrollo de las evaluaciones y en la preparación de los resultados de la evaluación. Esta es una debilidad adicional en el proceso de evaluación general que es necesario abordar. Esta falta de rigor compromete la calidad de los resultados y los grandes esfuerzos realizados para producirlos.

A pesar de disponer de abundantes datos de las pesquerías de bacalao en el área de la plataforma Sudamericana –Patagónica, es necesario reconocer que estos datos y la información disponible para evaluar este recurso presentan una limitación grave. Entre las cuales se incluye (1) carencia de sobre posición espacial entre las principales pesquerías junto con una cantidad potencialmente grande de distribución no-homogénea de adultos y juveniles, (2) importantes discontinuidades en las operaciones de las pesquerías y la recopilación de datos, (3) falta de información crítica para la estandarización significativa de datos de esfuerzo (particularmente datos históricos y para las fracciones artesanales e industriales no-chilenas), (4) cambios significativos en las artes de pesca durante los últimos seis años (5) interacciones importantes, pero básicamente no cuantificables con mamíferos marinos que han aumentado a través del tiempo (5) incertidumbre acerca de los niveles de captura históricos y (6) la ausencia de estimaciones de abundancia independientes de la pesquería o tasas de mortalidad por pesca. Esto, junto con las características biológicas de la especie (por ejemplo, crecimiento lento, estratificación espacial y profundidad con edad/talla, aparentemente con periodos largos de residencia) significa que las dos piezas básicas de información (es decir, CPUE y composición de edad /talla para evaluar el stock, no son muy informativas. El crecimiento lento y variable, los cambios en el método de lectura de edad, la edad tardía de reclutamiento a la pesquería y la falta de datos de determinación directa de edad de la porción argentina del stock significa que los datos de edad contienen poca información acerca de las fuerzas relativas de los distintos cohortes, particularmente los más recientes (por ejemplo, al menos los últimos 5 – ver más abajo). Por lo tanto, pareciera ser posible contar con un ajuste igualmente bueno para estos datos bajo una amplia gama de escenarios de reclutamiento. Similarmente, la interpretación de las tendencias en los datos de CPUE, así como las tendencias en la abundancia son altamente dependientes de los supuestos relacionados con los cambios en la capturabilidad y la selectividad y están también altamente confundidos debido a las interacciones con los mamíferos marinos. En particular, las tendencias más recientes de CPUE, particularmente en la pesquería de palangre chileno, muestran una caída brusca y continua. Sin embargo, falta información para determinar la medida en que estas tendencias recientes deberían atribuirse solo a los cambios en abundancia, y no, al menos en parte, a los cambios operacionales en la pesquería y las interacciones con mamíferos marinos.

Finalmente, la actual evaluación de stock indica que éste se encuentra en una condición sumamente agotada y que el tamaño de la población es baja con relación a las capturas actuales (es decir, las estimaciones de las tasas de mortalidad por pesca son altas). Las tendencias en CPUE, que dominan las estimaciones de tendencias en la evaluación de stock indican que el tamaño de la población se ha visto reducido considerable y más o menos continuamente desde el comienzo de las pesquerías. El poder resolver los datos de entrada y

los problemas computacionales y de implementación es clave con el fin de garantizar la confianza en los resultados dentro del contexto del modelo conceptual utilizado en el Informe de Evaluación. Sin embargo, sin ampliar el rango de los modelos conceptuales considerados, el enfoque y los métodos utilizados para abordar la incertidumbre (particularmente la incertidumbre del modelo), habrá una base insuficiente para determinar la condición de la población y la entrega de recomendaciones de manejo. Es probable que estas últimas materias sean abordadas de manera más efectiva dentro del contexto de un modelo de operativo y un enfoque de evaluación de procedimientos de manejo (ver más abajo). En un marco de trabajo más largo, contar con información adicional, especialmente sobre la dinámica espacial del recurso y medidas de abundancia independientes de la pesquería, es esencial para reducir las incertidumbres estructurales y subyacentes básicas involucradas en la evaluación de este recurso. Los experimentos de marcaje, bien diseñados y ejecutados apropiadamente, probablemente sean el método más efectivo, sino el único método para obtener esta información. Actualmente, y hasta que estos temas sean abordados, existirá un riesgo importante en toda recomendación y decisión de manejo, ya sea para la población y/o la pesquería (en lo que se refiere a capturas realizadas).

## **Resumen de Hallazgos para cada ToR**

### **1. Enfoque de evaluación de stock**

El Informe de Evaluación presenta una descripción detallada y estructurada del marco de trabajo conceptual o modelo subyacente al modelo analítico de evaluación de stock. El revisor considera que este es un componente valioso del Informe de Evaluación, el que no se encuentra con frecuencia en muchas evaluaciones de stock. Permite evaluar si el modelo matemático representa componentes clave con relación a la biología de las especies y la operación de la pesquería.

Tal como se estipula en el Informe de Evaluación de Stock “las características más notables del modelo conceptual se refieren a la interpretación de los procesos de inmigración y emigración”. Por ende, el modelo conceptual está basado en la premisa que todo el reclutamiento a la población deriva de un área extensa de desove contigua ubicada en la Región de Magallanes que se extiende desde la zona extrema sur de Chile (debajo de 47°S) hacia el este, al oeste de Burwood Bank. Dentro de esta área de desove, todos los individuos forman parte de una población común. El reclutamiento al norte de esta área, tanto en el Pacífico, como el Atlántico, es el resultado de una dispersión de huevos y larva y la emigración de juveniles. Sin embargo, se asume que los individuos son transportados o inmigran hacia el norte de 47°S en el Atlántico y al norte 54°S en el Atlántico y que no son capaces de retornar al área de desove para desovar una vez que maduran (es decir, son “poblaciones sumidero”). Como tales, los individuos en esta población sumidero no tienen la capacidad para contribuir a las futuras generaciones y la sustentabilidad del recurso. Este es un supuesto sólido con importantes implicancias tanto para la evaluación de stock, como para manejo de los recursos. Bajo este supuesto, las capturas al norte de 47°S en el Pacífico y 54°S en el Atlántico (es decir, desde las poblaciones sumidero) las tendencias de abundancia en estas áreas no tienen consecuencias o necesitan ser considerados en la evaluación de stock<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Los índices de reclutamiento en esta área podrían ser útiles como índices de los tamaños del stock desovante que los produjo, considerando el supuesto que la proporción transportada fue similar a través del tiempo y tamaño del stock desovante.

Esto incluye las capturas significativas realizadas por la flota artesanal chilena, las capturas argentinas al norte de 54°S y las capturas en las Islas Falkland. El volumen de estas capturas en el 2013 excedió las capturas desde el área principal o población fuente, según lo establecido en el Informe de Evaluación. En cuanto a la conservación y sustentabilidad del stock, no hay motivo para manejar las capturas en estas áreas al norte. La única consideración de manejo real estaría relacionada con la selectividad y las consideraciones de rendimiento por recluta. Sin embargo, las pesquerías en la región al norte dependen totalmente en la conservación y el manejo en las áreas al sur. Las decisiones de manejo cruciales para la sustentabilidad de la población sólo dependen de las capturas y la condición de la población en el área al sur, así como el nivel de la población que produce el rendimiento máximo sostenible (MSY)<sup>5</sup>.

La justificación subyacente en el Informe de Evaluación para este supuesto fuerte y “notable” acerca de un movimiento uni-direccional entre las áreas al sur y al norte proviene de la afirmación en la discusión del paper de Ashford et al (2012)<sup>6</sup> que concluye que “el bacalao adulto no es fisiológicamente capaz de una gran migración contra-corriente sostenida, y, a pesar de tener una flotabilidad neutral, no existen vías de retorno en el modelo de gran circulación”. Cabe destacar que el paper de Ashford et al (2012) tiene relación con la dispersión de larvas y juveniles en base a un modelo de circulación a gran escala y no contiene datos, ni proporciona referencias para apoyar la afirmación que el bacalao no es fisiológicamente capaz<sup>7</sup>. De hecho, la afirmación acerca de su incapacidad fisiológica de realizar esas migraciones se contradice con los datos de devolución de marcas, que indican que individuos de bacalao han viajado distancias considerables (por ejemplo, más de 2.800km en un período menor a 14 meses). Por lo tanto, la pregunta crítica con respecto a la viabilidad del supuesto de inmigración/emigración que subyace al modelo conceptual para la evaluación de stock no es si el bacalao es capaz de dichas migraciones contra-corriente y a grandes distancias, sino que la frecuencia con la que realmente ocurren dichas migraciones, particularmente para los fines del desove. Mientras que la mayoría de los peces marcados han sido recuperados dentro de 50 millas desde su punto de liberación, casi todos estos peces marcados y recuperados fueron juveniles. Por ende, estos datos entregan poca evidencia directa respecto de si los individuos efectivamente pueden y migran hacia el área de desove cuando maduran<sup>8</sup>. Desde una perspectiva evolutiva, la presión de selección para realizar

---

<sup>5</sup> Nótese que el Informe de Evaluación contiene el supuesto implícito que el nivel de la población que produce el MSY para las áreas al sur también producirá el MSY para todas las pesquerías (es decir, aquellos en las poblaciones fuente y sumidero). Aunque posiblemente no sea un supuesto poco razonable, depende de que el reclutamiento a la población sumidero sea una función lineal del reclutamiento a la población fuente, independiente de los niveles de biomasa desovante y no considera además las diferencias en las selectividades entre las pesquerías y las poblaciones fuente y sumidero. Los riesgos bajo este supuesto implícito acerca de los niveles MSY son muy asimétricos (por ejemplo, las capturas excesivas en el área al sur ponen en riesgo la sustentabilidad de la captura en ambas áreas, mientras que las sub-capturas en el sur no deberían arriesgar las capturas obtenibles o sustentables en el norte y podría de hecho aumentarlas).

<sup>6</sup> Nótese que mientras esta es una referencia clave para el Informe de Evaluación, no estaba incluida en la lista de referencias citadas proporcionada en el informe.

<sup>7</sup> No se entregó evidencia de apoyo para respaldar esta afirmación durante el taller, a pesar que se mencionó el tema.

<sup>8</sup> Fenaughty (2006) expresa inquietudes similares respecto de la interpretación de datos de marcaje de bacalao en el Mar de Ross. Existe una situación similar en esta área con respecto a la segregación del stock y la talla. Hace notar que la predominancia de peces sexualmente maduros en el norte y la ausencia general de peces menores a 100 cm TL y concluye que una interpretación apropiada de los datos disponibles es que “*D. mawsoni* reúne las condiciones en el sur durante una o más temporadas y luego migra al hacia el norte para desovar. El además indica que “el trabajo preliminar realizado por New Zealand National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA) indicó que los grandes movimientos geográficos podrían limitarse a peces de mayor tamaño. Si este es el caso, los grandes movimientos de peces marcados no sería aparente hasta que se

dichas migraciones desde estas áreas “sumidero” sería importante, especialmente considerando el tamaño aparentemente grande de estas poblaciones sumidero sobre la base de las capturas obtenidas de ellas.

En consecuencia, el modelo conceptual de la estructura del stock subyacente (sumidero/fuente) que es la base de la evaluación es una de varias hipótesis plausibles y, en la opinión del revisor, no es necesariamente la más plausible. Actualmente, la información directa disponible es insuficiente para determinar la estructura actual o incluso el modelo más probable. Dado que los modelos conceptuales alternativos pueden potencialmente tener consecuencias importantes y diferentes para la condición y el manejo del stock, es fundamental considerar modelos de evaluación alternativos que representen la gama de alternativas plausibles. Tomar decisiones de manejo únicamente basadas en un modelo conceptual de estructura de stock único en el Informe de Evaluación no podría considerarse precautorio sin entender las repercusiones para otras alternativas plausibles.

Con respecto a la población sumidero, según el autor, los datos no fueron concluyentes respecto de si de hecho existe, y, de ser así, donde estarían los límites al sur y al este de estas poblaciones. En la evaluación, el supuesto de que existe una población sumidero en el Pacífico desde el 47°S pareciera ser arbitrario. No se entregó una justificación biológica ni física en este sentido. Pareciera haber sido escogido por ser el límite de manejo entre las pesquerías industriales y artesanales. Como tales, significa que los datos de captura artesanal y de esfuerzo deben ser considerados en la evaluación, dado que estas capturas artesanales son considerables con respecto a las capturas globales de bacalao en Chile<sup>9</sup>. Similarmente, el supuesto de que existe una población sumidero al norte del 54°S en la plataforma del Atlántico de la Patagonia también pareciera ser arbitrario. En el área de esta supuesta población sumidero, las capturas tanto de Argentina, como de las Islas Falkland son significativas. Como tales, las repercusiones de los límites alternativos deben explorarse dentro del contexto del modelo conceptual que subyace a la actual evaluación.

Con relación a la pesquería chilena, existe un rango de hipótesis alternativas que necesitan ser consideradas tanto en lo que se refiere a la estructura del stock y las posibles poblaciones sumidero (por ejemplo inmigración/emigración). Con respecto a la estructura del stock, tomando en cuenta la información disponible, los límites parecieran ser:

1. Que el stock con respecto al componente del Pacífico (Chile) está esencialmente cerrado tanto con respecto al reclutamiento, como a los desovantes. En otras palabras, todos los reclutas /juveniles encontrados en el Pacífico de adultos que desovan en el Pacífico y todos los adultos que se encuentran en el Pacífico provienen de juveniles que fueron reclutados hacia el Pacífico (es decir, no existe una inmigración significativa de larvas, juveniles o adultos hacia el Pacífico ocurre de individuos desde la parte del Atlántico). Esto estaría apoyado por una estructura fuerte y persistente de corrientes oceánicas alrededor de la punta austral de América del Sur combinado con el movimiento limitado demostrado por juveniles en base a los datos de marcado y posibles limitaciones fisiológicas natatorias en el bacalao. Nótese que para las “poblaciones” que habitan el Atlántico, la hipótesis relacionada con su cierre con respecto a los peces y la pesquería en el Pacífico, no pareciera ser plausible dado que se esperaría un reclutamiento considerable como resultado del desove en el

---

recupere un mayor número de bacalaos de gran tamaño del grupo de individuos marcados en las siguientes temporadas”.

<sup>9</sup> La ausencia de reportes de las capturas artesanales es una rareza que complica. Este problema se analiza en el Anexo 4 del Informe de Evaluación.

Pacífico, simplemente debido a las corrientes. De acuerdo a esta hipótesis, se podría evaluar y manejar la pesquería en Chile sin considerar las capturas en Argentina o las Falklands (pero no al revés).

2. Que el stock, en lo que se refiere a los peces encontrados en el Pacífico y el Atlántico están mutuamente expuestos en gran medida como resultado de mezcla entre los adultos en las áreas de desove y tal vez con una mezcla limitada de juveniles/sub-adultos. Por lo tanto, el reclutamiento en el Pacífico y el Atlántico depende de la biomasa desovante combinada de ambos océanos. El hecho de que existe un área de desove contigua apoya esta hipótesis carente de una barrera definitiva entre el Pacífico y el Atlántico, junto con los datos limitados de marcado que sugiere un intercambio razonable de individuos en el área alrededor de la frontera entre el Atlántico y el Pacífico, así como algunos movimientos a mayor escala. De acuerdo a esta hipótesis, la pesquería en Chile no podría ser ni evaluada, ni manejada en forma razonable sin considerar las pesquerías en el Atlántico. Nótese que la mezcla podría ser incompleta (y probablemente lo sea).
3. Que el stock en el Pacífico está esencialmente cerrado (lo mismo que bajo la hipótesis 1) y que las áreas más al norte en las que se encuentran los peces constituyen poblaciones sumidero (por ejemplo, la hipótesis implícita utilizada en las evaluaciones anteriores de Chile). La frontera entre las poblaciones fuente y sumidero no está clara. La división en el 47°S entre la pesquería artesanal e industrial pareciera ser arbitraria respecto de la biología de las especies. Como tal, se debería explorar las consecuencias de divisiones alternativas y posiblemente más apropiadas.

Como resultado, además de la hipótesis de la estructura del stock/población sumidero, al menos tres modelos de evaluación alternativos parecieran ser necesarios para garantizar un nivel razonable de robustez desde la perspectiva de la pesquería y el manejo del recurso que existe en Chile. Estas son:

1. Las pesquerías completas de la plataforma del Pacífico y de la Patagonia se deberían evaluar como una población única (es decir, la inclusión de todas las capturas de Chile, Argentina y las Islas Falkland);
2. Sólo considerar las capturas de la pesquería industrial chilena;
3. Sólo considerar las capturas de las pesquerías industriales y artesanales chilenas.

También sería importante considerar variantes de las posibilidades anteriores (por ejemplo, excluir las capturas de las regiones más al norte de la pesquería artesanal chilena, excluyendo las capturas de las Islas Falkland, etc). Es probable que las consecuencias con respecto a la condición del stock y las recomendaciones de manejo sean considerablemente diferentes. El desarrollo de un enfoque precautorio es clave para integrar los resultados a través de una amplia gama de hipótesis alternativas. Más aún, alguna forma de cooperación internacional es necesaria para (1) la recopilación, estandarización e intercambio de datos necesarios para desarrollar la evaluación de stock y (2) la implementación de las recomendaciones de manejo (por ejemplo, la distribución de capturas). A largo plazo, se deberían realizar investigaciones (las que también requerirán de un marco de trabajo para la colaboración internacional) a fin de aumentar el conocimiento acerca de la estructura de la población y la dinámica espacial del bacalao en la plataforma del Pacífico y el área de la Patagonia y la inter-relación entre las varias pesquerías. Los resultados de dicha investigación deberían dar lugar al desarrollo de



enfoques más realistas y espacialmente explícitos para modelar el stock y la dinámica de la pesquería.

## 2. Parámetros de historia de vida utilizados en la evaluación

### Mortalidad Natural

La mortalidad natural, en general, es tal vez el parámetro biológico más difícil de estimar para poblaciones de peces y no hay estimaciones directas disponibles, salvo unas pocas excepciones. Comúnmente, los valores utilizados en las evaluaciones de stock se derivan de consideraciones teóricas en conjunto con estudios comparativos de los parámetros del ciclo vital (por ejemplo, longevidad). Esta es la situación en la actual evaluación. Aunque las estimaciones indirectas ofrecen una orientación respecto de lo que se podría considerar un valor razonable para una especie, difícilmente podrían considerarse precisos o exacto. Existe la tendencia en las evaluaciones de adoptar arbitrariamente el valor utilizado anteriormente, donde la “tradicición” y la “continuidad” son elementos que forman parte del fundamento. El efecto de la incertidumbre en el valor del parámetro utilizado para la tasa de mortalidad natural no se considera con frecuencia y, más importante aún, en las consideraciones de incertidumbre y riesgo en la recomendación de manejo resultante. Los resultados de la evaluación (particularmente los valores absolutos) y las consecuencias para el manejo, con frecuencia son sensibles al valor utilizado. Este es el caso con la actual evaluación y es un factor que requiere mayor consideración en toda evaluación de este recurso.

Cabe destacar que existe una estimación directa de mortalidad natural para bacalao derivado de los datos de mercado, a pesar que no se analiza en el informe de evaluación de stock. (Candy et al, 2011). Aunque no es para la misma población, la estimación de 0.155 respalda el valor de 0.15 utilizado en la actual evaluación. Sin embargo, los intervalos de confianza para esta estimación son amplios, lo que también respalda la importancia de considerar la incertidumbre en el valor utilizado para mortalidad natural.

Históricamente, la mortalidad natural no era un parámetro directamente estimable dentro de los modelos de evaluación de stock. Sin embargo, con el desarrollo de los modelos estadísticos de captura a la edad, la mortalidad natural puede ser incluida como un parámetro estimable y se pueden obtener valores estimados por el modelo. Sin embargo, generalmente existe poca información real sobre la mortalidad natural en los datos proporcionados al modelo. Las estimaciones derivadas del modelo no están bien determinadas. Pueden estar confundidas con otros parámetros y los supuestos estructurales subyacentes al modelo (por ejemplo, tasas de mortalidad por pesca y la selectividad). Dichas estimaciones derivadas del modelo pueden ser útiles para obtener una orientación respecto de cuál es el rango razonable a considerar. Los valores asumidos que están muy por fuera del rango estimado por el modelo indican una incongruencia con el modelo y los datos observados utilizados en el modelo (por ejemplo, que el valor a asumir sea poco probable o debido a problemas estructurales en el modelo). Por lo tanto, si las recomendaciones se hacen condicionadas a una estructura específica del modelo, el uso de estimaciones para la mortalidad natural que son incongruentes con aquellas estimadas a partir del modelo, no sería apropiado en la mayoría de las situaciones.

La incertidumbre en la mortalidad natural no fue considerada en la Evaluación de Stock. Durante el taller, se hicieron corridas del modelo en las que se asumieron valores alternativos para M y también dos corridas en las que M fue estimado por el modelo. En este último caso, se obtuvieron distintas estimaciones para diferentes valores iniciales de M (es decir, 0.146 y

0.178). El ajuste resultante en el último caso claramente no fue un mínimo global (es decir, la función objetivo era mayor que cuando M se fijó en 0.15) a pesar que el gradiente máximo (un criterio estándar) indicó que el modelo había convergido<sup>10</sup>. Esto indica que la superficie de “verosimilitud” es bastante plana con un posible mínimo local cuando se permite que M sea un parámetro libre. Además, indica que M se confunde en gran medida con otros parámetros. Esto indica que existe información insuficiente en los datos para entregar una estimación confiable de M directamente del modelo. Cuando se asumen valores alternativos de M, no sorprende que los resultados hayan sido sensibles a los valores utilizados (Apéndices 4 y 5). El grado de sensibilidad ante el valor de M fue en parte afectado por si se aplica la matriz de error de determinación de edad (ver más abajo). Por ejemplo, un valor de  $M=0.10$  arrojó una estimación de 0.08 para el nivel de agotamiento actual del stock desovante, mientras que  $M=0.20$  arrojó una estimación de 0.24 al aplicar la matriz de error en la determinación de edad (Apéndice 4). Se obtuvieron valores de 0.06 y 0.16 respectivamente al no utilizar la matriz de error en la determinación de edad (Apéndice 5). Las consecuencias de estas diferencias para las recomendaciones de manejo son considerables y enfatizan la importancia de integrar la incertidumbre respecto del valor de M en la recomendación proporcionada, particularmente dentro de las estimaciones de riesgo.

Incluso más difícil que el valor promedio de la mortalidad natural es la interrogante de si cambia con la talla o la edad. Más allá de las consideraciones teóricas (por ejemplo, la vulnerabilidad diferencial de la talla ante la predación, la senescencia, etc.), no existe una base para asumir una forma funcional o para determinar valores reales en la mayoría de los casos. El modelo de evaluación generalmente asume una tasa de mortalidad natural constante a la edad con parsimonia que llevan a la elección de este supuesto. Este supuesto podría ser considerado como un enfoque razonable en este punto. Sin embargo, la longevidad y las grandes tallas de los adultos de esta especie, junto con los cambios en el hábitat con la talla/edad, sugiere que la mortalidad natural podría ser dependiente de la talla/edad. Además, el hecho que el modelo estima que la selectividad completa ocurre a una edad tardía, podría ser el resultado de una confusión con los cambios específicos a la edad en la mortalidad natural. A pesar de no encontrarse entre la prioridad más alta, la exploración de posibles tasas de mortalidad natural específicas a la edad sería valioso e informativo.

#### Crecimiento y relación Talla-Peso

El Informe de Evaluación hace notar que el “crecimiento no está explícitamente modelado” al ajustar los parámetros de evaluación de stock. Como tal, la estimación del crecimiento no fue considerada dentro del contexto de la evaluación de stock. Sin embargo, una curva de crecimiento estimado está implícita en la estimación de la madurez sexual. Esto es porque los estudios sobre madurez sexual citados en este informe están basados en la longitud sin una estimación directa de edad de los individuos muestreados. Además, el “slicing” de las cohortes de los datos de longitud de Argentina con las estimaciones de rendimiento de los datos de captura a la edad, requiere una curva de crecimiento explícito, según lo establecido en el Informe de Evaluación. El Informe de Evaluación no entrega documentación acerca de las curvas de crecimiento utilizadas en cada caso. A pesar que se solicitó esta información en el taller, no fue entregada y aparentemente no se encontraba disponible. En base a la tabla de

---

<sup>10</sup> En el set de corridas revisadas proporcionadas después del taller (ver más abajo), este problema de no encontrar un mínimo global permanece, a pesar de no ser aparente en los resultados según se presentan en el Apéndice 5. Esto es porque hubo un error de especificación en el archive de control para la corrida en la que M se fijó como un parámetro estimable (Corrida 12). La matriz de error en la determinación de edad fue de hecho encendida en esta corrida. Como tales, los resultados en esta corrida se deben comparar con la Corrida 2 en las tablas y las figuras en este apéndice y no la Corrida 1 (refiérase más abajo para mayor información).

las curvas de crecimiento estimadas proporcionadas en la evaluación de stock, sigue existiendo mucha incertidumbre acerca del crecimiento (por ejemplo, la Tabla 2 en el Informe de Evaluación y el Apéndice 6 de este informe). No está claro si la variabilidad observada refleja la variabilidad efectiva en el tiempo y el espacio o si refleja temas relacionados con estimación de edad y muestreo. El problema del crecimiento se complica más con el dimorfismo en el crecimiento que existe en esta especie y que ambos sexos no son capturados en proporciones iguales. En la medida que la incertidumbre reflejada en varias curvas de crecimiento estimadas refleja la variabilidad real en el crecimiento, podría tener consecuencias para el manejo (por ejemplo, en caso de una tendencia temporal o si el crecimiento es dependiente de la densidad).

Parte integral de la evaluación de stock son las estimaciones de peso a la edad (por ejemplo, el número real de remociones del stock como resultado de la pesca al ajustar el modelo dependen de esta relación ingresada). El Informe de Evaluación utiliza “datos empíricos de peso a la edad promedio” y utiliza un vector único de peso a la edad promedio con este propósito. No se entregó documentación sobre su fuente o cómo fue calculado (por ejemplo, un promedio simple de todo el peso a la talla observado a través de todos los años). Aunque se solicitó mayor detalle sobre esta materia, no pudieron ser proporcionados durante el taller. Además, no está claro si la relación peso a la edad derivada empíricamente utilizado en la evaluación sólo utilizó datos desde el año 2007 en adelante (cuando la edad fue determinada con otolitos), o si utilizó datos de la serie de tiempo completa de los datos de captura a la edad. Este tema debe ser clarificado<sup>11</sup>. Más aún, es importante que los datos anuales sean examinados para garantizar que no ha habido una tendencia temporal importante que refleje los cambios en crecimiento que deban considerarse en la evaluación de stock.

Aunque el uso de una relación peso a la edad derivada empíricamente no requiere el uso explícito de una curva de crecimiento basada en un parámetro, aún contiene un crecimiento implícito. Esto es con respecto al crecimiento en peso. También existe una curva de crecimiento implícita que depende de la relación peso a la talla. Al revisor le preocupa que la relación peso a la edad derivada empíricamente y utilizada en la evaluación, pareciera ser incongruente con lo que podría esperarse respecto de las estimaciones de curvas de crecimiento para esta especie proporcionadas en el Informe de Evaluación. No hubo suficiente tiempo en el taller para explorar esto. Sin embargo, después del taller, el revisor realizó un análisis preliminar de esta materia (refiérase al Apéndice 6). Estos análisis preliminares sugieren que el peso medio a la edad utilizado en la evaluación podría errar considerablemente en la estimación del peso medio a la edad real (Figura 1). Sin embargo, esto se confundió debido al hecho que gran parte de la curva de crecimiento estimada en la plataforma de Chile u la Patagonia fue estimada antes del año 2006. Por lo tanto, no está claro si las estimaciones de edad utilizadas para estimar estas curvas se basaron en las lecturas de escamas o de otolitos. La única curva de crecimiento presentada en la Tabla 2 del Informe de Evaluación, estimada después de este año (es decir, completado en el 2013) es quizás la más congruente con la relación peso a la edad derivada empíricamente y utilizada en el Informe. Sin embargo, esta curva aún sugiere un desajuste importante con la relación empírica, pronosticando valores más altos para el peso en cualquier edad dada (Figura 1).

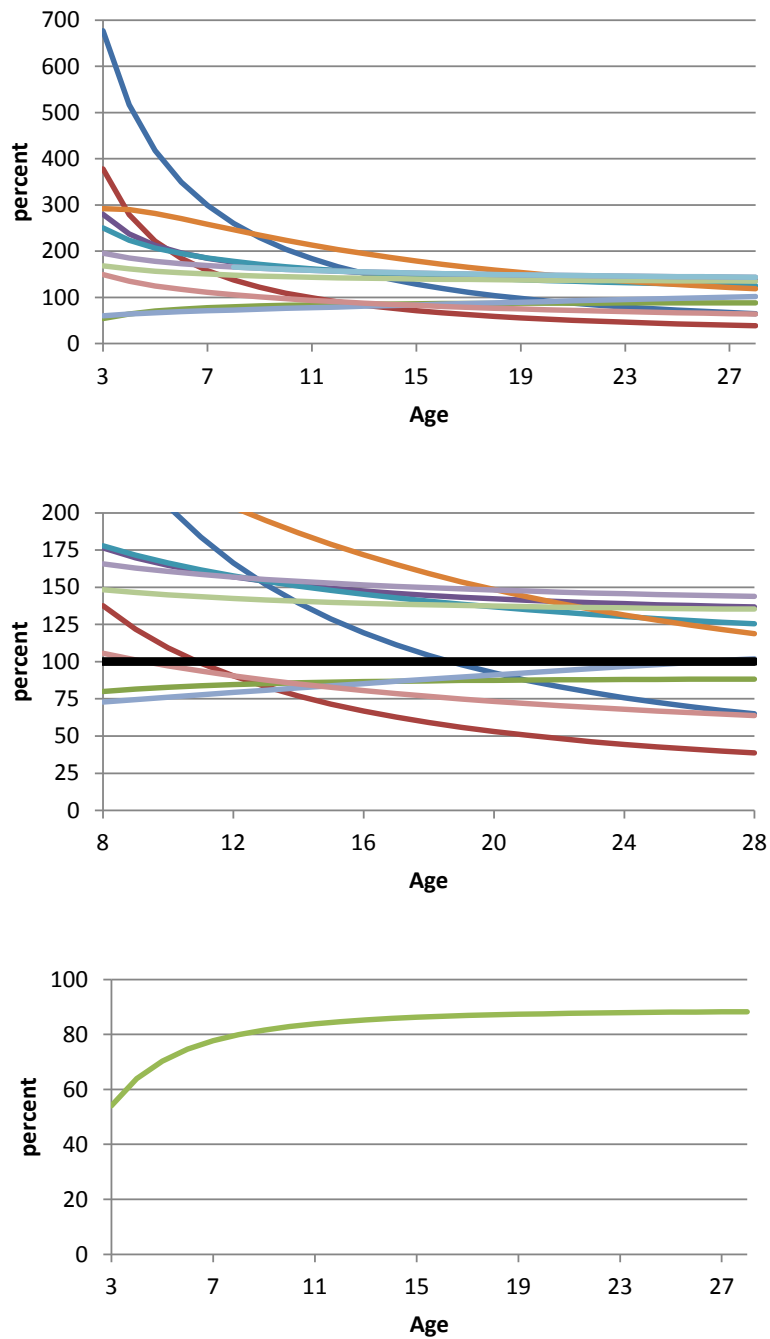
---

<sup>11</sup> Existirá confusión entre las estimaciones del peso a la edad y los errores de lectura de edad de las escamas. Por lo tanto, si se utilizan las estimaciones de peso a la edad reales (por ejemplo, en base a los datos desde el año 2007 y asumiendo que no hubo cambio), entonces el número real de remociones en el modelo de evaluación estará distorsionado y no sólo la distribución de edad de las capturas. Si es que estos dos factores se compensan entre sí y hasta qué medida lo hacen, no resulta evidente.

