



INFORME DE ESTATUS

Convenio de Desempeño 2015

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016:

Bacalao de profundidad, 2016

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Septiembre 2015



INFORME DE ESTATUS

Convenio de Desempeño 2015
Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016:

Bacalao de profundidad, 2016

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Septiembre 2015

REQUIRENTE

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretario de Economía y Empresas de Menor Tamaño
Katia Trusich Ortiz

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

JEFE DE PROYECTO

Renzo Tascheri Oyaneder

AUTORES

Renzo Tascheri Oyaneder
Cristian Canales Ramírez



RESUMEN EJECUTIVO

Este Informe de Estatus reporta los análisis y resultados de la evaluación de stock de bacalao de profundidad implementada durante el año 2015. En él se entrega el marco de referencia de antecedentes pesqueros y biológicos, la aproximación de este estudio al problema de la evaluación de stock de bacalao de profundidad, los métodos utilizados, los resultados de la evaluación de stock, el análisis de incertidumbre del modelo y el análisis y determinación del estado de situación de la pesquería (Estatus), condicional a los supuestos, métodos y datos utilizados en el estudio.

En esta evaluación de stock, se consideraron toda la información y datos disponibles, incluyendo las fuentes de información y datos sólo disponibles a este proyecto a partir del año 2014.

De acuerdo con esto, los antecedentes de esta evaluación incluyeron:

- Biología, historia de vida y ecología de la especie.
- Descripción de la actividad pesquera sustentada en el recurso.
- Las medidas de administración pesquera.
- Los modelos conceptuales para la evaluación de stock de bacalao de profundidad.
- Los datos, supuestos, métodos, plataforma computacional y resultados de los análisis de evaluación de stock y del estado de situación del recurso.
- El estatus actualizado de la pesquería

Se utilizó un modelo estadístico de análisis de captura a la edad con el cual se analizaron dos casos:

En el Caso 1, el modelo fue ajustado a los datos de captura de la flota industrial (1989 a 2014) y artesanal (1978 a 2014) de Chile y las flotas de palangre (1991 a 2014) y arrastre (1986 a 2014), que desarrollan su actividad en el Atlántico Oeste en la ZEE de Argentina, la composición de edades de la captura industrial y artesanal (2007 a 2014), las composiciones de longitud de la captura industrial (1991 a 2006) y artesanal (1995 a 2006) y las composiciones de tamaño de las capturas de palangre y arrastre argentinas (2003 a 2014) y cinco índices de abundancia relativa, estimados con datos de captura y esfuerzo de: la pesca industrial chilena con palangre español (1991 a 2006), la pesca industrial chilena con cachaloteras (2007 a 2014), la pesca argentina con palangre (1994 a 2014), la pesca argentina con cachalotera (2009 a 2014) y la pesca artesanal chilena (1986 a 2014).

En el Caso 2, el modelo fue ajustado a los datos las pesquerías chilenas solamente: capturas de las flotas industrial y artesanal, composición de edades y de longitud de las capturas industriales y artesanales e índices de abundancia relativa basados en datos de la pesquería industrial de palangre, cachalotera y de la pesquería artesanal.



El modelo de evaluación fue implementado usando el “Modelo de Evaluación para Alaska” (AMAK), desarrollado en AD Model Builder por el National Marine Fisheries Service de Estados Unidos.

La dinámica de la población sigue el número de individuos por edades a través de la historia de las capturas con la mortalidad natural y por pesca actuando sobre los 28 grupos de edad que fueron modelados (3 a 30+). Los reclutamientos de edad 3 en cada año, fueron estimados como desviaciones desde el valor medio esperado de una curva de stock-reclutas de Beverton y Holt.

Las desviaciones de los valores esperados respecto de los observados, son cuantificadas mediante la especificación de un modelo de error y una función de verosimilitud penalizada.

Se estimaron también los puntos biológicos de referencia sustitutos del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), de acuerdo a lo adoptado por el Comité Científico Técnico de Recursos Demersales de Aguas Profundas en su sesión de enero de 2015.

La estimación puntual de la biomasa desovante presente en el año 2014, fue en el Caso 1 igual a 32.592 toneladas, lo que equivale a un 15% de la biomasa virginal. En el Caso 2, la biomasa desovante del último año fue estimada en 16.900 toneladas, lo que corresponde a un 13% de la biomasa virginal.

Para establecer el estatus actualizado del recurso, se construyó el marco biológico de referencia para esta pesquería, según lo descrito en la Def. 59 de la LGPA, Título I Artículo 2. De acuerdo con este marco y los resultados de los dos casos estudiados en la evaluación de stock (condicionados a los datos y supuestos utilizados en esta evaluación), el estado de situación de la pesquería de bacalao de profundidad es de **sobreexplotación** y en **estado de colapso**, con una probabilidad igual a 1. La probabilidad de que la mortalidad por pesca en el año 2014 haya excedido la mortalidad que produce el RMS (situación con sobrepesca) fue también determinada en un valor igual a 1.



ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN EJECUTIVO.....	i
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1 Pesquería	3
2.2 Medidas de administración	11
2.3 Biología del recurso	14
2.3.1 Distribución y estructura del stock	14
2.3.2 Modelo conceptual.....	18
2.3.3 Historia de vida	20
2.4 Métodos de evaluación de stock.....	31
3. METODOLOGÍA.....	32
3.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock.	32
3.1.1 Datos e información	32
3.1.2 Descripción general del modelo.....	46
3.1.3 Estructura del modelo	46
3.1.4 Diagnóstico del modelo de evaluación.....	51
4.2 Objetivo 2: Establecer el estatus actualizado del recurso	53
4.3 Objetivo 3: Brindar al Comité Científico asesoría para el análisis de posibilidades de explotación y determinación de la Captura Biológicamente Aceptable.....	56
4.4 Objetivo 4: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica	56
4. RESULTADOS	57
4.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock.	57
4.1.1 Medidas de ajuste.....	57
4.1.2 Estimaciones de los parámetros	70
4.1.3 Incertidumbre del modelo.	80
4.2 Resumen de la evaluación de stock	86
4.3 Objetivo 2: Calcular los Puntos Biológicos de Referencia	87
4.4 Objetivo 3: Establecer el estatus actualizado de estos recursos	88
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	92
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96



ANEXOS

- Anexo 1.** Estimación de los índices de abundancia relativa.
- Anexo 2.** Modelo de evaluación de stock (Descripción matemática).
- Anexo 3.** Análisis de residuales de los datos de composición de edad y longitud de las capturas.
- Anexo 4.** Observaciones y recomendaciones de la revisión por pares 2014.
- Anexo 5.** Datos 2015: Bacalao de Profundidad (*Archivo de Datos incluidos en CD, al inicio del Documento*).



1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1 Objetivo general

Estimar la composición, abundancia y biomasa y actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales e incertidumbre asociada, proveyendo toda la información y prestando la mejor asesoría a los Comités Científico Técnico en el análisis de sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables y los niveles de riesgo involucrados, en horizontes de corto y mediano plazo.

1.2 Objetivos específicos

- I. Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de bacalao de profundidad con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.
- II. Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores de estado y flujo, incorporando la incertidumbre de estimación involucrada, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, acorde con los estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y recomendados por los Comités Científico y Técnico respectivos.
- III. Brindar al Comité Científico Técnico correspondiente la asesoría técnica necesaria, proveyendo los datos, antecedentes e información necesarios para el análisis de las posibilidades de explotación y la determinación de los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, para la siguiente temporada extractiva anual (año 2016), con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado de mediano y largo plazo, conforme a lo dispuesto por la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
- IV. Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) que permita registrar la historia de las mejoras realizadas en la evaluación de stock, incluyendo el desarrollo de las recomendaciones realizadas tanto en el proceso de calificación técnica como en las revisiones por pares, cuando corresponda.



2. ANTECEDENTES

Este proyecto hace uso de métodos indirectos de evaluación de stock para integrar información actualizada acerca de la biología, demografía y pesquería de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*, Smitt, 1898), a fin de actualizar su estado de situación conforme a las disposiciones del Artículo N°2 Título I de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA).

Como información actualizada se entiende aquella disponible a la fecha de ejecución de este estudio, la que incluye tanto aquella producida por el programa de investigación permanente para la administración pesquera (el seguimiento sistemático de la pesquería y este proyecto), la investigación de carácter ocasional acerca de la biología, ecología y explotación pesquera de este recurso, disponible a través de publicaciones científicas, tesis de pre y post grado y/o reportes científico-técnicos de carácter público y los informes de revisión de pares tanto nacionales como internacionales.

Este estudio se ejecuta para proveer antecedentes para la adopción de las medidas de administración y conservación de este recurso en el marco de la LGPA.

Un hito particularmente relevante para la ejecución de este estudio fue la revisión de pares de la evaluación de stock de bacalao de profundidad informada en agosto de 2014 y que fue implementada por la Universidad de Concepción en el marco del proyecto “Programa Anual de Revisión Experta a la Asesoría Científica de las Principales Pesquerías Nacionales año 2013, bacalao de profundidad y camarón nailon”. La revisión técnica de la evaluación del stock en este contexto, fue realizada por el experto Tom Polacheck e incluyó un taller de trabajo de una semana con el equipo responsable tanto del monitoreo de la pesquería como de la evaluación de stock.

Es relevante mencionar que luego de la revisión de la evaluación de stock realizada en septiembre de 2014 por el experto nacional Claudio Gatica, como parte del procedimiento rutinario de revisión implementado por la Subsecretaría de Economía y EMT, una segunda versión del informe de Estatus y Cuota 2015 fue entregada a esta subsecretaría en ese mismo mes, el que además del caso informado en agosto contenía un caso alternativo de análisis que incluyó los datos de la pesquería artesanal de bacalao y que un tercer caso de evaluación de stock fue luego preparado especialmente para el Comité Científico Técnico en noviembre de 2014. El trabajo de evaluación de stock realizado con posterioridad a agosto de 2014 no fue revisado por el Dr. Polacheck.



2.1 Pesquería

2.1.1 Escenario internacional

El bacalao de profundidad fue investigado como un recurso pesquero potencial en Chile en los años 50s mediante pescas exploratorias a bajas profundidades (Guerrero y Arana 2009; Moreno 1991). Treinta años más tarde, este recurso comenzó a ser capturado como fauna acompañante en pesquerías de arrastre desarrolladas alrededor de la isla Kerguelen, la plataforma Patagónica y alrededor de las Islas Georgias del Sur. A mediados de los años 80s, el desarrollo de espineles posibles de ser operados a gran profundidad condujo a la pesca en aguas chilenas dirigida hacia los adultos de esta especie y la actividad rápidamente se expandió a la plataforma Patagónica, Georgia del Sur y Kerguelen. El alto precio del producto en el mercado internacional llevó a un rápido incremento en las capturas y a la exploración de nuevos caladeros. De acuerdo con FAO y solamente incluyendo las capturas legales, los desembarques en la CCAMLR y aguas territoriales se incrementaron desde menos de 5.000 t en 1983 a 40.000 toneladas en 1992 (**Figura 1**).

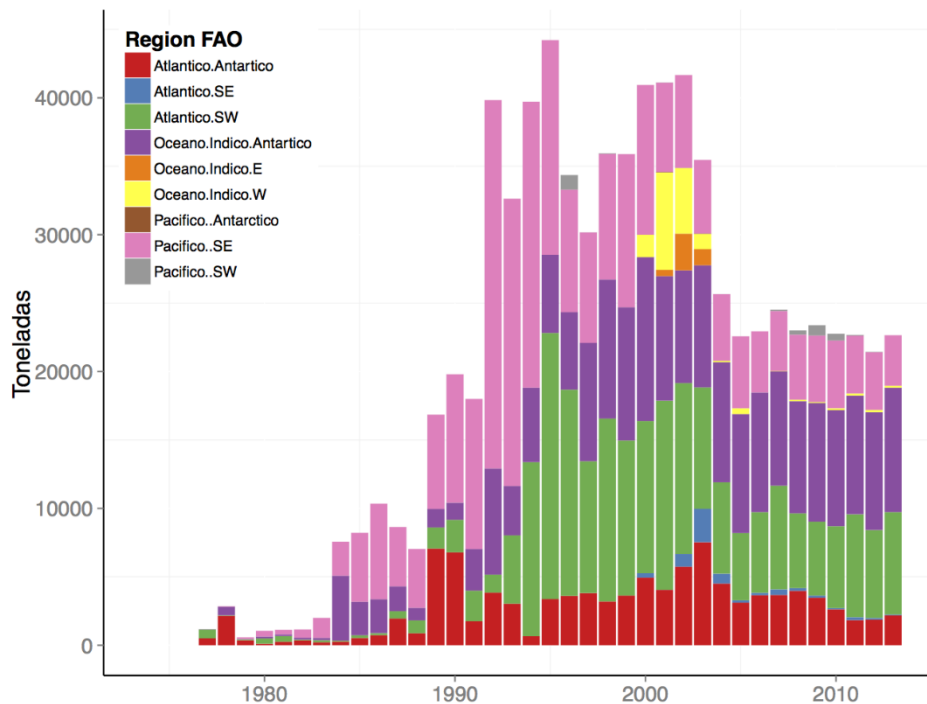


Figura 1. Desembarques anuales de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) de diferentes regiones (Fuente FAO).



En Georgia del Sur (territorio Inglés de ultramar), la pesca de espinel comenzó con barcos de la Unión Soviética a fines de los años 80s, a los que luego se sumaron barcos de Chile, Bulgaria y Ucrania. En 1993/1994 la CCAMLR designó la región de Georgia del Sur como un área especial para la protección y el estudio científico. El despliegue de observadores científicos demostró la severidad de la pesca incidental de aves lo que condujo a limitar la pesca sólo a los meses de invierno (Agnew 2004). A partir de 1999, la temporada ha estado restringida entre mayo y agosto (CCAMLR 2009). En años recientes la Captura Total Permissible (CTP) en esta región se ha definido en 3.000 toneladas. Una pequeña pesquería también es desarrollada en las Islas Sandwich del Sur (Roberts y Agnew 2008) con una CTP de 41 toneladas (CCAMLR 2009).

En 1984/1985, en la región Sur del océano Índico comenzó una pesquería de arrastre en la plataforma oeste de la Isla Kerguelen (ZEE de Francia), en donde barcos de la Unión Soviética encontraron y comenzaron a explotar grandes concentraciones de juveniles de bacalao. La pesquería de palangre se inició en Kerguelen en 1991 y desde inicios del año 2000 la pesquería se ha desarrollado exclusivamente usando el espinel (Lord *et al.*, 2006). La pesquería de Kerguelen opera de manera continua y las capturas legales son del orden de las 5.000 toneladas por año.

En las islas Heard y McDonald (ZEE de Australia), se desarrolló una pesquería de arrastre dirigida a bacalao de profundidad y icefish (*Champscephalus gunnari*) en 1996. La pesquería fue abierta a la pesca de palangre en los años 2002/2003 y en el presente es explotada tanto por arrastreros como palangreros con un límite de captura de alrededor de 2.500 toneladas. La plataforma de las islas Heard y McDonald es contigua con la plataforma de la isla Kerguelen y probablemente se trata de la misma población de peces.

En la isla Crozet (ZEE de Francia), la pesquería de palangre comenzó en 1996/1997 con capturas reportadas del orden de 1.200 toneladas, pero la pesquería estuvo sujeta a considerable pesca ilegal entre los años 1995 y 2002. Actualmente las capturas legítimas son menores a 1.000 toneladas por año.

La pesquería de las Islas Príncipe Eduardo (ZEE de Sud África), que se extiende por el borde de la CCAMLR, comenzó en 1996/1997 como una pesquería estacional (mayo a agosto), pero estuvo sujeta a altos niveles de pesca ilegal y se estima que sólo en 1997 se extrajeron 21.000 toneladas. En un intento de resistir la pesca ilegal, la pesquería fue abierta durante todo el año en 1998 pero las tasas de captura (tanto legales como ilegales) declinaron abruptamente (Brandao *et al.*, 2002). Hoy se le ha puesto freno a la pesca ilegal en tanto que las capturas legales son de alrededor de 200 toneladas por año. En el año 2002/2003 la CTP fue establecida en 400 toneladas.

La pesca de bacalao de profundidad también ha tenido lugar en bancos aislados y montes submarinos de la CCAMLR, tales como el Banco Banzarre y los montes Ob y Lena. Las pesquerías en estas áreas fueron sobreexplotadas rápidamente y hoy permanecen agotadas (McKinlay *et al.*, 2008).



La pesquería de isla Macquarie (ZEE de Australia) comenzó a fines de 1994 en el Aurora Trough y se extendió a la Dorsal de Macquarie 2 años después cuando se detectaron agregaciones de bacalao. Inicialmente las capturas excedían las 1.000 toneladas por año pero luego la pesquería fue cerrada. La pesquería fue abierta nuevamente en el año 2003 con una CTP reducida. El principal método de pesca aquí ha sido el arrastre pero en años recientes se ha efectuado pesca experimental con palangre. Las cuotas de pesca son del orden de las 300 toneladas para la Dorsal de Aurora y 100 toneladas para la Dorsal Macquarie (Phillips *et al.* 2009).

En la plataforma patagónica el bacalao de profundidad era inicialmente capturado como fauna acompañante en la pesquería de arrastre pero subsecuentemente se establecieron pesquerías de espinel tanto en Argentina como en las Islas Malvinas. La pesquería argentina comenzó en los 90s y alcanzó la mayor captura en 1995 con 19.225 toneladas, sin embargo desde entonces las capturas se han reducido. Con base en recomendaciones del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP) desde el año 2000 se exigen capturas documentadas, se ha regulado el tamaño de los anzuelos, establecido un tamaño mínimo de captura, profundidades mínimas de operación y un área de protección de juveniles.

La pesca de espinel comenzó en las islas Malvinas como una pesca experimental en 1992 y se estableció en 1994 (Laptikhovsky y Brickle 2005). Las capturas alcanzaron un máximo de 2.733 toneladas en 1994 y luego se estabilizaron en el rango de las 1.200 - 1.800 toneladas.

2.1.2 Pesquería chilena de bacalao de profundidad

El primer reporte de capturas de este recurso en Chile se remonta al año 1988 frente al Archipiélago de los Chonos (De Witt, 1962). Más tarde en prospecciones pesqueras realizadas en 1955 frente a Valparaíso, se registran capturas de bacalao conjuntamente con congrio dorado. Durante la década de los 60s y 70s se realizaron una serie investigaciones pesqueras principalmente en la V Región, en donde se analizaron tanto el desempeño del arrastre como del espinel de fondo, al igual que la selectividad y rendimiento del espinel probando diferentes diseños, numeración de anzuelos y tiempos de reposo, e incluso se estudió el desempeño del enmalle en la VIII Región. Estas investigaciones establecieron que entre las latitudes 18°20' y 41° S el rango de distribución batimétrica del recurso se encontraba entre los 500 m y 2.500 m de profundidad. Los antecedentes de la actividad pesquera indicaban entonces que la distribución del bacalao no era continua en el talud, sino que este conformaba focos de abundancia en caladeros específicos (Salas *et al.* 1987).

La pesquería como tal se inició en 1970 con la actividad de una flota artesanal de la V Región (Guerrero y Arana 2009) incorporándose luego la VIII Región y a mediados de los años 80s la pesca ya se había extendido entre las regiones I y VIII. Este desarrollo fue motivado por una fuerte demanda en el mercado Norte Americano lo que facilitó la formación de numerosas pequeñas y medianas empresas orientadas a la exportación de bacalao. Estas empresas operaban abastecidas por el sector artesanal a quienes estas habilitaban para su operación. El sector artesanal recibió también apoyo financiero a través de la línea de créditos CORFO/BID lo que les permitió incorporar y/o adecuar embarcaciones y



renovar sus equipos de pesca (Salas *et al.* 1987). Así esta pesquería experimentó un crecimiento explosivo en la década de los años 80s, pasando de desembarques del orden de 38 toneladas en 1978 a casi 7.000 toneladas en 1986.

Young *et al.* (1997) describen para los años 1986 a 1996 la existencia de un patrón latitudinal en los rendimientos de pesca, con menores rendimientos en la zona de Caldera a Constitución, rendimientos intermedios en el área de Lebu y mayores rendimientos en la zona de Valdivia. Estos autores describen también el desplazamiento del esfuerzo de pesca hacia la región sur del país en particular hacia el puerto de Valdivia, que hacia el final de este período experimentó una importante inmigración de embarcaciones desde otros puertos. En este estudio se estableció también que los rendimientos de pesca habían experimentado una significativa reducción con el tiempo.

En años recientes, la pesquería artesanal de bacalao de profundidad se ha desarrollado en aguas de la XI Región, con el puerto de Quellón como el principal centro de desembarque (Oyarzún *et al.*, 2003 b). Esto constituyó la etapa final en el progresivo desplazamiento hacia el sur de la flota artesanal desde que se inició esta pesquería, en una búsqueda constante de mejorar o mantener sus rendimientos de pesca.

Al inicio de los años 90s, la Pesquería Demersal Austral que se había desarrollado entre la segunda mitad de los años 70s y primera mitad de los 80s, se encontraba en una situación crítica debido al estado de deterioro de los stocks de merluza del sur y congrio dorado (Aguayo *et al.*, 1991). Lo anterior motivó a los barcos arrastreros fábrica a destinar un mayor esfuerzo de pesca hacia la merluza de cola y a los buques arrastreros hieleros a orientar un mayor esfuerzo hacia la merluza común. Por el contrario, las flotas espinelera hielera y espinelera fábrica, que operaba en la zona sur austral desde del año 1986, no tenían una opción para re-orientar su esfuerzo de pesca. Esta situación llevó a la Subsecretaría de Pesca a formular políticas de manejo para la pesquería demersal austral, a fin de diversificar la explotación hacia otras especies con el objetivo de disminuir la presión de pesca sobre la merluza del sur y el congrio y de estimular el aprovechamiento de recursos alternativos que permitieran prolongar la operación de la flota a todo el año (Aguayo *et al.*, 1991; Young *et al.*, 1995).

Es así que el bacalao de profundidad emergió como la alternativa para materializar esta política de diversificación en la flota espinelera, su alto valor comercial y la posibilidad de captura selectiva, lo convertían en una opción con perspectivas para el desarrollo de una nueva pesquería. En concordancia con esta política, entre 1990 y 1991 la Subsecretaría de Pesca autorizó pescas exploratorias de bacalao en la XI y XII Regiones, las que permitieron comprobar que el recurso se encontraba disponible en el área (Young *et al.*, 1995).

Los resultados obtenidos posibilitaron abrir la pesquería del bacalao al sur del paralelo 47° bajo un régimen de pesquería incipiente, la que es manejada sobre la base de cuotas de captura individuales transferibles. De esta manera la pesquería Chilena de bacalao quedó dividida en dos zonas: la zona Norte, entre el límite Norte del país (18° 21') y el paralelo 47°, es reservada exclusivamente para la pesca artesanal. En la zona sur (47° S – 57° S), el recurso sustenta una pesquería industrial.



Algunas áreas en alta mar, por fuera de la jurisdicción nacional, también han sido explotadas por las empresas Chilenas entre las más notables, la Dorsal de Scotia entre Shag Rocks y las Malvinas. En estas áreas, las capturas no fueron limitadas y los stocks fueron rápidamente agotados.

La pesquería Chilena de bacalao de profundidad ha sido instrumental en el desarrollo de nuevos e innovadores aparejos de pesca, tales como la cachalotera (Moreno *et al.*, 2006, 2008).

2.1.3 Pesquería argentina de bacalao de profundidad

La pesquería argentina de bacalao de profundidad está compuesta por dos flotas que se distinguen por el aparejo/arte de pesca empleado:

La flota que opera con palangre inició su operación en 1990 y desde sus comienzos ha constituido una pesca dirigida efectivamente hacia la especie, cuya área de operación involucra casi la totalidad del área de distribución del recurso en la plataforma argentina. La pesquería de palangre es la responsable del mayor desembarque histórico registrado en 1995, año a partir del cual las capturas y los rendimientos de pesca de esta flota se redujeron notablemente. El número de barcos que componen la flota palangrera ha ido en una gradual disminución, desde un máximo de 25 en 1996 a 4 en el año 2013 (Wöhler, 2013). En el año 2014 esta pesquería ha cesado a favor de la pesca de arrastre en donde se obtienen rendimiento considerablemente mayores.

La flota que opera con arrastre de fondo se inició a fines de los años 80s. Debido a la distribución diferencial por tamaños con la profundidad que exhibe el bacalao de profundidad y a que la mayor parte de la pesca con arrastre correspondía a lances realizados entre los 400 y los 500 m de profundidad, la flota de arrastre impactaba mayoritariamente a la fracción juvenil de la población.

Los rendimientos de los buques arrastreros muestran una tendencia creciente a partir del año 1999, lo que se relaciona con la exploración de nuevas áreas de pesca y no con un aumento en la abundancia del recurso. Las mayores capturas se han obtenido históricamente al este de la Isla de los Estados en los cuadros estadísticos codificados 5461, 5462 y 5463. Actualmente participan de la pesquería 5 barcos arrastreros (Wöhler 2013).

2.1.4 Aparejos y métodos de pesca

El principal método de pesca usado para capturar adultos de bacalao de profundidad es el espinel o palangre de fondo en donde una línea larga de anzuelos encarnados es desplegada en el fondo a profundidades de hasta 2.000 m., boyas dispuestas en la superficie señalan la presencia de las líneas. El buque típicamente recupera las líneas luego de un tiempo de reposo de 24 a 48 h. Las líneas son caladas por la popa de la embarcación y son luego recuperadas a través de una escotilla ubicada a estribor. La carnada es usualmente calamar o sardina. Los barcos palangreros industriales son en general pequeños (30 – 80 m).

Hay tres tipos principales de espinel: el sistema español (doble línea), el autoline y la cachalotera o sistema trotline, este último a menudo incluye redes de exclusión de cetáceos (cachaloteras) (**Figura 2**).

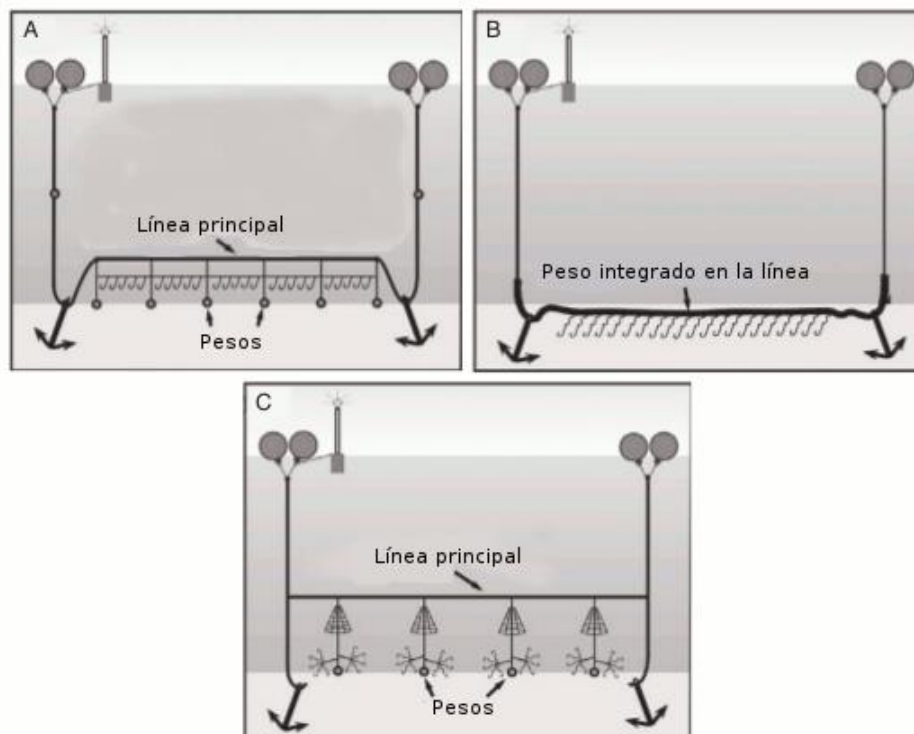


Figura 2. Ilustración de los tres sistemas de espinel. (A) palangre español (sistema de doble línea), (B) sistema autoline, (C) sistema trotline con cachaloteras. (Modificado de Collins *et al.* 2010).

El sistema trotline es una modificación del sistema español en donde la línea madre (en donde se disponen los anzuelos) se elimina y los anzuelos son puestos en las líneas secundarias que llevan peso. Esto produce un incremento en la velocidad de hundimiento del aparejo durante su calado eliminando la mortalidad de aves regularmente observada en las operaciones con el sistema español (Moreno *et al.*, 2008, Goetz *et al.*, 2011).

Los operadores industriales de la pesquería Chilena incluyeron al sistema trotline un cono de red en las líneas secundarias, de tal manera que durante la recuperación del aparejo los peces capturados son cubiertos por este cono, lo que contribuye a reducir la depredación por mamíferos marinos (Moreno *et al.* 2008, Goetz *et al.* 2011; **Figura 2**). El término cachalotera se utiliza indistintamente para referir el sistema trotline modificado incluyendo el cono de red, o para referir una unidad compuesta por: una línea secundaria (*barandillo*), un cono de red, el “*racimo*” de anzuelos y el peso (**Figura 3**). El



sistema se cala en líneas denominadas *caceas* que tienen una longitud media de 14 km cada una con 720 a 780 líneas secundarias o barandillos. En Chile, dependiendo de la Firma/operador, cada cachalotera incluye un racimo de 6, 8 o 10 anzuelos (**Figura 3**).

En Chile la cachalotera fue introducida en el año 2006 (Moreno *et al* 2008) y su adopción fue gradual entre los años 2006 (26% de las operaciones) y 2007 (41%). A partir del año 2008, todos los barcos emplean la cachalotera. En Argentina la cachalotera fue introducida en el año 2010 y hasta el año 2012 se encontraba en uso en el 50% de la flota, representando entre el 42% y 60% de las operaciones.

Reducciones significativas en la depredación por parte de mamíferos marinos y su excelente desempeño con respecto a la mortandad de aves marinas (Moreno *et al.* 2008), condujo a su adopción generalizada en la pesquería Chilena y en años recientes también en la pesquería argentina. A pesar de su relativa efectividad para solucionar o mitigar las interacciones con la vida salvaje, el aparejo puede tener un efecto significativo (y se han descrito efectos tanto positivos como negativos) en las tasas de captura y por lo tanto es altamente probable que este exhiba una capturabilidad diferente a la del aparejo tradicional (Rubilar *et al.* 2010, Goetz *et al.*, 2011).

El adecuado análisis de esta situación, implica que las variables operacionales relevantes deben ser monitoreadas regularmente por los programas de recopilación de datos.

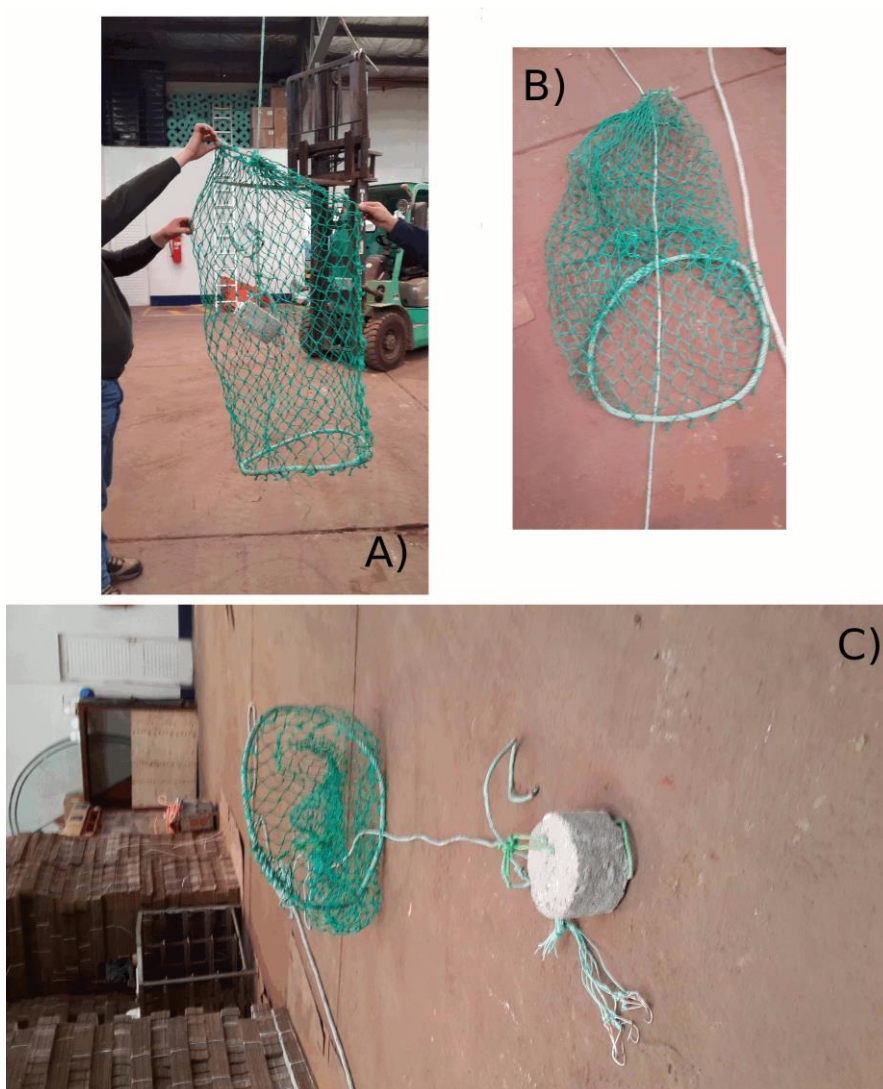


Figura 3. Cachalotera. A) Demostración de su posición durante el virado; B) mostrando su modo de instalación en la línea secundaria (barandillo), de manera que el cono de red se deslaza a lo largo de la primera; C) demostración de la disposición de la cachalotera cuando está trabajando, con un detalle del “racimo” de anzuelos y el peso (Fotos: gentileza de Globalpesca SpA.).

Al inicio de la pesquería artesanal, el aparejo empleado era un espinel de fondo horizontal y se calaban líneas de 6 a 14 mil metros de longitud de línea madre, con reinales separados entre 0,7 y 1,8 m, se empleaban anzuelos de diseño recto, en un número que fluctuaba entre 3.000 y 10.000 unidades por lance y la línea se calaba muy próxima al fondo (Young *et al.*, 1997).



Hacia el final de los años 80s, se introdujo el uso de anzuelos curvos con un impacto positivo en los rendimientos de pesca y el diseño del aparejo artesanal se modificó, pasando de un diseño horizontal a uno mixto (horizontal y vertical; el denominado sistema trotline) de tamaño notablemente menor, lo que permite operar con un mayor control del aparejo en sectores de más difícil acceso. Este diseño del espinel se generalizó en la pesquería artesanal a partir del año 1992, donde durante las operaciones de pesca se comenzó a calar entre dos a cuatro líneas diarias (Young *et al.*, 1997).

El arte de pesca artesanal en actual uso, consta de una línea principal o línea madre de unas 300 a 500 brazas (555 a 926 m) de longitud, la cual lleva intercalado a intervalos de 3 brazas, las líneas secundarias o patas de longitud variable (1 a 4 m) (Oyarzún *et al.*, 2003 b).

2.2 Medidas de administración

2.2.1 Pesquería chilena de bacalao de profundidad

En 1985 y 1986 se regularon el tamaño de las embarcaciones y número de anzuelos en la pesquería artesanal, estableciendo el tamaño máximo de eslora en 15 m y el número máximo de anzuelos en 12.000 unidades. Posteriormente, se permitiría la operación de embarcaciones de hasta 18 m de eslora en el área comprendida desde Pta. Liles (32°45'40" L.S.) al Sur, pero la limitación del número de anzuelos del espinel se mantuvo (D.S. 439-85 y D.S. 43-86 MINECON).

En el año 1991 la pesquería de bacalao en el mar exterior al sur del paralelo 47° L.S. se declara en Régimen de Pesquería en Desarrollo Incipiente (D.S. 525-91 y D.S. 328-92 MINECON).

En 1992 se reconoce la condición de pesquería artesanal demersal de gran profundidad y se establece el área de pesca desde el límite norte del país hasta el paralelo 47° L.S. (D.S. 136-92 MINECON).

En 1992 se establece el reglamento de subasta de los Permisos Extraordinarios de Pesca para la Unidad de Pesquería de bacalao y en 1996, se regulan los procedimientos para la subasta de los Permisos Extraordinarios de Pesca (D.S. 452-92 y D.S. 97-96 MINECON).

También en 1996, se establece una veda biológica reproductiva entre el 01 de junio y el 31 de agosto y se aplica al área de desove comprendida por los paralelos 53° al 57° LS (D.S. 273-96 MINECON).

En el año 2001, se precisa el área de la Unidad de Pesquería de bacalao, modificando el D.S. 328-92 y definiendo la UP desde el paralelo 47°S hasta el límite sur de la ZEE de la XII Región, exceptuando el área de las bocas occidentales y orientales del Estrecho de Magallanes y las aguas al interior de las líneas de base rectas (D.S. 322-01 MINECON).

El año 2013 entró en vigencia la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA). Desde la perspectiva de la pesca, las modificaciones a la ley cubrieron cinco aspectos fundamentales: la sustentabilidad, regulaciones de la pesca artesanal e industrial, la investigación y la fiscalización.



Entre las nuevas disposiciones de la ley, son relevantes a la pesca del bacalao de profundidad las siguientes medidas:

Artículo 64 B : Las embarcaciones artesanales de más de 15 metros de eslora, deberán instalar a bordo y mantener en funcionamiento un dispositivo de posicionamiento automático en el mar.

Se modifica el régimen de desarrollo incipiente, con el objeto de permitir la participación del sector artesanal: Los armadores artesanales tienen un 50% de la cuota por un plazo de 3 años. Lo no capturado en ese periodo acrece la cuota licitada.

Las embarcaciones que se utilicen para hacer efectivos los permisos extraordinarios de pesca, deberán dar cumplimiento a la exigencia de posicionador satelital y certificación de las capturas.

Junto con establecer la cuota de captura para la unidad de pesquería licitada, se deberá establecer la cuota de captura para el área situada al norte del paralelo 47° L.S.

Artículo 63: Los armadores pesqueros, industriales o artesanales, deberán informar al Servicio Nacional de Pesca sus capturas y desembarques, por cada una de las naves o embarcaciones que utilicen. Las capturas se deberán registrar e informar en la bitácora de pesca que cada armador deberá llevar a bordo.

De la administración de las pesquerías: Párrafo 1°, Artículo 3°, letra c)

En la determinación de la cuota global de captura se deberá:

1. Mantener o llevar la pesquería hacia el rendimiento máximo sostenible, considerando las características biológicas de los recursos explotados.
2. Fijar su monto dentro del rango determinado por el Comité Científico Técnico en su informe técnico, que será publicado a través de la página de dominio electrónico del propio Comité o de la Subsecretaría.
3. Cualquier modificación de la cuota global de captura, que implique un aumento o disminución de la misma, deberá sustentarse en nuevos antecedentes científicos, debiendo someterse al mismo procedimiento establecido para su determinación.

Las modificaciones y perfeccionamientos a la Ley General de Pesca y Acuicultura promulgada a comienzos del año 2013, introdujeron cambios sustantivos en el marco de ordenamiento de la pesquería artesanal:

La inclusión de este sector en la cuota de captura establecida para el área licitada al sur del paralelo 47°S determinó que a fines del año 2012, los armadores artesanales participaron del proceso de



subasta pública de permisos extraordinarios de pesca para la pesquería de bacalao de profundidad.

De la fracción licitada de la cuota de captura reservada al sector artesanal (150 t), la autoridad adjudicó el 95% a siete armadores artesanales por lo tanto, durante la temporada 2013 la flota artesanal pudo capturar legalmente un total de 135 t en el área de pesca al sur del paralelo 47°S.

También como consecuencia de las modificaciones señaladas a la LGPA, mediante el Decreto Exento N° 184 de febrero de 2013, la autoridad estableció para esta temporada 2014 una cuota al norte del paralelo 47° de 1.185 t.

El Decreto Exento N° 606 junio de 2013 modificó la distribución geográfica de la cuota, como consecuencia de la información entregada bajo la obligatoriedad a partir de 2013 del uso de posicionamiento satelital, lo que transparentó las áreas (caladeros) visitadas por la flota artesanal reveló la operación en áreas no declaradas anteriormente a la autoridad.

A petición de organizaciones de armadores artesanales, el D. Ex. N° 750 julio de 2013 aumentó en 208 t, la cuota de captura sobre este recurso quedando fijada en 1.393 t. Finalmente, en agosto y ante la disponibilidad de saldos no consumidos de la cuota en la macrozona sur (regiones V a XI) distintas organizaciones solicitaron la distribución de ésta, la cual se concreta mediante el D. Ex. N° 872 y que además procedió a la unificación de las macrozonas en esta pesquería al norte del paralelo 47°S.

La instalación del dispositivo de posicionamiento satelital para la vigilancia y control de las áreas de operación de las embarcaciones pesqueras artesanales mayores a 15 metros de eslora es requerimiento imprescindible a todas las embarcaciones cuyas capturas tienen como destino exportaciones, dado que es condición necesaria para poder utilizar el formulario CDS (Catch Documentation Scheme), originado en las disposiciones implementadas por la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) el año 2000, con el fin de poder realizar la trazabilidad de las capturas desde el punto de desembarque y a través de todo el ciclo de comercialización y exportaciones.

2.2.2 Pesquería Argentina de bacalao de profundidad

Las Resoluciones SAGPyA 68 y 426 del año 2001 y la Resolución 19 de 2002, establecieron:

- Restringir las actividades de pesca al sur de la latitud 54°S a profundidad por sobre los 800 m.
- Restringir las actividades de pesca al norte de la latitud 54°S a profundidad por sobre los 1000 m.
- El uso exclusivo de anzuelos circulares con una separación no inferior a los 4 cm.



- La talla mínima de captura en 82 cm.
- La captura incidental de la especie no puede exceder el 3% del total de la marea, considerándose como pesca dirigida en los casos en que este límite es superado.
- La captura de juveniles no puede ser mayor del 10% del total por lance, si el % es mayor el barco debe alejarse 5 millas náuticas por un lapso de 5 días.
- Obligatoriedad de declarar a la especie como merluza negra (y no como róbalo).
- Obligatoriedad de contar con observadores e inspectores a bordo en todos los buques dirigidos a capturar el recurso.
- La creación de una Comisión Asesora de Seguimiento de la Actividad Pesquera de la especie Merluza Negra (CASPMEN). En esta Comisión participan la Subsecretaría de Pesca, la Dirección Nacional de Pesca, el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) y Representantes por Grupo o Empresa Armadora.

2.3 Biología del recurso

2.3.1 Distribución y estructura del stock

El bacalao de profundidad tiene una distribución sub-Antártica encontrándose en la plataforma continental del sur de la Patagonia y Chile, alrededor de islas sub-antárticas (Georgias del Sur, Shag Rocks, Crozet, Kerguelen, Heard y MacDonald, Macquarie e islas del Príncipe Eduardo), bancos (e.g. Banco Banzare) y montes submarinos (e.g. Lena y Ob) entre las latitudes 45° y 62° S.

Su distribución recorre la Convergencia Antártica y se extiende al norte hasta los 37° S en la plataforma Patagónica en el Atlántico (Nakamura 1986), desde el Norte de Perú hasta el extremo austral de Chile en el Pacífico (Oyarzún y Campos 1987, Guerrero y Arana 2009) y hasta los 40° en el Sur-Oeste del océano Índico (Abellán 2005). En el mar de Scotia, la distribución se extiende desde el Oeste de Shag Rocks hasta Georgia del Sur y la región Norte de las Islas Sandwich del Sur. El registro más austral corresponde a 61°24' S en aguas de la Isla King George (Arana y Vega, 1999). El bacalao de profundidad es común también en la región norte del Mar de Ross (Hanchet *et al.*, 2004) (**Figura 4**).

Estudios genéticos evidencian la existencia de un alto grado de aislamiento entre las poblaciones de bacalao de diferentes localidades, con diferentes poblaciones identificadas al Sur del Océano Índico (incluyendo las islas Heard, Crozet, Kerguelen, Príncipe Eduardo y Marion), el sector Atlántico (Georgia del Sur y las Islas Sandwich del Sur) y la plataforma Patagónica (Appleyard *et al.* 2002, 2004, Shaw *et al.*, 2004, Rogers *et al.*, 2006).

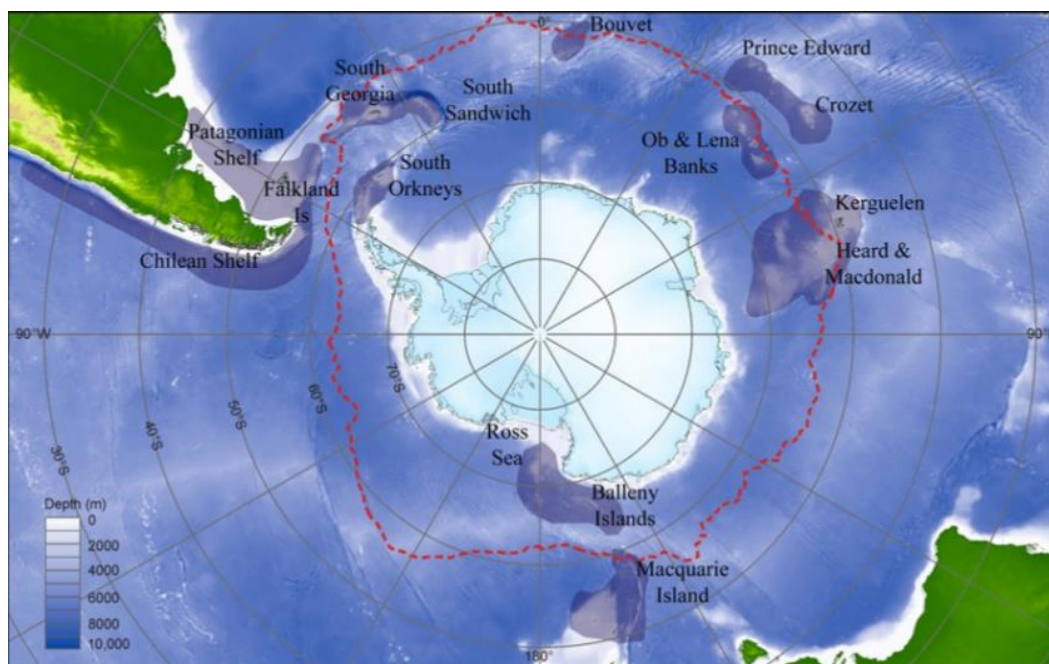


Figura 4. Proyección polar del hemisferio sur que muestra la distribución conocida del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*). La línea punteada roja demarca la Convergencia Antártica (tomado de Collins *et al.* 2010).

Usando DNA mitocondrial y micro satélites, Appleyard *et al.* (2002) encontraron claras diferencias entre las poblaciones de bacalao de las Islas Macquarie, Islas Heard y McDonald y Georgia del Sur/Shag Rocks. Usando las mismas técnicas Appleyard *et al.* (2004) compararon muestras de las poblaciones de Crozet, Kerguelen, Prince Edward, Marion y Heard y McDonald islands y no encontraron evidencias de diferenciación genética entre estas áreas del Océano Índico occidental.

Estudios genéticos usando secuencias de DNA mitocondrial (12S rRNA) mostraron una clara diferencia entre las poblaciones de bacalao de la plataforma Patagónica y aquellas de Georgia del Sur y la dorsal Norte de Scotia (Rogers *et al.*, 2006, Shaw *et al.*, 2004). Rogers *et al.* (2006) encontraron un haplotipo 12S rRNA idéntico entre muestras tomadas en Georgia del Sur, Bouvet y el monte submarino Ob.

El análisis genético de seis loci micro satélites del ADN nuclear y secuencias ND2 y DLoop del ADN mitocondrial de 652 ejemplares, cubriendo la distribución de *Dissostichus eleginoides* en la costa Pacífica Perú - Chile y en el sector Atlántico sur con islas Malvinas e islas Georgias del Sur, permitieron a Galleguillos *et al.* (2008) inferir la discontinuidad genética del recurso entre las localidades de la plataforma Sudamérica - patagónica versus las islas Georgias del Sur.



También el análisis de los datos de micro satélites realizado por los mismos autores generó altos niveles de diferenciación genética, evidenciando dos grupos poblacionales bien definidos; a) Islas Georgias, b) Islas Malvinas y Costa Chileno - Peruana.

La discontinuidad genética entre las localidades estudiadas fue atribuida a la profundidad de hasta los 3.000 metros de las aguas entre Islas Malvinas e Islas Georgias (zonas abisales), ubicándose bajo el rango de distribución del bacalao de profundidad y también a las características térmicas del frente subantártico con aguas con temperaturas menores a 2°C.

En vista de sus resultados, para Galleguillos *et al.* (2008) la hipótesis de una sola unidad poblacional genética para el bacalao de profundidad de las costas de Sudamérica resulta la más probable, esto es: una sola gran población que se distribuiría desde el norte del Perú hasta el extremo austral y desde allí hasta las costas de Argentina, incluyendo islas Malvinas.

