

INFORME DE ESTATUS Y CUOTA

Convenio Desempeño 2014:

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 / Septiembre 2014



INFORME DE ESTATUS Y CUOTA

Convenio Desempeño 2014: 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 / Septiembre 2014

REQUIRENTE

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaria de Economía y Empresas de Menor Tamaño: Katia Trusich Ortiz

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo (I) y Jefe División Investigación Pesquera **Jorge Castillo Pizarro**

JEFE DE PROYECTO

Renzo Tascheri Oyaneder

AUTORES

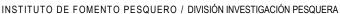
Evaluación de stock Renzo Tascheri Oyaneder Cristian Canales Ramírez

Situación actual de la pesquería Renato Céspedes Michea Liu Chong Follert



ÍNDICE GENERAL

		Página
1.	RESUMEN EJECUTIVO	1
2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
2.1	Objetivo general	
2.2	Objetivos específicos	
3.	ANTECEDENTES	
3.1	Biología del recurso	
3.1.1	Distribución y estructura del stock	
3.1.2	Historia de vida	
3.1.3	Interacciones ecosistémicas	
3.1.4	Adaptaciones fisiológicas	
3.2	Pesquería	
3.2.1	Escenario internacional	
3.2.2	Pesquería Chilena de bacalao de profundidad	
3.2.3	Pesquería argentina de bacalao de profundidad	
3.2.4	Aparejos y métodos de pesca	22
3.2.5	Situación actualizada de la pesquería	25
3.3	Medidas de administración	
3.3.1	Pesquería chilena de bacalao de profundidad	
3.3.2	Pesquería Argentina de bacalao de profundidad	42
3.4	Modelo conceptual	43
3.4.1	Principales antecedentes que soportan el modelo conceptual para la evaluación de	
	stock de bacalao de profundidad	
3.4.2	Modelo conceptual para la evaluación de stock de bacalao de profundidad	
3.4.3	Justificación del modelo conceptual	
3.5	Métodos de evaluación de stock	
3.6	Instancias de asesoría científica	50
4.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	51
4.1	Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock	
4.1.1	Descripción general del modelo	64
4.1.2	Supuestos fundamentales y decisiones estructurales	65
4.2	Objetivo 2: Establecer el estatus actualizado del recurso	
4.2.1	Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante	72
4.2.2	Marco biológico de referencia	
4.3	Objetivos 3 y 4: Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptables	
4.4	Objetivo 5: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo	76
5.	RESULTADOS	77
5.1	Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock.	77





Medidas de ajuste	77
Estimaciones de los parámetros	
Resumen de la evaluación de stock	102
Objetivo 2: Calcular los Puntos Biológicos de Referencia	104
Objetivo 3: Establecer el estatus actualizado de estos recursos	108
Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante	108
Marco biológico de referencia	110
Estado de situación de la pesquería de bacalao de profundidad	111
Resumen del estatus del stock de merluza común	111
Objetivo 4: Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptables	111
Proyección de la población a 15 años usando estrategias de mortalidad por	
pesca constante	111
Objetivo 5: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo	118
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	400
	Resumen de la evaluación de stock Objetivo 2: Calcular los Puntos Biológicos de Referencia Objetivo 3: Establecer el estatus actualizado de estos recursos Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante Marco biológico de referencia Estado de situación de la pesquería de bacalao de profundidad Resumen del estatus del stock de merluza común Objetivo 4: Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptables. Proyección de la población a 15 años usando estrategias de mortalidad por pesca constante Objetivo 5: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ANEXUS:

- **ANEXO 1.** Actas Reuniones N°1 y N°2 entre los proyectos de seguimiento y evaluación de stock del Instituto de Fomento Pesquero y la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G.
- ANEXO 2. Carta de AOBAC A.G. autorizando el uso de sus datos de bitácoras de pesca.
- **ANEXO 3.** Revisión de las estadísticas de captura y desembarque de bacalao de profundidad, Chile Año 2004.
- **ANEXO 4.** Aproximaciones de desembarques al norte y sur del paralelo 47° S.
- ANEXO 5. Distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca industrial. Bitácoras de pesca IFOP.
- ANEXO 6. Distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca industrial. Bitácoras de pesca AOBAC.
- **ANEXO 7.** Estimación de índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad.
- **ANEXO 8.** Descripción matemática de los modelos de evaluación, de cálculo de puntos biológicos de referencia y códigos computacionales.
- **ANEXO 9.** Estadísticas de diagnóstico.
- ANEXO 10. Modelo y Datos (en CD).



1. RESUMEN EJECUTIVO

En este Informe de Estatus y Cuota de bacalao de profundidad se reportan los análisis y resultados de la evaluación de stock implementada para informar el proceso de decisión de una cuota de captura para el año 2015. En este contexto, se reporta el estatus del recurso y resultados de los análisis de simulación de estrategias de explotación sustentables, las que incluyeron una proyección de la población a 15 años bajo cinco estrategias de explotación de mortalidad por pesca constante.

En la evaluación de stock se consideró toda la información y datos disponibles a las evaluaciones de stock anteriores (actualizados al año 2013) y nuevas fuentes de datos e información relevantes, que sólo recientemente se hicieron accesibles para ser usados con fines de estudio del estatus del stock y de sus niveles de captura biológicamente aceptables.

En el informe se incluyen también todos los antecedentes relevantes a la evaluación indirecta del stock de bacalao de profundidad, tales como:

- Biología, historia de vida y ecología de la especie.
- Descripción de la actividad pesquera sustentada en este el recurso.
- Desempeño de la pesca de bacalao de profundidad y características de las capturas observadas en el año 2013, de acuerdo con lo informado por el proyecto de seguimiento de la pesca demersal de aguas profundas.
- Medidas de administración de la pesquería.
- El modelo conceptual de la evaluación de stock de bacalao de profundidad
- Los métodos de evaluación indirecta usados en bacalao de profundidad.
- Datos, supuestos, métodos, códigos computacionales y resultados de los análisis de evaluación de stock.

Se utilizó un modelo estadístico de análisis de captura a la edad con el cual se analizaron dos casos. En el primero el modelo fue ajustado a los datos de captura de la flota industrial chilena (1989 a 2013) y las flotas argentinas de palangre (1993 a 2013) y arrastre (1991 a 2013) desarrolladas en el Atlántico Oeste al sur de la latitud 54°S, composición de edades de estas capturas: captura industrial (1991 a 2013), palangre Atlántico (2003 a 2013) y arrastre Atlántico (2003 a 2013) y tres índices de abundancia relativa, estimados con datos de captura y esfuerzo de: la pesca industrial chilena con palangre (1991 a 2006), la pesca industrial chilena con cachaloteras (2007 a 2013) y la pesca argentina con palangre (1993 a 2013). En el segundo caso el modelo fue inicializado en el año 1978 (a diferencia del primer caso, en que este se inicilizó en el año 1989), incluyendo toda la información y datos considerados en el primer caso pero esta vez incluyendo además los datos de captura, composición de edades y abundancia relativa de la flota artesanal que desarrolla su actividad en el talud de la plataforma chilena al norte de la latitud 47°S.



Los principales parámetros estimados en el modelo, son los reclutamientos, las mortalidades por pesca, las selectividades y la capturabilidades de las flotas.

Se estimaron también los puntos biológicos de referencia asociados al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), de acuerdo con las recomendaciones realizadas en el proyecto Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia en las Pesquerías Nacionales, que el Instituto de Fomento Pesquero se encuentra actualmente desarrollando.

La estimación puntual de la biomasa desovante presente en el año 2013, fue en el Caso 1 igual a 7.171 toneladas, lo que equivale a un 10% de la biomasa virginal. En el Caso 2, la biomasa desovante del último año fue 23.884 toneladas, lo que corresponde a un 11% de la biomasa virginal.

Se construyó el marco biológico de referencia para esta pesquería de acuerdo con lo descrito en la Def. 59 de la LGPA, Título I Artículo 2, a fin de poder determinar el estatus actualizado del recurso.

De acuerdo con este marco y los resultados de los dos casos estudiados en la evaluación de stock, 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 2013, haya excedido la mortalidad que produce el RMS (situación con sobrepesca) es de también igual a1.

Para alcular los niveles de captura biológicamente aceptables (CBA) y proponer el rango requerido en la LGPA, se proyectó la población a 15 años, simulando la explotación bajo cinco políticas de mortalidad por pesca constante. La población proyectada correspondió a aquella presente en el último año de la evaluación, el patrón de explotación se asumió igual al estimado en el último año de la evaluación y el reclutamiento proyectado correspondió al promedio de los últimos cinco años.

De acuerdo con el Caso 1, el rango de CBA propuesto para la pesquería chilena (industrial solamente) es de 545 a 681 toneladas.

El Caso 1 no incluyó a la pesca artesanal y asume que los bacalaos distribuídos en el área de esta pesquería no forman parte de la población desovante del stock. Consecuentemente, para fijar una cuota en el área artesanal se requiere hacer un análisis separado, en el cual no es necesario observar criterios de conservación de la biomasa desovante

De acuerdo con el Caso 2, el rango de CBA propuesto para la pesquería chilena es de 2.255 a 2.819 toneladas. Siguiendo un fraccionamiento proporcional a los desembarques, la captura artesanal para el año 2015 correspondería a 1.176 toneladas y la industrial a 1.642 toneladas.

La implementación de un modelo de evaluación de stock que incluyó la actividad pesquera desarrollada en el Atlántico Sur-Oste al sur de la latitud 54°S, atiende los puntos ii) y iii) de la sección 2.2.1, del Acta de la 2^{da} Sesión del CCT-RDAP sostenida los días 4 al 6 de diciembre de 2013 (http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-82055_documento.pdf).



2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

Actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales, analizando sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables y sus niveles de riesgo, en horizontes de corto y mediano plazo, considerando su incertidumbre asociada.

2.2 Objetivos específicos

- Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados 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, estimando 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 Científicos y Técnicos respectivos.
- III. Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptable para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, al año 2015, con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado, debidamente informado en tablas de decisión, considerando los posible estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
- IV. Analizar estocásticamente las posibilidades futuras de explotación de estos recursos en el mediano plazo y los riesgos de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de estimación de sus indicadores y los probables estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
- V. Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente proyecto y consignar en un listado de comprobación (checklist) el cumplimiento de cada una de las recomendaciones realizadas en las revisiones por pares, cuando corresponda.



3. 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) y de recomendar Capturas Biológicamente Aceptables (CBA).

En este contexto, 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), como también la investigación de carácter ocasional acerca de la biología, ecología y explotación pesquera de este recurso, disponible a través de publicaciones científicas y/o reportes científico-técnicos de carácter público.

Los resultados de este estudio forman parte de la base de antecedentes necesarios para dar soporte a las medidas de administración y conservación del recurso bacalao de profundidad.

3.1 Biología del recurso

3.1.1 Distribución y estructura del stock

El bacalao de profundidad tiene una distribución circum-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°. 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 1**).

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).



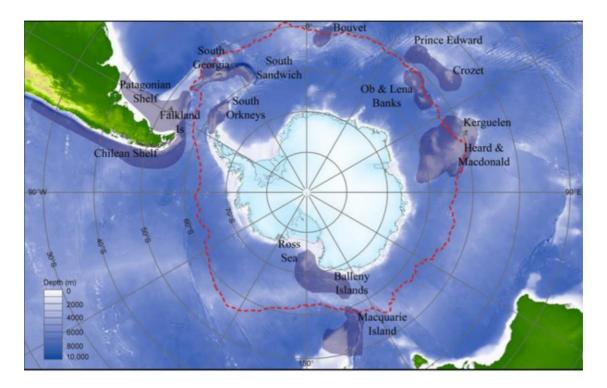


Figura 1. Proyección polar del hemisferio sur que muestra la distribución conocida del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*). La línea punteada roja demarca la Convergencia Antártica (tomado de Collins *et al.* 2010).

Usando DNA mitocondrial y microsatélites, 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 Oceáno 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).

Frecuencias de genotipos de microsatélites también mostraron diferenciación genética entre muestras de Georgia del Sur y muestras obtenidas de los alrededores de la Isla Bouvet y montes submarinos cercanos (Rogers *et al.*, 2006). Extensas distancias geográficas y profundidades mayores a los 3.000 m (y que exceden el rango batimétrico del bacalao) separan estas áreas.

El análisis genético de seis loci microsatélites 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 Sudamerica - patagónica versus las islas Georgias del Sur.

También el análisis de los datos de microsatélites 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 plausible, 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 2003, Brickle et al., 2005, 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.* 2005b, 2006). 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.*, 2011), 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.*, 2006).

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 (δ^{13} C, δ^{18} 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 δ^{18} 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 (δ^{13} 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. 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.

3.1.2 Historia de vida

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 del 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.

Dissostichus eleginoides es un desovador sincrónico (también denominado desovador total o isocrónico) con dos grupos de ovocitos de diferente tamaño, el grupo de oocitos 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 evidencia 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 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 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).

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. En la **Tabla 1** se presentan estimaciones de L50% para esta y otras localidades.

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

·			
	L50% mm.		
Área	machos	hembras	
South Georgia	577	1104	
South Georgia	670	860	
South Georgia	785	982	
South Georgia	750	1010	
Plataforma Patagonica	860	900	
Argentina	763	871	
Chile	1050	1170	
Chile	1287		
Chile	780-940	1130-1170	
Chile	810	890	
Kerguelen	650	800	
Kerguelen	630	850	
Argentina	823	837	
	South Georgia South Georgia South Georgia South Georgia Plataforma Patagonica Argentina Chile Chile Chile Chile Kerguelen Kerguelen	Área machos South Georgia 577 South Georgia 670 South Georgia 785 South Georgia 750 Plataforma Patagonica 860 Argentina 763 Chile 1050 Chile 1287 Chile 780-940 Chile 810 Kerguelen 650 Kerguelen 630	

Dientes caninos bien desarrollados ya se encuentran presentes en la mandíbula inferior cuando la larva ha alcanzado 20–22 mm SL (Kellermann, 1989).

Se piensa que las larvas se presentan de noviembre en adelante, en tamaños de alrededor de 14 mm al momento de eclosionar (Kock y Kellermann 1991). Al respecto, North (2002) infiere que el período de embriogénesis se extendería por espacio de 3,5 meses.

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.

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.*, 2010), llevaron a concluir que era muy probable que el uso de escamas condujera a una sub-estimación de la edad verdadera 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 un informativo si se usa para seguir el crecimiento durante los primeros años de vida, cuando las cohortes son más fáciles de distinguir.

En la **Tabla 2** se entrega una lista (no exhaustiva) de estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffv.

Tabla 2Parámetros 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	to	
Plataforma Patagónica	Hembra	141.4	0.150	-1.100	Ashford et al. (2001)
	Macho	120.7	0.013	-1.550	
Plataforma Patagónica	Combinados	184.7	0.065	6.386	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 et al. (1992)
	Macho	195.6	0.742	-0.721	
Isla Heard	Hembra	74.40	0.480	-0.460	Ashford et al. (2001)
	Macho	73.90	0.310	-1.710	
Kerguelen	Hembra	103.5	0.110	-4.700	Ashford et al. (2005a)
	Macho	95.90	0.120	-4.600	
Macquarie	Hembra	205.3	0.450	-1.540	Kalish y Timmiss (1998)
	Macho	138.4	0.720	-1.370	
Macquarie/NZ	Hembra	158.3	0.085	-0.350	Horn (2002)
EEZ	Macho	134.3	0.118	0.080	
Chile centro-sur	Combinados	177.8	0.109	0.000	Pavéz et al. 1983
	Combinados	218.0	0.048	-0.066	Rubilar et al. (1999)
	Combinados	152.2	0.085	-0.590	Oyarzún et al. 2003
Chile sur-austral	Combinados	210.8	0.064	-0.432	Aguayo y Cid (1990)
	Combinados	212.6	0.066	-0.477	Young et al. (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 et al. (1990)
	Combinados	207.0	0.075	-0.290	Cassia (1998)



Uno de los parámetros más importantes para evaluar la situación del stock de bacalao de profundidad es la tasa de mortalidad natural (M). 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 3**).

Tabla 3

Mortalidad natural de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*)

estimada en diferentes localidades y estudios.

Fuente	Área	Rango M a	Rango M año -1		
Yánez y Pizarro (1984)	Chile centro sur	0,10	0,20		
Zuleta y Moreno (1992)	Chile sur austral	-	0,15		
Shust et al. (1990)	South Georgia	0,16	0,18		
Moreno y Rubilar (1992)	CCAMLR sub-área 48.3	-	0,14		
Arana et al. (1994)	Plataforma Patagonica	0,10	0,20		
Des Clers et al. (1996)	Islas Falkland	-	0,10		
Cubillos y Araya (2007)	Chile	0,10	0,14		
Oyarzún et al. (2003)	Chile sur	0,10	0,14		

3.1.3 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 corroñeros 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 euphausidos (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 bacalaos 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.* (2003b) 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 íctiofaga y dominada por *Gadiformes* y *Ophidiiformes*.