Además, el revisor realizó estimaciones del peso total de la captura en base a los datos de captura a la edad, por la relación peso a la edad empírica. Estas estimaciones siempre fueron mayores que el peso total de los datos de desembarque para la pesquería de palangre chileno desde el 2007, cuando la edad se determinaba sobre la base de otolitos (Figura 7 más abajo).

La diferencia es alrededor de 60% en tres años y siempre más de ~20%. Esto se analiza con mayor detalle a continuación dentro del contexto de las estimaciones de captura total. En el contexto actual, la sobre-estimación del peso medio a la edad puede dar paso a una discrepancia como esta.

Existe la necesidad de un análisis completo y exhaustivo de los datos y las relaciones entre edad, longitud y peso.

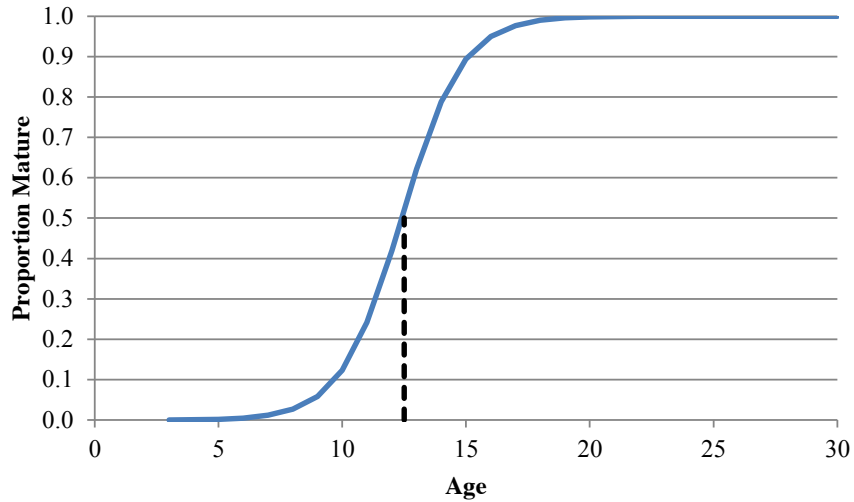


**Figura 1:** Estimaciones de peso medio a la edad en base a los parámetros de la curva de crecimiento proporcionados en la Tabla 2 del Informe de Evaluación, como un porcentaje de los valores de peso medio a la edad utilizados en el ajuste del informe de evaluación del stock. El panel superior es para todas las edades, el panel del centro entrega detalles adicionales para las edades mayores y el panel inferior proporciona el resultado para una curva de crecimiento estimada después del año 2006 (refiérase al Apéndice 6 para detalles adicionales).

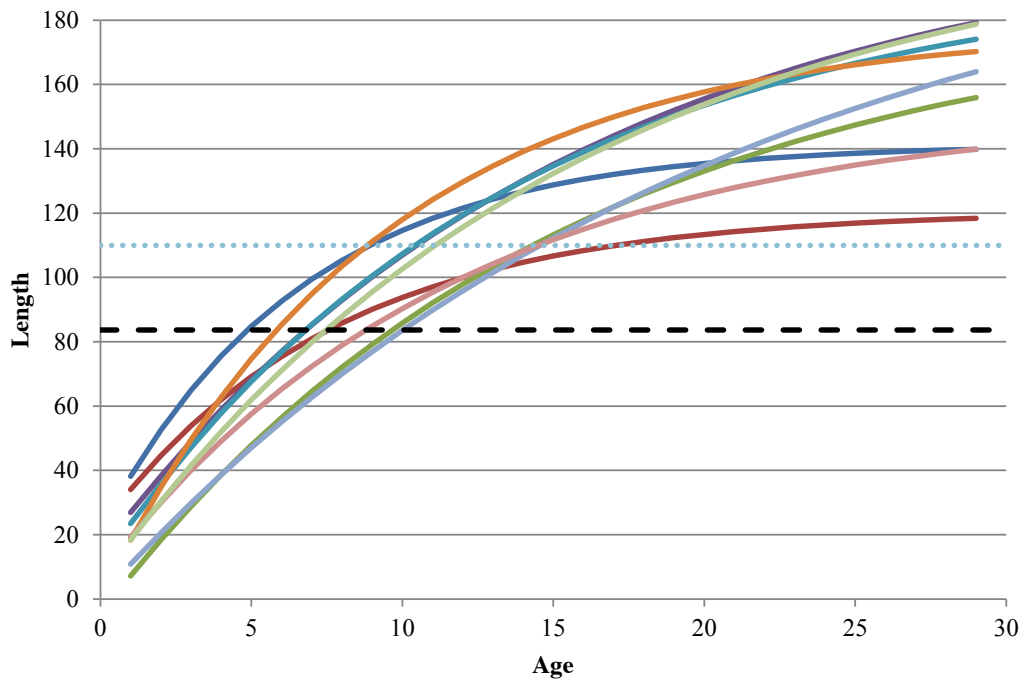
### Madurez a la Talla/Edad

La evaluación de stock solo considera una ojiva de madurez en base a una función logística de la edad. En la Sección sobre Ciclo de Vida del Informe de Evaluación (3.1.2), se proporcionan estimaciones para  $L_{50\%}$  para la talla de madurez de 82.3 cm para machos y 83.7 cm para hembras. El Informe de Evaluación también contiene una tabla con un gran número de estimaciones que muestra una amplia gama de valores para el área de la Plataforma de la Patagonia Argentina/Chilena y las especies en general. En el otro documento principal entregado para la revisión (Gálvez, 2014), se utiliza 110 cm consistentemente como la talla de referencia para la edad de madurez. La ojiva utilizada como dato de entrada al ajustar el modelo de evaluación de stock tiene un  $A_{50\%}$  equivalente a una edad de ~12.5 (Figura 2). Esta edad de 12.5 no pareciera ser congruente internamente con el crecimiento y las estimaciones de talla de madurez estipuladas en el Informe de Evaluación. Por lo tanto, 83.7 cm generalmente corresponde a una longitud media a la edad menor a 8, sobre un amplio rango de estimaciones de las curvas de crecimiento en la Tabla 2 del Informe y nunca excede 10 (Figura 3 y Apéndice 6). Incluso una talla de 110 cm generalmente no excede los 10 años de edad a lo largo del rango de curvas de crecimiento estimadas y cuando lo hace, corresponde a una edad mayor y no pareciera corresponder a una edad de 12.5. Además, si uno estima el peso de un pez correspondiente a 82.3 o 83.7cm utilizando la relación peso-talla indicada en Gálvez (2014) para las capturas de 2013, entonces los pesos resultantes se encuentran entre ~5.8 y 6.2kg. En base al peso a la edad empírico, esto correspondería a un pez entre 8 y 9 años de edad. Como tal, la ojiva de madurez a la edad utilizada en la evaluación pareciera ser incongruente e inapropiada con la información proporcionada. Existe la necesidad de llevar a cabo un análisis exhaustivo de los datos existentes junto con la documentación completa con el fin de evaluar cuáles serían los valores apropiados para utilizar.

La estimación de la talla de edad de madurez no es simple en el caso de especies como el bacalao, donde existe una segregación espacial en talla y edad. Las estimaciones de cualquier muestra determinada dependen del lugar y el periodo en el que se obtuvieron las muestras y probablemente muestran una alta variabilidad. Con frecuencia, las estimaciones de madurez se derivan de muestras obtenidas en o cerca de las áreas de desove. Sin embargo, las muestras obtenidas en o cerca de las áreas de desove probablemente muestran una fracción desproporcionalmente alta de individuos sexualmente maduros en animales más jóvenes o pequeños. Esto es porque es probable que solo aquellos individuos que son maduros se trasladen a las áreas de desove. Como tales, las estimaciones obtenidas de las áreas de desove tienden a producir sesgos en las estimaciones de la proporción madura de animales más jóvenes/pequeños. Lo que se necesita para obtener una estimación no sesgada es una muestra representativa de la población completa. Obtener una muestra como esta no es simple dado que requiere un muestreo proporcional a la abundancia para cada clase de edad/talla en el espacio pero su abundancia relativa es desconocida. El mezclar la muestra a lo largo del rango espacial de una población y luego pesar según las tasas de captura relativa sería un enfoque. Generalmente, las muestras y los datos son insuficientes o no están disponibles con este fin. Afortunadamente, los resultados de la evaluación generalmente no son altamente sensibles al valor preciso utilizado. Sin embargo, es importante considerar este problema de muestreo al estimar la edad/talla de madurez (por ejemplo, para evaluar las muestras provenientes de las áreas de desove y fuera de ellas) y también revisar la sensibilidad de los resultados de evaluación según el valor específico utilizado.



**Figura 2:** La ojiva de madurez utilizada en la estimación de la biomasa desovante en el Informe de Evaluación y en las corridas alternativas realizadas como parte del Proceso de Revisión. La línea achurada corresponde a la edad de 12.4.



**Figura 3:** Longitud a la edad media estimada para el rango de curvas de crecimiento considerado en el Apéndice 6. La línea discontinua horizontal corresponde a una longitud de 83.7cm. Esta es la longitud  $n$  en la Sección Ciclo de Vida en el Informe de Evaluación (3.1.2) para  $L_{50\%}$  (refiérase al Apéndice 6 para mayores detalles).

### Proporción y dimorfismo sexual

El modelo de evaluación no modela las fracciones de machos y hembras en la población en forma separada. Los datos disponibles indican que existe dimorfismo en el crecimiento, basado en las estimaciones de talla a la edad obtenidas directamente de las lecturas de edad y de proporción sexual no balanceada en las capturas de la pesquería industrial (sesgada hacia machos). A pesar que la información sobre aquello se presenta en los dos documentos principales de la evaluación, no se discute en el contexto del modelo conceptual o la especificación de la evaluación de stock. El supuesto implícito en el modelo es que no existe diferencia en el crecimiento o coeficiente sexual en las capturas. Como primera aproximación, no es un supuesto poco razonable. Es posible que la complejidad adicional que se requeriría para desarrollar un modelo de población específico por sexo no sea respaldada por los datos disponibles y no se encuentra en la principal prioridad que se le ha dado a otros temas en la evaluación de stock y los datos. Sin embargo, el supuesto implícito en la evaluación con respecto al sexo, así como las posibles consecuencias se deberían analizar y con el tiempo explorar dentro de un marco de elaboración de modelos. En este sentido, cabe destacar que los resultados pueden ser precautorios en cuanto a las consecuencias para el stock desovante. La tasa de explotación diferencial y más alta en los machos significa que es probable que el modelo sea una sub-estimación de la reducción del componente de hembras del stock, lo cual es el elemento crítico con respecto a la biomasa desovante.

## **2. Uso de información de lecturas de escamas y otolitos**

La información de edad utilizada en la evaluación proviene de estas tres fuentes distintas. Para la pesquería chilena, la determinación de la edad de las capturas entre 1991-2006 están basadas en la lectura de anillos de las escamas mientras que desde 2007, se ha basado en las lecturas de otolitos. A pesar que los estudios comparativos iniciales de las lecturas obtenidas de los dos enfoques no sugieren diferencias, estudios posteriores mostraron diferencias significativas. Las lecturas de escamas subestiman las edades mayores al compararlos con las estimaciones de lecturas de otolitos. Sin embargo, las lecturas de los dos enfoques aún parecieran ser congruentes en las edades más jóvenes. Las diferencias de este tipo son comunes entre las lecturas de otolitos y escamas. Los otolitos generalmente se consideran más confiables. Las lecturas de otolitos han sido adoptadas a nivel internacional para la determinación de edades de esta especie. Considerando lo anterior, el cambio a la lectura de otolitos pareciera haber sido una decisión razonable a pesar de que existía incertidumbre respecto de si las bandas observadas en otolitos correspondían a incrementos anuales<sup>12</sup>.

El cambio a lecturas de otolitos produce un sesgo en la determinación de la captura a la edad anterior al 2007 (es decir, una sub-estimación de la estructura de edad) y también induce una discontinuidad en las serie de tiempo entre 2006 y 2007 (es decir, las cohortes mayores tenderán a estar sobre-representadas posterior al 2006 con respecto a su proporción en la captura antes de este periodo). Es importante considerar el error en los datos de edad en base a las lecturas de escamas. La evaluación actual es recomendable dado que intenta tomar en cuenta este error y pareciera ser la primera vez que se ha incluido un intento de corregir el

---

<sup>12</sup> Si bien no se ha discutido en el taller o los Informes de Evaluación, hay un trabajo que proporciona evidencia directa de las bandas se establecen anualmente (Horn et al. 2003). Esto apoya la decisión de utilizar los otolitos para determinar la edad.



error en las evaluaciones de stock<sup>13</sup>. El enfoque utilizado fue el de crear una “matriz de error de lectura” con el fin de estimar la probabilidad que para una edad real dada de un pez, lo que se percibe como basada en la edad se hubieran derivado de las lecturas de escamas. Estas probabilidades estimadas luego fueron utilizadas para corregir las capturas a la edad predichas por el modelo de la flota chilena, al ajustar el modelo a los datos observados de captura a la edad a partir de las lecturas de escama<sup>14</sup>. Para cualquiera edad real, las probabilidades deben sumar uno. Sin embargo, existen dos problemas en el enfoque utilizado:

- El primero es que toda corrección debe aplicarse a las clave talla-edad y no directamente a la matriz de captura a la edad resultante (es decir, el error real en los datos estimados de captura a la edad observados no sólo dependerá del error inducido en las clave talla-edad, sino que en la proporción de los individuos en cada clase de talla en la captura. Esto es porque las clases de edad se sobreponen en la talla)<sup>15</sup>.
- El segundo problema, sino considerablemente más importante, es cómo se aplicó la matriz de error (o la intención de su uso). Aunque no estaba claro cuál de las dos versiones posibles de la matriz de error de lectura estaba destinada a ser utilizada en el cálculo del resultado presentado en el Informe de Evaluación (ver más abajo), cualquiera de las versiones hubieran resultado en una considerable sobre-corrección de los sesgos en los datos de lectura de escamas basados en el alcance del error de lectura de escamas proporcionado durante el Taller de Revisión. El Informe de Evaluación no proporciona documentación respecto de la fuente de la matriz de error de lectura ni cómo se construyó. Según se informa en el Taller de Revisión, la matriz fue construida sobre la base del juicio del científico de evaluación de stock con relación a la cantidad probable de error que hubiera habido y no estuvo basado en los datos efectivamente observados. Sin embargo, existen datos reales de los cuales se podría haber derivado una matriz de error. No está claro por qué los datos observados no fueron considerados o utilizados.

La figura 4 ilustra los resultados de las lecturas comparativas de edad de escamas y otolitos de los mismos peces. Esta figura indica que al comenzar alrededor de la edad 15 existe una

---

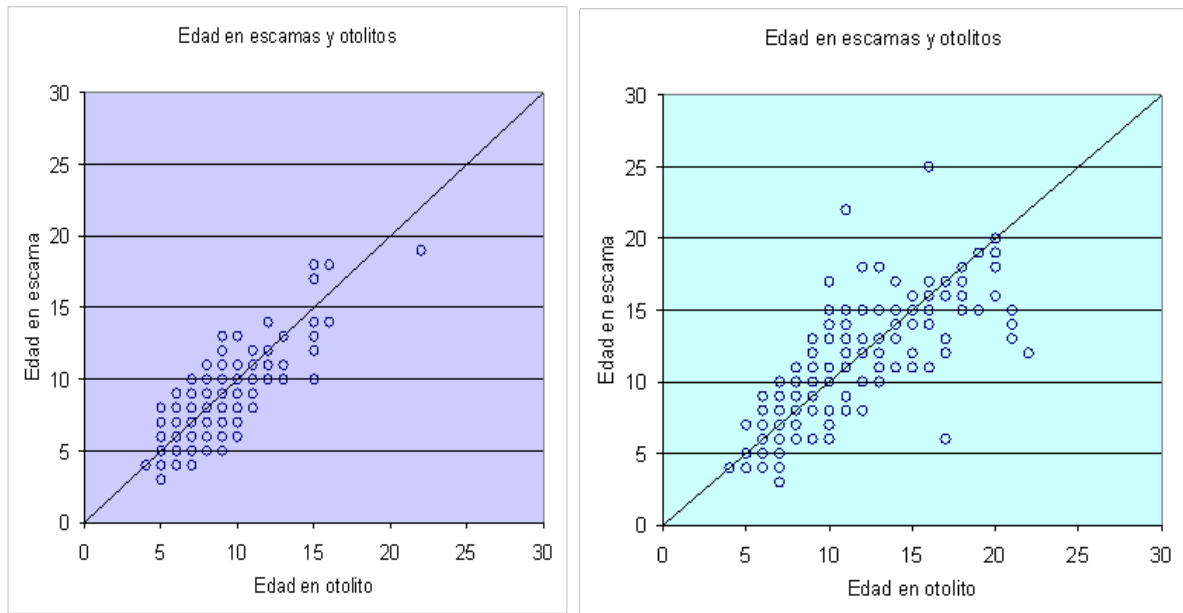
<sup>13</sup> Nótese que debido a un error de especificación en el archivo de control de entrada utilizado para producir los resultados en el Informe de Evaluación, la corrección de error de lectura de escamas no fue aplicada en los resultados entregados en el Informe (ver más abajo y refiérase al Apéndice 5).

<sup>14</sup> El informe de Evaluación solo entrega una matriz de error de lectura “utilizada para modelar composiciones de edad obtenidas a través de la lectura de anillos de crecimiento en escamas” pero no entrega documentación sobre cómo se utilizó efectivamente esta matriz dentro del modelo de evaluación. Esto solo se determina a partir de la revisión del código computacional.

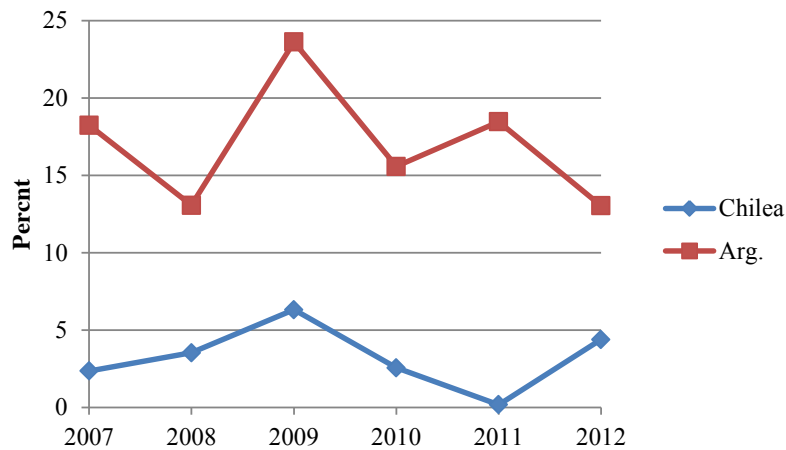
<sup>15</sup> Se podrían utilizar dos enfoques dentro del actual marco de modelación. Uno sería corregir los datos de captura a la edad observados utilizados al calibrar el modelo al derivar estimaciones respecto de la probabilidad de la verdadera edad de un pez dada su edad percibida en base a lecturas de escamas (es decir, la probabilidad reversa utilizada en el documento de evaluación), luego aplicar esto para corregir las clave talla edad reales a partir de lecturas de escamas y luego multiplicar estas claves corregidas por los datos de captura a la talla observados para obtener los datos corregidos de captura a la edad utilizados como datos de entrada al ajustar el modelo. El otro enfoque sería continuar modelando al interior de la evaluación de stock misma, en lo que se hubieran basado los datos basados en la modelación de claves de edad-talla esperadas y compararlos con los datos observados. Mientras que a partir de un enfoque de estimación de probabilidad, esto último podría considerarse preferible (es decir, ajustar a los datos observados), lo anterior sería más fácil y simple de implementar y no requeriría la complejidad adicional de modelar las tallas dentro de la edad (es decir, crecimiento) en el modelo de evaluación. Asimismo, la ventaja de un enfoque de probabilidad es teórico en todo caso, dado que el error asociado con la captura a la edad observada al ajustar el modelo está basado en tallas supuestas de muestras efectivas.

fuerte tendencia a subestimar la edad mediante las lecturas de escamas, comparadas con las estimaciones en base a otolitos. En cambio, para edades más jóvenes, no está claro si existe un sesgo. Se requiere de análisis estadísticos (la figura no permite determinar el número efectivo de lecturas representadas por cada punto en un gráfico). Si existe un sesgo para las edades más jóvenes, la figura sugiere que sería relativamente pequeño y muestra que para cualquiera edad menor a cerca de 15, existe una probabilidad positiva de que parte de las lecturas de escamas fueran mayores o igual a la edad determinada con otolitos. Sin embargo, en cualquier versión de la matriz de error de lectura utilizada en la evaluación de stock, se asume que existe cero probabilidad de que la edad derivada de escamas sea igual o excediera la edad real (es decir, su edad según la lectura de otolitos) salvo los peces de edad tres (que son casi inexistentes en los datos de captura). Por ejemplo, se asume que todos los peces de edad 4 fueron designados como peces de edad 3 con el método de lectura de escamas, y se asumió que todos los peces de edad 5 fueron designados como peces de edad 4, y todos los peces de edad 6, igual a edad 5 o menos, etc. (refiérase a la Tabla 8 en el Informe de Evaluación y las Tablas del Apéndice 5.1 y 5.2 en este informe). Por lo tanto, la matriz de error de lectura hubiera resultado en una sobre-corrección y la introducción de considerables sesgos, particularmente para edades más jóvenes. Estos sesgos probablemente sean mayores en alcance y efecto (pero en dirección opuesta), que el sesgo producto simplemente de no incluir alguna corrección de error en la determinación de la edad.

Además de los problemas y sesgos en los datos chilenos de captura a la edad producto de las lecturas de escamas previo a 2007, la base de los datos de captura a la edad de las capturas argentinas también presenta un potencial problema e inquietud. No se han realizado determinaciones directas de edad de los datos de captura argentinos. Las estimaciones de captura a la edad para las capturas Argentinas se derivan de las estimaciones de los datos de captura a la talla basadas en alguna forma de separación de cohorte en base a las estimaciones de la edad media a la talla. Este último se deriva de una curva de crecimiento estimada. Sin embargo, no había información disponible respecto de la curva de crecimiento efectivamente empleada, cómo fue estimada, ni el método de separación de cohorte utilizado. Los métodos de separación de cohorte tendrán la tendencia de suavizar la variabilidad en la matriz de captura a la edad como resultado de la variabilidad en el reclutamiento, y es probable que también sobre-estimen las proporciones en la captura a la edad de clases de edad más avanzadas. Estos efectos dependerán del enfoque utilizado para la separación de cohortes. La comparación de la estructura de edad para las edades más avanzadas en la captura de la flota palangrera chilena en base a la estimación directa de edad en otolitos con aquellas de las capturas de la flota palangrera argentina en base a la separación de cohortes sugiere que este segundo efecto existe en los datos “observados” (por ejemplo, la Figura 5). Más aún, estos dos efectos de separación de cohorte pueden dar lugar a incongruencias y conflictos cuando una evaluación de stock intenta ajustar datos simultáneamente de estimaciones directas de la captura a la edad y con separación de cohortes de diferentes componentes de las pesquerías. Dichos efectos son aparentes en la actual evaluación de stock en base a los residuales para los datos de captura a la edad (ver más abajo). Un enfoque más apropiado para incorporar los datos de las pesquerías argentinas sería hacer que el modelo de evaluación de stock pueda predecir la distribución de talla esperada para estas capturas en base a ya sea una curva de crecimiento estimada o las estimaciones de talla a la edad derivadas de la pesquería chilena.



**Figure 4:** Comparación de estimaciones de edad obtenida de la lectura de escamas y otolitos de los mismos peces a partir de un experimento realizado en el año 2007. La figura a la izquierda es de 198 muestras recopiladas desde la pesquería artesanal en el año 2007 y la figura a la derecha es de 194 muestras obtenidas en la pesquería industrial. (Las figuras provienen de la presentación “EDAD BACALAO DE PROFUNDIDAD (*Dissostichus eleginoides*)” de Vilma Ojeda C. realizada en el Taller de Revisión)



**Figure 5:** Porcentaje de datos “observados” de captura a la edad utilizados en la evaluación en el grupo plus (plus 29) del total de edades superiores a 20. Se exhiben los datos para la flota palangrera de Argentina y Chile desde el 2007. Nótese que previo al 2007, este porcentaje para la captura chilena es siempre cero, pero el porcentaje observado es confundido por el uso de las lecturas de escamas para la determinación de edad.

### 3. Calidad y confiabilidad de diferentes piezas de información y enfoques de estimación– CPUE y Capturas

#### CPUE

Dada la información disponible para evaluar este recurso, los índices de CPUE serán un elemento dominante, sino el principal motor, en la determinación de los resultados. Por lo tanto, es importante llevar a cabo un análisis completo y exhaustivo de los datos existentes que incluya una estructura de modelo e hipótesis alternativas al hacer la estandarización. La estandarización estadística de los datos CPUE incluidos en el informe de evaluación de stock utiliza métodos ampliamente aceptados y bien desarrollados. Dentro del contexto de los análisis específicos realizados, los índices de abundancia resultantes probablemente proporcionen un análisis estadístico razonable y válido (refiérase más abajo con relación a varios problemas técnicos). Sin embargo, el revisor encontró que los análisis estuvieron limitados en su exploración de la estructura del modelo, los términos incluidos en el modelo y en la interpretación de los resultados como índices de abundancia. Además, la documentación de los análisis CPUE también es limitada, poco clara y contiene errores. Todo esto dificultó la revisión de la estandarización CPUE.

A continuación se citan algunos ejemplos básicos de algunas imprecisiones y elementos incompletos en la documentación y errores en los cálculos:

- No resultó claro porqué se excluyó el mes en los factores incluidos en el modelo estandarizado final para la serie IFOP CPUE (es decir, la ecuación en el Anexo 7) cuando era significativo en el análisis de los resultados de desviación proporcionados en la Tabla 2 del Anexo 7 del Informe de Evaluación y las notas del Informe de Evaluación hace notar que se consideró que el mes era significativo;
- En la estandarización de la CPUE chilena 1989-2006<sup>16</sup>; no se explica qué subcomponente de la nave se escogió y porqué;
- Los años 1989 y 1990 fueron incluidos en la estandarización del esfuerzo, siendo que ninguno de estos años fueron incluidos en la evaluación. No se ofrece una explicación al respecto. Supuestamente, los datos para estos años son muy limitados. Las estimaciones son claramente excesivamente bajas (lo que posiblemente refleja la exploración y aprendizaje). Si este es el caso, es probable que deban ser excluidos;
- No se incluyeron términos de interacción, ni parecieran haber sido explorados en la estandarización de la serie chilena posterior a 2006 CPUE;
- No se explica por qué las interacciones de año-área y embarcación fueron tratados como efectos al azar en el análisis de la pesquería palangrera Argentina<sup>17</sup> o embarcación en el índice CPUE final para el índice de la flota palangrera chilena desde 2006;

---

<sup>16</sup> En base a los grados de libertad en la Tabla 2, uno puede suponer que él se utilizó el segundo grupo.

<sup>17</sup> En base a la Figura 13, resulta claro que el análisis no apoyaría la embarcación como un efecto fijo debido a la falta de sobre-posición del tiempo a través del factor embarcación. En particular, solo una nave operó en el 2012 y 2013 y fue una nave distinta en cada año. Más aún, ninguna de estas naves operó en otro año y por ende no hubo sobre-posición desde la cual modelo pudiera estimar los efectos fijos.

- Si el número de embarcaciones en CRT 1 es igual a 33 (Tabla 1 del Anexo 7 en el Informe de Evaluación) para la estandarización chilena de CPUE es correcto, entonces deberían haber 32 grados de libertad del efecto de la embarcación en el análisis de desviación (Tabla 2 del Anexo 7 en el Informe de Evaluación) en vez de los valores de 31 enumerados y utilizados en los cálculos. En todo caso, uno de los dos números es incorrecto;
- Existen 22 términos de año estimados en la serie CPUE argentina, pero el análisis de la tabla de varianzas para la estandarización de esta serie solo tiene 20 grados de libertad en los efectos de año (La tabla 5 del Anexo 7 en el Informe de Evaluación). Debería ser 21. El valor incorrecto fue utilizado en el cálculo de los valores cuadráticos y F medios.
- El número de áreas para los datos de las embarcaciones argentinas según indican los grados de libertad (135) en la Tabla 5 del Anexo 7 en el Informe de Evaluación, pareciera ser excesivo e incongruente con la Figura 32 en el Informe de Evaluación, lo que sugeriría que el número debería ser ~23. La cifra de 135 no es simplemente un error de tipeo en la tabla, dado que fue el valor utilizado para calcular el valor de cuadrado medio del error.
- 

De ser resueltos, la mayoría, sino todos estos problemas, tendrán poco efecto en la CPUE estandarizada, según calculado. Sin embargo, plantean inquietudes acerca de si los datos fueron codificados, utilizados como datos de entrada y si los modelos estadísticos fueron corridos, según lo especificado.