La composición de la fauna parasitaria del bacalao se ha empleado también para la discriminación de stocks, con resultados que en general soportan aquellos obtenidos por las técnicas genéticas (Brickle *et al.* 2005, Brickle *et al.*, 2006, Oliva *et al.*, 2008).

La determinación de la huella elemental en los márgenes y núcleos de los otolitos usando espectrometría (ICP-MS) también ha sido utilizada para distinguir el bacalao de profundidad de diferentes localidades del océano Austral (Ashford *et al.* 2005a, 2008). La huella de calcio, estroncio, magnesio y bario en el margen del otolito, mostró diferencias entre los caladeros de Chile, Islas Malvinas, Georgia del Sur y Macquarie. La huella de estos mismos elementos en el núcleo del otolito, no mostró diferencias significativas para la ZEE Chilena al sur de la latitud 51°S, sugiriendo un origen común de los individuos distribuidos en esta región (Cubillos *et al.*, 2010), pero mostró claras diferencias entre los peces de Georgia del Sur y la plataforma Patagónica, con una discontinuidad en el Frente Polar (Ashford *et al.*, 2008).

En la plataforma chilena, la existencia de una sola área de desove en la zona más austral y la ausencia de diferencias genéticas entre ejemplares recolectados desde Lebu a Puerto Williams, sugieren la existencia de una sola unidad poblacional de bacalao de profundidad en aguas chilenas (Oyarzún *et al.* 2003a, Galleguillos *et al.* 2008).

El análisis de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) en otolitos enteros de *D. eleginoides* también ha demostrado una clara separación entre los stocks de Georgias del Sur y la plataforma Patagónica (Ashford y Jones, 2007). Las diferencias en $\delta^{18}\text{O}$ fueron atribuidas por estos autores a la temperatura de las masas de agua (Agua Intermedia Antártica en la región de la plataforma Patagónica; Agua Profunda Circumpolar en Georgia del Sur), en tanto que las diferencias en $\delta^{13}\text{C}$ fueron atribuidas a diferencias en la dieta.



En general, los resultados de los diferentes estudios indican que existen stocks separados de bacalao en el Oeste del océano Índico (Príncipe Eduardo, Marion, Crozet, Kerguelen, Heard e islas McDonald), la isla Macquarie, el sector Atlántico (Georgia del Sur e islas Sandwich del Sur) y la plataforma de Chile y la Patagonia incluyendo las islas Malvinas. Los peces de la isla Bouvet son similares a la población de las islas Georgias del Sur. La relación entre la población del Mar de Ross y el stock de la isla Macquarie es desconocida.

Durante su ciclo de vida, el bacalao de profundidad ocupa un amplio rango batimétrico. Se sabe que estos desovan en aguas profundas durante el invierno (junio – septiembre; Agnew *et al.* 1999, Evseenko *et al.* 1995, Laptikhovsky *et al.*, 2006).

Los datos acerca de la distribución de los huevos son escasos, pero estos (4,3 – 4,7 mm) han sido encontrados en los primeros 500 m sobre aguas profundas (Evseenko *et al.*, 1995) y se piensa eclosionan (a un tamaño aproximado de 15 mm LS) en octubre-diciembre (Effremenko 1979, Evseenko *et al.* 1995, Kellermann 1989, North 2002, North y White 1982).

Las larvas han sido capturadas alrededor de Georgia del Sur (Efremenko, 1984; Evseenko *et al.*, 1995; North, 2002), Shag Rocks y el Banco Burdwood (North, 2002). La mayoría de las larvas se han reportado para un área al Noroeste de Georgia del Sur (North, 2002). De las 43 larvas reportadas por North (2002), 40 fueron capturadas en los primeros 250 m de la columna de agua, de las que 23 se encontraron en los primeros 3 m, durante la noche.

Cuando las larvas pelágicas alcanzan una talla umbral, estas se vuelven bento-pelágicas y son capturadas por primera vez en enero en redes de arrastre en el área Shag Rocks a un tamaño de aproximadamente 150 mm LT (edad 1; Belchier y Collins, 2008), pero peces más pequeños han sido capturados en el fondo en febrero en las inmediaciones de la Isla Crozet. Estos peces no tienen incrementos visibles en sus otolitos y se infiere que tiene una edad de 7-8 meses (Duhamel, 1987 *fide* Collins *et al.*, 2010).

Típicamente, la fase juvenil la pasan en aguas someras y el reclutamiento de estos juveniles puede estar concentrado sobre áreas espaciales reducidas. Los juveniles permanecen en aguas someras por los siguientes 4-5 meses. En la plataforma Patagónica, la Isla de los Estados es la principal área de reclutamiento aunque los reclutas también ocurren en pequeños números a través de la plataforma sur de la Patagonia (Collins *et al.*, 2010).

Cuando alcanzan un tamaño de 500–700 mm LT, los juveniles de bacalao se dispersan y migran gradualmente hacia aguas más profundas a través del talud continental, lo que puede estar asociado con cambios tanto en crecimiento como en la dieta. En general los adultos de bacalao ocupan aguas profundas (>500 m), aunque en South Georgia peces de gran tamaño también han sido capturados en aguas someras cercanas a la costa (Collins *et al.*, 2007). El bacalao de profundidad muestra entonces el típico patrón de estratificación por tamaño con la profundidad, común en muchos peces carroñeros de aguas profundas.



2.3.2 Modelo conceptual

La justificación conceptual del modelo de evaluación de stock o *modelo conceptual* da cuenta de la comprensión y del estado del conocimiento de los procesos que gobiernan la dinámica de la población y del modo en que este conocimiento es interpretado e incorporado en el modelo (analítico) de evaluación de stock. De este modo, el modelo conceptual permite evaluar si el modelo matemático representa los componentes que son clave en términos de la biología y la operación de la pesquería.

El conocimiento de la biología, historia de vida y de la(s) pesquería(s) que sustenta la población pueden en ocasiones ser explicados por más de un modelo conceptual. Si estos últimos representan explicaciones válidas de los datos y del conocimiento disponibles, de manera tal que no podemos establecer objetivamente cuál de ellos es el más probable, entonces estos pasan a representar el rango de incertidumbre existente respecto de la biología, historia de vida y de operación de la(s) pesquería(s) y para una adecuada representación de la misma se deben constituir en casos de estudio de la evaluación de stock, en donde estos modelos conceptuales son adecuadamente representados mediante respectivas implementaciones analíticas.

A pesar de la extensa literatura existente acerca del bacalao de profundidad, existe una importante incertidumbre relativa a su biología e historia de vida que son relevantes al momento de evaluar el estatus. En particular para las pesquerías en Chile, la incertidumbre respecto de la estructura del stock, dinámica espacial y la relación entre los peces capturados en las áreas en que operan las pesquerías artesanal e industrial y también entre las áreas en que ocurren las pesquerías de Argentina y las Islas Malvinas es de particular importancia tanto para la determinación del estatus del recurso como para la asesoría para el manejo.

Un antecedente importante a este respecto son los resultados del estudio de Galleguillos *et al* (2008) que sugieren la posibilidad de algún grado de estructuración espacial en la población de la costa Chilena – Peruana y en la plataforma Patagónica pero con un importante grado de mezcla.

En este contexto es importante que el modelo conceptual de cuenta explícitamente de las capturas en todas las áreas en términos de las consecuencias para el estatus y la población total.

Para la población de bacalao de profundidad distribuido en la costa Chilena – Peruana y en la plataforma Patagónica, la información disponible no permite establecer el modelo conceptual “real”, de modo que se pueden formular al menos cuatro hipótesis/modelos diferentes:

Hipótesis basadas en poblaciones fuentes/sumidero (Pulliam 1988) conformados por individuos miembros y expatriados (Sinclair 1988):

- 1) La población distribuida en el Pacífico Este es un stock cerrado respecto del Atlántico y los peces distribuidos en el área norte de Chile y sur del Perú (con un límite arbitrario en la latitud 47°S) constituyen una población sumidero. Los individuos que emigran al norte desde el área de desove en el extremo sur de Chile se constituyen en expatriados al encontrarse



inhabilitados de retornar al área de desove una vez que alcanzan la madurez. De este modo, estos individuos no contribuyen a las futuras generaciones y a la sustentabilidad del recurso.

- 2) Este modelo se fundamenta directamente en las conclusiones de Ashford *et al.* (2012) y de este modo, se supone aquí que todo el reclutamiento al stock deriva de una gran área de desove en el Pacífico y Atlántico localizada en la región más austral de Chile y que se extiende por el Este hacia aguas jurisdiccionales de Argentina y hacia el banco Burwood y hasta el sur de las Islas Malvinas. En esta área, los individuos son parte de un stock común. El reclutamiento al norte de esta área tanto en el Pacífico como en el Atlántico, es el resultado de la emigración de juveniles y difusión de huevos y emigración, respectivamente. Los individuos que emigran al norte en el talud del Pacífico (con un límite arbitrario en la latitud 47°S) o que en el Atlántico Oeste son advectados o emigran a la región norte de la plataforma (con un límite arbitrario en la latitud 54°S), se constituyen en expatriados

Hipótesis de conexión limitada entre el Pacífico y Atlántico

- 3) El componente de stock que se distribuye en el océano Pacífico, se encuentra esencialmente cerrado con respecto al reclutamiento y el desove, esto es: todos los peces han sido el producto del desove ocurrido en el Pacífico (que puede tener lugar tanto en el norte de Chile y sur de Perú como en la región más austral de Chile) de manera que la inmigración de larvas, juveniles o adultos desde el Atlántico no es significativa. El soporte para esta hipótesis es la fuerte y persistente estructura de corrientes alrededor de la punta de Sudamérica (Ashford *et al.* 2012) combinado con el limitado movimiento de los juveniles de acuerdo con los resultados preliminares de los programas de marcaje y las limitaciones fisiológicas/morfológicas de las capacidades natatorias de los adultos y juveniles de bacalao (Eastman 1990, Oyarzún *et al.* 1998). Bajo esta hipótesis, la pesquería en Chile podría ser evaluada sin considerar las capturas del Atlántico pero no vice-versa, dado que en el Atlántico se puede esperar un reclutamiento significativo desde el Pacífico solamente debido a la estructura de corrientes (Ashford *et al.* 2012). En este caso, la mezcla de individuos entre las áreas norte y sur del Pacífico son comparables entre áreas (homogéneas) en términos de los procesos de reclutamiento, crecimiento y reproducción, de manera que no se requiere modelar estos procesos de manera espacialmente explícita.

Hipótesis de mezcla entre el Pacífico y el Atlántico, principalmente a nivel de adultos en el área de desove.

- 4) El stock corresponde con el stock genético identificado por Galleguillos *et al.* (2008) en la costa Chilena – Peruana y en la plataforma Patagónica incluyendo las Islas Malvinas y de este modo las poblaciones encontradas en el Pacífico y el Atlántico están abiertas entre sí principalmente debido a la mezcla de los adultos en el área de desove (hay un área de desove contigua sin una barrera física entre el Pacífico y Atlántico y los limitados datos de marcaje sugieren un intercambio de individuos a través de la frontera y algunos movimientos de mayor



escala), la advección de estados tempranos desde el Pacífico al Atlántico y posiblemente con una mezcla más limitada de juveniles. De este modo, el reclutamiento tanto en el Pacífico como el Atlántico es dependiente de la biomasa desovante combinada en ambos océanos. En este caso, la mezcla de individuos entre las áreas del cono sur que sostienen pesquerías, produce una población relativamente homogénea y por esta razón, los procesos de reclutamiento, crecimiento, reproducción son comparables entre áreas, de manera que no se requiere modelar estos procesos de manera espacialmente explícita.

En los casos 2 y 4, la mezcla entre el Pacífico y el Atlántico es posiblemente incompleta de manera que se debe tener en consideración las implicancias de asumir homogeneidad en la distribución de la población y en los procesos poblacionales. Bajo estas hipótesis la pesquería chilena no puede ser ni evaluada ni administrada de manera significativa sin considerar las pesquerías del Atlántico (Polacheck 2015).

Debido a que cada modelo conceptual/hipótesis potencialmente puede tener consecuencias relativamente grandes tanto para el estatus del recurso como para su administración, es crucial que se considere un rango de modelos de evaluación alternativos que representan el rango principal de incertidumbre de modelo. Al nivel de evaluación de stock, esto representa un significativo desafío en el caso del bacalao de profundidad, debido a que las pesquerías se encuentran separadas en el espacio y a la mezcla incompleta de los peces debido a su distribución no homogénea entre áreas (Polacheck 2015).

La evaluación de stock de este recurso y sus decisiones de administración deben estar conscientes de y tomar en consideración las capturas de todas las áreas y estar basadas en un rango completo de posibles supuestos respecto de la interacción entre los peces y las pesquerías encontradas en estas áreas (Polacheck 2015).

2.3.3 Historia de vida

Mortalidad natural

El bacalao es una especie longeva y de madurez tardía y en acuerdo con esto, los valores de M que se han utilizado en evaluaciones de stock caen en el rango comprendido entre 0,1 y 0,2 año⁻¹ (Tabla 1).



Tabla 1.
Mortalidad natural de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*)
estimada en diferentes localidades y estudios.

Fuente	Área	Rango M año ⁻¹	
Yáñez y Pizarro (1984)	Chile centro sur	0,10	0,20
Zuleta y Moreno (1992)	Chile sur austral	-	0,15
Shust <i>et al.</i> (1990)	South Georgia	0,16	0,18
Moreno y Rubilar (1992)	CCAMLR sub-área 48.3	-	0,14
Arana <i>et al.</i> (1994)	Plataforma Patagónica	0,10	0,20
Des Ciers <i>et al.</i> (1996)	Islas Falkland	-	0,10
Cubillos y Araya (2007)	Chile	0,10	0,14
Oyarzún <i>et al.</i> (2003a)	Chile sur	0,10	0,14
Candy <i>et al.</i> (2011)	Heard y McDonald Islands	-	0,16
Ziegler <i>et al.</i> (2013)	Heard y McDonald Islands	-	0,155
Day <i>et al.</i> (2014)	Isla Macquarie	-	0,13

La mortalidad natural es posiblemente el parámetro biológico más difícil de estimar es una evaluación de stock y con pocas excepciones prácticamente no se cuenta con estimaciones directas. Esto se debe a que si bien en un modelo estadístico de captura a la edad, M puede ser incluido como un parámetro a ser estimado, generalmente hay muy poca información respecto de este parámetro en los datos y consecuentemente las estimaciones efectuadas con estos modelos no están bien definidas y se confunden con otros parámetros y con los supuestos estructurales del modelo. Este es el caso de la evaluación de stock de bacalao de profundidad (Tascheri *et al.* 2015), en donde cuando este parámetro es estimado, el valor de M se encuentra altamente confundido con otros parámetros (Polacheck 2015).

Por esta razón, los valores usados en las evaluaciones de stock son comúnmente derivados de consideraciones teóricas en conjunto con estudios comparativos de los parámetros de historia de vida (**Tabla 1**) y por lo tanto este es el modo en que se ha procedido en las evaluaciones de stock del bacalao de profundidad en Chile. Sin embargo, a pesar que estos estimados indirectos proveen una guía para identificar un valor razonable para la especie en cuestión, estos escasamente pueden ser considerados exactos o precisos.



Frecuentemente los resultados de las evaluaciones y sus implicancias para las decisiones de administración son sensibles al valor de M utilizado. Este es el caso de la evaluación de stock de bacalao del año 2014 y de este modo, es importante que la incertidumbre en este parámetro se integre en la asesoría para el manejo, en particular en las estimaciones de riesgo (Polacheck 2015).

Es importante notar que, dada la longevidad y el tamaño de los adultos en combinación con los cambios de hábitos con el tamaño/edad, probablemente el valor de M es tamaño/edad dependiente.

Edad y crecimiento

Tres métodos principales han sido aplicados en la determinación de la edad y el crecimiento de bacalao de profundidad, la datación directa usando otolitos y escamas, estudios de marcaje y el análisis de datos de frecuencia de longitud (*slicing*).

A pesar que se han usado escamas, la lectura de otolitos es el método más ampliamente usado para la determinación directa de la edad la que una vez validada, provee datos fundamentales para la evaluación de stock.

Young *et al.* (1995) compararon la utilidad de las escamas y los otolitos para la determinación de la edad en el bacalao capturado en la zona sur austral de Chile y encontraron que las escamas entregaban estimados de edad significativamente menores que los otolitos en los peces más viejos.

Una detallada comparación entre las lecturas de edad usando escamas y otolitos (Ashford *et al.*, 2001) y la datación mediante plomo-radio (Andrews *et al.*, 2011), llevaron a concluir que era muy probable que el uso de escamas condujera a una sub-estimación de la verdadera edad en bacalao de profundidad. Desde el año 2000, todos los estudios de la edad y el crecimiento de bacalao se han basado en estimaciones derivadas del análisis de otolitos (Collins *et al.*, 2010).

Usando análisis de frecuencias de longitud, la separación de cohortes de peces adultos puede ser prácticamente imposible, pero este método sí puede ser informativo si se usa para seguir el crecimiento durante los primeros años de vida, cuando las cohortes son más fáciles de distinguir.

En el bacalao de profundidad existe una importante incertidumbre en términos del crecimiento dados las diferentes estimaciones disponibles para la especie. No es claro si la variabilidad observada en los parámetros de la **Tabla 2** refleja la verdadera variabilidad en el crecimiento en el tiempo y espacio o aspectos relativos al error de muestreo y la estimación de la edad. El problema del crecimiento tiene la complicación adicional del dimorfismo sexual que se observa en esta especie y por el hecho de que ambos sexos no son capturados en la misma proporción (Polacheck 2015).

**Tabla 2.**

Parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy derivados de la lectura de otolitos de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) de diferentes localidades y estudios.

Adaptado de Collins *et al.* (2010) y Cubillos y Araya (2007).

Regiones	Sexo	L_{∞}	K	t_0	
Plataforma Patagónica	Hembra	141.4	0.150	-1.100	Ashford <i>et al.</i> (2001)
	Macho	120.7	0.013	-1.550	
Plataforma Patagónica	Combinados	184.7	0.065	-0.386	Martínez y Wöhler (2013)
Georgia del Sur	Hembra	177.5	0.082	0.350	Aguayo (1992)
	Macho	170.3	0.086	-0.015	
Georgia del Sur	Combinados	150.0	0.073	-0.079	Belchier (2004)
Georgia del Sur	Combinados	132.0	0.080	-0.300	CCAMLR 2009
Chile sur-austral	Hembra	209.7	0.064	-1.151	Young <i>et al.</i> (1992)
	Macho	195.6	0.074	-0.721	
Isla Heard	Hembra	74.40	0.480	-0.460	Ashford <i>et al.</i> (2001)
	Macho	73.90	0.310	-1.710	
Kerguelen	Hembra	103.5	0.110	-4.700	Ashford <i>et al.</i> (2005a)
	Macho	95.90	0.120	-4.600	
Macquarie	Hembra	205.3	0.045	-1.540	Kalish y Timmiss (1998)
	Macho	138.4	0.072	-1.370	
Macquarie/NZ	Hembra	158.3	0.085	-0.350	Horn (2002)
EEZ	Macho	134.3	0.118	0.080	
Macquarie Island	Combinados	185.5	0.042	-0.781	Constable <i>et al.</i> (2001)
Chile centro-sur	Combinados	177.8	0.109	0.000	Pavéz <i>et al.</i> 1983
	Combinados	218.0	0.048	-0.066	Rubilar <i>et al.</i> (1999)
	Combinados	152.2	0.085	-0.590	Oyarzún <i>et al.</i> 2003a
Chile sur-austral	Combinados	210.8	0.064	-0.432	Aguayo y Cid (1991)
	Combinados	212.6	0.066	-0.477	Young <i>et al.</i> (1992)
Georgia del Sur	Combinados	170.8	0.088	0.000	CCAMLR (1995)
	Combinados	170.9	0.087	0.160	Aguayo(1992)
	Combinados	204.0	0.056	-0.545	Zacharov y Frolkina (1976)
	Combinados	175.0	0.071	0.005	Shust <i>et al.</i> (1990)
	Combinados	207.0	0.075	-0.290	Cassia (1998)

Reproducción y edad media de madurez sexual

Dissostichus eleginoides es un desovador sincrónico (también denominado desovador total o isocrónico) con dos grupos de ovocitos de diferente tamaño, el grupo de ovocitos de mayor tamaño es desovado en un solo evento durante el año en curso, en tanto que el grupo de ovocitos de menor tamaño continua su desarrollo hasta la siguiente estación reproductiva (Kock y Kellermann 1991, Young *et al.*, 1999).



Frente a la costa Pacífica de Sudamérica esta especie presenta un período amplio de desove y la información publicada sugiere que en la plataforma del Pacífico este proceso sólo tiene lugar en la región austral de Chile (Young *et al.*, 1999, Arana 2009). En base a información anecdótica y en el rango de longitudes representado en los muestreos de Young *et al.*, (1999), se ha sugerido que el bacalao también desova al norte de la latitud 47°S, pero a profundidades mayores a las que normalmente opera la flota artesanal.

En términos generales, el desove del bacalao de profundidad tiene lugar durante el invierno austral entre junio y septiembre (Agnew *et al.*, 1999, Laptikhovsky *et al.*, 2006, Lord *et al.*, 2006).

En particular en la zona austral de Chile, el desove se inicia en julio y termina en octubre, exhibiendo su máxima expresión en septiembre (Arana 2009, Balbontín *et al.* 2011). Este último autor también estudio la longitud media de madurez sexual (L50%) para la plataforma Chilena, la que fue estimada en 81 cm. LT para machos y 89 cm. LT en hembras. En la plataforma Argentina y usando análisis histológico, Pájaro *et al.* (2005) identificaron un área potencial de puesta delimitada por tres sectores: oeste del Banco Burdwood, sur del estrecho de Le Maire y sur de Tierra del Fuego (57°S). Información no publicada sugiere que esta área de desove posiblemente se extiende hacia el Este del Banco Burdwood hasta el sur de las Islas Malvinas.

En el área de la plataforma Argentina localizada entre los 52° y 60°S, Pájaro *et al.* (2009) observaron ejemplares en reproducción entre julio y octubre y usando los datos recopilados entre estos meses, estimaron L50% en 82,3 cm. LT en machos y 83,7 cm. LT en hembras.

La estimación de la longitud/edad media de madurez sexual en una especie como el bacalao se complica debido a la segregación espacial por tamaño/edad. Las estimaciones posibles de obtener de una muestra determinada son dependientes de la localidad y el lugar en donde la muestra fue tomada y probablemente exhiben gran variabilidad. Esto se puede apreciar en el rango de valores estimadas en el Pacífico, Atlántico y para la especie en general (**Tabla 3**). Frecuentemente las estimaciones de madurez son derivadas de muestras tomadas en o en la vecindad de las áreas de desove. Esto probablemente produce una fracción desproporcionadamente alta de individuos maduros en las clases de edad más jóvenes, lo que se debe a que los individuos maduros probablemente se mueven hacia las áreas de desove cuando están maduros. De este modo, las estimaciones de la longitud/edad media de madurez sexual exhibirán una tendencia a sobreestimar la proporción de individuos maduros para los animales más jóvenes (Polacheck 2015).

El bacalao de profundidad es el más fecundo de los notothenidos exhibiendo fecundidades absolutas en el rango de 48.900 a 528.900 huevos en el plateau de Kerguelen (Chikov y Melnikov 1990) y entre 56.940 y 567.490 en Georgia del Sur (Nevinsky y Kozlov 2002).

Un vez hidratados y desovados, los huevos son de un diámetro de 4,4 – 4,5 mm con un corion relativamente definido, un gran espacio perivitelino y un vitelo homogéneo (Evseenko *et al.*, 1995).



Un número de autores han descrito los tamaños del bacalao desde embrión a larva 11–28 mm (Evseenko *et al.*, 1995; Kellermann, 1989), larva/juvenil temprano 18–63 mm (Effremenko 1979, North 2002).

Tabla 3.
Longitud media de madurez sexual de bacalao de profundidad estimada para diferentes localidades. Adaptada de Collins *et al.* (2010).

Fuente	Área	L50% mm.	
		machos	hembras
CCAMLR (1987)	South Georgia	577	1104
Moreno (1998)	South Georgia	670	860
Everson y Murray (1999)	South Georgia	785	982
Agnew <i>et al.</i> (1999)	South Georgia	750	1010
Laptikhovsky <i>et al.</i> (2006)	Islas Malvinas	860	900
Payá y Brickle (2008)	Islas Malvinas		897
Prenski y Almeyda (2000)	Argentina	763	871
Moreno <i>et al.</i> (1997)	Chile	1050	1170
Young <i>et al.</i> (1999)	Chile	1287	
Oyarzún <i>et al.</i> (2003a)	Chile	780-940	1130-1170
Arana (2009)	Chile	810	890
Balbontín <i>et al.</i> 2011	Chile		899
Duhamel (1991)	Kerguelen	650	800
Lord <i>et al.</i> (2006)	Kerguelen	630	850
Pájaro <i>et al.</i> (2009)	Argentina	823	837
Day <i>et al.</i> (2014)	Macquarie Island	1396	

Trofodinámica e interacciones ecosistémicas

El bacalao de profundidad exhibe claros cambios ontogénicos en la dieta, los que están asociados con la migración de los juveniles hacia mayores profundidades a través del talud y a un cambio general hacia hábitos carroñeros a medida que el tamaño corporal se incrementa. La dieta de las larvas de bacalao no ha sido estudiada.

La dieta de los bacalaos menores a 750 mm LT se ha determinado principalmente con muestras tomadas desde la captura con red de arrastre. Estos son principalmente piscívoros y usualmente depredan sobre la especie de pez más pequeña y abundante en su área (Barrera-Oro *et al.*, 2005, Collins *et al.*, 2007). En los pequeños juveniles, también se ha observado que consumen amphipodos y euphausiidos (Zhivov y Krivoruchko, 1990).

Con el incremento en tamaño de los individuos, la dieta cambia para incluir especies de mayor tamaño y de distribución más profunda, tales como *Macruronus magellanicus* y *Micromesistius australis* (Arkhipkin *et al.* 2003).



La dieta de los bacalao adultos se ha estudiado principalmente con muestras tomadas desde las capturas con longline y trampas. En general, los peces adultos son carnívoros oportunistas (Collins *et al.* 2010).

En Chile, Oyarzún *et al.* (2003a) estudiaron 201 estómagos con contenido (de un total de 1.583), colectados entre las regiones VIII y XI, determinando que el espectro trófico de *D. eleginoides* adulto en la zona estudiada, estaba compuesta por lo menos de 20 taxa-presa siendo su dieta predominantemente ictiófaga y dominada por *Gadiformes* y *Ophidiiformes*.

Estos autores encontraron además diferencias significativas entre las dietas de especímenes capturados en Quellón respecto de los capturados por la flota de Valdivia y Lebu, siendo los cefalópodos de la familia *Octopodidae* los que se encuentran altamente representados en la dieta de animales de este último Puerto. Los resultados indicaron además que los crustáceos se encuentran pobremente representados en la dieta de bacalao, encontrándose ausentes en Quellón.

El año 2013 se efectuó un segundo estudio alimentario en bacalao de profundidad en la ZEE Chilena, que cubrió gran parte del área lícitada en que opera la flota industrial. En esta investigación, se colectaron 998 estómagos de los cuales 578 (57.1%) se encontraron vacíos y 420 (42.1%) presentaron algún tipo de contenido. Los resultados de este estudio se resumen en la **Tabla 4**.

En el área estudiada, la alimentación general de *D. eleginoides* se compuso principalmente de peces óseos siendo los más importantes *Macruronus magellanicus*, *Antimora rostrata* y *Macrourus carinatus* con 25.2%, 24.8% y 8,2% de Índice de generalizado de alimentación (IG), respectivamente. Le siguen en importancia el cefalópodo indeterminado (8,2% IG, **Tabla 4**). De lo anterior, se desprende que los peces óseos representan el alimento de mayor importancia con 68.7%, seguido de los cefalópodos con un 23.8%, relegando a presas de menor orden a los crustáceos.

Lo anterior indica que la estrategia de alimentación que presenta el bacalao de profundidad en el área de la pesquería industrial es de tipo generalista con tendencia a los peces óseos (López *et al.*, 2014).

Los datos acerca de los depredadores del bacalao de profundidad son relativamente limitados. En aguas someras, los reportes de depredadores de juveniles incluyen pingüinos (Goldsworthy *et al.*, 2001), lobos marinos (Reid y Arnould, 1996) y elefantes marinos (Reid y Nevitt, 1998), pero con el incremento de tamaño y profundidad del hábitat, probablemente el rango potencial de depredadores se reduce (Collins *et al.*, 2010). De los resultados de extensos experimentos conducidos en Georgia del Sur, se sabe que el bacalao es rara vez capturado por lobos marinos o pingüinos y sólo ocasionalmente son capturados por estas especies en otras localidades (Collins *et al.*, 2010).

Los depredadores más importantes de los adultos, son más probablemente grandes vertebrados capaces de bajar hasta aguas profundas, tales como ballenas de esperma y elefantes marinos, que tienen la capacidad de sumergirse hasta el hábitat del bacalao. Se tienen registros de bacalao en estómagos de ballenas de esperma (*Physeter macrocephalus*; Abe y Iwami 1989) y a pesar de que



en general son considerados como depredadores de calamares, son potencialmente también importantes depredadores de bacalao.

Tabla 4.

Alimentación general del Bacalao de profundidad durante 2013. %F: porcentaje de frecuencia, %P: porcentaje en peso, %N: porcentaje en número e IG: índice generalizado de alimentación. (López *op cit.*)

Ítem	F	P	N	%F	%P	%N	IG	%IG
Aves								
Indeterminado	1	40	1	0.5	0.1	0.5	0.66	0.4
Cefalópodos								
<i>Dosidicus gigas</i>	3	63	3	1.6	0.2	1.4	1.87	1.1
<i>Gonatus antarcticus</i>	7	471	8	3.7	1.6	3.8	5.26	3.0
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	4	727	4	2.1	2.4	1.9	3.73	2.2
Indeterminado	20	1316.8	20	10.6	4.4	9.5	14.19	8.2
<i>Onykia ingens</i>	4	439	5	2.1	1.5	2.4	3.45	2.0
<i>Todadores filippovae</i>	2	143	2	1.1	0.5	1.0	1.44	0.83
Crustáceos								
Decapoda	7	190	8	3.7	0.6	3.8	4.72	2.7
Peces								
<i>Antimora rostrata</i>	46	5986	63	24.5	20.1	30.0	43.02	24.8
<i>Coelorhynchus australis</i>	1	120	1	0.5	0.4	0.5	0.81	0.47
<i>Coelorhynchus fasciatus</i>	5	164	5	2.7	0.5	2.4	3.23	1.9
<i>Coryphaenoides lecontei</i>	1	280	1	0.5	0.9	0.5	1.12	0.65
<i>Dissostichus eleginoides</i>	2	1130	2	1.1	3.8	1.0	3.35	1.9
Indeterminado	3	1381	3	1.6	4.6	1.4	4.42	2.6
Macrouridae "sp 1"	2	290	2	1.1	1.0	1.0	1.72	1.0
<i>Macrourus holotrachys</i>	3	785	3	1.6	2.6	1.4	3.26	1.9
<i>Macrourus sp</i>	6	3315	6	3.2	11.1	2.9	9.90	5.7
<i>Macruronus magellanicus</i>	51	6964	53	27.1	23.3	25.2	43.70	25.2
<i>Merluccius australis</i>	2	915	2	1.1	3.1	1.0	2.93	1.7
<i>Micromesistius australis</i>	3	440	3	1.6	1.5	1.4	2.60	1.5
<i>Notophysis marginata</i>	1	14	1	0.5	0.0	0.5	0.61	0.35
<i>Patagonotothen sp</i>	1	435	1	0.5	1.5	0.5	1.42	0.82
<i>Macrourus carinatus</i>	11	4032	11	5.9	13.5	5.2	14.20	8.20
Myxinido	2	210	2	1.1	0.7	1.0	1.57	0.91
Total	188	29850.8	210	100.0	100.0	100.0	173.2	100.0

La población de ballenas de esperma en el Océano austral no es conocida, de modo que su impacto es difícil de evaluar. Los elefantes marinos, particularmente los machos, tienen la habilidad de bajar hasta la profundidad donde habitan los adultos de bacalao y ocasionalmente estos han sido identificados en su dieta (Reid y Nevitt, 1998). Se sabe que las ballenas de esperma y orcas (*Orcinus orca*) capturan bacalaos desde los espineles durante el virado de estos aparejos (Ashford *et al.*, 1996, Nolan *et al.*, 2000, Kock *et al.*, 2006, Purves *et al.*, 2004, Rubilar *et al.*, 2014), pero los bacalaos adultos se encuentran a profundidades que exceden las capacidades de inmersión de las orcas. Ashford *et al.*



(1996) reportan altos niveles de depredación desde los espineles, con pérdidas que dan cuenta de prácticamente toda la captura.

En las islas Príncipe Eduardo al sur de Sud África, se han estimado pérdidas de hasta un 50% debido a la depredación por orcas (Tilney y Purves 1999). Goetz *et al.* (2011), indican que el daño económico por el deterioro o remoción de bacalaos por ballenas de esperma desde las líneas de pesca de la flota española que pesca en el Atlántico puede llegar a ser considerable. En Chile el monitoreo con observadores científicos de 180 lances de pesca, permitió documentar la interacción de ballenas de esperma y orcas con la pesca de bacalao, determinándose que el impacto general de los cetáceos en los rendimientos de pesca es bajo (Hucke-Gaete *et al.*, 2004). Reportes de los propios pescadores para aguas Chilenas, señalan que en determinadas situaciones el problema puede ser más agudo, en particular tratándose de orcas.

Poco se sabe de la ecología de *Mesonychoteuthis hamiltoni* pero este gran calamar es probablemente capaz de capturar y consumir bacalaos de gran tamaño y en Georgia del Sur estos calamares son ocasionalmente enganchados por los anzuelos de los espineles (Collins *et al.*, 2010).

Se sabe que el petrel de mentón blanco y los albatros se alimentan de bacalaos, pero estos frecuentemente corresponden a peces que escapan desde los anzuelos o que son descartados desde los barcos de pesca (Catard *et al.*, 2000, Cherel *et al.*, 2000, 2002).

Una circunstancia particularmente negativa, era la mortandad de aves que tenía lugar durante la operación de calado. Las aves manteniéndose suspendidas en el aire con la turbulencia producida por las hélices de los barcos, trataban de remover la carnada de los anzuelos y eran enganchadas por los anzuelos y arrastradas bajo el agua en donde morían por inmersión (Moreno *et al.* 2006). Desde el año 2006 aproximadamente en adelante, el uso de líneas de pesca con mayor velocidad de hundimiento ha eliminado este problema con las aves marinas en esta pesquería, como lo comprueban censos recientes en las áreas de anidamiento. Esto se ha logrado tanto con el uso de líneas más pesadas (líneas de palangres con núcleo de plomo) como por los pesos instalados en los extremos de los barandillos de las cachaloterías.

Un problema que persiste en esta pesquería, es el material de pesca (líneas y anzuelos) adosado a los desechos de pescado y/o fauna acompañante descartada. La pesquería de bacalao de profundidad produce cantidades significativas de desechos de pescado y descarte de fauna acompañante (mayoritariamente granaderos; Familia *Macruridae*), que son aprovechados por aves de hábitos carroñeros y oportunistas.

Estos descartes tienen un impacto directo en el comportamiento alimentario y en la dinámica poblacional de estas aves (mortalidad y bajas en el reclutamiento, debido a una disminución en la capacidad de alimentarse y de alimentar a sus crías), como también efectos ecosistémicos indirectos. Una de las más notables entre estas aves que interactúan con la pesca, es el albatros errante (*Diomedea exulans*) cuya población global está en declinación en varias de sus áreas de crianza (Nel



et al. 2002) en particular en la isla Bird en las Georgias del Sur, donde se ha determinado una reducción de un 30% de la población con relación al año 1984 (Poncet *et al.*, 2006).

Philips *et al.* (2010) analizaron 16 años de datos de las islas Georgias del Sur, encontrando que la cantidad de material de pesca ingerido por el albatros errante era de un orden de magnitud mayor al encontrado en otras especies. Este hallazgo refleja el mayor rango espacial de alimentación de esta especie y una mayor capacidad de apertura del pico (permitiendo la ingesta de presas de mayor tamaño). Estos autores, especulan que el incremento más reciente en la tasa de ingesta de material de pesca en esta especie, coincide con la introducción de la cachalotera en la pesquería de bacalao de profundidad.

Reyes *et al.* (2009) reportan la fauna acompañante de la pesca de bacalao de profundidad con cachalotera en el Cabo de Hornos, islas Diego Ramírez y el sector norte del paso Drake (52°43'S - 57°05'S). De acuerdo con este estudio la fauna acompañante de esta pesca incluye 7 especies de teleósteos pertenecientes a 3 órdenes y 4 familias. La mayor diversidad de especies estuvo representada por el orden *Gadiformes*, con 4 especies de *Macrouridae* y 2 especies de *Moridae*. La abundancia es dominada por la familia *Macrouridae*. De esta última, *Macrourus holotrachys* (Günther, 1878) se presentó en el 88,5% de los lances en tanto que *Caelorinchus fasciatus* (Günther, 1878) y *Caelorinchus carinatus* (Günther, 1878) fueron regulares en las capturas, con presencia en el 18,7% y 7,5% de los lances, respectivamente.

Esta información es corroborada por Rubilar *et al.* (2014), quienes observan que la fauna acompañante en la pesquería industrial de bacalao de profundidad en Tierra del Fuego muestra una baja diversidad específica, con un predominio importante de dos especies de macrouridos, *M. holotrachys* y *M. carinatus*, que en conjunto conforman el 96 % de la captura incidental en número. De acuerdo con estos autores, parte de esta captura incidental de macrouridos es procesada y aprovechada, existiendo una deficiencia notable de datos al respecto.

Adaptaciones fisiológicas

Existe considerable literatura acerca de las adaptaciones fisiológicas que han evolucionado en los Notothenidos (Farrell y Steffensen, 2005). La mayoría de estos estudios tratan con mayor detalle las especies que viven en las latitudes más altas y frías, en donde los aspectos de resistencia al congelamiento y adaptación al frío son más agudos. Sin embargo, algunos aspectos de la fisiología del congénere *D. mawsoni* han sido estudiados con un detalle que permite hacer inferencias acerca de varias adaptaciones de *D. eleginoides* a su ambiente.

La mayoría de los Notothenidos son bentónicos y más pesados que el agua de mar y todas las especies carecen de una vejiga natatoria. Sin embargo, un rango de adaptaciones y mecanismos han evolucionado en varias especies, incluidas aquellas del género *Dissostichus*, que les permiten alcanzar una boyancia neutra lo que a su vez les permite conservar energía muscular y explotar el ambiente pelágico (Oyarzún *et al.* 1988, Eastman y Sidell 2002). Para compensar por la ausencia de



una vejiga natatoria, el género *Dissostichus* entre otros, presentan una menor mineralización del esqueleto (Eastman 1990). El cartílago también es sustituido por tejido óseo en algunas áreas del cráneo, región pectoral y caudal del esqueleto. Las escamas, que también contienen minerales óseos pesados, presentan una porción no mineralizada en su margen posterior (Eastman 1990, Oyarzún *et al.*, 1988).

Los depósitos lípidos también contribuyen a la boyancia de *D. eleginoides*. Estos lípidos tienen una gravedad específica menor al agua de mar y por lo tanto, contribuyen considerablemente al ascenso en condiciones estáticas. Oyarzún *et al.* (1988) encontraron que el músculo blanco de la región dorsal del cuerpo contiene más de 25% de lípidos, lo que puede incrementarse hasta porcentajes mayores a un 46% en regiones próximas a los centros de masa de boyantes, tales como el origen de las aletas pectorales y la región ventral de las aletas pélvicas. En especies del género *Dissostichus*, los lípidos son almacenados en células adiposas y por esta razón es probable que actúen como una reserva de energía. Se sabe también que las vértebras de *D. eleginoides* contienen cavidades llenas con lípidos.

Se piensa que las largas aletas pectorales de las especies de *Dissostichus*, también proveen propulsión hacia adelante, asistiendo la habilidad del pez para mantener su posición en la columna de agua.

Near *et al.* (2003) demostró que *D. mawsoni* experimenta un claro cambio ontogenético en boyancia, de manera que los juveniles son más pesados que el agua (boyantes negativa) y que los adultos adquieren boyantes neutra cuando alcanzan una longitud media de 810 mm LT. Se ha sugerido que esta adaptación puede estar asociada con un cambio de hábitat, dado que los juveniles explotan hábitat bentónicos y los adultos se alimentan en toda la columna de agua, en la región de agua profunda.

Aun cuando no se han realizado estudios directamente en *D. eleginoides*, es muy probable que este cambio ontogenético en boyancia también tenga lugar en el bacalao de profundidad, asociado con el marcado cambio en su distribución y ecología trófica simultáneamente con la edad/longitud (Belchier y Collins, 2008).

El desarrollo evolutivo de compuestos anticongelantes ha sido esencial para que los peces puedan sobrevivir en muchos de los hábitats fríos y de alta latitud del Océano Sur, permitiendo de este modo la radiación de numerosos notothenidos hacia estos ambientes.

En este contexto, una adaptación mayor ha sido la habilidad de sintetizar sustancias macromoleculares anticongelantes para la circulación de los fluidos corporales. Estas sustancias previenen que los notothenidos se congelen cuando entran en contacto directo con el hielo. Sin embargo, *D. eleginoides* que vive en temperaturas de entre 2 y 11°C, carece de anticongelante en sus fluidos corporales. En efecto, *D. eleginoides* tiene secuencias apenas detectables de glicopéptidos anticongelantes en su DNA. Esta característica de su fisiología condiciona su distribución y ha sido



uno de los factores determinantes del desarrollo de stocks discretos en la estructuración espacial de esta especie.

2.4 Métodos de evaluación de stock

Para realizar la evaluación de stock del bacalao de profundidad, se han ensayado variados métodos en las diferentes pesquerías del mar austral, la plataforma patagónica y en aguas chilenas.

Desde el año 2004, en muchas de las principales pesquerías de *Dissostichus* spp en la CCAMLR, se han usado Modelos Integrados, con diferentes complejidades y características (Methot 2009; Methot y Wetzel 2013; Bull *et al.*, 2005). Estos modelos permiten integrar datos desde diferentes fuentes, incluyendo captura a la edad, captura estructurada por tamaño, datos de la pesquería, evaluaciones directas y otros índices de biomasa, composición de edades de la captura de cruceros de evaluación directa y datos de marcaje y recaptura.

Una plataforma que permite implementar estos modelos y que se ha hecho popular en la CCAMLR es CASAL (Bull *et al.*, 2005), la que permite generar estimados puntuales de las cantidades relevantes al manejo, como también obtener medidas de su incertidumbre, tales como perfiles de verosimilitud y distribuciones posteriores, usando metodologías tales como el Monte Carlo de cadenas de Markov (MCMC). La plataforma también permite hacer proyecciones del estado del stock, usando reclutamientos tanto determinísticos como estocásticos y generar un número de medidas de rendimiento que son luego usadas en el proceso de toma de decisiones para el manejo. Este tipo de modelos se está empleando actualmente en evaluaciones de bacalao de profundidad, tanto del Antártico como de la plataforma Patagónica (Dunn y Hanchet 2007, Candy y Constable 2008, Day *et al.* 2014, Ziegler *et al.* 2014).

Existen también otras plataforma similares para la implementación de modelos integrados que son principalmente favorecidas por los científicos que realizan las evaluaciones de stock de las pesquerías de peces de fondo y pelágicos de la costa oeste de Estados Unidos, entre estas la más popular es Stock Synthesis (SS3, Methot y Wetzel 2013), la que aún no se ha aplicado en stocks de bacalao de profundidad pero también existen otras tales como el Assessment Method for Alaska (AMAK) de desarrollada por el Dr. James Ianelli del NMFS Alaska Fisheries Science Center y que ha sido también aplicada en la evaluación del stock de jurel explotado en y frente al ZEE Chile. Tanto AMAK como SS3, han sido desarrollados usando AD Model Builder (Fournier *et al.* 2012).

En las evaluaciones de bacalao también se han empleado modelos de producción estructurados por edad (ASPM; Restrepo y Legault 1998, Booth y Quinn 2006). Aplicaciones de estos modelos a diferentes stocks de bacalao de profundidad se encuentran documentadas en Gasiukov y Dorovskikh (2000), Brandao *et al.*, (2002), Payne *et al.* (2005), Paya y Brickle (2008) y Martínez y Wöhler (2013) al igual que en Canales *et al.* (2015) en el caso de una aplicación a la población de bacalao de profundidad explotada en aguas chilenas.



3. METODOLOGÍA

3.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock

3.1.1 Datos e información

Pesquería Chilena de bacalao de profundidad

- **Flota artesanal** (18° 21' L.S.- 47° L.S.)
 - Composiciones de longitud 1995 - 2013.
 - Composiciones de edad 1995 – 2006 (escamas).
 - Composiciones de edad 2007 – 2014 (otolitos).
 - Pesos medios a la edad 1995 – 2014.
 - Capturas 1978 – 2014.
 - Bitácoras de pesca FIP 96-32 1968 – 1996
 - Bitácoras de pesca artesanal (IFOP) 1997-2014
- **Flota industrial (palangre; 47° S – 57° L.S.)**
 - Composiciones de edad 1991-1992, 1996 – 2006 (escamas).
 - Pesos medios a la edad 1986 – 2006.
 - Bitácoras de pesca industrial (IFOP) 1997 - 2006.
 - Capturas 1989 - 2006.
- **Flota industrial (sistema con cachaloteras; 47° S – 57° L.S.)**
 - Composiciones de edad 2007 – 2014 (otolitos).
 - Pesos medios a la edad 2007 – 2014.
 - Bitácoras de pesca industrial (AOBAC*) 2007 - 2013.
 - Bitácoras de pesca industrial 2014.
 - Capturas 2007 - 2014.

Pesquería Argentina de bacalao de profundidad **

- **Flota arrastre** (sur de la latitud 54°S.)
 - Composiciones de longitud 2003 - 2014.
 - Capturas 1986 - 2014.
- **Flota palangre** (sur de la latitud 54°S)
 - Composiciones de longitud 2003 - 2014.
 - Capturas 1991 - 2013.
 - Registros oficiales de captura y esfuerzo 1993 - 2014.
 - Bitácoras de pesca (observadores científicos) 2003 – 2014.



- * El 13 de mayo de 2014, la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes AOBAC A.G., puso a disposición de IFOP la información biológico pesquera del recurso bacalao de profundidad recopilada por esta entidad entre los años 2007 y 2013 para que ésta sea usada en las evaluaciones de stock que desarrolla el Instituto (Anexo 2 en Tascheri *et al.* 2015.).
- ** El 21 de agosto de 2014 el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP) y el IFOP establecieron un Convenio Marco formalizando las relaciones de cooperación entre ambas instituciones a fin de: Promover y fortalecer procesos de investigación y extensión comunitaria en las áreas marinas y marinas costeras de los países, generar conocimiento sobre los recursos marinos para un manejo sostenible y mejorar la toma de decisiones, establecimiento de grupos técnicos conjunto y capacitar los investigadores en temas relacionados al manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos.

Los días 10 y 11 de marzo de 2015 se celebró la 1^{ra} reunión de coordinación del Convenio Marco de Cooperación entre el INIDEP y el IFOP, a fin de conformar los grupos técnicos de trabajo y acordar, planificar y coordinar las actividades técnicas a realizar durante el año 2015. En esta primera reunión se estableció un convenio específico, con el objetivo de avanzar en el conocimiento científico de las principales pesquerías de la zona sur-austral, a través de la realización de actividades de cooperación e investigación conjunta, con el fin de mejorar la asesoría a las autoridades pesqueras correspondientes. Entre los recursos identificados en este convenio específico se incluyó el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*).

a. Capturas

En general los métodos de evaluación de stock requieren conocer las remociones totales de la población. En aguas internacionales la pesca ilegal, no reportada y no regulada alcanzó niveles importantes durante la etapa de desarrollo de la pesquería. En años recientes, el sistema de documentación de las capturas (CDS) adoptado por los países miembros de la CCAMLR a partir del año 2000, el patrullaje, el sistema de posicionador satelital y arrestos y procesos judiciales, han contribuido a evitar las distorsiones en la cuantificación de las remociones totales. En particular el CDS está diseñado para poder demostrar que el bacalao fue capturado cumpliendo las normas de conservación mediante el seguimiento de los desembarques y de las transacciones (Collins *et al.* 2010).

Siendo un signatario de la CCAMLR, Chile debe cumplir con el requisito del CDS tanto para los desembarques industriales como artesanales. En el caso de la flota artesanal, que no estaba sujeta a la obligación de usar un sistema de posicionamiento satelital, bastaba con la certificación de los desembarques por parte del Sernapesca para emitir el CDS.

Una distorsión conocida en el registro de las capturas de bacalao en aguas chilenas, se relacionaba con los desembarques de la flota artesanal.



Luego del inicio de la pesquería en la zona central de Chile el agotamiento de los caladeros debido a su intensa explotación causó un continuo desplazamiento del esfuerzo de pesca artesanal hacia el sur del país a fin de mantener sus rendimientos de pesca. Eventualmente los rendimientos en las regiones X y XIV también cayeron, creando el incentivo para que la flota artesanal buscara mejores oportunidades de pesca en el área lícitada. La captura efectuada en esa zona, era luego declarada como extraída en los caladeros al norte de la latitud 47°, con la consiguiente distorsión en los registros de desembarque.