Estos autores encontraron además diferencias significativas entre las dietas de especimenes 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 licitada 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 4Alimentación 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	Р	N	%F	%P	%N	IG	%IG
Aves								
Indeterminado	1	40	1	0.5	0.1	0.5	0.66	0.4
Cefalópodos								
Dosidicus gigas	3	63	3	1.6	0.2	1.4	1.87	1.1
Gonatus antarcticus	7	471	8	3.7	1.6	3.8	5.26	3.0
Histioteuthis heteropsis	4	727	4	2.1	2.4	1.9	3.73	2.2
Inderterminado	20	1316.8	20	10.6	4.4	9.5	14.19	8.2
Onykia ingens	4	439	5	2.1	1.5	2.4	3.45	2.0
Todadores filippovae	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								
Antimora rostrata	46	5986	63	24.5	20.1	30.0	43.02	24.8
Coelorhynchus australis	1	120	1	0.5	0.4	0.5	0.81	0.47
Coelorhynchus fasciatus	5	164	5	2.7	0.5	2.4	3.23	1.9
Coryphaenoides lecontei	1	280	1	0.5	0.9	0.5	1.12	0.65
Dissostichus eleginoides	2	1130	2	1.1	3.8	1.0	3.35	1.9
Inderterminado	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
Macrourus holotrachys	3	785	3	1.6	2.6	1.4	3.26	1.9
Macrourus sp	6	3315	6	3.2	11.1	2.9	9.90	5.7
Macruronus magellanicus	51	6964	53	27.1	23.3	25.2	43.70	25.2
Merluccius australis	2	915	2	1.1	3.1	1.0	2.93	1.7
Micromesistius australis	3	440	3	1.6	1.5	1.4	2.60	1.5
Notophysis marginata	1	14	1	0.5	0.0	0.5	0.61	0.35
Patagonotothen sp	1	435	1	0.5	1.5	0.5	1.42	0.82
Macrourus carinatus	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 perdidas 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.* (2010), 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 cachaloteras.

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 (mayoriatariamente granderos; 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 interactuan con la pesca, es el albatros errante (*Diomedea exulans*) cuya población global esta 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 pobación 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 especifica, con un predominio importante de dos especies de macrouridos, *M. holotmchys* 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.

3.1.4 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.* 1998, 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.*, 1998).

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.* (1998) 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.

Aún 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 substancias 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 y11°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.



3.2 Pesquería

3.2.1 Escenario internacional

El bacalao de profundidad fue inicialmente investigado como un recurso pesquero potencial en Chile en los años 50s mediante pescas exploratorias a bajas profundidades (Guerrero y Arana 2009; Moreno 1991). Al inicio de los años 80s, el bacalao comenzó a ser capturado como fauna acompañante en pesquerías de arrastre desarrolladas alrededor de la isla Kerguelen, la plataforma Patagónica y alrededor de Georgia del Sur. El desarrollo de espineles posibles de ser operados a gran profundidad, condujo a la pesca dirigida a hacia los adultos de este recurso en aguas chilenas a mediados de los años 80s y la actividad rápidamente se expandió a áreas tales como 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 a las cifras de FAO, los desembarques se incrementaron desde menos de 5.000 t en 1983 a 40.000 toneladas en 1992 (solamente incluyendo las capturas legales) en la CCAMLR y aguas territoriales (Figura 2).

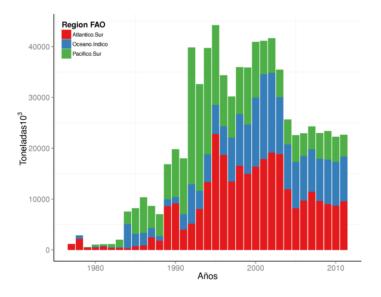


Figura 2. Desembarques anuales de bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) de diferentes regiones (Fuente FAO).

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 Urania. 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 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 (dirigida a los juveniles) 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 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 (*Champsocephalus 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 hasta 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. La CTP fue establecida en 400 toneladas en el año 2002/2003.

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 Macquearie (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 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 de las islas Malvinas comenzó 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.

3.2.2 Pesquería Chilena de bacalao de profundidad

El primer reporte de capturas de este recurso en Chile se remonta al año1988, frente al Archipiélago de los Chonos (De Witt, 1962). Más tarde en 1955 se registran capturas de bacalao conjuntamente con congrio dorado en prospecciones pesqueras realizadas frente a Valparaíso. Durante la década de los 60s y 70s, se realizaron una serie investigaciones pesqueras principalmente en la V Región, en donde se analizan 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 estudia 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 más bien conformaba focos de abundancia en caladeros específicos (Salas *et al.* 1987).

La pesquería como tal se inició en la V Región en 1970 con la actividad de una flota artesanal (Guerrero y Arana 2009), incorporándose posteriormente la VIII Región y a mediados de los años 80s esta ya se había extendido entre las regiones I y VIII. Este desarrollo fue motivado por una fuerte demanda en el mercado Norte Americano, facilitando la formación de numerosas pequeñas y medianas empresas orientadas a la exportación de bacalao, las que 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 nuevas embarcaciones, la adecuación de otras 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 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, en tanto que los buques arrastreros hieleros orientaron un mayor esfuerzo hacia la merluza común. Las flotas espinelera hielera y espinelera fábrica que operaba en la zona sur austral y que se habían desarrollado a partir del año 1986, en cambio 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 posibilidad de captura selectiva, lo convertía en una opción interesante de considerar en la perspectiva del desarrollo de una nueva pesquería.

En concordancia con esta política, la Subsecretaría de Pesca autorizó entre 1990-1991 pescas exploratorias de bacalao en la XI y XII Región, 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 transferibles.



De esta manera, la pesquería Chilena de bacalao quedo dividida en dos zonas. La zona Norte entre el límite Norte del país (18 $^{\circ}$ 21 $^{\circ}$) y el paralelo 47 $^{\circ}$, es reservada exclusivamente para la pesca artesanal, en tanto que en la zona sur (47 $^{\circ}$ S – 57 $^{\circ}$ S) el recurso es explotado por una actividad 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 ha sido instrumental en el desarrollo de nuevos e innovadores aparejos de pesca, tales como la cachalotera (trotline system; Moreno *et al.*, 2006, 2008).

3.2.3 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, corresponde a una pesca dirigida efectivamente hacia la especie y 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 de palangrera, ha ido en una gradual disminución, desde un máximo de 25 en 1996 a 4 en el año 2013 (Wöhler, 2013).

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

Los rendimientos de los buques arrastreros muestran una tendencia creciente a partir del año 1999 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).



3.2.4 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 3**).

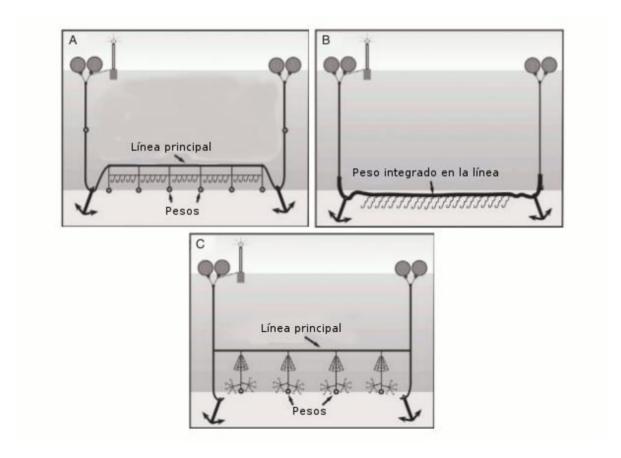


Figura 3. Illustración de los tres sistemas de espinel. (A) palangre español (sistema de doble línea), (B) sistema autoline, (C) sistema trotline con cachaloteras. (Modificado de Collins *et al.* 2010).



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 3**). 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), cono de red, "racimo" de anzuelos y el peso (**Figura 4**). 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 y dependiendo de la Firma/operador, cada cachalotera incluye un racimo de 6, 8 o10 anzuelos (**Figura 4**).

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 recientemente 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 este problema implica sin embargo, que las variables operacionales relevantes deben ser monitoreadas regularmente por los programas de recopilación de datos.

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 número que fluctuaba entre 3.000 y 10.000 unidades por lance y la línea se calaba muy próxima al fondo (Young *et al.*, 1987).

Hacia el final de los años 80s se introdujo el uso de anzuelos curvos, con 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 que permite operar en sectores de más difícil acceso con un mayor control del aparejo. Este diseño del espinel se generalizó en la pesquería artesanal a partir del año 1992 en donde durante las operaciones de pesca se comezó a calar entre dos a cuatro líneas diarias. (Young *et al.*, 1997).

Este arte de pesca consta de una línea principal o línea madre, en este caso 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).

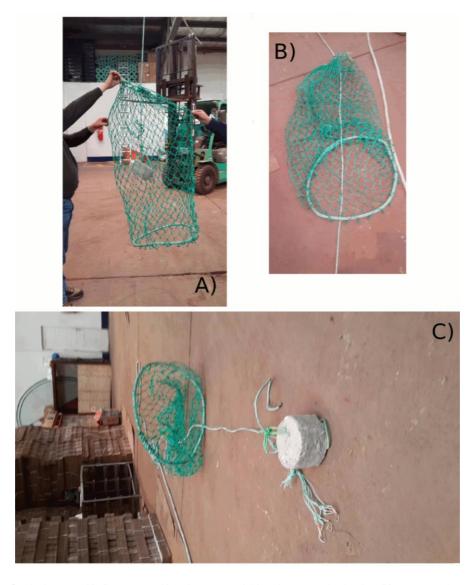


Figura 4. Cachalotera. A) Demostración de su posición durante el virado; B) mostrando su modo de instalación en la línea secundaria (barandillo), de manera que el cono de red se deslaza a lo largo de la primera; C) demostración de la disposición de la cachalotera cuando esta trabajando, con un detalle del "racimo" de anzuelos y el peso (Fotos: gentileza de Globalpesca SpA.).



3.2.5 Situación actualizada de la pesquería

3.2.5.1 Aspectos Biológicos

Pesquería industrial

Durante la temporada 2012 y 2013 y a diferencia de los años anteriores, la composición de tallas de las capturas de bacalao de profundidad del sector industrial no presentó una distribución unimodal, sino una bimodal, con una moda de ejemplares adultos entre 95 y 125 cm. y otra moda de ejemplares juveniles entre 65 y 85 cm. (**Figura 5**). Históricamente, los ejemplares capturados por este sector han registrado una estructura de talla mayor a lo observado en la pesca artesanal (Céspedes *et al.*, 2010).

Graficando la composición de longitud área y semestre se observa que la moda juvenil entre 65-85 cm. se registró en el área comprendida entre los rangos de latitud 47° y 53° S, tanto para el primer semestre como para el segundo (**Figura 6**). En cambio, la moda más adulta entre los 95-125 cm. se registró principalmente en los rangos de latitud donde se encuentran los principales caladeros de la pesquería (54° y 57° S). Lo anterior permite observar un posible gradiente en la composición de tamaños del recurso, en sentido que las áreas de pesca al norte de la latitud 54° S tienden a presentar una mayor presencia de ejemplares juveniles, aspecto que es posible observar en las distribuciones de longitud de juveniles de los desembarques de la flota artesanal que opera en caladeros al norte del área de pesca industrial (Céspedes *et al.*, 2010).

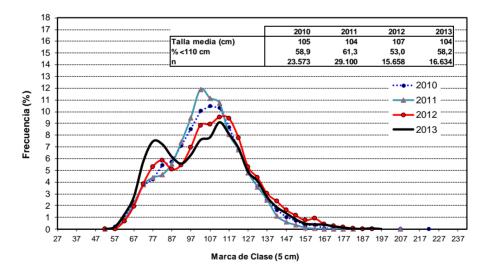
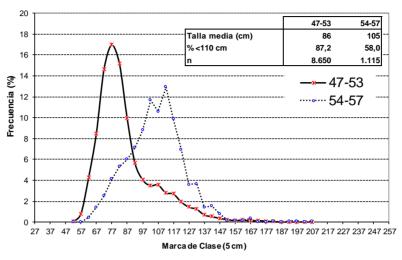


Figura 5. Distribución de talla de bacalao de profundidad en la flota industrial palangrera bacaladera de la PDA entre 2010 y 2013. Fuente IFOP.







SEGUNDO SEMESTRE

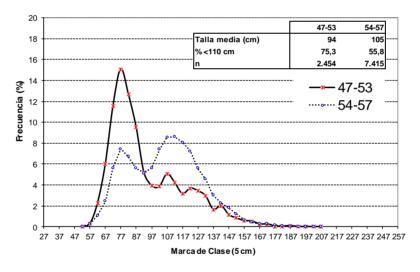


Figura 6. Distribución de talla de bacalao de profundidad en la flota industrial palangrera bacaladera de la PDA por semestre y rango de latitud (47°-53° S y 54°-57° S) del 2013. Fuente IFOP.

Talla media

En el período 2009 y 2013 la talla media se ha situado en torno a los 105 cm. LT, mientras que la proporción de ejemplares bajo 110 cm. se ha presentado entre 50% y 60% (**Figura 7**).



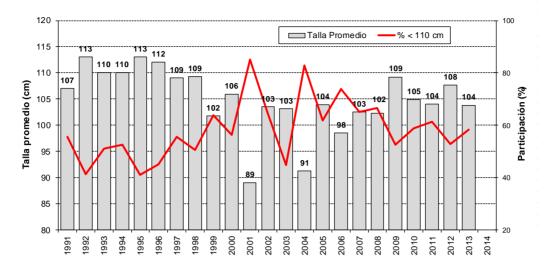


Figura 7. Distribución de la talla media anual del recurso bacalao de profundidad y porcentaje de ejemplares bajo la talla 110 cm. en la flota palangrera bacaladera, ambos sexos, área de licitación. Fuente IFOP.

Proporción sexual

Como ha sido habitual, la proporción sexual en la captura de bacalao de profundidad en la temporada 2013 mantuvo el predominio de los machos, no obstante que entre los años 2011 y 2013 la proporción entre machos y hembras ha tendido a aproximarse al 50% (**Figura 8**).

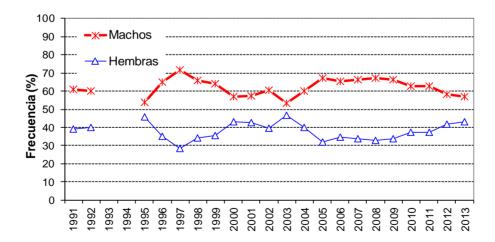


Figura 8. Distribución histórica de la proporción sexual del recurso bacalao de profundidad en la flota palangrera bacaladera. Fuente IFOP



Condición reproductiva: Índice gonadosomático en el área de licitación

En los años 2007 y 2013 ha sido posible observar un incremento del IGS hacia el mes de mayo; para posteriormente en septiembre registrar bajos valores de este indicador (**Figura 9**). Este patrón, estaría indicando una mayor actividad reproductiva del recurso durante el período de veda en el área austral.

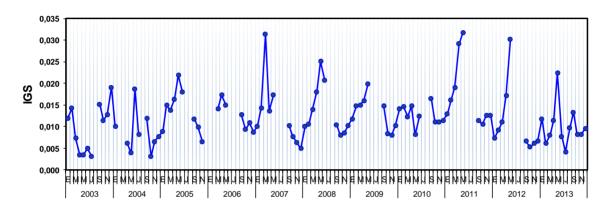


Figura 9. Índice gonadosomático (IGS) de de bacalao de profundidad para hembras, flota industrial para el área licitada, período 2003-2013. Fuente IFOP.

Pesquería artesanal

La composición de tallas en la zona sur austral presentó una distribución unimodal con asimétrica positiva (**Figura 10**) muy similar a la observada en años anteriores (**Figura 11**), situada entre los 67 y 82 cm. (**Figura 10 y 12**) y acompañada de un descenso en la participación de los ejemplares entre los 92-107cm (**Figura 10**). Por su parte en la actividad de embarque, la captura presentó una estructura de tallas y una moda muy similar a la observada en los desembarques muestreados en 2013 y a los embarques realizados en el año 2011 (**Figura 12**).

A diferencia de años anteriores, la V Región se caracterizó por presentar una distribución unimodal. Con una moda situada entre los 77-92 cm. (**Figura 10 y 13**), encontrándose desplazada hacia tallas mayores con relación a la moda principal registrada en 2012 (**Figura 13**).

Por su parte, la composición de tallas en la zona norte (Iquique y Caldera) presentó una forma multimodal, con una moda principal situada entre los 72-87 cm. que se localizó en una posición intermedia con relación a las otras zonas (**Figura 10**).



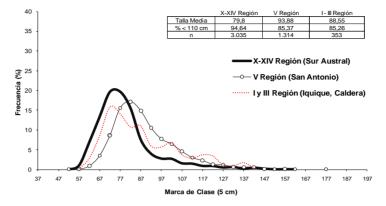


Figura 10. Distribución de frecuencia de talla de bacalao de profundidad en la flota artesanal que opera en la pesquería sur austral (X y XIV Región), V Región (San Antonio) y I-III Región (Iquique y Caldera). Período 2013. Fuente IFOP.