Más allá de estos problemas relacionados con la documentación y la computación, existen problemas e inquietudes más fundamentales acerca de la serie de CPUE y su estandarización. En las series de Chile y Argentina, se estima un valor único muy alto cerca o al inicio de la serie de tiempo (es decir, en 1992 para la serie chilena y 1994 para la serie argentina). Tales valores extremos como indicación de los cambios reales en abundancia parecieran ser poco realistas en la dinámica general del recurso y sin duda serán problemáticos al intentar ajustarlos dentro de una evaluación de stock, particularmente para especies de larga vida como el bacalao. Aunque dichos puntos no deberían ser excluidos como valores atípicos simplemente en base a su valor extremo, y merecen mayor investigación respecto de qué factores en los análisis los están generando, y para garantizar que no son resultados de la omisión de factores relevantes en la estandarización, debido a confusiones (“confounding”) en los datos debido al estado incompleto de la cobertura de datos relacionados con el modelo estadístico o de ignorar los términos relevantes de interacción. Con respecto al valor alto en la serie chilena en particular, vale la pena notar que dicho valor extremadamente alto no se observa en la serie CPUE nominal (Figura 6 del Anexo 7 del Informe de Evaluación). Eso sorprende dado que sugiere que las naves se estaban ya sea concentrando en las áreas menos productivas/periodo de tiempo, o que las embarcaciones pesqueras que operaban en este año se encontraban entre las menos eficientes, o tal vez que el nivel de resolución espacial y temporal es insuficiente. Con respecto al hecho de ser un efecto de la embarcación, pareciera ser poco probable dado que existe una sobre-posición importante entre las embarcaciones que fueron incluidas en los años 1992 y 1993 en base a la Figura 3 del Anexo 7 (es decir, 10 embarcaciones fueron las mismas en ambos años, dos que operaron en 1992 no operaron en 1993 y 3 nuevas embarcaciones operaron en 1993).

Filtrar los datos chilenos crudos para excluir los aparentes errores en el registro o codificación de los datos resultó en la exclusión de una gran cantidad de registros. De acuerdo al Informe de Evaluación, sólo el 25% de los registros permanecieron después del filtrado de los valores atípicos de los datos. Filtrar los registros y los códigos obvios es apropiado. Sin embargo, cuando se aplica un filtro básico como el que se aplicó aquí, resulta en la exclusión de un alto porcentaje de registros reales, da paso a grandes inquietudes acerca de la validez y la precisión del sistema de procesamiento y recopilación de datos y si los datos restantes pueden ser considerados representativos de la pesca real que ocurrió. Considerando el gran porcentaje de datos que fueron excluidos, fue necesario hacer un análisis para entender las principales razones de rechazo (por ejemplo, los datos faltantes, los errores de registro o de codificación), que filtran arrojaron como resultado la mayor pérdida de registros (por ejemplo, si los registros contienen información CPUE válida y sólo registros incompletos en lo que se refiere a los datos operacionales de CPUE) y para evaluar la probable representatividad de los registros restantes en lo que se refiere al espacio, año, embarcaciones, etc. Dichos análisis son importantes para evaluar los posibles sesgos en los datos resultantes y para determinar si la gran cantidad de datos filtrados pueden ser recuperados o corregidos. Los errores aparentemente considerables en estos datos ponen en duda la confiabilidad del sistema de procesamiento/recopilación de datos reales para estos datos de bitácora y sugiere que existe la necesidad de revisar y mejorar los procedimientos involucrados.

Se debe enfatizar que la información real que se encuentra disponible para la estandarización es limitada. Los datos son insuficientes o simplemente no están disponibles para dar cuenta de muchos de los factores que pueden inducir cambios en la CPUE aparte del cambio en la abundancia. En particular, los datos de la pesquería de palangre de Argentina son limitados e inapropiados, mientras que esta serie tiene una fuerte influencia en la evaluación, particularmente en las tendencias recientes. No se realizó una verdadera examinación de la confiabilidad relativa de la serie CPUE distinta o cómo su confiabilidad /varianza a través del tiempo, ya sea en el análisis o cuando fueron utilizados en la evaluación de stock. Todas las series de CPUE fueron consideradas igualmente confiables y no se tomaron en cuenta las diferencias temporales dentro de cada serie. Nótese que el Informe de Evaluación entrega cifras que muestran las estimaciones de los intervalos de confianza para la serie CPUE estandarizada, estas estimaciones son indudablemente demasiado pequeñas. Esto se debe a los grados demasiado altos de libertad en la estandarización de las tasas de capturas, lo que supone que cada lance individual es una observación representativa, independiente (por ejemplo, una muestra al azar) del área y el tiempo. De hecho, existe una co-varianza alta entre las operaciones y el alto grado de selectividad en la elección detallada de la ubicación, el área, la profundidad, el periodo de tiempo, etc. en base a la capacidad y el conocimiento del capitán. No existe una solución fácil para este problema.

La interpretación y la estandarización de los datos de CPUE como índices de abundancia para esta pesquería es problemática y confundida por la segregación que existe por talla/edad en el área y la profundidad en esta especie, sin perjuicio de la complicación adicional de los efectos de los mamíferos marinos y el cambio a la cachalotera (ver más abajo). Más aún, no hay datos disponibles (o al menos fueron utilizados) sobre factores que se esperaría afectarían los aumentos en la capturabilidad a través del tiempo (por ejemplo, GPS, plotter, aprendizaje, etc). La segregación espacial/profundidad significa que pueden ocurrir cambios sustantivos en el CPUE nominal debido a cambios en la distribución del esfuerzo (por ejemplo, un cambio a una profundidad más somera podría producir aumentos en las tasas de captura en números, pero no necesariamente en peso, simplemente debido al hecho que las edades más

jóvenes son más abundantes). La intención de incluir la profundidad y el área dentro de la estandarización estadística es dar cuenta de dicha área y segregación de datos. Sin embargo, dado que no se espera que los distintos componentes de edad/talla de la población cambien en proporciones iguales a través del tiempo (por ejemplo, debido al reclutamiento de una clase de año mayor), se esperaría significativas interacciones año-profundidad y año-área. Por lo tanto, no sorprende que al incluir los términos de interacciones año-área<sup>18</sup> en la estandarización estadística, éstos hayan sido considerados significativos<sup>19</sup>. (Los análisis estadísticos no consideraron las posibles interacciones año-profundidad y toda interacción con ésta podría ser confundida en gran medida con las interacciones año-espacio. Sin embargo, esto debió ser explorado). Quizás más importante aún es que es probable que los factores espaciales, de profundidad y temporal relevantes, incluyendo la selección y el agotamiento localizado ocurran a escalas de resolución más finas que las que fueron documentadas en los datos o considerados en el análisis.

Cuando la cobertura de datos es insuficiente debido a factores que son importantes dentro de la estandarización del esfuerzo, la interpretación de los efectos año puede confundirse debido al “diseño” estadístico incompleto de los datos. Por ejemplo, cuando existen términos de interacciones anuales en los modelos de estandarización estadísticos y el diseño está incompleto (por ejemplo, todas las áreas no son muestreadas en todos los años, como sucede en este caso), los efectos anuales resultantes no arrojan medidas interpretables de abundancia simples ya que el modelo no tiene información para estimar cuál hubiera sido la CPUE en áreas sin datos (esencialmente utiliza el promedio para aquellas celdas respecto de las cuales no existen datos). No existe una “solución” estadística para este problema dado que no existen datos para las celdas sin datos. La posible gravedad de este problema depende de cuán incompleto es el diseño de “muestreo” y la fuerza de los términos de interacción. Similarmente, si se presentan dos efectos fijos principales en los datos sin sobre-posición en algunos niveles (por ejemplo, todas las observaciones en un año provienen de una embarcación pesquera única que no operó en ningún otro año), entonces los efectos de año y embarcación para ese año se confunden completamente (es decir, no hay una forma estadística para producir estimaciones separadas para esta embarcación y, más importante para el CPUE, ese año). Ambas situaciones parecieran ocurrir dentro de los datos CPUE de Argentina pero no se abordan en forma exhaustiva (ver más abajo). Al realizar la estandarización de los datos CPUE, es fundamental llevar a cabo una exploración acabada de los datos, de los factores potenciales y alternativos a fin de garantizar que los resultados sean robustos y no confundidos por los datos faltantes o los factores que no fueron incluidos. La medida más apropiada del esfuerzo también debe considerarse (por ejemplo, número de anzuelos, tiempo de remojo-anzuelos, y cuál de ellos podría considerarse como efectos o compensaciones de mejor manera). Finalmente es esencial que se proporcione información suficiente y precisa de tal manera que el lector pueda entender y convencerse acerca de la robustez y exhaustividad de los resultados.

Dentro de la evaluación de stock, la segregación talla /edad con área y profundidad también induce a confusión y conflictos entre los índices estandarizados CPUE con supuestos y estimaciones de selectividades. Las selectividades estimadas en la evaluación de stock son una combinación de la disponibilidad local y selectividad de artes de peces con distintas tallas/edades. Siendo que el tipo de artes utilizados ha sido relativamente estándar (con excepción del cambio de palangre español al sistema de protección), se esperaría que la

---

<sup>18</sup> Nótese que en los análisis estadísticos estándares las distintas áreas se mencionan como pesquerías.

<sup>19</sup> No se incluyeron términos de interacción año-área ni fueron aparentemente explorados en los análisis CPUE de los datos de la pesquería industrial palangrera de Chile desde el 2006. No está claro por qué.

mayoría de los cambios de selectividad en la pesquería surjan de los cambios de disponibilidad debido a las distintas composiciones de talla/edad en los diferentes estratos de profundidad/área. Sin embargo, el objetivo de estandarizar los datos CPUE para dar cuenta de dichos efectos de disponibilidad. Por ejemplo, si hay un cambio hacia áreas más someras y al norte (como había ocurrido en los años más recientes en la pesquería chilena), entonces se esperaría un aumento proporcional en el número de peces pequeños capturados, así como en el aumento de números totales si la población fuera estable (es decir, la CPUE estandarizada sería constante). Si las selectividades se asumen como fijas con tal cambio, entonces el modelo debería estimar un aumento en el reclutamiento con el fin de hacer coincidir el cambio observado en los datos de talla/edad. Sin embargo, esto estaría en conflicto con la ausencia de cambio observada en la CPUE estandarizada. El modelo intentaría encontrar un equilibrio entre éstos, dependiendo del peso relativo asignado a los datos de captura a la edad/talla y los índices de CPUE dentro del modelo y la persistencia de los cambios de selectividad y tendencias de abundancia.

### *Cachalotera-Interacción con Mamíferos Marinos*

El efecto sobre las capturas totales, tasas de captura y estimaciones estandarizadas de CPUE como resultado de la depredación de mamíferos marinos sobre las capturas de la flota palangrera y el posterior cambio a la Cachalotera es una incertidumbre fundamental y clave en la evaluación de stock. A pesar que existe abundante evidencia respecto de la interacción y depredación de las cachalotes y las orcas (refiérase a las discusiones al respecto en el Informe de Evaluación y los documentos de referencia proporcionados para el proceso de revisión - Apéndice 2), no hay datos suficientes disponibles para la cuantificación de la magnitud del efecto. Más importante aún en lo que se refiere a la estimación del CPUE como índices de abundancia, pareciera haber pocos o ningún dato para estimar las tendencias a través del tiempo y el espacio. Las interacciones con mamíferos marinos se hicieron evidentes después del inicio de la pesca con palangre sobre el bacalao en el Océano Sur y probablemente ocurrieron al inicio del desarrollo de las pesquerías de palangre argentinas (datos que registran dichas interacciones obtenidas por científicos observadores disponibles desde el inicio del 2000 (Hucke-Gaete et al, 2004)). Aunque las tasas de depredación para lances individuales pueden llegar a niveles tan altos como un 100%, los análisis estadísticos han intentado estimar los efectos generales (incluyendo los resultados presentados en el Informe de Evaluación) sugieren que es relativamente pequeño (refiérase a los análisis en el Anexo 7 del Informe de Evaluación).

Sin embargo, existen varios factores que confunden los intentos para cuantificar la magnitud del efecto. Las observaciones del número real de peces afectados depende del hecho que la depredación sea incompleta (es decir, bocas, cabezas o cuerpos que permanecen en la línea). Si se remueven totalmente números considerable de peces de los anzuelos, los números observados estarían considerablemente sub-estimados. Alternativamente, las comparaciones de las tasas de captura con y sin mamíferos marinos observados en los alrededores del palangre se confunden con todos los otros factores que afectan las tasas de captura y posiblemente los factores que afectan el comportamiento de mamíferos marinos, lo cual sería difícil tomar en cuenta al hacer las comparaciones (por ejemplo, duración del lance, presencia de otras fuentes de alimento o la posibilidad de que los mamíferos marinos puedan ser más atraídos y se alimenten de las líneas con alta densidad de capturas, etc). La estimación y la interpretación de los efectos de los mamíferos marinos también se confunden con el comportamiento de los Pescadores en respuesta a la depredación. El más evidente es el



desarrollo y cambio del uso de artes de pesca tradicionales al uso de la cachalotera o sedales, descrito en la evaluación. Sin embargo, según lo informado por la industria durante el taller, también existen otras respuestas de comportamiento que utilizan los pescadores para evitar y reducir la depredación. Estas incluyen retrasar el lance cuando se encuentran presentes estos mamíferos<sup>20</sup> y trasladarse a otros caladeros. Esto último podría tener un efecto importante sobre las tasas de captura en general, dado que se ha sugerido que las áreas de más alta densidad de bacalao podrían estar asociadas a tasas más altas de depredación. Evitar dichas áreas podría disminuir artificialmente las tasas de captura como medida de abundancia. También podría afectar las selectividades en la medida que las naves se trasladen a áreas o profundidades con diferentes distribuciones de talla/edad. Durante el taller, esto fue sugerido por los participantes de la industria como la aplicación detrás del aumento del esfuerzo pesquero en el norte y el aumento en la proporción relativa de peces más pequeños en la captura en el año más reciente.

En la actual evaluación, los efectos de la depredación de mamíferos marinos no están considerados directamente. El supuesto implícito es que ha sido insignificante y estático a través del tiempo<sup>21</sup>. Tal como se mencionó, existen pocas observaciones directas con las que se puede estimar los efectos o tendencias de la depredación en el tiempo o el espacio y aquellos que existen sugieren que son pequeñas. Como tal, el supuesto implícito es poco razonable. Sin embargo, existen muchos informes anecdóticos de la industria respecto de las importantes pérdidas de captura debido a los mamíferos. Esto, combinado con el esfuerzo para desarrollar la cachalotera como un medio para prevenir la depredación y su rápida adopción por la flota sugiere que la depredación podría de hecho ser considerable en cuanto a tasas de captura generales y totales<sup>22</sup>. La posibilidad de que la cachalotera haya sido inicialmente efectiva para prevenir la depredación es de inquietud particular para la evaluación, pero que con el tiempo su efectividad ha disminuido como resultado del aprendizaje de las orcas, según lo reportado durante el taller. Esto podría ser una explicación (o explicación parcial) para el aumento observado en el CPUE de Argentina en el 2007 y 2008 y también la caída brusca posterior al 2008 observado en la serie CPUE chilena, en base al uso de la cachalotera. Este último se apoya en cierta medida por el análisis GLM en el Anexo 7 del Informe de Evaluación. El análisis sugiere que la reducción de la CPUE debido a la depredación aumentó to 20-30% en 2012-2013, aunque en general el efecto depredación no fue significativa en general.

Es difícil predecir cómo el no considerar la depredación, podría afectar la evaluación y la actual percepción de la condición del stock. Esto se debe a los efectos contradictorios. Por lo tanto, las tasas de mortalidad por pesca reales (es decir, capturas) serían más altas, así como las tasas de captura (CPUE). La depredación sigue siendo una fuente importante de incertidumbre no reportada en la actual evaluación. No existe una solución simple o totalmente satisfactoria para abordar este tema. Sin embargo, valdría la pena considerar algunas hipótesis alternativas (para magnitud y tendencias) en el contexto de un modelo operativo (ver más abajo) para probar las potenciales consecuencias de ignorar la depredación en el modelo de evaluación de stock.

---

<sup>20</sup> Esto tuvo consecuencias para el uso del tiempo de remojo dentro de la medida de esfuerzo que debería ser explorada.

<sup>21</sup> El cambio a la cachalotera es abordado en la estandarización de la CPUE en lo referente a la capturabilidad, pero no los efectos de la depredación (refiérase al párrafo siguiente).

<sup>22</sup> No está claro en qué medida la rápida adopción era debido a su eficacia en la prevención de la depredación o con la captura global mejorada obtenida con la cachalotera incluso en ausencia de mamíferos marinos (ver más abajo).

### *Cachalotera-estandarización del CPUE en Chile*

Como se menciona en el Informe de Evaluación, el número de anzuelos por lance utilizado como unidad de medida en la CPUE como unidad de medida con palangre estándar no es directamente comparable con el número de anzuelos utilizados con una cachalotera. Esto es porque la agrupación de anzuelos dentro de una campana o cachalotera, de tal manera que los anzuelos no son claramente independientes<sup>23</sup>. La información presentada en el taller en base a pruebas pareadas de artes de pesca tradicionales y cachaloteras mostraron que para el mismo número de anzuelos, la cachalotera era más eficiente (es decir, tenía tasas de captura más altas). Por lo tanto, simplemente al utilizar el número de anzuelos como una medida del esfuerzo sin considerar si se trataba de equipo estándar o una cachalotera sería inapropiado dado que la CPUE con la cachalotera arrojarían sobre-estimaciones con relación al equipo estándar.

En el caso de la pesquería de palangre de Chile, el Informe de Evaluación abordó este problema al crear dos series de CPUE, sin superposición temporal, – uno sólo en base al arte tradicional y el otro basado en lances con la cachalotera. Considerando que la transición entre ambos artes se realizó rápidamente a lo largo de un periodo de dos años, el Informe de Evaluación separó las series a principios del 2007. Mientras que este enfoque considera apropiadamente la comparabilidad no-directa de ambos artes, resulta en una pérdida de información en la estandarización (por ejemplo, existe considerablemente más datos para estimar los efectos de dicho espacio, estación y embarcación en la serie de datos combinada que en cada serie en forma separada<sup>24</sup>). Más importante aún, este enfoque da lugar a una falta de continuidad en la serie de tiempo de los índices de abundancia relativa. Esto permite al modelo de evaluación ajustar el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) para ambas series, ajustando mejor otros componentes dentro del modelo, esto es especialmente inquietante dado que la falta de continuidad ocurre en el mismo periodo en el que ocurrió el cambio de lectura con escamas a lectura con otolitos. Además, es en este periodo que las series de CPUE de Argentina muestran un aumento en lo que por lo demás es una disminución continua, por lo tanto es probable que la evaluación intente dar cuenta de aquello como un aumento real en la abundancia.

Una alternativa a la separación de la CPUE chilena en dos series estimadas en forma independiente, sería utilizando datos de toda la serie de tiempo, pero permitiendo que el efecto del cambio de arte sea estimado como un factor en el modelo (por ejemplo, usar un lance como una unidad de esfuerzo del palangre como un factor así como el número de anzuelos por lance y número de anzuelos por cachalotera). Existen dos años de superposición cuando algunos componentes de la flota utilizaron ambos artes, así como los datos del experimento pareado, que se podrían utilizar para informar al modelo acerca de la eficiencia relativa de ambos artes. Aunque no es posible tener la seguridad con anticipación que existe suficiente superposición en los datos para permitir un análisis conjunto como este, es necesario investigar como una mejor alternativa que contar con dos series discontinuas. Al investigar esta alternativa, vale la pena considerar la captura como una

---

<sup>23</sup> Incluso con el equipo de palangre tradicional, los anzuelos en un palangre no son independientes. Los factores tales como el número de anzuelos, espacios entre anzuelos, número de anzuelos entre peso y saturación son factores que introducen la no-independencia pero no se consideran en la estandarización de la CPUE.

<sup>24</sup> Es recomendable analizar los estimaciones de los efectos fijos entre los dos análisis para los fines de la congruencia

variable independiente con número lances y otros factores de esfuerzo como un “offset” (i.e. número de anzuelos, tiempo de reposo). Esto podría tener un mejor desempeño.

### La CPUE Argentina

La serie de CPUE argentina de pesca con palangre recibe el mismo peso en la evaluación que el CPUE chilena. Es la única serie continua disponible de abundancia relativa<sup>25</sup>. Como tal, es un componente importante en la evaluación. La documentación para esta serie y su estandarización es muy dispersa e incompleta en el Informe de Evaluación, y el tiempo disponible en el taller para la revisión y análisis de este índice fue muy limitado. En consecuencia, existen muchas inquietudes pendientes y problemas acerca de esta serie que no pudieron ser abordadas ni examinadas en forma apropiada. Estas incluyen:

- El Informe de Evaluación estipula que “solo es posible contar el número de viajes como una medida del esfuerzo” y se hicieron comentarios similares en el taller. El viaje como unidad de esfuerzo es problemático dado que la duración de un viaje probablemente variará en respuesta a las capturas efectivas (por ejemplo, las embarcaciones tendrán la tendencia de compensar por las tasas de captura más bajas al extender el viaje de tal manera de mantener una captura más estable por viaje). Sin embargo, en realidad no está claro si efectivamente se consideró el viaje o los lances como la unidad de esfuerzo. Las tasas de captura estandarizadas parecieran ser muy bajas para representar las tasas de captura por viaje así como el número de observaciones y si son más congruentes con lo que se podría esperar si las tasas de captura se considerarán en términos de lances. Además, se informan las tasas de captura utilizadas en la evaluación de stock argentina (Hanchet et al 2014) basados en los datos de la misma recopilación de datos en términos de captura por lance.
- Las interacciones área-año son tratadas como un efecto aleatorio. El tratar las interacciones área-año podría ser aceptable si de hecho la cobertura a través de los años fuera considerablemente amplia y la interacción fuera relativamente pequeña (es decir, puede ser considerado como ruido en términos de los efectos fijos más grandes - particularmente el año). Sin embargo, es probable que la cobertura temporal/espacial sea muy incompleta, especialmente en el año más reciente cuando sólo habían datos disponibles de una sola embarcación. En este caso, el tratar las interacciones año-área como un efecto al azar es problemático dado que es probable que las áreas explotadas no sean representativas ni muestras al azar de las áreas en general (refiérase al análisis anterior). Podrían ocurrir tendencias importantes en áreas explotadas debido a la concentración de recursos en los hábitats más favorables o efectos de agotamiento localizados.
- La composición de la flota (o al menos según lo representado en los datos) ha cambiado dramáticamente a través del tiempo y la cobertura es muy incompleta en años recientes. Por lo tanto, solo una embarcación diferente operó en el 2012 y 2013 y ninguno de éstas operó en otros años. Si la embarcación fue tratada como un efecto fijo, entonces el modelo no sería capaz de estimar un efecto anual. Similarmente, entre el 2008 y 2011, solo una embarcación proporcionó datos. Esta embarcación se sobrepuso con otra en el año 2007. Como tales, los efectos de

---

<sup>25</sup> Dentro del modelo según lo estimado en el Informe de Evaluación, esta continuidad se pierde al permitir que cambie la capturabilidad en el 2006.

embarcación y años podrían ser separables, pero las estimaciones para el periodo 2008-2011 dependerían totalmente en la confiabilidad (por ejemplo, eficiencia relativa) en la que el efecto de la embarcación que operó en esos años podría estimarse a partir del único año de sobre-posición en los datos. En la estandarización, las embarcaciones fueron tratadas (como interacciones año-área) como efectos al azar. Esto evita que el efecto anual no sea estimable<sup>26</sup> pero nos lleva a preguntarnos hasta qué punto las tendencias recientes en estos datos podrían ser efectos de la embarcación y no efectos de abundancia.

- El tratar las embarcaciones como efectos aleatorios en esta situación confunde la interpretación del efecto anual dado que supone que solo hay ruido al azar inducido por estos efectos y que no hay efectos espaciales o temporales sistemáticos (por ejemplo, sólo la embarcación más eficiente es capaz de sobrevivir económicamente cuando las tasas de captura disminuyen). De inquietud particular, es que las tasas de captura en los dos últimos años podría simplemente reflejar un efecto de la embarcación o similarmente, el aumento general de las tasas de captura que ocurrieron alrededor del 2007. Dado que la estimación de la desviación estándar para la embarcación, al ser tratada como un efecto al azar es 0.70, esto implicaría que el CV para el índice de abundancia en los dos últimos años está en el orden de 2 o más (es decir, el índice estimado fue 0.20 y 0.38 respectivamente). En esencia, existe muy poca información relacionada con los cambios en la abundancia.
- Los datos utilizados en esta serie fueron extraídos de “informes de pesca registrados por la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura”. No se proporciona información respecto de cómo se recopilaron estos datos, la cobertura o la confiabilidad. La cobertura pareciera ser incompleta<sup>27</sup> al menos en años recientes. La cobertura incompleta es preocupante dado que podría haber una ausencia de representatividad considerable en términos de la flota global (por ejemplo, los efectos de las reglamentaciones de manejo sobre la cooperación y la voluntad de las naves para informar).
- Ni el análisis, ni la discusión de los datos de CPUE de Argentina consideran el efecto del cambio a la red cachalotera en esta pesquería. La información en Hanchet et al 2014, que no fue proporcionada como parte de la revisión, indica que la flota Argentina también emplea la red cachalotera. Sin embargo, no toda la flota estaba utilizando esta red, al menos en el año 2011 (Hanchet et al 2014). Considerando la preocupación acerca de la mezcla entre el equipo tradicional y la red cachalotera en la CPUE de la flota palangrera de Chile, esta ausencia de cualquier consideración del efecto de la cachalotera en la pesquería Argentina es una omisión importante. Esto genera inquietud acerca de la confiabilidad de la estandarización y comparabilidad de los índices de abundancia relativa en esta serie de tiempo (por ejemplo, si el aumento de la serie entre 2006 y 2010 se debe en parte al uso de la red cachalotera).

---

<sup>26</sup> La razón de esto no es discutido.

<sup>27</sup> La tabla con los resultados de la estandarización de los datos de observadores de Argentina (Tabla 6) sólo tiene 1 grado de libertad para embarcaciones (es decir, dos embarcaciones) pero cubre todos los años entre el 2003 y el 2013. Sin embargo, en base a la Figura 13, se requieren los datos de cuatro embarcaciones para poder contar con datos para cada año si los datos reportados por la embarcación estuvieran completos.

## Capturas

El Informe de Evaluación contiene dos anexos con relación a la estimación de capturas totales para las pesquerías chilenas (Anexos 3 y 4). El primero aborda las capturas entre 1984 y 2001 para las flotas artesanales e industriales. El segundo solo aborda las capturas artesanales entre el 2004 y 2012 y se concentra en la fracción de capturas que ocurrieron al norte o al sur del 47°S (ésta es la línea de división para la población utilizada en el Informe de Evaluación). Ambos anexos resultan en estimaciones revisadas de las series de captura históricas oficiales.

El Anexo 3 contiene una revisión de los datos de desembarque históricos para el periodo anterior al 2002. Sugiere que existen varios problemas importantes con respecto a los desembarques totales en términos de reportes erróneos respecto de la ubicación de las capturas (es decir, en las aguas internacionales y al norte/sur del 47°S - en o fuera del área lícitada) y una posible sub-estimación de las capturas industriales. Entrega un set revisado de datos de desembarque para la flota industrial para el periodo 1989 – 2001, pero exactamente cómo se derivan no está claramente documentado ni cómo se compara con las estadísticas oficiales reportadas. Por ejemplo, este Anexo proporciona estimaciones de los desembarques históricos en aguas internacionales que deben reasignarse a las capturas chilenas del sur austral (Recuadro 6 en el Anexo) para los años 1991 a 1995<sup>28</sup>. En los años 1992-1994, los valores en este recuadro exceden el 50% de la captura estimada corregida total para la flota chilena utilizada en la evaluación (es decir, los valores en el recuadro 6 relacionados con la Tabla 2 del Anexo 3 en el Informe de Evaluación). No resulta claro si después de 1995, los reportes erróneos de las capturas, así como aquellos en aguas internacionales, no presentan un problema o si los datos no existen.

El Anexo 4 aborda el tema de los reportes erróneos de las capturas por la flota artesanal en el periodo entre el 2004 y el 2012 considerando las reglamentaciones que estipulan que es ilegal pescar al sur del 47°S. Este anexo contiene varias series de captura alternativas en base a distintas interpretaciones de los datos disponibles, y concluye:

“En consecuencia, de acuerdo al criterio experto, se sugiere emplear la información de la Tabla 12 como referencia para explorar los escenarios de desembarque ubicados al sur del paralelo 47° S y primero, especialmente considerar la información entregada en la columna que muestra  $\geq 20$  dfp (dop) y  $\geq 4$  el criterio t/viaje; en segundo lugar, considerar la información publicada en la columna que muestra  $\geq 20$  dfp (dop) y  $\geq 7$  t/criterio de viaje; criterio que describe la combinación de día fuera del puerto y desembarque en t por viaje cubre de mejor manera los desembarques de los barcos de pesca artesanal que operaron en el área lícitada. (Anexo 4, Informe de Evaluación).”

En el presente documento, se proporciona una copia de la Tabla 12 del Anexo 4 en el informe de Evaluación como Tabla 2. El Informe de Evaluación estipula con respecto a los resultados en el Anexo 4 que:

“Opcionalmente, los datos de entrada utilizados en el modelo entregan la posibilidad de estudiar escenarios con diferentes grados de “corrección” para emplear criterios

<sup>28</sup> Nótese que los valores en el recuadro 5 (que no se mencionan en el texto del Anexo) para desembarques totales estimados en las Regiones X-XII y aguas internacionales no son totalmente congruentes con las estimaciones en el Recuadro 6 (es decir, las estimaciones en el Recuadro 6 para los años 1992-1994 exceden aquellas en el recuadro 5, a pesar que éstos deberían ser un sub-set de los valores en el Recuadro 5).

para aproximar magnitudes de captura de volúmenes de pesca que fueron extraídos del área de pesca industrial, pero fueron declarados como capturas provenientes del área de pesca artesanal ubicadas al norte de latitud 47° S (Anexo 4).”

Sin embargo, los resultados de la evaluación de stock entregados en el Informe de Evaluación se basan en una sola serie de captura. El informe no se refiere a la sensibilidad ante posibles alternativas ni proporcionan resultados para alguna otra serie de captura alternativa. Además, no registra qué serie de captura efectivamente fue utilizada. Es sólo a partir de una revisión del código computacional que uno puede determinar qué serie fue utilizada. Por lo tanto, el archivo de los datos de entrada para los modelos de evaluación contiene cuatro series alternativas para los desembarques chilenos totales al sur de 47° (Tabla 1). El hecho que la primera de estas series fue utilizada para ajustar el modelo está programado en el código. A menos que uno modifique el código computacional en sí o el archivo de datos de entrada, no había posibilidad de considerar series alternativas. Más importante aún, los valores para los desembarques totales en el archivo de entrada de datos para los años 2004-2012, no corresponden con ninguno de los valores en la Tabla 12 del Anexo 4, a pesar que el Anexo 4 se cita como la fuente de los datos de desembarque para esos años (es decir, compare las Tablas 1 y 2). El Revisor no pudo determinar de adonde provienen los valores utilizados para ajustar el modelo de evaluación en base a la documentación disponible. Además, las diferencias entre la serie de captura utilizada en la evaluación y la serie de captura más recomendada en el anexo 4 son bastante grandes en varios años (es decir, sobre el 50% - refiérase a la Figura 6). Es necesario resolver esta discrepancia, así como la sensibilidad ante la serie alternativa.