Recientemente Estados Unidos (principal mercado para el bacalao de profundidad), decidió no aceptar más importaciones de productos de barcos cuya señal no estuviese conectada al sistema centralizado de CCAMLR. Esto claramente influyó las recientes modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura, las que incluyeron disposiciones expresamente diseñadas para normalizar el registro de los desembarques artesanales, la más notable de ellas es el requerimiento de instalar un dispositivo de posicionamiento satelital a las embarcaciones con más de 15 m de eslora.

Entre los años 1980 y 1985 los desembarques artesanales de bacalao de profundidad fueron registrados bajo el nombre de mero o bacalao (*Polipryon yañezi*), esto fue enmendado en el año 1985 cuando se comenzó a registrar los desembarques bajo el nombre de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*). De esta manera, al inicio de la década del 80 la estadística de desembarque oficial está distorsionada por una mezcla de especies.

La pesquería de bacalao en el mar exterior al sur del paralelo 47° L.S. fue declarada en Régimen de Pesquería en Desarrollo Incipiente en el año 1991, creando de este modo la pesquería industrial de bacalao de profundidad. El sistema de posicionamiento automático de naves pesqueras, sin embargo no entró en vigencia sino hasta el año 1997 con la promulgación de la Ley 19.521, de este modo en los primeros seis años de desarrollo de la pesca industrial una fracción de actividad extractiva declarada en Aguas Internacionales corresponde a pesca desarrollada en aguas de jurisdicción nacional.

En la evaluación de stock del año 2015 se consideraron las capturas de las flotas artesanal e industrial chilenas y las capturas totales de palangre y arrastre registradas de Argentina. (**Figura 5**).

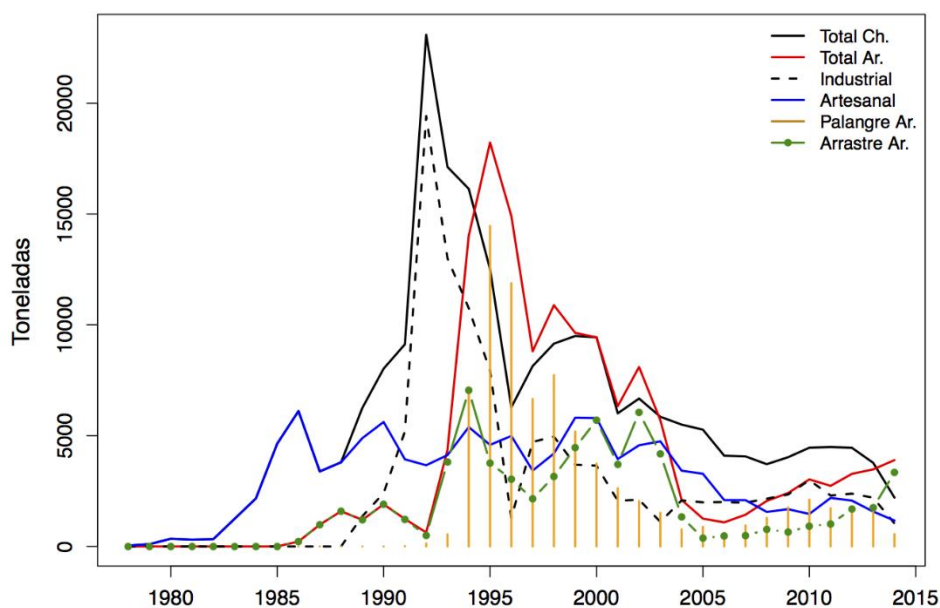


Figura 5. Desembarques de bacalao de profundidad de la pesquería Chilena (ART: artesanal; IND: industrial) y Argentina (PAL_AR: palangre; ARR_AR: arrastre).

b. Composiciones de edades y longitudes de las capturas industrial y artesanal

La composición de edades es fundamental para entender la dinámica de la población y la productividad del stock.

El estudio de la edad de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) se inició en IFOP en la década de los 80's, con una evaluación de estructuras duras a utilizar para la lectura de los anillos de crecimiento tal que permitiesen conocer la edad y el crecimiento de este recurso. En este estudio, financiado por un proyecto CORFO (Young *et al.*, 1987), se revisaron diferentes estructuras duras (escamas, vértebras, otolitos, entre otras) y se tomó la determinación de utilizar las escamas para conocer la edad de este recurso, decisión que se basó tanto en las técnicas de análisis y estado del arte de la época, como considerando los aspectos prácticos de acceso a la toma de muestras en terreno.

Se debe considerar que en Chile, el acceso a los Observadores Científicos para manipular los bacalaos desembarcados con la finalidad de tomar mediciones y extraer otolitos, era muy restringido en las décadas de los 80's y años 90's, e incluso durante la primera parte de los años 2000. Durante estos años, muchas veces los observadores sólo podían tomar una porción de las escamas. En adelante se comenzó a construir la actual serie histórica de estructura de edad de las capturas, en el marco de los proyectos anuales de Diagnóstico de las Pesquerías Demersales y posteriormente en



el Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, Recursos Demersales.

Durante los años 2000, los laboratorios con especialidad en estudio de edad de este recurso, comenzaron a emplear los otolitos como estructura base de análisis. Un hito relevante fue el taller de trabajo realizado en el marco de la CCAMLR (WG-FSA-00/28), en donde se abordó la comparación de edades entregadas por el análisis tanto de escamas como por otolitos, técnicas de preparación y se revisó la concordancia en lecturas de otolitos. Investigaciones subsecuentes, demostraron que el uso de escamas para estudiar la edad puede conducir a errores en la estimación de edad en especies longevas, usualmente debido a compresión de los *circuli* de las escamas con la edad (Ashford *et al.*, 2001).

En el ámbito científico chileno, se estableció también la necesidad de estudiar la edad del bacalao de profundidad empleando los otolitos y el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) licitó un proyecto con el objetivo principal de estudiar la asignación de edades y crecimiento de bacalao de profundidad a objeto de determinar la estructura dura más conveniente en la estimación de la edad del recurso (Oyarzún *et al.*, 2003b).

Para IFOP, entidad encargada del monitoreo anual de los recursos de importancia económica, no fue sencillo incorporar el muestreo de otolitos, ya que significó encontrar un modo de poder extraerlos sin dañar los peces y lograr a además que el operador permitiese efectuar este muestreo. Finalmente, IFOP logró efectuar el muestreo de escamas y otolitos en forma paralela.

Durante los años 2005 a 2006, se analizaron muestras tanto de escamas (que era lo que se informaba en el proyecto de cada año) como otolitos, para desarrollar los criterios de observación de la edad en estas estructuras.

En el Informe final del Programa de Seguimiento de las principales Pesquerías Demersales del año 2007, se incluyó finalmente la estructura del desembarque en número por grupos de edad de bacalao de profundidad en base al estudio de sus otolitos (Céspedes *et al.* 2008). En ese reporte, se incluyó una ilustración de la concordancia entre ambos métodos de determinación de edad (escamas vs otolitos).

Si bien hasta cierta edad tanto escamas como otolitos permiten una asignación similar de la edad, se presenta que en peces más viejos la periferia de la escama no permite un discernimiento de los *annuli* como lo permite el estudio de los otolitos, los cuales una vez sometidos a la preparación adecuada, permiten observar una secuencia de *annuli* susceptible de diferenciar detalladamente.

Desde el año 2007 hasta el presente, en el estudio de la edad para conocer la estructura etaria del recurso se han empleado los otolitos, utilizando en la representación de cada pesquería claves edad-talla propias es decir, elaboradas con muestras procedentes de cada tipo de pesquería. En la pesquería industrial, la serie estimada para el bacalao de profundidad se extiende entre los años 1996

y 2013, en tanto que la serie de las capturas artesanales se extiende entre los años 1995 y 2013 (Figuras 6 y 7).

En el caso de la pesquería industrial, se incluyen también en la evaluación de stock las composiciones de edad originadas en los muestreos biológicos realizados en la pesca de investigación ejecutada entre septiembre de 1991 y junio de 1992 con siete buques factoría. El objetivo de esta pesca de investigación, fue el cuantificar la abundancia del recurso entre las latitudes 47°S y 57°S (Young *et al.* 1992; Figura 6).

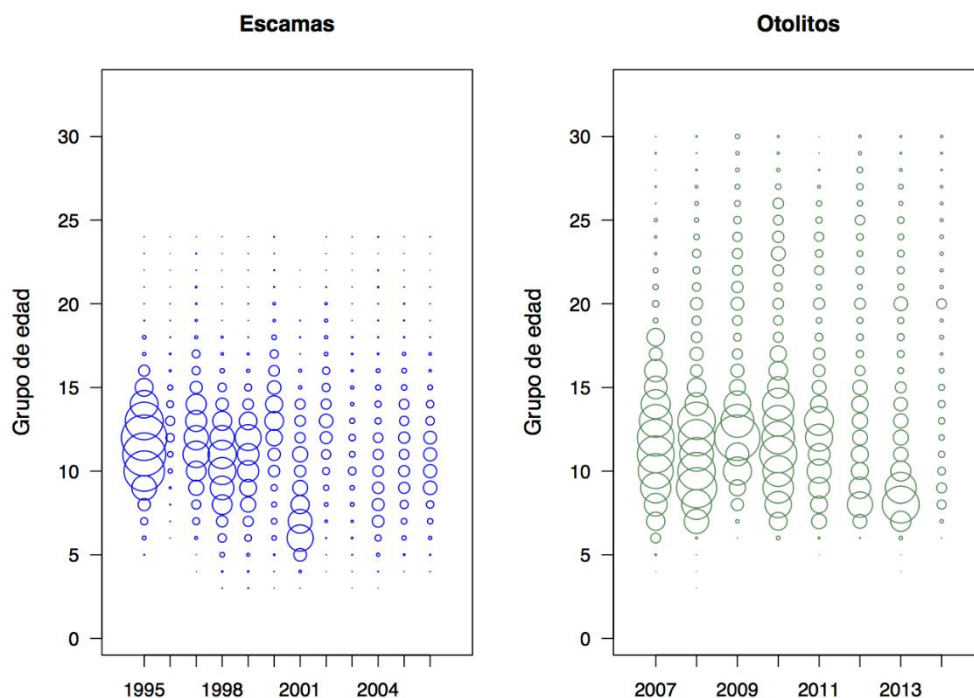


Figura 6. Serie de composición de edades de las capturas industriales de bacalao de profundidad. Izquierda: lectura de escamas, años 1989 a 2006; Derecha: lectura de otolitos, años 2007 a 2013).

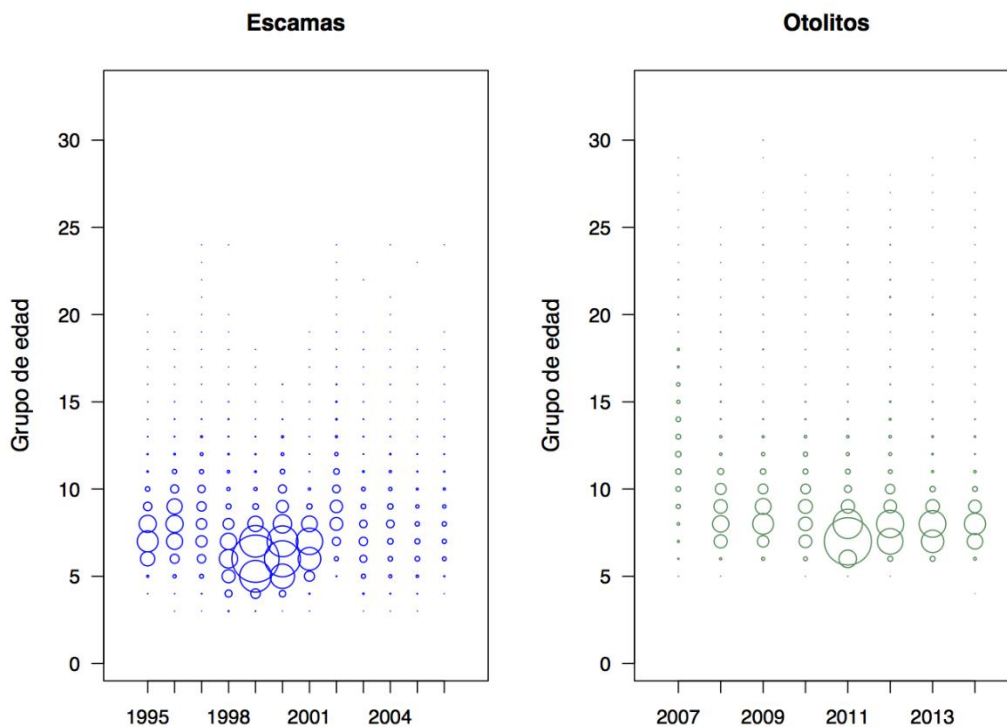


Figura 7. Serie de composición de edades de las capturas artesanales de bacalao de profundidad. Izquierda: lectura de escamas, años 1995 a 2006; Derecha: lectura de otolitos, años 2007 a 2014).

Se dispone también de composiciones de longitud de las capturas industriales y artesanales que son obtenidas desde el muestreo rutinario conducido por el proyecto de seguimiento la pesquería de aguas profundas (Gálvez *et al.* 2014) y que son expandidas al desembarque para su uso en el estudio de la composición de edad de las capturas (**Figura 8**).

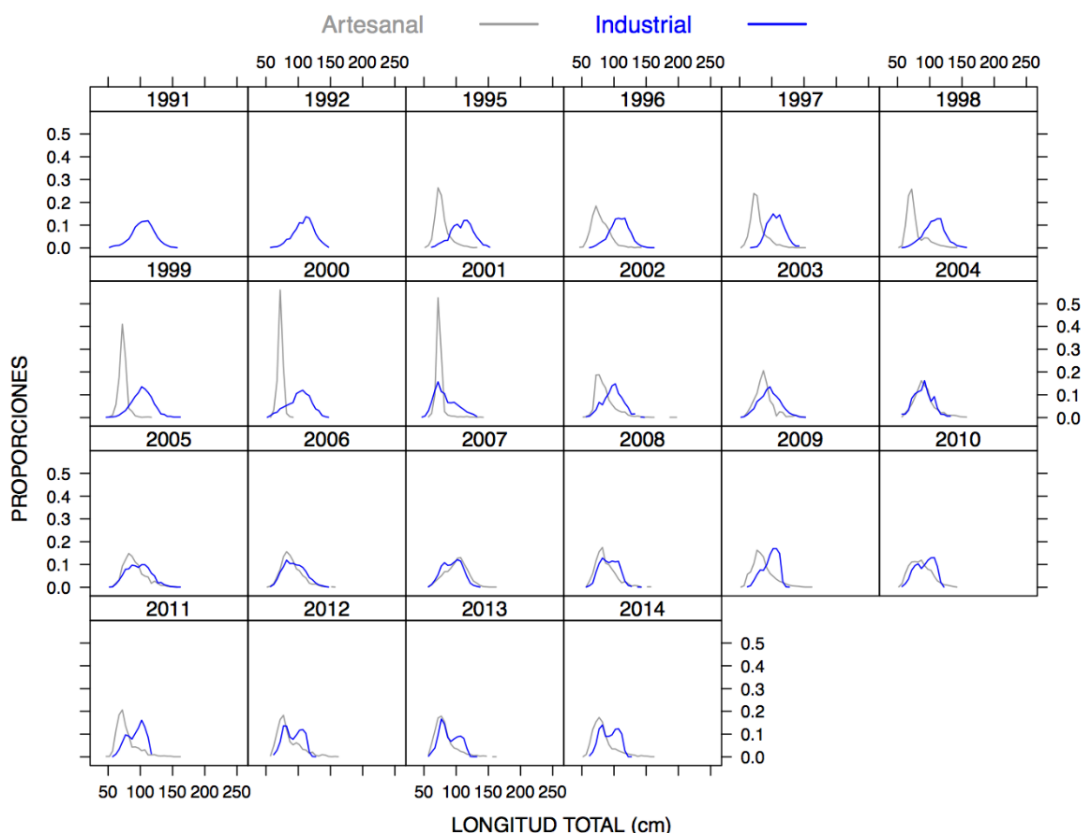


Figura 8. Composici3n de tama1o de las capturas de industriales y artesanales (fuente: IFOP).

Las composiciones de longitud de las capturas de la flota arrastrera y de palangre Argentinas corresponden a toda el 1rea de su pesquer1a y se encuentran disponibles para los a1os 2003 a 2014 (**Figura 9**). Los datos de composici3n de tama1o de las capturas fueron usados en reemplazo de los datos de composici3n de edades de la pesca Argentina utilizados por Tascheri *et al.* (2014) a fin de evitar el suavizamiento de la variabilidad de la informaci3n contenida en la matriz de captura a la edad producido por el procedimiento de slicing de las cohortes con que se obtuvieron las composiciones de edad Argentinas (Mart1nez y W3hler, 2013). Este procedimiento posiblemente contribuya tambi3n a sobreestimar la proporci3n de captura en las clases de edad m1s viejas (Polacheck, 2015).

En la **Figura 9** se observa la captura de individuos m1s peque1os en la pesquer1a de arrastre Argentina con relaci3n a la pesca con palangre, particularmente entre los a1os 2003 y 2006.

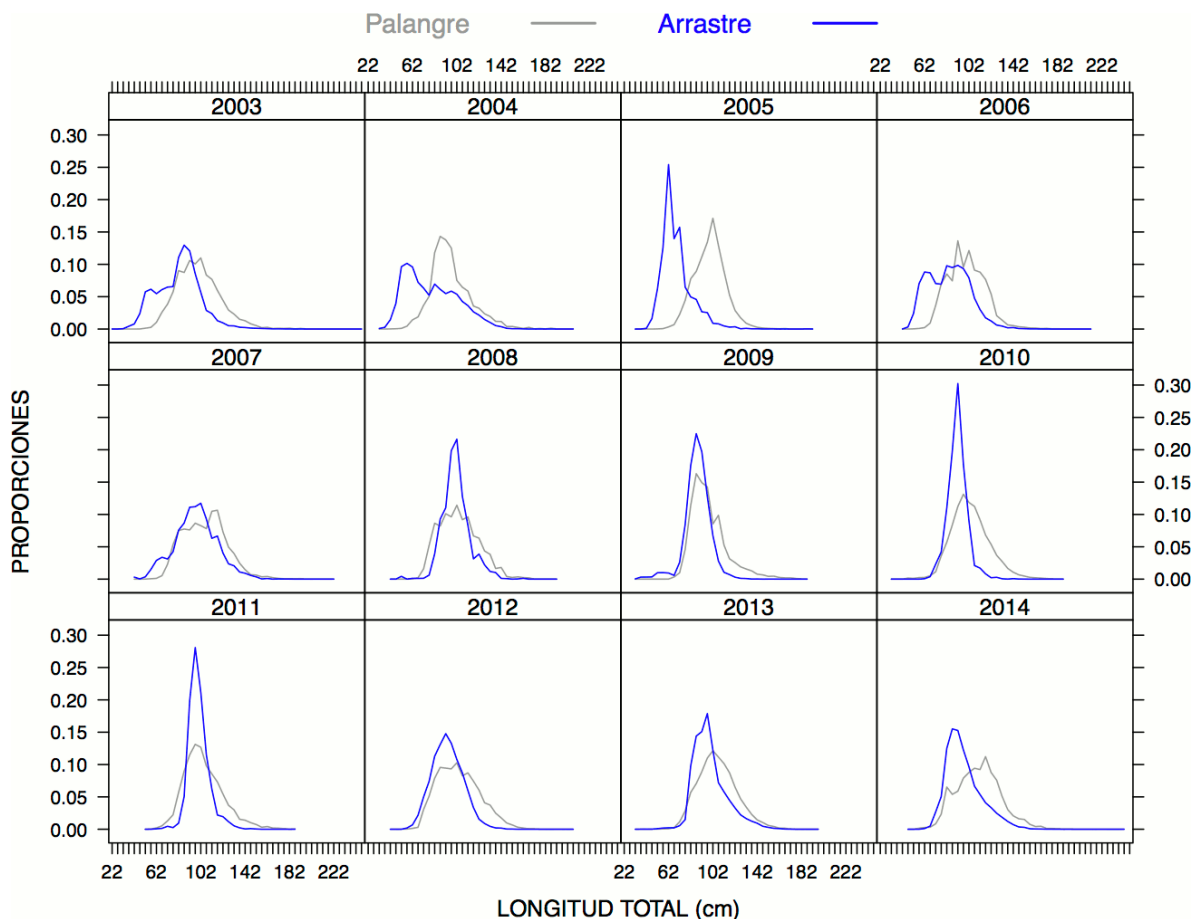


Figura 9. Composición de tamaño de las capturas de arrastre y palangre Argentinas para toda el área de la pesquería (fuente: INIDEP).

c. Bitácoras de pesca y registros oficiales de captura

Bitácoras de pesca industrial recopiladas por IFOP

La base de datos de bitácoras de pesca industrial mantenida por el IFOP, contiene información de la operación de pesca a la escala del lance y se extiende entre los años 1997 y 2014. Estos registros de operaciones de pesca corresponden a una combinación de registros tomados directamente por IFOP mediante el embarque de observadores científicos y de bitácoras recopiladas indirectamente a través del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Esta base de datos es administrada en el sistema centralizado de registro de datos que mantiene el IFOP usando la plataforma Oracle®.

La base de datos de bitácoras de la pesca industrial entre los años 1989 a 2014 fue compilada en este proyecto y se obtuvo uniendo la base de datos mantenida en el sistema centralizado de IFOP



con datos de bitácoras de la pesca con palangre recopilados por el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal entre los años 1989 y 1996, que no se encuentran en la base central de IFOP. La base de bitácoras compilada a partir de los datos recopilados por IFOP, tiene la ventaja de incluir información de captura y esfuerzo de los inicios de la pesca industrial, pero la desventaja de no incluir información de interacción de la pesca con mamíferos marinos o información que provea una medida directa del esfuerzo de pesca ejercido con el sistema con cachaloteras. Este método de pesca fue usado por una fracción de la flota entre los años 2006 y 2007 y ha sido usado en todas las operaciones de pesca a partir del año 2008.

Los datos de esfuerzo de la pesca con cachalotera se han comenzado a tomar por IFOP desde el año 2014, año para el que también se cuenta con información parcial (no de todas las operaciones de pesca) de interacción de esta pesca con mamíferos marinos.

Bitácoras de pesca artesanal recopiladas por IFOP

Los registros de captura y esfuerzo de bacalao de profundidad en el área de la pesquería artesanal (norte de la latitud 47°S), se pueden obtener principalmente desde dos fuentes: el proyecto FIP 96-32 (Young *et al.*, 1997) y el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal de aguas profundas (Gálvez *et al.*, 2014).

La primera se compone de registros de viajes de pesca realizados entre los años 1986 a 1996 que fueron compilados en los puertos de Caldera, San Antonio, Constitución, Lebu y Valdivia.

La segunda se compone de registros de viajes de pesca realizados entre los años 1998 y 2014 y recopilados en los puertos de San Antonio, Lebu, Valdivia, Quellón y en las caletas Anahuac, Chinquihue y Carelmapu.

Estos datos se encuentran en formatos diferentes. En particular los códigos de embarcación son diferentes y por tanto no pueden ser unidas sin primero identificar las embarcaciones con registros en ambas bases de datos. Las áreas de pesca fueron asignadas por Young *et al.* (1997) en función de la información general de zona de pesca y distancia de la costa entregada por los pescadores al momento de la recalada, lo que constituye un trabajo lento e impreciso pero de gran utilidad, dada la variabilidad explicada por este factor en los modelos de estandarización de las tasas de captura en esta pesquería. Estas áreas corresponden a la codificación de cuadros estadísticos utilizado en IFOP antes del año 1997 y de este modo las áreas puede ser asignada a un número limitado de registros de años más recientes para los cuales se cuenta con el datos de latitud y longitud.

El año 1997 fue obtenido desde registros mantenidos en el proyecto de seguimiento de la pesquería que se encuentran en el formato de la base de datos compilada por Young *et al.* (1997).



Bitácoras de pesca AOBAC A.G.

La base de datos AOBAC contiene información de la operación de pesca a la escala del lance y se extiende entre los años 2006 y 2013. Estos registros de operaciones de pesca corresponden a una combinación de registros tomados directamente por observadores científicos del Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.) y otros llenados por los capitanes de los barcos de pesca.

Esta base de datos tiene la ventaja de distinguir entre las operaciones con palangre español y aquellas que emplearon el sistema con cachalotera. Además incluye varios campos que registran variables relevantes a la interacción de mamíferos marinos con la pesca, en particular ballenas de esperma y orcas.

Registros oficiales de captura y esfuerzo de la pesquería Argentina de palangre

En el marco del convenio de cooperación técnica entre IFOP e INIDEP, para la presente evaluación de stock se ha podido contar con datos de captura y esfuerzo de la pesca de bacalao de profundidad desarrollada con palangre en la ZZE de Argentina.

El uso de la CPUE estandarizada de los buques palangreros como índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad en las evaluaciones de stock argentinas, se ha fundamentado en el hecho que la pesca con palangre puede ser considerada como una pesca dirigida efectivamente hacia la especie desde sus inicio en 1990 y en que el área de operación de esa flota involucra prácticamente la totalidad del área de distribución del recurso en aguas Argentinas (Martínez *et al.*, 2011).

Los registros oficiales de captura y esfuerzo de la pesca Argentina, corresponden a la captura por operación en kilogramos obtenida desde la estadística pesquera oficial mantenida por la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura (SAGPyA) y administrados en el Centro de Cómputos del INIDEP (Martínez *et al.* 2011)(**Figura 10**).

Estos datos presentan la ventaja de cubrir la pesquería de bacalao de profundidad argentina desde el año 1993 hasta la actualidad, pero tienen la desventaja de estar agregados por cuadro estadístico y no incluyen las variables que permiten aproximar mejor el esfuerzo de pesca ejercido con palangre, tales como el número de anzuelos y el tiempo de reposo del aparejo de pesca.

A partir del año 2005 se ha observado una reducción en el número de buques palangreros que operan sobre el recurso, provocando la consiguiente disminución en la cantidad de información biológica y pesquera disponible para la evaluación del stock.

La reducción del tamaño de esta flota es una consecuencia de cambios introducidos en la modalidad de manejo de esta pesquería, principalmente el otorgamiento de cupos limitados de captura para la especie (Martínez y Wöhler, 2005, 2006, Wöhler y Martínez, 2005).

Un evento relevante en esta pesquería fue la adopción desde el año 2008 de la “cachalotera”, con el fin de mitigar la depredación de la pesca por los mamíferos marinos. La pesca con este dispositivo registra mayores rendimientos de pesca respecto de la pesca con palangre español y por lo tanto, es necesario considerar estos cambios en el proceso de estandarización del esfuerzo, a fin de evitar confundir este efecto con un incremento en la biomasa del recurso.

Bitácoras de pesca recopiladas entre los años 2003 y 2014 en la pesquería de palangre por los observadores científicos de INIDEP

A partir del año 2003 Argentina implementó diversas medidas de administración pesquera, las que incluyeron entre otras la obligatoriedad de llevar a bordo un observador científico del INIDEP en todas las embarcaciones con autorización de pesca de bacalao de profundidad. Esta actividad de observación científica aportó una gran cantidad de información biológico - pesquera confiable y posibilitó avanzar con los estudios de esta pesquería (Martínez *et al.* 2011).

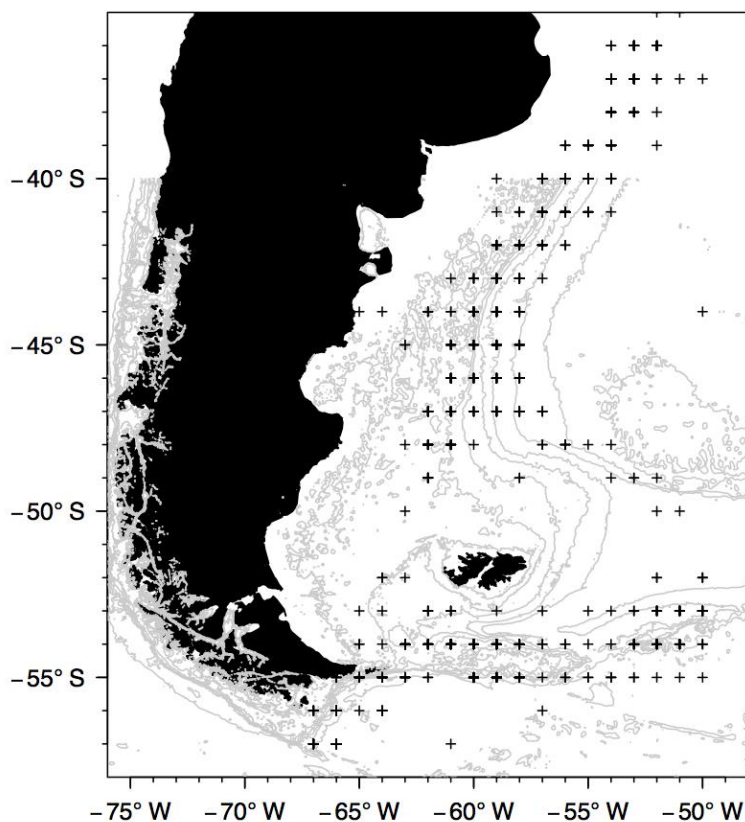


Figura 10. Localización de los cuadros estadísticos de donde provienen las capturas de palangre realizadas en Argentina entre los años 1993 y 2014.



La base de bitácoras de pesca recopiladas por observadores científicos de INIDEP, cubre los años 2003 a 2014 e incluye variables que permiten medir mejor el esfuerzo de pesca con palangre, tales como el número de anzuelos y el tiempo de reposo (Martínez *et al.*, 2011).

La distinción de las capturas por aparejo de pesca, es decir entre las obtenidas con el uso del palangre español y aquellas obtenidas con cachalotera, es posible tanto en la base Registros oficiales de captura como en la base de datos recopilados por los observadores científicos argentinos.

La localización de los datos recopilados por los observadores científicos argentinos por cuadro estadístico se entrega en la **Figura 11**.

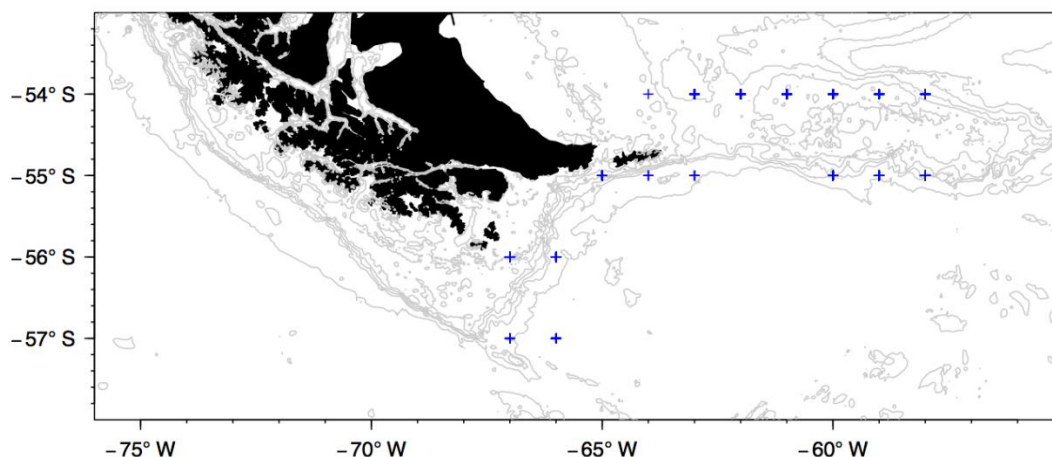


Figura 11. Localización de los cuadros estadísticos de donde provienen las capturas con cachalotera realizadas en Argentina entre los años 2003 y 2014. Bitácoras de pesca recopiladas por observadores científicos.

Índices estandarizados de abundancia relativa

Los datos de captura y esfuerzo que están disponibles a este proyecto se han utilizado en la estimación de cinco índices de abundancia relativa, los que corresponden con las fuentes de datos descritas en la sección anterior (Tascheri *et al.* 2015, **Anexo 1**).

Las series estimadas se representan en la **Figura 12**, divididas por sus respectivas medias para poder representarlas en una escala común. Las unidades originales son kilogramos por anzuelo y hora de reposo en el caso de los índices de palangre de la pesquería chilena y argentina (datos de observadores INIDEP), kilogramos por viaje en el caso de la estadística oficial argentina y kilogramos por barandillo en el caso de la pesca con cachaloteras.

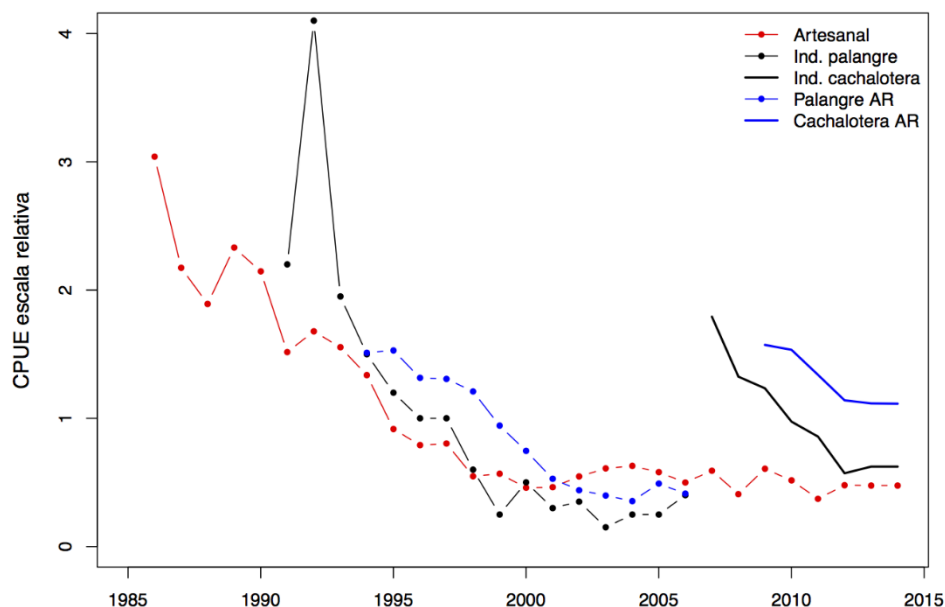


Figura 12. Índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad estimados con datos de captura y esfuerzo de la pesquería de palangre industrial chilena (Ind. palangre 1991 a 2006), la pesca chilena con cachalotera (Ind. cachalotera, 2007 a 2014), la pesca artesanal chilena (FIP-IFOP 1986 a 1997; IFOP 1998 a 2014; Artesanal), pesquería de palangre argentina: (Palangre AR, estadística oficial de partes de pesca. 1994 a 2006) y pesquería Argentina con cachalotera (Cachalotera AR, datos tomados por observadores científicos. 2009 a 2014).

Varios problemas se interponen a la interpretación y estandarización de los datos de CPUE de la pesquería Sudamericana de bacalao de profundidad como índices de abundancia relativa, tales como: la segregación del recurso por tamaño/edad, la interacción de la pesca con mamíferos marinos y los cambios de aparejo de palangre a cachalotera (Polacheck 2015).

El efecto de la depredación de la pesca por los mamíferos marinos sobre las capturas totales, las tasas de captura y los índices estandarizados de CPUE es fundamental y una fuente clave de incertidumbre en la evaluación de stock, sin embargo no hay suficientes datos disponibles para poder cuantificar la magnitud de este efecto. La estimación de los efectos de los mamíferos marinos es confundida por el comportamiento de los pescadores en respuesta a la depredación de la pesca, de tal manera que la evasión por parte de los pescadores también puede reducir artificialmente las tasas de captura (Polacheck 2015).



3.1.2 Descripción general del modelo

En esta versión del proyecto, la modelación fue implementada usando el “Modelo de Evaluación para Alaska” (AMAK; <http://nft.nefsc.noaa.gov/AMAK.html>), desarrollado usando AD Model Builder (Fournier *et al.* 2012) en el Alaska Fisheries Science Center del National Marine Fisheries Service de Estados Unidos por el Dr. James Ianelli.

AMAK es un modelo estructurado por edades que proyecta la población hacia adelante a partir de una condición inicial y que utiliza máxima verosimilitud para resolver los parámetros.

La plataforma permite ajustar los parámetros de un máximo de siete componentes de un función de máxima verosimilitud penalizada que incluye parámetros para: los índices de abundancia, selectividad, reclutamiento, capturas, proporciones por edad, mortalidad por pesca y distribuciones a priori para la mortalidad natural y la capturabilidad de cruceros de evaluación directa.

Las selectividades se pueden modelar usando una de cuatro formas funcionales y una penalización de la curvatura de esta función que es variable en el tiempo, lo que permite que los parámetros de la selectividad varíen tanto a través del tiempo como a través de las edades.

La composición de edades de la captura es modelada usando una distribución multinomial, la que requiere de una medida del tamaño efectivo de muestra para cada año. La distribución posterior de los parámetros estimados puede ser aproximada usando el método de Monte Carlo de Cadenas de Markov (MCMC).

3.1.3 Estructura del modelo

El AMAK modela la captura a la edad con la ecuación de Baranov (1918). La dinámica de la población sigue el número de individuos por edades a través de la historia de las capturas con la mortalidad natural y por pesca actuando sobre los 28 grupos de edad que fueron modelados (3 a 30+). Los reclutamientos de edad 3 en cada año, fueron estimados como desviaciones desde el valor medio esperado de una curva de stock-reclutas de Beverton y Holt (1957).

Las desviaciones de los valores esperados respecto de los observados, son cuantificadas mediante la especificación de un modelo de error y una función de verosimilitud penalizada. El logaritmo de la verosimilitud total, es la suma ponderada de las verosimilitudes calculadas para cada componente de los datos y las penalizaciones. Los pesos de los componentes son inversamente proporcionales a las varianzas especificadas.

El **Anexo 3**, provee una descripción de las variables utilizadas y las ecuaciones básicas que describen la dinámica del bacalao de profundidad explotado en las ZEE de Chile y Argentina, junto con las ecuaciones de verosimilitud.



Parámetros

Parámetros estimados independientemente

Pesos medios empíricos por edades

Los pesos medios por edades para las pesquerías artesanal e industrial Chilena y las pesquerías de palangre y arrastre Argentinas, fueron estimados separadamente del modelo de evaluación. En el caso de los pesos medios de las pesquerías de Chile, estos son estimados desde los datos de composición de longitud de las capturas, composición de edades estimadas mediante la lectura de otolitos y relaciones longitud peso, utilizando los datos de los muestreos de composición de longitudes de las capturas, muestreos de otolitos y muestreos biológico específicos conducidos por el proyecto de seguimiento de la pesquería de aguas profundas (Gálvez *et al.* 2014). En el caso de los datos de Argentina, estos fueron estimados por los investigadores de INIDEP usando los datos recopilados por los observadores científicos Argentinos y fueron obtenidos para ser usados en esta evaluación a través del Convenio Marco firmado entre ambas instituciones en agosto de 2014.

Madurez sexual por edades

Las evaluaciones de stock anteriores (Quiroz, 2014; Tascheri *et al.* 2015) emplearon una curva de madurez sexual a la edad en donde la edad media ($E_{50\%}$) se ubicaba en los 12,4 años. En esta evaluación, esta curva se ha cambiado por aquella informada en Balbontín *et al.* (2011), cuya edad media de madurez sexual corresponde a los 8 años, cuando la curva logística estimada por estos autores es transformada de madurez por clase de longitud a madurez por clase de edades utilizando los parámetros de crecimiento informados en Young *et al.* (1992) (**Tabla 2**).

Reclutamientos

Se utilizó una relación stock-reclutas Beverton y Holt (1957). Los valores de los parámetros α y β de la función de reclutamiento son estimados desde valores de R_0 (el número de individuos de edad 0 en ausencia de explotación y en ausencia de variabilidad en los reclutamientos) y el valor de steepness, (h) de la relación stock-reclutas. Steepness es la fracción esperada de R_0 (en ausencia de variabilidad en el reclutamiento) cuando la biomasa desovante ha sido reducida en un 20% de su nivel virginal (Mace y Doonan 1988). En esta evaluación, el valor de h fue asumido igual a 0,6 y el valor de la varianza del reclutamiento σ_R^2 se fijó en 0,75 en los dos modelos base que fueron estudiados.

Mortalidad natural

Los valores estimados y/o utilizados en evaluaciones de stock de bacalao de profundidad se encuentran en un rango de 0,1 a 0,2 (**Tabla 1**). En esta evaluación se utilizó un valor $M=0,15$ que se encuentra cercano a la estimación de $M=0,155$ informada por Candy *et al.* (2011) para las Islas Heard y MacDonald.



Parámetros estimados de manera condicional

Las desviaciones entre las observaciones y los valores esperados son cuantificadas a través de una estructura de error que es especificada. Se asumen errores log normales para los estimados de los índices de abundancia relativa y una estructura de error multinomial para el análisis de los datos de composición (**Tabla 5**). Estas estructuras de error son empleadas en la estimación de los siguientes parámetros condicionales al modelo:

Tabla 5.

Tamaños de muestra efectivos y coeficientes de variación inicialmente definidos para las verosimilitudes de las principales piezas de información incluidas en el modelo base.

$\bar{R}$ Reclutamiento medio, N_0 condición inicial.

N°	Componente de Verosimilitud	Modelo de error	Tamaño de muestra efectivo	Coefficiente de variación
Datos Chile				
1	Comp. edad captura industrial	Multinomial.	50	-
2	Comp. Edad captura artesanal	Multinomial.	50	-
3	Comp. long. captura industrial	Multinomial.	50	-
4	Comp. long. captura artesanal	Multinomial.	50	-
5	CPUE palangre industrial.	Log normal.	-	0,2
6	CPUE cachalotera industrial.	Log normal.	-	0,2
7	CPUE artesanal.	Log normal.	-	0,2
8	Captura industrial.	Log normal.	-	0,05
9	Captura artesanal.	Log normal.	-	0,05
Datos Argentina				
10	Comp. long. captura palangre.	Multinomial.	50	-
11	Comp. long. captura arrastre.	Multinomial.	50	-
12	CPUE palangre.	Log normal.	-	0,2
13	CPUE cachalotera.	Log normal.	-	0,2
14	Captura palangre.	Log normal.	-	0,05
15	Captura arrastre.	Log normal.	-	0,05
Penalizaciones				
16	Penalización desvíos de $\bar{R}$	Log normal.	-	0,6
17	Penalización desvíos de N_0	Log normal.	-	0,6
18	Suavizado de la selectividad	Log normal.	-	0,6
20	Cambio temporal de la selectividad	Log normal.	-	0,6

Mortalidades por pesca

La mortalidad por pesca en todos los modelos fue parametrizada como separable con un componente relativo a la edad (selectividad) y un componente anual. En todos los modelos la selectividad estuvo condicionada de manera que el valor medio sobre todas las edades fuese igual a uno. Para proveer regularidad al componente de edad, se impuso una penalización a cambios fuertes



de la selectividad entre las edades, usando la suma de las segundas derivadas al cuadrado (Barbeaux *et al*, 2013).

Selectividad

La selectividad a la edad es modelada con una relación no paramétrica suavizada, que puede asumir cualquier forma. El grado de cambio y la curvatura, es especificada por el usuario mediante penalizaciones.

Otras características estructurales

Capturabilidad del palangre y del sistema con cachaloterías.

Entre los años 2006 y 2008 tanto en Chile como en Argentina se introdujo el uso de la cachalotería como método de pesca. En este sistema los anzuelos se disponen en líneas secundarias que llevan un peso. Para evadir la depredación por cachalotes y orcas, en cada línea secundaria se dispone un cono de red, el que cubre los peces capturados durante el virado del aparejo (ver sección 3.1.4 de este informe).

En la evaluación del año pasado el índice de abundancia relativa estimado con datos de la pesquería industrial fue separado en dos series de tiempo. La primera serie se extiende entre los años 1991 y 2006 y corresponde exclusivamente a pesca con palangre español, la segunda serie en tanto cubre los años 2007 a 2014 y corresponde exclusivamente a pesca con el sistema con cachaloterías. De este modo, en el modelo estas series son ajustadas separadamente considerando diferentes coeficientes de capturabilidad (Alternativamente y como el uso de ambos aparejos se sobrepone en los años 2006 y 2007, se puede tratar de estimar el efecto de este factor (método de pesca) durante el proceso de estandarización del esfuerzo, evitando de este modo separar esta serie de tiempo en dos (Polacheck 2015; **Anexos 1 y 4**).

Una diferencia con el modelo del año pasado, es que en esta evaluación se incorpora el índice de abundancia estimado con datos de pesca con cachalotería en el océano Atlántico (**Anexo 1**). En el caso de estos datos de la pesca Argentina, se siguió un procedimiento similar aplicado en la pesca industrial Chilena, es decir la serie de datos de captura y esfuerzo disponibles para la estimación de índices de abundancia relativa para el océano Atlántico fue separada en dos partes: una que abarca los años 1994 a 2006 y que corresponde a pesca con espinel exclusivamente y otra que cubre los años 2009 a 2014 y corresponde a pesca con cachaloterías exclusivamente (Es de notar que la posibilidad de estimar el efecto de aparejo de pesca durante el proceso de estandarización no es aquí posible, dada la circunstancia que no hay un período en el cual el uso de ambos aparejos se sobrepone; **Anexo 2**). De esta manera, en las series de abundancia relativa industrial en el caso del océano Pacífico y de “palangre” en el caso del océano Atlántico se consideran al menos dos bloques con capturabilidades diferentes que corresponden a la pesca con espinel y cachalotería respectivamente.



Composición de edades de las capturas en el Pacífico y Atlántico

Los datos de composición de las capturas de las pesquerías Chilenas provienen de estimaciones de los números capturados por clase de edad, que en los años 1991 y 1992 (en el caso de las capturas industriales) y desde 1995 al año 2006 (tanto para las capturas industriales como para las artesanales) están basadas en la lectura de escamas en tanto que para los años 2007 a 2014, estas estimaciones se basan en la lectura de otolitos. Aunque las lecturas de edades para los peces más jóvenes son consistentes entre ambas estructuras utilizadas para determinar la edad (Céspedes *et al.* 2008), las lecturas de escamas proveer una subestimación para las edades más jóvenes cuando estas se comparan con las lecturas basadas en otolitos (Oyarzún *et al.* 2003), lo que es particularmente acentuado en los datos de composición de edades de las capturas de la flota industrial (**Figura 6**).

De este modo, el cambio a la asignación de edades mediante otolitos inserta una subestimación de las capturas por edades en los años previos a 2007 y una discontinuidad en la serie de tiempo entre los años 2006 y 2007.

En el modelo de evaluación implementado este año, las lecturas de edades mediante escamas no fueron utilizadas. Consecuentemente, la composición de edades de las capturas industriales y artesanales previas al año 2007 fue modelada usando los datos de composición e longitudes de las capturas de estos años. Para estos efectos la transformación de edades a longitudes se realizó mediante la estimación de las probabilidades de la longitud a la edad utilizando los parámetros de crecimiento estimados por Oyarzún *et al.* (2003) en base a los datos obtenidos mediante la lectura de la edad en otolitos.

Los datos de composición de edades de las capturas Argentinas empleada en el modelo implementado el año pasado, se obtuvieron mediante un procedimiento de “slicing” usando la curva de crecimiento (Martínez y Wöhler 2011). Siguiendo las recomendaciones de la revisión de pares de 2014 (Polacheck 2015) de no combinar en el modelo los datos de composición basados en lecturas de estructuras duras con los datos de composición obtenidos mediante el procedimiento de slicing, la composición de edades de las capturas Argentinas también fue estimada usando los datos de composición de longitudes de las capturas de igual manera en que fueron estimados en el caso de las capturas industriales y artesanales previas al año 2007.

Casos estudiados en la evaluación de stock.

Desde el punto de vista de la estructura del stock, “La mejor evidencia es que el recurso bacalao de profundidad en la región Patagónica/plataforma de Sudamérica constituye un solo stock. No es claro sin embargo, hasta qué punto se puede considerar que la población es homogénea o el grado de estructuración espacial y temporal de los reclutas y desovantes a través de toda esta región”, “La información directa actualmente disponible, es insuficiente para determinar la estructura de la población o siquiera el modelo más probable” (Polacheck 2015).



Dado que modelos conceptuales alternativos pueden potencialmente tener importantes y diferentes implicancias en términos del estatus y el manejo de este recurso, es crítico que se considere un rango de modelos de evaluación alternativos que representen un rango de alternativas posibles.

De acuerdo con la aseveración anterior, en esta evaluación se estudiaron dos casos:

Caso 1: Se evaluó en conjunto las pesquerías de las plataformas Pacífica y Patagónica (pesquería industrial y artesanal chilenas y pesquerías de palangre y arrastre en toda la ZEE Argentina).

Este caso implica un modelo conceptual en donde los stocks encontrados en el Pacífico y Atlántico se encuentran abiertos entre sí, principalmente como resultado de la mezcla de adultos en el área de desove y posiblemente con una mezcla más limitada de juveniles/sub-adultos. De esta manera, el reclutamiento tanto en el océano Pacífico como el Atlántico depende de la biomasa desovante combinada de ambos océanos.