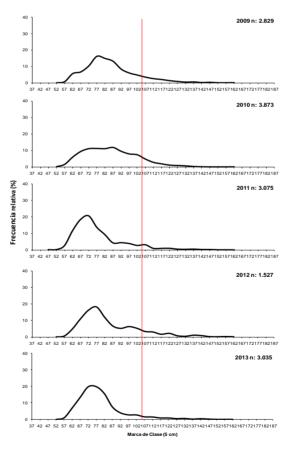


Figura 11. Distribución de talla de bacalao de profundidad de la flota artesanal en la zona sur austral (X-XIV Región). Línea roja indica la talla de madurez sexual (110 cm.). Período 2009-2013. Fuente IFOP.



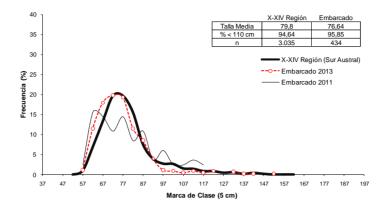


Figura 12. Distribución de frecuencia de talla de bacalao de profundidad en la flota artesanal que opera en la pesquería sur austral (X y XIV Región), embarcado 2011 y embarcado 2013. Fuente IFOP.

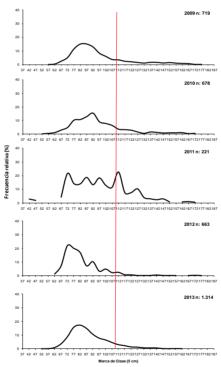


Figura 13. Distribución de talla de bacalao de profundidad de la flota artesanal en la V Región (Puerto San Antonio). Línea roja indica la talla de madurez sexual (110 cm.). Período 2009-2013. Fuente IFOP.

A partir de 2005, la talla media en la zona sur austral experimentó un constante descenso, pasando de 90,6 cm. registrada en el 2005 a 79,8 cm. (**Figura 14**). En el Puerto de San Antonio, se registró un valor de 93,8 cm., que se sitúa dentro de los niveles observados (a excepción del año 2012,



Figura 14). Por su parte, la zona norte registró un valor intermedio de 88,5 cm. en relación a las otras zonas.

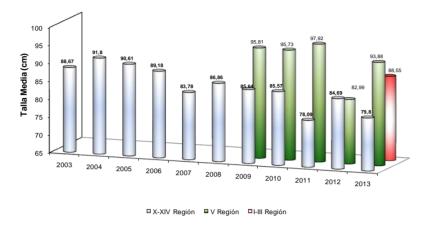


Figura 14. Distribución de la talla media (cm.) del recurso bacalao de profundidad en la flota artesanal que opera en la zona sur austral (X-XIV Región), V Región (San Antonio) y I-III Región, ambos sexos, 2003 - 2013. Fuente IFOP.

La participación de ejemplares menores a la talla de madurez sexual en la zona sur austral registró a partir del año 2005 un aumento leve pero constante, representando el 94% de las capturas durante el año 2013 (**Figura 15**) mientras que en San Antonio se registró un importante descenso de este indicador, con un valor de 85% y que representa una leve tendencia al alza con respecto a lo observado en la temporada 2009 (**Figura 15**).

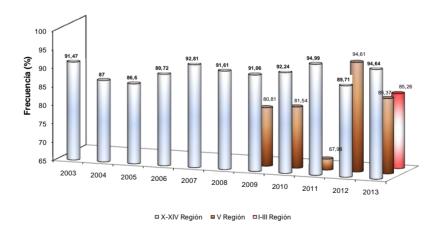


Figura 15. Distribución del porcentaje de ejemplares bajo la talla 110 cm. del recurso bacalao de profundidad en la flota artesanal que opera en la zona sur austral (X-XIV Región), V Región (San Antonio) y I-III Región ambos sexos, 2003 - 2013. Fuente IFOP.



3.2.5.2 Aspectos Pesqueros

Pesquería Industrial

Tamaño de la flota industrial

Durante el año 2013, la pesquería industrial de bacalao de profundidad registró un incremento a 10 naves respecto de las 8 naves registradas en el año 2012, principalmente por el retorno de 2 naves asociadas a la empresa Pesca Chile; posiblemente en respuesta a adecuaciones operacionales de esta empresa en razón a su situación financiera (**Figura 16**).

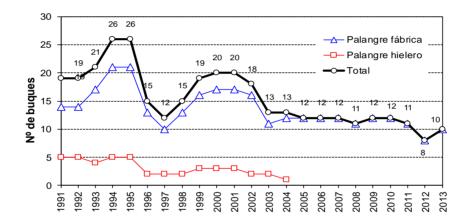


Figura 16. Número de naves anuales en la flota palangre bacaladera por tipo de buque. Fuente IFOP.

Distribución espacio-temporal del esfuerzo y la captura

La distribución espacio temporal del esfuerzo de pesca entre los años 2001 y 2013 confirma que la operación sobre bacalao se concentra habitualmente al sur del paralelo 55° S (**Figura 17**), excepto entre junio y agosto, donde los niveles disminuyeron al sur del paralelo 53° S principalmente debido a la veda reproductiva sobre el recurso. En general, el esfuerzo de pesca del año 2013 se mantuvo concentrado en un área reducida del extremo austral, entre los paralelos 55° y 57°S, e incluso aledaño al límite con Argentina, en donde destacan caladeros al sur y cercanos a la Islas Diego Ramírez (**Figura 17**).

Entre 2011 y 2013 también se ha registrado una mayor orientación del esfuerzo de pesca hacia caladeros entre los 47° y 53°S; no siendo esto habitual en los años anteriores (**Figura 17**). De acuerdo a la información entregada por los propios operadores, esta mayor visita al norte del paralelo 53° busca reducir la depredación por los mamíferos (orcas y cachalotes), como ocurre habitualmente en las áreas de pesca localizadas más al sur.



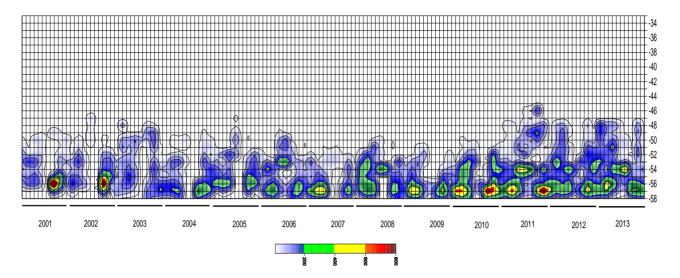


Figura 17. Distribución del esfuerzo de pesca (miles de anzuelos) en bacalao de profundidad por mes y rango de latitud, entre 2001 y 2013. Fuente IFOP.

Las mayores capturas y rendimientos de pesca en el extremo austral se deben posiblemente al ingreso de individuos desde Argentina (Céspedes *et al.*, 2005, 2006 y 2007). La posterior dispersión de los rendimientos de pesca en sentido norte en el área licitada y las capturas en el área de operación de la flota artesanal, podrían tener su origen en reclutamientos producidos tanto en la región más austral de Chile como en aguas Argentinas contiguas a esta zona.

Captura, esfuerzo y rendimiento nominal histórico

Entre las temporadas 2004 y 2009, los indicadores de captura y rendimiento de pesca mostraron una tendencia leve de incremento en el área de licitación (**Figura 18**). Los rendimientos de pesca reportados entre los años 2010 y 2013 han exhibido una gradual disminución respecto al período anterior, siendo los valores de los años 2012 y 2013 los más bajos registrados en la serie histórica de la pesquería.

En la **Figura 18** se muestran el número de anzuelos calados y el rendimiento de pesca en gramos por anzuelo. A partir del año 2008, con la introducción de la cachalotera en todos los barcos que operan en esta pesquería, la captura por anzuelo ha dejado de ser un indicador sensible del rendimiento de pesca y el rendimiento entre los años 2008 y 2013 es entonces medido en gramos por barandillo (o gramos por cachalotera), asumiendo un valor medio de de 8 anzuelos por barandillo (**Figura 18**). La tendencia de este último indicador muestra una caída del rendimiento desde el año 2009 en adelante, siendo los años 2012 y 2013 los valores más bajos en esta corta serie de años.

La introducción de la "cachalotera", una modificación del palangre para mitigar la depredación por mamíferos, se inició aproximadamente durante la segunda temporada del año 2006, período en que las naves emplearon tanto el palangre tradicional como el palangre cachalotero. Durante la segunda



mitad del año 2007, prácticamente todas los barcos estaban operando con el nuevo aparejo, situación que se ha mantenido hasta la fecha.

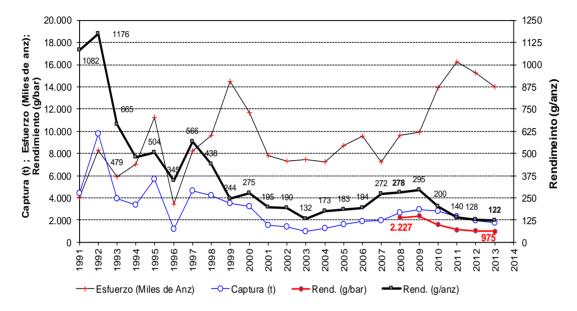


Figura 18. Distribución del esfuerzo, captura, rendimiento de pesca por anzuelo en g/anz y rendimiento de pesca por barandillo en g/bar de bacalao de profundidad en la flota palangrera bacaladera, área de licitación entre 1991 y 2013. Fuente IFOP.

Pesquería artesanal

Captura, esfuerzo y rendimiento de pesca

Se registró un aumento importante en el número de viajes con relación a lo observado a partir de la temporada 2011 (**Tabla 5**). Este incremento tuvo su origen en un cambio de actitud hacia el trabajo de levantamiento de datos realizado por el instituto, tanto por parte de los armadores como de los capitanes de la flota artesanal, lo que se produjo con motivo de las nuevas regulaciones por la autoridad pesquera, específicamente la fijación de cuotas de captura. Al respecto y de acuerdo con las apreciaciones de los propios operadores, el cambio de actitud se debe a la percepción de que no es posible esperar un aumento de la cuota de captura para el área de pesca artesanal si la autoridad no cuenta con información de la actividad de pesca. De este modo y de manera extraordinaria, se logró por primera vez monitorear la actividad extractiva sobre este recurso en la zona norte del país, específicamente en los puertos de Iquique (I Región) y Caldera (III Región).



A nivel regional, los mayores valores de rendimientos de pesca se registraron en la III y X Región, seguidas de la VIII, XIV, V y I Región (**Tabla 6**). No obstante, debe señalarse que en la X Región se observó durante el mes de enero un viaje de pesca con desembarques sobre las 8 t y que de acuerdo a juicio experto corresponderían al procedimiento denominado "acarreo de pesca".

De acuerdo a las zonas de pesca y a diferencia de años anteriores se observó que los rendimientos registraron valores muy similares en todas las zonas monitoreadas fluctuando entre 1.753 y 2.096 kg/viaje (**Figura 19**). Por su parte, las zonas históricamente monitoreadas, es decir la zona central (V Región) y la zona sur austral (X-XIV Región) registraron valores de 1.753 y 1.917 kg/viaje (**Figura 19**).

A escala mensual este indicador fluctuó en la zona sur austral entre los 1.152 - 8.727 kg/viaje, rendimientos que fueron en general menores a los observados durante la temporada 2012 (**Tabla 6, Figura 20**). Por otra parte, lo señalado anteriormente con relación al procedimiento denominado "acarreo de pesca" hizo replantear el proceso de selección de datos y se decidió considerar sólo los registros de embarcaciones cuyas capturas fueron menores a 7 t. Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento registra un descenso, pasando de 5.649 a 2.576 kg/viaje (**Figura 19**).

El puerto de San Antonio registró valores que fluctuaron entre 900 y 2.576 kg/viaje y que en general fueron superiores a los observados en años anteriores (**Tabla 6**, **Figura 21**). Por su parte, en la zona norte (I y III Región) se observaron valores entre los 900 y 3.331 kg/viaje, destacándose los valores registrados en el puerto de Caldera (2.394 kg/viaje) que resultaron ser mayores a los del puerto de Iquique (1.263 kg/viaje).

Tabla 5

Resultados operación de la flota artesanal de bacalao de profundidad durante 2013 a nivel nacional.

Los indicadores corresponden a los viajes de pesca muestreados por IFOP

y a datos obtenidos de bitácoras de los armadores.

Mes	Número de Viajes								2012
	1	III	V	VIII	Χ	XIV	Total	2011	2012
Enero					1	1	2		
Febrero						1	1	3	
Marzo			1				1	3	
Abril			1			2	3	2	
Mayo			2			4	6		2
Junio						6	6	3	
Julio						5	5	3	
Agosto		4					4	3	2
Septiembre	2	2	1				5	3	
Octubre	6	4	1			12	23	2	6
Noviembre	2	2	3	1		4	12	2	7
Diciembre					2		2		
Total 2013	10	12	9	1	3	35	70	24	17



Tabla 6

Resultados operación de la flota artesanal de bacalao de profundidad durante 2013 a nivel nacional.

Los indicadores corresponden a los viajes de pesca muestreados por IFOP

y a datos obtenidos de bitácoras de los armadores.

Mes	Kg / Viajes										
	I	III	V	VIII	Χ	XIV	Total				
Enero					8.727	2.572	5.650				
Febrero						2.351	2.351				
Marzo			2.000				2.000				
Abril			2.576			1.487	1.850				
Mayo			1.350			2.238	1.942				
Junio						1.421	1.421				
Julio						1.153	1.153				
Agosto		3.331					3.331				
Septiembre	950	1.470	2.000				1.368				
Octubre	1.431	2.081	900			1.860	1.745				
Noviembre	1.075	2.071	1.867	1.993		2.781	1.918				
Diciembre					3.173		3.173				
Total 2013	1.263	2.394	1.753	1.993	5.024	1.845	1.954				

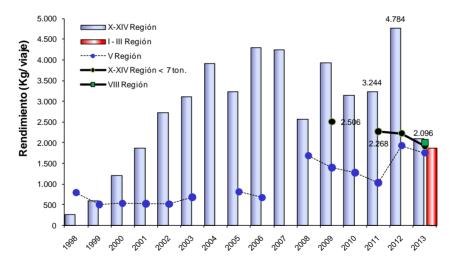


Figura 19. Rendimiento de pesca nominal (kg / viaje) para bacalao de profundidad en la flota artesanal por zona y región. Período 1998-2013. Fuente IFOP.



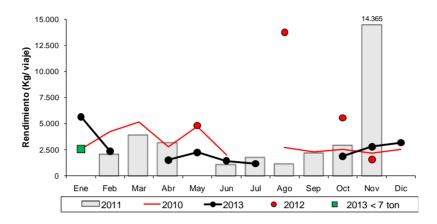


Figura 20. Rendimiento de pesca nominal mensual (kg / viaje) para bacalao de profundidad en la zona sur austral (X-XIV Región). Período 2010-2013. Fuente IFOP.

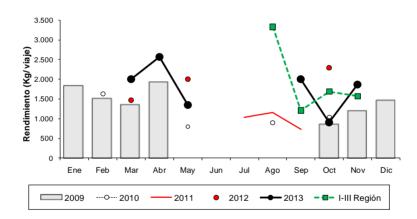


Figura 21. Rendimiento de pesca nominal mensual (kg / viaje) para bacalao de profundidad en la zona norte (I-III Región) y V Región (San Antonio). Período 2009-2013. Fuente IFOP.

De acuerdo al puerto de desembarque, los rendimientos de pesca difieren notablemente, observándose en general un aumento en sus valores de acuerdo a un gradiente latitudinal norte a sur (**Figura 22**). Durante la temporada 2013, el puerto de Iquique registró los menores valores y el puerto de Chinquihue representó la situación opuesta con valores de 1.263 y 5.536 kg/ viaje. Por otra parte, es posible distinguir dos periodos, el primero comprende los años 1986-2006 y se caracteriza por valores menores a 1.500 kg/viajes y el segundo entre 2008-2013 se caracteriza por un aumento de los rendimientos de pesca (**Figura 22**).



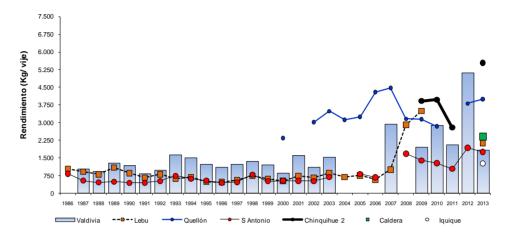


Figura 22. Rendimiento de pesca (kg/viajes) de bacalao de profundidad para San Antonio, Lebu, Valdivia, Chinquihue y Quellón entre 1986 y 2013. Fuente IFOP.