Los sub-reportes y los reportes erróneos respecto de la ubicación de la captura generalmente se encuentran en pesquerías manejadas con cuotas, a menos que exista una verificación exhaustiva de las capturas y la ubicación de las operaciones de pesca (por ejemplo, una mayor cobertura de observadores, informes VMS). En base a la información en los Anexos 3 y 4, esto pareciera haber ocurrido en las pesquerías de bacalao en Chile y la cantidad de reportes erróneos pareciera ser considerable. Aunque es esperanzador que la evaluación da cuenta de los reportes erróneos en las capturas, el revisor está preocupado que la evaluación realizada no está completa (por ejemplo, no hay consideración de los reportes erróneos en los años 2002 y 2003 ni de la flota industrial después del 2001)<sup>29</sup>. Considerando la magnitud estimada de los reportes erróneos, es probable que existan grandes incertidumbres asociadas con los valores efectivamente utilizados en la evaluación (este ciertamente es el caso de las estimaciones en el Anexo 4 que sólo aborda un componente de los posibles reportes erróneos). Se debería desarrollar series alternativas de captura que refleje el amplio rango de incertidumbre y evaluar la sensibilidad de los resultados de evaluación frente a dicha incertidumbre.

En lo que se refiere a las capturas argentinas, no se proporciona información respecto de su confiabilidad o posibles problemas de reportes falsos. Sin embargo, problemas similares de sub reportes o reportes falsos no son inesperados. Este es un tema que debería profundizarse en colaboración con los investigadores argentinos.

Finalmente, en términos de las estimaciones de captura total utilizadas en la evaluación, el revisor calculó estimaciones de las capturas totales anuales implícitas en base a las matrices

<sup>29</sup> Quizás la introducción del Sistema de documentación de captura por CCAMR desde el 2000 haya eliminado esto como un problema. Si esto efectivamente se considera el caso, se debió haber considerado algún análisis al respecto en el Informe de Evaluación.

de captura a la edad y peso promedio a la edad utilizado en la evaluación. Las comparaciones de estas estimaciones implícitas y aquellas ingresadas en la evaluación muestran grandes discrepancias entre aquellas en algunos años (Figura 7). En el caso de los desembarques de Argentina, 3 de las estimaciones anuales basadas en los datos de captura a la edad para la pesquería de palangre y dos de la pesquería de arrastre exceden en un 200% (es decir, sobre el doble) aquellas de las capturas reportadas y en un año en cada serie, están excedidos en un factor de 4. A menos que haya existido un error de codificación en estos datos en los archivos de entrada de datos para la evaluación de stock, dichas diferencias masivas son indicativas de ya sea un significativo sub-reporte o problemas graves en el muestreo /compilación de los datos de captura a la talla /captura a la edad<sup>30</sup>. En el caso de los datos chilenos, la estimación de la captura total en los años anteriores al 2007 está ya sea por debajo o alrededor de los valores ingresados para las capturas totales. El hecho que esté por debajo no sorprende debido a los sesgos en la lectura de edad en estos años en base a las lecturas de escamas (ver más arriba). Para los tres años que comienzan en el 2007, las estimaciones de la captura total derivadas de la captura a la edad son superiores en un 60% que los valores de entrada corregidos “oficiales” y posteriormente son ~20% o más. Esto podría indicar la existencia de sub-reportes – particularmente en los años 2007-2009, pero alternativamente, podrían provenir de posibles problemas con el vector de pesos medios a la edad utilizados en la evaluación (ver más arriba). En todo caso, estas importantes discrepancias e incongruencias son motivos de preocupación. Es necesario investigar, entender y resolver el origen de la diferencia.

---

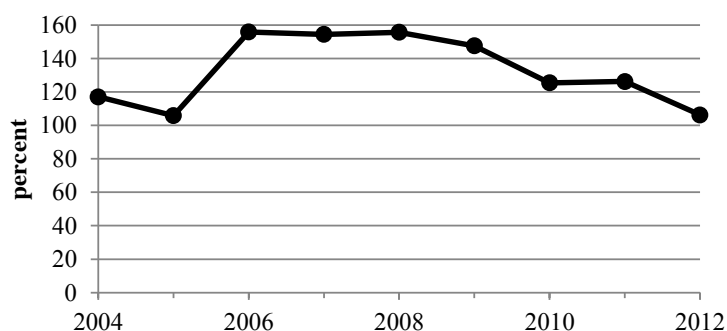
<sup>30</sup> Tales discrepancias significativas parecieran ser incongruentes con el texto en el informe de evaluación que se refiere a “datos de captura a la edad de la flota de arrastre de Argentina y la flota pesquera de palangre obtenidos al sur de latitud 54°S en el periodo 2003 a 2012, proporcionados por INIDEP; éstos corresponden a composiciones anuales en número por clase de talla que posteriormente se extienden a la captura total y se transforman a edades utilizando parámetros de crecimiento de la ecuación von Bertalanffy.”

**Tabla 1:** Desembarque oficial corregido (t) y corregido en el área oficial licitada (sur del 47° S) y al norte de aquel obtenido para el periodo 2004-2012 a través de la aplicación de ambos criterios desarrollados en el Anexo 4 del Informe de Evaluación. Fuente SERNAP. (Copia de la Tabla 12 en el Anexo 4 del Informe de Evaluación).

Years	Landing							
	Oficial (SERNAP)		Corrected 1 port		Corrected 2			
	NORTH 47°	Tendered area (south of 47° S)	NORTH 47°	Tendered area (south of 47° S)	≥ 20 dfp y ≥ 4 t	≥ 20 dfp y ≥ 7 t	NORTH 47°	Tendered area (south of 47° S)
2004	3.419	1.651	1.759	3.311	2.636	2.434	3.083	1.987
2005	2.236	1.809	1.546	2.499	1.938	2.107	2.177	1.867
2006	2.091	2.455	1.143	3.403	1.423	3.123	1.708	2.838
2007	2.090	2.358	1.061	3.387	1.400	3.048	1.763	2.685
2008	1.558	2.883	806	3.635	1.087	3.354	1.421	3.020
2009	1.681	3.018	896	3.803	1.238	3.461	1.541	3.158
2010	1.467	3.293	669	4.091	1.014	3.747	1.306	3.454
2011	2.189	2.298	1.099	3.389	1.585	2.902	1.972	2.516
2012	2.069	1.934	983	3.020	1.471	2.532	1.814	2.189

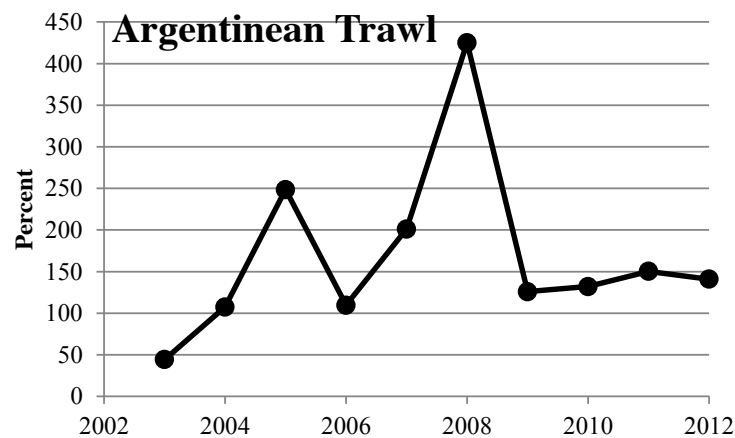
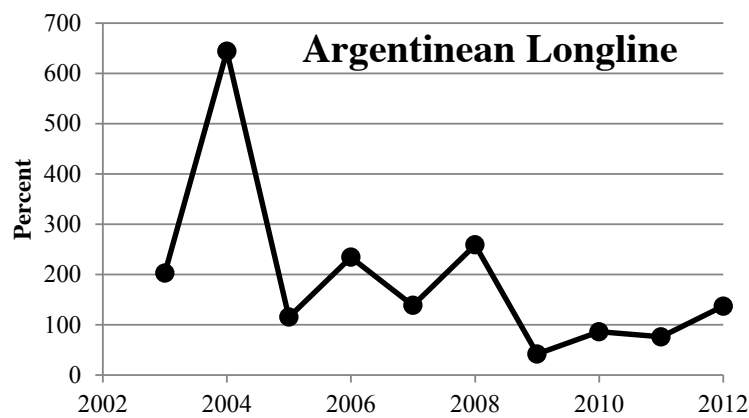
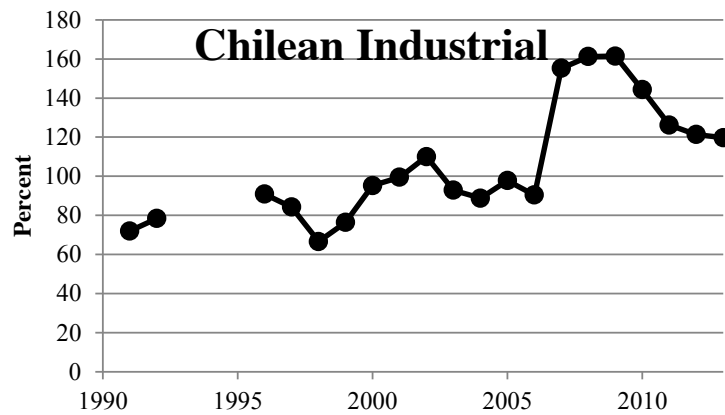
**Table 2:** Las cuatro series de captura para los desembarques chilenos al sur del 47°S incluidos en el archivo de entrada, utilizadas en el ajuste del modelo de evaluación. Nótese que la serie de captura 1 fue utilizada en la estimación de los resultados de la evaluación en el Informe de Evaluación y todas las corridas alternativas realizadas durante el Proceso de Revisión.

Year	Series 1	Series 2	Series 3	Series 4
2004	2079	3739	2862	2415
2005	1991	2681	2289	2050
2006	2004	2952	2672	2387
2007	1974	3003	2664	2301
2008	2154	2906	2625	2291
2009	2345	3130	2788	2485
2010	2988	3786	3441	3149
2011	2298	3388	2902	2515
2012	2382	3468	2980	2637



**Figura 6:** Las estimaciones de captura total corregidas preferidas o recomendadas para la pesquería industrial chilena en los años 2004-2012 (es decir, la columna etiquetada  $\geq 20$  dfp (dop) y  $\geq 7$  t/criterio viaje en la Tabla 2 anterior) como un porcentaje de las cifras de captura total utilizadas para ajustar la evaluación de stock.





**Figura 7:** Comparación de las estimaciones “oficiales” de la captura total en toneladas (es decir, aquellas utilizadas para ajustar el modelo de evaluación de stock) y las estimaciones de la captura total calculadas a partir de los números en la matriz de captura a la edad multiplicadas por el vector medio de peso a la edad utilizado en la evaluación y luego sumado por año.

#### 4. Caso Base e Incertidumbre

La estimación de la cantidad de incertidumbre asociada con los resultados de la evaluación de stock es difícil y presenta un desafío. Sin embargo, la estimación de la incertidumbre es esencial para entregar una medición del riesgo<sup>31</sup> asociada con cualquier recomendación. Existen dos formas básicas de incertidumbre en los resultados de la evaluación de stock: estimación e incertidumbre del modelo. La incertidumbre de estimación es la incertidumbre asociada con las estimaciones de los parámetros de salida a partir de un modelo condicionado por el modelo específico y los datos de entrada. Estas entradas incluyen distribuciones previas, penalidades y parámetros fijos asumidos y las varianzas estimadas o asumidas asociadas con los datos observados. Un cambio en cualquiera de éstos constituye un modelo diferente que arrojará distintas estimaciones para los parámetros de salida y sus varianzas estimadas. La incertidumbre asociada con la estructura del modelo, incluyendo distribuciones previas y penalidades se menciona como incertidumbre del modelo. En evaluación de stock, la incertidumbre del modelo es generalmente mayor que la incertidumbre de estimación.

Aunque muchas veces complejo, existen métodos objetivos bien desarrollados para obtener estimaciones de incertidumbre (es decir, varianzas y co-varianzas) asociadas con las estimaciones de los parámetro de salida para una corrida de modelo en particular. La estimación de la incertidumbre del modelo es un problema mucho más complejo. En algunos casos, se pueden utilizar métodos estadísticos (por ejemplo, la incertidumbre asociada entre un modelo lineal y uno curvo-lineal), pero en la mayoría de los casos existe un elemento de juicio experto (es decir, subjetividad) involucrado al determinar qué modelos alternativos considerar/evaluar y los pesos relativos para asignar modelos diferentes. En base a mi experiencia, y a pesar de estas dificultades, es esencial estudiar detenidamente la incertidumbre del modelo e incorporarlo en los resultados generales de la evaluación y las recomendaciones de manejo con el fin de proporcionar una medida razonable de la incertidumbre y el riesgo en general.

El Informe de Evaluación básicamente no contiene estudios de caso alternativos. En consecuencia, tampoco menciona los “ejes” importantes de incertidumbre, ni se consideró la interrogante general respecto de la incertidumbre del modelo, ni mucho menos se representa en el informe. Como resultado, los principales ejes no están representados en el Informe de Evaluación. El revisor considera que esta es una deficiencia significativa.

El Informe de Evaluación contiene resultados muy limitados para una actualización de la evaluación 2013 con datos “actualizados”. El Informe de Evaluación no entrega documentación sobre el modelo existente, su estructura conceptual, los parámetros estimados, los datos de entrada utilizados y las distribuciones previas /penalidades y sus valores específicos utilizados en esta actualización del 2013. Sólo contiene dos cifras con algunos resultados relevantes acerca de la condición actual de la población (Figuras 47 y 48 del Informe de Evaluación) – ambos relacionados con puntos de referencia. No existe información contra la cual se puede evaluar la bondad del ajuste de este modelo actualizado, y mucho menos respecto del grado, en términos de la estructura del modelo y los datos de entrada, en esta actualización eran comparables con la evaluación 2013 (por ejemplo, si los bloques de selectividad y capturabilidad eran los mismos, si la CPUE fue estandarizada en forma comparable, si se aplicó una matriz de error de lectura de edad, si las distribuciones

<sup>31</sup> “Riesgo” es utilizado según el significado común de la probabilidad de cometer un error y no en el contexto de la toma de decisiones formal de probabilidad multiplicada por la utilidad.

previas y penalidades eran similares, etc). Similarmente, no hay una forma significativa para evaluar y comparar la idoneidad de los resultados nuevos del modelo de evaluación, comparado con los resultados del modelo actualizado 2013 o los resultados en la evaluación del 2013. El Informe de Evaluación no intenta hacer aquello, ni proporciona información al lector con este fin. En base a la información proporcionada, a la única conclusión real que se puede llegar en términos de la condición del stock es que un modelo alternativo con una base conceptual distinta para la estructura del stock arroja estimaciones distintas.

### Corridas Adicionales del modelo

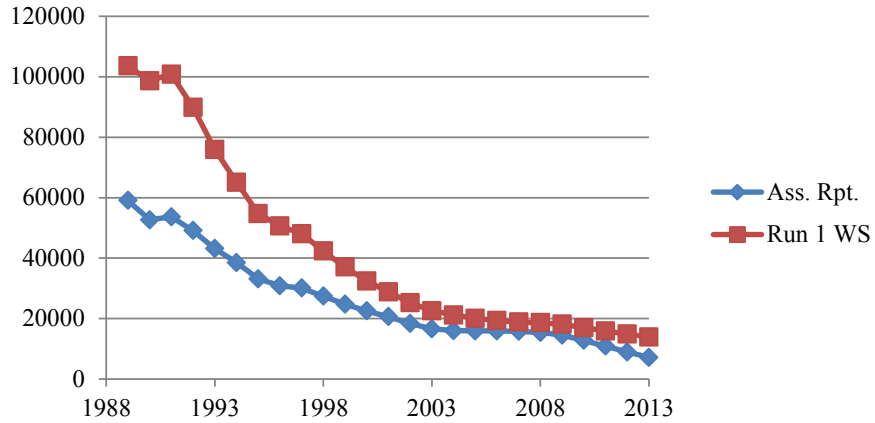
El revisor solicitó varias corridas alternativas del modelo de evaluación cerca del inicio del taller. Se detectaron problemas técnicos en los resultados iniciales proporcionados al taller y un conjunto final de corridas no estuvo disponible hasta el último día del taller. Posterior al taller, se detectaron problemas adicionales en las corridas entregadas durante el taller. Se le solicitó al Coordinador de la Revisión repetir las corridas sin cambios en la capturabilidad<sup>32</sup> y se le preguntó por qué los resultados de la Corrida 1 entregados en el taller no coincidieron con aquellos entregados en el Informe de Evaluación. Se suponía que la corrida 1 consistía en una repetición de la corrida de los resultados del modelo en el Informe de Evaluación (refiérase más abajo al análisis sobre este problema). El objetivo de la corrida era poder comparar numéricamente en forma directa los resultados de las corridas alternativas y también para evaluar el ajuste y los resultados del caso base con mayor detalle de lo que fue posible con la documentación limitada proporcionada en el reporte de Evaluación.

A mediados de diciembre, el revisor recibió una explicación respecto de la discrepancia entre los resultados en el Informe de Evaluación y la corrida 1 ejecutada durante el taller de revisión. También se proporcionó un nuevo set de resultados de corridas en base a las solicitudes realizadas en el taller (Apéndice 5). Como se menciona en la explicación (Apéndice 5), los resultados en el Informe de Evaluación fueron ejecutados por error con la corrección de los errores de lectura de edad de otolitos desactivada. Por ende, el “caso base” según lo especificado en el Informe de Evaluación no correspondía a los resultados numéricos presentados. Esto produce cierta confusión al tratar este ítem en el Informe del Revisor dado que no resulta claro si el caso base debería considerarse como aquel especificado en el Informe de Evaluación, o aquel respecto del cual se presentaron los resultados numéricos, y sobre el cual se basaron las recomendaciones de manejo. En un sentido, no es material. Muchas de las sensibilidades y el comportamiento del modelo son independientes de si se aplicó una matriz de error de lectura de edad o no. Más aún, el revisor considera que ni la versión del modelo que estaba prevista para ser implementada ni aquella que se ejecutó constituyen una elección apropiada dentro del contexto del modelo conceptual que subyace a la evaluación, mucho menos en el contexto más amplio de los posibles modelos conceptuales para la estructura de la población (ver más arriba). Sin embargo, la diferencia entre el caso “base” previsto y aquel ejecutado tienen consecuencias para la

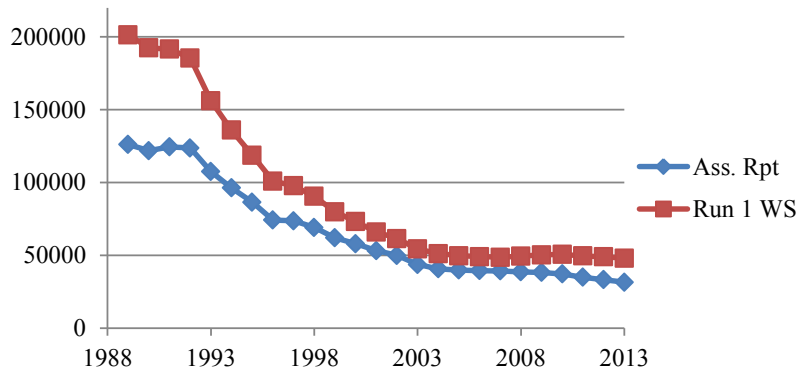
---

<sup>32</sup> Hubo confusión en la especificación de estas corridas porque los índices CPUE de Chile antes y después del 2006 fueron tratados como dos series independientes en el proceso de estandarización y en los archivos de entrada para el modelo. Sin embargo, dentro del código computacional al generar los valores predichos de CPUE al ajustar el modelo, son tratados como una serie única pero con un cambio en el coeficiente de capturabilidad  $q$  entre ellos. Por lo tanto, cuando se especificó que no habrían cambios en  $q$  en algunas de las corridas adicionales, la intención era no cambiar  $q$  dentro de una serie. Considerando que las dos series chilenas ni siquiera cuentan con una unidad común de esfuerzo, vincular ambas series con un  $q$  común no tiene sentido. Por lo tanto, el revisor solicitó que estas tres corridas fueran re-calculadas estimando distintas  $q$  para ambas serie CPUE chilenas.

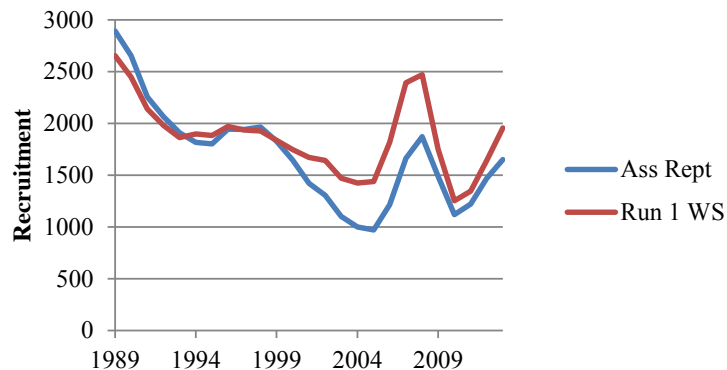
condición del stock y para las futuras capturas, si ninguno estaba previsto para ser utilizado como una base para las recomendaciones de manejo (por ejemplo, las Figuras 8-10).



**Figura 8.** Comparación de las tendencias de biomasa estimadas contenidas en el Informe de Evaluación (corrida 1 Apéndice 5) y aquella prevista en el caso base en la Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 4).



**Figura 9.** Comparación de las tendencias de biomasa total estimada contenida en el Informe de Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 5) y aquellas previstas en el caso base en la Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 4).



**Figura 10.** Comparación de las tendencias de reclutamiento estimado (edad 3) contenidas en el Informe de Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 5) y previstos como el caso base en la Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 4).

### Problemas con el caso Base

Es fundamental para la especificación de un caso base o un set de casos bases resolver los varios problemas de entrada de datos mencionados anteriormente. Sin esto, no resulta claro hasta qué punto las características del rendimiento del modelo se deben a éstos, especialmente los conflictos de datos observados al ajustar el modelo. En particular, es esencial garantizar la congruencia (1) en la determinación de edades a través del tiempo y las flotas, (2) entre el vector de peso a la edad media, el crecimiento implícito y los vectores de madurez y (3) entre los pesos de captura total de entrada y las capturas totales implícitas en base a la captura a la edad y el peso medio a la edad. Por ende, la evaluación de posibles especificaciones de detalles para la actual estructura de modelo es prematura y cualquiera de éstas podría no ser la más apropiada al solucionar los problemas de entrada de datos. Sin embargo, existen varias inquietudes más generales en la especificación del caso base en el Informe de Evaluación que deben notarse. Estas incluyen:

- La precisión asignada a la CPUE y datos de captura pareciera ser demasiado alta. Para la CPUE, las estimaciones de varianzas o CV's de la estandarización inevitablemente arrojarán valores demasiado pequeños debido a que los grados de libertad están muy inflados (ver más arriba). Similarmente, para la captura a la edad, los tamaños de muestra apropiados no pueden ser determinados simplemente sobre la base de los tamaños de muestra involucrados en la recopilación de los datos de frecuencia de talla y edad a la talla. No solo existen errores de estimación de edad en los datos de edad, el error del ajuste del modelo a los datos de captura a la edad es una combinación de error de muestreo y proceso (es decir, el modelo asume selectividades fijas en un periodo de tiempo y que no ocurren errores de proceso). (Nótese que en el contexto del modelo actual, las estimaciones posteriores generadas por el modelo de los tamaños de muestra efectivos no son una guía confiable). El modelo tiene un alto grado de flexibilidad al ajustar ambos tipos de datos. Los grandes cambios en la especificación del modelo parecieran tener poco efecto en el ajuste en sí, particularmente para los datos de captura a la edad de Argentina (por ejemplo, en casi todas las corridas, el valor resultante de la función objetivo para ajustar estos datos son bastante similares, incluso siempre y cuando los tamaños de muestra efectivos se mantuvieron constantes – refiérase al Apéndice 5).
- En términos de sus valores absolutos, la especificación de los CV para la serie de CPUE y los tamaños de muestra para los datos de captura a la edad impactan las estimaciones de precisión resultante asociadas con las estimaciones del modelo del tamaño del stock, y el status respecto de los puntos de referencia y proyecciones futuras. Las estimaciones en el Informe de Evaluación parecieran ser demasiado precisas (por ejemplo, las Figuras 46 y 47 en el Informe de Evaluación que sugieren incertidumbres casi insignificantes en las estimaciones absolutas de biomasa y sus tendencias a través del tiempo).
- No solo es importante el valor absoluto de precisión asignado a los diferentes datos de entrada, también lo es el valor relativo para los distintos componentes. Esto determina el peso que el modelo otorga a las distintas piezas de información en el ajuste. Esto también incluye los valores asignados a los términos de penalidad. Si todos los datos de entrada y los componentes de la estructura del modelo son congruentes, entonces cambiar los pesos asignados a los distintos componentes de entrada no afectarán las estimaciones derivadas del modelo, sino sólo las

estimaciones de varianza resultantes. Sin embargo, si los resultados son sensibles a los cambios en los pesos relativos esto indica que existen conflictos entre los distintos datos de entrada y/o la estructura del modelo subyacente. Por lo tanto, la exploración de los pesos alternativos (es decir, CVs y tamaños de muestra) se debería realizar rutinariamente como parte de la evaluación de un modelo de evaluación de stock de este tipo y los resultados de la misma se deben tomar en cuenta al determinar un caso base. Cuando existen conflictos, es importante no simplemente promediarlos transversalmente, es probable que uno o el otro sean correctos. Es necesario considerar también la posibilidad de que ninguno de ellos sea correcto. Esto se debe reflejar en los resultados de la evaluación y su incertidumbre asociada.

- Existen enfoques objetivos para asignar pesos relativos a distintos índices de abundancia relativos y datos de captura a la edad (por ejemplo, Francis, 2011). Es necesario llevar a cabo una evaluación de estos enfoques como una posible fuente de orientación. Sin embargo, la utilidad de dichos enfoques podría ser limitada para esta evaluación considerando la limitación de los datos existentes.
- En el conjunto de corridas alternativas (Apéndices 4 y 5), las series CPUE y los datos de captura a la edad parecieran estar en conflicto. Por lo tanto, disminuir el peso asignado a todas las series de CPUE (Corrida 14) o sólo a las series argentinas (Corrida 4 y 8) afecta considerablemente los resultados. Por ejemplo, la percepción de la actual condición del stock para las corridas 14 y 4 en relación al “caso base” es mejorada (por ejemplo, el agotamiento actual es alrededor de un 50% menos - ~15% versus 10%). El principal conflicto pareciera ser entre la serie CPUE y los datos de captura a la edad de Chile (por ejemplo, el ajuste general a los datos de captura a la edad de Argentina se mantienen relativamente sin cambio, mientras que existe un considerable mejoramiento para ajustar los datos de captura a la edad de Chile, tal vez reflejando el problema en las lecturas de edad de escamas en los datos chilenos).
- Al aplicar la matriz de corrección de error de edad a los datos de captura a la edad de Chile (Corrida 2), mejora el ajuste de estos datos y cambia significativamente los resultados (por ejemplo, el agotamiento actual aumenta a 15% comparado con la situación en la que no se aplica una matriz de corrección de error de edad). Esto, junto con el punto anterior, enfatiza la necesidad fundamental para considerar en forma apropiada los sesgos en los datos de lectura de edad a partir de escamas. Como mínimo, las edades mayores deberían ser agrupadas en un grupo plus al ajustar los datos de edad de Chile en base a lecturas de escamas (probablemente al menos desde la edad 15 en adelante dado que es aquí donde parecieran existir sesgos definitivos).
- Parece haber un conflicto entre los datos de captura a la edad de Chile y Argentina. Por lo tanto, sobre la edad 10, los residuales para ajustar los datos chilenos tienden a ser negativos, mientras que aquellos para Argentina son casi siempre positivos. Esto es congruente con el método diferente utilizado para estimar las edades de captura (Figura 11). Nótese que el tiempo no permitió el efecto de explorar pesos diferentes entre los datos de captura a la edad de Chile y Argentina.

- El modelo del caso base permite cambios sin restricciones en la selectividad y capturabilidad en años especificados. La base para aquellos pareciera ser arbitraria. En base a la información entregada en el taller de revisión, parecieran haber sido seleccionados en gran medida después de examinar los ajustes residuales a los datos CPUE y captura a la edad. El introducir cambios en la selectividad y capturabilidad solo puede mejorar el ajuste del modelo a los datos de entrada. Sin embargo, sin una base objetiva y externa para éstos, es probable que el modelo sea sobre-ajustado y puede arrojar resultados sesgados y falsos. Si el modelo era un modelo de verosimilitud real, entonces los cambios en el valor de la función objetiva con relación al número mayor de parámetros podrían ser utilizados como una guía respecto de si dichos cambios eran apropiados en base a la prueba de significancia estadística. Si los cambios eran insignificantes, su inclusión probablemente no sería apropiada. Sin embargo, lo contrario no es válido. La función objetiva no es una función de probabilidad efectiva y las varianzas de entrada (por ejemplo, CVs y muestras) no son estimaciones confiables de la varianza asociada con los datos de entrada.
- Los cambios en selectividad y capturabilidad deben ser introducidos en forma conservadora. Si se permiten cambios, las estimaciones resultantes deben evaluarse en profundidad en términos de si los valores de parámetros estimados son realistas con respecto a la pesquería. En todo caso, a menos que existan motivos muy convincentes para los cambios, se deben presentar casos de estudio alternativos y considerarse en términos de la incertidumbre total en los resultados de la evaluación.
- En las corridas adicionales realizadas, los resultados eran sensibles a la inclusión o exclusión de los cambios de capturabilidad y selectividad (por ejemplo, la Figura 12 y las tablas de los resultados de las corridas en el Apéndice 5)<sup>33</sup>. El Informe de Evaluación no entrega estimaciones del modelo para los cambios en  $q$ . Sin embargo, los cambios en las estimaciones son muy considerables (por ejemplo, cambios en  $q$  por un factor de cerca de dos) y los cambios se dirigen en direcciones opuestas en el caso de las pesquerías de palangre argentinas y chilenas (Tablas 3 y 4). Por lo tanto, se estima que la capturabilidad en la flota palangrera chilena disminuyó en cerca de la mitad entre 1997 y 1998<sup>34</sup> mientras que la flota palangrera argentina aumentó su capturabilidad en un factor superior a dos entre 2006 y 2007. El Informe de Evaluación no presenta estas estimaciones, ni menos analizó su plausibilidad<sup>35</sup>.

---

<sup>33</sup> Nótese que mientras las tendencias de SSB son bastante similares, la estimación del actual agotamiento varía en un 50% (es decir, 0.10 versus 0.15) esto es porque las estimaciones de  $B_0$  difiere debido a las diferencias en las estimaciones de reclutamiento.