El soporte de esta hipótesis, está en el hecho de que existe un área de desove continua entre el Pacífico y el Atlántico y que los limitados datos de marcaje y recaptura sugieren un intercambio razonable de individuos a través del límite entre los dos océanos.

Bajo esta hipótesis, la pesquería en Chile no puede ser evaluada de modo significativo sin considerar las pesquerías del Atlántico.

Caso 2: Se evaluó la plataforma Pacífica (latitudes 18°30' a 57° S. aproximadamente) esto es, incluyendo las pesquerías artesanal e industrial de Chile exclusivamente.

Este escenario, implica un modelo conceptual en donde el stock distribuido en el Pacífico está esencialmente cerrado con respecto a los desovantes y el reclutamiento (i.e. no existe una migración significativa de larvas, juveniles o adultos desde el lado Atlántico).

El soporte de esta hipótesis está en la fuerte y persistente estructura de corrientes alrededor del cono Sur, combinado con el limitado movimiento exhibido por los juveniles, de acuerdo con los datos disponibles de marcaje y con posibles limitaciones fisiológicas, que impiden al bacalao nadar grandes distancias.

Bajo esta hipótesis, la pesquería en Chile puede ser evaluada sin considerar las capturas registradas en el Atlántico.

3.1.4 Diagnóstico del modelo de evaluación

Los modelos de evaluación de stock estructurados por edades pueden exhibir gran complejidad y tamaño en términos del número de parámetros que requieren ser estimados. Esto crea la necesidad de determinar la mejor forma de resumir sus resultados a fin de que la calidad del ajuste pueda ser



investigada. Esta necesidad ha motivado la ejecución de un número de talleres de trabajo orientados a este aspecto particular de la evaluación de stock (Punt y Kinzey 2009, Harley y Maunder 2003).

De manera consistente en los reportes de estos talleres se concluye la necesidad de efectuar regularmente un análisis de las cantidades estimadas versus las observadas y gráficos de residuales, distribuciones marginales de los ajustes de los datos de composición entre otros y estudiar periódicamente la análisis de sensibilidad e incertidumbre de los modelos a hipótesis alternativas relevantes que modifican la configuración del modelo base.

Bondad de ajuste

En el caso de los datos de composición de edades que se asume siguen una distribución multinomial, los residuales normalizados del grupo de edad a y año y fueron calculados del modo siguiente:

$$r_{y,a} = \frac{p_{y,a} - \hat{p}_{y,a}}{\sqrt{\hat{p}_{y,a}(1 - \hat{p}_{y,a})/n_y}}$$

Donde, p y $\hat{p}$ son las respectivas proporciones observadas y estimadas y n el tamaño de muestra para la distribución multinomial que fue ingresado al modelo.

Para probar la aleatoriedad de los residuales, se aplicó la prueba propuesta en Punt y Kinzey (2009) que está basada en el trabajo de Peacock (1983). Para ello se calculó la cantidad siguiente:

$$\tilde{r}_{y,a} = r_{y,a} - \frac{1}{8} \left[\sum_{y'=y-1}^{y+1} \sum_{a'=a-1}^{a+1} r_{y',a'} - r_{y,a} \right]$$

Donde, $r_{y,a}$ son los residuales para el año y y el grupo de edad a . La prueba consiste en una evaluación gráfica, en donde se calcula una distribución acumulada de $\tilde{r}_{y,a}$ basada en los datos observados y otra asumiendo que los $r_{y,a}$ son variables aleatorias *iid* $N(0,1)$. Luego se grafican ambas distribuciones para juzgar el grado de aleatoriedad de los residuales. La determinación de la significancia estadística de la hipótesis nula de aleatoriedad, se realiza aplicando la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras.

Incetidumbre del modelo.

Esta sección destaca aspectos no resueltos y las principales incertidumbres, conjuntamente con aspectos de especial complicación para la evaluación, incluidas cuestiones respecto del mejor modelo,



etc.... (Punt y Kinzey 2009). De acuerdo con Harley y Mounder (2003), un análisis de sensibilidad exhaustivo puede considerar variar los supuestos de parámetros tales como: la mortalidad natural, índices de abundancia alternativos, factores de ponderación de los datos, exclusión de los datos de composición por edades, la variación sistemática de la ponderación de las diferentes piezas de información, entre otros.

En esta evaluación se exploraron 10 corridas alternativas (Escenarios) al modelo base (S_0) para cada caso considerado en la evaluación.

En estos escenarios, se explora la sensibilidad de la biomasa desovante, reclutamientos y mortalidad por pesca, estimadas por el modelo base a cambios en el valor de h , M , la ponderación de los datos de composición de edades y tamaños, la ponderación de los índices de abundancia relativa y la modelación de la selectividad.

4.2 Objetivo 2: Establecer el estatus actualizado del recurso

4.2.1 Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante

Los cambios en el potencial reproductivo de la población de bacalao se midieron con el índice de reducción del stock desovante:

$$\frac{B_i}{B_0}$$

Donde B_i es la biomasa desovante en el año i y B_0 es la biomasa desovante virginal estimada a partir del reclutamiento virginal R_0 bajo una condición sin pesca y sin variabilidad en el reclutamiento. Esta biomasa es interpretada como una medida del potencial reproductivo máximo respecto de la cual se establece la condición en el año i .

Valores cercanos o superiores a 0,4 se consideran adecuados por encontrarse en la región de plena explotación (próximo a $0,45 * B_0$; Payá *et al.*, 2014). Valores cercanos o inferiores a 0,2 se consideran en o próximos a B_{LIM} (valor de biomasa bajo del cual el recurso se presume en proceso de sobrepesca por reclutamiento y en condición de agotamiento o colapso).

4.2.2 Marco biológico de referencia

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



La especificaci3n de este MBR para un recurso en particular requiere estimar los Puntos Biol3gicos de Referencia (PBR) asociados al Rendimiento M3ximo Sostenible (RMS) y adoptar un nivel de biomasa, tal que este corresponda a un Punto Biol3gico L3mite (Def. 59, T3tulo I Art3culo 2).

Para estos efectos, la Ley define el RMS como: “El mayor nivel promedio de remoci3n por captura que se puede obtener de un stock en forma sostenible en el tiempo y bajo las condiciones ecol3gicas y ambientales predominantes” y especifica que este nivel de captura es el objetivo del manejo pesquero (Def. 59 y 60, T3tulo I Art3culo 2°; P3rrafo 3°, Art3culo 153° letra c).

La implementaci3n del MBR descrito en la Def. 59 (LGPA, T3tulo I Art3culo 2), implica la adopci3n de cuatro categor3as para el *estado de situaci3n* de una pesquer3a: *subexplotada*, *plena explotaci3n*, *sobreexplotada* y *agotada* (o colapsada). A estas categor3as el comit3 cient3fico de esta pesquer3a agreg3 la definici3n de “*sobrepesca*”.

Se entiende en general que los PBRs son objetivos o l3mites (dependiendo del contexto) y que son especificados en t3rminos de biomasa desovante (B) y mortalidad por pesca (F).

En consecuencia los cinco estados posibles de la pesquer3a de bacalao de profundidad, se definen del modo siguiente:

Subexplotaci3n = $B_{act} > B_{RMS}$

Plena explotaci3n = $(B_{RMS} - \xi B_{RMS}) < B_{act} < (B_{RMS} + \xi B_{RMS})$

Sobreexplotaci3n por biomasa = $B_{act} < (B_{RMS} - \xi B_{RMS})$

Sobreexplotaci3n por biomasa por pesca = $F \geq (F_{RMS} + \xi F_{RMS})$

Agotado = $B_{act} \leq B_{LIM}$

Donde: B_{act} es la biomasa desovante actual estimada con un m3todo de evaluaci3n de stock; B_{RMS} y F_{RMS} son la biomasa desovante y mortalidad por pesca en el RMS, respectivamente; B_{LIM} es la biomasa desovante l3mite ($B_{LIM} < (B_{RMS} - \xi B_{RMS})$) y ξ es una proporci3n arbitraria de B_{RMS} (e.g. 0,05), adoptada por el comit3 cient3fico para efectos de definir la regi3n de plena explotaci3n (**Figura 13**).

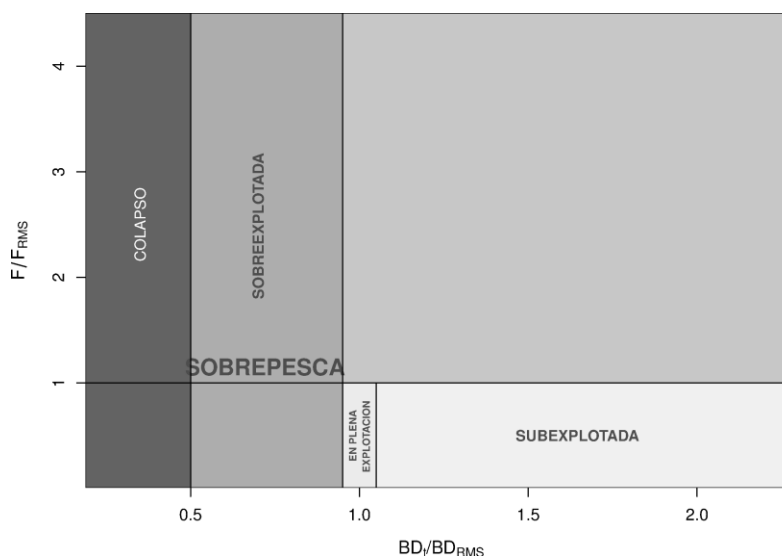


Figura 13. Marco biológico de referencia propuesto para el bacalao de profundidad en conformidad con la definición 59 Título I Artículo 2° LGPA. Los ejes x e y están estandarizados por los valores sustitutos (proxies) de B_{RMS} y F_{RMS} , respectivamente.

El Comité Científico Técnico de Recursos Demersales de Aguas Profundas en su primera sesión del año 2015, adoptó formalmente la B_{RMS} como PBR objetivo y B_{LIM} como $0,5 B_{RMS}$ (Acta CCT-RDAP, enero 2015).

En la citada reunión el CCT-RDAP adoptó para el bacalao de profundidad la clasificación 1b asignada a esta pesquería de acuerdo a los resultados del “Proyecto 2.16: Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales.” (Payá *et al.* 2014).

En este proyecto se recomendó seguir un sistema de niveles dependiendo de la calidad y cantidad de datos disponibles para cada stock en particular. De acuerdo a esta clasificación, el **Nivel 1** corresponde a: Stocks para los cuales existe un modelo de evaluación estructurado por edades o tamaños que provee estimaciones utilizables de la biomasa actual.

En el Nivel 1, se reconocen sub-niveles, entre los cuales el subnivel **1b** corresponde a una situación en donde se escogen valores sustitutos para los PBRs del RMS. La selección de estos sustitutos toma en consideración la incertidumbre en el modelo de evaluación de stock y el grado (o falta) de resiliencia de la especie.

De acuerdo con lo anterior, el CCT-RDAP adoptó la recomendación hecha en este proyecto de clasificar la pesquería de bacalao de profundidad en el Nivel 1b y el método de cálculo recomendado para determinar los valores sustitutos de F_{RMS} y B_{RMS} .



De acuerdo con lo anterior, la modalidad de cálculo de los PBRs para la pesquería de bacalao de profundidad se estableció de la forma siguiente (Acta CCT-RDAP, enero 2015):

- Sustituto de F_{RMS} : $\tilde{F}_{RMS} = F_{45\%SPR}$
- Sustituto de B_{RMS} : $\tilde{B}_{RMS} = \bar{R}_g SPR_0 0,45$
- B_{LIM} se define: $\tilde{B}_{LIM} = 0,5 \tilde{B}_{RMS}$

Y consecuentemente. $\widetilde{RMS} = YPR_{\tilde{F}_{RMS}} \bar{R}_g$

4.3 Objetivo 3: *Brindar al Comité Científico asesoría para el análisis de posibilidades de explotación y determinación de la Captura Biológicamente Aceptable.*

De acuerdo con los Términos Técnicos de Referencia del proyecto en este informe se deberá consignar los resultados finales del proceso de evaluación anual completo (i.e, indicadores del stock y estatus), el estatus establecido con el marco de referencia. Consecuentemente, el estudio del rango de captura biológicamente aceptable será efectuado en el seno del Comité Científico Técnico de la Pesquería.

4.4 Objetivo 4: *Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica.*

La historia de las mejoras realizadas en la evaluación de stock, incluyendo el desarrollo de las recomendaciones realizadas tanto en el proceso de calificación técnica como en las revisiones por pares será informado en el Documento Técnico Consolidado del proyecto que será entregado a la subsecretaría de Economía y EMT el 30 de marzo de 2016.

4. RESULTADOS

4.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock.

4.1.1 Medidas de ajuste

En el **Anexo 3** se pueden encontrar gráficas adicionales que muestran los residuales de los ajustes a los datos de composición de edades y longitud de las capturas.

CASO 1

El ajuste a las composiciones de edad de la flota industrial logró capturar la moda principal en cada año pero el modelo exhibió dificultades para ajustar la moda secundaria de individuos más viejos que caracteriza las composiciones de edad de esta pesquería, la que es particularmente notable entre los años 2009 a 2014 (**Figura 14**).

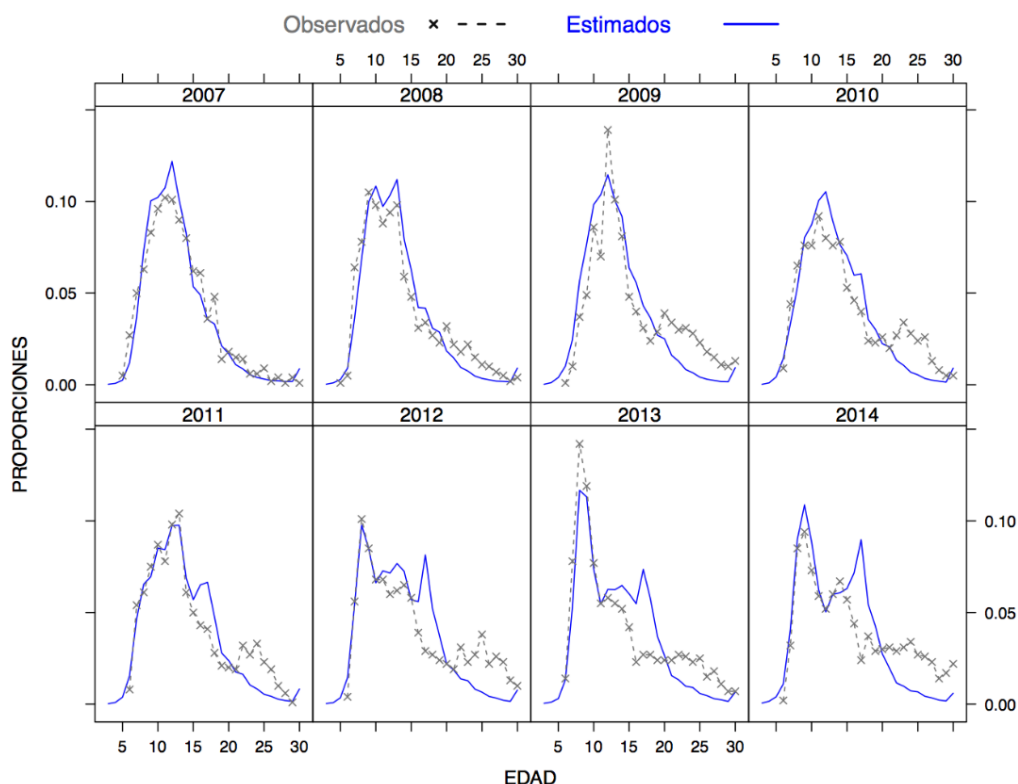


Figura 14. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los años 2007 y 2014. Caso 1.

El ajuste de las composiciones de edad de la flota artesanal fue notablemente mejor al observado en el caso de las capturas industriales con excepción del año 2007, donde el modelo claramente falló en capturar la edad modal (**Figura 15**).

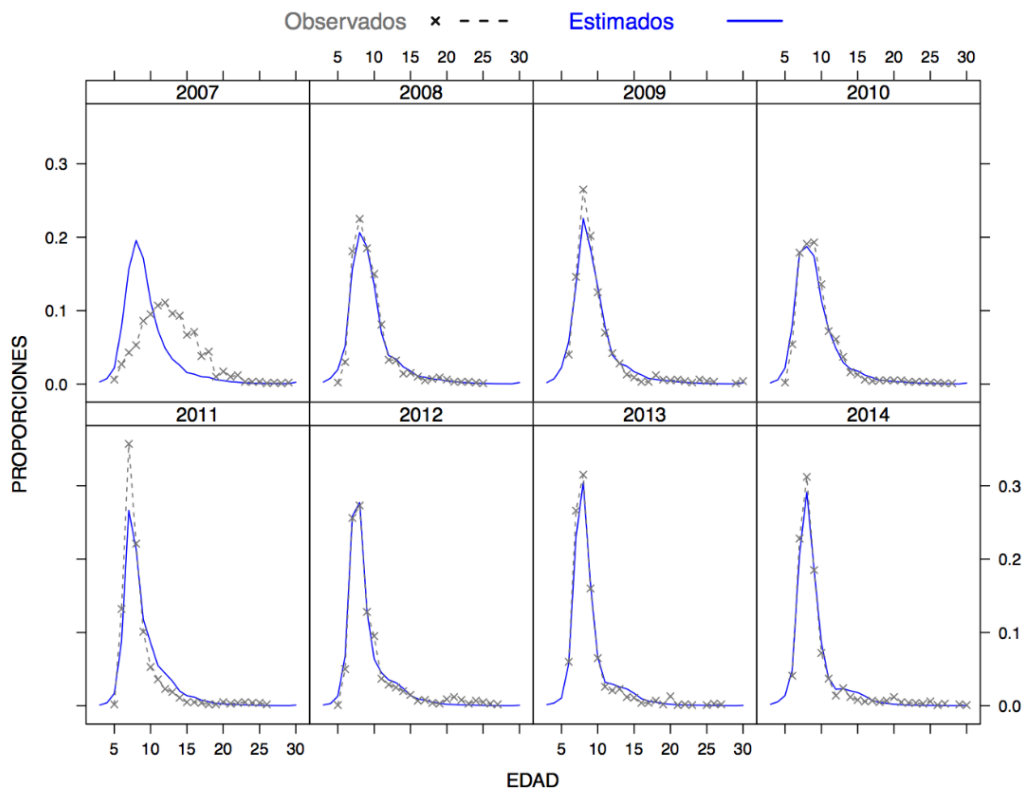


Figura 15. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota artesanal chilena entre los años 2007 y 2014. Caso 1.

En el caso de las composiciones de longitud de las capturas industriales extraídas entre los años 1991 y 2006, el modelo logró ajustar la longitud modal y capturó de manera satisfactoria la dispersión en torno de la misma (**Figura 16**). Este sin embargo no fue el caso en todos los años y se pueden observar años en donde el ajuste no fue particularmente bueno. La situación más evidente se observó el año 2001, en donde el modelo claramente sobrestima la longitud modal (**Figura 16**).

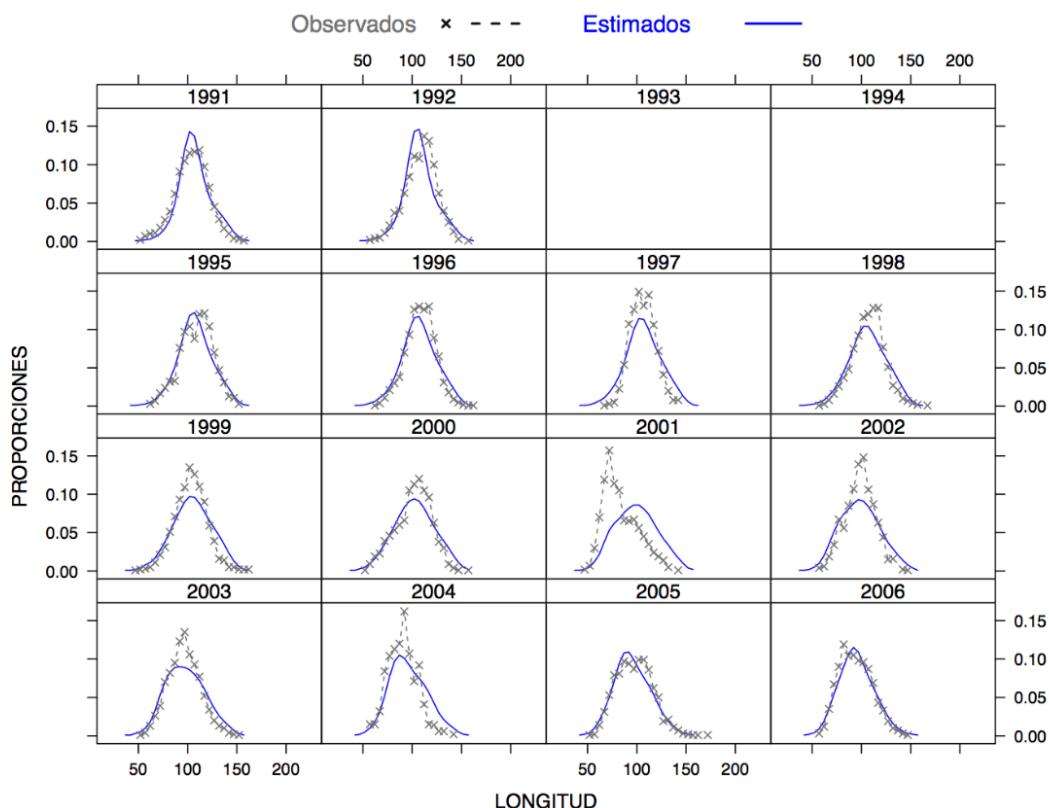


Figura 16. Ajuste del modelo a los datos de composici3n de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los ańos 1991 y 2006. Caso 1.

En el caso de las composiciones de longitud de las capturas artesanales extraídas entre los ańos 1995 y 2005), estas se caracterizan por exhibir una notable frecuencia modal en los ańos 2003 a 2005 que el modelo no es capaz de reproducir (**Figura 17**). Por el contrario, el ajuste del modelo fue bastante bueno en los ańos 2005 y 2006 (**Figura 17**).

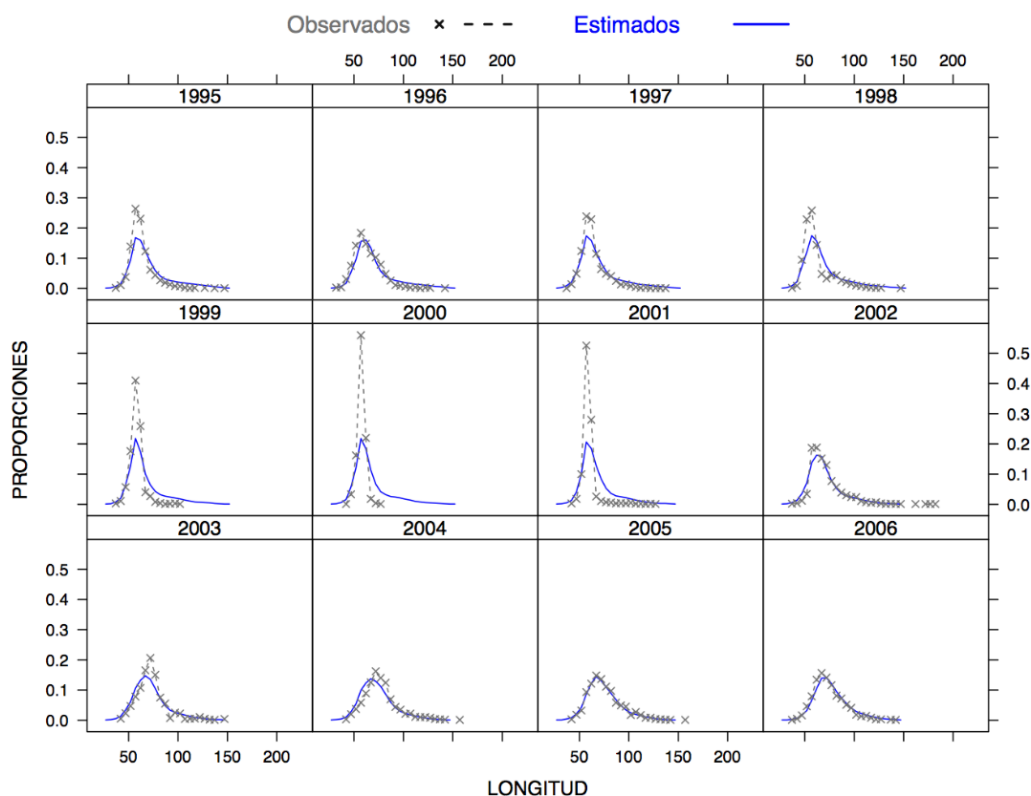


Figura 17. Ajuste del modelo a los datos de composición de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota artesanal chilena entre los años 1995 y 2006. Caso 1.

El ajuste del modelo a las composiciones de longitud de las capturas argentinas con palangre, logra recrear las principales características de estos datos pero es deficiente en algunos años (e.g. 2004, 2006, 2012 y 2014; **Figura 18**).

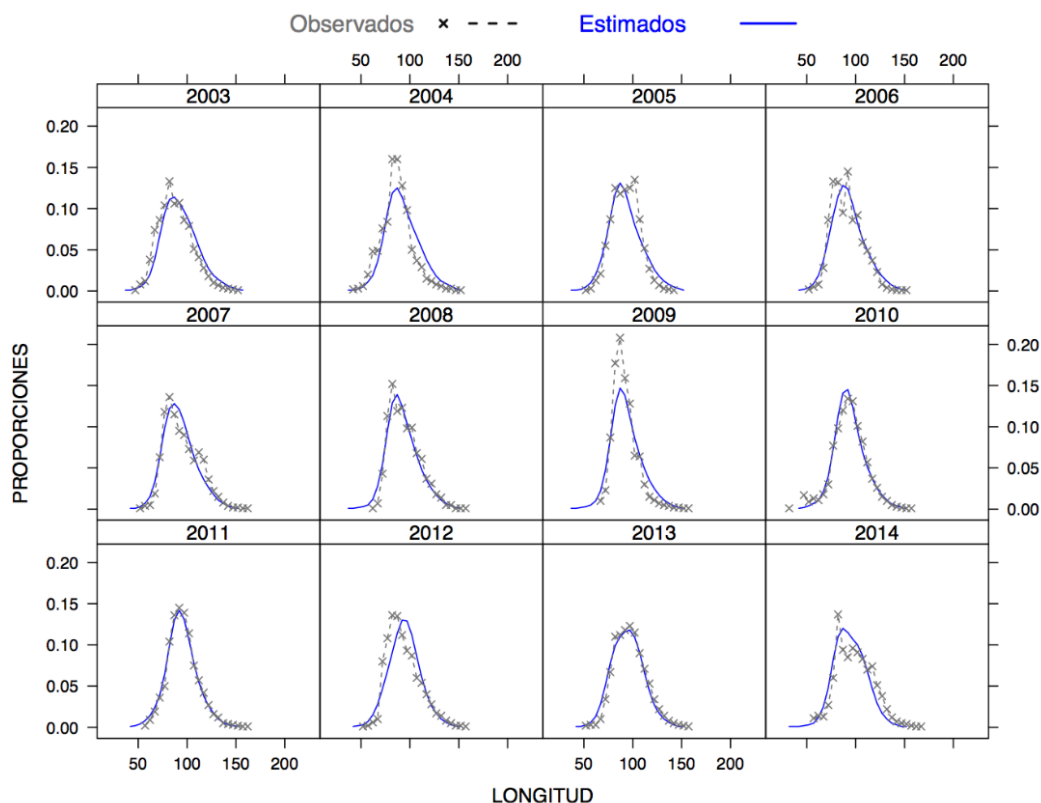


Figura 18. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota palangrera Argentina entre los años 2003 y 2014. Caso 1.

Entre las capturas registradas en el Atlántico, el modelo mostró mayores dificultades para ajustar las composiciones de edad de la pesquería de arrastre, en donde no pudo reproducir las características generales de estos datos en todos los años, con excepción tal vez del año 2007 (**Figura 19**).

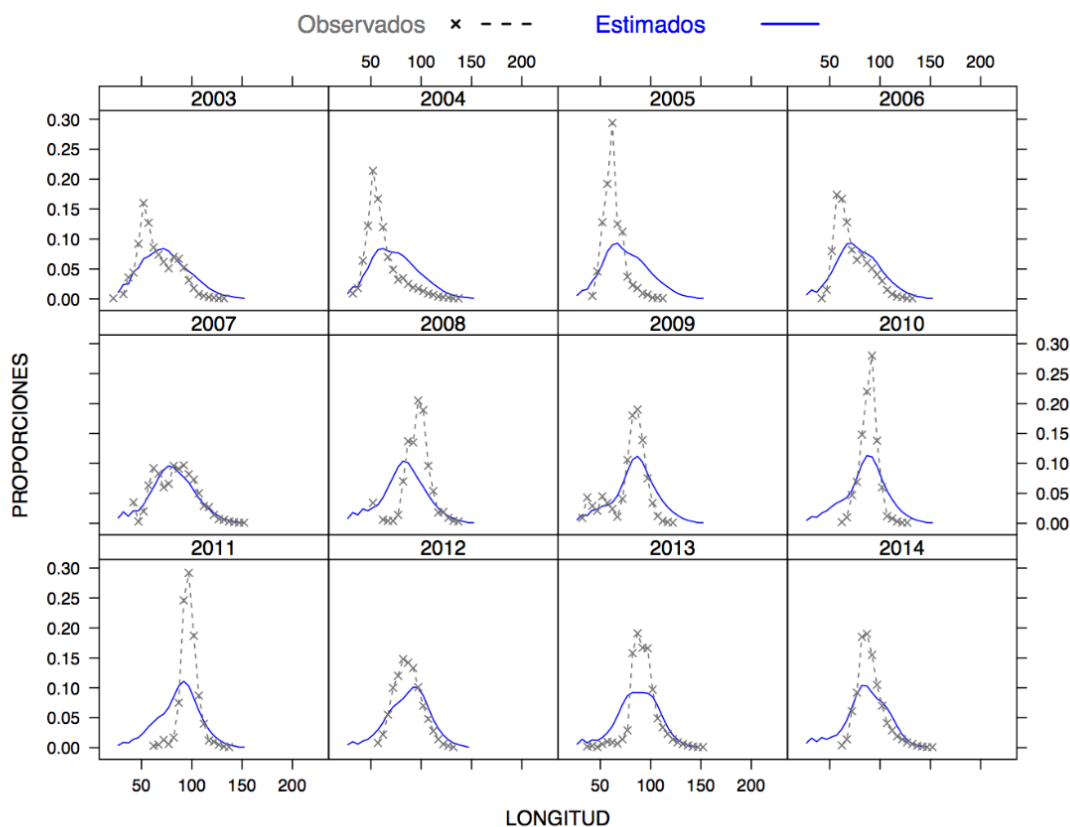


Figura 19. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota arrastrera Argentina entre los años 2003 y 2014. Caso 1.

El ajuste a los índices de abundancia relativa de las pesquerías industrial y artesanal y de la pesca con palangre en Argentina, capturó la tendencia general de estos índices, los que como característica general muestran clara disminución de las tasas de captura con el tiempo (**Figura 20**).

Las series de abundancia relativa de la pesca industrial chilena y de palangre de Argentina se encuentran divididas en dos, representando el período previo a la introducción de la cachalotera (1991 a 2006 en el caso chileno y 1994 a 2006 en el caso Argentino) y los años en que la pesca se desarrolla con el uso de este aparejo (2007 a 2014 en el caso de Chile y 2009 a 2014 en Argentina; **Figura 20**).

El modelo mostró dificultades para ajustar los valores de abundancia relativa más altos al principio de las series, particularmente en el caso de las pesquerías chilenas, donde el modelo no pudo ajustar los puntos correspondientes a los años 1992 y 2007 en el caso industrial y los años 1986 a 1990 (**Figura 20**).

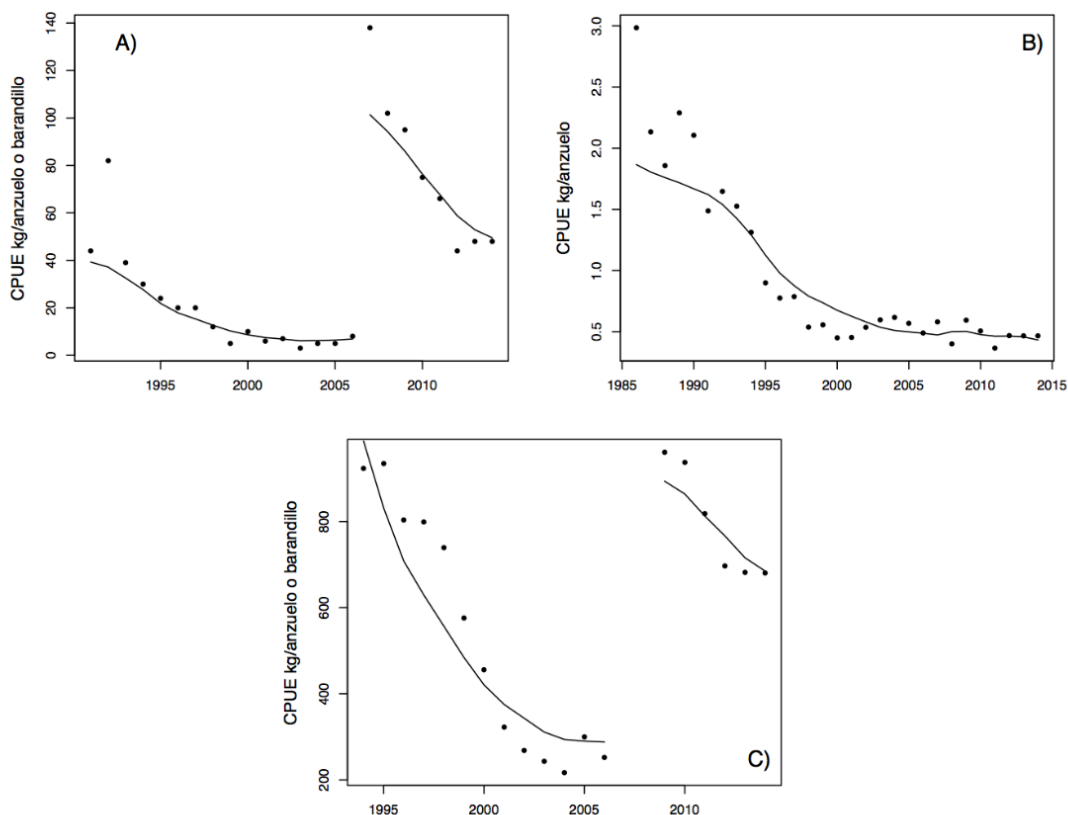


Figura 20. Ajuste del modelo a los índices de abundancia relativa. **A)** ajuste de los índices estimados con datos de la pesca chilena de palangre (1991-2006) y cachalotera (2007-2014). **B)** ajuste del índice estimado con datos de la pesca artesanal; **C)** Ajuste del modelo a los índices estimados con datos de la pesca Argentina de palangre (1994 - 2006) y cachalotera (2009 - 2014). (Registros de la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura de Argentina en caso del palangre y de observadores científicos en el caso de la cachalotera. Fuente: INIDEP). Caso 1.

El ajuste a las capturas es estrecho, dado el coeficiente de variación usado en la modelación estos datos (**Figura 21**; **Tabla 5**).

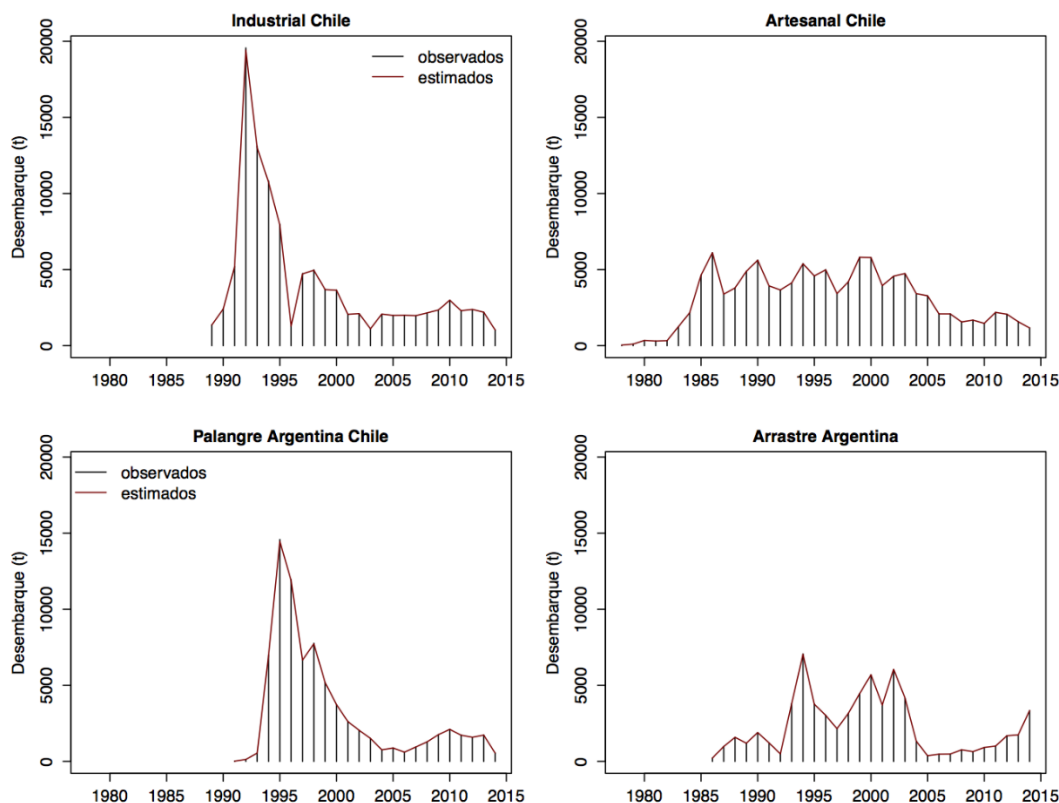


Figura 21. Ajuste del modelo a las capturas industriales (1989-2014) y artesanales chilenas (1978-2014) y de palangre (1991-2014) y arrastre argentinas (1986-2014). Caso 1.

CASO 2

El ajuste del modelo a las composiciones de edades de las capturas de la pesca industrial, fue en este caso muy similar al observado en el Caso 1, en donde característicamente el modelo mostró dificultades para ajustar la segunda moda de edades más viejas que se observa en estos datos entre los años 2009 y 2014 (**Figuras 14 y 22**).

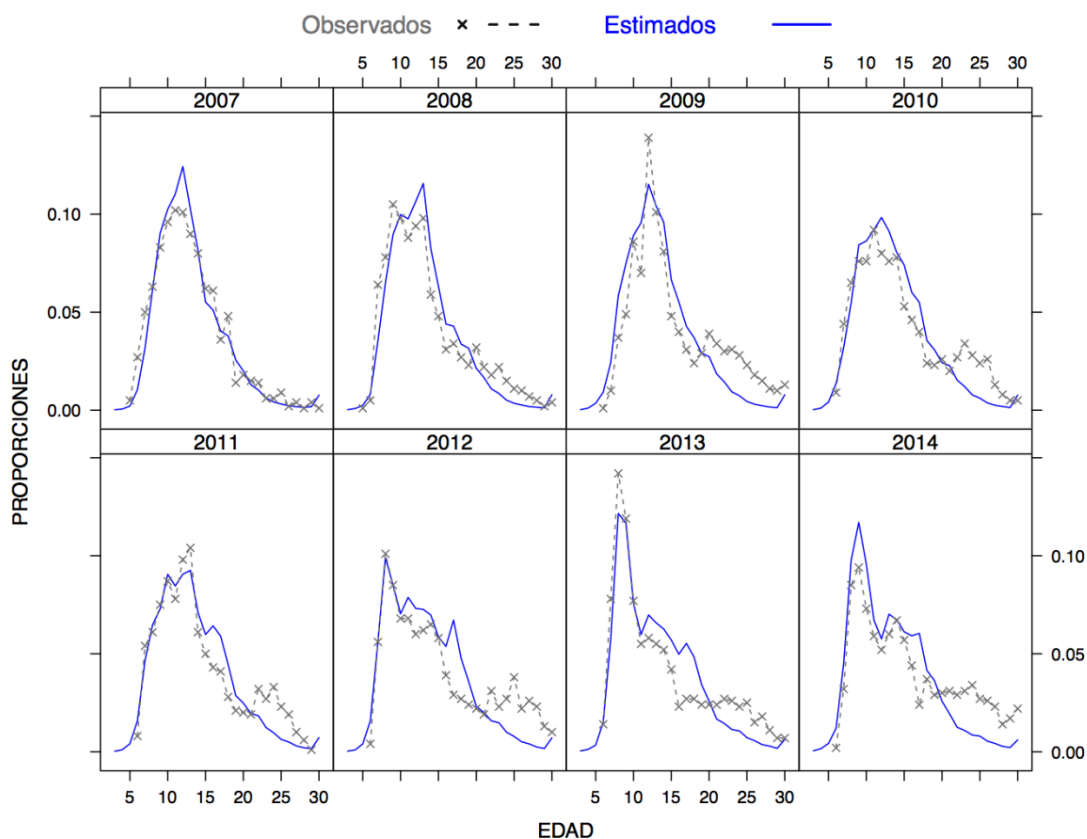


Figura 22. Ajuste del modelo a los datos de composici3n de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los ańos 2007 y 2014. Caso 2.

Nuevamente y de manera muy similar a lo observado en el Caso 1, el ajuste a las composiciones de edades de la pesca artesanal fue mejor a lo observado con las composiciones industriales, con la excepci3n del ajuste obtenido para el ańo 2007 (**Figura 23**).

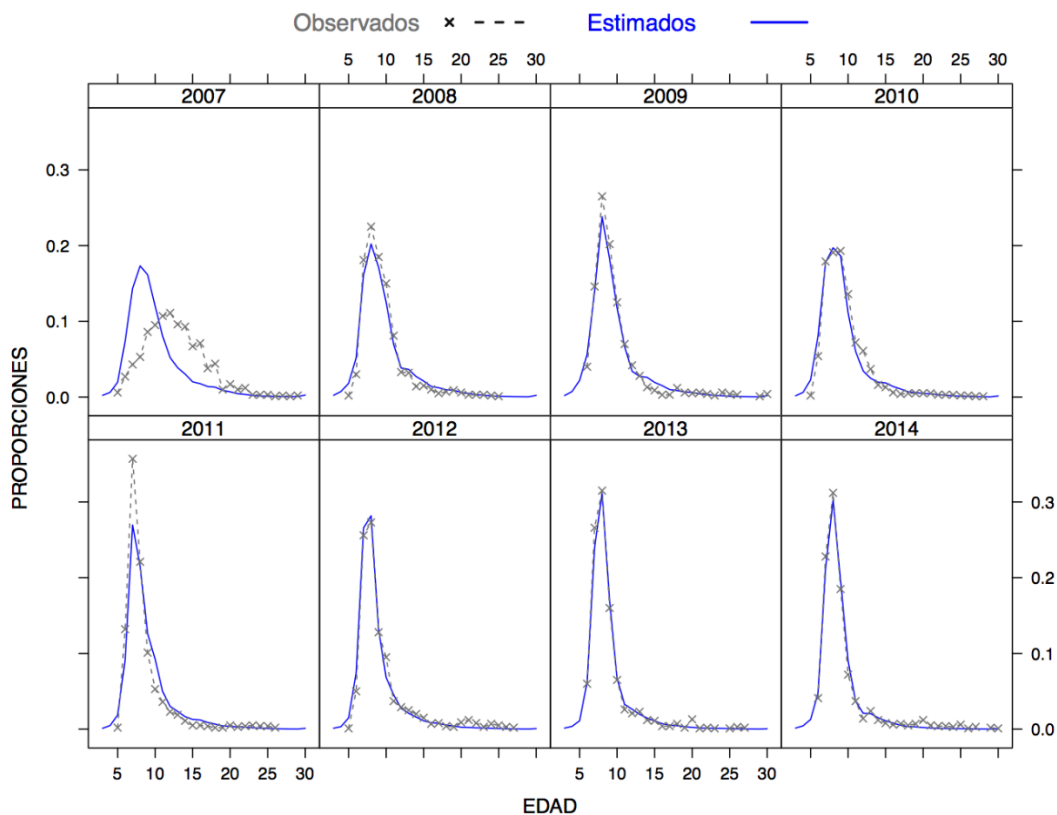


Figura 23. Ajuste del modelo a los datos de composici3n de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota artesanal chilena entre los ańos 2007 y 2014. Caso 2.

Los ajustes de las composiciones de longitud de las capturas industriales registradas entre 1991 y 2006 y las capturas artesanales correspondientes a los ańos 1996 a 2006, reproducen las longitudes modales y la dispersi3n en torno de la misma en la mayoría de los ańos (**Figuras 24 y 25**). Característicamente, el modelo sobreestim3 notablemente la longitud modal del ańo 2001 en el caso industrial y exhibi3 dificultades para reproducir las altas frecuencias modales de los datos observados en la pesca artesanal entre los ańos 1999 y 2001 (**Figuras 24 y 25**).

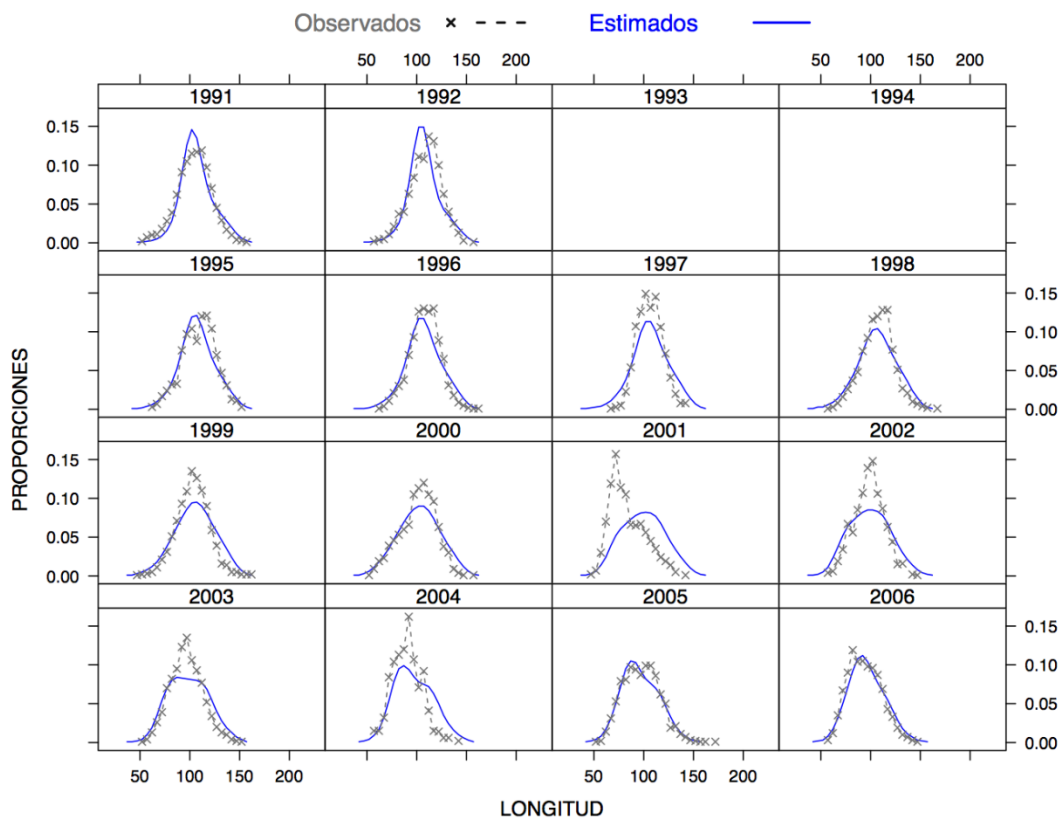


Figura 24. Ajuste del modelo a los datos de composici3n de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los ańos 1991 y 2006. Caso 2.