La nueva actitud de los operadores hacia las actividades de monitoreo hizo posible el embarque de personal IFOP en un viaje de pesca de la flota de lanchas (Lebu), la que también opera sobre pez espada (*Xiphias gladius*). Se registró la posición del total de lances realizados (38 lances de pesca), observándose en sólo 14 de ellos la captura de 434 ejemplares que representaron 1.992. Los rendimientos de pesca, considerando sólo los lances positivos, oscilaron entre 25-251 kg/lance y 51-503 g/anz con valores medios de 142 y 284, respectivamente (empleándose sardina y reineta como carnada).

Indicadores pesqueros de acuerdo a información oficial

A partir del año 2010 el número de viajes de pesca ha experimentado un progresivo incremento, el que continuo durante 2013 tanto a nivel nacional como en la zona sur austral (X, XIV y XI Región; **Figuras 23** y **24**). Esta tendencia coincide con el descenso registrado en los valores de desembarques y de rendimientos de pesca (**Figura 19**). La caída del desembarque aludida coincide con la fijación en el año 2014 de una cuota de captura para la pesquería artesanal demersal de profundidad.



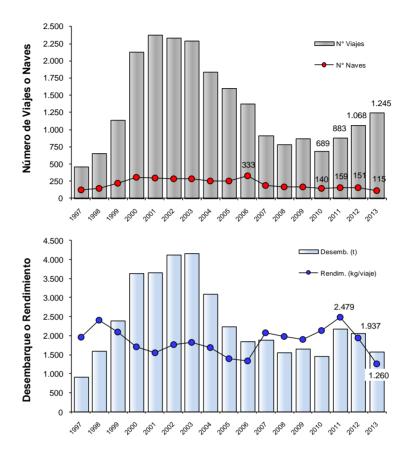


Figura 23. Número de viajes, número de naves, desembarque (t) y rendimiento de pesca (kg/viaje) en bacalao de profundidad en la flota artesanal (lanchas), 1997- 2013. Fuente SERNAPESCA.

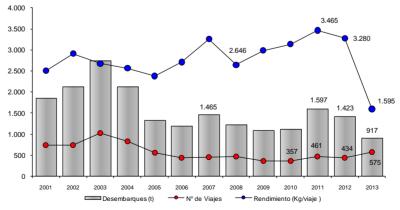


Figura 24. Número de viajes, desembarque (t) y rendimiento de pesca (kg/viaje) en bacalao de profundidad (flota artesanal) para la zona sur austral de pesca (X-XIV Región), 2001- 2013. Fuente SERNAPESCA.



3.3 Medidas de administración

3.3.1 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 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 adjudico 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 Nº 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 transparento 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.

3.3.2 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.

3.4 Modelo conceptual

La justificación conceptual del (de los) modelo(s) 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 la modelación.

El estado del conocimiento y consideraciones de parsimonia, muchas veces condicionan el detalle con que estos procesos son incorporados en un modelo de evaluación de stock (**Figura 25**).

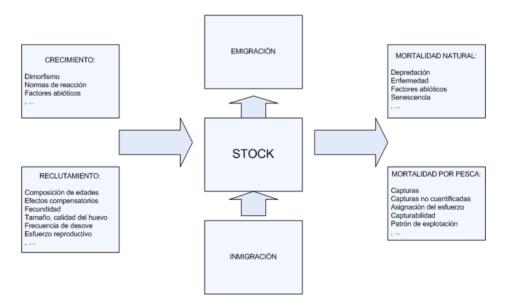


Figura 25. Representación de los procesos que gobiernan la dinámica de una población bajo explotación. El estado del conocimiento condiciona el detalle con estos procesos son incorporados en un modelo de evaluación de stock.



Es pertinente hacer notar aquí, que a medida que los métodos de evaluación de stock permiten incorporar una variedad cada vez más amplia de datos y mayor incertidumbre, la tendencia de la toma de decisiones para fijar niveles biológicamente aceptables de captura, es hacia la adopción de reglas simples y a la implementación de modelos complejos sólo con el propósito de poner a prueba estas reglas (modelos estratégicos). Los modelos de evaluación de stock (modelos tácticos) en cambio, están tendiendo a ser menos complejos y a usar datos de entrada simples y se implementan sólo para guiar los ajustes que se requieren hacer en la pesquería, a fin de poder implementar las políticas identificadas con anterioridad usando el modelo estratégico (Hilborn 2003, Methot 2009).

3.4.1 Principales antecedentes que soportan el modelo conceptual para la evaluación de stock de bacalao de profundidad

El modelo conceptual para la evaluación de stock, se estructura sobre las siguientes interpretaciones de la información científica disponible:

• Existe una única gran área de desove en el Pacífico, en la región más austral de Chile, la que se extiende por el Este hacia aguas jurisdiccionales de Argentina.

Esta interpretación esta soportada en los estudios de Arana (2009) y Balbontín *et al.* (2011), donde en el primer caso se reporta evidencia de una importante actividad reproductiva entre las latitudes 49°49'S y 59°39'S, basada en muestras tomadas con palangre a profundidades entre 600 y 2.393 m. Arana (2009) observó para ambos sexos gónadas en desarrollo en junio y julio, individuos maduros entre julio y septiembre y desovados entre agosto y octubre.

Siguiendo la frecuencia de estadios de madurez macroscópicos, Balbontín *et al.* (2011) observaron actividad de desove en la región comprendida entre 55°46' S, 68°32' W y 57°54' S, 67°29' W. La actividad reproductiva se extendió entre julio y octubre, con un máximo en septiembre.

La información del territorio Argentino la aportan los trabajos de Pájaro (2005) y Pájaro *et al.* (2009). De acuerdo con el primero, existe un área de desove delimitada por tres sectores: Oeste del banco Burwood, sur del estrecho de Le Maire y sur de Tierra del Fuego (57°S), en donde la mayoría de las hembras muestreadas en septiembre y octubre presentaban signos de desove relativamente reciente. En el segundo trabajo, se detectaron ejemplares en reproducción entre los meses de julio y octubre, en un área de desove que comprendió el sector sur y oeste del banco Burwood y sur de Tierra del Fuego e Isla de los Estados. La totalidad de los desovantes se capturaron a más de 1.000 m. de profundidad.

Como lo plantea Arana (2009), no existe ninguna evidencia de que este recurso se reproduzca en otra área en el océano Pacífico. Esta noción es reforzada por el hecho de que los arrastreros operando en varias pesquerías desarrolladas en la plataforma continental o región superior del talud, al menos hasta los 500 m, no registran al bacalao entre las especies acompañantes de su captura.



La evidencia más sólida de que el bacalao de profundidad no desova entre el límite norte de Chile y la latitud 40° S., es aportada por el trabajo de Young *et al.* (1999), quienes basados en el análisis histológico de 4.043 muestras de gónadas tomadas en siete localidades (Tocopilla, Mejillones, Caldera, Coquimbo, San Antonio, Lebu y Valdivia) entre las latitudes 21°30' S. y 40°00' S. y entre enero y diciembre de 1998, observaron una proporción mayoritaria de individuos en estado inmaduro, un alto porcentaje de atresia folicular y una completa ausencia de folículos post-ovularios y/o ovocitos hidratados.

Basados en los valores observados del índice gonadosomático, Oyarzún *et al.* (2003b) describen actividad reproductiva en muestras tomadas en Quellón (43°06' S), pero no en muestras tomadas en Lebu (37°35'S) o Corral (39°53'S). Es también muy probable que las muestras tomadas en Quellón correspondan a capturas realizadas más al sur.

• Existe una sola unidad poblacional genética para el bacalao de profundidad de las costas de Sudamérica, la que se extiende desde el norte del Perú hasta el extremo austral y desde allí hasta las costas de Argentina e islas Malvinas.

Análisis de *loci* microsatélites del ADN nuclear y de secuencias del gen mitocondrial ND2 de las poblaciones de *Dissotichus eleginoides* de la plataforma patagónica y de las islas Georgias del Sur, muestran que estas son genéticamente diferentes entre sí (Shaw *et al.*, 2004, Galleguillos *et al.*, 2008). Estos últimos autores, encontraron además homogeneidad genética entre las poblaciones de islas Malvinas y localidades de la costa chilena y peruana.

 La población de bacalao de profundidad explotada por la pesquería industrial tiene un origen natal común.

La huella elemental de Sr, Br, Mg y Mn, en secciones del núcleo del otolito de *Dissotichus* eleginoides, no mostró diferencias significativas entre tres zonas de la plataforma chilena al sur de la latitud 51°S, sugiriendo un origen natal común de los individuos distribuidos en esta región (Cubillos et al., 2011).

Este estudio sin embargo no aportó con información concluyente respecto de la zona de origen de los individuos capturados en Chile, ni de la conectividad entre el stock explotado en Chile y otras poblaciones de esta especie.

El mismo tipo de información ha mostrado claras diferencias entre las islas Georgias del Sur y la plataforma patagónica, con una discontinuidad en el Frente Polar (Ashford *et al.*, 2006).



 El bacalao de profundidad se desplaza entre la región del talud del Pacífico Sur Este (al sur de la latitud 47°) y Atlántico Sur Oeste y entre la región del talud del Pacífico Sur Este (al sur de la latitud 47°) y aquella en donde se desarrolla la pesca artesanal demersal de profundidad.

El reconocimiento en el año 2009 de la necesidad de contar con índices de abundancia alternativos a la captura por unidad de esfuerzo, llevó a considerar el marcaje como la opción más viable para obtener este tipo de información, la que tiene el beneficio adicional de permitir conocer el movimiento de los peces y la conectividad entre las distintas áreas a lo largo de costa chilena y con el Atlántico y estimar algunos parámetros de historia de vida.

En este contexto, la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes (AOBAC A.G.) en conjunto con el Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.) realizó un estudio de la factibilidad del marcado a bordo de la flota industrial de bacalao (Res. Ex.1937/10). Los resultados de esta investigación, sentaron las bases para el Programa Plurianual de Marcaje de bacalao de profundidad, que hoy está siendo financiado por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP 2014-03).

Desde el inicio del marcaje al 30 de diciembre de 2013, en este programa se habían marcado 1.741 ejemplares y recapturado 30, de los cuales 24 fueron capturados en la unidad de pesquería industrial, 5 en la unidad de pesquería artesanal y 1 en Argentina (Rubilar *et al.*, 2014).

Uno de los individuos marcados en las cercanías de la isla Diego de Almagro (51°20,8'S; 76°03,6'W) fue recapturado al sur de Constitución (36°02'S; 73° 43'W), desplazándose más de 1.700 Km. en 246 días, en tanto otros marcados en Diego Ramírez e Isla Nueva, mostraron poco desplazamiento con dirección tanto Este como Oeste. El individuo recapturado en Argentina, fue marcado en Isla Nueva y recapturado al Este de la Isla de los Estados (Rubilar *et al.*, 2014).

En Argentina en el año 2004, el INIDEP puso en marcha el Programa de Marcado y Recaptura de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), con el objetivo de identificar la unidad poblacional sujeta a explotación en el Mar Argentino y conocer algunas características del ciclo reproductivo, crecimiento y alimentación de este recurso.

Hasta septiembre de 2013, el programa Argentino había marcado 5.248 ejemplares, de los cuales se había recapturado 97. Entre los ejemplares recapturados, tres individuos se desplazaron hacia el sur de Argentina; dos ejemplares marcados al norte del paralelo 47° LS se recapturaron en el sur de Argentina; 7 ejemplares migraron a Chile, de los cuales 6 se recapturaron al sur de 47°S y uno al norte de dicha latitud, a la altura de Valparaíso. A pesar de estas amplias migraciones, la mayoría de los ejemplares recapturados (80%) no se desplazaron más allá de 50 millas náuticas del punto de marcaje.



 Existe conectividad entre el área de desove (localizada entre el sur oeste del Cabo Horne y el oeste del Banco Burwood) y la plataforma de la Patagonia Argentina e islas Malvinas, de manera que los estados tempranos de vida producidos en la primera área aportan con individuos a las pesquerías desarrolladas en las dos últimas.

Esta información es proporcionada por el trabajo de Ashford *et al.*, (2012), quienes usaron un modelo hidrodinámico forzado por un modelo global atmosférico para hacer predicciones espaciales concernientes al aporte de estados tempranos de vida de bacalao de profundidad desde dos regiones del área de desove a las pesquerías de arrastre desarrolladas al norte y sur de las islas Malvinas.

La liberación de partículas simuladas, indicó que existían vías de transporte de estadios tempranos de vida desde las agregaciones reproductivas en Chile (Sur Oeste del cabo Horne) hacia las regiones norte y sur de las Malvinas. Las partículas liberadas en el banco Burwood, fueron transportadas hacia el sur del área de pesca en las Malvinas pero no hacia el norte.

El estudio de la huella elemental de Sr, Br, Mg y Mn en el núcleo del otolito, soporta la hipótesis de que los individuos capturados en la pesca de arrastre desarrollada en Malvinas, son aportados por transporte advectivo de gran escala, desde el área de desove localizada entre el Sur Oeste del Cabo Horne y el Oeste del Banco Burwood.

3.4.2 Modelo conceptual para la evaluación de stock de bacalao de profundidad

Caso 1

El incremento del tamaño del stock está dado por el reclutamiento, el crecimiento somático y la inmigración desde el Atlántico Este, especificamente la región al norte de la latitud 54°S.

La reducción en el tamaño del stock ocurre por mortalidad natural (M), mortalidad por pesca (F) y por la emigración de individuos, principlamente hacia la región al Norte del área de pesca industrial y secundariamente desde la parte Argentina del stock y hacia la región de la plataforma Atlántica al Norte de la latitud 54°S. Los individuos distribuidos en el Pacífico y que emigran hacia la región al Norte de la latitud 47°S, no regresan al Sur de manera que no aportan al proceso reproductivo que tiene lugar aproximadamente entre los 50° L.S. en el Pacífico, el Sur del estrecho de Le Maire y al Oeste del banco Burwood en el Atlántico.

El reclutamiento producido localmente, a partir de los individuos retenidos por procesos físicos de pequeña escala y que son el producto de la biomasa reproductiva presente el 1^{ero} de agosto de cada año. En algunos escenarios de análisis, se puede asumir compensación en el proceso de reclutamiento, la que es descrita por una función stock reclutas Beverton y Holt.



Se asume que la mortalidad por pesca actúa simultáneamente a la mortalidad natural sobre un intervalo de tiempo anual.

En este escenario, se consideran explícitamente los patrones de explotación de la pesquería Chilena industrial (tanto la de palangre como la desarrollada con cachalotera) y de las pesquerías Argentinas de arrastre y palangre.

Caso 2

Se asume que la inmigración de individuos es balanceada en igual medida por la emigración y que los nuevos individuos son aportados por el reclutamiento producido desde el área de desove.

La población de bacalao de profundidad contituye un gran unidad de stock, que comprende la región del talud del Pacífico Sur Este (incuyendo tanto el área en donde se desarrolla la pesquería artesanal como la industrial) y la región del talud y plataforma Argentina al sur de la latitud 54°S. Se asume que la población de bacalao distribuida en las Islas Malvinas constituye un sumidero (Pulliam 1988), por lo que no aporta al proceso reproductivo (Ashford *et al.* (2012). La biomasa desovante distribuida en la ZEE exclusiva Argentina al norte de la latitud 54°S. y que puede migrar al sur para participar en el proceso reproductivo, no es significativa y en su gran mayoría se compone de individuos expatriados.

Los individuos distribuidos en el Pacífico y que emigran hacia la región al norte de la latitud 47°S., regresan al sur y participar del proceso reproductivo en un número significativo y de este modo no constituyen expatriados o vagabundos

En algunos escenarios de análisis se puede asumir que el proceso de reclutamiento es descrito por una función stock reclutas Beverton y Holt.

3.4.3 Justificación del modelo conceptual

En el **Caso 1**, Las características más notables del modelo conceptual dicen relación con la interpretación de los procesos de inmigración y emigración, a la luz del actual conocimiento respecto de la conectividad de la población explotada en Chile con el sector de la plataforma Argentina e Islas Malvinas, con el cual conforma una única población genética.

Presumiblemente la interpretación del proceso de emigración hacia el área de la pesca artesanal como un proceso de salida de biomasa hacia una población sumidero, pueda ser la más compartida. La ausencia de áreas de desove en el área de la pesquería artesanal y los resultados preliminares del estudio de marcaje soportan esta interpretación. Evidencia circunstancial en este contexto, lo constituye la ausencia de capturas de bacalao como fauna acompañante en las pesquerías de arrastre realizadas en la zona centro sur y como también fue notado por Arana (2009), la



disminución de los rendimientos en el área de pesca artesanal a partir del año 1991 (cuando se inicia la pesquería industrial), es consistente con la interpretación de que el área de pesca artesanal es una población sumidero, cuya continuidad en el tiempo depende de que la mortalidad natural y por pesca no excedan la tasa de inmigración desde el área sur (Pulliam 1988).