<sup>34</sup> Nótese que la comparación del último cambio en los valores  $q$  para la flota chilena no tiene sentido dado que las medidas de esfuerzo para esta última serie está en una escala distinta y la serie fue estandarizada en forma independiente.

<sup>35</sup> Es posible que el cambio en el  $q$  de Argentina se deba al menos en parte al cambio en la embarcación sobre la cual se basó la serie CPUE estimada después del 2007 (refiérase a la sección CPUE anterior con relación al efecto de embarcación en la estandarización de la serie CPUE argentina) pero esto implicaría que la embarcación que comenzó a operar en el 2006 era considerablemente más eficiente que las anteriores. En la CPUE chilena, puede que las interacciones con mamíferos marinos haya resultado en una disminución de  $q$ . Sin embargo, la escala del cambio pareciera estar más allá del rango en base a los datos observados. Si esta es efectivamente la causa, tendría grandes consecuencias en las capturas totales, las cuales también deberían ser abordadas e incluidas en el modelo.



Los cambios estimados en selectividad también fueron significativos – particularmente para la flota arrastrera de Argentina y la flota palangrera de Chile. Lo anterior pareciera ser una característica dominante de los datos disponibles, de acuerdo al Informe de evaluación (por ejemplo, la Figura 39 en el Informe de Evaluación) pero los factores subyacentes detrás de aquello no están claros<sup>36</sup>. Para la pesquería palangrera chilena, el Informe sugiere que el cambio podría reflejar el cambio en la lectura de edad de escamas a otolitos. En este caso, no sorprende que al incluir el cambio como real da paso a un ajuste mejorado, pero la idoneidad de los resultados es problemática. Una alternativa para explorar sería estimar la selectividad solo en base a los datos de edad desde el 2007 o utilizando los datos previos al 2007 pero con un “grupo plus” más joven.

- El procedimiento utilizado para estimar las abundancias iniciales sugiere un desequilibrio considerable al inicio de la pesquería. Por ende, se estima que la biomasa del stock desovante esta alrededor de 20% por debajo de  $B_0$  al inicio de la pesquería, en el caso base (Corrida 1 en el Apéndice 5). Esto es porque las estimaciones más tempranas del reclutamiento incluidas en las estimaciones de  $N_0$  están por debajo del valor medio para  $R_0$  y son estas clases anuales que conforman la mayor parte de la biomasa desovante al inicio de la pesquería. Además, las tendencias de reclutamiento estimadas antes y al inicio de la pesquería indican un periodo de reclutamientos altos (muy por sobre  $R_0$ ) seguido por un periodo de reclutamientos en disminución y bajos (Figures 13 and 14). Si esta reflexión fuera acertada, la consecuencia sería que la dinámica del stock (al menos durante los primeros 10 años de la pesquería) está determinada por tendencias temporales en el reclutamiento independiente de los efectos de la pesquería y que ésta comenzó por coincidencia después de un periodo de reclutamiento altos pero en disminución. Estas estimaciones del reclutamiento previamente explotado y la dinámica implícita de la biomasa plantean interrogantes acerca de la validez del uso de las estimaciones de  $R_0$  como una base para definir los puntos de referencia MSY. Sin embargo, es probable que estas dinámicas sean una consecuencia de la forma en la que se modeló el reclutamiento (refiérase al siguiente punto) y el procedimiento utilizado para estimar  $N_0$  en vez de las tendencias reales de reclutamiento. Es importante considerar la sensibilidad ante la especificación alternativa para estimar las abundancias iniciales y la definición de  $R_0$  dado que podrían tener efectos importantes, particularmente con respecto a los indicadores de la condición del stock.
- El reclutamiento es modelado en el caso base, y todas las corridas alternativas son modeladas como una variable log-normal al azar con CV elevados (0.60) y como una variable independiente de la biomasa desovante. Este es un enfoque común. Evita problemas de falta de determinación enfrentados con frecuencia al intentar ajustar un reclutamiento de stock internamente en un modelo de evaluación (particularmente el grado de compensación o steepness en el contexto de una relación Beverton y Holt). Las estimaciones resultantes de reclutamiento y tamaños del stock generalmente son similares. Modelar el reclutamiento como constante

---

<sup>36</sup> El Informe de Evaluación sí estipula que hubo un cambio en las reglamentaciones de manejo en Argentina desde el 2000 cuando se aplicó una talla mínima. Tal vez esta sea la causa, pero la fecha de la reglamentación no es congruente con la fecha del cambio estimado. Además, las reglamentaciones de talla como éstas, especialmente en las pesquerías de arrastre, muchas veces se traducen en Descartes en vez de cambios reales en selectividad. Se requiere de información adicional.

pero con varianzas altas evita problemas de confusión y convergencia en la estimación de los parámetros de la curva stock-reclutamiento y los otros parámetros. Sin embargo, en la corrida del caso base, el reclutamiento muestra una variabilidad inter-anual sorprendentemente baja (por ejemplo, tienen una covarianza temporal importante).

- Más aún, también sugieren una relación stock-recluta posiblemente bien definida, cuando se presentan en un diagrama los resultados del caso base. Con excepción de las estimaciones para dos años que son demasiado elevadas (Figura 15 panel inferior). Sin embargo, fue en estos dos años donde ocurrió el cambio al uso de la cachalotera. Además, la magnitud relativa de estas dos estimaciones es sensible a si los cambios de selectividad fueron incluidos en el modelo (Figura 15). Por ende, sin los cambios de selectividad, los resultados exhiben una sorprendente fuerte relación stock desovante - reclutamiento. Esto enfatiza aún más las inquietudes mencionadas acerca de permitir los cambios en la selectividad solo para lograr mejores ajustes. Además, es probable que los resultados de las proyecciones (ver más abajo), las estimaciones de las cifras iniciales y los puntos de referencia basados en  $R_0$  sean sensibles a si y hasta qué punto se incluye una relación stock recluta en la evaluación (por ejemplo, al ajustar los datos históricos y/o para los fines de la proyección). Considerando lo anterior, el tema relacionado con la forma más apropiada para modelar el reclutamiento para un caso base debe ser evaluado y abordado. Particularmente considerando que las estimaciones base indican la existencia de una población altamente agotada<sup>37</sup>.
- Sumado a lo anterior, puede haber un problema al modelar el reclutamiento como constante y utilizar la media para estimar reclutamientos previos a la pesquería y así estimar las abundancias iniciales, si es que hubo una disminución continua y considerable en el reclutamiento durante el periodo de explotación. Considerando que las desviaciones de reclutamiento deben ser igual a cero al ajustar el modelo, los niveles de reclutamiento al inicio de la explotación casi inevitablemente serán estimados por sobre la media ( $R_0$ ) para compensar por la disminución posterior.
- Se modelaron las selectividades específicas a la edad utilizando una función doble normal, lo que permitirá estimar curvas de selectividad con forma de domo. Sin embargo, las restricciones de entrada sobre los parámetros significaron que de hecho, las selectividades funcionales fueron modeladas como una función media normal y que no se consideraron las selectividades en forma de domo.

En muchos casos las evaluaciones son sensibles al hecho de si las selectividades son modeladas como asintóticas o domo, dado que podrían dar lugar a un “refugio” para desovantes más viejos/grandes que son básicamente más invulnerables a la pesca, lo que tiene importantes consecuencias para las estimaciones de agotamiento y resultados de proyección si se utiliza una relación stock-recluta. Generalmente, la principal razón para considerar la selectividad en forma de domo es una sobreestimación congruente del número previsto de peces de mayor edad con relación a

---

<sup>37</sup> No está claro si de hecho se exploraron los efectos de estimar el reclutamiento en base a una relación Beverton and Holt, considerando que el código para aquello está incluido en el programa de evaluación. Sin embargo, de ser así, no se mencionó en el Informe de Evaluación.

la cifra realmente observada. En dichos casos, es necesario considerar las selectividades en forma de domo pero esto se debe hacer con precaución, dado que la falta de peces de mayor edad en la captura se puede confundir con estimaciones inapropiadas de  $M$  y problemas más significativas relacionados con la edad (la determinación de la edad en animales más viejos es generalmente más difícil y su presencia en la captura puede ser escasa).

En la evaluación del caso base, hubo una falta de ajuste y problemas relacionados con la ausencia de peces de mayor edad en la pesquería chilena de palangre. Lo primero se confunde en gran medida con los problemas de lectura de edad a partir de escamas. Considerando lo anterior, la selectividad en forma de domo sería inapropiado en este caso hasta resolver los problemas de determinación de edad.

Sin embargo, existen razones externas válidas *a priori* para esperar una función de selectividad en forma de domo. Esta pesquería opera en aguas relativamente someras comparado con las pesquerías de palangre y se sabe que la talla/edad del bacalao varía según las distintas profundidades. Una de las corridas alternativas consideradas (corrida10) permitió que las selectividades de la pesquería de arraste de Argentina tuvieran una forma de domo (es decir, dejó libre los términos de parámetro normales a mano derecha en el modelo). Esta corrida resultó en la estimación de una selectividad en forma de domo en el Segundo bloque de selectividad, pero curiosamente no resultó así en el primer bloque. Las estimaciones resultantes de las tendencias en las tallas y reclutamiento fueron muy similares (Figura 16)<sup>38</sup>. Sin embargo, pareciera ser que para el bloque 1, el modelo no converge al mínimo real en el caso de las estimaciones de parámetro para las selectividades del bloque 1. Esto sucede porque el primer parámetro normal pasó a negativo y el segundo se tornó extremadamente grande. Además, todos los residuales para las edades mayores permanecieron negativos para este bloque de años. Por lo tanto, no es posible concluir que la función de selectividad en forma de domo para la pesquería palangrera de Argentina tuviera o no efectos considerables en el reclutamiento o estimaciones de biomasa. El revisar los valores de salida de los parámetros agregados para este tipo de problemas debería ser parte del procedimiento estándar al ejecutar corridas de modelos alternativos.

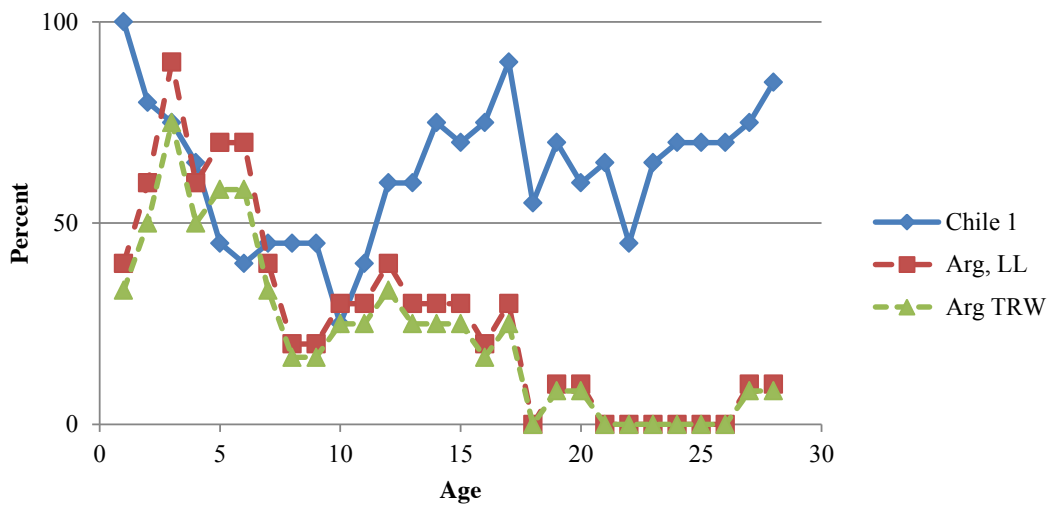
**Tabla 3:** Las estimaciones del parámetro de capturabilidad ( $\times 10^5$ ) para la CPUE de la pesquería de palangre de Chile y Argentina para los distintos bloques de capturabilidad en la corrida del modelo del caso base (Corrida 2 del Apéndice 5). Resultados en base a los las corridas entregadas en el taller (sin corrección de error de edad).

Fishery	q block 1	q block 2	q block 3
Chilean	0.0482	0.0235	0.6440
Argentinean	0.7306	1.4325	

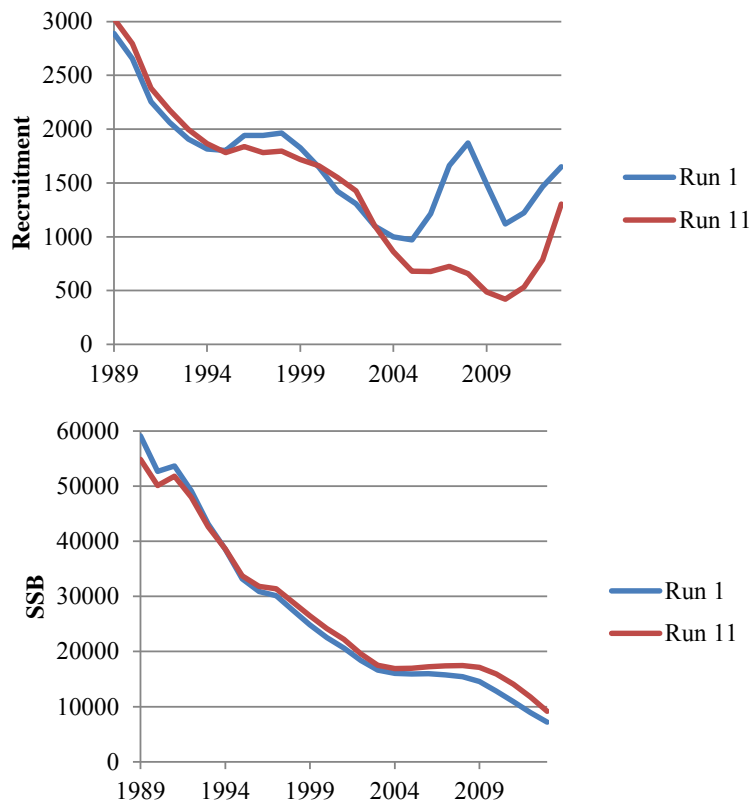
<sup>38</sup> Nótese que existe un error en la Tabla 3 del Informe de Corridas realizadas en Diciembre (es decir, el Apéndice 5 de este Informe de Revisión) para la estimación de  $SSB_{2013}$  de la corrida 10. La figura presentada corresponde a la corrida 1 y no la corrida 10. La cifra verdadera debería ser 6563 en vez de 7171 en la tabla (cerca de 8% menos).

**Tabla 4:** Las estimaciones del parámetro de capturabilidad ( $\times 10^5$ ) para el CPUE de Chile y Argentina para los distintos bloques de capturabilidad en los resultados reales en el Informe de Evaluación (corrida 1 del Apéndice 5) en base a los resultados para esta corrida entregados en el taller (sin corrección de error de edad).

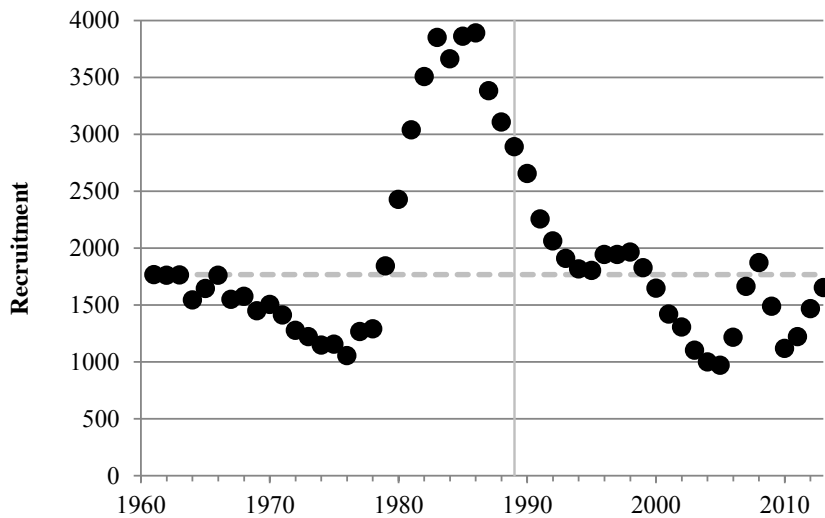
Fishery	q block 1	q block 2	q block 3
Chilean	0.0572	0.0229	0.5377
Argentinean	1.0246	1.9499	



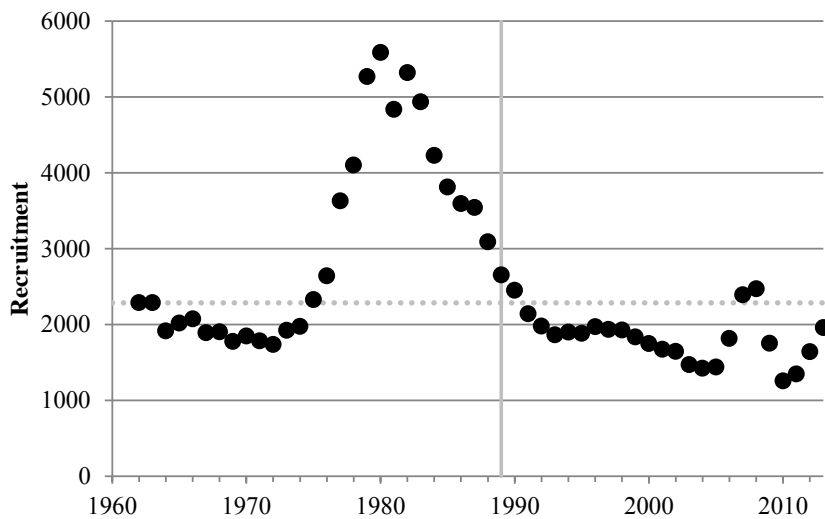
**Figura 11:** Comparación del porcentaje de años para cada clase de edad donde los residuals de la proporción a la edad fueron negativos (es decir, la proporción pronosticada a la edad excedieron la observada).



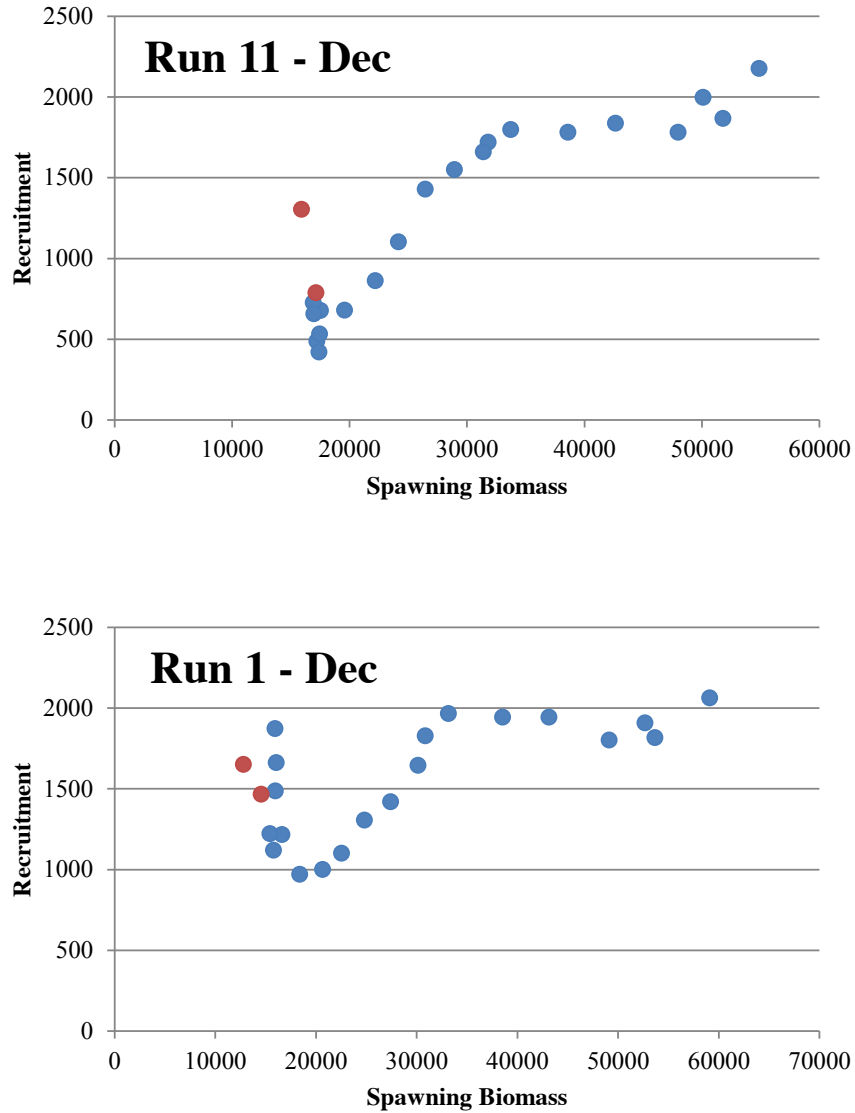
**Figura 12:** Comparación de las tendencias de reclutamiento y biomasa desovante estimadas para los resultados presentados en el Informe de Evaluación (Corrida 1 en el Apéndice 5) y para el mismo set de valores de parámetros, excepto sin cambios en la selectividad (Corrida 11 – Apéndice 5).



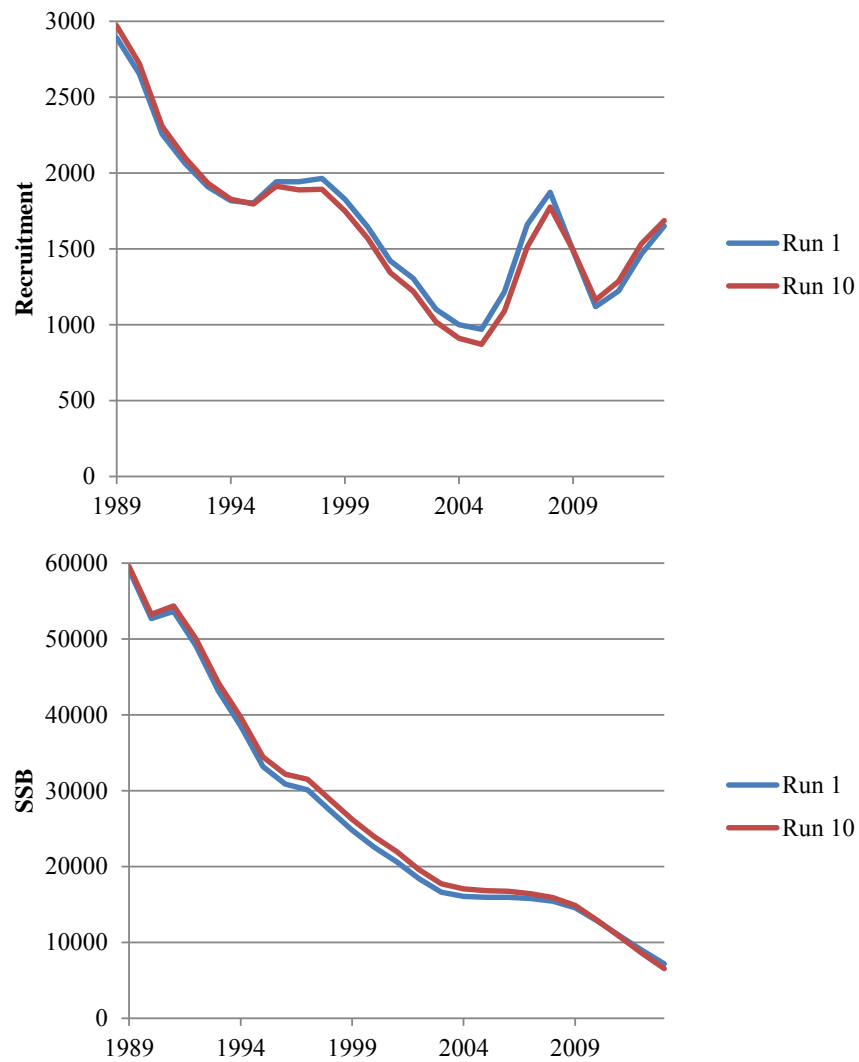
**Figure 13:** Estimaciones de reclutamiento (millones) para los resultados presentados en el Informe de Evaluación (Corrida 1 del Apéndice 5). Nótese que las estimaciones de reclutamiento incluyen aquellas utilizadas para estimar las abundancias iniciales en el modelo en el año 1989 (es decir, para los años 1961-1988) para los cuales,  $F$  se asume como cero y para los años abarcados por la evaluación (1989-2013). La línea intermitente es la estimación del modelo de  $R_0$  y la línea vertical sólida es el año de inicio de la pesquería.



**Figura 14:** Estimaciones de reclutamiento (millones) para la corrida del modelo del caso base previsto para la evaluación (es decir, con el error de determinación de edad encendido, la corrida 2 del Apéndice 5). Nótese que las estimaciones de reclutamiento incluyen aquellas utilizadas para estimar las abundancias iniciales en el modelo en 1989 (es decir, para los años 1961-1988) donde  $F$  se asume como cero y para los años abarcados por la evaluación (1989-2013). La línea intermitente es la estimación del modelo de  $R_0$  y la línea vertical sólida es el año de inicio de la pesquería.



**Figura 15:** Comparación de estimaciones del stock y reclutamiento de los resultados para el “caso base” según lo presentado en el Informe de Evaluación (Corrida 1 en el Apéndice 5) y para la misma corrida, pero sin cambios de selectividad para todas las flotas (Corrida 11 en el Apéndice 5). Las marcas rojas corresponden a las estimaciones de reclutamiento para los años más recientes (i.e. número de individuos de edad 3 en 2012 y 2013) para lo cual hay mínima información (ver texto para detalles).



**Figura 16:** Comparación de reclutamiento estimado y biomasa desovante para los resultados presentados en el Informe de Evaluación (corrida 1 del Apéndice 5) comparado con la situación en la que se permitió que las selectividades de la flota de arrastre de Argentina asumiera forma de domo (corrida 10 del Apéndice 5). Refiérase al análisis anterior acerca de los problemas en el ajuste de este último caso.



## Incertidumbre – Corridas alternativas

El Revisor dedicó bastante tiempo a examinar los resultados de las corridas solicitadas. Esta revisión permitió detectar varios conflictos entre los datos de entrada que podrían tener consecuencias para el modelo, la selección de un caso base o conjunto de casos base para su integración, e incertidumbre en los resultados. Muchos de estos problemas fueron discutidos en otra parte del informe y no se repiten aquí. En cuanto a la incertidumbre, se reporta que los resultados son sensibles a varias de las especificaciones de entrada y (no es de extrañar) que exista una importante incertidumbre de modelo (por ejemplo, las Tablas 3 de los Apéndice 4 y 5). Sin embargo, considerando los problemas con los datos de entrada al modelo, así como las inquietudes acerca del modelo conceptual y las dificultades de implementación (ver más abajo), una consideración detallada de aquellos respecto de sus consecuencias en el nivel de incertidumbre no tendría mucho sentido. Además, el número de corridas que pudieron ser exploradas fue limitado. Es así como las corridas alternativas que se realizaron deberían considerarse como indicativas del tipo de sensibilidades que deben ser exploradas e integradas en la recomendación de la evaluación (particularmente con relación al riesgo). Sin embargo, no se deberían considerar exhaustivas.

## **5. El modelo de Evaluación de Stock**

Se encontraron muchos problemas técnicos con la implementación de las corridas del modelo y los resultados numéricos presentados en el Informe de Evaluación. Estos incluyen:

- **La falta de reproducibilidad de los resultados**

Los resultados numéricos presentados en el informe de evaluación de stock para el caso base difieren considerablemente de los resultados proporcionados en el taller para la corrida 1, que tenía la intención de ser una re-ejecución de la evaluación con las mismas entradas de datos y especificación de modelo (Figuras 8-10). Las diferencias, así como las consecuencias para las recomendaciones de manejo, son considerables. No fue posible determinar la fuente de discrepancia con la información disponible y la documentación en el Informe de Evaluación o la información entregada para el taller. El revisor encontró diferencias entre el código computacional para el modelo de evaluación de stock proporcionado en el documento de evaluación, el código proporcionado electrónicamente (es decir, el archivo TPL) previo al taller, que debía ser el código utilizado para generar los resultados en el Informe de Evaluación y el código utilizado para generar los resultados para la corrida 1<sup>39</sup>. También hubo diferencias en los archivos de datos y control utilizados para correr el modelo entre aquellos entregados antes del taller y aquellos utilizados durante el taller para generar los resultados de la corrida 1 (se destaca que no se incluyó la matriz de error de edad en el anterior)<sup>40</sup>. Estos archivos no fueron documentados en el Informe de Evaluación.

---

<sup>39</sup> Por ejemplo, hubo diferencias en la sección del código donde se estimaron los reclutamientos (por ejemplo, el código en el Informe de Evaluación tiene opciones para uso de la función Beverton Holt para estimar el reclutamiento o un reclutamiento constante con desviaciones log-normal, el código proporcionado en el archivo previo al taller, sólo tiene la opción de utilizar una función Beverton-Holt y el código utilizado para la corrida 1 presenta las dos opciones.

<sup>40</sup> Nótese que aunque no se incluyó una matriz de error de edad en el archivo de datos de entrada, el código fuente efectivamente incluyó un código para leer esta matriz del archivo de datos de entrada. Es así como el archivo de entrada proporcionado era incompatible con el código computacional entregado. Como resultado, la combinación del modelo y el archivo de entrada de datos proporcionados no se hubieran ejecutado.

El código computacional TPL y los archivos de control y datos de entrada utilizados para generar los resultados presentados en el Informe de Evaluación no fueron archivados y posteriormente se hicieron cambios a los archivos del Código de Fuente Computacional TPL y los archivos de control y entrada de datos. No fue posible para el revisor determinar cuáles de estas combinaciones de archivos de código y entrada fueron utilizadas para generar los resultados y la fuente real de las diferencias numéricas. Las corridas computacionales realizadas durante el taller no estuvieron disponibles sino hasta el último día del taller, y hubo muy poco tiempo disponible para revisarlos. La existencia de diferencias considerables entre el Informe de Evaluación y las corridas del taller sólo se hizo evidente después del taller.

Este problema fue planteado al Dr. Ernst (coordinador de la revisión), quien le comunicó los problemas a IFOP. Posteriormente, Sr. Tascheri entregó un documento explicando la fuente de la discrepancia y el conjunto adicional de resultados para las corridas solicitadas durante el taller (Apéndice 5). Tal como se informa en este documento, los resultados presentados en el Informe del Taller, se ejecutaron sin aplicar la corrección por concepto de la determinación de edad con escamas, a pesar que la aplicación del error de lectura de edad fue destacada como una de las nuevas características del modelo de evaluación en el Informe. En consecuencia, los resultados presentados en el Informe de Evaluación no corresponden al modelo, según se describe y especifica.