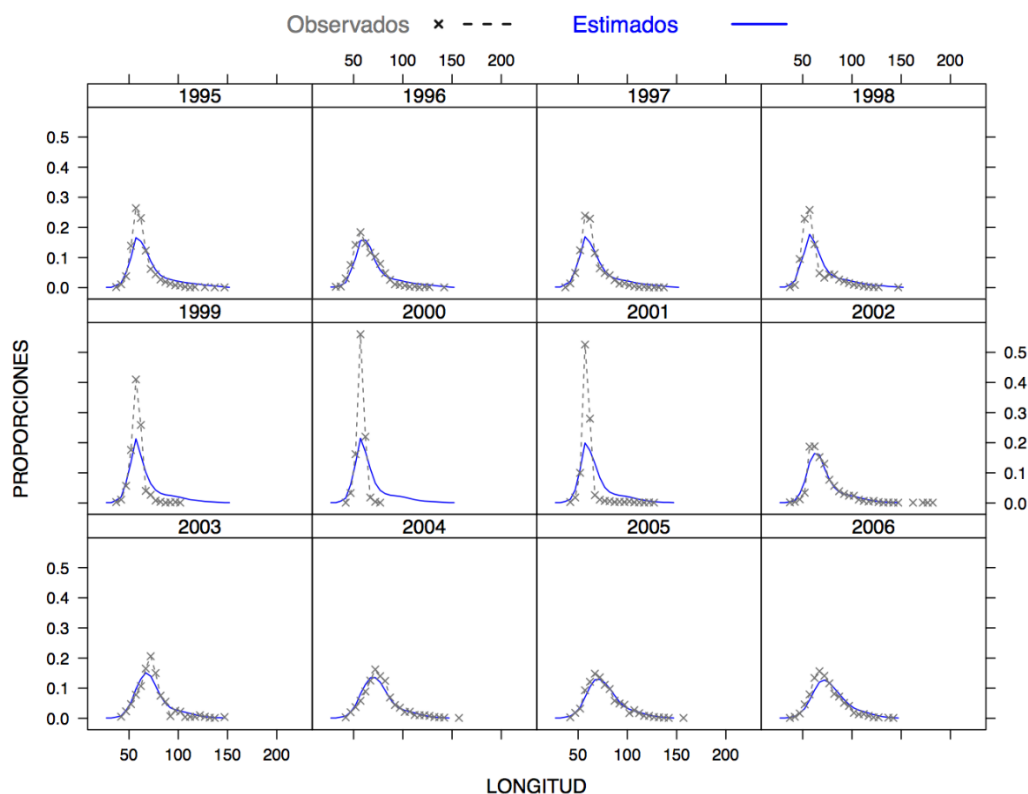


Figura 25. Ajuste del modelo a los datos de composición de longitudes de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota artesanal chilena entre los años 1995 y 2006. Caso 2.

En el caso de los índices de abundancia relativa, el ajuste del modelo recoge la tendencia tanto en las pesquerías artesanal como industrial (**Figura 26**). A pesar que la abundancia relativa exhibe una tendencia negativa en general, los índices estimados con datos de palangre presentan bajas tasas de captura en años recientes pero que se mantienen estables. La tendencia negativa más fuerte se puede observar en el índice basado en datos de la pesca con cachalotera (**Figura 26**). Es de notar aquí, que la misma tendencia podría ser observada, si al momento de su introducción la cachalotera tuvo un impacto más significativo en términos del efecto de disuasión de la predación por mamíferos marinos y un menor efecto disuasivo en el presente, como resultado de la experiencia acumulada por las ballenas al interactuar con el aparejo (aún en ausencia de cambios en la abundancia de bacalao).

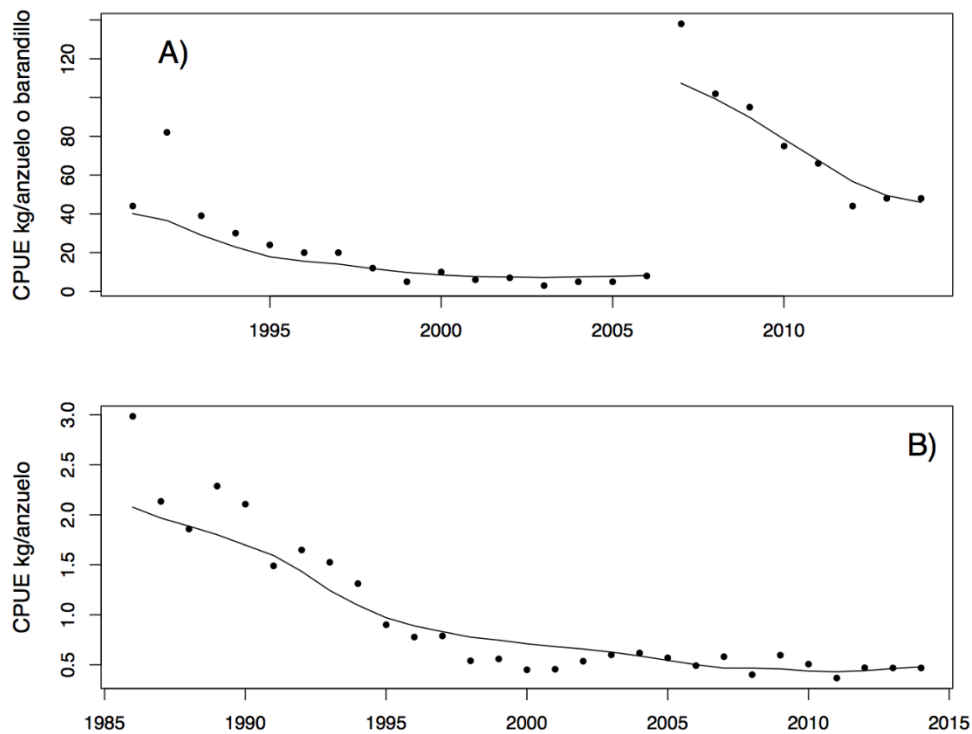


Figura 26. Ajuste del modelo a los índices de abundancia relativa. **A)** ajuste de los índices estimados con datos de la pesca chilena de palangre (1991-2006) y cachalotera (2007-2014). **B)** ajuste del índice estimado con datos de la pesca artesanal. Caso 2.

Al igual que en el caso anterior, se puede observar que el estrecho ajuste de las capturas es una característica de la estrategia seguida en la modelación (**Figura 27**).

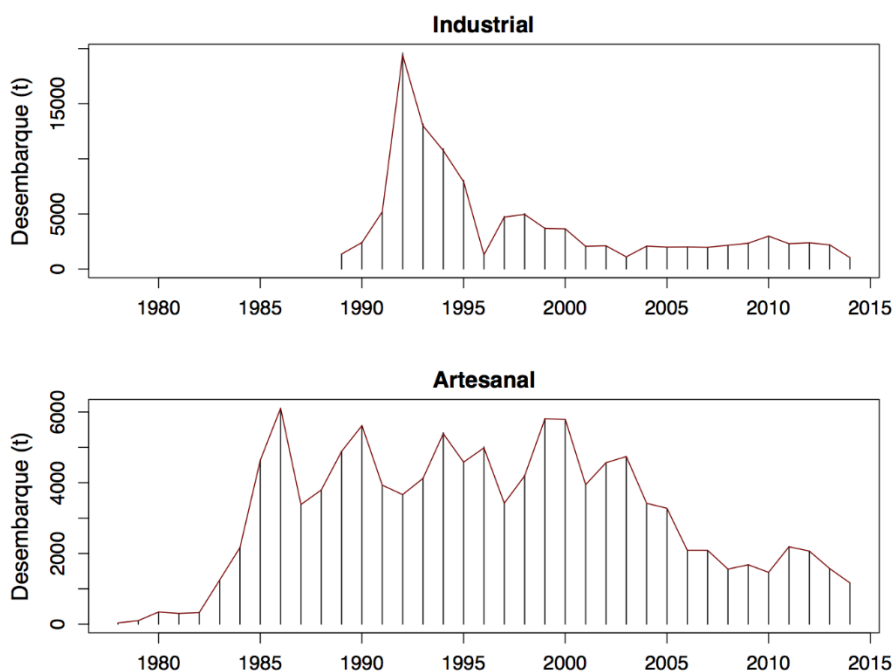


Figura 27. Ajuste del modelo a las capturas industriales (1989-2014) y artesanales (1978-2014). Caso 2.

4.1.2 Estimaciones de los parámetros

Selectividades

A diferencia del año pasado, el modelo empleado en esta evaluación permite mayor flexibilidad para modelar la selectividad.

En el caso de las selectividades de las pesquerías Chilenas, se utilizó un modelo de *coeficiente de selectividad*, que modela la selectividad con una relación no paramétrica suavizada, lo que permite que la selectividad adopte cualquier forma. Esto se consideró necesario, dado las dificultades que propone el ajuste de las composiciones de edad de las capturas industriales, que exhiben una moda adicional de individuos más viejos entre los años 2009 y 2014 (**Figuras 14 y 22**) y la particularidad de las composiciones de edades de las capturas artesanales que presentan prácticamente una ausencia de peces viejos (**Figuras 15 y 23**).

En el caso de las capturas de las pesquerías del Atlántico, estas fueron modeladas con una función logística pero cuyos parámetros variaron a través de dos bloques de años, con un cambio en selectividad en el año 2007 (**Figuras 28 y 29**).

En ambas pesquerías del Atlántico, la edad completamente reclutada tendió a desplazarse a edades mayores en el segundo bloque de años.

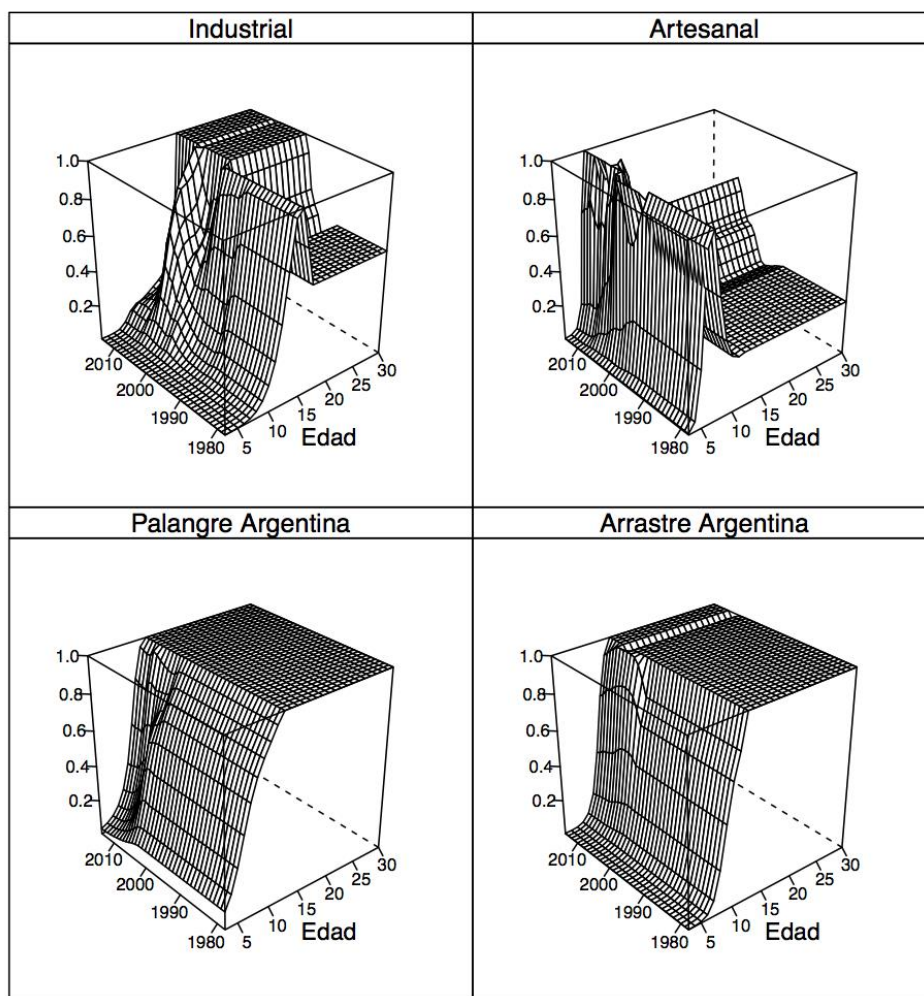


Figura 28. Selectividades estimadas para la flota industrial y artesanal chilena y las flotas de palangre y arrastre argentinas. En las pesquerías Chilenas se permitió mayor flexibilidad a la forma de la selectividad, en tanto que para las flotas del Atlántico se estimaron selectividades asintóticas a través de dos bloques de años. Caso 1.

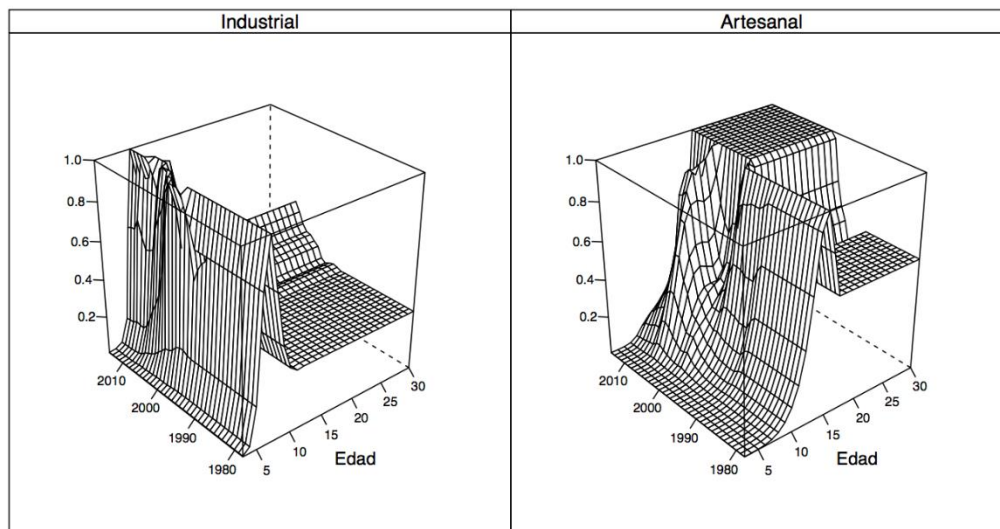


Figura 29. Selectividades estimadas para la flota industrial y artesanal chilena. El modelo empleado permite modelar la selectividad de manera más flexible alternativamente uso de las formas funcionales comúnmente utilizadas. Caso 2.

Mortalidades

A pesar de que la pesquería artesanal presentó un gran desarrollo durante la década de los 80s (**Figura 5**), la mortalidad por pesca estimada para esta flota en el Caso 1 no se incrementa significativamente sino hasta después iniciada la década de los 90s.

Esta es la década en que se dan inicio las pesquerías industrial chilena y la pesquería Argentina, y el pudiéndose observar bajo el Caso 1 valores máximos de mortalidad por pesca para las flotas industrial de Chile y de arrastre de Argentina en los años 1992 y 1994, coincidiendo con los máximos de las respectivas series de desembarque (**Figuras 5 y 30**).

Similar a lo observado con la pesquería artesanal, la máxima mortalidad por pesca estimada para la pesquería de palangre Argentina no se alcanza sino hasta el año 2000 a pesar que el máximo desembarque de esta flota se registra en 1995 (**Figuras 5 y 30**)

De acuerdo con el Caso 1 sólo las pesquerías industriales de Chile y de palangre de Argentina exceden el valor de la mortalidad natural, la primera entre los años 1992 a 1994, 2010, 2012 y 2013 y la segunda, en los años 1999 y 2000. Sin embargo, en términos de la mortalidad total, luego del año 1991, la mortalidad total estimada bajo el Caso 1 excede la mortalidad natural en todos los años con excepción de 2006 y 2007 (**Figura 30**).

Consecuentemente, bajo el Caso 1 y luego de una significativa reducción en la mortalidad total a mediados de la década de los años 2000, se observa nuevamente una tendencia al incremento de la mortalidad a partir del año 2006 (**Figura 30**).

Similar a lo observado bajo el Caso 1, en el Caso 2 la mortalidad por pesca industrial alcanza un máximo con el máximo de desembarque de esta flota pero la mortalidad por pesca de la flota artesanal alcanza su máximo en los años 1999 y 2000, en circunstancia que la pesquería artesanal tienen una historia de desembarque que se inicia en los años 70s (**Figura 30**).

Bajo el Caso 2, la pesquería industrial excede la mortalidad natural en los años 1992 a 1995, 1997 a 2000 y 2010 a 2013 en tanto que la mortalidad estimada para la flota artesanal lo hace entre los años 1994 a 1995 y 1997 a 2002. Sin perjuicio de ello, bajo este caso la mortalidad total excede la mortalidad natural en todos los años posteriores a 1991 (**Figura 30**).

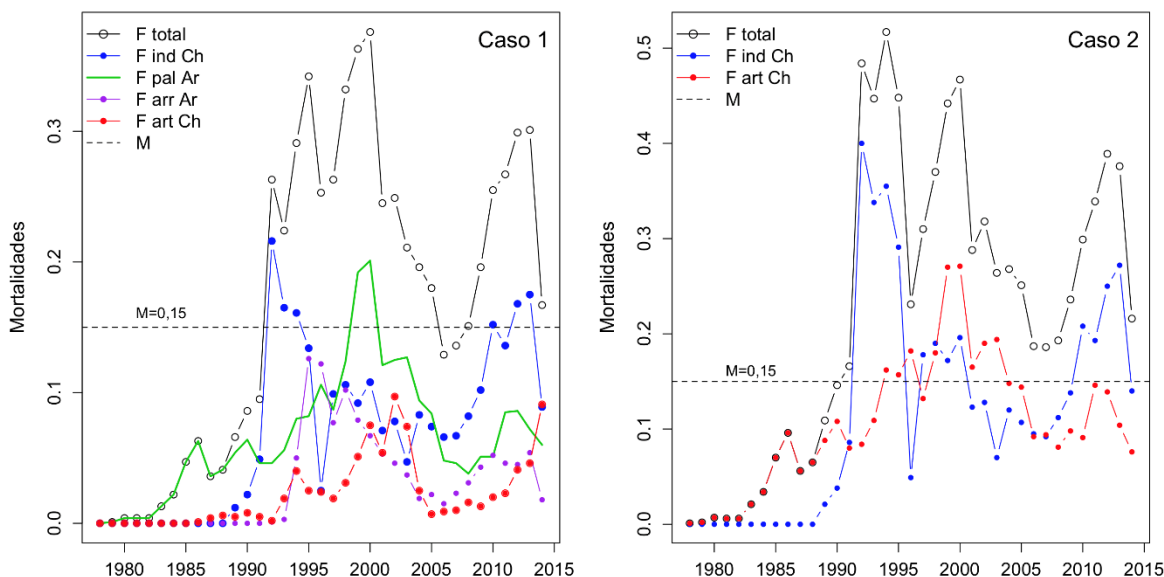


Figura 30. Mortalidades por pesca de bacalao de profundidad de la edad completamente reclutada a la pesquería. F total: mortalidad total; F ind Ch: pesquería industrial chilena; F pal Ar: pesquería palangre argentino; Farr Ar: pesquería arrastre argentino; F art Ch: pesquería artesanal chilena. La línea segmentada corresponde al valor de la mortalidad natural M. Casos 1 y 2.

Reclutamientos

Si bien la comparación estricta con la evaluación del año pasado no es posible, debido a que fueron conducidos con modelos y datos diferentes, es de notar que en los reclutamientos estimados en ambas evaluaciones presentan un período con desvíos positivos antes de la década de los años 2000 y un período de fuertes desvíos negativos que se inicia alrededor del año 2000 que acentúan la tendencia negativa ya exhibida por el reclutamiento medio (**Figuras 31 y 32**).

El patrón anterior se puede observar también con relación a la posición de los puntos en torno de la relación stock – reclutas donde en ambos casos estudiados se puede apreciar que estos tienden a conformar dos grupos uno con reclutamientos “altos” entre 1979 y 1999 y otro de reclutamientos “bajos” entre el año 1999 y el presente (**Figuras 31A y 32A**).

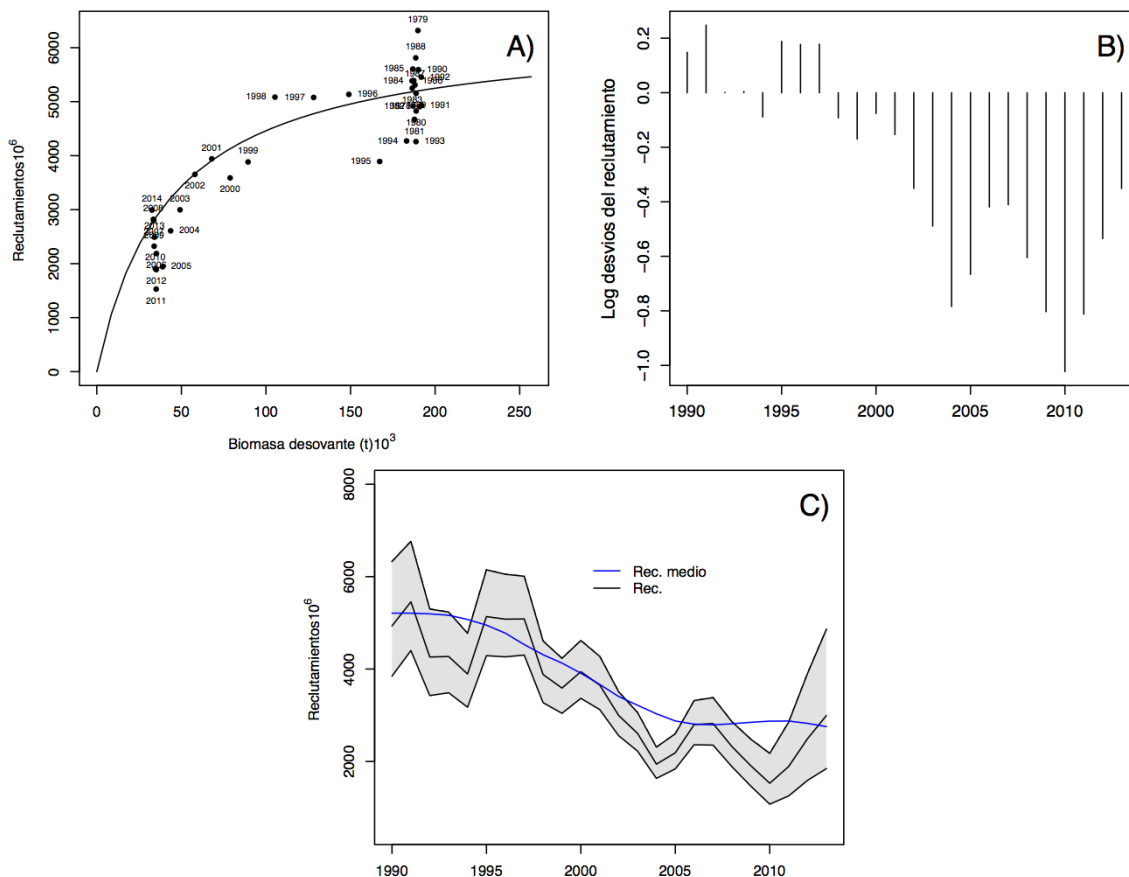


Figura 31. Reclutamientos de bacalao de profundidad estimados entre los años 1990 y 2014; **A)** Curva stock reclutas y reclutamientos estimados en cada año; **B)** desvíos log normales; **C)** Reclutamiento estimado con banda de confianza de 95%. Caso 1.

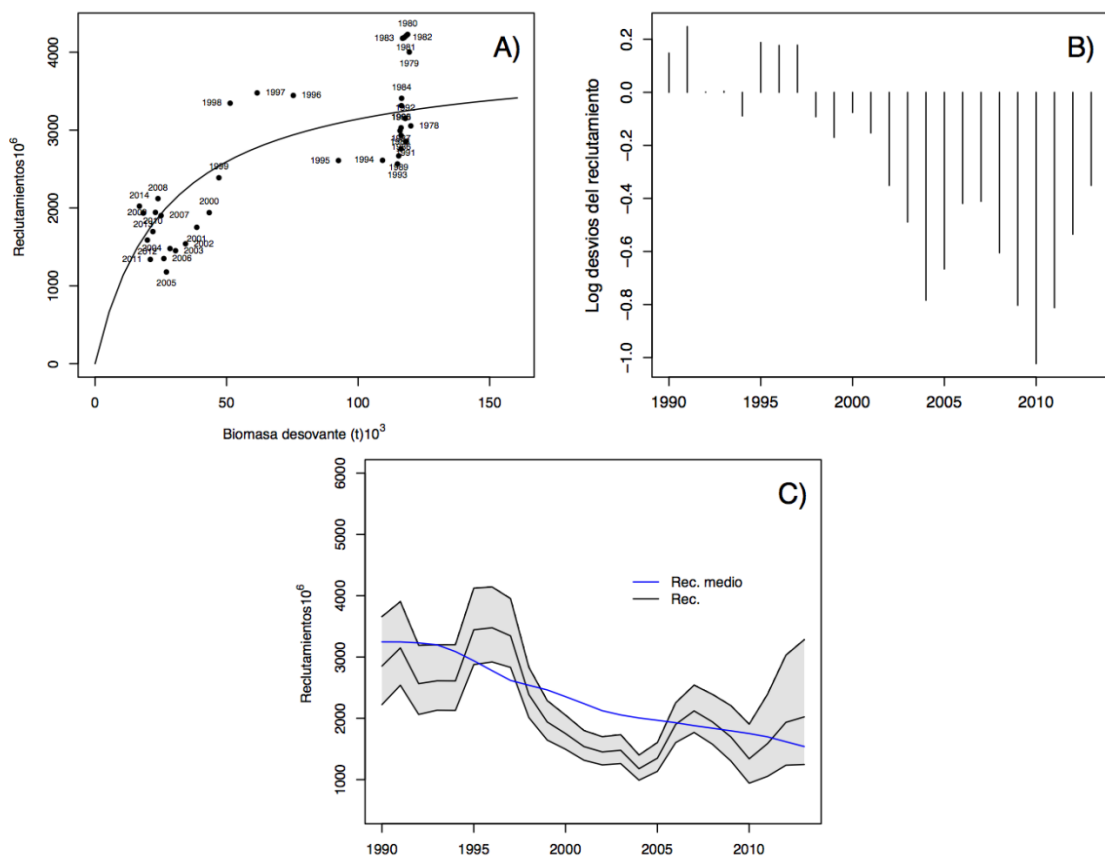


Figura 32. Reclutamientos de bacalao de profundidad estimados entre los años 1990 y 2014; **A)** Curva stock reclutas y reclutamientos estimados en cada año; **B)** desvíos log normales; **C)** Reclutamiento estimado con banda de confianza de 95%. Caso 2.

Biomاسas

La **biomasa total** es el peso de la población de 3 años de edad o mayores (3+), presente a inicios de cada año.

La **biomasa desovante**, es el peso de la población que ha alcanzado la madurez sexual y que se encuentra presente a inicios de agosto.



CASO 1

Entre los años 1978 y 1986 la **biomasa total** experimentó un moderado crecimiento (del orden de 1% anual), de manera que el tamaño del stock en 1989 eran aproximadamente 291 mil toneladas. A partir de este punto, el stock se redujo lentamente entre los años 1990 y 1992 (-2%).

En 1991, la pesca artesanal ya se encontraba completamente desarrollada a la cual, entre los años 1991 y 1995, se sumó el desarrollo de las actividades de pesca industrial en Chile (al sur del paralelo 47° LS.) y en la ZZE Argentina (**Figuras 5 y 33**). De este modo, la tasa de reducción anual del stock total, que entre los años 1993 y 1994 era del orden de un - 9%, se incrementó notablemente a partir del año 1995 (-12%) y consecuentemente la biomasa total presente en el año 1999 alcanzó un tamaño equivalente a un 42% de la biomasa presente en 1989 (**Figura 33**).

Entre los años 1993 y 2004, el valor medio de la tasa de reducción anual de la biomasa total era del orden de -18%, de manera que el tamaño del stock total a inicios del año 2005 eran 75 mil toneladas (25% del stock presente en 1989). Coincidiendo con una reducción en la mortalidad por pesca, la tasa de reducción de la biomasa total disminuyó luego entre los años 2005 y 2009 (-3%) y consecuentemente, el stock se mantuvo proximo al tamaño estimado para el año 2005 (**Figuras 30 y 33**).

A partir del año 2010, la mortalidad por pesca se incrementa nuevamente (**Figuras 30 y 33**) y con ello la tasa de reducción del stock (-5%).

En el año 2014, la biomasa total fue estimada en 60 mil toneladas (22% del stock al inicio de los años 90s)(**Tabla 6**).

La **biomasa desovante** se mantuvo relativamente estable entre los años 1978 y 1993 (en torno a un valor medio de 189 mil toneladas; **Figura 33**) pero entre los años 1995 y 2006, la tasa de reducción anual de la biomasa desovante se incremento notablemente (a un valor medio de -13%), coincidiendo con un incremento en la mortalidad por pesca (**Figura 30**) que tuvo un importante efecto en el reclutamiento medio, el que se reduce de continuamente durante este período (**Figura 31C**).

Entre los años 2006 y 2013, el stock desovante se mantuvo relativamente estable, en torno a un valor medio de 34 mil toneladas aproximadamente (**Figura 33; Tabla 6**).

El tamaño del stock desovante en el año 2014 fue estimado en 33 mil toneladas (17% del tamaño del stock presente a inicio de los años 90s).

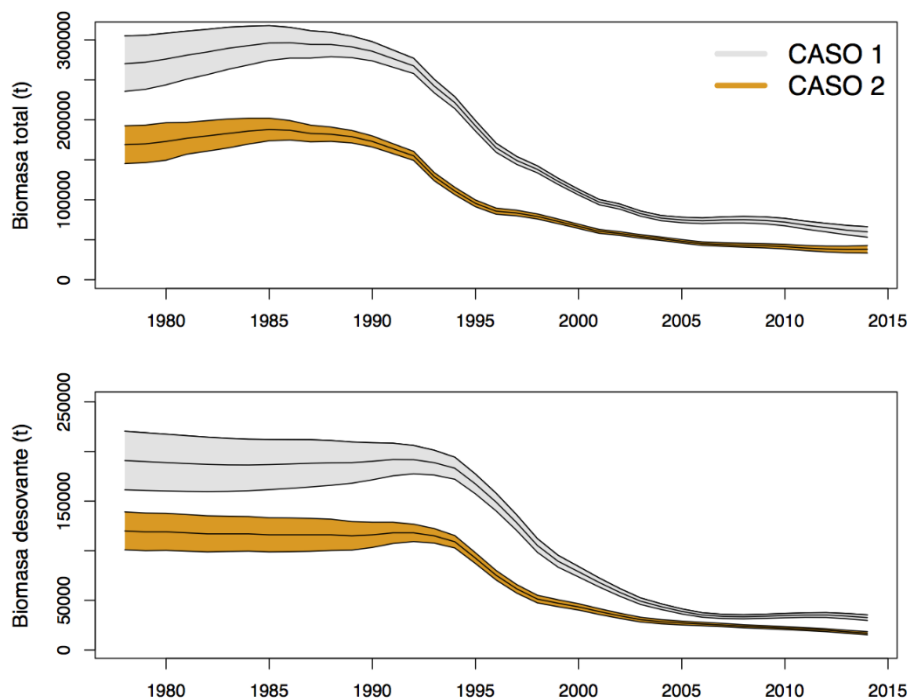


Figura 33. Fluctuación de las biomاسas total (3+; panel superior) y desovante (panel inferior) de bacalao de profundidad estimadas entre los años 1978 y 2014 y banda de confianza de 95%. Casos 1 y 2.

**Tabla 6**

Biomasa total 3+, biomasa desovante, reclutamientos, mortalidad por pesca y tasas de explotación de bacalao de profundidad, estimadas para los años 1990 a 2014. Caso 1.

Años	Biomasa total 3+ (toneladas)	Biomasa desovante (toneladas)	Reclutas (10 ⁶)	Mort. Pesca (F)	Tasa Explot. (u)
1990	285800	190140	5593	0.04	0.04
1991	276640	191920	4933	0.04	0.04
1992	267540	191760	5454	0.1	0.09
1993	242310	188730	4261	0.1	0.09
1994	221480	183110	4271	0.16	0.14
1995	192460	167240	3892	0.2	0.17
1996	165140	149000	5135	0.16	0.14
1997	149230	128170	5080	0.15	0.13
1998	138120	105310	5084	0.21	0.17
1999	123150	89453	3882	0.22	0.18
2000	109550	78794	3588	0.24	0.2
2001	97104	67976	3943	0.18	0.15
2002	91564	58021	3653	0.22	0.18
2003	82814	49171	2996	0.18	0.15
2004	77112	43639	2608	0.14	0.12
2005	74819	38855	1942	0.12	0.1
2006	73834	35225	2187	0.1	0.09
2007	74842	33709	2799	0.1	0.09
2008	75154	33408	2821	0.11	0.1
2009	74338	33877	2322	0.13	0.11
2010	72138	34587	1907	0.17	0.15
2011	68366	35131	1529	0.17	0.14
2012	65214	35192	1889	0.2	0.16
2013	62083	34076	2492	0.2	0.17
2014	59823	32592	2994	0.15	0.13

CASO 2

Entre los años 1978 y 1985, la **biomasa total** experimentó un leve crecimiento con una tasa anual de incremento de 2%, alcanzando de este modo un tamaño de 188 mil toneladas (**Figura 33**). A partir de este punto, el stock total comenzó reducirse lentamente a razón de un -3% anual, alcanzando las 155 mil toneladas en 1992 (**Figura 33; Tabla 7**).

Entre los años 1993 y 1996 la tasa de reducción anual del stock total se incrementó a un -14% coincidiendo con un incremento en la mortalidad por pesca y un incremento en los desembarques de la flota industrial (**Figuras 5, 30 y 33**) y como consecuencia de ello, el stock total en 1997 (84 mil toneladas) alcanzó un tamaño equivalente a un 44% del stock presente en 1985 (**Tabla 7; Figura 33**).



Entre los años 1997 y 2006, el stock total continuó declinando pero a una menor tasa anual (-6%). Sin perjuicio de ello, la biomasa total a inicios del año 2007 alcanzó las 44 mil toneladas (un 23% del tamaño estimado para el año 1985; **Figura 33; Tabla 7**).

Tabla 7

Biomasa total 3+, biomasa desovante, reclutamientos, mortalidad por pesca y tasas de explotación de bacalao de profundidad, estimadas para los años 1990 a 2014. Caso 2.

Años	Biomasa total 3+ (toneladas)	Biomasa desovante (toneladas)	Reclutas (10 ⁶)	Mort. Pesca (F)	Tasa Explot. (u)
1990	173000	116000	3030	0.05	0.05
1991	164000	118000	2850	0.06	0.06
1992	155000	118000	3150	0.18	0.16
1993	129000	115000	2570	0.16	0.15
1994	111000	109000	2610	0.19	0.16
1995	95600	92500	2610	0.18	0.15
1996	85800	75300	3440	0.09	0.08
1997	83500	61600	3480	0.14	0.12
1998	79200	51300	3350	0.18	0.15
1999	73100	47100	2390	0.19	0.16
2000	66800	43400	1940	0.21	0.18
2001	60500	38700	1750	0.14	0.12
2002	57800	34400	1540	0.16	0.13
2003	54200	30600	1450	0.13	0.11
2004	51300	28500	1480	0.14	0.12
2005	48100	27100	1180	0.14	0.12
2006	45200	26100	1350	0.11	0.1
2007	44100	25100	1900	0.12	0.1
2008	43200	23900	2120	0.12	0.1
2009	42500	23000	1940	0.14	0.12
2010	41400	22000	1700	0.18	0.15
2011	39700	21000	1340	0.18	0.16
2012	38500	19900	1590	0.21	0.18
2013	37900	18300	1930	0.2	0.17
2014	38100	16900	2020	0.11	0.1

Entre los años 2008 y 2014, la tasa de reducción anual del stock total fue estimada en -2% y la biomasa total a inicios de 2014 en 38 mil toneladas.

La **biomasa desovante** se mantuvo estable entre los años 1978 y 1993 en torno a un tamaño promedio de 117 mil toneladas (**Figura 33; Tabla 7**).

Coincidiendo con altos niveles de mortalidad por pesca (**Figura 30**), la tasa de reducción anual del stock desovante se incrementó entre los años 1995 y 2006 (-12%) y consecuentemente a inicios del año 2007 fue estimada en 25 mil toneladas (21% con relación a la biomasa presente en 1991). La



tasa anual de reducci3n del stock se redujo entre los a1os 2008 y 2012 (-5%) per3odo en el cual la biomasa mostr3 un valor medio de 22 mil toneladas (**Tabla 7; Figura 33**).

En el a1o 2014 la biomasa desovante fue estimada en 17 mil toneladas (15% respecto de aquella estimada para el a1o 1985).

4.1.3 Incertidumbre del modelo.

Dos formas b3sicas de incertidumbre en un modelo de evaluaci3n son: la incertidumbre de estimaci3n y la incertidumbre del modelo. La incertidumbre de estimaci3n, es la incertidumbre de los par3metros estimados condicionales a las caracter3sticas estructurales del modelo y a los datos. Un cambio en estas caracter3sticas o los datos constituye un modelo diferente que produce resultados diferentes de los par3metros y las varianzas estimadas. La incertidumbre asociada con la estructura del modelo, es por lo general de mayor magnitud que la incertidumbre de estimaci3n.

Es necesario entonces explorar las principales fuentes de incertidumbre del modelo para poder contar con una “medida” de su alcance y del “riesgo” involucrado.

De acuerdo con lo anterior, se exploraron 10 corridas alternativas (Escenarios) al modelo base (S_0) para cada caso considerado en la evaluaci3n (**Tabla 8**).

Tabla 8

Resumen de los escenarios de an3lisis alternativos explorados en cada caso para estudiar la incertidumbre del modelo.

Escenario	Modificaci3n	Comentario
S0	$h=0.60$	Caso base 1 o 2.
S1	$h=0.75$	Cambio en steepness.
S2	$M=0.1$	cambio en M.
S3	$M=0.2$	cambio en M.
S4	$1/2 \cdot n_m$ edad	Reducci3n del tama1o de muestra composici3n de edades.
S5	$1/2 \cdot n_m$ tallas	Reducci3n del tama1o de muestra composici3n de tama1os.
S6	$2 \cdot cv_CPUeind$	Incremento del coeficiente de variaci3n del 3ndice de abundancia industrial.
S7	$2 \cdot cv_CPUeart$	Incremento del coeficiente de variaci3n del 3ndice de abundancia artesanal.
S8	$2 \cdot cv_CPUetodos$	Incremento del coeficiente de variaci3n de todos los 3ndices.
S9	M estimado	cambio en M. Estimado en el modelo de evaluaci3n
S10	Selectividad fija	Cambio en selectividad. Selectividad fija en una funci3n log3stica en todas las pesquer3as.



Steepness (h) se define como la fracción del reclutamiento virginal (R_0) que se tiene cuando la biomasa desovante es un 20% de su nivel virginal (B_0) (Mace y Doonan 1988). Este parámetro está relacionado a la resiliencia de una especie a la explotación y determina su productividad en un ambiente estacionario (Mangel *et al.* 2010).

Además, cuando en una evaluación que usa la relación stock reclutas de Beverton y Holt, los valores de los PBR sustitutos del RMS quedan determinados a priori una vez que se fijan los valores de M y h (Mangel *et al.* 2013). Es importante entonces conocer la sensibilidad del modelo a la adopción de diferentes valores de steepness (en un rango que se considere adecuado para la especie).

La mortalidad natural (M) es (junto al steepness) uno de los parámetros biológicos más difíciles de estimar para los stocks de peces y por esta razón es frecuente que en los modelos de evaluación el valor de M se fije en un valor que se considera razonable para la especie (guiados por consideraciones teóricas y por la comparación de parámetros de historia de vida). Los resultados de la evaluación (y las recomendaciones de manejo derivadas de estos resultados) son sensibles al valor de M usado, entonces es importante que en la evaluación de stock se explore la sensibilidad de los resultados a valores posibles de este parámetro.

En la modelación de los datos que describen la tendencia de la abundancia del stock mediante verosimilitudes log-normales, el coeficiente de variación (o log del error estándar) es la medida básica de incertidumbre. En la modelación de los datos de composición de edades mediante verosimilitudes multinomiales, la medida básica de incertidumbre es el tamaño de muestra ingresado.

No sólo es importante el valor absoluto de la precisión asignada a las diferentes piezas de información de entrada al modelo sino que el valor relativo para los diferentes componentes también es crítico, porque esto determina el peso que el modelo confiere a las diferentes piezas de información durante el proceso de ajuste.

Si todas las piezas de información de entrada al modelo son consistentes, entonces los cambios en el esquema de ponderación de estos datos no afectarán los estimados que resultan del proceso de ajuste sino solamente las varianzas de estas estimaciones. Si los resultados demuestran ser sensibles a cambios relativos en la ponderación de los datos de entrada, esto es indicativo de que existen conflictos entre los diferentes componentes de datos ingresados al modelo y/o en la estructura del modelo. En consecuencia, es necesario la exploración del impacto que diferentes esquemas de ponderación de los datos de entrada puedan tener sobre los resultados del modelo de evaluación.

La selectividad es un aspecto estructural de gran importancia en el modelo dado que distribuye la mortalidad por pesca a través de las edades (con la posibilidad de permitir modificar la forma que esto ocurre a través de los años incluidos en el modelo). De particular importancia para la evaluación de bacalao, es la posibilidad de considerar selectividades en forma de domo, lo que implica que los individuos más viejos son invulnerables a la pesca para la cual se considera esta forma funcional la modelación. Esto puede tener implicancias para las estimaciones del nivel de reducción de stock.



El efecto selectivo puede también estar confundido con una inapropiada selección del valor de M o con aspectos relativos a la asignación de edades a los datos de captura, ambos problemas de consideración en la evaluación de bacalao.

La modelación de la selectividad es uno de los aspectos estructurales que ha experimentado mayores cambios en la presente evaluación y entonces su exploración es un aspecto central de la incertidumbre del modelo.

De acuerdo con lo anterior, se analizó la sensibilidad de la biomasa desovante, reclutamientos y mortalidad por pesca, estimadas por el modelo bajo 10 escenarios alternativos al modelo base (S_0), que exploran el impacto de cambios en el valor de h (S_1), M ($S_{(2,3,9)}$), la ponderación de los datos de composición de edades (S_4) y tamaños (S_5), la ponderación de los índices de abundancia relativa ($S_{(6,7,8)}$) y la modelación de la selectividad (S_{10}) (**Figuras 34 y 35; Tabla 8**).

Estos escenarios se estudiaron en el contexto de los Casos 1 y 2 (que corresponden a dos modelos conceptuales diferentes) estudiados en esta evaluación.

Ninguno de los escenarios analizados con este modelo mejoró sustancialmente el estatus del recurso con respecto del caso base, en donde el nivel de reducción de la biomasa desovante del último año permanece por debajo del 20%, con excepción del S_3 en el Caso 1 en donde se incrementó el valor de mortalidad natural a $M=0,2$ (**Figuras 34 y 35; Tabla 8**).

Reducciones en el valor de M incrementan la estimación biomasa virginal y su incremento la disminuye, impactando el valor de reducción relativa de la biomasa del último año. El hecho de que la condición del último año mejore en el S_3 en el Caso 1 pero no en el Caso 2, dice relación con el efecto de los datos de la pesca en la ZEE Argentina que están incluidos en el primer caso pero no en el segundo (**Figuras 34 y 35; Tabla 8**).

En el modelo del año pasado, cambios en el esquema de ponderación de los datos de composición tenían un efecto en el valor de la reducción de la biomasa desovante en el último año de la evaluación, reduciendo significativamente la condición del recurso (Polacheck 2015). Esto no se observó en el modelo implementado para esta evaluación, cuando los tamaños de muestra efectivos fueron reducidos a la mitad (**Tabla 8**). Esto probablemente se debe a la inclusión de los datos de composición de longitudes en el modelo, en reemplazo de los datos de edades leídas en escamas y las composiciones argentinas determinadas mediante un procedimiento de sclicing.

La ponderación selectiva de los índices de abundancia incrementando al doble su coeficiente de variación tampoco tuvo un efecto sustancial de incremento en la condición del recurso incluso cuando estos cambios se efectuaron a todos los índices, efectivamente eliminando las señales de abundancia relativa del modelo (**Figuras 34 y 35; Tabla 8**).

Fijar la selectividad de todas las pesquerías en un patr3n logístico sin permitir cambio en el tiempo incrementa la condici3n del recurso en ambos casos al o permitir un escape de los individuos m3s viejos, sin embargo este incremento no se traduce en un cambios del estatus del recurso (**Figuras 34 y 35; Tabla 8**).

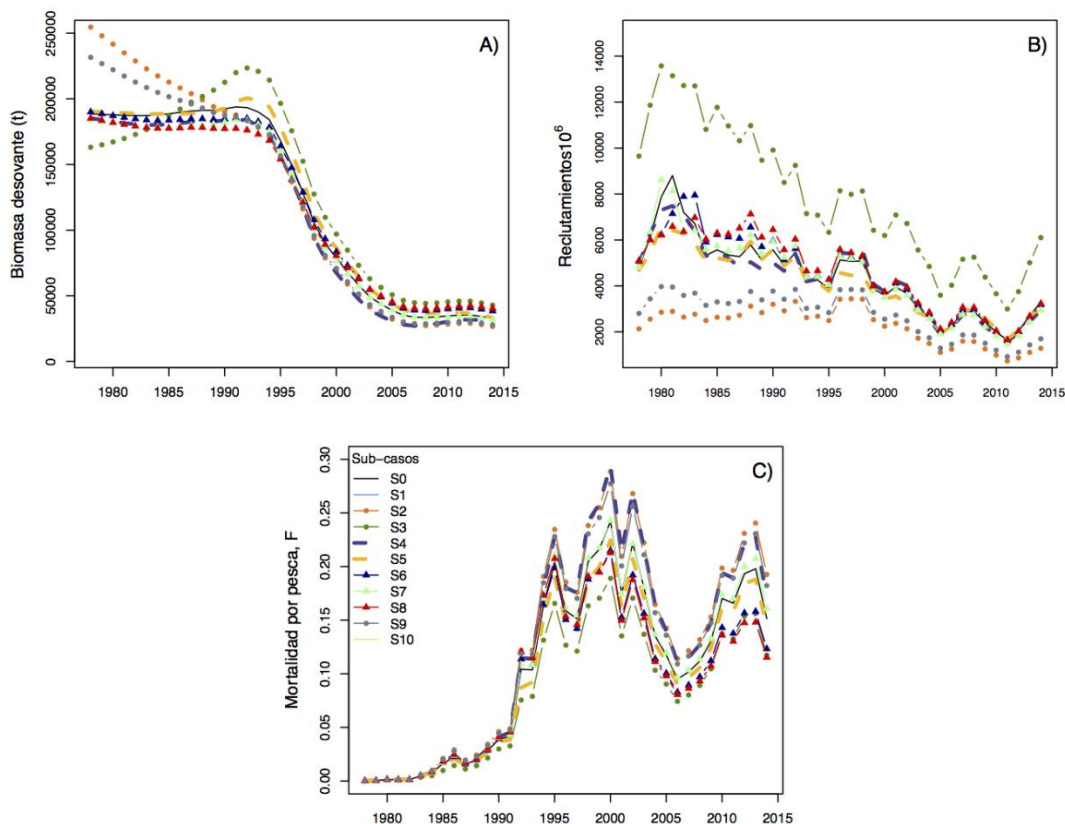


Figura 34. Trayectorias de la biomasa desovante, reclutamientos, mortalidad por pesca del bacalao de profundidad explotado en la ZEE de Chile y Argentina 3ntre los a3os 1978 y 2014 bajo 11 escenarios estructurales alternativos al modelo base. Caso 1.

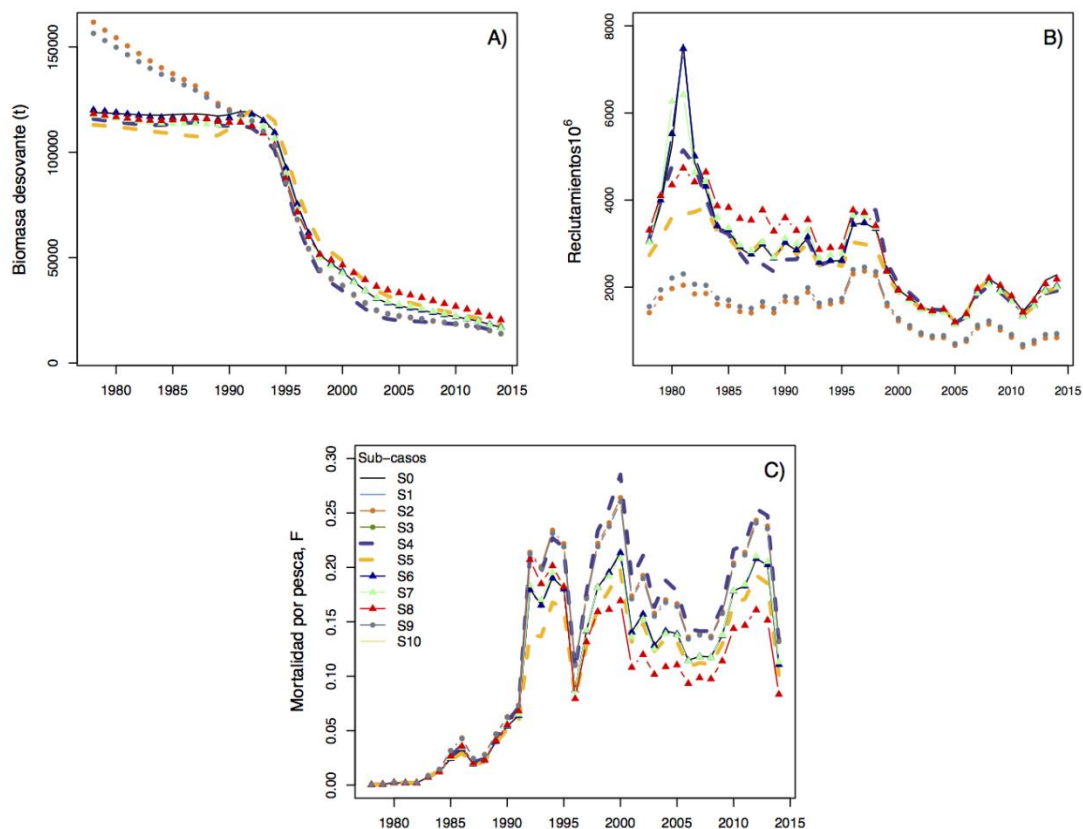


Figura 35. Trayectorias de la biomasa desovante, reclutamientos, mortalidad por pesca del bacalao de profundidad explotado en la ZEE de Chile entre los a1os 1978 y 2014, bajo 11 escenarios estructurales alternativos al modelo base. Caso 2.