De acuerdo con la definición de Sinclair (1988), las poblaciones sólo pueden existir en localidades geográficas dentro de las cuales puede haber continuidad en el ciclo de vida, i.e. en un entorno geográfico en el cual la retención (membresía) exceda las perdidas (expatriación). Si centramos nuestra atención en área de la pesquería industrial Chilena junto a aquella donde se desarrolla la mayoría de la pesca Argentina (sur de la latitud 54°S), la expatriación se entiende como los estados tempranos de vida advectados hacia plataforma de las Islas Malvinas y los adultos que migran hacia el área de pesca artesanal y/o la región norte del Atlántico Este. La persistencia en el tiempo de la población del Pacífico Oeste al Norte de la latitud 47°S., depende de que la mortalidad natural y por pesca no excedan la inmigración desde el área sur y la persistencia de la población en el Atlántico al Noerte de la latitud 54°S depende principalmente de la advección d estados tempranos de vida desde el área de desove y en menor grado de la inmigración de adultos desde la región al Sur de la latitud 54°S.

En el **Caso 2** se adopta la perspectiva alternativa que considera que los adultos que migran hacia el área de pesca artesanal, continúan aportanto al proceso reproductivo. De este modo, estos no se constituyen en expatriados sino que continúan el ciclo de vida retornando al área sur para desovar y conservan de este modo su membrecía en la población.

En **ambos casos** se confiere énfasis al reclutamiento producido localmente, en contraposición a suponer un área de crianza localizada en el Atlántico, al norte de la latitud 54°S. Este énfasis emerge literalmente del artículo de Ashford *et al.* (2012).

"Es difícil visualizar como peces advectados hasta el norte de las Islas Malvinas puedan retornar a las áreas de desove al Sur-Oeste del Cabo Horne. Los adultos de bacalao de profundidad no son fisiológicamente aptos para sostener migraciones contra corriente y aunque los adultos exhiben boyancia neutra, no hay vías de regreso a través de la circulación de gran escala. En cambio, la persistencia de la población puede depender de una pequeña proporción de peces jóvenes retenidos frente a Chile austral, que subsecuentemente pueden proveer las áreas de juveniles en la plataforma al sur de Tierra del Fuego y retornar como adultos para alimentarse y desovar a lo largo del talud continental. Sólo los peces que están en posición de continuar con su ciclo de vida en esta manera, permanecen siendo miembros de la población" (Ashford *et al.*, 2012).

En el mismo trabajo se explica que "la resolución del modelo de circulación empleado no era suficiente para resolver características de pequeña escala, como corrientes costeras alrededor de las islas y el continente, que también pueden retener partículas y que además las simulaciones no incluyeron el comportamiento de los peces". Según explican los autores, estas características no eran necesarias para evaluar la hipótesis que se prueba en el artículo, hipótesis que ciertamente no era esclarecer las razones por las cuales la población explotada en Chile permanece en el tiempo.



3.5 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 v Wetzel 2013; Bull et al., 2005). Estos modelos permiten integrar datos desde diferentes fuentes. incluvendo 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 provecciones 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). Otra plataforma similar para la implementación de modelos integrados y que es popular entre los investigadores que realizan las evaluaciones de las pesquerías de peces de fondo y pelágicos de la costa oeste de estados unidos es Stock Synthesis (Methot y Wetzel 2013), la que aún no se ha aplicado en stocks de bacalao de profundidad.

En las evaluaciones de bacalao también se han empleado modelos de producción estructurados por edad (ASPM). 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).

3.6 Instancias de asesoría científica

Dado el papel de investigador en el área de evaluación de stock, en particular del recurso bacalao de profundidad, el responsable de este proyecto es miembro institucional con derecho a voto del Comité Científico de Recursos Demersales de Aguas Profundas.

http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-propertyvalue-51146.html



4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock

Datos e información

La implementación de un modelo de evaluación de stock requiere de tres categorías básicas de información: (1) la captura total; (2) un índice de la abundancia; (3) y características de la historia de vida del recurso.

Si se cuenta con un procedimiento para determinar la edad, la captura se puede descomponer en el número de peces capturados por clase de edad. Esta información permite usar un modelo estructurado por edades y estimar la mortalidad por pesca edad específica.

Los principales datos y fuentes de información disponibles para realizar una evaluación del stock de bacalao de profundidad, son las siguientes:

Pesquería Chilena de bacalao de profundidad

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

Pesquería Argentina de bacalao de profundidad **

- Flota arrastre (sur de la latitud 54°S.)
 - Composiciones de longitud 2003 2012.
 - o Capturas 1991 2013.



- Flota palangre (sur de la latitud 54°S)
 - O Composiciones de longitud 2003 2012.
 - o Capturas 1993 2013.
 - o Registros oficiales de captura y esfuerzo 1993 2013.
 - Bitácoras de pesca (observadores científicos) 2003 2013.
- * En diciembre de 2013 y enero de 2014, la Dirección Ejecutiva del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y representantes de la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G., se reunieron con el objetivo de establecer vínculos de colaboración técnica. En estas reuniones se abrió un espacio de cooperación entre los AOBAC e IFOP, en el marco del cual durante el año 2014 se han realizado dos reuniones en Punta Arenas, a fin de mejorar las actividades de monitoreo y toma de información para la evaluación de stock del recurso y contribuir con datos e información para el análisis de la CBA 2015 (Anexo 1). En este contexto, AOBAC entregó al IFOP los datos de bitácoras de pesca de propiedad de la asociación, que fueron recopilados entre los años 2006 y 2013, a fin de que estos sean considerados en la presente evaluación de stock (Anexo 2).
- ** En el año 2014 se estableció un convenio de cooperación entre el Instituto de Fomento Pesquero y el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP) a fin de colaborar en materias técnicas entre otras, aquellas relacionadas con la evaluación de stock de recursos pesqueros explotados en las zonas económicas exclusivas de ambos países. En este marco, para la presente evaluación de stock se contó con los datos del monitoreo de la pesca de bacalao de profundidad desarrollada en aguas Argentinas al sur de la latitud 54°S.

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.

A partir del año 2000 los países miembros de la CCAMLR han adoptado el sistema de documentación de las capturas (CDS: catch documentation scheme), que está diseñado para demostrar si el bacalao fue capturado cumpliendo las medidas de conservación documentando la trazabilidad de los desembarques y de las transacciones comerciales. A esto se suma el patrullaje en aguas internacionales, el sistema de posicionador satelital y arrestos y procesos judiciales, los que han contribuido a evitar las distorsiones en la cuantificación de las remociones totales (Collins et al., 2010).



Capturas de bacalao de profundidad en aguas chilenas.

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 la fuerte explotación y la reducción de la inmigración de bacalao al área de pesca artesanal, posiblemente como debido al inicio de la pesca industrial en la zona sur austral, causaron el 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 incentivó para que la flota artesanal buscara mejores oportunidades de pesca en el área licitada.

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 (**Figura 26**).

Recientemente Estados Unidos (principal mercado para el bacalao de profundidad), decidió no aceptar más importaciones de productos de barcos cuya señal no estuviese conectada el 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.

En años pasados también se produjeron distorsiones en el registro de desembarque industrial, con una fracción de actividad extractiva declarada en aguas internacionales, en circunstancia de que esta se estima fue desarrollada en aguas de jurisdicción nacional.



La correcta determinación de las capturas es una condición necesaria para contar con una estimación adecuada de la mortalidad por pesca y su correcta asignación por flota es esencial en circunstancias en que los patrones de explotación son significativamente diferentes.

En este contexto, en los años 2004 y 2013 el IFOP revisó los registros de captura y desembarque de bacalao de profundidad a fin de contar con la mejor estimación de capturas para su uso en la evaluación de stock de este recurso (**Anexos 3 y 4**; **Figuras 26 y 27**).

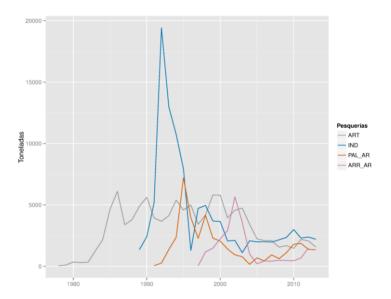


Figura 26. Desembarque de bacalao de profundidad de la pesquería Chilena (ART: artesanal; IND: industrial) y Argentina (PAL_AR: palangre; ARR_AR: arrastre).



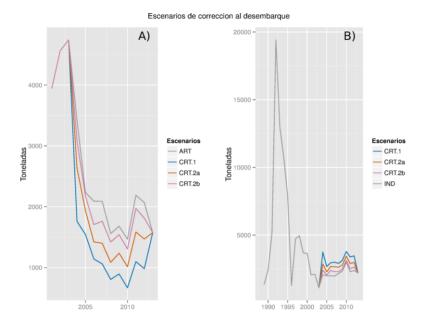


Figura 27. A) Desembarque artesanal de bacalao de profundidad al norte de la latitud 47°S entre los años 2001 y 2013: oficial (ART) y trayectorias alternativas, dependiendo del criterio (CRT) aplicado para restar las capturas realizadas al sur del paralelo 47°S (ver Anexo 4). El año 2013 se asume que el desembarque no requiere corrección, como consecuencia del requerimiento de posicionador satelital a la flota artesanal mayor a 15 m de eslora; B) suma de los desembarques "corregidos" a los desembarques industriales revisados (ver Anexo 3).

b. Composiciones de edades de las capturas

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 revizaron 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.*, 2003a).

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 (Figuras 28 y 29).



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 28** y **29**).

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 28**).

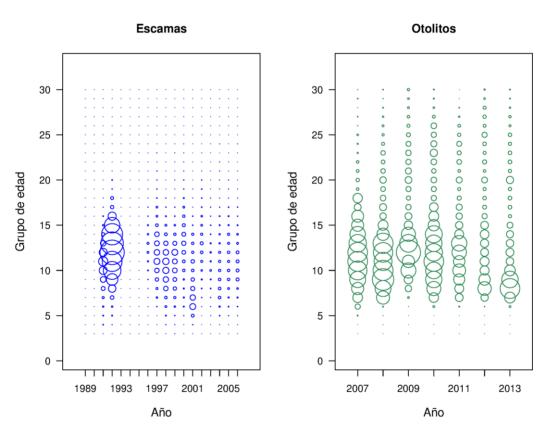


Figura 28. Serie de composición de edades de las capturas industriales de bacalao de profundidad. Izquierda: lectura de escamas, años 1989 a 2006; Derecha: lectura de otolitos, años 2007 a 2013).



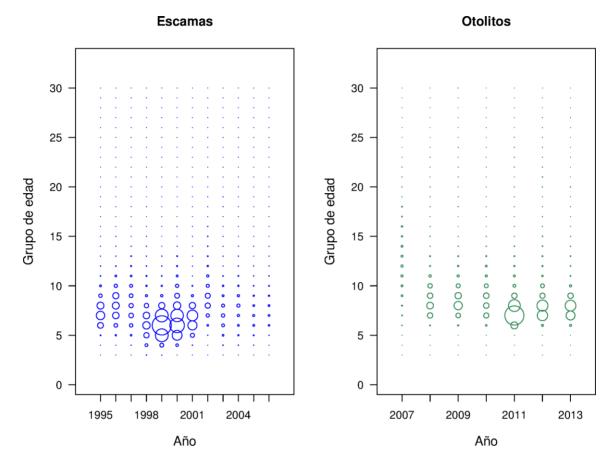


Figura 29. Serie de composición de edades de las capturas artesanales de bacalao de profundidad. Izquierda: lectura de escamas, años 1995 a 2006; Derecha: lectura de otolitos, años 2007 a 2013).

Las estructuras de edades de las capturas de la flota arrastrera y de palangre Argentinas, obtenidas al sur de la latitud 54°S durante los años 2003 a 2012, fueron proporcionadas por INIDEP y corresponden a composiciones anuales en número por clase longitud que son luego expandidas a la captura total y transformadas a edades utilizando los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (**Figura 30**).



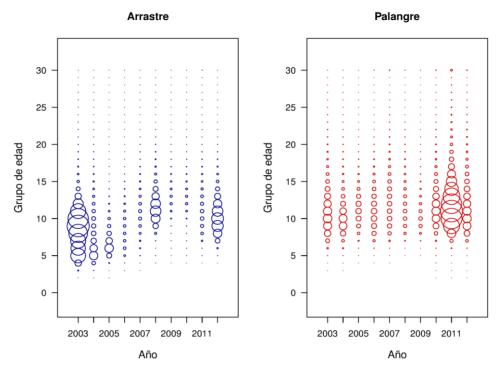


Figura 30. Composición de edades de las capturas de arrastre y palangre Argentinas al sur de la latitud 54°S (fuente: INIDEP).

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 2013. 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 pesca empleada en este proyecto, corresponde a una unión de de la base de datos descrita con datos de bitácoras de pesca industrial que conserva el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal y que contiene datos de la pesca con palangre recopilados entre los años 1989 y 1996 que no se encuentran en la base central de IFOP. Consecuentemente el estado original de esta última base de datos, no presentaba el mismo formato que la anterior.



De este modo la base de datos de bitácoras de pesca de palangre industrial, disponible para la evaluación de stock de bacalao de profundidad, fue implementada especialmente para este proyecto y contiene registros de operaciones de pesca realizadas entre los años 1989 y 2013.

Esta base de datos tiene la ventaja de incluir datos de captura y esfuerzo que cubren la pesca industrial desde sus inicios en el año 1991, pero presenta 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 trotline con cachalotera, el que es usado en todas las operaciones de pesca a partir del año 2008 y fue usado por una fracción variable de la flota entre los años 2006 y 2007.

Una representación gráfica de la distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca calculado con estos datos se entrega en el **Anexo 5**.

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 del 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 2013 y recopilados en los puertos de San antonio, Lebu, Valdivia, Quellón y en las caletas Anahuac, Chinquihue y Carlemapu.

Estos datos se encuentran en formatos diferentes. En particular los códigos de embarcación son diferentes y por tanto no pueden ser unidas, sin identificar primero 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, dado la variabilidad explicada por este factor en los modelos de estandarización de las tasas e captura en esta pesquería (**Anexo 7**).

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



Bitácoras de pesca AOBAC A.G.

Durante este año se produjo un acercamiento entre el IFOP y AOBAC a fin de mejorar los datos que se utilizan en la evaluación del stock de bacalao de profundidad. En este contexto AOBAC transfirió sus datos de bitácoras de pesca al Instituto, los que han sido considerados para este estudio.

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.

La información básica fue recibida en la forma de cuatro archivos con formato Microsoft Access 2007®. Los archivos presentaban una estructura común, pero contenían los datos respectivos de cuatro operadores diferentes (**Figura 31**).

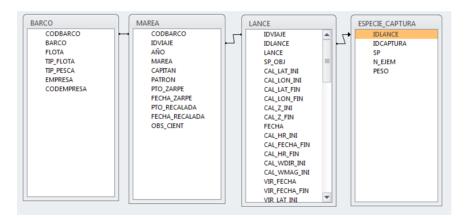


Figura 31. Organización de la base de datos AOBAC.



Las tablas Barco, Marea, Lance y Especie_Captura, contenidas en cada uno de los cuatro archivos fueron unidas respetando las relaciones originales.

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

Una representación gráfica de la distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca calculado con estos datos se entrega en el **Anexo 6**.

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 la pesca de bacalao de profundidad desarrollada con palangre en aguas argentinas al sur de la latitud 54°S.

La utilización 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 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 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 los partes de pesca, que son registrados por la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura (SAGPyA) y administrados en el Centro de Cómputos del INIDEP. Estos datos cubren los años 1993 a 2013 (Martínez *et al.* 2011).

Estos datos presentan la ventaja de cubrir la pesquería de bacalao de profundidad argentina desde sus inicios en los años 90s, pero tienen la desventaja de estar agregados por cuadro estadístico y no incluyen variables que permitan aproximar mejor el esfuerzo de pesca, tales como el número de anzuelos y el tiempo de reposo del aparejo a de pesca (**Figura 32**).

Bitácoras de pesca recopiladas en la pesquería de palangre al norte de la latitud 54°S por observadores científicos del INIDEP entre los años 2003 y 2013

A partir del año 2003, Argentina implementó diversas medidas de manejo que incluyeron entre otras, la obligatoriedad de llevar a bordo un Observador Científico del INIDEP en todas las embarcaciones con autorización para la 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 esa pesquería (Martínez et al., 2011).



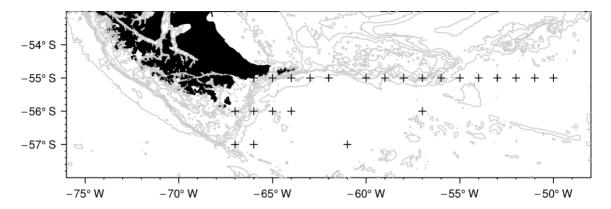


Figura 32. Localización de los cuadros estadísticos de donde provienen las capturas de palangre realizadas en Argentina al sur de la latitud 54°S entre los años 1993 y 2013.