Los posibles errores de implementación, computación y entrada siempre presentan una inquietud en cualquier modelo de evaluación complejo y se cometen errores (esto es humano). La validación y la verificación es difícil lograr un cien por ciento de certeza. Por esta razón, es imperativo que se lleve a cabo una evaluación, revisión, documentación y revisión cruzada rigurosa del código, los archivos de entrada y los resultados. El revisor está preocupado de que este no fue el caso en la actual evaluación y parece sintomático. Aunque la falta de recursos podría ser un factor que contribuye a esta situación, pareciera existir una falta de atención o importancia relacionado con el problema de validación y verificación. El revisor habría esperado que cuando se agrega una característica importante nueva como una matriz de error de lectura a un modelo de evaluación, en forma rutinaria, se realizaran corridas comparativas y que se incluyeran los resultados de las comparaciones en el documento de evaluación. Si este hubiera sido el caso aquí, los problemas en los resultados hubieran sido obvios y se habrían podido evitar<sup>41</sup>.

- **Error en los Datos de Entrada para la Matriz de Error en la Determinación de Edad**

---

<sup>41</sup> En el conjunto de corridas examinadas en el taller proporcionadas a la revisión en diciembre, la corrida 12 contiene el error inverso de especificación de entrada. En este caso, la corrida 12 fue ejecutada con el error de edad encendido (es decir, en el archivo de control para esta corrida, el “error” de parámetro que controla si se utiliza el error de edad se fijó en 1 – lo que significa activo). El revisor detectó esto después de examinar el diagrama de tendencias SSB a través del tiempo proporcionadas con el conjunto revisado de corridas (Apéndice 5). La corrida 12 tiene M como un parámetro estimable y el estimado resultante es 0.18. Es así que se espera que las tendencias resultantes sean similares a la corrida 4, donde M se fijó en 0.20. Sin embargo, en la figura de las tendencias SSB a través del tiempo, las corridas 4 y 12 tienen tendencias muy diferentes, mientras que la tendencia para la corrida 12 es la única que se parece a la corrida en la que el error de edad estaba destinada a estar encendida (corrida 2). Esto refuerza las inquietudes acerca de la falta de atención o importancia otorgada a la validación y verificación.

La Tabla 8 del Informe de Evaluación contiene una matriz de error de determinación de edad. Esta matriz claramente tiene poco sentido y presenta errores. El objetivo de esta matriz es redistribuir la estimación del modelo respecto del número capturado a la edad en cualquier año a otras clases (más jóvenes) de edad con el fin de considerar el sesgo proveniente de la lectura de escamas. Las columnas de la matriz representan la proporción en cada clase de edad que hubiera sido estimada para tener una edad distinta. De esta manera, cada columna debería sumar uno. Este claramente no es el caso en la Tabla 8 en el Informe de Evaluación (por ejemplo, la columna uno suma 0.001 y la columna 3 suma 1.598, y la mayoría de las columnas parecieran sumar valores superiores a uno). Como resultado, los modelos predijeron números “reales” para la captura a la edad que estarían inflados. Sin embargo, no está claro si la Tabla 8 en el Informe de Evaluación provenía de los cálculos o si de hecho fue utilizado en los mismos, considerando que no se incluyó una matriz de error de edad en el archivo de datos que fue proporcionado para lo que debía haber sido utilizado en la producción de los resultados de la evaluación. Por lo tanto, se incluyó una matriz de error de edad diferente en el archivo de datos durante el taller que debía haber sido aquel utilizado para ajustar el modelo en el Informe de Evaluación. Esta matriz de error en la determinación de edad también presentó el problema de que todas las columnas no sumaban uno (refiérase al párrafo anterior). Sin embargo, la magnitud de los errores era considerablemente menor (y aparentemente debido a errores de ejecución al copiar desde un archivo EXCEL). Sin embargo, como se analiza más arriba, hubo un error de especificación en el archivo de control, de tal manera que no se aplicó una corrección de edad en el cálculo de los resultados presentados. Es así que los errores en la matriz de error de edad fueron negados por este segundo error. Sin embargo, estos errores “de compensación” parecieran ser sintomáticos de una falta de rigor en la implementación y ejecución del modelo de evaluación.

- **Error de Codificación**

La forma en la que se calcula la captura total prevista dentro del código computacional al utilizar la matriz de determinación de error no corresponde con el peso esperado de la captura que el modelo está eliminando de la población “real/pronosticada” modelada a través del tiempo. Esto sucede porque se aplica la matriz de error a las estimaciones del modelo del número de captura a la edad y se multiplica por el peso medio a la edad con el fin de obtener su estimación del peso pronosticado de la captura a la edad en cada año. Estas estimaciones del peso a la edad de la captura se suman para obtener la captura total pronosticada del modelo en peso por año (es decir, rendimiento total). Estos rendimientos luego se comparan con los rendimientos observados en la estimación de los parámetros del modelo. Sin embargo, los rendimientos efectivamente observados son derivados de los datos de captura. Supuestamente su estimación no implica el uso de los datos de captura a la edad. Deberían ser independientes de si la determinación de la edad se basó en escamas u otolitos. Sin embargo, el efecto de la matriz de error de edades es hacer que la captura a la edad pronosticada más joven que la captura a la edad real del modelo. Sin embargo, los pesos de los peces más jóvenes se sitúan más a la izquierda que los peces más viejos. Como resultado, en cualquier iteración del modelo, la captura total pronosticada sería una sub-estimación de lo que estaba pronosticando el modelo real respecto de lo que debería ser la captura total. Esto es porque los números reales capturados dentro de la población modelada permanecen igual antes y

después de la aplicación del error de edad<sup>42</sup>. No es posible adivinar cómo el modelo compensa por aquello en los parámetros estimados ni su efecto en los resultados en general, ni hasta qué punto la gran diferencia en los resultados con y sin la corrección del error de edad, es el resultado de este error de codificación o de la corrección del error de edad en sí.

- **Problemas de convergencia**

Las corridas en las cuales M quedó como un parámetro estimable claramente no converge en un mínimo global. Por lo tanto, en el Apéndice 5, el valor de la función objetiva es mayor en la corrida 12 donde M es un parámetro libre que en la corrida 2 donde M está fijo en 0.15<sup>43,44</sup> (problemas similares se aprecian en el Apéndice 4). Al menos en el caso de esta corrida, el modelo pareciera tener varios mínimos y pareciera ser sensible a las condiciones iniciales<sup>45</sup>. Ninguna otra corrida mostró problemas similares de convergencia. Los incrementos en el número de parámetros siempre arrojaron un valor menor para la función objetiva y el gradiente en el mínimo siempre era bajo). Sin embargo, pareciera que la corrida 10 que permitió una sensibilidad en forma de domo en la flota arrastrera Argentina, no convergía (ver más arriba). Es más, la aparente falta de sensibilidad de algunos componentes de la función objetivo (especialmente en los datos de captura a la edad) observada en muchas corridas es algo inesperada. Es recomendable verificar si efectivamente las soluciones encontradas consistían en el mínimo global (por ejemplo, considerar valores alternativos de inicio, procesos alternativos, y reiniciar el ajuste al hallar la solución).

El conjunto de problemas descritos anteriormente, junto con la falta de detalles y errores<sup>46</sup> en la documentación, dificulta llegar a conclusiones definitivas acerca de los detalles de los resultados y socava la confianza en la precisión de los resultados numéricos presentados en el Informe de Evaluación y en el proceso de revisión. Durante el desarrollo de la revisión, el revisor realizó un análisis razonablemente detallado del código Fuente y los archivos de control y entrada de datos utilizados para producir los resultados de las corridas realizadas durante y después del taller (más exhaustivo de lo que se esperaría normalmente en una revisión de esta naturaleza). Pareciera que el código y los archivos debieron haber entregado una representación precisa y apropiada del modelo al no aplicar una corrección de error de edad. Sin embargo, este análisis no se trató de un ejercicio de validación/verificación, ni

---

<sup>42</sup> El hecho de que hubo errores en la especificación de la matriz de error de edad ingresado al modelo significó que cuando se aplicó la matriz de error, los números modelados totales en la captura hubieran cambiado, a pesar que esta no era la intención (ver más arriba).

<sup>43</sup> Ver pie de página 9.

<sup>44</sup> Las corridas 2 y 15 en el Apéndice 4 deberían ser numéricamente idénticas y parecieran serlo, salvo por un error de presentación de la figura SSB<sub>2013</sub> en el Apéndice 4,

<sup>45</sup> En las corridas realizadas durante el taller, donde M era un parámetro estimable, se obtuvieron diferentes resultados dependiente de las condiciones iniciales especificadas para M.

<sup>46</sup> Por ejemplo, hay errores en las tablas de resultados proporcionados en el Conjunto de Corridas revisadas en Diciembre. Por lo tanto, en la Tabla 1 que muestra los valores para el componente de probabilidad para cada corrida, los resultados reportados para las corridas 7 y 8 son idénticas y los valores para la corrida 8 claramente contienen un error. Los resultados para la corrida 8 es meramente una copia de los de la corrida 7 (lo cual fue confirmado al revisar el archivo del informe detallado para estas corridas). Asimismo, el valor de SSB<sub>0</sub> en 2013 para la corrida 10 contiene un error. El Revisor no ha realizado una revisión cruzada de cada número en las tablas contra el informe y los archivos de salida de parámetros producidos por el programa. La detección de estos tipos de errores en aquellos revisados da paso a inquietudes acerca de la precisión de los resultados informados.

tenía la intención de serlo. Esto hubiera requerido mucho más tiempo y recursos que los que estuvieron disponibles en este proceso de revisión. Además, los errores de codificación mencionados anteriormente solo fueron detectados tardíamente en el proceso (después de la entrega del segundo conjunto de corridas a mediados de diciembre y después de haber redactado algunas partes del informe). Estos dos factores, junto con la falta de revisión interna y rigor en la implementación del código, la ejecución del modelo y la evaluación de los resultados numéricos dejan persistentes inquietudes respecto de la existencia de problemas no detectados. En todas las corridas en las que se aplicó una corrección de edad, el error de codificación notado más arriba aún está inserto en los resultados (la mayoría de las ejecuciones en el Apéndice 4 y la corrida 2 en Apéndice 5). Simplemente no hubo suficiente tiempo para intentar obtener corridas adicionales en las que se pudo haber corregido este error.

## 6. Puntos Biológicos de Referencia y determinación del status del Stock

La elección de un punto biológico de referencia para determinar la condición del stock y como objetivo de manejo está estipulado en la legislación en Chile a fin de coincidir con un rendimiento máximo sostenible. Un proceso de taller independiente se encuentra en desarrollo para definir y evaluar puntos de referencia apropiados para las pesquerías chilenas. En este contexto, el Informe de Evaluación notó que este proceso recomendó  $F_{45\%}$  para el bacalao chileno (la mortalidad por pesca que disminuye la biomasa desovante por recluta en un 45%) como un proxy o sustituto para los  $F_{MSY}$ . Se recomienda además que se calcule un proxy para el nivel de stock desovante que corresponde al nivel máximo rendimiento sostenible del siguiente modo:

$$BD^*_{MSY} = R_{med} * BDR_0 * 0.45 \quad (1)$$

donde  $R_{med}$  es el reclutamiento promedio a través del periodo completo considerado para el stock y  $BDR_0$  es la biomasa desovante por recluta virginal.

Esta recomendación pareciera ser un enfoque razonable para entregar puntos de referencia proxy para este stock en términos de RMS en ausencia de una base firme para estimar las relaciones stock recluta. Más allá de esta observación, el análisis de estas recomendaciones no forma parte de la actual revisión.

Los puntos de referencia pueden ser útiles para traducir los objetivos de manejo general en objetivos cuantificables y estimables. Sin embargo, la interrogante fundamental es cómo se utilizan para entregar recomendaciones de manejo sobre la condición del stock y recomendaciones de cuotas. Es poco probable que el uso de las estimaciones recientes de  $F_{msy}$  y los actuales tamaños del stock de una evaluación más reciente proporcione un rendimiento razonable o logre los objetivos de manejo a largo plazo (las poblaciones han sido reducidas a niveles bajos utilizando este tipo de enfoque para la toma de decisiones). Similarmente, es probable que basar las recomendaciones en las proyecciones de las capturas constantes del caso base de la evaluación más reciente ocasione una variabilidad significativa entre años en la recomendación de cuotas y comportamiento insatisfactorio. Dichas aproximaciones no toman en cuenta las incertidumbres en la evaluación, ni toma en cuenta los riesgos en forma apropiada (los que son generalmente asimétricos). La evaluación de procedimientos de manejo (también conocida como evaluación de estrategias de manejo) ha sido una aproximación efectiva en el caso de varias pesquerías y diferentes foros de manejo

(Kirkwood, 1997, de la Mare 1986, Butterworth et al, 1997, Smith et al 1999). Sería recomendable explorar esta aproximación en este punto.

### Cálculo de los Puntos de Referencia

Cabe destacar que el Informe de Evaluación no utilizó la ecuación 1 para estimar el punto biológico de referencia. En cambio, como se estipula en el informe, utilizó un proxy sustituto en base a la siguiente ecuación:

$$BD_{MSY}^{**} = 0.4 * BD_0 \quad (2)$$

donde  $BD_0$  es una estimación de la biomasa de equilibrio derivada de la estimación de la evaluación de  $R_0$ .

El Informe de Evaluación estipula “que el modelo de evaluación produce una estimación de  $BD_0$ ”. La estimación  $BD_0$  desde la evaluación de stock se deriva de un cálculo simple de la estimación de  $R_0$ , la mortalidad natural, la ojiva de madurez y el vector de peso medio a la edad. Se asume que la estimación de  $R_0$  producida por la evaluación es una estimación válida del reclutamiento en equilibrio sin explotación. Sin embargo, tal como se expone a continuación,  $R_0$  en la evaluación está basado en el supuesto que el reclutamiento es constante e independiente del tamaño del stock desovante. Si el reclutamiento ha disminuido a lo largo del periodo de la evaluación, como resultado de la biomasa desovante en disminución, entonces es probable que el valor de  $R_0$  de la evaluación sea una sub-estimación de  $R_0$  en el contexto de una relación stock recluta subyacente (ver más abajo).

En la ecuación 2, no está claro por qué el valor de 0.40 fue escogido en vez de 0.45. Cabe destacar que si  $R_0$  es igual a  $R_{med}$  en la ecuación 1 (que debería ser así si el supuesto de un reclutamiento constante utilizado en la evaluación fuera correcto), entonces  $BD_0$  sería igual a  $R_{med} * BDR_0$ . Como resultado, la ecuación 2 se traduciría en una estimación para el punto de referencia de un 11% más bajo que el valor que se obtendría utilizando el proxy recomendado por el taller (es decir, los resultados de la evaluación en el Informe de Evaluación son más optimistas con relación al agotamiento). No está claro si el periodo de evaluación que se utilizará en la ecuación 1 especificado por el Proceso del Taller sobre Puntos de Referencia pretendía incluir sólo el periodo durante el cual las capturas son consideradas o también las estimaciones del reclutamiento para el periodo de explotación previo utilizado para estimar  $N_0$ . Si se considera 1989-2013 en el periodo de evaluación anterior y el periodo de evaluación para estimar  $R_{med}$  en la ecuación 1, las estimaciones de reclutamiento promedio sobre este periodo sería menor que la estimación de  $R_0$ . En esta situación, esto tendería a contrarrestar hasta cierto punto el efecto de utilizar 0.40 en vez de 0.45 como el multiplicador en la ecuación 2.

En general, el uso de la ecuación 1 en vez de la ecuación 2 para estimar un proxy para  $BD_{MSY}$  arrojaría una estimación que fuera ya sea ~7 o 11% mayor que aquel utilizado en el Informe de Evaluación, dependiendo de cómo se define el periodo de evaluación en la ecuación 1. Como resultado, los niveles actuales de agotamiento serían sobre-estimados. Además, una sub-estimación de  $BD_{MSY}$  afectaría las recomendaciones de captura en el Informe de Evaluación (es decir, deberían ser más bajos para alcanzar los mismos resultados con respecto al punto de referencia  $BD_{MSY}$ ). Por lo tanto, es necesario aclarar la base para la ecuación 2 y si este es un sustituto aceptable para el punto de referencia proxy recomendado por el taller sobre este problema.

## 7. Procedimientos utilizados para las Proyecciones de Stock

Se realizan las proyecciones de stock sobre la base de una tasa de mortalidad por pesca constante y un reclutamiento constante en base al reclutamiento estimado en los últimos cinco años de la evaluación. La aproximación y los métodos utilizados para las proyecciones plantean varias inquietudes, particularmente en lo que concierne a su capacidad para producir recomendaciones robustas acerca de las medidas de manejo y su riesgo asociado. Estas incluyen las siguientes:

- Las estimaciones de reclutamiento más recientes están sesgadas hacia el reclutamiento medio ( $R_0$ ) y no pueden considerarse confiables. Esto sucede ya que casi o existe información/datos disponible con relación a la fuerza real de los cohortes más recientes. Por ejemplo, solo existe, datos de captura de un año para el año más reciente y dos para el año anterior. Como resultado, los datos de captura a la edad no proporcionan información real respecto de la fuerza de estos cohortes salvo por la relación con las curvas de selectividad estimadas. Estas estimaciones de reclutamiento dependerán en gran medida del supuesto de selectividad y el supuesto del reclutamiento constante. Dentro de la actual evaluación, la selectividad respecto de las dos primeras clases de edad en el modelo es pequeña, por lo que se podría esperar una variabilidad importante con relación a la captura pronosticada (y sin contribuir considerablemente a la función objetivo). Además, considerando las selectividades estimadas para las dos edades más jóvenes, la fuerza de las cohortes más recientes básicamente no están representadas en las tasas de captura. Es así como tendrán una contribución mínima a la predicción de la CPUE en el modelo. En ausencia de los datos, el modelo tenderá a predecir que el reclutamiento produciría estimaciones equivalentes a la media con el fin de minimizar la función de penalidad del reclutamiento.
- Las proyecciones están basadas en un supuesto de reclutamiento constante y no toman en cuenta el tamaño actual estimado del stock desovante. La razón común para no estimar la curva stock-recluta dentro de la evaluación es que si las poblaciones tienen una resiliencia razonable (es decir, steepness elevado con respecto a una función Beverton-Holt), sólo se esperarían pequeños cambios en los niveles de reclutamiento medio a lo largo de un amplio rango de niveles de biomasa desovante. Además, el reclutamiento es generalmente altamente variable. Es así que, los modelos de evaluación generalmente tienen poca capacidad para estimar los parámetros para una relación stock-recluta funcional. Es probable que los resultados de la evaluación de stock con respecto a la condición actual (por ejemplo, los niveles de agotamiento) sean similares, siempre que la variabilidad en el reclutamiento se asume significativa. Sin embargo, para predecir el futuro, es importante considerar los niveles de stock desovante (de lo contrario porqué preocuparse con los niveles de agotamiento?). Considerando el stock actual estimado por el modelo (es decir, ~10%), sin importar cuán resiliente sea el stock, se esperaría que el reclutamiento fuera afectado. Los resultados de la actual evaluación de stock también sugieren aquello, en el sentido que el reclutamiento generalmente disminuye en la medida que disminuye el stock desovante (Figura 15).
- El hecho de basar los reclutamientos de la proyección en la media de los últimos cinco años (en vez de la media en general) compensa lo anterior hasta cierto punto. Sin embargo, existe una brecha de tres años entre las estimaciones del reclutamiento

con respecto a la biomasa desovante estimada debido al hecho de que la primera edad en el modelo es tres (por ejemplo, la estimación de reclutamiento del modelo en el 2013 fue el resultado de la biomasa desovante en el 2011)<sup>47</sup>. En estos tres años, la disminución de la biomasa desovante fue estimada en un 30%. Además, existe una gran incertidumbre asociada con el reclutamiento más reciente y posibles sesgos, como fuera mencionado anteriormente. En base a los CV estimados para las estimaciones del reclutamiento individual, existe poca confiabilidad en las estimaciones a lo largo de los últimos 2-4 años (es decir, el CV asociado con ellos es más elevado en un ~50% o más, Figura 16). Si solo consideramos los dos últimos reclutamientos como poco confiable, habría un retraso de cinco años y se estima que durante este periodo, la biomasa desovante disminuyó en más de un 50%. Considerando el bajo nivel y la disminución continua de la biomasa desovante durante estos cinco años, se habría esperado una disminución en promedio del reclutamiento. Como resultado, es probable que los resultados de las proyecciones sean excesivamente optimistas.

- Como en el caso del modelo de evaluación de stock, la documentación proporcionada en las proyecciones es mínima e incompleta<sup>48</sup>. Los principales resultados de la proyección (por ejemplo, aquellos en las Tablas 11 y 12 del Informe de Evaluación) parecieran ser determinísticos, pero esto no está claro. Tampoco está claro que representan los dos niveles  $\alpha$  y de captura en la porción superior de las Tablas 11 y 12, o cómo se relacionan o se utilizan en las estadísticas de riesgo mencionadas en el Informe de Evaluación. Tampoco está claro cómo se calculan las estadísticas de riesgo en el Informe y las distribuciones de probabilidad en las Figuras 49 y 50 dado que no se proporcionó documentación al respecto. Estas parecieran haber sido derivadas mediante el uso de métodos de verosimilitud y supuestos de normalidad en base a las estimaciones de ADMB de la media y la varianza para el coeficiente de agotamiento. Estas estimaciones son más similares a las estimaciones de varianza de la distribución de los niveles de agotamiento (por ejemplo, aquellas que se derivarían de una aproximación estocástica o bootstrap). Siendo así, dentro del contexto y los supuestos del escenario único, es probable que sean demasiado pequeñas y que el riesgo no haya sido estimado en forma apropiada (sub-estimado). Un método de proyección efectivamente estocástico o de bootstrap debiera ser usado, ya que proporcionaría medidas de riesgo más apropiadas dentro del contexto de una única corrida de modelo.
- **No se considera la incertidumbre del modelo.** Las estimaciones de incertidumbre asociadas con la evaluación son altamente dependientes de los valores supuestos para los componentes de varianza y penalidades en el modelo (por ejemplo, los CVs para los índices CPUE y los tamaños de muestras para los datos de captura a la edad) así como el supuesto estructural y los valores de parámetro de entrada fijados (por

---

<sup>47</sup> Nótese que el código del modelo ADMB proporcionado en el Apéndice 8 del Informe de Evaluación permite la opción de utilizar una relación stock recluta Beverton y Holt en los resultados de la proyección (es decir, la función “Eval\_Fcte”). En esta función, el retraso en el reclutamiento está implementado en forma inapropiada como uno. Sin embargo, no está claro si este código se utiliza o no.

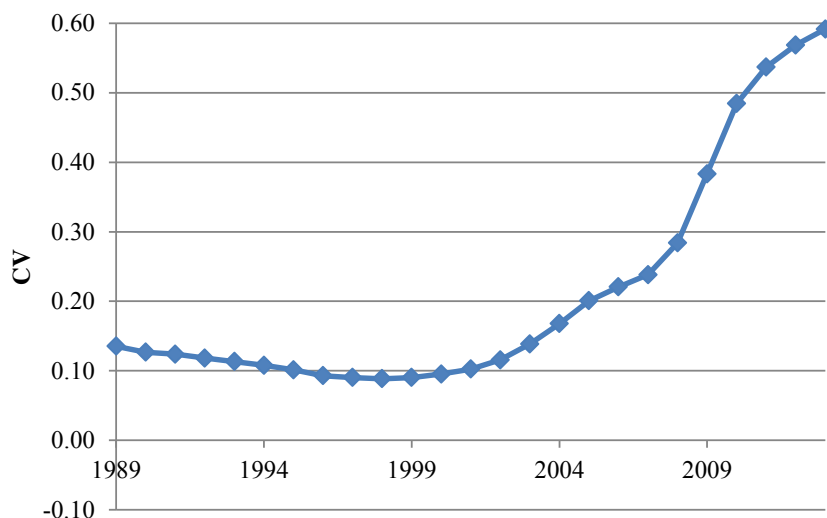
<sup>48</sup> El código computacional en el Anexo 8 del Informe de Evaluación contiene una función “Eval\_Fcte” que al parecer estaba orientado a llevar a cabo las proyecciones del stock. Sin embargo, este código no está incluido en algún archivo del código Fuente proporcionado antes del taller como el código utilizado para generar los resultados en el Informe de Evaluación, o en las versiones del código del programa proporcionados durante y después del taller utilizados para producir los resultados de las corridas alternativas.



ejemplo, los cambios en  $q$ , bloques de selectividad, mortalidad natural, etc.). En particular, los CVs bajos para las series CPUE y los tamaños de muestra relativamente altos para los datos de captura a la edad (especialmente para aquellos de Argentina) sugieren que los riesgos han sido sub-estimados.

- Los resultados de la proyección suponen que un nivel constante de  $F$  sin cambios de selectividad se mantendrán durante 15 años. No se considera el hecho que el nivel de captura que corresponde a este nivel fijo de  $F$  debería estimarse cada año a partir de una evaluación de stock actualizada. El nivel de captura estimado en este caso tendría un error asociado. Siendo así, los  $F$  reales serían distintos de aquellos constantes especificados. Además, la selectividad también variaría a través del tiempo. La manera en que este error de estimación en las evaluaciones actualizadas y la variabilidad en las selectividades afectaría el desempeño del manejo en base a dicho nivel constante de  $F$  debería evaluarse dentro de un contexto de procedimiento de manejo/modelo operativo a fin de proporcionar una medida de riesgo significativa. En todo caso, se esperaría que la variabilidad efectiva y el riesgo asociado fuera mayor. Sin embargo, también es poco realista asumir que se mantendría un nivel constante de  $F$  sin perjuicio de los resultados de la evaluación de stock actualizada.
- Los pasos de procedimiento, los archivos de parámetros de entrada y todos los códigos utilizados para generar los resultados de proyección no fueron documentados. Se tuvieron que haber extraído las corridas de un modelo ADMB de los archivos del informe y salidas de parámetro con el fin de calcular los niveles de  $F_{45\%}$ , utilizando el código R proporcionado en el Anexo 8 del Informe de Evaluación. Luego esta estimación de  $F_{45\%}$  aparentemente fue alimentado al código ADMB para producir los resultados de la proyección. No está claro si esto se hizo como un proceso manual o automatizado. En todo caso, considerando los numerosos problemas en la implementación y ejecución de la evaluación principal con respecto a las especificaciones previstas, existen algunas inquietudes acerca del rigor y la revisión interna aplicado en la ejecución y el cálculo de los resultados de la proyección.

Además del tema anterior relacionado con los procedimientos de proyección, las numerosas inquietudes relacionadas con las entradas de datos y la implementación de la evaluación de stock detallada en esta revisión sugieren que existe poca confiabilidad en los análisis de riesgo presentados en el Informe de Evaluación. Estos problemas fundamentales y otros más básicos deben resolverse antes de llevar a cabo resultados de proyección y análisis de riesgo más significativos.



**Figura 16:** Coeficiente de Variación estimados (CV) para las estimaciones de reclutamiento de la corrida 1, de las corridas proporcionadas en diciembre (Refiérase al Apéndice 5) según lo calculado por ADMB de la Matriz Hessiana (Estos fueron calculados de los archivos de salida de ADMB).

## 8. Recomendación de mejoras en el proceso de evaluación

En los párrafos anteriores, se identificaron un gran número de problemas e inquietudes en la actual evaluación de stock. Salvo cuando resulta pertinente para las recomendaciones más generales en esta sección del Informe de Revisión, no son repetidos. Sin embargo, son importantes. Estos deben ser considerados y abordados en el futuro trabajo relacionado con la evaluación y el desarrollo de modelos.

### Revisión Exhaustiva y Desarrollo de las Entradas de Datos Biológicos y Pesqueros

En el párrafo precedente, se analizan varias materias relacionadas con los datos de entrada para la evaluación. Pareciera existir errores e incongruencias considerables (por ejemplo, los pesos medios a la edad, la edad de madurez, los niveles de captura, etc.). Estos datos son fundamentales para la evaluación. Sin una confianza razonable en la precisión y congruencia de los datos de entrada, no se puede confiar en los datos de salida. Una evaluación confiable requiere que estos problemas sean resueltos. Una revisión exhaustiva e integrada de los datos de entrada actuales es necesaria. Controlar la incongruencia entre las varias entradas debe ser un componente fundamental e integral de este proceso (por ejemplo, las curvas explícitas o implícitas de crecimiento utilizadas para estimar la madurez y el peso a las edades). Cuando existe gran incertidumbre (por ejemplo, talla de madurez, crecimiento, peso a la edad, etc) se deberían desarrollar conjuntos apropiados de series de datos de entrada alternativas para abarcar esta incertidumbre (pero garantizando la congruencia interna dentro de cualquier conjunto único). Se deberían desarrollar pesos o plausibilidad relativa, cuando sea posible. En todo caso, el rango de incertidumbre debe extenderse a las evaluaciones e integrarse en las consideraciones más amplias de incertidumbre y riesgo. Esta revisión debe considerar no sólo los datos y la información de Chile, sino que también abordar los datos de todas las regiones de la plataforma de la Patagonia. Parte fundamental de esta revisión debe concentrarse en cómo estimar mejor los datos de captura a la edad a través del tiempo y la pesquería. En el caso de los datos pesqueros de Chile, las aproximaciones para reconciliar las diferencias entre lecturas de escamas y otolitos son esenciales. En el caso de los datos argentinos, la

aproximación para mejor utilizar los datos de frecuencia de talla en ausencia de edades directas, debe ser evaluada (por ejemplo, el uso de claves de edad-talla de Chile, ajustar los datos de talla en el modelo, etc). También existe la necesidad de realizar un análisis más detallado y exhaustivo de la estandarización de los índices de CPUE, los que deben ser considerados como parte de esta revisión o en un proceso por separado. **Es necesario asignar un alto nivel de prioridad a esta revisión.**

**Sin solucionar estos problemas de entrada, existe poca base para llevar a cabo una evaluación a futuro.**

### Cooperación Internacional

La mejor evidencia es que el recurso bacalao en la región de la Plataforma Patagónica de América del Sur constituye una sola población. No está claro hasta qué punto se puede considerar una población homogénea o el grado de mezcla espacial o temporal de los reclutas y desovantes a través de la región completa. Sin embargo, en base a la información existente, parece altamente poco probable que los recursos en cada una de las tres jurisdicciones políticas (Chile, Argentina y las Islas Falkland) constituyen una población independiente aislada. Las evaluaciones y una investigación efectiva requieren de una cooperación e intercambio de datos para su desarrollo y puesta en marcha efectiva. Las aproximaciones estándar ante la recopilación de datos (bitácoras, observadores, lectura de edad, métodos de marcaje) son esenciales para garantizar datos comparables a través de la región. La cooperación es también importante para evitar la duplicación y para el uso más eficiente de los recursos limitados disponibles para llevar a cabo una investigación y evaluación básica. Es por este motivo que es necesario desarrollar un marco de trabajo y procedimientos que permitan una colaboración conjunta y efectiva para realizar la evaluación de stock, investigación básica y recopilar datos (por ejemplo, marcaje).