Tabla 8. Componentes de verosimilitud de los diez escenarios de incertidumbre del modelo explorados en cada caso de la evaluación.

CASO 1

Escenario	Captura	C_edad	Ctamaño	Selectividad	Índices	Rec	F_penal	Post_priors_q	Post_priors	Post_priors	Total	Bo	Bfin	Reducción
0	0.21	109.46	140.64	69.84	50.43	0.92	-11.97	0.013	50.94	6.44	417	214009	32592	0.15
1	0.21	109.79	140.97	70.16	50.38	0.92	-11.37	0.013	50.96	6.47	419	189599	32884	0.17
2	0.32	102.47	148.71	66.95	50.62	0.95	-11.91	0.012	48.38	6.48	413	361220	26641	0.07
3	0.12	113.45	140.87	72.84	46.54	0.95	-5.86	0.014	54.69	5.79	429	152389	42827	0.28
4	0.15	78.17	132.63	56.22	42.04	0.84	-13.13	0.013	49.29	5.88	352	218390	30121	0.14
5	0.15	98.76	93.08	51.94	46.80	0.65	-10.96	0.013	51.82	4.83	337	203813	33382	0.16
6	0.12	98.41	139.15	67.94	33.08	0.91	-12.56	0.013	51.72	6.83	386	219766	38418	0.17
7	0.15	106.60	138.96	71.07	40.63	1.01	-11.64	0.013	50.50	6.44	404	216414	31704	0.15
8	0.04	94.92	137.73	68.84	22.75	1.00	-13.19	0.013	51.40	6.83	370	224376	40348	0.18
9	0.29	104.93	145.18	67.83	51.09	0.93	-13.53	0.013	48.95	6.93	413	311382	27950	0.09
10	0.25	134.49	213.55	7.81	58.98	1.24	-11.92	0.013	51.38	22.51	478	190977	34936	0.18

CASO 2

Escenario	Captura	C_edad	Ctamaño	Selectividad	Índices	Rec	F_penal	Post_priors_q	Post_priors	Post_priors	Total	Bo	Bfin	Reducción
0	0.48	92.60	61.28	51.10	52.17	0.91	-11.926	0.005	41.70	6.50	295	133759	16861	0.13
1	0.47	93.05	61.40	51.26	52.04	0.91	-11.616	0.005	41.70	6.59	296	118720	16925	0.14
2	0.70	83.78	67.71	48.16	52.44	0.94	-13.303	0.005	39.48	6.55	286	223276	13781	0.06
3	0.48	92.60	61.28	51.10	52.17	0.91	-11.926	0.005	41.70	6.50	295	133759	16861	0.13
4	0.36	72.16	54.73	38.85	38.63	0.84	-13.511	0.005	39.78	5.95	238	135725	14602	0.11
5	0.30	85.33	44.50	43.04	45.14	0.67	-9.387	0.005	42.57	6.08	258	124539	18070	0.15
6	0.48	92.60	61.28	51.10	52.17	0.91	-11.926	0.005	41.70	6.50	295	133759	16861	0.13
7	0.32	89.37	58.57	51.84	44.47	0.99	-11.534	0.005	41.50	6.54	282	134784	16461	0.12
8	0.07	74.91	54.13	49.42	26.64	0.99	-12.971	0.006	42.45	6.93	243	138025	20468	0.15
9	0.68	84.98	66.49	48.42	52.64	0.94	-13.871	0.005	39.64	7.27	287	212518	13985	0.07
10	0.52	121.43	98.36	4.18	61.72	1.19	-11.792	0.005	42.23	23.16	341	113684	17679	0.16



4.2 Resumen de la evaluación de stock

Para la evaluación de stock del año 2015 se estudiaron dos casos (modelos conceptuales):

Caso 1: Los stocks encontrados en el Pacífico y Atlántico se encuentran abiertos entre sí, principalmente como resultado de la mezcla de adultos en el área de desove y posiblemente con una mezcla más limitada de juveniles/sub-adultos, implicando que el reclutamiento tanto en el océano Pacífico como el Atlántico depende de la biomasa desovante combinada de ambos océanos.

Caso 2: el stock distribuido en el Pacífico está esencialmente cerrado con respecto a los desovantes y el reclutamiento, implicando que no existe una migración significativa de larvas, juveniles o adultos desde el lado Atlántico.

Se incluyeron un número de modificaciones respecto de la evaluación de stock del año 2014 en respuesta a las recomendaciones de la revisión de pares del año 2015 (**Anexo 4**), entre las que se incluyen:

1. Exclusión de los datos de composición por edades de las capturas industrial y artesanal leídas en escamas y de los datos de composición de las capturas Argentinas determinados mediante el procedimiento de slicing y su sustitución por composición de longitud (En la conversión de edades a longitudes se utilizó la curva de crecimiento determinada con la lectura de otolitos por Oyarzún *et al.* (2003b).
2. Inclusión de una curva stock reclutamiento Beverton y Holt para estimar el reclutamiento medio.
3. Cambio de la ojiva de madurez sexual por aquella estimada por Balbontín *et al.* (2011).
4. Uso de los estimados de pesos medios por edades determinados por la sección de edad y crecimiento del IFOP (Gálvez *et al.* 2013).
5. Inclusión del cambio de palangre español a cachalotera en el índice de abundancia relativa estimado con datos de la pesca de palangre de Argentina.
6. Modelación de la selectividad con una relación no paramétrica suavizada, lo que permite que la selectividad adopte cualquier forma.
7. Cambio en la plataforma usada para implementar el modelo desde el código AD Model Builder implementado en Tascheri *et al.* (2015) por el "Modelo de Evaluación para Alaska" (AMAK).
8. Inclusión de la exploración de la incertidumbre del modelo en el informe de estatus.

En los dos casos estudiados los reclutamientos presentan un período con desvíos positivos antes del año 1998 y un período de fuertes desvíos negativos posterior a este año, que acentúan la tendencia negativa exhibida por el reclutamiento medio.

En ambos casos investigados en esta evaluación, las biomásas estimadas mostraron cierta estabilidad hasta aproximadamente el año 1994 y posteriormente inician una reducción continua, la que en el Caso 1 se estabiliza aproximadamente en el año 2006 y en el Caso 2, alcanza el año 2014.

De acuerdo con este patrón de fluctuación de las biomazas, la biomasa desovante en el año 2014 fue estimada en 32.592 toneladas en el Caso 1 y en 16.900 toneladas en el Caso 2.

4.3 Objetivo 2: Calcular los Puntos Biológicos de Referencia

Los puntos biológicos de referencia asociados al máximo rendimiento sostenido F_{RMS} y B_{RMS} fueron calculados empleando los valores sustitutos adoptados por el Comité Científico Técnico de Recursos Demersales de Aguas Profundas (Acta CCT-RDAP, enero 2015).

En consecuencia, F_{RMS} fue sustituido por $F_{SPR45\%}$ y B_{RMS} fue calculado como $0,4B_0$. Los valores esperados de estos PBRs y su incertidumbre fueron calculados usando AMAK.

En el Caso 1, la biomasa del RMS fue estimado en 83.772 toneladas con un intervalo de confianza de 95% de 48.947 – 116.597. En el Caso 2 B_{RMS} fue estimado en 48.069 con un intervalo de confianza de 95% de 23.401 – 72.737 (Figura 36).

La mortalidad por pesca en el RMS en el Caso 1 fue estimada en 0,073 con un intervalo de confianza de 95% de 0,067 – 0,079 y en el Caso 2 el valor esperado fue estimado en 0,085 con un intervalo de confianza de 95% de 0,071 – 0,099 (Figura 36).

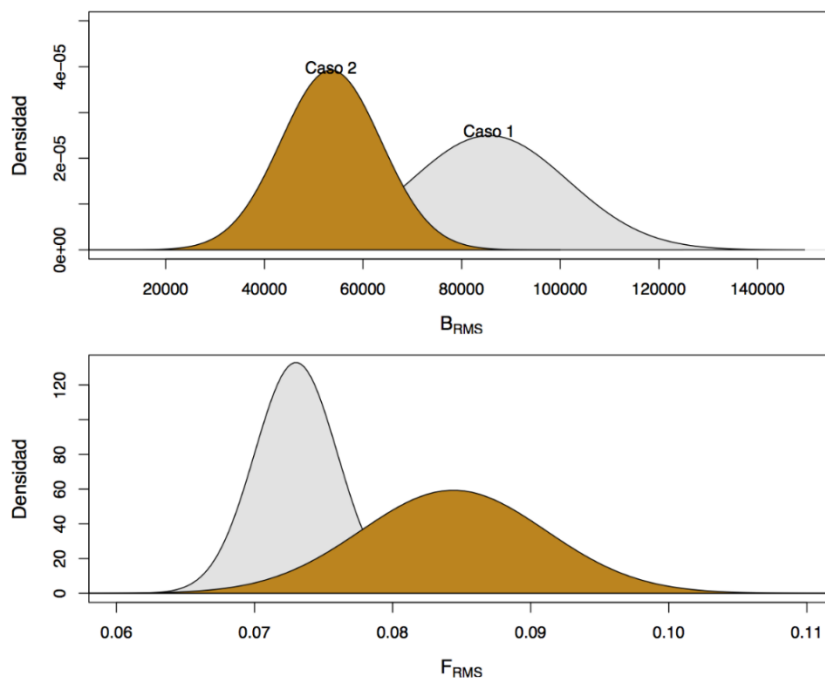


Figura 36. Distribuciones de probabilidad de los puntos biológicos de referencia sustitutos de Rendimiento Máximo Sostenible estimados para ambos casos estudiados en la evaluación 2015.



4.4 Objetivo 3: *Establecer el estatus actualizado de estos recursos*

4.4.1 Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante.

De acuerdo con los resultados del **Caso 1**, entre los años 1978 y 1993 el stock desovante de bacalao de profundidad se encontraba en un 90% de su máximo potencial reproductivo (**Figura 37**). Este potencial sin embargo experimentó una continua reducción entre los años 1994 y 2005, alcanzando un nivel igual al objetivo del manejo (zona de plena explotación) entre los años 1999 y 2000. En los años siguientes, el stock reproductivo continuó disminuyendo y en el 2004 alcanza el valor de B_{LIM} (umbral de colapso; **Figura 37**). En el año 2014, el stock desovante se encontraba en un 15% de su máximo potencial reproductivo.

En el **Caso 2** el stock desovante se mantuvo sobre el 80% de su máximo potencial entre los años 1978 y 1994. A partir de 1995, el stock inicia una disminución continua que se extiende hasta el año 2014 (**Figura 37**). En el año 1998 el stock alcanza el objetivo de manejo pero el stock reproductivo continuó disminuyendo, alcanzando la biomasa límite en el año 2005. En el año 2014, el stock desovante se encontraba en un 13% de su máximo potencial.

Para el año 2014, el IRS estimado en los dos casos estudiados con el modelo implementado para esta evaluación, tiene una probabilidad 1 de encontrarse bajo el umbral de la zona de colapso (de acuerdo con los PBRs propuestos en Payá *et al.* 2014) y con los conceptos contenidos en la definición 59, Título I, Artículo 2° de la LGPA (**Figura 37**).

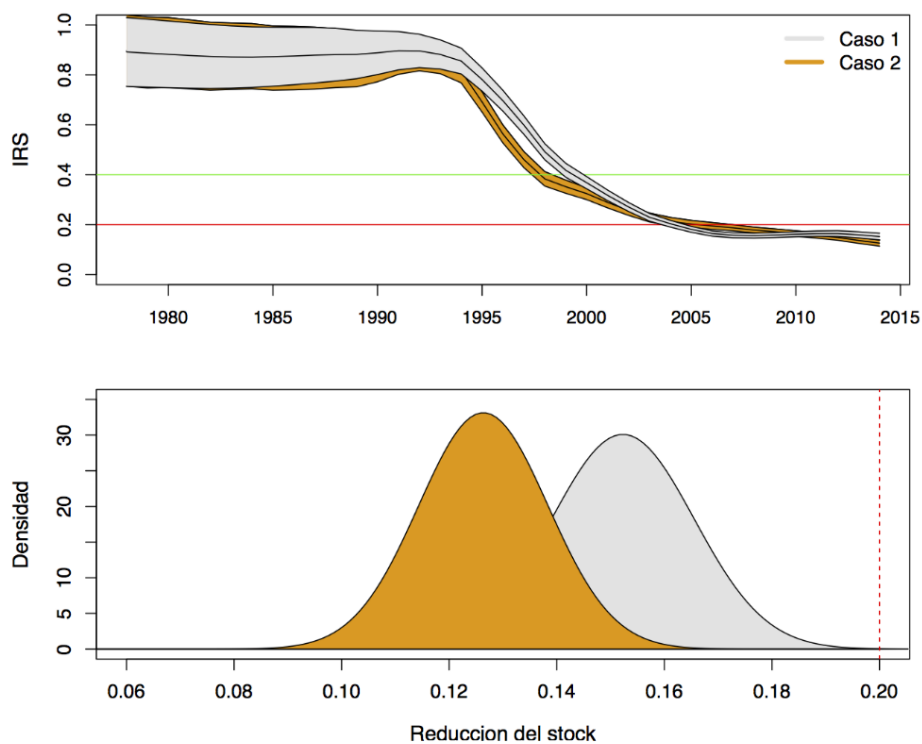


Figura 37. Panel superior: Fluctuación del índice de reducción del stock desovante (*IRS*) de bacalao de profundidad, estimada para los dos casos estudiados con el modelo de evaluación 2015. Se incluye la banda de confianza de 95%; Panel inferior: distribuciones de probabilidades del *IRS* en el año 2014, obtenidas en los dos casos analizados usando la información de la matriz hessiana. En ambos gráficos se indican los límites que definen las zonas de colapso (línea roja: 0,2Bo) y zona (línea verde: 0,4Bo).

4.4.2 Marco biológico de referencia

De acuerdo con la LGPA, el estado de situación (o estatus) del stock de bacalao de profundidad es determinado usando el Marco Biológico de Referencia (o diagrama de fases) (**Figura 38**). Su estado al año 2014 se investiga en esta sección, usando los resultados de los dos casos estudiados con el modelo implementado para esta evaluación.

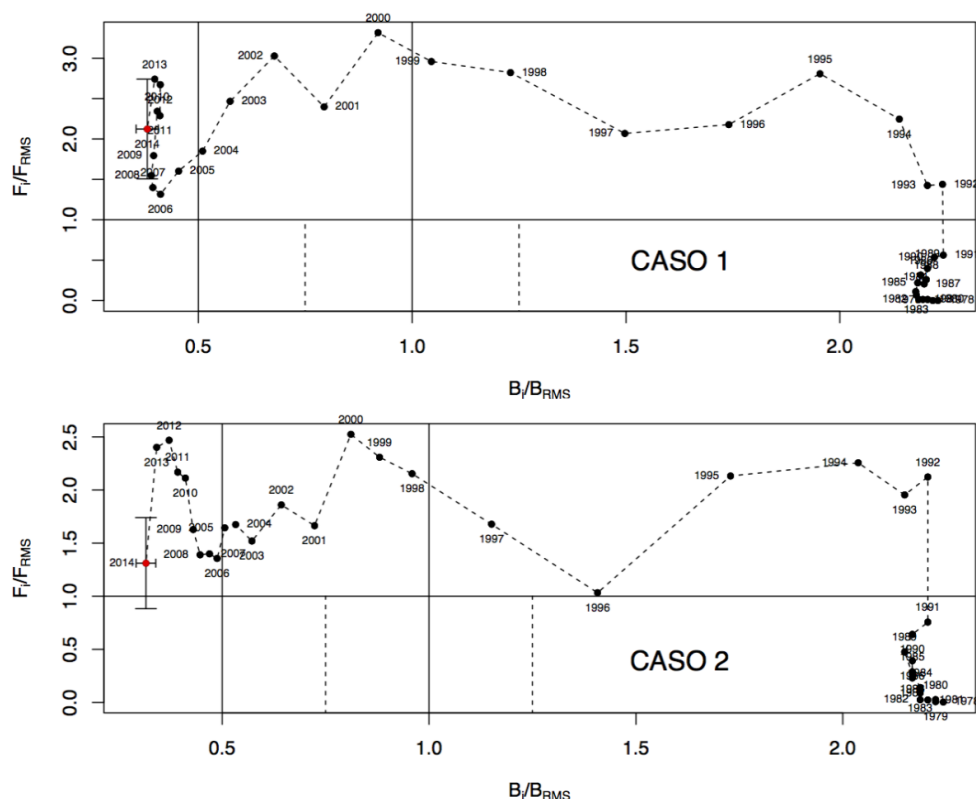


Figura 38. MBR mostrando la trayectoria del stock de bacalao de profundidad entre los años 1978 y 2014 para los dos casos estudiados en esta evaluación. CASO 1: modelo que incluye las pesquerías de la ZEE Chilena y Argentina; CASO 2: modelo que incluye sólo las pesquerías de la ZEE de Chile. El estado del stock en el año 2014 se demarca con rojo.

4.4.3 Estado de situación de la pesquería de bacalao de profundidad

Los resultados de los dos casos estudiados, sitúan a la pesquería en la zona de sub-explotación entre los años 1978 y 1991. Luego del inicio de las pesquerías industriales en Chile y Argentina a comienzos de los años 90s, la pesquería se localiza sobre el umbral de sobrepesca ($F_{RMS} \sim F_{SPR45\%}$), en donde permanece hasta el año 2014 (**Figura 38**).



En el Caso 1 la pesquería entra en la región de sobreexplotación en el año 1999, en donde se mantuvo hasta el año 2004. En el Caso 2 la pesquería entra en esta región el año 1998 y permanece en esta zona hasta el año 2005 (**Figura 37**).

De acuerdo con los resultados de esta evaluación, la pesquería de bacalao de profundidad entra en la región de colapso (o agotamiento) en el año 2005 (Caso 1) o 2006 (Caso 2), en donde permanece hasta el año 2014 (**Figura 37**).

4.4.4 Resumen del estatus del stock de bacalao de profundidad

De acuerdo con los modelos y dependiendo del caso considerado, la biomasa desovante de bacalao de profundidad se encuentra actualmente en un 15% o 13% de la biomasa virginal.

De acuerdo con los casos estudiados usando el modelo implementado para esta evaluación, la pesquería del recurso bacalao de profundidad tiene una probabilidad de 1 de encontrarse **sobreexplotada**, de 1 de encontrarse en la zona de **colapso** y de 1 de encontrarse en un proceso de **sobrepesca**.



5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Durante el último trimestre del año 2014, se realizó la revisión de pares del proyecto “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Bacalao de profundidad, 2015”. La revisión de este proyecto, fue implementado por la Universidad de Concepción y los aspectos técnicos de la revisión estuvieron a cargo del experto internacional Tom Polacheck.

De acuerdo con el informe del revisor, a pesar de la extensa cantidad de datos existente de las pesquerías de bacalao de profundidad en el área de la plataforma sudamericano-Patagonia, se debe reconocer que existen severas limitaciones en estos datos e información disponibles para realizar la evaluación de stock de este recurso, los que incluyen:

1. La ausencia de sobre posición de las principales pesquerías combinado con una considerable falta de homogeneidad en la distribución de los adultos y juveniles.
2. Importantes discontinuidades tanto en las operaciones de pesca como en la recopilación de datos; ausencia de información crítica para una efectiva estandarización de los datos esfuerzo.
3. Importantes cambios en el aparejo de pesca utilizado.
4. Importantes interacciones con mamíferos marinos que básicamente son imposibles de cuantificar; La ausencia de estimados de abundancia o tasas de mortalidad por pesca independientes de la pesquería.

Esto en combinación con las características biológicas de la especie, significa que las dos piezas básicas de información disponibles para evaluar el stock (CPUE y la composición de tamaño/edad) no son muy informativas.

El crecimiento lento y variable, los cambios en métodos de asignación de edad (determinación de la edad en escamas entre 1991 y 2006 y en otolitos entre 2007 y 2014), la avanzada edad al momento del reclutamiento a la pesquería y la ausencia de lecturas directas de edad para el componente argentino del stock, significa que los datos de composición de edades contienen muy poca información acerca de la fortaleza relativa de las diferentes cohortes, particularmente para los años más recientes.

La interpretación de las tendencias en los datos de CPUE como tendencias de la abundancia relativa es fuertemente dependiente de los supuestos acerca de la capturabilidad y selectividad y potencialmente podrían estar altamente confundidos con las interacciones con mamíferos marinos.

Sin ampliar el rango de modelos conceptuales considerados y métodos usados para tratar la incertidumbre (en particular, la incertidumbre de modelo), siempre permanecerá una base insuficiente para la determinación del estatus de este stock y para entregar asesoría para el manejo y su riesgo asociado (Polacheck, 2015).



En este contexto se implementó un modelo de evaluación de stock estructurado por edades, incluyendo datos de composición de las capturas de las pesquerías argentinas de palangre y arrastre y de las pesquerías industrial y artesanal chilenas e índices de abundancia relativa estimados con datos de la pesca de palangre en Argentina y Chile (incluyendo el efecto del cambio de palangre español a cachalotera en ambos casos) y con datos de la pesca artesanal chilena.

De acuerdo con las recomendaciones del experto revisor de la evaluación del año pasado (Polacheck 2015), En esta evaluación se debe considerar un rango de hipótesis alternativas (modelos conceptuales) respecto de la estructura del stock.

A este respecto, en la evaluación de este año se han considerado dos de hipótesis alternativas o casos de estudio:

En el *Caso 1*, se evaluó en conjunto las pesquerías de las plataformas Pacífica y Patagónica (pesquería industrial y artesanal chilenas y pesquerías de palangre y arrastre en toda la ZEE Argentina), asumiendo de este modo que el reclutamiento tanto en el océano Pacífico como el Atlántico depende de la biomasa desovante combinada de ambos océanos.

Y en el *Caso 2*, la plataforma Pacífica, incluyendo las pesquerías artesanal e industrial de Chile exclusivamente. Implicando que el stock distribuido en el Pacífico está esencialmente cerrado con respecto a los desovantes y el reclutamiento y de este modo que la pesquería en Chile puede ser evaluada sin considerar las capturas registradas en el Atlántico.

Los principales cambios incluidos en esta evaluación de stock respecto de la implementada en el año 2014 se detallan a continuación junto a una breve discusión de su fundamento:

1. Exclusión de los datos de composición por edades de las capturas industrial y artesanal leídas en escamas y de los datos de composición de las capturas Argentinas determinados mediante el procedimiento de slicing y su sustitución por composición de longitud (En la conversión de edades a longitudes se utilizó la curva de crecimiento determinada con la lectura de otolitos por Oyarzún *et al.* (2003b).

La combinación en el modelo de evaluación de stock de los datos de composición de edades determinados mediante la lectura de escamas (disponibles para los años 1995 a 2006) con datos de composición por edades determinados mediante la lectura de otolitos (años 2007 a 2014) era problemático, principalmente debido a que introduce una subestimación de la estructura de edades en los años previos al 2007 y una discontinuidad en la serie de tiempo de captura a la edad entre los años 2006 y 2007.

Los datos de composición de edades de Argentina no están basados en la lectura de estructuras duras sino en un procedimiento de slicing que usa la curva de crecimiento. La combinación de estos datos con los datos de composición de edades basados en lecturas



duras disponibles para las pesquerías chilenas es una fuente potencial de conflicto e inconsistencia cuando el modelo intenta ajustar simultáneamente ambas fuentes de datos.

2. Inclusión de una curva stock reclutamiento Beverton y Holt para estimar el reclutamiento medio.

En el modelo implementado en el año 2014 el reclutamiento medio era modelado como una constante sobre la cual se estimaban los desvíos anuales. Dado que el modelo predice una reducción importante en la biomasa desovante, no es precautorio asumir independencia entre la biomasa desovante y los reclutamientos. Además el revisor de pares sugiere que los estimados del modelo entregaban indicios de la existencia de una relación stock-reclutas subyacente.

3. Cambio de la ojiva de madurez sexual por aquella estimada por Balbontín *et al.* (2011).

En las últimas evaluaciones de stock de bacalao de profundidad explotado en Chile han hecho uso de una ojiva caracterizada por una edad media de madurez sexual de 12,4 años (Quiroz 2014, Tascheri *et al.* 2015).

En este contexto, parece adecuado emplear la ojiva reportada por Balbontín *et al.* (2011), dado que las muestras fueron tomadas desde la zona comprendida entre los 55°46' S y 68° 32' W hasta los 57° 54' S y 67° 29' W (Tierra del Fuego donde se concentran los principales caladeros donde opera la flota industrial), cubren el ciclo anual desde enero a diciembre de 2010 y un amplio rango de tamaños de esta especie (58 a 225 cm de longitud total) y su estimación es más consistente con otras estimaciones para la misma región y las regiones vecinas.

4. Uso de los estimados de pesos medios por edades determinados por la sección de edad y crecimiento del IFOP (Gálvez *et al.* 2013).

Diferencias en los pesos medios determinados para el período con lectura de edades en escamas con aquello estimados para el período con lectura de edades en otolitos, diferencias de estos pesos con los pesos medios utilizados en la evaluación del año 2013 (Quiroz 2014) y con el vector de pesos medios de las capturas por edades del Atlántico (Martínez y Wöhler 2013), determinaron el uso de un solo vector de pesos por edades para todas las pesquerías en la evaluación de año 2014. Este vector de pesos no era consistente con todos los datos de composición incluidos en el modelo ni con la ojiva de madurez empleada.

En esta evaluación se hace uso sólo de los pesos medios estimados para el período de lectura de edades en otolitos.



5. Inclusión del cambio de palangre español a cachalotera en el índice de abundancia relativa estimado con datos de la pesca de palangre de Argentina.

El cambio desde el palangre español a la cachalotera como principal método de pesca introduce cambios en la capturabilidad que son necesarios de incluir en el modelo. En la evaluación del año 2014 esto sólo fue considerado para la captura industrial chilena y no para la pesca de palangre Argentina, en circunstancia que este cambio en el aparejo de pesca también se ha observado en el Atlántico.

6. Modelación de la selectividad con una relación no paramétrica suavizada, lo que permite que la selectividad adopte cualquier forma.

De acuerdo con el informe de revisión de pares existe soporte teórico para evaluar selectividades con forma de domo en algunas de las pesquerías incluidas en esta evaluación.

La consideración de selectividad en forma de domo tiene importantes implicancias para el estatus al permitir el escape de los individuos más viejos.

Las diferentes composiciones de edad de las capturas artesanales e industriales de Chile proponen ciertas dificultades en el ajuste del modelo que son mejor abordadas con una modelación más flexible de la selectividad.

7. Cambio en la plataforma usada para implementar el modelo desde el código AD Model Builder implementado en Tascheri *et al.* (2015) por el “Modelo de Evaluación para Alaska” (AMAK).

AMAK es una plataforma probada cuyo código ya ha pasado por varios ciclos evaluación de manera que el riesgo de errores de codificación es mínimo. La naturaleza de los datos disponibles para la evaluación de stock de bacalao de profundidad puede dificultar el proceso de modelación. El uso de un código probado elimina la incerteza que puede surgir durante el proceso de modelación respecto de si la inestabilidad de algunas corridas del modelo se debe a los datos o a errores de codificación. Por otro lado la consistencia de los resultados entre las evaluaciones del año 2014 y 2015 (a pesar de que ambas evaluaciones no son estrictamente comparables). Despeja algunas dudas respecto de la señal de estatus del recurso que entregan los datos disponibles para esta evaluación. Una característica relevante de AMAK es el modo en que implementa la modelación de la selectividad, con una relación no paramétrica suavizada, lo que permite que la selectividad adopte cualquier forma. Esta característica es particularmente útil en el contexto de esta evaluación.

8. Inclusión de la exploración de la incertidumbre del modelo en el informe de estatus.

La incertidumbre asociada con la estructura del modelo, es por lo general de mayor magnitud que la incertidumbre de estimación. Es relevante que estos análisis sean incluidos durante el proceso conducente al Informe de Estatus y no diferirlos para el Documento Técnico Consolidado del proyecto.



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, T., and Iwami, T. 1989. Notes on fishes from the stomachs of whales taken in the Antarctic II. On *Dissostichus* and *Cerati*us, with an appendix (Japanese names of important Antarctic fishes). Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 2, 78–82.
- Abellan, L. J. L. 2005. Patagonian toothfish in international waters of the southwest Indian Ocean (Statistical Area 51). CCAMLR Sci. 12, 207–214.
- Agnew, D., Heaps, L., Jones, C., Watson, A., Berkiet, K., and Pearce, J. 1999. Depth distribution and spawning pattern of *Dissostichus eleginoides* at South Georgia. CCAMLR Sci. 6, 19–36.
- Agnew, D. J. 2004. Fishing South: History and Management of South Georgia Fisheries. The Penna Press, St Albans, 128pp.
- Aguayo, M., y Cid, L. 1991. Recopilación, proceso y análisis de los antecedentes biológico-pesqueros en la pesca exploratoria de bacalao de profundidad realizada por el B/P /Friosur V/. Instituto Fomento Pesquero, Chile. Informe Interno, 63 pp.
- Aguayo, M., I. Paya, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales “Peces” zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP. 83 p.
- Aguayo, M. 1992. Preliminary analysis of growth of *Dissostichus eleginoides* from the Austral zone of Chile and South Georgia. CCAMLR Document WG-FSA 92/30: 1-8.
- Andrews, A. H., Brooks, C. M., Ashford, J. R., Krusic-Golub, K., Duhamel, G., Belchier, M., Lundstrom, C., and Cailliet, G. M. 2011. Lead-radium dating of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) reveals spatial variation in ageing bias on the Kerguelen Plateau. Mar. Freshw. Res. 62: 781-789.
- 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.
- Appleyard, S. A., Williams, R., and Ward, R. D. 2004. Population genetic structure of Patagonian toothfish in the West Indian Ocean sector of the Southern Ocean. CCAMLR Sci. 11, 21–32.
- Arana P, M Arredondo y V Venturini. 1994. Pesca del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*), efectuada por la flota chilena en torno a la isla Georgia del Sur (1991/1992). Investigaciones Marinas, Valparaíso 22:67-84.



- 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.
- Arana, P. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) off southern Chile. Latin Am. J. Aqua. Res. 37, 381–394.
- Ashford, J. R., Rubilar, P. S., and Martin, A. R. 1996. Interactions between cetaceans and longline fishery operations around South Georgia. Mar. Mamm. Sci. 12, 452–457.
- 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 eleginoides* from South Georgia. CCAMLR Sci. 8, 75–92.
- Ashford, J. R., Jones, C. M., Hofmann, E., Everson, I., Moreno, C., Duhamel, G., and Williams, R. 2005a. Can otolith elemental signatures record the capture site of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*), a fully marine fish in the Southern Ocean? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62, 2832–2840.
- Ashford, J.R., and Jones, C.M. 2007. Oxygen and carbon stable isotopes in otoliths record spatial isolation of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). Geochim. Cosmochim. Acta, 71: 87–94.
- Ashford, J. R., Jones, C. M., Hofmann, E., Everson, I., Moreno, C., Duhamel, G., and Williams, R. 2008. Otolith chemistry indicates population structuring by the Antarctic Circumpolar Current. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 135–146.
- Arkhipkin, A., Brickle, P., and Laptikhovsky, V. 2003. Variation in the diet of the Patagonian toothfish with size, depth and season around the Falkland Islands. J. Fish Biol. 63, 428–441.
- Balbontín, F., P. Troncoso y E. López. Análisis de la condición reproductiva del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* de la zona austral de Chile, entre enero y diciembre de 2011. En: Rubilar, P. y A. Zuleta. 2011. Pesca de Investigación bacalao 2010. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 81 p.
- Baranov FI. 1918. K voprosu o biologicheskikh osnovaniyakh rybnogo khozyaistva. [On the question of the biological basis of fisheries.] Nauchn. Issled. Ikhtologicheskii Inst. Izv. 1: 81-128.
- Barbeaux, S., J. Ianelli, and W. Palsson. 2013. Assessment of the pollock stock in the Aleutian Islands. NPFMC Bering Sea and Aleutian Islands SAFE. Chapter 1A. 76 p.



- Barrera-Oro, E. R., Casaux, R. J., and Marschoff, E. R. 2005. Dietary composition of juvenile *Dissostichus eleginoides* (Pisces, Nototheniidae) around Shag Rocks and South Georgia, Antarctica. *Polar Biol.* 28, 637–641.
- Belchier, M. 2004. The age structure and growth rate of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) at South Georgia. CCAMLR WG-FSA 04/86.
- Belchier, M., and Collins, M. A. 2008. Recruitment and body size in relation to temperature in juvenile Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) at South Georgia. *Mar. Biol.* 155, 493–503.
- Beverton RJH, Holt SJ. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. U.K. Ser. II* 1957; 19: 1–533.
- Booth, A.J. & T.J. Quinn II. 2006. Maximum likelihood and Bayesian approaches to stock assessment when data are questionable. *Fish. Res.*, 80: 169-181.
- 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 eleginoides*) resource in the Prince Edward Islands EEZ. CCAMLR Sci. 9, 11–32.
- 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 eleginoides*) resource in the Prince Edward Islands EEZ. CCAMLR Sci. 9, 11–32.
- Brickle, P., MacKenzie, K., and Pike, A. 2005. Parasites of the Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898, in different parts of the sub-Antarctic. *Polar Biol.* 28, 663–671.
- Brickle, P., MacKenzie, K., and Pike, A. 2006. Variations in the parasite fauna of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898), with length, season, and depth of habitat around the Falkland Islands. *J. Parasitol.* 92, 282–291.
- Bull, B., Francis, R. I. C. C., Dunn, A., McKenzie, A., Gilbert, D. J., and Smith, M. W. 2005. CASAL User Manual v2.07-2005/07/06 NIWA.
- Canales, C., I. Payá y R. Tascheri. 2015. Informe técnico extraordinario. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016: Bacalao de profundidad, 2016. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. 33 p.



- Candy, S. 2004. Modelling catch and effort data using generalised linear models, the tweedie distribution, random vessel effects and random stratum-by-year effects. CCAMLR Science.11: 59–80.
- Candy, S. G., and Constable, A. 2008. An integrated stock assessment for the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) for the Heard and Macdonald Islands using CASAL. CCAMLR Sci. 15, 1–34.
- Candy, S. G. and D.C. Welsford, T. Lamb, J.J. Verdouw and J.J. Hutchins. 2011. Estimation of Natural Mortality for the Patagonian Toothfish at Heard and McDonald Islands Using Catch-at-age and Aged Mark-recapture Data from the Main Trawl Ground. CCAMLR Science, Vol. 18: 29–45.
- Cassia M. C. 1998. Comparison of age readings from scales and otoliths of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) from South Georgia. CCAMLR Science 5: 191-203.
- Catard, A., Weimerskirch, H., and Cherel, Y. 2000. Exploitation of distant Antarctic waters and close shelf-break waters by white-chinned petrels rearing chicks. Mar. Ecol. Prog. Ser. 194, 249–261.
- CCAMLR 1987. Scientific Committee Report, Hobart.
- CCAMLR. 1995. Informe de la Decimocuarta Reunión del Comité Científico. Informes del Comité Científico SC- CAMLR-XIV: 1-500.
- CCAMLR 2009. Scientific Committee Report, Annex 5: Report of the Working Group on Fish Stock Assessment, Hobart, 133pp.
- Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Miranda, K. Hunt y M. Miranda. 2008. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2007. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 202 p. (+ anexos).
- Cherel, Y., Weimerskirch, H., and Trouve, C. 2000. Food and feeding ecology of the neritic-slope forager black-browed albatross and its relationships with commercial fisheries in Kerguelen waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. 207, 183–199.
- Cherel, Y., Weimerskirch, H., and Trouve, C. 2002. Dietary evidence for spatial foraging segregation in sympatric albatrosses (*Diomedea* spp.) rearing chicks at Iles Nuageuses, Kerguelen. Mar. Biol. 141, 1117–1129.



- Chikov, V. N., and Melnikov, Y. S. 1990. On the question of fecundity of the Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides*, in the region of the Kerguelen Islands. *Voprosy ikhtiologii* 30, 864–866.
- Collins, M. A., Ross, K. A., Belchier, M., and Reid, K. 2007. Distribution and diet of juvenile Patagonian toothfish on the South Georgia and Shag Rocks shelves (Southern Ocean). *Mar. Biol.* 152, 135–147.
- Collins, M. A., P. Brickle, J. Brown and M. Belchier. 2010. The Patagonian Toothfish: Biology, Ecology and Fishery. In: M Lesser (Ed.) *Advances in Marine Biology*, Volume 58, pp. 229–289. Academic Press.
- Constable, A.J., Williams, R., Tuck, G.N., Lamb, T., Morrison, S. 2001. Biology and growth of toothfish. In: He, X., Furlani, D. (Eds.), *Ecologically sustainable development of the fishery for Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) around Macquarie Island: population parameters, population assessment and ecological interactions*. FRDC Report 97/122, pp 87-103.
- Cubillos, L y M. Araya. 2007. Estimaciones empíricas de mortalidad natural en el bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 287 – 297.
- Cubillos, L., C. Castillo-Jordan, E. Niklitschek, P. Toledo, R. León y S. Oyarzún. Origen natal de contingentes (conectividad), interacción y nivel trófico y aspectos reproductivos de bacalao de profundidad, año 2010. Informe Final. 51 p. En: Rubilar, P. y A. Zuleta. 2011. Pesca de Investigación bacalao 2010. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 81 p.
- Day J, Wayte S, Haddon M and Hillary R. 2014. Stock Assessment of the Macquarie Island fishery for Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) using data up to and including August 2013. Report to SARAG 48, 1 April 2014. CSIRO, Australia.
- De Witt, M. M. 1962. On the probable identity of *Macrias amissus* a deepwater nototheniod fish from the chilean coast. *Copeia* 1962 (3) : 657-659.
- Des Clers, S., Nolan, C. P., Baranowski, R., and Pompert, J. 1996. Preliminary stock assessment of the Patagonian toothfish longline fishery around the Falkland Islands. *J. Fish Biol.* 49, 145–156.
- Duhamel, G. 1991. Biology and harvesting of *Dissostichus eleginoides* around Kerguelen Islands (Division 58.5.1). CCAMLR WG-FSA 91/7.



- Dunn A., Hanchet S.M. 2007. Assessment models for Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) in the Ross Sea including data from the 2006/07 season. CCAMLR WGFS 07/37.
- Eastman, J. T. 1990. The biology and physiological ecology of notothenioid fishes. In "Fishes of the Southern Ocean" (O. Gon and P. C. Heemstra, Eds), pp. 34–51. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown.
- Eastman, J. T., and Sidell, B. D. 2002. Measurements of buoyancy for some Antarctic notothenioid fishes from the South Shetland Islands. Polar Biol. 25, 753–760.
- Effremenko, V. N. 1979. The larvae of six species of the family Nototheniidae from the Scotia Sea. J. Ichthyol. 19, 95–104.
- Effremenko, V. N. 1984. Larvae of the family Nototheniidae from the Scotia Sea. J. Ichthyol. 24, 34–43.
- Everson, I., and Murray, A. W. A. 1999. Size at sexual maturity of Patagonian toothfish. CCAMLR Sci. 6, 37–46.
- Evseenko, S. A., Kock, K. H., and Nevinsky, M. M. 1995. Early life history of the Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898 in the Atlantic Sector of the Southern Ocean. Antarct. Sci. 7, 221–226.
- Farrell, A. P., and Steffensen, J. F. 2005. The Physiology of Polar Fishes. Elsevier Academic Press, San Diego, 408 pp.
- Fournier, D.A., H.J. Skaug, J. Ancheta, J. Ianelli, A. Magnusson, M.N. Maunder, A. Nielsen, and J. Sibert. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. Optim. Methods Softw. 27:233-249.
- Gálvez, P., R. Céspedes, L. Chong, R. San Juan, V. Ojeda, R. Meléndez, R. Cortés, B. Molina, S. López, R. Bravo, L. Muñoz, L. Adasme y J. González. 2014. Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013. Proyecto 1.9: Programa de Seguimiento de las Pesquerías. Demersales y Aguas Profundas, 2013: Sección VI: Recursos de Aguas Profundas, 2013. Informe Final. IFOP-SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO. 97 p.
- Galleguillos, R., S. Ferrada, C. Hernández, C. Canales-Aguirre, G. Aedo, M. San Martín, S. Astete. 2008. Unidades poblacionales del bacalao de profundidad. Informe final FIP 2006-41: 165 pp.
- Gasiukov P., Dorovskikh R. 2000. Results of *D. eleginoides* stock assessment for Subarea 48. using a dynamic age-structured production model. CCAMLR WG-FSA 00/46.



- Goetz, S., Laporta, M., Martínez Portela, J., Santos, M. B., and Pierce, G. J. 2011. Experimental fishing with an “umbrella-and-stones” system to reduce interactions of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) and seabirds with bottom-set longlines for Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) in the Southwest Atlantic. – ICES Journal of Marine Science, 68: 228–238.
- Goldsworthy, S. D., He, X., Tuck, G. N., Lewis, M., and Williams, R. 2001. Trophic interactions between the Patagonian toothfish, its fishery, and seals and seabirds around Macquarie Island. Mar. Ecol. Prog. Ser. 218, 283–302.
- Guerrero, A., and Arana, P. 2009. Fishing yields and size structures of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) caught with pots and longlines off far southern Chile. Latin Am. J. Aqua. Res. 37, 361–370.
- Hanchet, S. M., Stevensen, M. L., Phillips, N. L., and Horn, P. L. 2004. A characterization of the toothfish fishery in sub-areas 88.1 and 88.2 from 1997/98 to 2003/04. CCAMLR WG-FSA 04/20.
- Harley, S. and M. Maunder. 2003. Recommended diagnostics for large statistical stock assessment models. Inter-American Tropical Tuna Commission. SCTB16 Working Paper. MWG-3. 34 p.
- Horn, P. L. 2002. Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) 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.
- Kalish J.M., and Timmiss T.A. (1998). Determination of Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* age, growth and population characteristics based on otoliths. CCAMLR WGFS 98/40.
- Kellermann, A. 1989. Catalogue of early life stages of Antarctic notothenioid fish. In “Identification Key and Catalogue of Larval Antarctic Fishes” (A. Kellermann, ed.), BIOMASS Scientific Series. pp. 45–136.
- Kock, K. H., and Kellermann, A. 1991. Reproduction in Antarctic notothenioid fish. Antarct. Sci. 3, 125–150.
- Kock, K. H., Purves, M. G., and Duhamel, G. 2006. Interactions between cetacean and fisheries in the Southern Ocean. Polar Biol. 29, 379–388.



- Laptikhovsky, V., and Brickle, P. 2005. The Patagonian toothfish fishery in Falkland Islands waters. *Fish. Res.* 74, 11–23.
- Laptikhovsky, V., Arkhipkin, A., and Brickle, P. 2006. Distribution and reproduction of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* Smitt around the Falkland Islands. *J. Fish Biol.* 68, 849–861.
- López, S., R. Meléndez y B. Molina. 2014. Análisis estomacal principales ítems alimentarios del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) en aguas del sur austral de Chile (2013). Informe de Avance (bajo Subcontrato con IFOP), Universidad Andrés Bello, Laboratorio de Biología Marina, junio de 2014, 10 p.
- Lord, C., Duhamel, G., and Pruvost, P. 2006. The patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) fishery in the Kerguelen Islands (Indian Ocean sector of the Southern Ocean). *CCAMLR Sci.* 13, 1–25.
- Mace, P.M. and Doonan, I.J. (1988) A generalised bioeconomic simulation model for fish population dynamics. New Zealand Fishery Assessment Research Document 88/4. Fisheries Research Centre, MAFFish, POB 297, Wellington, NZ.
- Mangel, M., Brodziak, J., and DiNardo, G. 2010. Reproductive ecology and scientific inference of steepness: a fundamental metric of population dynamics and strategic fisheries management. *Fish Fish.* 11: 89–104.
- Mangel, M. A. MacCall, J. Brodziak, E.J. Dick, R. Forrest, R. Pourzand, S. Ralston, K. 2013. A perspective on steepness, reference points, and stock assessment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 70(6): 930-940.
- Martínez, P. A., y O. C. Wöhler. 2005. La pesquería argentina de merluza negra durante el año 2004. Informe Interno INIDEP N° 01/05: 18 pp.
- Martínez, P. A., y O. C. Wöhler. 2006. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero durante el período 1986-2005 de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe Interno INIDEP N° 30/06: 30 pp.
- Martínez, P. y Wöhler, O. 2013. Estimación de la abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sur Occidental. Período 1986-2012. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2014. Informe Técnico. INIDEP. 26 pp.
- Martínez, P., D. Hernández y O. Wöhler. 2011. Análisis de los índices de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivados de la información de los observadores y de la estadística oficial. Informe de Investigación. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 12 p.



- Martínez, P. y Wöhler, O. 2013. Estimación de la abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sur Occidental. Período 1986-2012. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2014. Informe Técnico. INIDEP. 26 pp.
- 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.
- Methot, R. 2009. Stock Assessment: Operational Models in Support of Fisheries Management. In: The Future of Fisheries Science in North America Fish & Fisheries Series, 2009, Volume 31, 137-165.
- Methot, R. D. y C. R. Wetzel 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research. 86-99.
- Moreno, C. 1991. Hook selectivity in the longline fishery of *Dissostichus eleginoides* (*Notothenidae*) off the Chilean coast. CCAMLR Sel. Sci. Pap. 8, 107–119.
- Moreno CA and PS Rubilar. 1992. Notas sobre la mortalidad de *Dissostichus eleginoides* de la subárea 48.3. CCAMLR Selected Scientific Papers 9: 21-30.
- Moreno C. 1998. Do the males of *Dissostichus eleginoides* grow faster, or only mature before females? CCAMLR WG-FSA 98/17.
- Moreno, C. A., Rubilar, P. S., and Zuleta, A. 1997. Ficha técnica del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898. CCAMLR WG-FSA 97/42.
- Moreno, C., J. Arata, P. Rubilar, R. Hucke-Gaete and G. Robertson. 2006. Artisanal longline in Southern Chile: Lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. Biological conservation. 127:27-36.
- 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.
- Nakamura, I. (Ed.). 1986. Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokio. 369 p.
- Near, T. J., Russo, S. E., Jones, C. D., and Devries, A. L. 2003. Ontogenetic shift in buoyancy and habitat in the Antarctic toothfish, *Dissostichus mawsoni* (Perciformes: Nototheniidae). Polar Biol. 26, 124–128.



- Nel, D. C., P. G. Ryan, J. L. Nel, N. T. W. Klages, R. P. Wilson, G. Robertson and G. N. Tuck. 2002. Foraging interactions between wandering albatrosses *Diomedea exulans* breeding on Marion Island and long-line fisheries in the southern Indian ocean. *Ibis*. 144:141-154.
- Nevinsky, M. M., and Kozlov, A. N. 2002. The fecundity of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* around South Georgia Island (South Atlantic). *J. Ichthyol.* 42, 571–573.
- Nevinsky, M. M., and Kozlov, A. N. 2002. The fecundity of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* around South Georgia Island (South Atlantic). *J. Ichthyol.* 42, 571–573.
- 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.
- North, A. W., and White, M. G. 1982. Key to postlarvae from the Scotia Sea, Antarctica. *Cybiu* 6, 13–32.
- North, A. W. 2002. Larval and juvenile distribution and growth of Patagonian toothfish around South Georgia. *Antarct. Sci.* 14, 25–31.
- Oliva, M. E., Fernandez, I., Oyarzún, C., and Murillo, C. 2008. Metazoan parasites of the stomach of *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898 (Pisces: *Notothenidae*) from southern Chile: A tool for stock discrimination? *Fish. Res.* 91, 119–122.
- Oyarzún, C. y Campos, P. W. 1987. *Dissostichus eleginoides* Smith 1898: Consideraciones sobre su determinación taxonómica e implicancias biogeográficas (Pisces, *Perciformes*, *Nototheniidae*). *Revista de Biología Marina*. 23(2): 173-192.
- Oyarzún, C., Campos, P. W., and Valeria, H. R. 1988. Adaptaciones para la flotabilidad en *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898 (Pisces, *Perciformes*, *Nototheniidae*). *Investigaciones Pesqueras* 52, 455–466.
- Oyarzún, C., S. Gacitúa M. Araya, L. Cubillos, R. Galleguillos, C. Pino, G. Aedo, M. Salamanca, M. Pedraza y J. Lamilla. 2003a. Monitoreo de la pesquería artesanal de bacalao de profundidad entre la VIII y XI Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 2001-16. 222 pp.
- Oyarzún, C., Gacitúa, S., Araya, M., Cubillos, L., Salamanca, M., Pino, C., Galleguillos, R., Aedo, G., and Lamilla, J. 2003 b. Asignación de edades y crecimiento de bacalao de profundidad. Informe Final, Proyecto FIP 2001-17. 130 pp.