De acuerdo con esto, la base de bitácoras de pesca recopiladas por los observadores científicos de INIDEP cubre los años 2003 a 2013, e incluye variables que permiten medir mejor el esfuerzo de pesca, tales como el número de anzuelos y el tiempo de reposo (Martínez *et al.*, 2011).

La localización de estos datos por cuadro estadístico se entrega en la Figura 33.

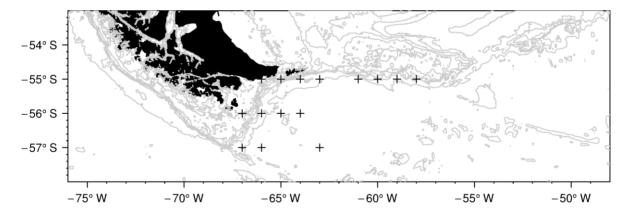


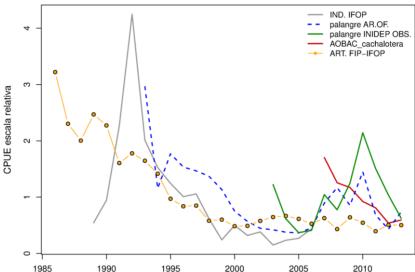
Figura 33. Localización de los cuadros estadísticos de donde provienen las capturas de palangre realizadas en Argentina entre los años 2003 y 2013 y al sur de la latitud 54°S. Bitácoras de pesca recopiladas por observadores científicos.



Índices estandarizados de abundancia relativa

Los datos de captura y esfuerzo que estuvieron disponibles a este proyecto, fueron utilizados en la estimación de cuatro índices de abundancia relativa, los que corresponden con las fuentes de datos descritas en la sección anterior (**Anexo 7**).

Las series estimadas, se representan en la **Figura 34** 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 cachalotera.



findices de abundancia relativa de bacalao de profundidad estimados con datos de captura y esfuerzo de la pesquería de palangre industrial chilena (IND.IFOP 1991 a 2006), la pesca chilena con cachalotera (AOBAC), la pesca artesanal chilena (FIP-IFOP 1986 a 1997; IFOP 1998 a 2013) y con datos de la pesquería de palangre argentina: estadística oficial de partes de pesca (AR.OF.) y tomados por observadores científicos de IINIDEP (INIDEP OBS.).

4.1.1 Descripción general del modelo

Se empleó un modelo estadístico de captura a la edad (ICES 2012; **Figura 35**). En estos modelos, las ecuaciones progresan hacia adelante en el tiempo a partir de una condición de inicialización. La denominación de *modelo estadístico* la reciben debido a que la incertidumbre de todas las fuentes de datos es considerada usando modelos del error (que asumen una distribución de probabilidades). De este modo, las estimaciones de los parámetros se obtienen de la minimización de una función objetivo cuya especificación relaciona las observaciones con las cantidades producidas por el modelo (empleando modelos para las observaciones).



Los principales parámetros poblacionales estimados en el modelo son: el reclutamiento, la mortalidad por pesca, las selectividades y las capturabilidades de cada índice de abundancia.

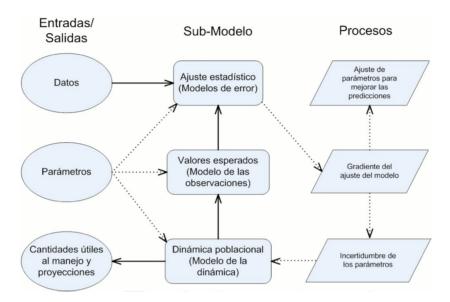


Figura 35. Diagrama general de un modelo estadístico de captura a la edad. El modelo de evaluación de stock se puede entender como organizado en tres sub-modelos (dinámica poblacional, modelos de las observaciones y modelos del error). Las cantidades relevantes al manejo pesquero se obtienen del ajuste de los parámetros, lo que implica la selección sistemática de sus valores para calcular el valor de una función objetivo. Este proceso se realiza mediante un algoritmo de minimización y por lo tanto, este finaliza cuando el valor de la función objetivo converge a un valor mínimo.

4.1.2 Supuestos fundamentales y decisiones estructurales

a. Supuestos hechos en el caso implementado en esta evaluación

Los cambios en abundancia del recurso explotado en el Pacífico Sur-Este y en la región contigua localizada en el Atlántico Sur-Oeste al sur de la latitud 54°S, no son dominados por la inmigración y/o la emigración, sino por la mortalidad natural, la pesca y el reclutamiento local de individuos desovados en el área de reproducción localizada en el extremo austral de América del Sur.



Los individuos que en su estado temprano de desarrollo son advectados por la circulación de gran escala hacia la región de la plataforma patagónica al norte de la latitud 54°S, en su mayoría se constituyen en "expatriados" en el sentido definido por Sinclair (1988), de manera que el número de individuos que eventualmente retorna al océano Pacifico y que efectivamente desovan en el área en que fueron originados no es significativo.

Se asume entonces que la inmigración de individuos no es balanceada en igual medida por la emigración, pero que este no es el principal proceso que determina el tamaño de la población evaluada.

Las mortalidades por pesca se asumen separables en factores específicos de la edad (selectividad) y de los años. Este supuesto contribuye a reducir el número de parámetros que se deben estimar.

La mortalidad natural es constante a través del tiempo y a través de las edades.

La captura por unidad de esfuerzo de la pesquería industrial chilena desarrollada usando el palangre español entre los años 1991 y 2006, provee una señal de la abundancia relativa de la población. De igual manera, la captura por unidad de esfuerzo de la pesquería industrial desarrollada en Chile con el uso del sistema trotline con cachalotera, entrega una señal de la abundancia relativa para los años 2007 a 2013.

En el Caso 2, se asume que la captura por unidad de esfuerzo de la pesquería artesanal chilena, también provee una señal de la abundancia relativa entre los años 1986 y 2013.

La captura por operación de pesca de palangre registrada en Argentina, contribuye con una señal de la abundancia relativa para los años 1993 a 2013.

La biomasa de huevos de bacalao de profundidad desovada en el proceso reproductivo, es proporcional al peso de la población que se encuentra sexualmente madura el 1 de agosto de cada año.

b. Estructura del modelo

Dinámica del stock. La biomasa se incrementa por reclutamiento y crecimiento y la abundancia de las cohortes se reduce exponencialmente a causa de la pesca y la mortalidad natural. El modelo incluye las clases de edad 3 a 30+. El signo "+" refiere a la acumulación de los peces de edad igual o mayor a 30 (grupo plus).

Mortalidad natural. La mortalidad natural (M=0,15 año-1). Asumida constante a través de los años y edades.



Condición inicial. Los números iniciales a la edad, son estimados mediante un decaimiento exponencial del reclutamiento medio de largo plazo (Ro), incluyendo sólo la mortalidad natural. El vector de abundancia inicial puede ser sometido a error de proceso (equilibrio estocástico).

Crecimiento. Se emplean datos empíricos de pesos medios a la edad para la captura. En consecuencia, el crecimiento no es modelado de manera explícita. En esta evaluación se empleo un vector único de pesos medios a la edad.

Madurez sexual. El proceso de madurez sexual se modela usando una función logística de la edad. La curva de madurez por clase de edad ingresa al modelo como un dato.

Potencial reproductivo. Se considera equivalente a la biomasa desovante, la que es calculada como la suma del peso de los individuos sexualmente maduros al momento del desove. El desove se asume ocurre a inicios de agosto.

Reclutamiento. El reclutamiento de peces de edad 3 es modelado como un valor medio \overline{R} multiplicado por el exponencial de un desvío anual. El desvío anual es corregido por el sesgo log normal para asegurar que \overline{R} es igual al reclutamiento medio. La desviación estándar del logaritmo de los desvíos anuales del reclutamiento σ_R se asume igual a 0,6. Los desvíos anuales del reclutamiento están restringidos tal que estos suman cero. El código del modelo (**Anexo 8**; **Tabla 7**), incluye también la opción para que en vez de ser el reclutamiento medio, \overline{R} provenga de una relación stock-reclutas Beverton y Holt, la que se especifica ingresando un valor para el parámetro steepness.

Desembarques. En el Caso 1 analizado en esta evaluación, se modeló la serie de capturas/desembarques por edades estimando los patrones de explotación de las flotas: industrial chilena, palangre argentina y arrastre argentina. En el Caso 2, se estima también el patrón de explotación de la flota artesanal chilena.

Las capturas son modeladas usando la ecuación de captura de Baranov (1918) y son ajustadas en unidades de peso.

Los datos chilenos de captura, corresponden a los desembarques revisados (**Anexo 3**) de la flota industrial que opera entre las latitudes 47°S. y 57°S y los desembarques de la flota atesanal, cuya actividad se realiza al norte de la latitud 47°S. Opcionalmente, los datos de entrada al modelo permiten estudiar escenarios con diferentes grados de "corrección", usando criterios para aproximar la magnitud de las capturas que habiendo sido extraídas en el área de pesca industrial, fueron declaradas en el área de pesca artesanal (**Anexo 4**).



Las capturas de las flotas argentinas corresponden a aquellas extraídas al sur de la latitud 54°S.

Mortalidad por pesca. La mortalidad por pesca total por año y cada edad corresponde a la suma de la mortalidad por pesca por flota, año y edad. La estimación de la mortalidad edad específica de cada año, es posible gracias a los datos de captura por edades por flota la que se distribuye por edades asumiendo su separabilidad en un componente anual y un componente edad específico. Este último, es calculado como el producto entre la mortalidad por pesca de la edad completamente reclutada y la selectividad por edades.

Selectividades. Las curvas de selectividad de cada pesquería fueron estimadas utilizando modelos empíricos para describir esta relación. Esto permite mayor parsimonia, al evitar la estimación de un parámetro para cada año y edad. Para esto, se empleó el modelo doble normal (Hilborn *et al*, 2003), porque permite conferir mayor flexibilidad a la curva de selección por edades. Se modelaron selectividades asintóticas para todas las flotas, lo que se consigue asumiendo un valor alto para la varianza del lado derecho de la curva de selección (Hilborn *et al.*, 2003).

El modelo fue codificado con la flexibilidad de poder estimar 1 o más bloques temporales de selectividad en cada flota. En el Caso 1analizado, se incluyeron dos bloques de selectividad en todas las flotas: 1989-2008 y 2009-2013 en el caso de la flota industrial chilena y 2003-2006 y 2007-2013 para las flotas argentinas (Martínez y Wöhler 2013). En el Caso 2, se incluyeron además las capturas de la flota artesanal chilena para la que se consideró también dos bloques de selectividad: 1978-2007 y 2008-2013.

Índices de abundancia. En el Caso 1, modelo se ajustó a tres índices de abundancia relativa, todos dependientes de la actividad pesquera: i) serie de captura por unidad de esfuerzo (CPUE; gr/(anz. x hr) de la flota chilena usando el palangre español entre los años 1991 y 2006; ii) serie de CPUE kg/(barandillo x hr) de la flota chilena usando el sistema trotline con cachalotera entre los años 2007 y 2013; iii) serie de CPUE (t/por operación de pesca) de la flota de palangre argentina, que operó entre los años 1993 y 2013. En el Caso 2, se incluyó demas un índice de abundancia relativa estimado con datos de la flota artesanal: iv) CPUE (kg/día) el que fue compuesto de estimaciones efectuadas con dos series de datos obtenidos de Young *et al.* (1997) y Gálvez *et al.* (2014), respectivamente.

Capturabilidad. El modelo fue codificado con la opción de estimar 1 o más bloques de capturabilidad para cada índice de abundancia relativa. En el Caso 1, esta opción fue empleada para distinguir cambios en capturabilidad en la estimación de la CPUE de los años en que la flota chilena operó con palangre español de los años en que la flota operó con cachalotera (1989-2007 y 2008-2013, respectivamente). Además y con base en la observación de los residuales, en el bloque de años en que esta flota operó con palangre español, se distinguieron a la vez dos bloques adicionales con capturabilidad diferente antes y después de 1997, resultando en un total de tres bloques de años con capturabilidad diferente. Para la flota palangrera argentina, se estimaron también capturabilidades diferentes para los bloques de años 1989-2006 y 2007-2013, lo que se fundamenta



en los residuales del modelo y en los cambios administrativos que motivaron un cambio en el patrón e operación de la flota a partir del año 2007 (Martínez y Wöhler 2013). En el Caso 2, la inclusión de la CPUE de la flota artesanal chilena tamnbién consideró dos bloques con diferente capturabilidad antes y después del año 1998.

Indicadores de estatus. Como indicador del grado de reducción del potencial reproductivo del recurso, se utilizó un índice de reducción del stock desovante definido como la razón entre la biomasa desovante en un año t y la biomasa desovante virginal (Bo). Esta última es estimada como la biomasa desovante potencial media en ausencia de pesca en el primer año incluido en el modelo.

Criterio de ajuste. El criterio de ajuste del modelo es de máxima verosimilitud penalizada. Las series de tiempo observadas de captura e índices de abundancia son ajustados de manera estrecha pero permitiendo un grado de error y los datos de composición de edades son ajustados en el grado en que estos son compatibles. Para el ajuste de los datos de captura (desembarques) y los índices, se emplean verosimilitudes log normales y para los datos de composición de edades se usan verosimilitudes multinomiales.

El modelo permite al usuario conferir mayor peso a determinados componentes de la verosimilitud, ingresando valores para los coeficientes de variación (componentes log normales) o los tamaños de muestra efectivos (componentes multinomiales; **Tabla 7**).

Tabla 7Tamaños 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	Coeficiente de variación
1	Comp. Captura industrial Ch.	Multinomial.	50	-
2	Comp. Captura palangre Ar.	Multinomial.	50	-
3	Comp. Captura arrastre Ar.	Multinomial.	50	-
4	Comp. Captura artesanal Ch.	Multinomial.	50	
5	CPUE palangre ind. Ch.	Log normal.	-	0,2
6	CPUE cachalotera ind. Ch.	Log normal.	-	0,2
7	CPUE palangre Ar.	Log normal.	-	0,2
8	CPUE palangre art. Ch.	Log normal.		0,2
9	Captura industrial Ch.	Log normal.	-	0,05
10	Captura palangre Ar.	Log normal.	-	0,05
11	Captura arrastre Ar.	Log normal.	-	0,05
12	Captura artesanal Ch.	Log normal.		0,05
13	Penalización desvíos de \overline{R}	Log normal.		0,6
14	Penalización desvíos de N_0	Log normal.	-	0,6



Adicionalmente a las verosimilitudes, en la función objetivo se incluyen algunas penalizaciones. La variabilidad de los desvíos del reclutamiento fue asumida log normal, al igual que la variabilidad en torno de los desvíos asociados a la condición inicial.

El modelo también incluyó penalizaciones para la mortalidad por pesca, las que fueron relajadas en la última fase de estimación.

Para la estimación de la composición de edades de las capturas industriales y artesanales chilenas, se incluye una matriz de error de lectura (simulada) para los años 1991 a 2006 y para los años 1995 a 2006, respectivamente. En este modo, el error de lectura en estos bloques de años (~20%), determina que la edad máxima leída en las escamas no supera los 24 años. Este error es removido a partir del año 2007, coincidiendo con el cambio en la lectura de edad al uso de secciones transversales de los otolitos (Ashford *et al.*, 2001, Céspedes *et al.*, 2007; **Figuras 28** y **36**).

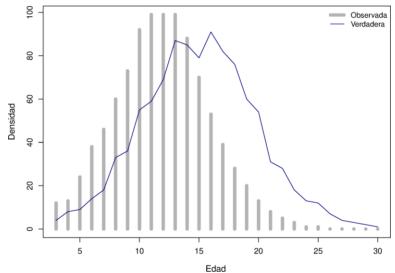


Figura 36. Composiciones de edades "verdadera" y observada, de acuerdo con la matriz de error de lectura usada en la modelación de las composiciones de edad de las capturas chilenas obtenidas mediante la lectura de anillos de crecimiento en escamas entre los años 1991 y 2006 en el caso industrial y entre 1995 y 2006 en el caso de las capturas artesanales.

La descripción matemática del modelo de evaluación de stock y el código computacional, se incluyen en el **Anexo 8**.

c. Plataforma de implementación del modelo

Desde el año 2011 los modelos de evaluación de bacalao de profundidad son codificados en el software AD Model Builder (ADMB). ADMB es software libre para el modelamiento estadístico no lineal que mantenido y distribuido bajo licencia BSD por el proyecto ADMB (http://www.admb-project.org/).



ADMB está implementado en torno a una librería C++ denominada AUTODIF que provee diferenciación automática en reverso, lo que lo hace una plataforma particularmente útil para codificar modelos no lineales con un gran número de parámetros (Fournier *et al.*, 2012). Otra característica atractiva de este ambiente de trabajo, es que todos estos cálculos son realizados de manera implícita, de modo que el usuario sólo debe proveer el código computacional para el cálculo de la función objetivo a ser minimizada (**Anexo 8**).