La entrega de recomendaciones de manejo que tengan sentido con respecto a los niveles de captura y sus consecuencias requiere considerar los niveles de captura a través de las jurisdicciones, a menos que no sea posible proporcionar los resultados aparentemente poco probables de una investigación a futuro en cualquier jurisdicción en forma independiente de los niveles de captura en los otros. Los problemas de distribución entre las pesquerías/jurisdicciones consisten principalmente en una decisión de manejo, a pesar que las distintas distribuciones pueden tener consecuencias en el efecto de los niveles de captura en general. Es posible que, más allá de los términos de referencia para esta revisión, también se requiera un marco para un manejo conjunto.

### Procedimientos para desarrollar, implementar, revisar y documentar Evaluaciones de Stock

Se experimentaron numerosos problemas técnicos en la implementación y presentación de la actual evaluación de stock. La documentación en el informe está en algunas partes incompleta y/o imprecisa en comparación con lo que se efectivamente se realizó. La documentación interna en el código computacional utilizada para implementar la evaluación de stock es muy mínima y se encontraron algunos errores de codificación. La selección de algunos datos de entrada y estructuras de modelo pareciera haber sido *ad hoc* sin suficiente evaluación y verificación acerca de su idoneidad y posibles alternativas. Se requiere una aproximación sistemática y rigurosa ante el desarrollo, la implementación y la documentación de la evaluación de stock. Se puede lograr parte de esto con el uso de procedimientos formales. Por lo tanto, es necesario crear un sistema de control de la versión de programas y archivos de entrada para hacer un seguimiento y archivar el progreso del desarrollo del

código y las ejecuciones realizadas. Esto debiera ser un procedimiento estándar empleado para todas las evaluaciones de stock, no solo para el bacalao de profundidad. Sin embargo, también se requiere de una examinación mucho más cuidadosa y minuciosa de los resultados, considerar escenarios alternativos, y crear un proceso de verificación interno como parte de la evaluación de stock. La formalización de un proceso para abordar todo esto es difícil. Resolver este tema en forma exitosa depende en parte de las aproximaciones personales y la dedicación de los involucrados. Sin embargo, (1) el uso de un enfoque de trabajo en equipo en vez de depender de una sola persona que se encargue de implementar y ejecutar los resultados, (2) garantizar que existen recursos apropiados disponibles y (3) la aplicación de una verificación interna rigurosa de los resultados y los informes de evaluación, debería mejorar el proceso y deben ser considerados como esencial.

#### *Aproximación exhaustiva e integrada para la Evaluación y la Investigación*

Con relación a la recomendación anterior, los científicos encargados de la evaluación necesitan comprender los datos que ingresan en sus modelos y garantizar que se considere toda la información relevante disponible. Esto debe incluir una comprensión fundamental de los datos básicos, aproximaciones de muestreo y análisis de los datos de entrada utilizados en la evaluación. Aquellas personas que son responsables de proporcionar los datos de entrada también deben estar conscientes de la forma en que sus datos serán utilizados. Estos son imprescindibles para asegurar que se está recopilando y utilizando la mejor información y para evitar la interpretación errada o inapropiada del peso de los datos. Pareciera existir una interacción insuficiente entre las personas que proporcionan los varios datos de entrada y aquellos que realizan la modelación y estimación efectivas. Existe la necesidad de desarrollar una aproximación holística, integrada e interactiva para el proceso de evaluación entre todas las personas que proporcionan los datos de entrada y aquellos que realizan los análisis. Aquellos que realizan la evaluación deben ser proactivos para asumir la responsabilidad de los datos de entrada utilizados.

#### *Información de Calibración Independiente de la Pesquería*

Las evaluaciones de stock requieren de alguna fuente de información cuantitativa externa de abundancia, tendencias de abundancia o tasas de mortalidad por pesca. La actual evaluación depende totalmente en los índices de CPUE como una medida de abundancia relativa para aquello. El peligro de depender en la CPUE es bien conocido y en general, está documentado. Además, como se menciona más arriba, la interpretación y la estandarización de la CPUE en la actual evaluación es problemática y la ausencia de datos para cuantificar los factores críticos que afectan las tasas de captura en vez de los cambios en abundancia. Existe la necesidad clave de obtener información independiente de la pesquería sobre abundancia o tasas de mortalidad por pesca para su uso en la evaluación de stock. Los experimentos de marcaje parecieran ser la aproximación más viable, sino la única aproximación viable para lograr aquello. Los estudios de marcaje continuos son una parte importante del monitoreo de varias poblaciones de bacalao y los resultados de estos estudios son incorporados en la evaluación analítica de stock. La implementación y el compromiso a largo plazo de un programa con suficientes recursos que pueda proporcionar información continua debe considerarse una prioridad.

En este sentido, el programa de marcaje anterior y actual en la flota industrial y su expansión a la flota artesanal, según se presentó en el taller (Predro, et al 2014) es un avance alentador. El control de calidad es decisivo en cualquier programa de marcaje. A veces se encuentran importantes diferencias entre distinto personal de marcaje. Es fundamental garantizar una

capacitación y estándares rigurosos. También es importante que los marcadores no tengan un interés directo en los resultados. En este sentido, el uso de pescadores como marcadores en otras pesquerías ha resultado ser problemático.

La estimación de las tasas de reporte es fundamental con relación al uso cuantitativo de los datos de marcaje en la evaluación (La fracción efectiva de marcas de recuperación reportadas). Las tasas de reporte se confunden con la estimación de ya sea la abundancia o las tasas de mortalidad por pesca derivadas de los datos de recuperación de marcas. Se considera que las marcas PIT consisten en una aproximación efectiva para lidiar con este problema en el caso del bacalao. El revisor recomienda que se utilice esta aproximación dado que ofrece el método más efectivo en este sentido y para obtener estimaciones cuantitativas generales para la evaluación de stock. En este sentido, es posible utilizar los sistemas de detección automáticos PIT en la industria pesquera de palangre y probablemente sea la forma más eficiente y costo-efectiva para obtener datos de este sector. De cualquier forma, una estrategia que asegure altas tasas de reporte y que sean estimables, requiere que sean incorporadas en el diseño e implementación de cualquier programa de marcaje.

#### Captura y monitoreo de la pesquería

Considerando los aparentes errores en los datos de bitácora (es decir, filtros básicos para análisis de CPUE rechazaron el 75%) y los problemas asociados con las estimaciones de la captura efectiva, el revisor está preocupado acerca de la confiabilidad del Sistema actual de recopilación de datos para los datos de bitácora y desembarque. Cabe esperar que gran parte de los problemas históricos y mejoramientos tales como VMS, certificación de captura, colaboración con la industria y observadores hayan sido mejorados considerablemente. Sin embargo, una revisión continua para confirmar si de hecho este es el caso, es importante, así como buscar perfeccionar la precisión y eficiencia del Sistema de recopilación de datos. En este sentido, existen algunos problemas relacionados con la representatividad del muestreo en términos de la cobertura y el muestreo de la captura. En lo que se refiere al primero, la cobertura de observadores tiende a ser bajo y limitado a una muestra pequeña de naves. Es importante que la cobertura de observadores abarque la flota completa a fin de garantizar un muestreo representativo. En lo que se refiere al monitoreo de la captura (incluyendo la talla), recientemente se desarrollaron métodos de video en las pesquerías de palangre en Australia. Estos métodos permiten monitorear la captura total y la distribución de talla en forma automática por calado. Es necesario analizar la posibilidad de adaptar y emplear esta tecnología en la flota industrial (y tal vez en naves artesanales de mayor eslora). No solo serviría para garantizar un alto nivel de precisión y exactitud en los datos de captura y talla, sino que también para liberar el tiempo de los observadores para otras actividades de importantes de recopilación de datos (por ejemplo, recopilación de datos sobre interacciones con mamíferos y aves marinos, recuperación de marcas). También puede reducir el nivel general de cobertura de observadores requerido. Con relación a la pesquería artesanal, es importante revisar si los procedimientos de muestreo empleados conduzcan a una muestra representativa tanto de las capturas reales de los desembarques individuales muestreados y el conjunto de naves muestreadas. Lograr una muestra representativa (por ejemplo, al azar) es muchas veces difícil de lograr. Respecto del muestreo de tallas, es recomendable obtener múltiples muestras a partir de los mismos desembarques como parte de un proceso de evaluación de la representatividad.

### Problemas con la determinación de edad y Estimación de Error de Lectura

El actual método de determinación de edad está basado en contar el número de bandas oscuras al interior del otolito. No se considera la fecha de la captura relativa al periodo de formación del anillo o si existe un margen traslúcido. Esto puede dar lugar a una sub-estimación o sobre-estimación de la edad real en un año. Además, las lecturas de edades pueden ser una importante fuente de incertidumbre en los resultados generales de la evaluación. Actualmente, pareciera no existir una recopilación sistemática de datos con relación a los errores de lectura de edad (por ejemplo, de lecturas ciegas independientes de los mismos otolitos por distintos lectores o estimaciones ciegas repetidas por el mismo lector). El revisor considera que ninguno de estos problemas está entre las prioridades más altas para esta población. Sin embargo, considerando el compromiso permanente con la determinación directa de edades (el cual el revisor apoya como una serie de tiempo continua que, de detenerse, sería inestimable e irreplicable) y el hecho de que este proceso sea en gran medida independiente de los otros componentes de la recopilación de datos, sería recomendable abordar estos problemas. Es mucho más costo eficiente y costo efectivo hacerse cargo de estos problemas en forma permanente como parte del proceso de estimación de edad que intentar lidiar con ellos retrospectivamente.

### Modelo Operativo y Evaluación de Procedimientos de Manejo

La evaluación del procedimiento de manejo (también llamada evaluación de estrategia de manejo) ha sido una aproximación efectiva para desarrollar de reglas de decisión y entregar recomendaciones de manejo en varios foros de manejo pesquero (Kirkwood, 1997, de la Mare 1986, Butterworth et al, 1997, Smith et al 1999). En cambio, los puntos biológicos de referencia tradicionales y proyecciones F fijas entregan una base insuficiente para la estimación confiable de la incertidumbre, una evaluación robusta de riesgo y la evaluación del compromiso entre las distintos objetivos de manejo. Una parte clave del proceso de evaluación de procedimientos de manejo es el desarrollo y la preparación de un modelo operativo que comprenda las incertidumbres estructurales, biológicas y pesqueras clave. El desarrollo de un modelo como éste proporcionaría una aproximación (tal vez la única) para analizar las incertidumbres significativas en términos de la estructura espacial y la dinámica del recurso que podría afectar los resultados de la evaluación y las recomendaciones de manejo. Es así que, independiente del uso de una aproximación de evaluación del procedimiento de manejo para desarrollar reglas de decisión de manejo, el desarrollo de un modelo operativo exhaustivo permitiría mejorar el modelamiento de la evaluación y la evaluación de su robustez en términos de los indicadores de la condición de la población. Se recomienda aplicar una aproximación de procedimiento de manejo como una base para mejorar las evaluaciones y proporcionar recomendaciones de manejo para esta población.

## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi reconocimiento a todos los participantes del taller por la gran cantidad de información proporcionada en el proceso de revisión. Esta información fue indispensable. Agradezco su entusiasmo, franqueza y voluntad para entregar aclaraciones y participar activamente en las discusiones, especialmente considerando las largas horas de las sesiones, sus otras responsabilidades y mi falta de dominio del castellano. Quisiera agradecer especialmente a Renzo Tascheri por sus esfuerzos al ejecutar y producir resultados con relación a escenarios alternativos durante y después del taller. Las conversaciones con Billy Ernst y Cathy Dichmont proporcionaron perspectivas muy útiles respecto de la evaluación,

los detalles técnicos y problemas fundamentales en la revisión. Sin embargo, las visiones en este informe solo pertenecen al autor. Agradezco en particular a Billy Ernst por su ayuda con todos los aspectos logísticos de la revisión y los arreglos del viaje. Finalmente, un gran agradecimiento a la intérprete simultánea (Milka Rubio) cuya tarea fue enorme a la luz del volumen del material, el nivel técnico y la extensión de las sesiones.

## Bibliografía

Ashford, J.R., Fach, B.A, Arkhipkin, A.I., Jones C.M. 2012. Testing early life connectivity supplying a marine fishery around the Falkland Islands. *Fisheries Research*. (121-122) 144-152.

Butterworth, D.S., Cochrane, K.L., Oliveria, J.A.A., 1997. Mangement procedures: a better way to manage fisheries? The South African experience. In *Global trends: fisheries management*, pp 83-90. Ed. By E.K. Pikitch, D.D. Huppert, and M.P. Sessenwine. American Fisheries Society Symposium, 20, Bethesda, Maryland.

S.G. Candy, S.G., D.C. Welsford, T. Lamb, J.J. Verdouw and J.J. Hutchins. 2011 Estimation of Natural Mortality for the Patagonian Toothfish at Heard and McdDnald Islands using catch-at-age and aged mark-recapture data from the main trawl ground. *CCAMLR Science* 18: 29–45

de la Mare, W.K., 1986. Simulation studies on whale management procedures. Thirty sixth report of the International Whaling Commission. Document SC/37/O14.

De Oliveira, J. A. A., and Butterworth, D. S. 2004. Developing and refining a joint management procedure for the multispecies South African pelagic fishery. e *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1432e1442.

Francis, R.I.C.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68, 1124–1138.

Fenaughty, J.M. 2006. Geographical differences in the condition, reproductive development, sex ratio and length distribution of Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) from the Ross Sea, Antarctica (CCAMLR subarea 88.1). *CCAMLR Science* 13: 27–45.

Ferrada, S. 2014, Chilean Sea Bass Genetics. Presentation at the Chilean Sea Bass Review Workshop. Programa Taller de Revisión Experta de Evaluaciones de stock de Bacalao de profundidad y Camarón nylon 2014. Valparaíso, Chile.

Gálvez, P., Cespedes, R., Chong, L., Checura, R., Ojeda. V., Meléndez, R., Molina, B., López, S., Bravo, R., Muñoz, L., Adasme, L. and Gonzalez. J. 2014. Agreement 1: Comprehensive Counseling for Fishing and Aquaculture, 2013. Project 1.9: Follow-up Program for Demersal Fisheries and Deep Waters, 2013. Undersecretary of economy. Section VI: Deep Waters Resources, 2013

Hanchet, S., Morsan, E., Bridi, R. and C. Medina Foucher. 2014. Public comment draft report: Assessment against MSC Principles and Criteria for: ARGENTINE PATAGONIAN TOOTHFISH FISHERY (*Dissostichus eleginoides*). Organizacion Internacional Agropecuria. Horn, P.L., C.P. Sutton, and A.L. DeVries. 2003. Evidence to support the annual formation of growth zones in otoliths of Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*). *CCAMLR Science* 10: 125–138.

Kirkwood, G.P. (1997) The Revised Management Procedure of the International Whaling Commission. In Pikitch, E.K., Huppert, D.D. and Sissenwine, M.P., eds. *Global Trends:*



Fisheries Management (Proceedings of the Symposium held at Seattle, Washington, 14±16 June, 1994). Am. Fish. Soc. Symp. 20, 91-99.

Rubilar, P.S. and A. Zuleta. 2014. Toothfish tagging program result and perspectives. Programa Taller de Revisión Experta de Evaluaciones de stock de Bacalao de profundidad y Camarón nylon 2014. Presentation at the Chilean Sea Bass Review Workshop. Valparaíso, Chile.

Smith, A.D.M., Sainsbury, K.J., Stevens, R.A., 1999. Implementing effective fisheries-management systems – management strategy evaluation and the Australian partnership approach. – ICES J. Mar. Sci. 56: 967-979.

Smith, D.C.,K. Krusic Golub, S. Robertson and A.E. Punt. 2008. Quantifying age-reading error for use in fisheries stock assessments, with application to species in Australia's Southern and Eastern Scalefish and Shark Fishery. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65:1991-2005.

Tascheri, R., Canales, C., Céspedes, R. and Chong, L. 2014. STATUS AND QUOTA REPORT. Agreement of Performance 2014: Status and biologically sustainable exploitation potential of main local fishing resources for 2015: Chilean sea bass, 2015. Undersecretary of economy and smaller companies.

## **Apéndice 1: Bibliografía de los materiales disponibles para la revisión**

### **Principales documentos de evaluación de stock**

Gálvez, P., Cespedes, R., Chong, L., Checura, R., Ojeda, V., Meléndez, R., Molina, B., López, S., Bravo, R., Muñoz, L., Adasme, L. and Gonzalez, J. 2014. Agreement 1: Comprehensive Counseling for Fishing and Aquaculture, 2013. Project 1.9: Follow-up Program for Demersal Fisheries and Deep Waters, 2013. Undersecretary of economy. Section VI: Deep Waters Resources, 2013

Tascheri, R., Canales, C., Céspedes, R. and Chong, L. 2014. STATUS AND QUOTA REPORT. Agreement of Performance 2014: Status and biologically sustainable exploitation potential of main local fishing resources for 2015: Chilean sea bass, 2015. Undersecretary of economy and smaller companies.

### **Publicaciones adicionales entregadas con anterioridad al taller**

- Agnew, D., Heaps, L., Jones, C., Watson, A., Berkiet, K., and Pearce, J. 1999. Depth distribution and spawning pattern of *Dissostichus leopoldi* at South Georgia. *CCAMLR Sci.* 6, 19–36.
- Appleyard, S.A., Ward, R. D., and Williams, R. 2002. Population structure of the Patagonian toothfish around Heard, McDonald and Macquarie Islands. *Antarct. Sci.* 14, 364–373.
- Arana, P. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldi*) off southern Chile. *Latin Am. J. Aqua. Res.* 37, 381–394.
- Arana, P. M., and Vega, R. 1999. Exploratory fishing for *Dissostichus* spp in the Antarctic region (sub-Areas 48.1, 48.2 and 88.3). *CCAMLR Sci.* 6, 1–17.
- Ashford, J. R., Jones, C. M., Hofmann, E., Everson, I., Moreno, C., Duhamel, G., and Williams, R. 2005b. Can otolith elemental signatures record the capture site of Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldi*), a fully marine fish in the Southern Ocean? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62, 2832–2840.
- Ashford, J. R., Wischniowski, S., Jones, C., Bobko, S., and Everson, I. 2001. A comparison between otoliths and scales for use in estimating the age of *Dissostichus leopoldi* from South Georgia. *CCAMLR Sci.* 8, 75–92.
- Ashford, J., Duhamel, G., Jones, C., and Bobko, S. 2005a. Age, growth and mortality of Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldi*) caught off Kerguelen. *CCAMLR Sci.* 12, 9–41.
- Ashford, J.R., Fach, B.A, Arkhipkin, A.I., Jones C.M. 2012. Testing early life connectivity supplying a marine fishery around the Falkland Islands. *Fisheries Research.* (121-122) 144-152.
- Belchier, M., and Collins, M. A. 2008. Recruitment and body size in relation to temperature in juvenile Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldi*) at South Georgia. *Mar. Biol.* 155, 493–503.
- Brandao, A., Butterworth, D. S., Watkins, B. P., and Miller, D. G. M. 2002. A first attempt at an assessment of the Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldi*) resource in the Prince Edward Islands EEZ. *CCAMLR Sci.* 9, 11–32.

- Candy, S. G., and Constable, A. 2008. An integrated stock assessment for the Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) for the Heard and Macdonald Islands using CASAL. *CCAMLR Sci.* 15, 1–34.
- Cassia MC. 1998. Comparison of age readings from scales and otoliths of the Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) from South Georgia. *CCAMLR Science* 5: 191–203.
- Everson, I., and Murray, A. W. A. 1999. Size at sexual maturity of Patagonian toothfish. *CCAMLR Sci.* 6, 37–46.
- Guerrero, A., and Arana, P. 2009. Fishing yields and size structures of Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) caught with pots and longlines off far southern Chile. *Latin Am. J. Aqua. Res.* 37, 361–370.
- Hillary, R.M., Kirkwood, G.P. and Agnew D.J. 2006. An assessment of toothfish in subarea 48.3 using CASAL. *CCAMLR Science* (13) 65–95.
- Horn, P. L. (2002). Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand subantarctic to the Ross Sea, Antarctica. *Fish. Res.* 56, 275–287.
- Hucke-Gaete, R., C. Moreno y J. Arata. 2004. Operational interactions of sperm whales and killer whales with the Patagonian toothfish industrial fishery off southern Chile. *CCAMLR Science*, Vol. 11: 127–140.
- Kock, K. H., Purves, M. G., and Duhamel, G. 2006. Interactions between cetacean and fisheries in the Southern Ocean. *Polar Biol.* 29, 379–388.
- Lopez, L.J. 2005. Patagonian Toothfish in international waters of the southwest Indian Ocean (Statistical Area 51).
- Lord, C., Duhamel, G., and Pruvost, P. 2006. The Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) fishery in the Kerguelen Islands (Indian Ocean sector of the Southern Ocean). *CCAMLR Sci.* 13, 1–25.
- McKinlay, J. P., Welsford, D. C., Constable, A. J., and Nowara, G. B. 2008. An assessment of the exploratory fishery for *Dissostichus* spp. on Banzare Bank (CCAMLR Division 58.4.3b) based on fine-scale catch and effort data. *CCAMLR Sci.* 15, 55–78.
- Moreno, C., Castro, R., Mujica, L. J., and Reyes, P. 2008. Significant conservation benefits obtained from the use of a new fishing gear in the Chilean Patagonian toothfish fishery. *CCAMLR Sci.* 15, 78–79.
- Nolan, C.P., G.M. Liddle and J. Elliot. 2000. Interactions between killer whales (*Orcinus orca*) and sperm whales (*Physeter macrocephalus*) with a longline fishing vessel. *Mar. Mamm. Sci.*, 16 (3): 658–664.
- Purves, M.G., Agnew, D.J. Balguerias, E., Moreno, C.A. and Watkins B. 2004. *CCAMLR Science* (11) 111–126.
- Rogers, A. D., Morley, S., Fitzcharles, E., Jarvis, K., and Belchier, M. 2006. Genetic structure of Patagonian toothfish (*Dissostichus leopoldoides*) populations on the Patagonian Shelf and Atlantic and western Indian Ocean Sectors of the Southern Ocean. *Mar. Biol.* 149, 915–924.
- Shaw, P. W., Arkhipkin, A. I., and Al-Khairulla, H. 2004. Genetic structuring of Patagonian toothfish populations in the Southwest Atlantic Ocean: The effect of the Antarctic Polar Front and deep-water troughs as barriers to genetic exchange. *Mol. Ecol.* 13, 3293–3303.

## **Publicaciones entregadas durante el taller**

- Canales-Aguirre, C.B., Ferrada-Fuentes, S., Galleguillos, R. and Hernández C.E. 2014. Population geographic structure, demographic history, and migrations of Patagoniantoothfish (*Dissostichuseleginoides*) in the Southeast Pacific and Southwest Atlantic Ocean. *PlosOne*. (in Review).
- Falkland Islands Government, (2013). Fisheries Department Fisheries Statistics, Volume 17, 2012: 72 pp. Stanley, FIG Fisheries Department
- Martinez P.A., Waessle, J.A., Wöhler, O.C. and Giussi, A.R. 2014. Síntesis del Programa de Marcado y Recaptura de Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental y de los resultados obtenidos desde su implementación en el año 2004 hasta diciembre de 2013. Informe de investigación. INIDEP.

## **Presentaciones**

### **Lunes**

- 1.- Renzo Tascheri, Historia de vida y parámetros utilizados en la evaluación de stock
- 2.- Dario Rivas, La pesquería del bacalao de profundidad (Chile)
- 3.- Sandra Ferrada, Genética del bacalao de profundidad chileno.
- 4.- Carlos Moreno, Estructura especial del bacalao de profundidad de Chile

### **Martes**

- 1.- Liu Chong, Programa de monitoreo del bacalao de profundidad
- 2.- Renato Céspedes, Programa de Monitoreo del bacalao de profundidad (PDA), pesquería industrial.
- 3.- Vilma Ojeda, Lectura de edad en Bacalao de profundidad
- 4.- Manuel González, La estadística pesquera en Chile, Bacalao de profundidad en Chile.

### **Miércoles**

- 1.- Renzo Tascheri, Modelo de Evaluación de Stock.
- 2.- Renzo Tascheri y Cristian Canales, Status y explotación sustentable del bacalao de profundidad.
- 3.- Ciro Oyarzún, Comentarios sobre las evaluaciones de stock de 2013 y 2014, Comité Científico.

### **Jueves**

- 1.- Alejandro Zuleta, Problemas con la estandarización de la CPUE en la pesquería chilena (PDA).
- 2.- Pedro Rubilar, Resultados y perspectivas del programa de marcaje de Bacalao.
- 3.- Renzo Tascheri, Modelo de evaluación de stock.

### **Viernes**

- 1.- Renzo Tascheri, Reporte de las corridas adicionales

## **Apéndice 2: Copia de la Declaración de Trabajo**

### **Scope of Work:**

The reviewer is contracted to deliver an independent external review of the 2014 stock assessment of Chilean Sea bass “*bacalao de profundidad*” conducted by the Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) and participate in the Chilean Sea bass stock assessment external review workshop.

### **Project Description:**

The Undersecretariat of Fisheries of Chile started in 2011 an independent peer review process to assess the soundness of IFOP stock assessment approach for their major fisheries. This year the Chilean Undersecretariat of Fisheries requested an international independent peer review for Chilean Sea Bass (*Bacalao de profundidad*) and Nylon Shrimp (*camarón nylon*).

### **Location of Peer Review:**

The peer review process will be held in Valparaíso (Hotel Diego de Almagro) during a workshop in November of 2014.

### **Statement of Tasks:**

The reviewer shall complete the following tasks in accordance with the terms of reference and specific tasks and deliverables herein.

Pre-review Background Documents: Two weeks before the workshop, the project coordinator, Dr. Billy Ernst will provide the reviewer the necessary background information (working documents in English, stock assessment model, etc.) for the workshop preparation. This material shall consist of stock assessment documents translated to English and other background material. The reviewer/collaborator shall read all documents in preparation for the workshop.

Workshop: The reviewer shall actively participate in the workshop and conduct an independent review of the assessment addressing each Term of Reference.

### **Specific Tasks for the Reviewer:**

The following chronological list of tasks shall be completed by the reviewer in a timely manner.

1. Conduct necessary pre-review preparations, including all the background material and reports provided by the University of Concepcion in advance to the workshop.
2. Actively participate during the workshop in Valparaíso (November 2014), conduct a review and generate a report with recommendations in accordance with the ToRs (**Annex 2**).
3. Participate in the nylon shrimp workshop and provide feedback (afternoons).
3. No later than the December 10th of 2014, submit a report addressed to the “Department of Oceanography, University of Concepción” and sent to Dr. Billy Ernst,

Lead Coordinator of the project, via email to [biernst@udec.cl](mailto:biernst@udec.cl). The report shall be written in English addressing each ToR in **Annex 2**.

4. The report (in English) shall include an executive summary with the main conclusions and recommendations about the review process. The main text shall include a description of activities, findings, conclusions and recommendations. An Annex shall include the terms of references, statement of work and the list of references used in the review process. This should be a

### **Acceptance of Deliverables:**

Upon review and acceptance of the independent peer review reports by the Project Lead Coordinator (Dr. Billy Ernst), these reports shall be sent to the Undersecretariat of Fisheries for final approval as contract deliverables based on compliance with the Statement of Work and Terms of reference. As specified in the Schedule of Milestones the University of Concepción shall send via e-mail the contract deliverables (Independent peer review reports) to the Undersecretariat of Fisheries project coordinator.

### **Schedule of Milestones and Deliverables:**

The group shall complete the tasks and deliverables described in this Statement of work in accordance with the following schedule.

<i>October 2014</i>	Project coordinator sends the Reviewer the pre-review documents.
<i>November 2014</i>	The reviewer participates and conducts an independent peer review during the panel review meeting in Valparaíso.
<i>December 2014</i>	Reviewers submit the independent peer review reports to the project lead coordinator.
<i>January 2015</i>	University of Concepción translates and submits Independent peer review reports to the Undersecretariat of Fisheries.
<i>January 2015</i>	Review and approval of Peer review reports upon compliance with Statement of Work and Terms of References

### **Applicable Performance Standards:**

The contract is successfully completed when the Chilean Undersecretariat of Fisheries project coordinator provides final approval of the contract deliverables. The acceptance of the contract deliverables shall be based on three performance standards:

- (1) The report shall be completed with the format and content in accordance with **Annex 1**,
- (2) The report shall address each ToR as specified in **Annex 2**,
- (3) The reports shall be delivered in a timely manner as specified in the schedule of milestones and deliverables.

## **Support Personnel:**

Project Coordinator:

Dr. Billy Ernst  
Department of Oceanography  
University of Concepción  
Barrio Universitario s/n  
Concepción, Chile.  
Phone: +56-41-2204012  
[biernst@udec.cl](mailto:biernst@udec.cl)

## **Annex 1: Format and Contents of the Independent Peer Review Report**

1. Each independent report shall be prefaced with an Executive Summary providing a concise summary of the findings and recommendations, and specify whether the science reviewed is the best scientific information available.
2. The main body of the reviewer report shall consist of a Background, Description of the Individual Reviewer's Role in the Review Activities, Summary of Findings for each ToR in which the weaknesses and strengths are described, and Conclusions and Recommendations in accordance with the ToRs.
  - a. Reviewers should describe in their own words the review activities completed during the review meeting, providing a brief summary of findings, of the science, conclusions, and recommendations.
  - b. Reviewer should elaborate on any points raised in the Executive Summary that they feel might require further clarification.
  - c. The independent report shall be a stand-alone document for others to understand the weaknesses and strengths of the science reviewed, regardless of whether or not they read the summary report. The independent report shall be an independent peer review of each ToRs, and shall not simply repeat the contents of the summary report.
4. The reviewer report shall include the following appendices:
  - Appendix 1: Bibliography of materials provided for review
  - Appendix 2: A copy of the Statement of Work
  - Appendix 3: Panel Membership or other pertinent information from the review meeting.



## **Annex 2 Chilean Sea Bass**

Provide feedback, recommendations and an independent peer review on:

1. To critically review the stock assessment approach, including underlying hypotheses of model structure and the conceptual model (regional versus global assessment) and the structure of the stock assessment model. Comment on potential improvements.
2. To critically review the life history parameters used in the assessment, with special emphasis on recruitment, growth, age-at-first maturity and natural mortality.
3. Comment on the consistency in the use of age information coming from scale and otoliths readings.
4. To review the quality and reliability of different pieces of information and estimation approaches used in the monitoring of the fishery, including CPUE and catch. Assess if the effect of the incorporation of the “*cachalotera*” has been properly addressed in the stock assessment model.
5. Do the selected case studies represent the main axis of model uncertainty and comment on the base case chosen for this assessment?
6. To review the configuration of the stock assessment model, check if it is properly implemented and assessed its performance based on additional model runs requested during the workshop.
7. To comment on the biological reference points, the indicators used for this fishery and the determination of the stock status. Make recommendations.
8. To comment on the procedures used for projecting the stock into the future, in particular to comment on the robustness of the risk analysis to assess the risk of not achieving the desired objectives.
9. Recommend improvements to the assessment process (studies and research programs) which may ultimately lead to a reduction in stock status uncertainty.