- Pájaro, M., G. Macchi, P. Martínez, O. Wöhler. 2005. Detección de un área de puesta de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) sobre la base del análisis histológico. INIDEP. Informe Técnico N° 87/05. 9 pp.
- Pájaro, M., G. Macchi, P. Martínez, O. Wöhler. 2009. Características reproductivas de dos agregaciones de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del atlántico sudoccidental. Informe de Investigación. INIDEP. 16 pp.
- Pavéz P., E. Yañez, N. Salas, W. Tarky, P. Rojas & H. Flores, 1983. Estudio del bacalao de profundidad *Dissostichus amisus* como recurso pesquero en la región de Valparaíso (33°S-72°W); Evaluación biológica, tecnológica y económica. Inf. Final Secret. Reg. de Plan. y Coord. De la región de Valparaíso. Estudios y documentos Universidad Católica de Valparaíso 1/183: 1-160.
- Payá, I., and Brickle, P. 2008. Stock Assessment and Total Allowable Catch of Toothfish (*Dissostichus eleginoides*). Falkland Islands Government Fisheries Department Scientific Report.
- Payne, A. G., Agnew, D. J., and Brandao, A. 2005. Preliminary assessment of the Falklands Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) population: Use of recruitment indices and the estimation of unreported catches. Fish. Res. 76, 344–358.
- Peacock, J.A. 1983. Two-dimensional goodness-of-fit testing in astronomy. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 202: 615-627.
- Phillips, R. A., Ridley, C., Reid, K., Pugh, P. J. A., Tuck, G. N., and Harrison, N. 2010. Ingestion of fishing gear and entanglements of seabirds: Monitoring and implications for management. Biol. Cons. 143, 501–512.
- Polacheck, T. 2015. Review Report on the 2014 Stock Assessment of the Chilean Sea Bass (Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides*). 64 p. In: Ernst, B., C. Parada, J. Porovic, N. Mermoud y M. Rubio. Programa anual de revisión experta a la asesoría científica de las principales pesquerías nacionales, año 2013: bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) y camarón nailon (*Heterocarpus reedii*). Proyecto N° 2013-90-DAP-23. 54 p.
- Poncet, S., G. robertson, R. A. Philips, K. Lawton, B. Phalan, P. N. Trathan and J. P. Croxall. 2006. Status and distribution of wandering albatros, black-browed and grey-headed albatrosses breeding at South Georgia. Polar Biol. 29: 772-781.
- Prenski, L. B., and Almeyda, S. M. 2000. Some biological aspects relevant to patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) exploitation in the argentine exclusive economic zone and adjacent ocean sector. Frente Marítimo 18, 103–124.



- Punt, A. y D. Kinzey. 2009. Report of the Alaska Crab Stock Assessment Workshop. Crab Plan Team. North Pacific Fishery Management Council. 43 p.
- Pulliam, H.R., 1988. Sources, sinks and population dynamics. *Am. Naturalist* 132, 652–66.
- Purves, M. G., Agnew, D. J., Balguerias, E., Moreno, C. A., and Watkins, B. 2004. Killer whale (*Orcinus orca*) and sperm whale (*Physeter macrocephalus*) interactions with longline vessels in the Patagonian toothfish fishery at South Georgia, South Atlantic. *CCAMLR Sci.* 11, 111–126.
- Quiroz, Q. 2014. Informe consolidado Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014. Proyecto 2.7: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en bacalao de profundidad, año 2014: Bacalao de profundidad, 2014. Instituto de Fomento Pesquero – Subsecretaría de Economía y EMT. 71p + Anexos.
- Reid, K., and Arnould, J. P. Y. 1996. The diet of Antarctic fur seals *Arctocephalus gazella* during the breeding season at South Georgia. *Polar Biol.* 16, 105–114.
- Reid, K., and Nevitt, G. A. 1998. Observation of southern elephant seal, *Mirounga leonina*, feeding at sea near South Georgia. *Mar. Mamm. Sci.* 14, 637–640.
- Restrepo V. and C. Legault. 1998. A Stochastic Implementation of an Age-Structured Production Model (ASPM). *Fishery Stock Assessment Models*. Alaska Sea Grant College Program • AK-SG-98-01, 1998. University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, Florida: 435-450.
- Reyes, P. R., J. P. Torres y E. M. Reyes. 2009. Peces abisales del extremo austral de América del sur (52°S-57°S) componentes de la fauna acompañante de la pesquería de palangre del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(1): 59-65.
- Roberts, J., and Agnew, D. A. 2008. Proposal for an extension to the mark recapture experiment to estimate toothfish population size in Subarea 48.4. *CCAMLR WG-FSA* 08/46.
- Rogers, A. D., Morley, S., Fitzcharles, E., Jarvis, K., and Belchier, M. 2006. Genetic structure of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) populations on the Patagonian Shelf and Atlantic and western Indian Ocean Sectors of the Southern Ocean. *Mar. Biol.* 149, 915–924.
- Rubilar, P., C. Moreno & A. Zuleta. 1999. Edad y crecimiento de *Dissostichus eleginoides* (Pisces: *Notheniidae*) en la costa centro-sur de Chile (38°19' a 43°). *Rev. Chilena de Hist. Nat.* 72: 285- 296.



- Rubilar, P., A. Zuleta, F. Balbontín y P. Troncoso. 2010. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Pesca de Investigación Bacalao 2009. Informe Primera Etapa. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 47 p.
- Rubilar, P., A. Zuleta y C. Moreno. 2014. Monitoreo pesquería - dependiente y marcaje del bacalao de profundidad en Chile. Pesca de Investigación Bacalao 2013. Informe final. CEPES. S.A. 67 p.
- Salas, R. A., H. Robotham, G. Lizama. 1987. Investigación del bacalao. VIII Región. Informe Intendencia Región del Bio Bio. Secretaría Regional de Planificación y Coordinación de la Región del Bio Bio. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Técnico. 107 p.
- Shust RR, PS Gasiukov, RS Dorovkikh & BA Kenzhin. 1990. The state of *Dissostichus eleginoides*. Stock and TAC for 1990/91 in Subarea 48.3 (South Georgia). CCAMLR WG-FSA-90/34: 1-27.
- 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.
- Sinclair, A., Gascon, D., O'Boyle, R., Rivard, D., and Gavaris, S. 1991. Consistency of some northwest Atlantic ground fish stock assessments. NAFO Scientific Council Studies, 16: 59 -77.
- Tascheri, R., C. Canales, R. Céspedes y L. Chong. 2015. DOCUMENTO TÉCNICO N°2. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Bacalao de profundidad, 2015. Subsecretaría de Economía y EMT - IFOP. 141 p.
- Tilney, R. and M.G. Purves. 1999. The status of inte- grated fisheries monitoring in South Africa. In: Nolan, C.P. (Ed.). Proceedings of the International Conference on Integrated Fisheries Monitoring, Sydney, Australia, 1–5 February 1999. FAO, Rome: 378 pp.
- Wöhler, O. C. y Martínez, P.A. y Hansen, J.E. 2004. Estimación de la abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental mediante la aplicación de un modelo de producción de biomasa estructurado por edades. Informe Interno INIDEP 13/04: 25pp.
- Wöhler, O. C. y Martínez, P.A. 2005. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental periodo 1986-2004. Informe Interno INIDEP 15/05: 32pp.



- Wöhler, O. C. 2013. La Pesquería de Merluza Negra en el Atlántico Sudoccidental. Aspectos de su evolución histórica y el esquema de manejo actual. Presentación entregada en el Taller de trabajo Científico Chileno-Argentino "Estructura Espacial del Stock Sudamericano de Bacalao (*Dissostichus eleginoides*), Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Campus Isla Teja, Valdivia 24-26 Septiembre de 2013, Chile.
- Yáñez E and L Pizarro. 1984. Análisis del rendimiento por recluta del bacalao de profundidad (*Dissostichus amusus*, Gill and Townsend, 1901) en la región de Valparaíso (33°S - 72°W). Investigaciones Marinas, Valparaíso 12: 87-92.
- Young Z., R. Bustos, M. Aguayo, R. Gili, C. Vera, J. Sateler, L. Cid y A. Muñoz. 1987. Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales (Peces) Zona Centro – Sur. I. Estado de situación del recurso. CORFO-IFOP
- Young Z., Zuleta A., Robotham H., Aguayo M., and Cid L. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47° y 57° S. Informe Técnico IFOP-SUBPESCA, 1-63.
- Young, Z., Gili, R., and Cid, L. 1995. Prospección de bacalao de profundidad entre las latitudes 43° y 47° S. Informe Técnico IFOP, 1-47.
- Young, Z., H. González & P. Gálvez. 1997. Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca en la pesquería de Bacalao de Profundidad en la zona Centro-Sur. Informes Técnicos FIP, FIP-IT/96-32, 63 p. + anexos.
- Young, Z., J. Oliva, A. Olivares y E. Díaz. 1999. Aspectos reproductivos del recurso bacalao de profundidad en la I a X Regiones. Informe Final Proyecto FIP 97- 16: 51 pp.
- Zacharov GP and ZA Frolkina. 1976. Some data on distribution and biology of the patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides* Smitt) occurring in the Southwest Atlantic (in Russian). Trudy AtlantNIRO 65: 143-150.
- Zhivov, V. V., and Krivoruchko, V. M. 1990. On the biology of the Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides*, of the Antarctic part of the Atlantic. J. Ichthyol. 30, 142–146.
- Zuleta A and CA Moreno. 1992. Catch at age analysis applied to new fisheries: the case of *Dissostichus eleginoides*. CCAMLR Selected Scientific Papers. SC-CAMLR - SSP/9: 3-9.
- Ziegler P., D. Dirk Welsford, Bill de la Mare and Paul Burch, 2014. An Integrated Stock Assessment for the Heard Island and the McDonald Islands Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) fishery (Division 58.5.2). WG-FSA-14/34, Australian Antarctic Division of Environment, 203 Channel Highway, Kingston, Tasmania 7050, Australia: 53 p.

A N E X O S

A N E X O 1

Estimación de los índices de abundancia relativa.



Análisis de estandarización del esfuerzo de la pesca de bacalao de profundidad Chilena realizada con cachalotera al sur de la latitud 47°S.

Renzo Tascheri

1. Introducción

En el año 2006 se introdujo la “cachalotera” en la pesquería chilena de bacalao de profundidad (Moreno *et al* 2008, Rubilar *et al.* 2010). En este aparejo se elimina la línea madre, característica del palangre español y los anzuelos son puestos en las líneas secundarias que llevan peso. En cada línea secundaria (barandillo) se instala un cono de red, el que cubre a los peces capturados durante la operación de virado. Aunque no es completamente efectivo, este dispositivo contribuye a reducir la depredación por mamíferos marinos que tiene lugar principalmente durante la recuperación del aparejo (Moreno *et al.* 2008, Goetz *et al.* 2011).

La introducción de este método de pesca insertó una discontinuidad en la serie de abundancia relativa, porque las variables operacionales que mejor describen el esfuerzo (mortalidad por pesca) en cada caso, no son estrictamente comparables (Rubilar *et al.*, 2013) y porque la capturabilidad también de cada aparejo es también diferente (Rubilar *et al.* 2010, Goetz *et al.*, 2011).

De este modo, se hace necesario dar cuenta del efecto del aparejo de pesca en el procedimiento de estandarización del esfuerzo si es que la captura por unidad de esfuerzo va a ser interpretada como un índice de abundancia relativa.

2. Metodología

Los datos utilizados abarcaron los años 2007 a 2014. Los datos correspondientes a los años 2007 a 2013, fueron obtenidos desde la base de datos AOBAC, una sistematización de los datos recopilados por los observadores científicos del Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.) y/o provistos por los oficiales de los barcos de pesca.

En esta base de datos el año 2006 está pobremente representado en términos del número de registros, los que se reducen aún más si estos se restringen exclusivamente a los datos de cachalotera. Por esta razón, ese año fue excluido de este análisis.

Los datos correspondientes al año 2014 fueron obtenidos del proyecto de seguimiento que conduce el IFOP (Gálvez *et al.* 2015), dado que las variables operacionales específicas de la cachalotera se están registrando en este programa a partir de ese año.



La validación de los datos y su asignación a los caladeros, siguió procedimiento descrito en Tascheri *et al.* (2015). El filtro más general consistió considerar sólo las operaciones de pesca realizadas a una profundidad media mayor a 500 m y menor a 3.000 m y con un registro de horas de reposo inferior a 30 h.

La consideración del número de datos aportado por cada barco registrado y la distribución de los datos a través de los años y caladeros, condujo a retener un total de seis barcos para el análisis de estandarización (**Tablas 1 a 3**).

Tabla 1.

Distribución de los registros de esfuerzo y captura en la pesca industrial con el uso de cachalotera.

Caladero	Año							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	42	30	166	56	30	47	206	105
2	27	62	111	28	67	48	123	49
3	73	97	306	134	125	78	163	76
4	37	72	166	83	130	68	160	72
5	18	102	83	78	112	89	256	111
6	63	92	118	91	151	220	259	189
7	10	129	103	102	123	308	1054	360

Tabla 2.

Número de registros en la base de datos de bitácoras de la pesca industrial con cachalotera tabulados por barco y año. Los barcos en negrita fueron excluidos del análisis de estandarización.

Barco	Año							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
400065	0	0	0	0	0	10	2	30
400074	0	0	58	143	55	188	363	0
400075	0	0	58	0	55	193	354	272
400099	0	0	0	0	0	0	160	166
940239	193	336	504	295	198	0	335	367
940391	77	249	289	101	260	253	320	106
941096	0	0	0	5	0	0	0	0
941225	0	0	0	0	0	0	150	0
941612	0	0	144	28	171	165	330	22
942434	0	0	0	0	0	49	207	0



Tabla 3.

Distribución de los registros de pesca industrial con cachalotera a través de los barcos y caladeros.
Los barcos en negrita fueron excluidos del análisis de estandarización.

Barco	Caladero						
	1	2	3	4	5	6	7
400065	0	0	0	0	0	0	42
400074	7	1	25	35	114	210	415
400075	13	3	23	70	62	213	548
400099	12	6	14	28	48	12	206
940239	401	207	423	314	248	278	356
940391	199	281	397	212	196	233	135
941096	0	0	4	0	1	0	0
941225	2	1	18	12	9	8	100
941612	48	16	148	117	171	229	131
942434	0	0	0	0	0	0	256

En las Figuras 1 y 2 se presentan mapas de las tasas de captura nominales anuales calculadas sobre los datos ya filtrados.

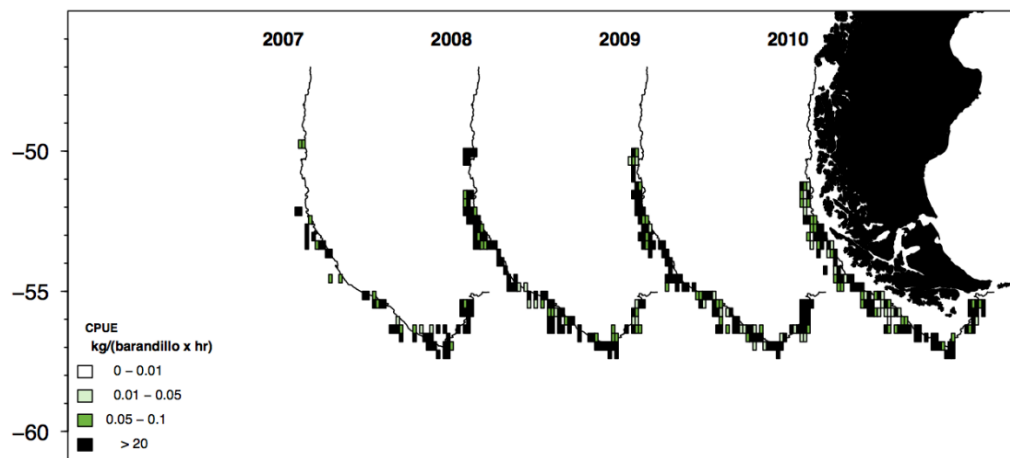


Figura 1. Tasas de captura nominales de bacalao de profundidad capturado con cachalotera acumuladas por año y en cuadrantes de 0,2 x 0,3 grados. Pesquería industrial. Años 2007 a 2010.

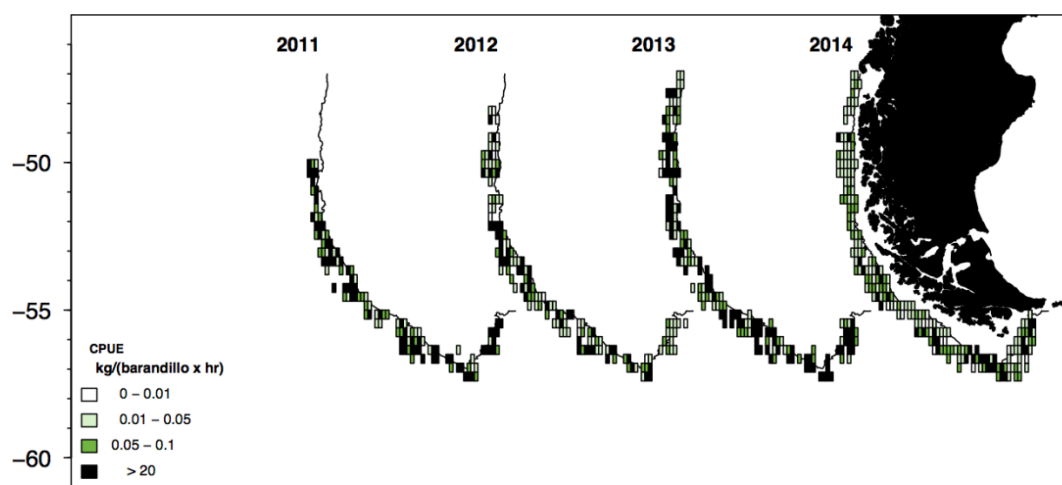


Figura 2. Tasas de captura nominales de bacalao de profundidad capturado con cachalotera acumuladas por año y en cuadrantes de 0,2 x 0,3 grados. Pesquería industrial. Años 2011 a 2014.

Se ajustaron dos modelos: un modelo lineal generalizado (*glm*) y un modelo lineal generalizado mixto (*glmm*). El segundo modelo se ajustó, una vez que se identificó en el primer modelo que la interacción año:caladero era significativa (Candy 2004). Entonces se ajustó un modelo *glmm* especificando un efecto aleatorio en donde la interacción estaba *anidada* al interior de los barcos.

En ambos modelos, la variable respuesta correspondió a la captura por unidad de esfuerzo kg/(barandillo hora) transformada mediante logaritmo para estabilizar la varianza. Los efectos fijos además del factor año, incluyeron los factores: mes, barco, caladero y profundidad media:

$$E(\log cpue_{jkqt}) = \mu_{jkmt} = \alpha + \beta_1 Año_{8j} + \beta_2 Barco_{6k} + \beta_3 mes_{12m} + \beta_4 Caladero_{7q}$$

3. Resultados

La varianza de los efectos aleatorios correspondió a 0,095 para el efecto caladero:año:barco y 0,056 para el efecto barco.

El anova de los efectos fijos se entrega en la **Tabla 4** y la serie estandarizada y gráficos de residuales en el **Figura 3**.

La serie estandarizada exhibe una tendencia descendente pero intervalos de confianza amplios consistentes con el modelo estadístico utilizado.



Tabla 4.
Anova del modelo de estandarización de bacalao de profundidad estimado con datos de la pesca industrial con cachalotera.

	G.L.	Suma cuad.	Cuad. Medio	F
Año	7	92.401	13.2002	23.9639
Mes	11	111.469	10.1335	18.3966
Barco	5	2.494	0.4988	0.9055
Caladero	6	19.33	3.2217	5.8487
Prof_media	7	35.274	5.0392	9.1482
Total	35	260.968		

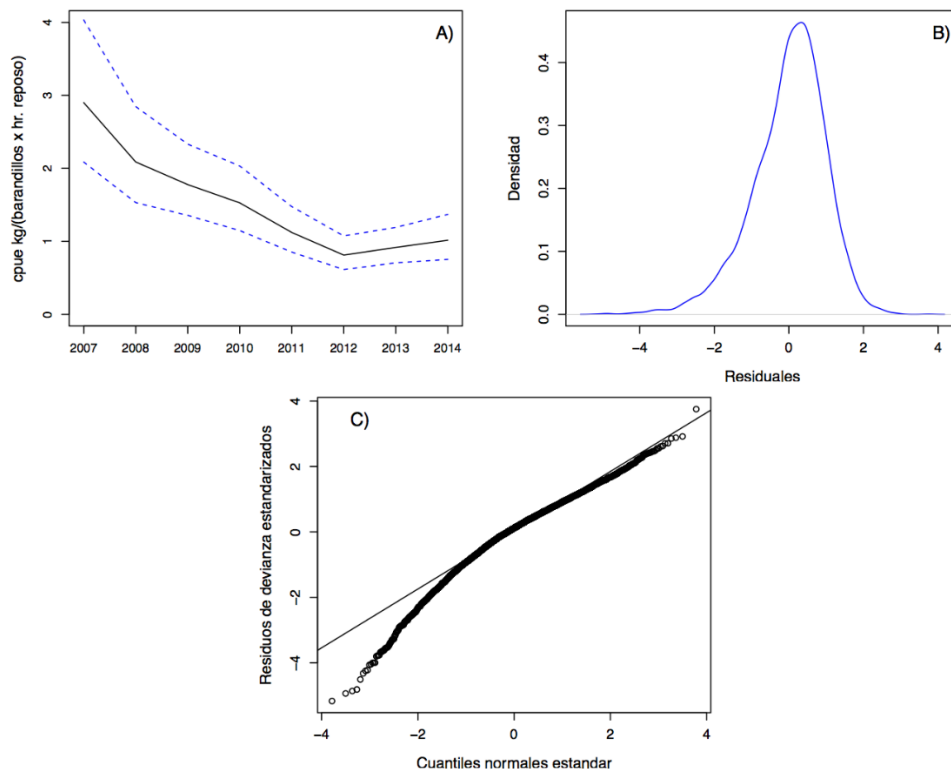


Figura 3. A) serie estandarizada de las tasas de captura anuales obtenidas con cachalotera en la pesca industrial; B) Gráfico de densidad de los residuales; C) QQplot de los cuantiles normales de los residuales.



Análisis de estandarización del esfuerzo de la pesca de bacalao de profundidad Argentina realizada con cachalotera al sur de la latitud 54°S

INIDEP - IFOP

1. Introducción

La pesca de bacalao de profundidad en Argentina se efectúa mediante dos tipos de aparejos de pesca: red de arrastre y palangre de fondo.

A partir del año 2004 se iniciaron las estimaciones de la abundancia total del *stock* de bacalao de profundidad del Atlántico Sudoccidental (Wöhler *et al.* 2004; Wöhler y Martínez, 2005; Martínez y Wöhler, 2005, 2006, 2013) aplicando un modelo de producción de biomasa estructurado por edades (ASPM). Para tal análisis se utilizó como índice de abundancia relativa para la calibración del modelo, a la serie anual de CPUE, expresada como kilogramos de bacalao por operación de pesca realizada por buques palangreros declarados en la estadística pesquera oficial.

La utilización de la CPUE estandarizada de los buques palangreros como índices de abundancia relativa de merluza negra se ha fundamentado en que, desde sus comienzos, la pesca con palangre puede ser considerada como una pesca dirigida efectivamente hacia la especie y en que el área de operación de esa flota se extiende ampliamente, involucrando casi la totalidad del área de distribución del recurso.

Respecto de la información derivada de la flota que opera con red de arrastre de fondo, presenta ciertas particularidades que dificultan su utilización como índice de abundancia. Una de ellas, y quizás la más importante, es la concentración del esfuerzo pesquero en una pequeña área con muy altos rendimientos. La utilización de un índice derivado de esta flota en la calibración de un modelo de evaluación posiblemente resulte en la sobrestimación de la abundancia del stock.

2. Estimación del índice de abundancia de merluza negra a partir de la información de la flota palangrera y cachalotera argentina

La estadística oficial derivada de los partes de pesca registrados por la SAGPyA y disponibles en el Centro de Cómputos del INIDEP, provee datos de capturas y esfuerzo anuales nominales de la pesca de bacalao con palangre entre los años 1993 y 2014.

Las CPUEs estandarizadas de los buques palangreros han sido utilizadas, como índices de abundancia relativa de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental, en diversos estudios previos (Wöhler *et al.* 2004 a y b; Wöhler y Martínez, 2005; Martínez y Wöhler, 2006), demostrando ser un



indicador apropiado del estado del recurso, que además como ya se señaló presenta ventajas respecto de la de arrastre.

Otra característica de esta serie de tiempo, es que cubre un mayor período de tiempo, incluyendo datos desde el año 1993 hasta la actualidad, con una cobertura de casi la totalidad del área de distribución del recurso.

Sin embargo estos datos también presentan limitaciones, la más notable de ellas es su ausencia de información correspondiente al número de anzuelos y el tiempo de reposo del arte de pesca.

Desde el año 2005 y como consecuencia de cambios en la modalidad de manejo de la pesquería, principalmente, al otorgamiento de cupos limitados de captura para la especie (Martínez & Wöhler, 2005, 2006, Wöhler & Martínez, 2005), se ha observado una reducción en el número de buques palangreros que operan sobre el recurso, provocando la consiguiente disminución en la cantidad de información biológica pesquera pertinente.

Durante los años 2005 al 2011 la flota palangrera fue la que claramente obtenía la mayor proporción de la captura declarada, durante 2012 y 2013 ese valor se fue emparejando respecto de la procedente de la flota arrastrera. Finalmente en 2014, con el retiro de la pesquería del buque palangrero que poseía mayor cuota individual de la especie y, su reemplazo por un arrastrero, esa proporción se invirtió drásticamente.

Un evento importante, fue la incorporación durante desde el año 2008 del uso del palangre provisto de un dispositivo diseñado para mitigar la interacción con los mamíferos marinos (especialmente los cachalotes) denominado “**cachalotera**”. El mismo consta, básicamente, de un manajo de anzuelos que son cubiertos por una red con el objeto de proteger la captura de los mamíferos al momento de ser izados a bordo. El uso de este dispositivo, demostró ser efectivo no sólo para disminuir la pérdida de captura por parte de esos mamíferos marinos, sino que también impactó en la eficiencia de pesca aumentando los rendimientos.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto en el análisis de las tasas de captura de las flotas argentinas se decidió lo siguiente:

- A fin de distinguir el efecto en el aumento de la eficiencia de las cachaloteras respecto del palangre, los datos procedentes de ambas artes de pesca fueron analizados en forma separada.
- Se decidió utilizar una serie de CPUE estimada a partir de la información de la estadística oficial de palangreros (sin cachaloteras) que comprendiese el período 1994- 2006. A partir de ese año el número de barcos palangreros se redujo sólo a uno, y en el 2014 ese barco finalmente se retiró de la pesquería.



- Los datos de captura y esfuerzo del año 2007 procedieron de sólo dos barcos palangreros y el valor medio resultante del proceso de estandarización mediante la aplicación de un *glm* fue notoriamente superior al resto. Teniendo presente las características biológicas de la especie resultaba poco probable que ese elevado valor se debiera a un real incremento en la biomasa, lo cual justificó la eliminación de esa información del análisis.
- El año 2008 también fue separado del análisis. En este caso también operaron sólo dos barcos, pero con diferentes arte de pesca (palangre y cachaloterías), lo que dificultó utilizar esa información para la estandarización del índice. El número de barcos operando también resultó insuficiente para llevar a cabo el análisis sugerido por el revisor de la evaluación chilena (Polacheck 2015), que consistía en analizar el accionar conjunto del palangre y cachalotera y comparar los resultados de cada tipo de arte.
- A partir del año 2009 sólo quedaron operando en la pesquería buques con cachaloterías, pudiendo estimarse dos series diferentes de CPUE estandarizadas, de acuerdo a la fuente de información considerada. Una de las series se calculó con los datos procedentes de la estadística pesquera oficial y la otra con los datos recopilados por los observadores a bordo.
- La base de datos derivada de los observadores a bordo contiene información más confiable y detallada: posee el dato exacto de la posición de la operación de pesca, el número de anzuelos y el tiempo de calado, la profundidad de la operación de pesca, entre otros. Esto permitió utilizar en el análisis una medida del esfuerzo pesquero más conveniente (número de anzuelos por hora de calado) que la posible cuando se considera la información procedente de la estadística oficial (número de operaciones).
- En el caso de las cachaloterías y, respecto de la medida del esfuerzo a utilizar, se consideró como más acertado al número de barandillos. Con esa finalidad, y ante la falta de esa información, se dividió al número de anzuelos de cada lance por la cantidad de anzuelos que comúnmente se emplea por cada barandillo.
- A los efectos de lograr un mejor resultado se realizó una consideración especial respecto del posicionamiento de las capturas. Para ello se analizaron las posiciones de los lances de los palangreros y de los cachaloterías, y se observó que se distinguían claramente dos grupos respecto del paralelo 52° de latitud sur.

Se ajustaron un número de modelos con ambas bases de datos, cuyas bondades estadísticas fueron luego juzgadas mediante criterios de información y medidas de pseudo-R cuadrado.



3. Estadística oficial 1994-2006

Se ajustaron un total de cinco modelos de estandarización usando los datos de la estadística pesquera argentina, la respuesta en dos de los modelos fue modelada bajo el supuesto de una distribución gamma y en otros dos la varianza se estabilizó mediante logaritmos. En uno de los modelos la variable respuesta fue normalizada mediante una transformación de Box- Cox (**Tablas 1 y 2; Figura 1**).

Los modelos con mejor comportamiento fueron los log-normales y aquel en donde se aplicó la transformación de box y Cox a la respuesta (**Tabla 1**).

Los modelos ajustados a período 2009 -2014 usando los datos de la estadística pesquera oficial no se comportaron bien comparados con los modelos ajustados para el mismo período pero usando los datos tomados por observadores científicos (ver sección siguiente).



Tabla 1.

Descripción general de las características de los modelos ajustados, criterios de información y métricas de pseudo-R cuadrado.
Datos estadística pesquera oficial de argentina.

Modelo	Distribución	V. respuesta	Efectos fijos	Pseudo-R ² (bondad de ajuste)								
				Mcfadden	Mcfadden aj.	Cox.Snell	Nagelkerke	Effron	Count	Adj.Count	AIC	AICc
1b	boxcox-normal	g(kg/op)	~ Año + Mes + Area + Buque	0.6028	0.5938	0.9997	0.9997	0.6028	0.000927	-0.001549	17404	17428
1a	log-normal	log(kg/op)	~ Año + Mes + Area + Buque	0.6123	0.5679	0.8044	0.8646	0.6123	0.000619	-0.001863	3717	3741
1a.o	log-normal	log(kg)	~ Año + Mes + Area + Buque + off(log(op))	0.6123	0.5679	0.8044	0.8646	0.7732	0.001239	-0.002487	3717	3741
1c	gamma (log)	kg/op	~ Año + Mes + Area + Buque	0.6041	0.5605	0.8054	0.8628	0.6041	0.000929	-0.001552	3843	3867
1c.o	gamma (log)	kg	~ Año + Mes + Area + Buque + off(log(op))	0.5760	0.5160	0.6792	0.7888	0.6870	0.001548	-0.002176	3083	3107

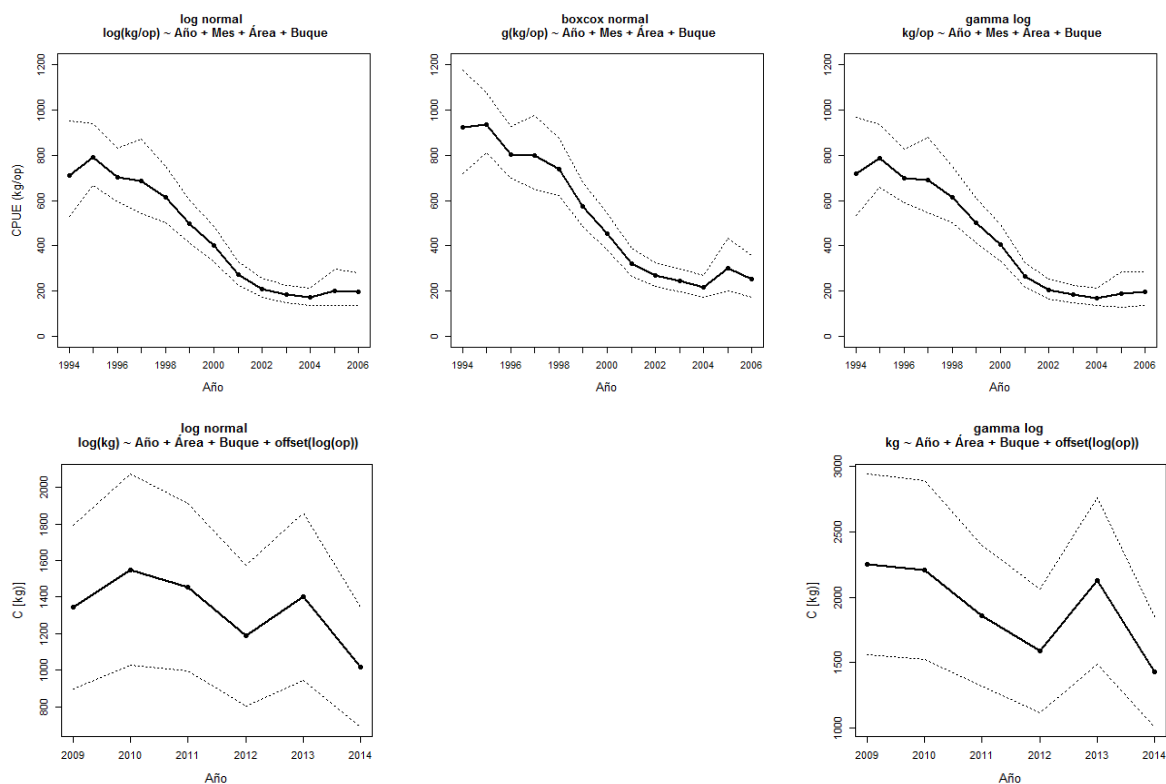


Figura 1. Fluctuaciones de la abundancia relativa de bacalao de profundidad en la ZEE Argentina estimadas usando la estadística oficial Argentina.



Tabla 2.

Suma de cuadrados tipo III de los modelos de estandarización de bacalao de profundidad estimados usando los datos de la estadística oficial Argentina.

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

1a	1b	1c
LR Chisq Df Pr(>Chisq)	LR Chisq Df Pr(>Chisq)	LR Chisq Df Pr(>Chisq)
Año 29.612 5 1.759e-05 ***	Año 26.671 5 6.609e-05 ***	Año 21.050 5 0.0007926 ***
Barco 71.455 3 2.083e-15 ***	Barco 29.166 3 2.066e-06 ***	Barco 29.864 3 1.474e-06 ***
Area 105.581 41 1.329e-07 ***	Area 76.215 41 0.0006889 ***	Area 89.425 41 1.859e-05 ***
1a.of		1c.of
LR Chisq Df Pr(>Chisq)		LR Chisq Df Pr(>Chisq)
Año 29.609 5 1.761e-05 ***		Año 43.735 5 2.621e-08 ***
Barco 71.449 3 2.089e-15 ***		Barco 11.595 3 0.008906 **
Area 105.577 41 1.331e-07 ***		Area 108.163 41 5.780e-08 ***

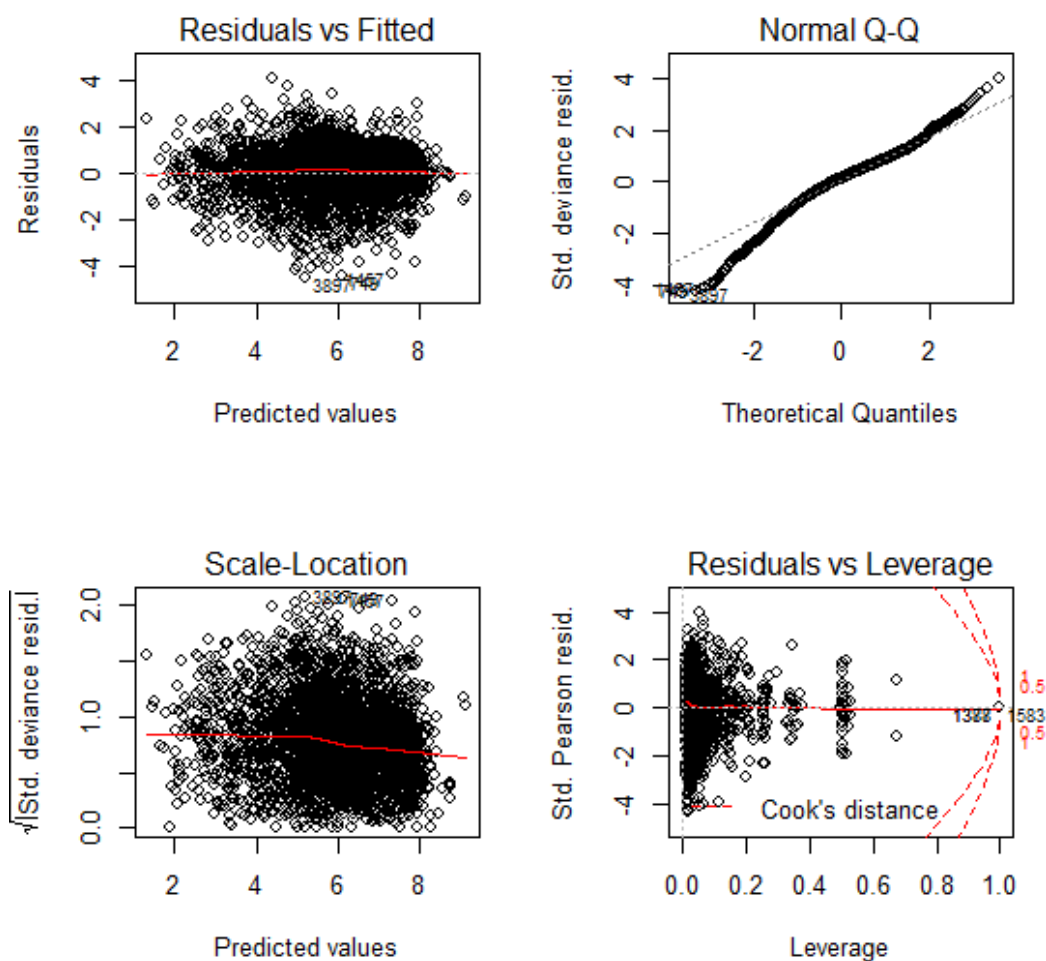


Figura 2. Gráficos de residuales del modelo cuya respuesta fue normalizada mediante una transformación de Box y Cox. Datos de la estadística pesquera oficial. Caso 1a.

4. Observadores 2009-2014

Se ajustaron un total de 10 modelos lineales generalizados, usando una aproximación similar a la empleada en los datos de la estadística oficial para modelar la respuesta. De esta manera se consideraron modelo gamma, modelos log normales, la normalización de la respuesta mediante una transformación de Box y Cox (**Tabla 3**).

Para los efectos fijos, el caso de además del factor año, se incluyeron en estos modelos los factores Mes, Área y profundidad. En algunos de los casos se modeló la captura incluyendo el esfuerzo en el modelo como una cantidad conocida en escala log (Offset).



Los modelos que mejor ajustaron, fueron los que consideraron el esfuerzo en unidades de horas*anzuelos, y entre estos los que fueron modelados con distribución gamma con enlace log

Después de eliminar outliers por el criterio de Bonferroni, el efecto Buque no resultó significativa en ninguno de los modelos planteados.

Los datos sugieren una tendencia negativa de la abundancia (**Figura 3**).

**Tabla 3.**

Descripción general de las características de los modelos ajustados, criterios de información y métricas de pseudo-R cuadrado. Datos observadores científicos argentinos.

Modelo	Distribución	V. respuesta	Efectos fijos	Pseudo-R ² (bondad de ajuste)								
				McFadden	McFadden aj.	Cox.Snell	Nagelkerke	Effron	Count	Adj.Count	AIC	AICc
1c	gamma (log)	kg/(h*anz)	~ Año + Mes + Area + Prof	0.4426	0.4166	0.4142	0.5906	0.4027	0.000747	-0.000499	2828	2830
4c	gamma (log)	kg	~ Año + Mes + Area + Prof + off(h*anz)	0.4426	0.4166	0.4142	0.5906	-2.4856	0.000498	-0.005512	2828	2830
1b	boxcox-normal	g(kg/(h*anz)	~ Año + Mes + Area + Prof	0.3386	0.3245	0.5295	0.5935	0.3386	0.000746	-0.000498	6042	6044
1a	log-normal	log(kg/(h*anz))	~ Año + Mes + Area + Prof	0.3178	0.2924	0.3249	0.4579	0.3178	0.000747	-0.000499	3511	3513
4a	log-normal	log(kg)	~ Año + Mes + Area + Prof + off(h*anz)	0.3178	0.2924	0.3249	0.4579	-0.0135	0.000498	-0.005511	3511	3513
2a	log-normal	log(kg/Bar)	~ Año + Mes + Area + Prof	0.1579	0.1214	0.1268	0.2200	0.1579	0.000249	-0.002996	3028	3030
2b	boxcox-normal	g(kg/Bar)	~ Año + Mes + Area + Prof	0.1778	0.1488	0.1748	0.2646	0.1778	0.000498	-0.002747	3693	3695
2c	gamma (log)	kg/Bar	~ Año + Mes + Area + Prof	0.1785	0.1359	0.1229	0.2362	0.1301	0.000249	-0.002994	2551	2553
3a	log-normal	log(kg)	~ Año + Mes + Area + Prof + off(Bar)	0.1579	0.1214	0.1268	0.2200	0.1232	0.000498	-0.005508	3028	3030
3c	gamma (log)	Kg	~ Año + Mes + Area + Prof + off(Bar)	0.1812	0.1363	0.1189	0.2365	0.1525	0.000498	-0.005510	2421	2423

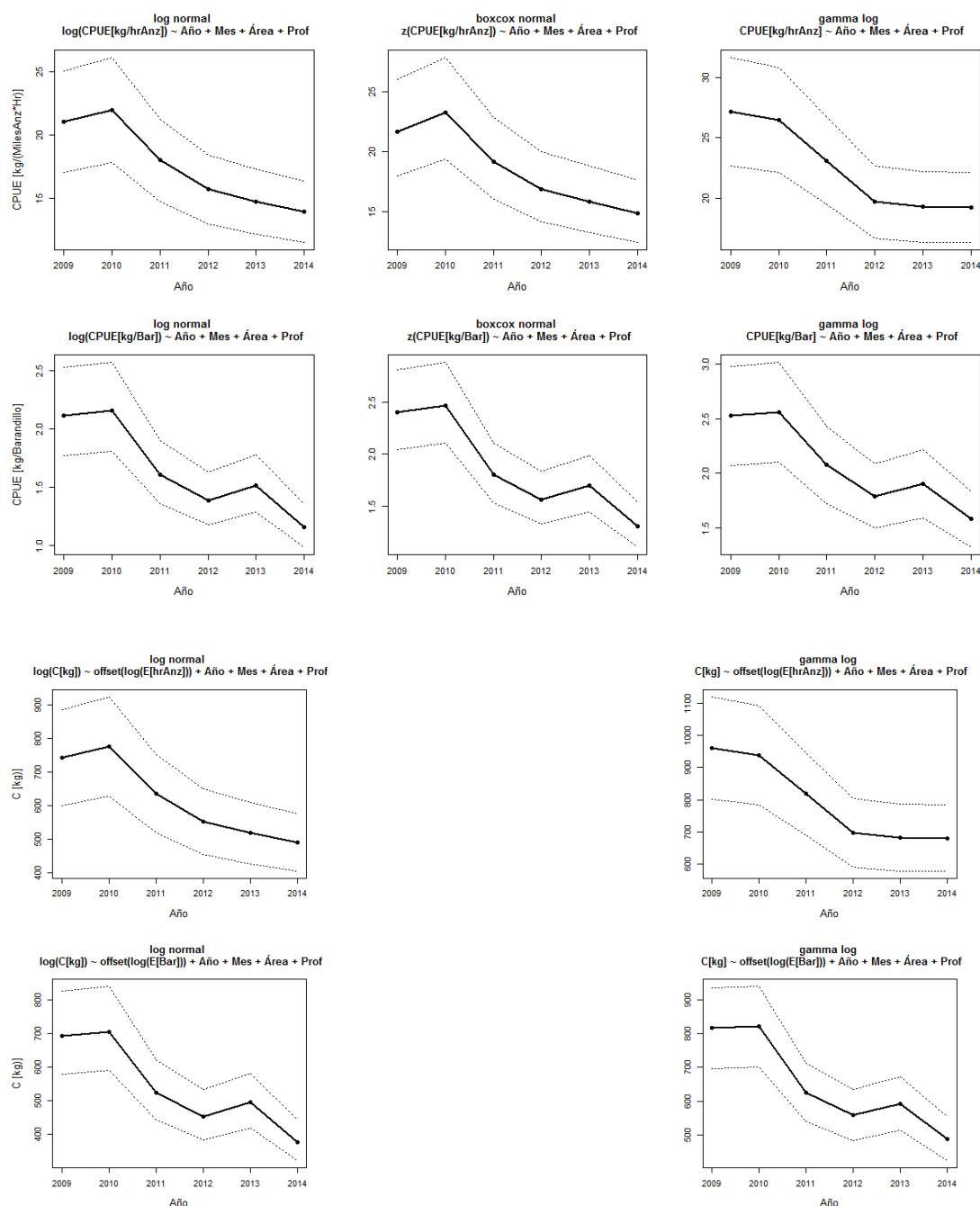


Figura 3. Fluctuaciones de la abundancia relativa de bacalao de profundidad en la ZEE Argentina estimadas usando datos de observadores científicos.



Tabla 2.
Suma de cuadrados tipo III de los modelos de estandarización de bacalao de profundidad estimados usando los datos tomados por los observadores científicos de Argentina.

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

1a Response: log(CPUE_kg_hrAnz) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 86.53 5 < 2.2e-16 *** mes 33.65 11 0.0004127 *** Area 927.59 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 39.70 5 1.719e-07 ***	1b Response: g(CPUE_kg_hrAnz, lambda) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 80.68 5 6.056e-16 *** mes 37.25 11 0.0001044 *** Area 1006.58 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 52.23 5 4.848e-10 ***	1c Response: kg_hrAnz LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 83.37 5 < 2.2e-16 *** mes 37.14 11 0.0001092 *** Area 1381.81 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 85.79 5 < 2.2e-16 ***
2a Response: log(kg/Barandillos) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 160.15 5 < 2.2e-16 *** mes 51.45 11 3.424e-07 *** Area 323.41 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 13.68 5 0.01779 *	2b Response: g(kg/Barandillos, lambda) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 181.08 5 < 2.2e-16 *** mes 58.50 11 1.758e-08 *** Area 365.27 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 15.13 5 0.009834 **	2c Response: kg/Barandillos LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 94.880 5 < 2.2e-16 *** mes 39.449 11 4.442e-05 *** Area 286.527 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 42.467 5 4.738e-08 ***
3a Response: log(kg) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 160.15 5 < 2.2e-16 *** mes 51.45 11 3.424e-07 *** Area 323.41 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 13.68 5 0.01779 *		3c Response: kg LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 162.50 5 < 2.2e-16 *** mes 53.00 11 1.792e-07 *** Area 452.75 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 17.95 5 0.003015 **
4a Response: log(kg) LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 86.50 5 < 2.2e-16 *** mes 33.65 11 0.0004127 *** Area 927.61 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 39.67 5 1.738e-07 ***		4c Response: kg LR Chisq Df Pr(>Chisq) año 83.37 5 < 2.2e-16 *** mes 37.14 11 0.0001093 *** Area 1381.83 40 < 2.2e-16 *** CatProf_3 85.79 5 < 2.2e-16 ***

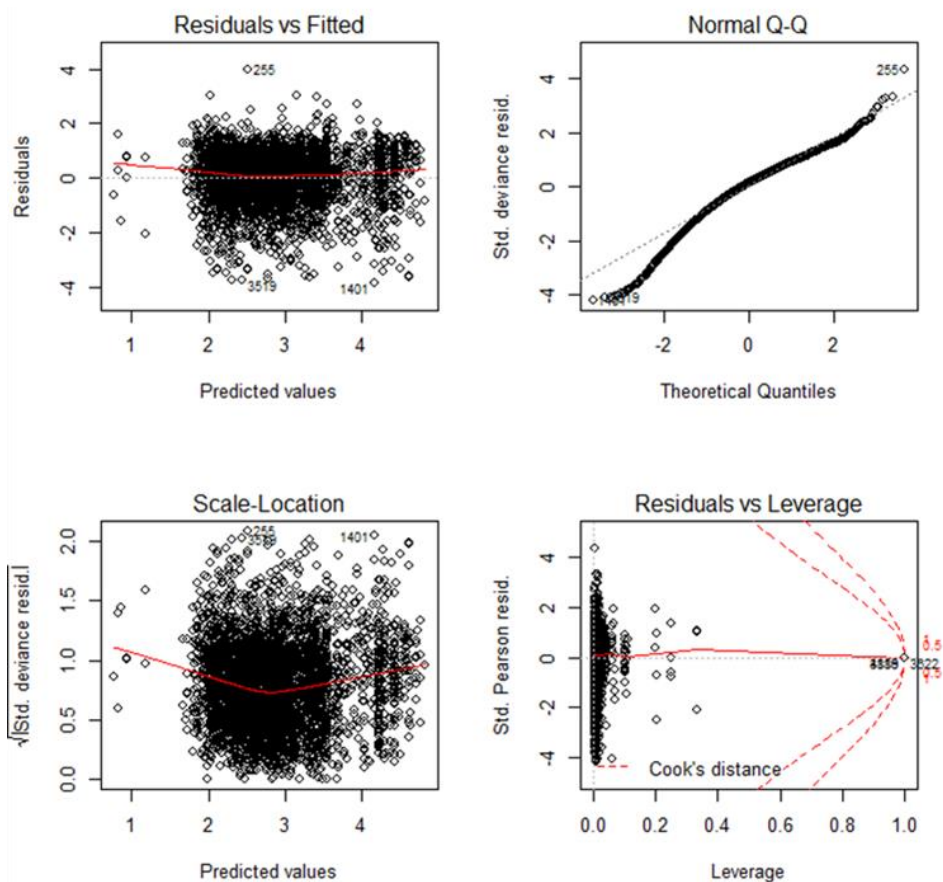


Figura 4. Gráficos de residuales del modelo cuya respuesta fue normalizada mediante una transformaci3n de Box y Cox. Datos de observadores científcos. Caso 1a.