Los modelos usados para producir los resultados reportados en este informe, fueron codificados en ADMB 11.1

d. Escenarios de modelación

Caso base: Para efectos de comparación, se actualizó el caso informado en la última evaluación (Quiroz 2014). En este caso se asume una población cerrada que se distribuye en el área en donde se desarrolla la pesquería industrial chilena.

En el **Caso 1** el modelo es inicializado en 1989, asumiendo un equilibrio estocástico para estimar el vector de abundancia por edades del primer año. El modelo en este caso se ajustó a las capturas industriales chilenas (**Anexo 3**) y las capturas de palangre y arrastre argentinas extraídas al sur del paralelo 54°S; las composiciones de edad de la captura indistrial chilena y palangre y arrastre argentinas; tres índices de abundancia relativa dependientes de la pesca: i) captura por unidad de esfuerzo (CPUE; gr/(anz. x hr) de la flota industrial chilena usando el palangre español (1991 y 2006); ii) serie de CPUE kg/(barandillo x hr) de la flota industrial chilena usando el sistema trotline con cachalotera (2007 y 2013); iii) serie de CPUE (t/por operación de pesca) de la flota de palangre argentina (1993 y 2013); Se emplean tres bloques de capturabilidad para la flota industrial chilena (1989-1997, 1998-2006 y 2007-2013). En particular, el cambio en capturabilidad entre los años 2006 y 2007 da cuenta de la diferencia en eficiencia que ha sido medida entre el palangre español y el sistema trotline con cachalotera (Rubilar *et al.* 2010, Goetz *et al.* 2011). Para las flotas argentinas de palangre y arrastre se usaron dos bloques temporales de capturabilidad para dar cuenta del cambio ocurrido en la operación de la flota en el año 2007 (Martínez y Whöler, 2013).

En el **Caso 2** el modelo es inicializado en 1978, asumiendo una condición de equilibrio para estimar el vector de abundancia por edades del primer año. El modelo es ajustado a las capturas industriales (**Anexo 3**) y artesanales chilenas (**Anexo 4**) y las capturas de palangre y arrastre argentinas extraídas al sur del paralelo 54°S; las composiciones de edades de la captyra industrial y artesanal chilenas y las capturas por edades de las flotas de palangre y arrastre argentinas. Se incluyen en el modelo cuatro índices de abundancia relativa: i) captura por unidad de esfuerzo (CPUE; gr/(anz. x hr) de la flota industrial chilena usando el palangre español (1991 y 2006); ii) serie de CPUE kg/(barandillo x hr) de la flota industrial chilena usando el sistema trotline con cachalotera (2007 y 2013); iii) serie de CPUE (t/por operación de pesca) de la flota de palangre argentina (1993 y 2013); iv) CPUE (kg/día) de la flota artesanal chilena (1986-2013).



Se emplean tres bloques de capturabilidad para la flota industrial chilena (1989-1997, 1998-2006 y 2007-2013), dos bloques para la flota artesanal (1978-1997 y 1998-2013) y en el caso de las flotas argentinas, los bloques de capturabilidad son los mismos que en el Caso 1.

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:

$$IRS_{t} = \frac{BD_{t}}{BD_{0}}$$

Donde BD_t es la biomasa desovante en cualquier instante de tiempo (t) y BD_0 es la biomasa desovante virginal estimada a partir del reclutamiento virginal Ro bajo una condición sin pesca. Esta biomasa es interpretada como una medida del potencial reproductivo máximo respecto de la cual se establece la condición en cualquier tiempo t.

Valores cercanos a 0,4 se consideran adecuados por encontrase en la región de plena explotación (próximo a BDRo * 0,45 * R_{medio}; Payá *et al.*, 2014). Valores cercanos o inferiores a 0,2 se consideran en o muy próximos a B_{LIM}, que corresponde a un valor de biomasa por debajo del cual el recurso se presume en proceso de sobrepesca por reclutamiento y en condición de agotamiento o colapso (Ver la sección siguiente).

4.2.2 Marco biológico de referencia

La LGPA manda a que el estatus actualizado de un recurso pesquero (o como es referido en el texto de la Ley, el 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 Titulo I. Artículo 2.

La especificación de este MBR para un recurso en particular, requiere estimar los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) asociados al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y adoptar un nivel de biomasa, tal que este corresponda a un Punto Biológico Límite (Def. 59, Titulo I Artículo 2).

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



La implementación del MBR descrito en la Def. 59 (LGPA, Título I Artículo 2), implica la adopción de cuatro categorías para el estado de situación de una pesquería: subexplotada, plena explotación, sobreexplotada y agotada (o colapsada). A estas categorías el comité científico ha agregado la definición de la situación de sobrepesca.

Se entiende en general que los PBRs son objetivos o límites (dependiendo del contexto), que son especificados en términos de biomasa desovante (BD) y mortalidad por pesca (F).

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

```
Subexplotación = BD_{act} > BD_{RMS}

Plena explotación = (BD_{RMS} - \xi BD_{RMS}) < BD_{act} < (BD_{RMS} + \xi BD_{RMS})

Sobreexplotación= BD_{act} < (BD_{RMS} - \xi BD_{RMS})

Agotado= BD_{act} \le BD_{LIM}

Sobrepesca= F \ge F_{RMS}
```

Donde: BD_{act} es la biomasa desovante actual estimada con un método de evaluación de stock; BD_{RMS} y F_{RMS} son la biomasa desovante y mortalidad por pesca en el RMS, respectivamente; BD_{LIM} es la biomasa desovante límite ($BD_{LIM} < (BD_{RMS} - \xi BD_{RMS})$) y ξ es una proporción arbitraria de BD_{RMS} (e.g. 0,05), adoptada por el comité científico para efectos de definir la región de plena explotación (**Figura 37**).

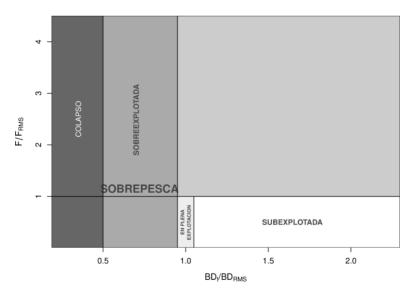


Figura 37. Marco biológico de referencia propuesto para el bacalao de profundidad en conformidad con la definición 59 Título I Artículo 2° LGPA. Los ejes *x* e *y* están estandarizados por los valores sustitutos (proxies) de BD_{RMS} y F_{RMS}, respectivamente.



El Instituto de Fomento Pesquero se encuentra desarrollando el proyecto Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia en las Pesquerías Nacionales, en cuyo contexto se han realizado dos talleres de trabajo (de una serie de tres) que tienen por objetivo revisar, definir y calcular los PBRs de todas las pesquerías nacionales, de acuerdo con las disposiciones de la LGPA (Payá *et al.,* 2013, 2014). El trabajo está siendo realizado por el Departamento de Evaluación de Pesquerías (DER) en conjunto con un panel internacional conformado por 7 expertos.

En el primer taller se recomendaron formas para calcular los PBRs, dependiendo de la calidad y cantidad de datos disponibles para cada stock en particular y siguiendo un sistema de niveles se clasificó al bacalao de profundidad en el **Nivel 1** (Payá et al., 2013):

Nivel 1: Stocks para los cuales existe un modelo de evaluación estructurado por edades o tamaños que provee estimaciones utilizables de la biomasa actual.

El interior del Nivel 1, el bacalao de profundidad fue clasificado en el subnivel **1b**: donde se escogen valores sustitutos (proxies) para los PBRs del RMS. La selección de estos sustitutos debe tomar en consideración la incertidumbre en el modelo de evaluación de stock y el grado (o falta) de resiliencia de la especie.

En el segundo taller se establecieron y definieron los métodos específicos para obtener estimados de los PBRs F_{RMS}, BD_{RMS} y B_{LIM} o sus sustitutos.

Para el caso del bacalao de profundidad, se recomendó calcular $F_{45\%}$ (la mortalidad por pesca que reduce la biomasa desovante por recluta en un 45%) como un sustituto de F_{RMS} y calcular $BD_{RMS} = R_{medio}$ * BDRo * 0,45 donde R_{medio} es la media del reclutamiento a través de todo el período considerado en la evaluación de stock y BDRo es la biomasa desovante por recluta virginal.

El valor de F_{45%} fue calculado encontrando el valor de F que reduce la biomasa desovante por recluta, tal que su diferencia con 0,45*SPR₀ es mínima.

Dado que el modelo de evaluación produce una estimación de BDo, el valor sustituto de B_{RMS} fue calculado como 0,4*BDo.

La descripción de los modelos de rendimiento por recluta, biomasa desovante por recluta y el código computacional utilizado para el cálculo de F_{45%}, se informa en el **Anexo 8**.



4.3 Objetivos 3 y 4: Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptables

El rango de captura biológicamente aceptable fue estudiado simulando el efecto futuro de la explotación en el stock de bacalao de profundidad. El análisis se realizó bajo las siguientes condiciones:

- Se proyectó la población de bacalao a 15 años, simulando la explotación bajo cinco políticas de mortalidad por pesca constante.
- La población proyectada correspondió a aquella presente en el último año de la evaluación.
- El patrón de explotación se asumió se mantendría igual al estimado en el último año incluido en la evaluación.
- El reclutamiento proyectado correspondió al promedio de los últimos cinco años.
- Los valores de F_{RMS} y BD_{RMS} correspondieron a los valores sustituto (proxie) F_{45%, y} B_{40%} recomendados por el panel de expertos en el segundo taller de Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia en las Pesquerías Nacionales (RPBRPN; Payá et al., 2014).
- En los cálculos de biomasas se utilizó el vector promedio de pesos por edades, mismo que fue utilizado en el cálculo de la biomasa desovante virginal (BD₀).



- Los indicadores de desempeño considerados fueron los siguientes: reducción de la biomasa futura respecto de la presente evaluada en el último año de la proyección (BD₂₀₁₄/BD₂₀₂₈), la reducción de la biomasa con respecto de la biomasa que produce el RMS (IRS_{RMS}=BD₇/BD_{RMS}) evaluada en el año 15, la probabilidad de colapso en el horizonte de proyección P(BD₂₀₂₈/BD_{RMS}< 0,5), la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo en el horizonte de proyección P(BD₂₀₂₈/BD_{RMS}< 1).
- Las estrategias de explotación correspondieron a multiplicadores de la mortalidad por pesca estimada para el último año. Uno de los multiplicadores fue escogido tal que la mortalidad por pesca resultante correspondiera con F_{RMS} (F_{45%}).
- Algunas de las estrategias sólo se incluyeron para fines de comparación y no constituyen necesariamente políticas viables de ser implementadas.
- Los resultados incluyen la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) con un riesgo de 10% y 50% para cada estrategia de explotación evaluada.
- El estudio del rango de CBA fue realizado para los Casos 1 y 2. A modo de comparación, también se incluyó el escenario base correspondiente a una actualización al año 2014 del modelo usado en Quiroz (2014).

4.4 Objetivo 5: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo

En el marco de este objetivo se informan los avances alcanzados durante el desarrollo del estudio, conforme al mejoramiento continuo de la calidad de la asesoría. Esta información dice relación con las brechas de datos, información y conocimiento.



5. **RESULTADOS**

5.1 Objetivo 1: Implementar procedimientos de evaluación de stock.

5.1.1 Medidas de ajuste

En el **Anexo 9** se entregan algunos análisis diagnósticos del modelo, relacionados a los ajustes obtenidos con el comportamiento general del modelo en cada caso.

Caso 1

El ajuste del modelo a las composiciones de edad de las capturas de la pesquería industrial chilena fue relativamente bueno en algunos años (e.g. 1997, 2003, 2005, 2006 y 2008) pero no tanto en otros (e.g. 1996). En particular la falta de ajuste es más notable en los años en que se observa una mayor proporción de individuos más viejos (e.g. años 2009 a 2013).

El cambio en la metodología de estudio de la edad, desde la lectura de anillo de crecimiento en escamas a su lectura en otolitos en el año 2007, se precia con mayor claridad a partir del año 2009 en donde la mayor proporción de individuos con edad 20+ es notable (**Figura 38**).

El ajuste de las composiciones de edad de las capturas argentinas, obtenidas en la pesca con palangre, fueron bastante buenas con excepción tal vez de algunos años (e.g. 2007, 2009, 2012). La relativa uniformidad de las composiciones de edad de esta pesquería dice relación en parte con que estas composiciones fueron obtenidas usando los parámetros de la ecuación de crecimiento y no con claves talla-edad basadas en la lectura regular de anillos de crecimiento, lo que reduce la variabilidad entre años asumiendo una misma relación media entre la longitud y la edad (**Figura 39**).

Sin prejuicio de lo anterior, el ajuste del modelo a las capturas argentinas obtenidas con arrastre de fondo fue inferior al obtenido con las composiciones del palangre, lo que reflejó la mayor variabilidad entre años que se observó en las composiciones de tamaño de las capturas con arrastre (**Figura 40**).



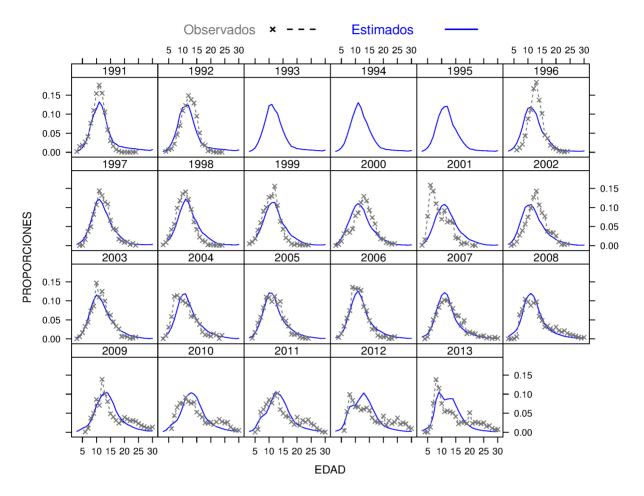


Figura 38. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los años 1991 y 2013. Caso 1.

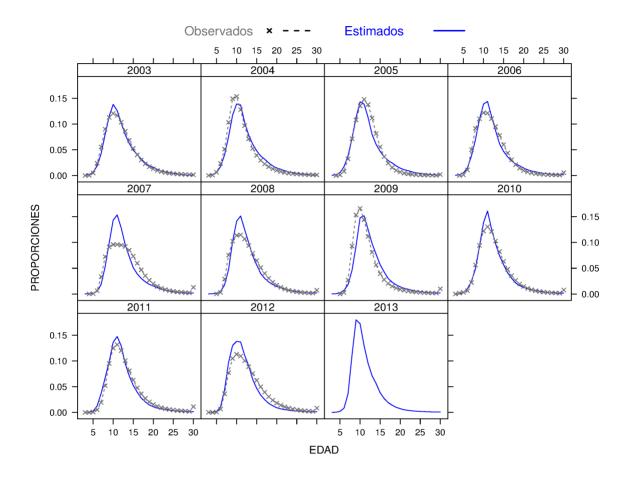


Figura 39. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota palangrera argentina entre los años 2003 y 2013. Caso 1.



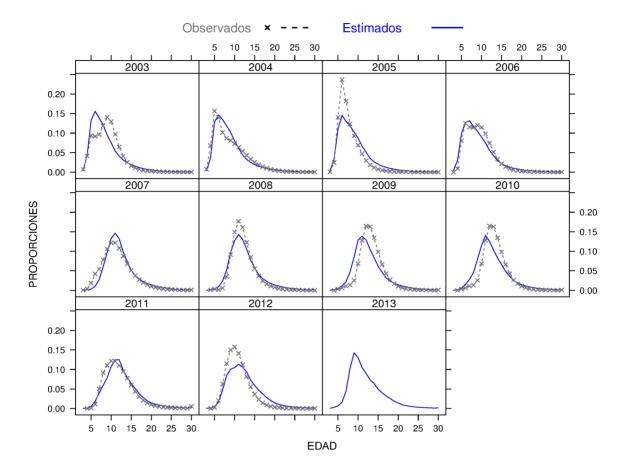


Figura 40. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota arrastrera argentina entre los años 2003 y 2013. Caso 1.

También los índices de abundancia relativa fueron ajustados relativamente bien por el modelo, en particular los estimados con datos de la pesquería chilena. La estimación de índices de abundancia separados para esta pesquería, que corresponden a dos conjuntos de años en donde primero se uso el palangre español y luego cachaloteras (empleando los datos más idóneas para estimar el índice en cada caso) y la estimación de parámetros capturabilidad diferentes para cada período, considera efectivamente la diferencia en eficiencia relativa asociado con el cambio en el método de pesca a partir del año 2008, luego de una breve etapa de transición en los años 2006 y 2007 (**Figura 41**).