### **Apéndice 3: Miembros del Panel de Revisión y Asistentes**

#### **Panel de Revisión**

Dr. Catherine Dichmont (CSIRO) – Camarón Nylon

Dr. Tom Polacheck (Consultor Independiente) – Bacalao de Profundidad

#### **Coordinador del Proyecto y Chair**

Dr. Billy Ernst (UDEC)

#### **Participantes y Asistentes**

Nº	Apellido	Nombre	Institución
1	Adasme	Luis	IFOP
2	Arana	Patricio	PUCV
3	Bucarey	Doris	IFOP
4	Canales	Cristian	IFOP
5	Chong	Liu	IFOP
6	Ferrada	Sandra	UdeC
7	Guzman	Oscar	IFOP
8	Leal	Elson	IFOP
9	Ojeda	Vilma	IFOP
10	Oyarzún	Ciro	CCT
11	Rivas	Dario	SubPesca
12	Rubilar	Pedro	CEPES
13	Tascheri	Renzo	IFOP
14	Uriarte	Manuel	
15	Wiff	Rodrigo	
16	Zuleta	Alejandro	CEPES
16	Mermoud	Nicole	UDEC

## **Apéndice 4: Resumen de las corridas del modelo de evaluación desarrolladas durante el Taller de Revisión**

### **Reviewer Notes:**

This appendix contains the summary tables for the runs performed during the review workshop and provided to the participants on the last day of the workshop. All runs in this set except for runs 8 and 9 were run with the aging error matrix switched on (see above for how this was applied). Run 1 was intended to replicate the results in the Assessment Report (but in fact the results presented in the Assessment Report as described in Appendix 5 had the matrix switched off). This run used the aging matrix in Appendix Table 4.1. This was apparently the intended matrix which was meant to be applied in fitting the model, although the Assessment Report reports that a different table was the one intended to be used (Table 8 in the Assessment Report). All other runs in which the aging matrix was applied used a corrected version of Appendix Table 4.1 in which the columns have been normalized to sum to 1 (see above). This corrected aging error matrix is provided in Appendix Table 4.2. This same aging error matrix (Appendix Table 4.2) was used in the calculations for the runs in Appendix 5 in which the aging error matrix was switched on.

Note that the specification of “no changes in catchability” in this appendix differs from that in Appendix 5 and as such the runs in which this is specified here (Runs 11, 16 and 19) are not comparable with those in Appendix 5. In the runs here, there was a lack of clarity about what the intended specification was and how changes in  $q$  were implemented in the computer code. The intention was that within each of the 3 input CPUE series no changes in  $q$  were to be allowed, but that each series would have a separate estimated  $q$ . However, for the two CPUE series from the Chilean Industrial Fleet, the code internally treats these as a single series with separate  $q$ 's for each. When no changes in catchability was specified, this was implemented so that no change was allowed in  $q$  for the two different Chilean CPUE series. The  $q$  estimated in this context makes no logical sense as the two series use different measures of effort which are incomparable in scale (hooks versus a set). The results from these three runs should be disregarded. The results provide no meaningful estimates of the stock status and are not meaningfully comparable with any of the other run results.





**Chilean stock assessment of Patagonian toothfish**  
**Summary of the runs made for Case 1 (industrial fleet + Argentinian longline and trawl fleet).**

The situations analyzed were:

1. Base case (run without changing anything)
2. Base case 2 (aging-error matrix normalized to sum zero)
3. M=0.1
4. M=0.2
5. CPUE Argentina with a cv=0.4
6. Argentinean catch age compositions n=10
7. All age comps n=10
8. No age correction
9. No age correction and Argentinean catch age compositions n=10
10. Argentinean CPUE with a cv=0.3
11. No changes in catchability
12. Argentinean trawl fleet with dome shape selectivity.
13. No selectivity changes over time. All fleets.
14. Estimated M symmetrical bounds
15. Estimated M asymmetrical bound
16. No catchability or selectivity changes over time
17. All CPUE with cv=0.3
18. All age comps N=25
19. A combination of 16, 17, 18 and 19: No catchability or selectivity changes over time, All CPUE with cv=0.3, All age comps N=25.

**Table 1.** Likelihood components Model Case 1 (Base case).

Cases/Like.components	Likelihood Components											
	Age comps Chile	Age comps Ar 1	Age comps Ar 2	Cpue Chile 1	cpue Chile 2	cpue Ar.	Catch Chile	Catch Ar. 1	Catch Ar. 2	Recruit devs.	Initial condition	
1	2787	1343	1277	23.2	2.8	24.6	0.152	0.016	0.005	2.94	7.86	
2	2786	1343	1277	23.3	2.7	24.6	0.150	0.016	0.005	2.90	7.66	
3	2792	1342	1278	22.3	2.3	22.7	0.211	0.023	0.008	1.83	8.91	
4	2782	1344	1277	24.5	3.2	26.5	0.100	0.010	0.004	4.34	8.26	
5	2783	1342	1278	23.4	4.7	8.1	0.058	0.006	0.002	1.83	6.22	
6	2784	269	256	24.0	2.6	23.5	0.110	0.012	0.005	2.94	7.70	
7	561	270	255	22.4	1.6	19.3	0.072	0.011	0.004	3.80	4.40	
8	2803	1343	1277	25.2	1.5	28.9	0.192	0.033	0.009	2.64	7.61	
9	2800	270	263	25.0	1.1	25.6	0.101	0.025	0.010	3.17	8.02	
10	2784	1342	1277	23.2	4.0	13.1	0.078	0.008	0.003	2.09	6.68	
11	2824	1345	1277	91.0	114.4	54.3	0.974	0.051	0.024	1.10	4.63	
12	2785	1343	1272	24.0	1.5	23.7	0.146	0.013	0.007	3.59	7.93	
13	2799	1342	1344	23.7	5.8	22.6	0.224	0.027	0.009	8.33	11.24	
14	2787	1343	1277	23.2	2.6	24.5	0.154	0.016	0.006	2.80	7.66	
15	2784	1344	1277	24.0	2.9	25.7	0.120	0.012	0.005	3.72	7.87	
16	2824	1348	1328	112.9	133.6	67.7	0.754	0.050	0.033	2.65	3.48	
17	2782	1342	1278	10.4	2.2	14.1	0.049	0.005	0.002	1.88	6.42	
18	1397	672	638	23.0	1.9	21.9	0.094	0.012	0.004	3.30	5.85	
19	1412	673	665	51.8	60.6	29.5	0.152	0.010	0.006	1.69	1.86	

Table 2. Parameters and other relevant quantities. Model Case 1 (Base case).

Case/quantity	Depletion 2013	SSB 2013	Bo	Max.Grad.	Obj.Fun.	M
1	0.15	13955	90632	1.66E-05	5468	0.15
2	0.15	13593	89193	7.11E-06	5468	0.15
3	0.08	10413	123288	3.60E-05	5470	0.1
4	0.24	18702	79198	7.88E-06	5470	0.2
5	0.23	22303	97488	7.19E-05	5447	0.15
6	0.15	13409	90890	8.77E-06	3370	0.15
7	0.09	8641	94044	4.86E-06	1137	0.15
8	0.10	7171	68971	1.88E-06	5489	0.15
9	0.09	6533	69380	1.56643	3396	0.15
10	0.20	19047	94467	1.28E-05	5453	0.15
11	0.40	42540	107635	3.91E-06	5712	0.15
12	0.12	10331	87444	2.25E-05	5461	0.15
13	0.16	12598	78313	4.98E-06	5557	0.15
14	0.15	13328	90633	9.11E-06	5468	0.146
15	0.20	63953	81508	1.03E-05	5469	0.178
16	0.58	284162	127487	1.43E-05	5822	0.15
17	0.23	82048	96865	3.29E-06	5437	0.15
18	0.12	45906	91688	1.13E-05	2763	0.15
19	0.55	280731	131618	6.69E-06	2896	0.15

## **Apéndice 5: Resumen de las corridas del modelo de Evaluación entregadas al revisor a mediados de Diciembre, 2014**

### **Notas del revisor:**

This appendix contains the summary table for the revised assessment runs performed after the review workshop and provided to the reviewer in mid-December. All the runs with the exception of Run 2 were intended to have been run with the aging error matrix switched off (see note from the Assessment Report author below). However, Run 12 was also run with the aging error matrix switched on for the years 1989-2006, as in Run 2. Thus, Run 2, and not Run 1, is directly comparable with Run 12 in terms of allowing M to be estimated within the model. Also the values in Table 1 for Run 8 have been mistakenly tabled and are simply a copy of those for Run 7. The aging error matrix applied in this appendix corresponds to that provided in Appendix Table 4.2.

Note that “no catchability changes” in runs 9, 13 and 16 means that no changes in catchability or the “q” parameter were allow within each of the three CPUE used in fitting the model. However, a separate q was estimated for each CPUE series (see above for more detail).



December 15, 2014

### **Chilean stock assessment of Patagonian toothfish**

---

#### **Summary of the runs made for Case 1 (industrial fleet + Argentinean Longline and Trawl fleet).**

---

##### **Note from the assessment author**

A series of 19 runs for Case 1 of the Chilean toothfish stock assessment, as it was informed in the August 2014 report to the Chilean Undersecretary of Fisheries, was performed during the peer review workshop held in November 2014. The first run (Run 1), was intended to be the base case (nothing should be changed, so it will correspond to the original case presented in the August report), this turned out not to be the case.

By the time of the peer review, several new cases had been analyze after the August report, and even a second report was issued in September, in the context of the Chilean process of advice on biological acceptable levels of catch and as could be expected, a number of runs on each of these new cases had already been performed. Thus during the peer review, the author used one of the more up to date versions of the model code, not noticing that the actual numbers in the results for “Run 1” were not matching those included in the August report.

The following is the report of a new rerun of the same cases done in the peer review workshop, this time using a version of the code that do recreates the results of the original report for Run 1.

In the Chilean toothfish 2014 stock assessment, a matrix of empirical probabilities was used to account for the age reading error that stemmed from the fact that until 2006 age readings were performed using the fish scales although this data was produced using the otoliths afterwards. Accordingly when the matrix was used, during run time it was switched on for years 1989 to 2006 and switched off for the rest of the years included in the assessment. It turned out, that when the results of the August report were produced, the reading error matrix was switch off. Therefore, the runs of the model performed during the peer review workshop were rerun and the results are presented in this report. Given the circumstances described here, all the runs were done again with the reading error matrix switched off except for Run 2.

Because of the aforementioned, the original Runs 8 and 9 requiring switching off the reading error matrix were not included in the runs performed for this report.

The request of the reviewer to redo the original Runs 11, 16 and 19, allowing for the two Chilean CPUE series to have different values for catchability, was considered in this new series of runs.

## Results

The situations analyzed were:

1. Base case (run without changing anything. **Aging-error matrix inactive !**)
2. Base case 2 (aging-error matrix normalized to sum zero)
3. M=0.1
4. M=0.2
5. CPUE Argentina with a cv=0.4
6. Argentinean catch age compositions n=10
7. All age comps n=10
8. Argentinean CPUE with a cv=0.3
9. No changes in catchability
10. Argentinean trawl fleet with dome shape selectivity.
11. No selectivity changes over time. All fleets.
12. Estimated M
13. No catchability or selectivity changes over time
14. All CPUE with cv=0.3
15. All age comps N=25
- 16 A combination of 16, 17, 18 and 19: No catchability or selectivity changes over time, All CPUE with cv=0.3, All age comps N=25.

**Table 1.** Likelihood components Model Case 1 (Base case).

Cases/Like.components	Likelihood Components										
	Age comps Chile	Age comps Ar 1	Age comps Ar 2	Cpue Chile 1	cpue Chile 2	cpue Ar.	Catch Chile	Catch Ar. 1	Catch Ar. 2	Recruit . dev.	Initial condition
1	2803	1343	1277	25.2	1.5	28.9	0.192	0.033	0.009	2.64	7.61
2	2786	1343	1277	23.3	2.7	24.6	0.150	0.016	0.005	2.90	7.66
3	2809	1343	1277	23.3	1.4	26.9	0.256	0.042	0.011	2.72	10.86
4	2798	1344	1277	27.1	1.6	30.1	0.127	0.021	0.007	3.68	6.96
5	2799	1342	1277	26.4	2.2	8.6	0.076	0.008	0.002	2.18	7.96
6	2800	270	256	25.2	1.3	27.1	0.140	0.031	0.007	2.64	7.60
7	569	271	255	21.1	1.4	18.0	0.051	0.015	0.005	2.29	2.18
8	569	271	255	21.1	1.4	18.0	0.051	0.015	0.005	2.29	2.18
9	2814	1353	1273	52.9	3.0	29.1	0.610	0.157	0.026	1.97	5.14
10	2797	1342	1274	25.7	1.2	29.3	0.180	0.030	0.008	3.25	7.87
11	2810	1341	1335	25.8	3.2	31.5	0.164	0.028	0.011	11.72	10.65
12	2784	1344	1277	24.0	2.9	25.7	0.120	0.012	0.005	3.72	7.87
13	2829	1344	1329	60.1	5.9	38.6	0.565	0.122	0.061	7.93	6.92
14	2797	1342	1277	11.8	1.6	15.6	0.073	0.009	0.002	2.12	8.05
15	1408	673	638	23.5	1.4	24.5	0.113	0.024	0.007	2.28	4.18
16	1416	672	667	27.6	3.3	16.6	0.101	0.022	0.011	4.23	4.33

Table 2. Parameters and other relevant quantities. Model Case 1 (Base case).

Case/quantity	Depletion 2013	SSB 2013	Bo	Max.Grad.	Obj.Fun.	M
1	0.1	7171	68971	0.000005	5489	0.15
2	0.15	13593	89192	0.000005	5468	0.15
3	0.06	5942	101092	0.000008	5494	0.1
4	0.16	9010	56365	0.000013	5489	0.2
5	0.15	10380	70310	0.000053	5465	0.15
6	0.09	6627	70190	0.000007	3390	0.15
7	0.07	5800	78084	0.000008	1139	0.15
8	0.12	8640	69274	0.000007	5472	0.15
9	0.13	9838	74549	0.000011	5534	0.15
10	0.1	7171	68581	0.000006	5481	0.15
11	0.15	9149	59348	0.000024	5569	0.15
12	0.2	16059	81508	0.00003	5469	0.18
13	0.19	12611	67526	0.000033	5623	0.15
14	0.16	11452	70671	0.000008	5456	0.15
15	0.09	6634	74603	0.000009	2774	0.15
16	0.21	15183	73719	0.000009	2811	0.15

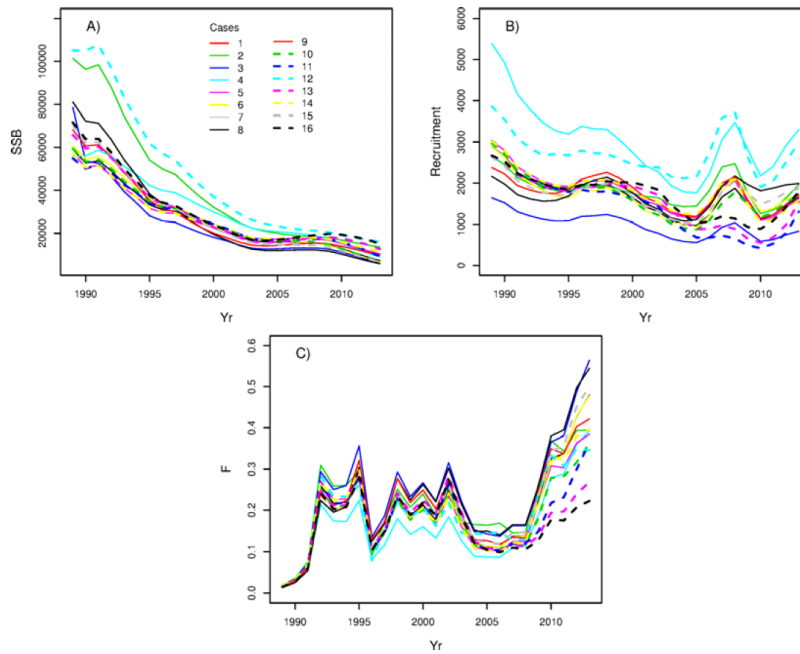


Figure 1. Spawning biomass (A), recruitment (B) and fishing mortality (C) series corresponding to 16 runs of the Chilean toothfish stock assessment model for Case 1, informed in the August 2014 report to the Chilean Undersecretary of Fisheries.

## **Apéndice 6: Comparación de las estimaciones de la talla media a la edad y el peso medio a la edad**

In this appendix, the reviewer explored the length-at-age and weight-at-age implication for the some of the different parametric growth curves and weight-at-length relationships that have been estimated for toothfish. The estimates for the parameters of the growth curves (VBG) were taken from Table 2 of the Assessment Report for those estimates that had been derived for either Chile or the Patagonian Shelf areas. These parameter estimates are provided here as Table Appendix 6-1. The expected mean length-at-age based on these parameter estimates for ages 1-29 are provided in Appendix Table 6-2. Parameters for the weight-length relationship were taken from Gálvez et al (2013) and provided in Table Appendix 6-3. Table Appendix 6-4 provides estimates of the mean length-at-age for the set of length-at-age estimates in Appendix Table 6-2 crossed with the weight-length parameters in Appendix Table 6-3. Note that the graphs in the main body of the text are based on the weight-length parameters for both sexes combined in Appendix Table 6-3 (i.e. the graph are based on the numbers shown in Appendix Table 6-4c).

**Table Appendix 6-1:** The set of VBG parameter values from Table 2 of the Assessment Report that were derived from data collected from Chile and the Patagonian Shelf Area. These values were used in this appendix to provide an indication of the range of values for the mean length-at-age and mean weight-at-age that would be reasonable to expect for these within the stock Assessment

Parm.	Parameter Set									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linf	141.4	120.7	184.7	209.7	195.6	177.8	218	152.2	210.8	212.6
K	0.15	0.13	0.065	0.064	0.074	0.109	0.048	0.085*	0.064	0.066
Tzero	-1.1	-1.55	0.386	-1.151	-0.721	0.00	-0.066	-0.59	-0.432	-0.477

\*In the Assessment Report the tabled value was 0.85. This value was totally inconsistent with any of the other values of k. It also yielded extreme and unrealistic values for the mean length at age. The reviewer assumed that a typo occurred and that the intended value was 0.085

**Table Appendix 6-2:** Estimate of the mean length-at-age (cm) based on the VBG parameter sets in Table Appendix 6.1.

Age	Parameter Set									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.0	38.2	34.1	7.2	27.0	23.4	18.4	10.9	19.2	18.5	19.7
2.0	52.6	44.6	18.4	38.3	35.8	34.8	20.6	30.1	30.4	32.1
3.0	65.0	53.9	28.9	48.9	47.2	49.6	29.8	40.0	41.6	43.6
4.0	75.6	62.0	38.7	58.9	57.8	62.8	38.7	49.2	52.1	54.4
5.0	84.8	69.2	47.9	68.2	67.7	74.7	47.1	57.6	61.9	64.5
6.0	92.7	75.5	56.5	77.0	76.8	85.4	55.1	65.3	71.1	74.0
7.0	99.4	81.0	64.5	85.2	85.3	94.9	62.7	72.4	79.8	82.8
8.0	105.3	85.8	72.1	93.0	93.2	103.5	70.0	78.9	87.9	91.1
9.0	110.3	90.1	79.2	100.2	100.5	111.1	76.9	84.8	95.5	98.9
10.0	114.6	93.8	85.8	107.0	107.3	118.0	83.5	90.3	102.7	106.1
11.0	118.4	97.1	92.1	113.3	113.6	124.2	89.8	95.4	109.4	112.9
12.0	121.6	100.0	97.9	119.3	119.5	129.7	95.8	100.0	115.7	119.3
13.0	124.3	102.5	103.3	124.9	124.9	134.7	101.6	104.3	121.6	125.2
14.0	126.7	104.7	108.5	130.2	130.0	139.1	107.0	108.2	127.1	130.8
15.0	128.8	106.7	113.3	135.1	134.7	143.1	112.2	111.8	132.3	136.1
16.0	130.5	108.4	117.8	139.7	139.0	146.7	117.2	115.0	137.2	140.9
17.0	132.0	109.9	122.0	144.1	143.1	149.9	121.9	118.1	141.7	145.5
18.0	133.3	111.2	125.9	148.1	146.8	152.8	126.4	120.9	146.0	149.8
19.0	134.5	112.4	129.6	152.0	150.3	155.4	130.7	123.4	150.0	153.8
20.0	135.4	113.4	133.1	155.5	153.6	157.7	134.8	125.8	153.8	157.6
21.0	136.3	114.3	136.3	158.9	156.6	159.8	138.7	127.9	157.3	161.1
22.0	137.0	115.0	139.4	162.0	159.4	161.6	142.4	129.9	160.6	164.4
23.0	137.6	115.7	142.2	165.0	162.0	163.3	146.0	131.7	163.7	167.5
24.0	138.1	116.3	144.9	167.8	164.4	164.8	149.3	133.4	166.7	170.3
25.0	138.6	116.9	147.4	170.4	166.6	166.1	152.5	134.9	169.4	173.0
26.0	139.0	117.3	149.8	172.8	168.7	167.3	155.6	136.3	172.0	175.6
27.0	139.3	117.7	152.0	175.1	170.6	168.4	158.5	137.6	174.4	177.9
28.0	139.6	118.1	154.0	177.2	172.4	169.4	161.3	138.8	176.6	180.1
29.0	139.9	118.4	155.9	179.3	174.0	170.3	164.0	139.9	178.8	182.2

**Table Appendix 6.3:** Estimates of the range of weight at length parameters used to estimate the range of mean weight at age values that are consistent with the range mean length at age in Table Appendix 6.2. Values taken from Gálvez et al (2013).

	a	B
Males	0.006754	3.096425
Females	0.005498	3.144316
Both	0.006204	3.116188

**Table Appendix 6-4:** Estimates of the mean weight-at-age using the mean length-at-age estimates in Table Appendix 6-2 and the parameter set for the weight-length relationship in Table Appendix 6-3.

**Table Appendix 6-4a:** for males

Age	Parameter Set									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.5	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
2	1.4	0.9	0.1	0.5	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3
3	2.8	1.6	0.2	1.2	1.0	1.2	0.2	0.6	0.7	0.8
4	4.4	2.4	0.6	2.0	1.9	2.5	0.6	1.2	1.4	1.6
5	6.3	3.4	1.1	3.2	3.1	4.3	1.0	1.9	2.4	2.7
6	8.3	4.4	1.8	4.7	4.7	6.4	1.7	2.8	3.7	4.1
7	10.3	5.5	2.7	6.4	6.4	9.0	2.5	3.9	5.2	5.9
8	12.4	6.6	3.8	8.4	8.5	11.7	3.5	5.0	7.1	7.9
9	14.3	7.6	5.1	10.6	10.7	14.6	4.7	6.3	9.1	10.2
10	16.1	8.6	6.6	13.0	13.1	17.6	6.0	7.7	11.4	12.7
11	17.8	9.6	8.1	15.5	15.6	20.6	7.6	9.1	13.9	15.3
12	19.3	10.5	9.9	18.2	18.3	23.6	9.2	10.5	16.5	18.2
13	20.7	11.4	11.7	21.0	21.0	26.5	11.0	12.0	19.3	21.1
14	21.9	12.1	13.5	23.8	23.7	29.3	13.0	13.4	22.1	24.2
15	23.0	12.9	15.5	26.7	26.5	32.0	15.0	14.9	25.0	27.3
16	24.0	13.5	17.5	29.7	29.2	34.5	17.2	16.3	28.0	30.5
17	24.9	14.1	19.5	32.6	31.9	36.9	19.4	17.6	31.0	33.6
18	25.7	14.6	21.5	35.6	34.6	39.1	21.8	18.9	34.0	36.8
19	26.3	15.1	23.5	38.5	37.2	41.2	24.1	20.2	37.0	39.9
20	26.9	15.5	25.5	41.3	39.7	43.1	26.5	21.4	39.9	43.0
21	27.4	15.9	27.5	44.2	42.2	44.9	29.0	22.6	42.8	46.1
22	27.9	16.3	29.4	46.9	44.6	46.6	31.5	23.7	45.7	49.1
23	28.3	16.6	31.3	49.6	46.9	48.1	34.0	24.7	48.5	52.0
24	28.6	16.8	33.2	52.3	49.0	49.5	36.4	25.7	51.2	54.8
25	28.9	17.1	35.0	54.8	51.1	50.7	38.9	26.6	53.9	57.5
26	29.2	17.3	36.8	57.3	53.1	51.9	41.4	27.5	56.4	60.2
27	29.4	17.5	38.5	59.7	55.0	52.9	43.9	28.3	58.9	62.7
28	29.6	17.6	40.1	62.0	56.8	53.8	46.3	29.1	61.3	65.1
29	29.7	17.8	41.7	64.2	58.6	54.7	48.7	29.8	63.6	67.5



**Table Appendix 6-4b:** for females

Age	Parameter Set									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.5	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
2	1.4	0.8	0.1	0.5	0.4	0.4	0.1	0.2	0.3	0.3
3	2.8	1.5	0.2	1.1	1.0	1.2	0.2	0.6	0.7	0.8
4	4.4	2.4	0.5	2.0	1.9	2.5	0.5	1.1	1.4	1.6
5	6.4	3.4	1.1	3.2	3.1	4.3	1.0	1.9	2.4	2.7
6	8.4	4.4	1.8	4.7	4.7	6.5	1.6	2.8	3.7	4.1
7	10.5	5.5	2.7	6.5	6.5	9.1	2.5	3.9	5.3	5.9
8	12.6	6.6	3.8	8.5	8.6	11.9	3.5	5.1	7.1	8.0
9	14.6	7.7	5.1	10.7	10.9	14.9	4.7	6.4	9.3	10.3
10	16.4	8.7	6.6	13.2	13.3	18.0	6.1	7.8	11.6	12.9
11	18.2	9.7	8.2	15.8	16.0	21.1	7.6	9.2	14.2	15.7
12	19.8	10.7	10.0	18.6	18.7	24.2	9.3	10.7	16.9	18.6
13	21.2	11.5	11.9	21.5	21.5	27.3	11.2	12.2	19.7	21.7
14	22.5	12.4	13.8	24.5	24.4	30.2	13.2	13.7	22.7	24.9
15	23.7	13.1	15.8	27.5	27.2	33.0	15.4	15.2	25.8	28.1
16	24.7	13.8	17.9	30.6	30.1	35.7	17.6	16.6	28.9	31.4
17	25.6	14.4	20.0	33.7	33.0	38.2	19.9	18.0	32.0	34.8
18	26.4	14.9	22.1	36.8	35.8	40.5	22.3	19.4	35.1	38.1
19	27.1	15.4	24.2	39.8	38.5	42.7	24.8	20.7	38.3	41.4
20	27.7	15.9	26.2	42.9	41.2	44.8	27.3	22.0	41.4	44.6
21	28.3	16.3	28.3	45.8	43.8	46.6	29.9	23.2	44.4	47.8
22	28.7	16.6	30.4	48.7	46.3	48.4	32.5	24.3	47.4	51.0
23	29.1	16.9	32.3	51.6	48.7	50.0	35.1	25.4	50.4	54.0
24	29.5	17.2	34.3	54.4	51.0	51.4	37.7	26.4	53.3	57.0
25	29.8	17.4	36.2	57.1	53.2	52.7	40.3	27.4	56.1	59.9
26	30.1	17.7	38.0	59.7	55.3	53.9	42.9	28.3	58.8	62.7
27	30.3	17.9	39.8	62.2	57.3	55.0	45.5	29.2	61.4	65.4
28	30.5	18.0	41.5	64.6	59.2	56.0	48.1	30.0	63.9	68.0
29	30.7	18.2	43.2	67.0	61.0	57.0	50.6	30.7	66.4	70.5

**Table Appendix 6-4c: combined**

Age	Parameter Set									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.5	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
2	1.4	0.9	0.1	0.5	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3
3	2.8	1.5	0.2	1.1	1.0	1.2	0.2	0.6	0.7	0.8
4	4.4	2.4	0.5	2.0	1.9	2.5	0.5	1.2	1.4	1.6
5	6.3	3.4	1.1	3.2	3.1	4.3	1.0	1.9	2.4	2.7
6	8.4	4.4	1.8	4.7	4.7	6.5	1.7	2.8	3.7	4.1
7	10.4	5.5	2.7	6.4	6.5	9.0	2.5	3.9	5.2	5.9
8	12.4	6.6	3.8	8.4	8.5	11.8	3.5	5.1	7.1	7.9
9	14.4	7.6	5.1	10.7	10.8	14.7	4.7	6.3	9.2	10.2
10	16.2	8.7	6.6	13.1	13.2	17.8	6.0	7.7	11.5	12.7
11	17.9	9.7	8.2	15.7	15.8	20.8	7.6	9.1	14.0	15.5
12	19.5	10.6	9.9	18.4	18.5	23.8	9.3	10.6	16.7	18.4
13	20.9	11.4	11.7	21.2	21.2	26.8	11.1	12.1	19.5	21.4
14	22.2	12.2	13.6	24.1	24.0	29.7	13.1	13.5	22.4	24.5
15	23.3	13.0	15.6	27.1	26.8	32.4	15.2	15.0	25.3	27.6
16	24.3	13.6	17.6	30.0	29.6	35.0	17.4	16.4	28.4	30.9
17	25.2	14.2	19.7	33.1	32.3	37.4	19.6	17.8	31.4	34.1
18	26.0	14.7	21.7	36.0	35.1	39.7	22.0	19.1	34.5	37.3
19	26.7	15.2	23.8	39.0	37.7	41.8	24.4	20.4	37.5	40.5
20	27.3	15.7	25.8	42.0	40.3	43.8	26.9	21.6	40.5	43.7
21	27.8	16.1	27.8	44.8	42.8	45.6	29.4	22.8	43.5	46.8
22	28.2	16.4	29.8	47.7	45.3	47.3	31.9	23.9	46.4	49.8
23	28.6	16.7	31.8	50.4	47.6	48.8	34.4	25.0	49.3	52.8
24	29.0	17.0	33.6	53.1	49.8	50.2	37.0	26.0	52.0	55.7
25	29.3	17.2	35.5	55.7	52.0	51.5	39.5	26.9	54.7	58.5
26	29.5	17.4	37.3	58.3	54.0	52.7	42.0	27.8	57.4	61.2
27	29.8	17.6	39.0	60.7	56.0	53.8	44.5	28.6	59.9	63.8
28	30.0	17.8	40.7	63.0	57.8	54.7	47.0	29.4	62.4	66.3
29	30.1	17.9	42.3	65.3	59.6	55.6	49.5	30.2	64.7	68.7