A N E X O 2

Modelo de evaluación de stock
(Descripción matemática).



Tabla 1.
Símbolos y definiciones usadas en las ecuaciones del modelo.

Definición general	Símbolo	Uso en el modelo de captura a la edad
Índice anual: $i = \{1978, \dots, 2014\}$	i	
Índice de edades: $j = \{3, 4, \dots, 30^+\}$	j	
Índice de longitudes: $j = \{22, 27, \dots, 222^+\}$	l	
Longitud media a la edad	L_i	
Coef. de variación de la longitud a la edad	cv	
Peso medio a la edad j	W_j	
Edad máxima luego de la cual la selectividad es constante	Max_e	Parametrización de la selectividad
Tasa mortalidad natural	M	0,15 constante a través de los años y edades
Proporción maduros a la edad j	p_j	Definición de la biomas desovante
Tamaño de muestra de las proporciones de edad j en el año i .	T_i	Escala el supuesto multinomial acerca de los estimados de las proporciones a la edad.
Parámetros relación stock recluta	R_0	Reclutamiento virginal de equilibrio.
	h	Steepness de la relación SR. Fijo en 0,6.
	σ_R^2	Varianza del reclutamiento
Parámetros a estimar		
$\phi_i(\#), R_0, \varepsilon_i(\#), \mu^f, M, \eta_j^f(\#)$		



Tabla 2.
Ecuaciones de los modelos AMAK para bacalao de profundidad.

Definiciones generales	Símbolo	Descripción
1) Índice de abundancia f por año i	Y_i^f	$\hat{Y}_i^f = q_i^f \sum_{j=3}^{30+} S_j^f W_{ij} e^{Z_{ij} \frac{6}{12}} N_{ij}$
2) Captura anual en peso	C_i ; Pacífico años 2007 a 2014	$C_i = \sum_j W_{ij} N_{ij} \frac{F_{ij}}{Z_{ij}} (1 - e^{-Z_{ij}})$ $\hat{C}_{il} = \Gamma_{l,j} \hat{C}_{ij}$
3) Captura en número por clase de longitud.	C_i ; Pacífico 1991 a 2006; Atlántico 2003 a 2014.	$\tau_{l,j} = \int_j^{j+1} e^{\frac{1}{2\sigma_j^2}(l-L_j)^2} dl$ $L_j = L_\infty(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_{j-1}$ $\sigma_j = cv L_j$
3) Proporciones a la edad j en el año i	$P_{ij}, \sum_{j=3}^{30} P_{ij} = 1$	$P_{ij} = \frac{N_{ij} S_{ij}^f}{\sum_{k=3}^{31+} N_{ik} S_{ik}^f}$
Proporciones por clase de longitud l en el año i .	$P_{il}, \sum_{l=22}^{222} P_{il} = 1$	$P_{il} = \frac{C_{il}}{\sum_{l=22}^{222} C_{il}}$
4) Números iniciales a la edad	$j=3$	$N_{1978,1} = e^{\mu_R + \epsilon_{1978}}$
	$3 < j < 29$	$N_{1978,j} = e^{\mu_R + \epsilon_{1978-j}} \prod_{j=3}^j e^{-M}$
5) Años subsecuentes ($i > 1978$)	$j=30+$ $j=3$ $3 < j < 29$ $j=30+$	$N_{1978,31} = N_{1978,30} (1 - e^{-M})^{-1}$ $N_{i,1} = e^{\mu_R + \epsilon_i}$ $N_{i,j} = N_{i-1,j-1} e^{-Z_{i-1,j-1}}$ $N_{i,30+} = N_{i-1,30} e^{-Z_{i-1,29}} + N_{i-1,31} e^{-Z_{i-1,30}}$
6) Efecto anual, $i=1978, \dots, 2014$	$\epsilon_i, \sum_{i=1978}^{2014} \epsilon_i = 1$	$N_{i,1} = e^{\mu_R + \epsilon_i}$ $F_{i,j} = e^{\mu_f + \eta_j^f + \phi_i}$
7) Mortalidad por pesca instantánea		
Efecto medio de la pesca	μ_i	
Efecto anual de la pesca en el año i	$\phi_i, \sum_{i=1978}^{2014} \phi_i = 0$	



Efecto de la pesca en las edades

(normalizado). Con variación anual.

$$\eta_i^f, \sum_{j=1}^{30+} \eta_{ij} = 0$$

$$S_{ij}^f = e^{\eta_j^f}, \text{ if } j \leq \text{Maxe}$$

$$S_{ij}^f = e^{\eta_{\text{Maxe}}^f}, \text{ if } j > \text{Maxe}$$

Tabla 2 (continuación).
Ecuaciones de los modelos AMAK para bacalao de profundidad.

Definiciones generales	Símbolo	Descripción
En años en que la selectividad es contante en el tiempo.	$\eta_{i,j}^f = \eta_{i-1,j}^f$	
Mortalidad natural	M	
8) Mortalidad total		$Z_{i,j} = F_{i,j} + M =$
9) Biomasa desovante a inicios de agosto	B_i	$B_i = \sum_{j=3}^{30} N_i e^{-\frac{7}{12} Z_i} W_{i,j} P_j$
10) Reclutamiento	$\tilde{R}_i$	$\tilde{R}_i = \frac{\alpha B_i}{\beta + B_i}$
Forma Beverton y Holt		$\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1} \text{ y } \beta = \frac{B_0(1-h)}{5h-1}$
		$h = 0.6$
		$B_0 = \tilde{R}_{0\varphi}$
		$\varphi = \frac{e^{-M} W_{31} P_{31}}{1 - e^{-M}} + \sum_{j=3}^{31} e^{-M(j-1)} W_j P_j$



Tabla 3.
Componentes de la función objetivo de los modelos AMAK para bacalao de profundidad.

Componentes de verosimilitud		Descripción/ notas
11) Índice de abundancia relativa	$L_1 = \lambda_1 \sum_i \ln \frac{Y_i^f}{\hat{Y}_i^f} \frac{1}{2\sigma_i^2}$	CPUE flotas artesanal, industrial y palangre y arrastre argentinos
12) Prior del suavizamiento de la selectividad	$L_2 = \lambda_2^f \sum_{j=3}^{31+} (\eta_{j+2}^f + \eta_j^f + \eta_{j+1}^f)^2$	Suavizamiento (segunda derivada).
13) Prior regularidad del reclutamiento	$L_3 = \lambda_3 \sum_{i=1978}^{2014} \epsilon^2$	Influencia los estimados en ausencia de datos. Si no hay señal del reclutamiento, este converge al reclutamiento medio.
14) Verosimilitud de la captura.	$L_4 = \lambda_4 \sum_{i=1978}^{2014} \ln \left(\frac{C_i}{\hat{C}_i} \right)^2$	Ajuste a la captura de cada año.
15) Verosimilitud de las proporciones a la edad.	$L_5 = \sum_{f,i,j} T_{i,j}^f P_{i,j}^f \ln(\hat{P}_{i,j}^f P_{i,j}^f)$	
16) Regularidad de la mortalidad por pesca.	$L_6 = \lambda_6 \sum_{i=1978}^{2014} \phi^2$	Se relaja en la última fase de estimación.
17) Priors	$L_7 = \lambda_7 \frac{\ln(l/\hat{l})^2}{2\sigma_l^2}$	Prior en la longitud media de la primera edad.
Función objetivo total a ser minimizada.	$\dot{L} = \sum_{k=1}^7 L_k$	

A N E X O 3

Análisis de residuales de los datos de composición de edad y longitud de las capturas.

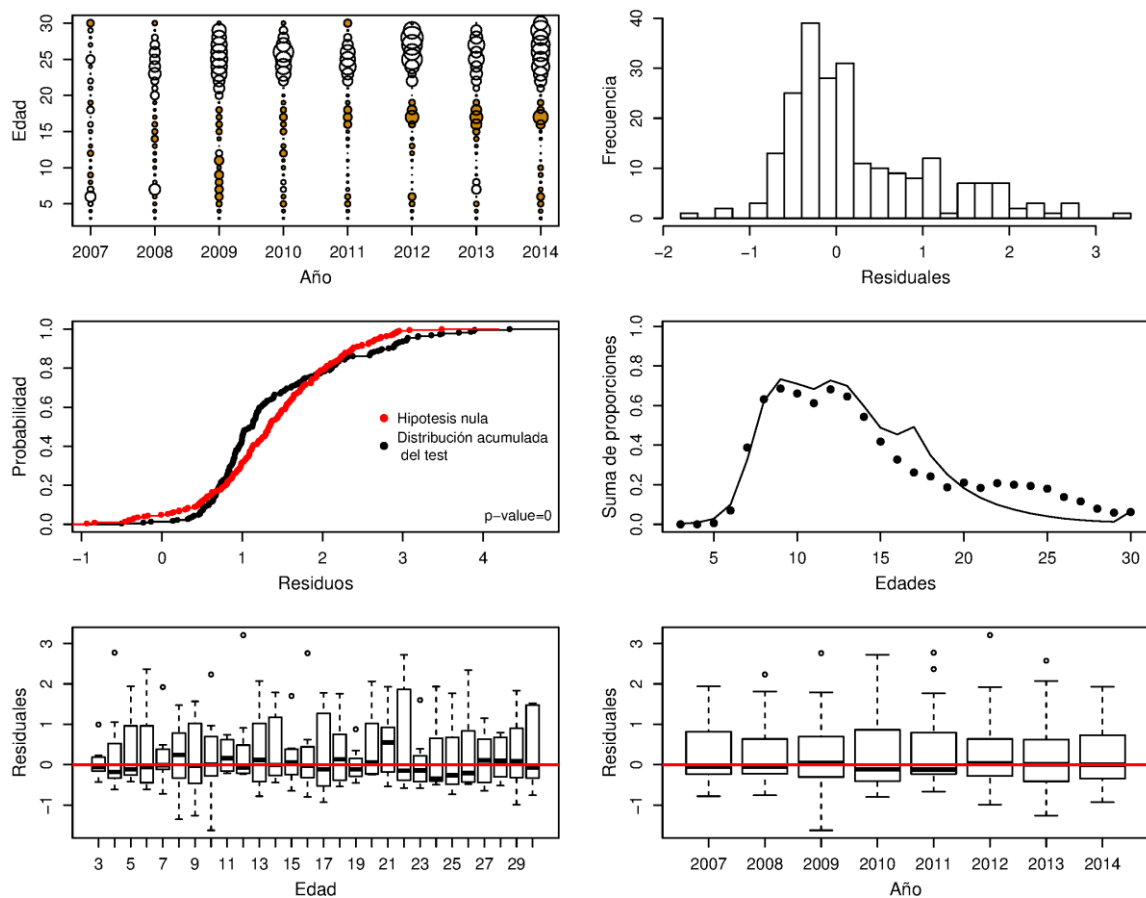


Figura 1. Análisis de residuales de la composición de edades de las capturas industriales. Años 2007 a 2014.

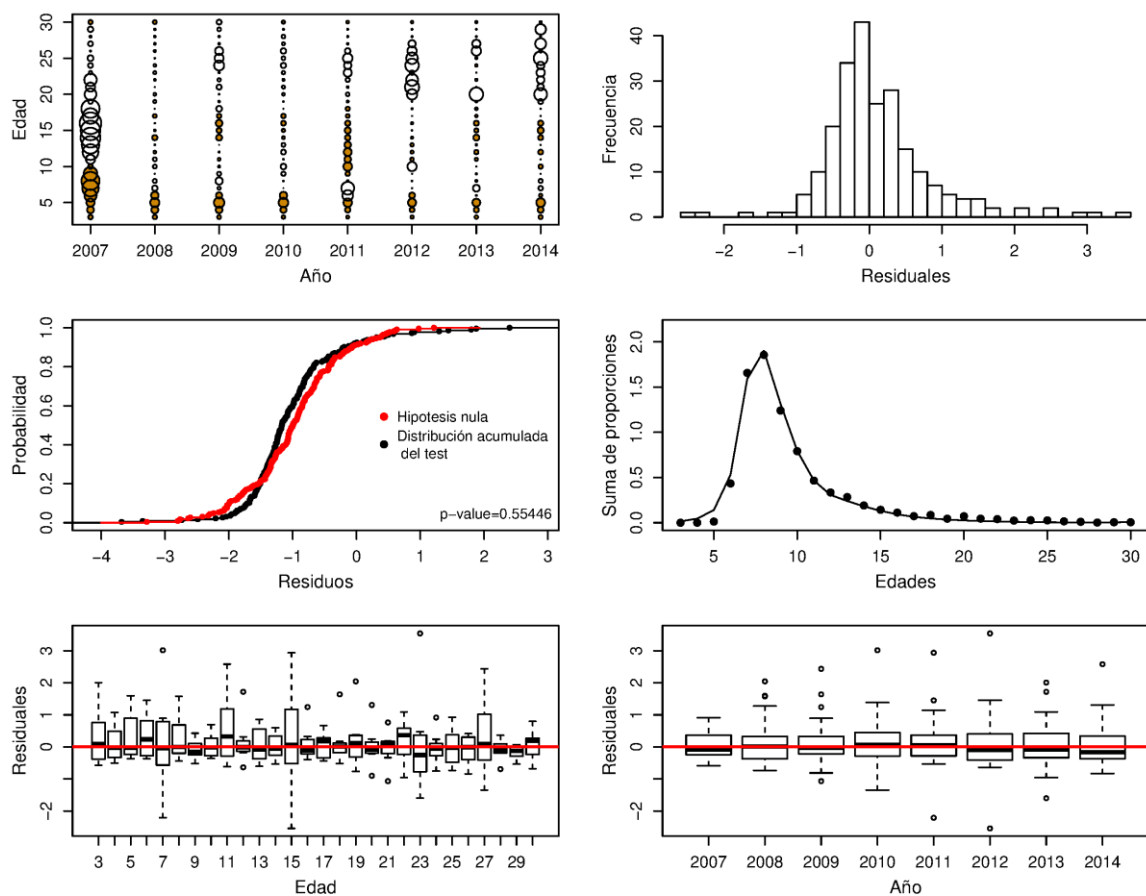


Figura 2. Análisis de residuales de la composición de edades de las capturas artesanales. Años 2007 a 2014.

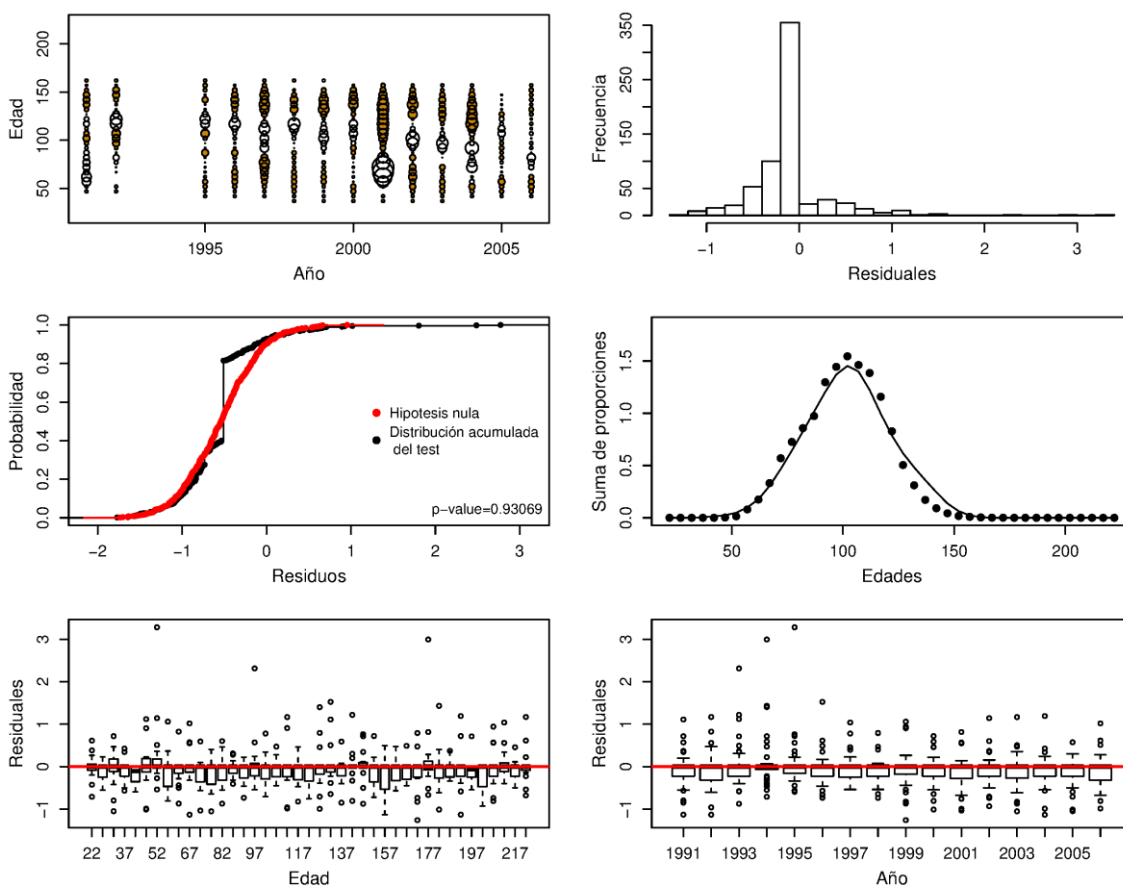


Figura 3. Análisis de residuales de la composición de longitudes de las capturas industrial. Años 1991 a 2006.

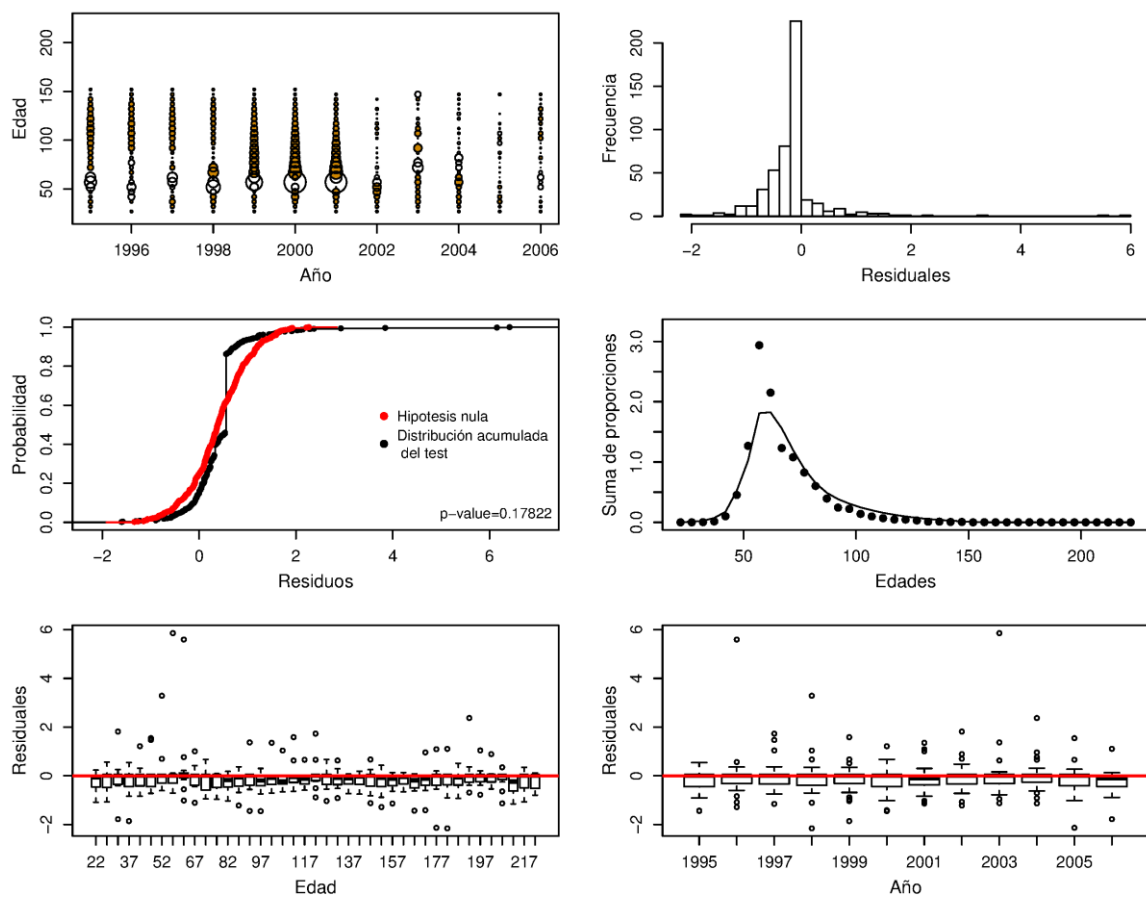


Figura 4. Análisis de residuales de la composición de longitudes de las capturas artesanales. Años 1995 a 2006.

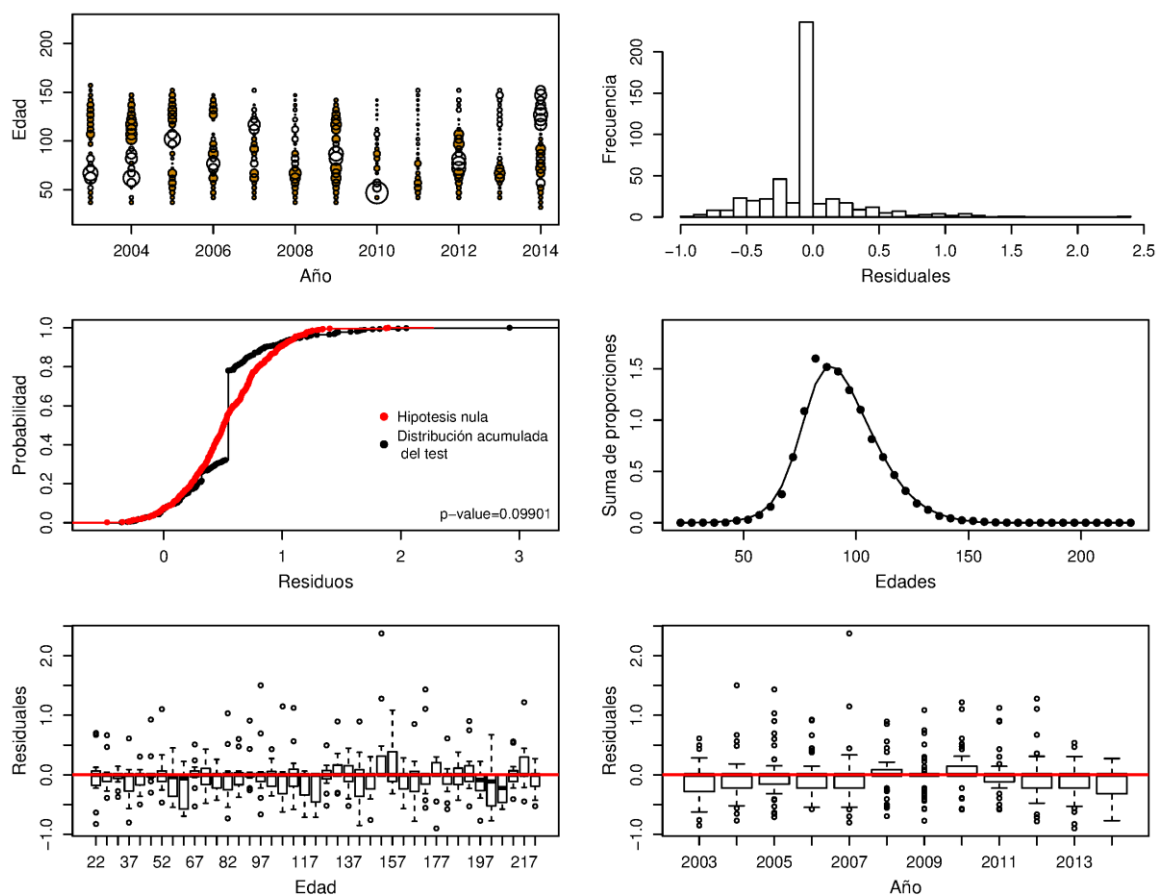


Figura 5. Análisis de residuos de la composición de longitudes de las capturas de palangre argentinas. Años 2003 a 2014.

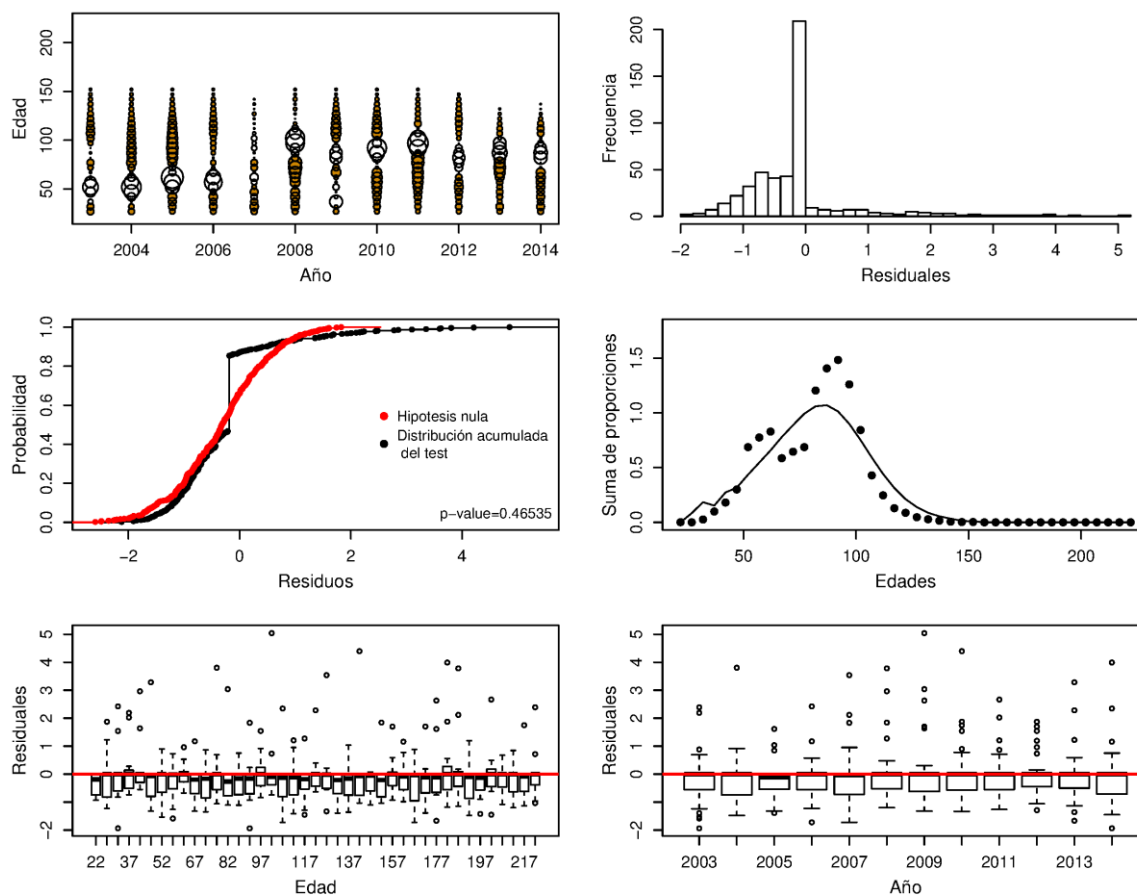


Figura 6. Análisis de residuos de la composición de longitudes de las capturas de arrastre argentinas. Años 2003 a 2014.

A N E X O 4

Observaciones y recomendaciones de la revisión
por pares 2014.



En el último trimestre del año 2014, se realizó la revisión de pares del proyecto “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015: Bacalao de profundidad, 2015”.

La revisión fue implementada por la Universidad de Concepción en el marco del “Programa anual de revisión experta a la asesoría científica de las principales pesquerías nacionales, año 2013: bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) y camarón nailon”.

Los aspectos técnicos de la revisión estuvieron a cargo del experto internacional Tom Polacheck.

El proceso de revisión culminó con la recepción del informe final del revisor, el 16 de abril de 2015.

Dada la variedad de observaciones/recomendaciones efectuadas por el revisor, para su mejor comprensión estas fueron clasificarlas en los siguientes temas: **i)** Modelo conceptual; **ii)** Datos de entrada; **iii)** Recopilación y análisis de datos; **iv)** Estructura e implementación del modelo; **v)** Puntos de referencia y proyecciones; **vi)** Estándares y protocolos del proceso de evaluación de stock; **vii)** Datos independientes de la pesquería; **viii)** Simulación y evaluación de estrategias de manejo.

I. Modelo conceptual

“La mejor evidencia es que el recurso bacalao de profundidad en la región Patagónica/plataforma de Sudamérica constituye un solo stock. No es claro hasta qué punto se puede considerar que la población es homogénea o el grado de estructuración espacial y temporal de los reclutas y desovantes a través de toda esta región”:

1. La evaluación y la investigación requieren de cooperación e intercambio de datos para implementación y desarrollo efectivo. De este modo, se requiere desarrollar de un marco de trabajo y procedimientos que permitan una colaboración efectiva y mancomunada en la evaluación de stock, recopilación de datos e investigación.
2. Desde la perspectiva de la pesquería y el manejo existentes en Chile, al menos tres modelos de evaluación de stock adicionales parecen ser necesarios para asegurar una razonable robustez:
Modelo 1: todas las pesquerías de la Patagonia y la plataforma Pacífica deberían ser evaluadas como un solo stock (i.e. incluyendo todas las capturas de Chile, Argentina e Islas Malvinas).

Modelo 2: Sólo las capturas de la pesca industrial chilena.

Modelo 3: Sólo considerando las capturas de la pesca industrial y artesanal chilenas.



II. Datos de entrada

Mortalidad natural

3. Las consecuencias para las recomendaciones de manejo de usar diferentes valores de mortalidad natural serían de consideración, lo que enfatiza la importancia de integrar la incertidumbre respecto del valor de M en la asesoría provista a la toma de decisiones de administración pesquera, particularmente en el contexto de las estimaciones de riesgo.
4. Sería valioso e informativo explorar posibles valores de mortalidad natural edad-específicos. Esto sin embargo no se considera de alta prioridad.

Relación entre la edad, longitud, peso y la madurez sexual.

5. Existe una necesidad de un completo análisis de los datos y relaciones entre la edad, longitud, el peso y la madurez. En particular, se requiere un análisis más completo de los datos existentes en conjunto con una completa documentación de manera de poder evaluar cuáles deberían ser los valores apropiados a usar. Se aconseja entonces una revisión exhaustiva e integrada de los componentes de este proceso (e.g. curvas de crecimiento explícitas o implícitas usadas en la estimación de la madurez y pesos medios a la edad).
6. La revisión de estos datos necesita considerar no sólo la información de Chile sino además los datos de todas las regiones de la plataforma Patagónica. Un componente crítico de esta revisión necesita enfocarse a como estimar de mejor manera la captura a la edad a través del tiempo y las diferentes pesquerías.
7. La ojiva de madurez a la edad usada en la evaluación parece ser inconsistente e inapropiada respecto de la información provista al revisor. Se debe explorar la sensibilidad de los resultados al valor específico empleado.
8. Cuando exista un grado de incertidumbre considerable (longitud media de madurez, crecimiento, pesos medios a la edad), se deberían desarrollar conjuntos alternativos de datos de entrada abarcando todo el rango de incertidumbre (Asegurando consistencia al interior de cada conjunto específico). Cuando sea posible desarrollar ponderadores de la plausibilidad relativa.

CPUE.

Dada la información disponible para evaluar este recurso, los índices de CPUE serán siempre un componente dominante, sino el principal determinante de los resultados. Por esta razón, Es crítico emprender un análisis completo y exhaustivo de los datos existentes:



9. En la conducción de la estandarización de los datos de CPUE, es crítico que se emprenda una exploración completa de los datos, factores potenciales y alternativos, para asegurar que los resultados sean robustos y no exista confusión debido a datos inexistentes o a la omisión de factores importantes.
10. También hay necesidad de un análisis más exhaustivo de la estandarización de los índices de CPUE, esto incluye la exploración de modelos e hipótesis alternativas en la conducción de la estandarización.
11. Se debe considerar cual es la mejor medida del esfuerzo de pesca (e.g número de anzuelos, anzuelos*tiempo de reposo) y cuáles de estos puede ser modelado mejor como factores o como off-sets.
12. Dado que se espera que diferentes componentes de tamaño/edad cambien en diferentes proporciones a través del tiempo (e.g. reclutamiento de una clase anual importante), es importante que se incluyan interacciones de factores espaciales con el factor año (año*área; año*profundidad).
13. Explorar como una alternativa a separar la serie de CPUE industrial chilena en dos (una serie de palangre y otra de cachalotera) una serie continua y estimar el efecto del cambio de aparejo como un factor en el modelo (hay dos años de sobre posición en el uso de ambos aparejos que pueden permitir informar el modelo respecto de la eficiencia relativa de los dos aparejos). Usar en este caso el lance como medida del esfuerzo de pesca. Puede ser valioso modelar la captura como variable dependiente y las medidas del esfuerzo (lance, números de anzuelos, tiempo de reposo como off-sets).

Capturas

14. La discrepancia entre las capturas usadas y aquellas entregadas en el Anexo 4 del informe de evaluación (Tascheri *et al* 2015) al igual que la sensibilidad de los resultados de la evaluación a series alternativas de captura debe ser evaluada.
15. Respecto de las capturas argentinas, no se provee ninguna información respecto de su confiabilidad o problemas potenciales de sub-reporte. Este aspecto debe ser investigado en colaboración con los investigadores argentinos.
16. La fuente de discrepancia entre la captura a la edad y los datos de desembarque usados como datos de entrada al modelo necesita ser investigada, entendida y resuelta.



III. Recopilación y análisis de datos.

17. El revisor está preocupado respecto de la confiabilidad del sistema de recopilación de datos para las bitácoras de pesca y datos de desembarque. Es necesario hacer revisiones periódicas para confirmar que esto esté funcionando adecuadamente y perseguir mejoras tendientes a mejorar la eficiencia y exactitud del sistema.
18. La actual lectura de edad se basa en el conteo de bandas oscuras en los otolitos. No se le da consideración a la fecha de captura relativa a la formación de la banda o si existe un margen translucido. Esto puede resultar en conteos de bandas que sobre o subestiman la edad en un año verdadera.
19. Actualmente, no hay un registro sistemático de errores en la lectura de edad (lectura ciega e independiente de los mismos otolitos por diferentes lectores o mediciones ciegas repetidas por parte del mismo lector). El revisor considera estos últimos aspectos de mediana prioridad.

IV. Estructura e implementación del modelo

20. Una mejor aproximación para incorporar los datos de las pesquerías argentinas sería usar el modelo de evaluación de stock para predecir la composición de tamaños esperada de las capturas basado en una curva de crecimiento estimada en el modelo o estimados del tamaño a la edad derivados de la pesquería Chilena.
21. Considerar confiabilidad relativa a las diferentes series de CPUE o a su confiabilidad/varianzas a través del tiempo ya sea en los propios análisis en el modelo de evaluación de stock.
22. La precisión conferida a los índices y datos de composición parece excesiva. Explorar aproximaciones objetivas para asignar pesos relativos a diferentes índices de abundancia y a los datos de captura a la edad. Evaluaciones de métodos tales como el propuesto por Francis (2011) deberían ser exploradas a modo de guía.
23. La evaluación básicamente no contiene casos de estudio alternativos. En evaluación de stock la incertidumbre de modelo es por lo general mucho mayor a la incertidumbre de estimación. Es esencial que la cuidadosa consideración de la incertidumbre de modelo sea abordada e incorporada en todos los resultados de la evaluación y en las recomendaciones de manejo de manera de proveer una medida razonable de la incertidumbre total y el riesgo.
24. Los resultados son sensibles a cambios en los pesos relativos, lo que indica que hay conflictos entre las diferentes piezas de información. Rutinariamente, se deben explorar ponderadores alternativos como parte de la evaluación del modelo y utilizar los resultados de estas exploraciones para determinar el caso base.



25. Las series de CPUE y captura a la edad parecen estar en conflicto.
26. Parece haber conflicto entre los datos de captura a la edad argentinos y chilenos. Esto es consistente con los diferentes métodos empleados para determinar la edad de la captura.
27. Presentar y discutir los estimados de la capturabilidad para diferentes bloques de años.
28. Explorar la alternativa de sólo estimar la selectividad con los datos cuya edad haya sido determinada mediante la lectura de otolitos (desde el año 2007 en adelante) o usando los datos anteriores al año 2007 pero con un grupo plus más joven.
29. Puede haber un problema en la modelación de los reclutamientos como una constante y usar el reclutamiento medio para estimar reclutamientos virginales para la estimación de los números iniciales a la edad, si es que ha habido una reducción sustantiva y continua de los reclutamientos durante el período de explotación.
30. La sensibilidad a formas alternativas de estimar los números iniciales a la edad y la definición de R_0 debe ser considerada, dado que esto puede tener efectos substanciales, en particular con relación a los indicadores de estatus.
31. El problema de la mejor manera de modelar los reclutamientos en el caso base necesita ser evaluado y atendido. En particular dado que el caso base de la evaluación de stock estima que el estatus es de un stock agotado.
32. Si el reclutamiento ha declinado a través del período de evaluación como resultado de una disminución en la biomasa desovante, entonces es probable que el valor de R_0 que entrega el modelo de evaluación de stock este subestimado en el contexto de una relación stock-recluta subyacente.
33. No se puede concluir que la selectividad en forma de domo para la pesquería de arrastre argentina tendrá o no un efecto substancial en los estimados de reclutamiento o biomasa. La verificación de los parámetros de salida de este tipo de problemas debe ser parte del procedimiento estándar cuando se ejecutan corridas de modelos alternativos.
34. Existe una necesidad crítica de dar cuenta adecuadamente de los sesgos en los datos de lectura de edad en escamas. Como mínimo las edades más viejas deberían ser agrupadas en un grupo plus cuando se ajustan los datos de edad chilenos basados en lecturas en escamas (probablemente desde la edad 15 en adelante).
35. Para las pesquerías chilenas es esencial tomar aproximaciones apropiadas para reconciliar las diferencias entre escamas y otolitos.



36. La forma en que se predice la captura total el código computacional cuando se usa la matriz de error de lectura de edad no corresponde con el peso esperado de la captura que el modelo está removiendo desde la población en el tiempo.
37. Verificar si las soluciones han de hecho arribado a un mínimo global (considerar valores de partida alternativos, fases alternativas y reiniciar el ajuste en la solución encontrada).
38. Las corridas alternativas del modelo deberían ser consideradas como indicativas del tipo de sensibilidades que se requiere explorar e integrar en las recomendaciones de manejo (particularmente en términos de riesgo).

V. Puntos de referencia y proyecciones

39. Se debe clarificar la base para usar $BRMS = 0,4B_0$ para estimar el proxy de BRMS y si este es un sustituto aceptable del punto de referencia proxy recomendado en el taller que abordó este tema.

Las proyecciones del stock son realizadas en base a una tasa de mortalidad por pesca constante y reclutamiento constante basados en los estimados de los reclutamientos de los últimos cinco años de la evaluación de stock. Un número de preocupaciones existen con respecto a estas proyecciones:

40. Los estimados de reclutamiento más recientes están sesgados hacia la media (R_0) y no pueden ser considerados como confiables. Los datos de captura a la edad no proveen información real respecto de la fortaleza de las cohortes más recientes excepto con relación a las curvas de selectividad estimadas.
41. Las proyecciones están basadas en el supuesto de reclutamiento constante y no toman en consideración el tamaño estimado de la biomasa desovante. Para las proyecciones en el futuro los niveles de biomasa desovante son importantes de considerar. Dados los actuales niveles estimados de biomasa desovante del stock, sin importar cuan resiliente sea el stock, se esperan fallas en el reclutamiento.
42. Dado la continua reducción de la biomasa desovante en los últimos cinco años, se esperaría que en promedio el reclutamiento se haya reducido. De esta manera, lo más probable es que los resultados de las proyecciones sean demasiado optimistas.
43. Los principales resultados de las proyecciones parecen ser deterministas. No es claro como las estadísticas de riesgo y sus distribuciones de probabilidad fueron calculadas. Estas parecen haber sido derivadas usando métodos de verosimilitud y supuestos de normalidad. Se deberían usar métodos de proyección verdaderamente estocásticos, ya que se espera que estos provean medidas de riesgo más apropiadas.



44. En las proyecciones no hay ninguna consideración respecto de la incertidumbre de modelo. Los estimados de la incertidumbre asociados con la evaluación son altamente dependientes de los valores asumidos para las varianzas y penalizaciones en el modelo como también de supuestos estructurales y parámetros de entrada fijos.
45. Las proyecciones asumen que un nivel constante de F sin cambios en selectividad se mantendrán por 15 años. Ninguna consideración se le da al hecho de que los niveles de captura correspondiendo a este nivel fijo de F necesariamente tendrá que ser estimado año a año a partir de una actualización de la evaluación de stock.
46. El rango de incertidumbre de los datos necesita ser acarreado a través de la evaluación e integrado en las consideraciones de más amplias de incertidumbre y riesgo.
47. El procedimiento (algoritmo), parámetros de entrada y el código usado para efectuar las proyecciones debe ser documentado.

VI. Estándares y protocolos del proceso de evaluación de stock

48. Se requiere seguir una aproximación más rigurosa al desarrollo, implementación y documentación de la evaluación. En parte esto puede ser alcanzado utilizando procedimientos formales.
49. Definitivamente se debe instituir un sistema de control de versión de los programas y archivos de entrada, que mantenga un seguimiento y archive el progreso de desarrollo del código y las corridas realizadas.

Existe necesidad de aplicar un cuidado más substancial en el examen detallado de los resultados, consideración de escenarios alternativos y un proceso de revisión interna implícito en el proceso de evaluación de stock, lo que implica:

50. Utilización de una aproximación en equipo en vez de depender de un solo individuo para desarrollar el modelo, implementarlo y producir los resultados, asegurándose de que hay suficientes recursos disponibles.
51. La institución de un riguroso procedimiento de revisión interna de los resultados y de los informes de evaluación de stock debe ser considerado como esencial.
52. Al igual que en la situación del modelo de evaluación de stock, la documentación de las proyecciones es mínima e incompleta. Similar situación ocurre con el análisis de CPUE, en el cual es crítico que se provea suficiente y exacta documentación de manera que el lector pueda entender y estar convencido respecto de la robustez y completitud de los resultados.



53. Parece haber insuficiente interacción entre aquellos que proveen los diferentes datos de entrada a la evaluación y aquellos que ejecutan la modelación y estimación.
54. Existe necesidad de desarrollar una aproximación más holística, integrada e interactiva al proceso de evaluación de stock entre todos aquellos que proveen los datos de entrada y los que desarrollan los análisis.

VII. Datos independientes de la pesquería

55. Existe una necesidad crítica de obtener información acerca de la abundancia o tasas de mortalidad por pesca independiente de la pesquería. Los experimentos de marcaje aparecen como los más viables, sino el único medio de lograr esto. La implementación y compromiso de marcaje de largo plazo con un programa de marcaje apropiadamente diseñado con recursos suficientes debe ser visto como de alta prioridad.

VIII. Simulación y evaluación de estrategias de manejo

La evaluación de procedimientos de manejo (MSE por su sigla en inglés) ha sido una aproximación efectiva para el desarrollo de reglas de control y proveer asesoría para el manejo en un número de foros pesqueros. Una parte esencial de este procedimiento es el desarrollo y condicionamiento de un modelo operativo abarcando las incertidumbres estructurales, biológicas y pesqueras que son claves.

Independiente de que se utilice un MSE para el desarrollo de reglas de control, el desarrollo de un modelo operativo permitiría una mejora en la modelación y evaluación de su robustez en términos de indicadores del estatus del stock.

56. Se recomienda buscar la implementación de una aproximación MSE como una base para mejorar las evaluaciones y proveer recomendaciones de manejo en este stock.

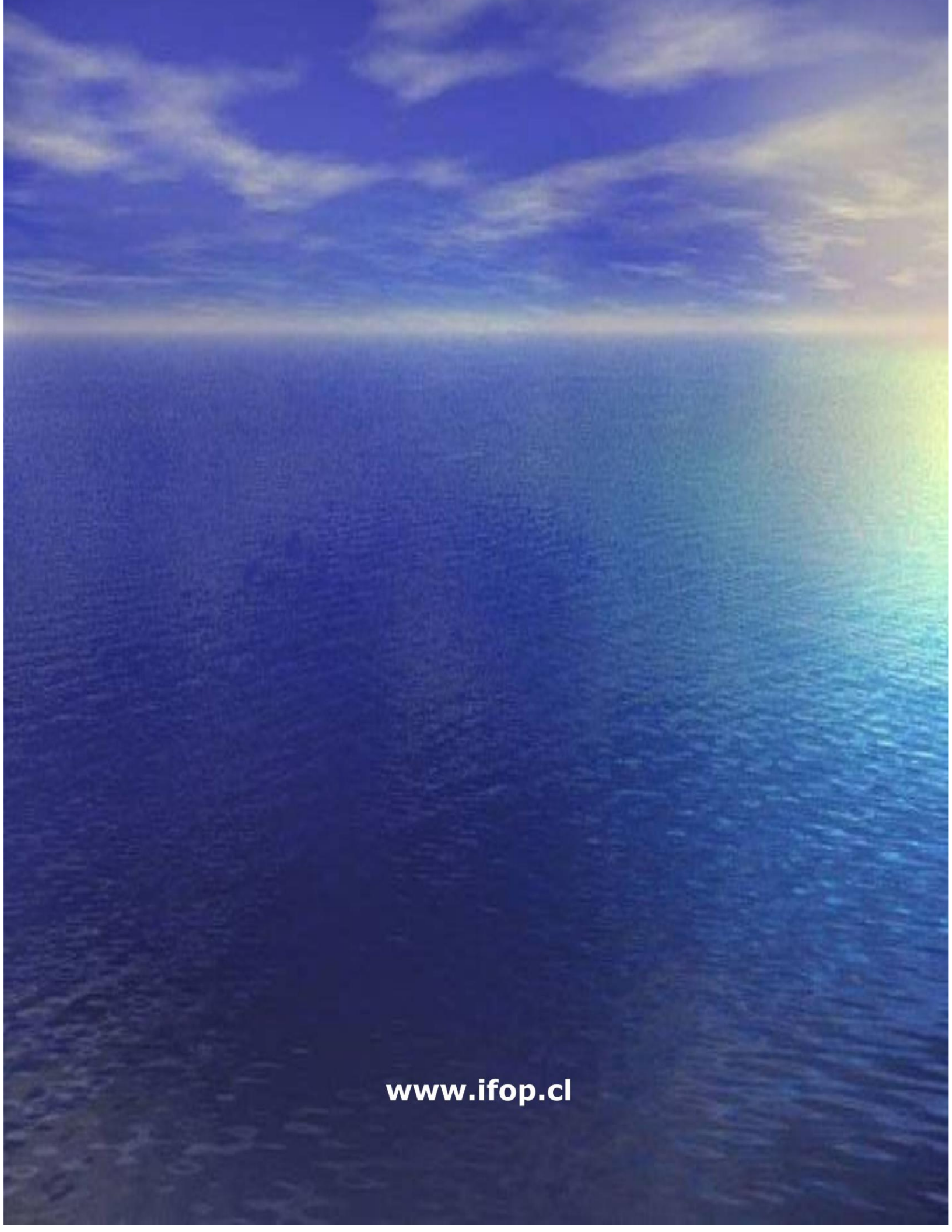
A N E X O 5

Datos 2015: bacalao de profundidad
(Archivo de Datos incluidos en CD, al inicio del Documento)



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

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



www.ifop.cl