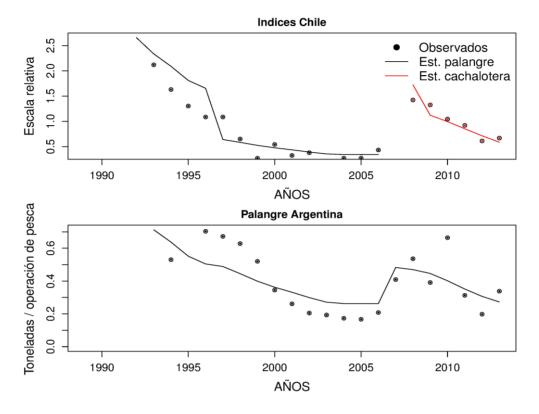


Figura 41. Ajuste del modelo a los índices de abundancia relativa. Panel superior: ajuste de los índices estimados con datos de la pesca chilena de palangre (1989-2006) y cachalotera (2007-2013). Panel inferior: ajuste del índice estimado con datos de captura por operación de pesca de palangre (Registros de la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura de Argentina. Fuente: INIDEP). Caso 1.

El ajuste a las serie de abundancia relativa estimada con los datos argentinos disponibles para los años 1993 a 2013, se consideró también relativamente bueno (**Figura 41**). Es interesante el incremento relativo de las tasas de captura que se observa en los datos argentinos a partir del año 2006. Este incremento también se observó en la serie de datos más corta provista por los observadores científicos argentinos (**Figura 34**).



El ajuste de las capturas fue satisfactorio, lo que es de esperar considerando el reducido coeficiente de variación que se emplea (**Tabla 7**). Es de notar que las mayores capturas con palangre se alcanzan en los años 90s. En el arrastre en cambio estas se alcanzan en la primera mitad de los años 2000 (**Figuras 26** y **42**).

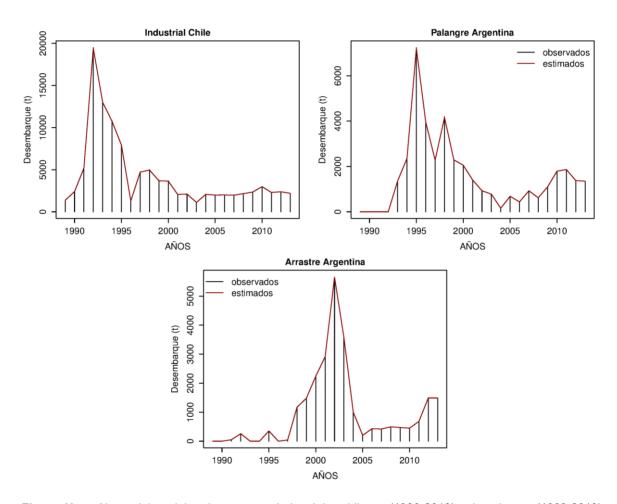


Figura 42. Ajuste del modelo a las capturas industriales chilenas (1989-2013) y de palangre (1993-2013) y arrastre argentinas (1991-2013). Caso 1.



Caso 2

En este escenario, el ajuste de las composiciones de edades de la pesquería industrial chilena, fue de similar al observado en el Caso 1, con los mejores ajustes observados en los años 1997 a 1999 y 2003 a 2006 (**Figura 43**). En el año 2007, se comenzó a utilizar otilitos para determinar la composición de edades de las capturas, coincidiendo también con un cambio en el aparejo de pesca de palangre español a cachalotera. En la figura puede apreciar como a partir de laño 2008 se observan edades más viejas en la captura, las que el modelo no pido ajustar satisfactoriamente.

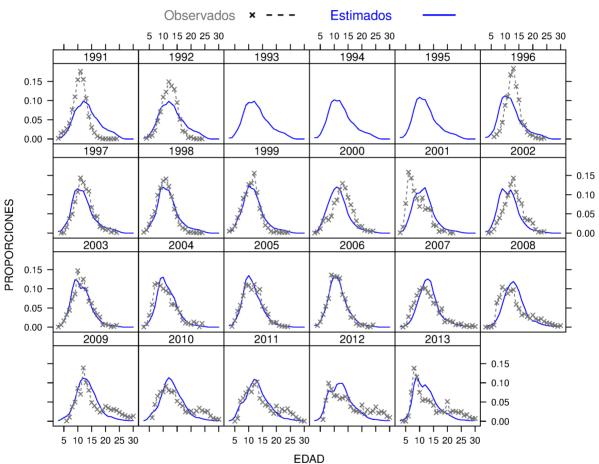


Figura 43. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota industrial chilena entre los años 1991 y 2013. Caso 2.

El ajuste de las composiciones de edad de las capturas argentinas obtenidas con palangre, exhibió también un ajuste satisfactorio, exceptuando el de los años 2007 y 2009 (**Figura 44**).

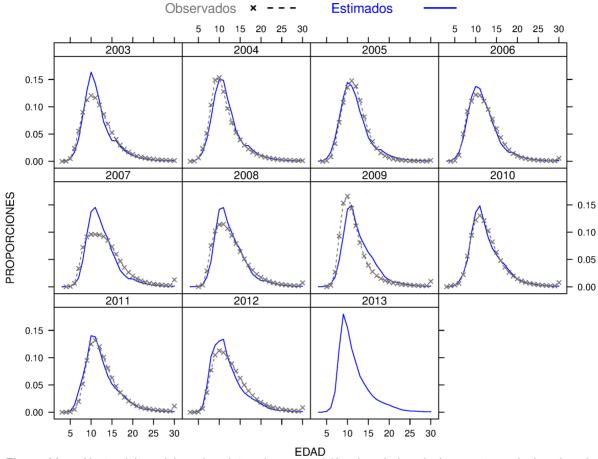


Figura 44. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota palangrera argentina entre los años 2003 y 2013. Caso 2.

El ajuste a las composiciones de edades de la flota de arrastre Argentina fue algo inferior a la observada con las composiciones de edades de la flota de palangre, con ajustes no del todo adecuados en los años 2003, 2006, 2009 y 2010 (**Figura 45**).

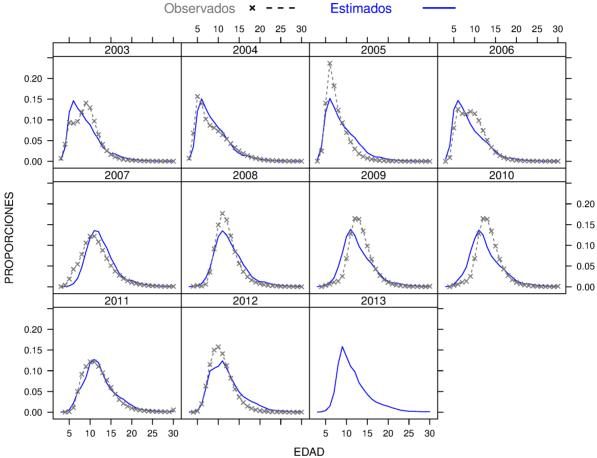


Figura 45. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota arrastrera argentina entre los años 2003 y 2013. Caso 2.

El ajuste de las composiciones de edad de las capturas artesanales fue adecuado, con excepción de los años 1996, 2002, 2007 y 2008, donde el modelo subestimó la edad modal, particularmente en el año 2007, en donde además se observó una sobre estimación notable de las edades 5 a la 10 (**Figura 46**).



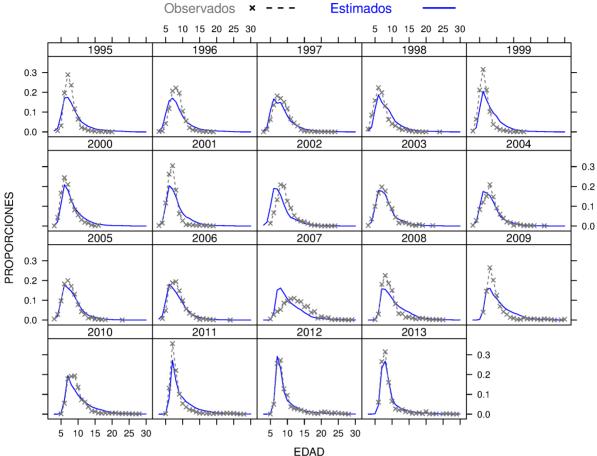


Figura 46. Ajuste del modelo a los datos de composición de edades de las capturas de bacalao de profundidad extraídas por la flota artesanal chilena entre los años 1995 y 2013. Caso 2.

En el Caso 2, el ajuste a los índices de abundancia relativa experimentó cambios respecto del observado en el Caso 1, en particular en el ajuste de la pesquería con cachalotera desarrollada en Chile entre los años 2007 y 2013 (**Figura 47**). El ajuste de este último fue pobre, si se le compara a los obtenidos para los índices estimados con los datos de la pesca de palangre industrial y artesanal de Chile, e incluso si le compara con el índice estimado con los datos de la pesca de palangre desarrollada en Argentina (**Figura 47**). Estos últimos índices tienen mayor peso en la verosimilitud, debido al mayor número de observaciones involucrado en su ajuste.



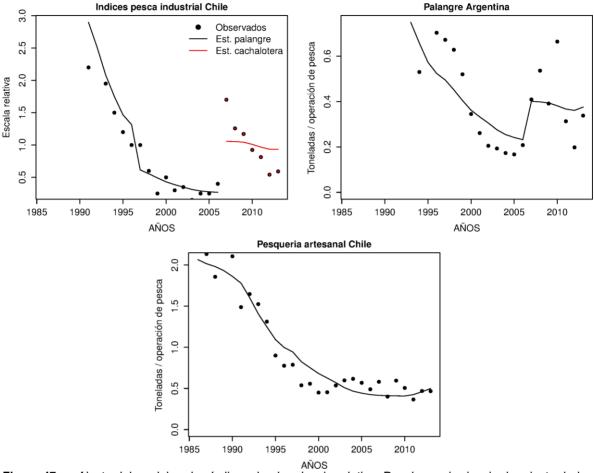


Figura 47. Ajuste del modelo a los índices de abundancia relativa. Panel superior izquierdo: ajuste de los índices estimados con datos de la pesca chilena de palangre (1989-2006) y cachalotera (2007-2013). Panel superior derecho: ajuste del índice estimado con datos de captura por operación de pesca de palangre (Registros de la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura de Argentina. Fuente: INIDEP). Panel inferior: ajuste del índice dependiente de la pesquería artesanal chilena. Caso 2.

Los estrechos ajustes a las capturas de las cuatro pesquerías incluidas en el modelo, son deliberados (**Figura 48**). Como procedimiento general, se intentó ajustar lo mejor posible la información de captura y abundancia relativa y sólo secundariamente, aquella realcionada con la composición de edades de las capturas (**Tabla 7**).



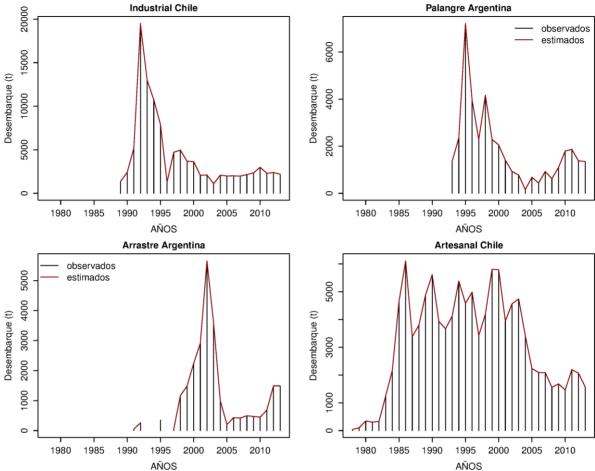


Figura 48. Ajuste del modelo a las capturas industriales (1989-2013) y artesanales (1978-2013) chilenas y de palangre (1993-2013) y arrastre argentinas (1991-2013). Caso 2.



5.1.2 Estimaciones de los parámetros

5.1.2.1 Selectividades

En el **Caso 1**, se estimaron dos bloques de selectividad en todas las pesquerías. Los bloques de años considerados en la pesquería industrial chilena (1991 – 2008 y 2009 -2013), obedecen al cambio en la metodología de asignación de edades que tuvo lugar en el año 2007, cuando la lectura de anillos de crecimiento dejó de ser realizada en escamas y se comenzaron a usar otolitos. Una consecuencia de ello, es que una vez que las lecturas se hacían en otolitos se comenzaron a leer un mayor número de edades más viejas en las capturas. El cambio en selectividad sin embargo, no se incluye sino hasta el año 2009, porque en ese año recién se comienzan a observar un número significativo de individuos más viejos (**Figuras 38** y **49**).

En el segundo bloque de años la selectividad de la pesquería chilena se ubica prácticamente en el mismo lugar de la ojiva de madurez sexual (**Figura 51**).

Otro cambio notable entre bloques de años se observó en el caso de la pesca de arrastre argentina. Entre los bloques de años 1989-2006 y 2007-2013, la edad completamente reclutada en la pesca de arrastre cambio desde la edad 6 a la 13, lo que se aprecia claramente en las composiciones de edad de las capturas (**Figuras 40** y **51**).

La pesca argentina con palangre, presentó prácticamente el mismo patrón selectivo en ambos bloques de años (Figura 49).



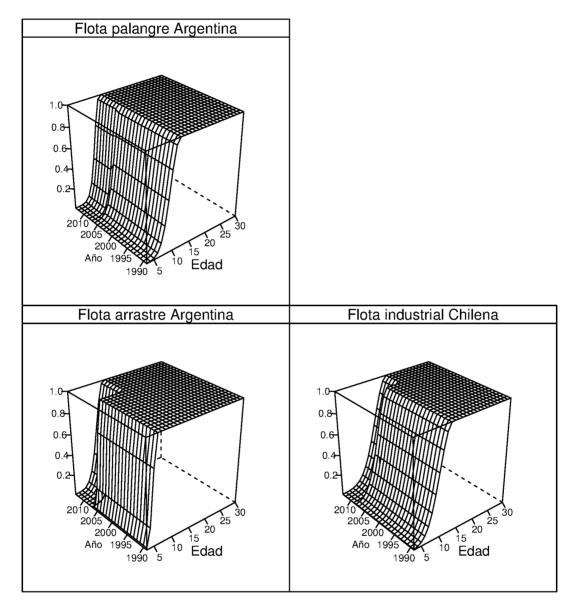


Figura 49. Selectividades estimadas para la flota industrial chilena y las flotas de palangre y arrastre argentinas. En todas las pesquerías se utilizó selectividades asintóticas y dos bloques de años. Caso 1.

En el Caso 2, también se estimaron dos bloques de selectividad en las cuatro pesquerías consideradas. Los bloques de años incorporados en la pesquería industrial y artesanal chilena (1991 – 2007 y 2008 - 2013), obedecen al cambio en la metodología de asignación de edades que tuvo lugar en el año 2007. En el caso de la pesca artesanal sin embargo, este cambio es de menor impacto, dado el escaso número de peces viejos representados en las capturas aún después del año 2007 (Figura 29). De esta manera el cambio en la selectividad artesanal aparece como poco



significativo (**Figuras 50** y **51**). En el caso de las pesquerías industriales, los cambios en la selectividad son notables, particularmente en las pesquerías industrial chilena y arrastre de argentina (**Figuras 50**).

En la **Figura 51**, se puede apreciar con mayor claridad como la selectividad de las pesquerías artesanal chilena y palangre Argentina, no experimentan grandes cambios entre bloques de años. Por el contrario, las pesquerías industrial chilena y de arrastre argentina mostraron un cambio notable entre bloques de años. En el Caso 1, la selectividad de la flota industrial chilena se desplazó hacia la region de la ojiva de madurez y en desde esta región, hacia peces más jóvenes en el Caso 2. Para la flota de arrastre Argentina, la situación fue más consistente entre casos, con un desplazamiento hacia peces más viejos en ambos escenarios.



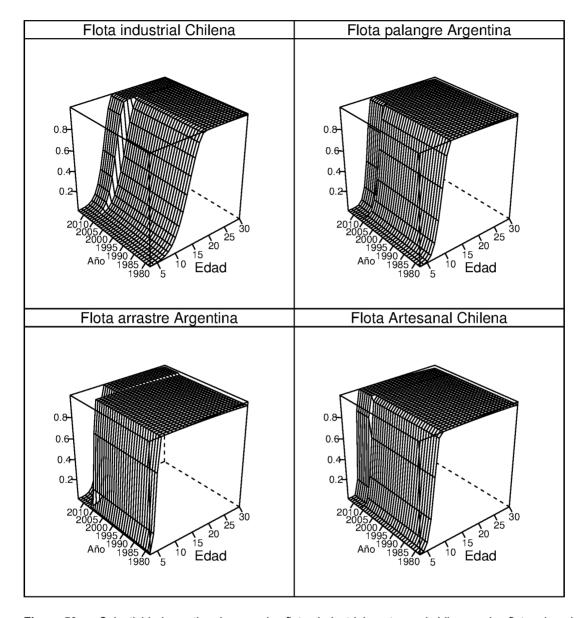


Figura 50. Selectividades estimadas para las flotas industrial y artesanal chilenas y las flotas de palangre y arrastre argentinas. En todas las pesquerías se utilizó selectividades asintóticas y dos bloques de años. Caso 2.



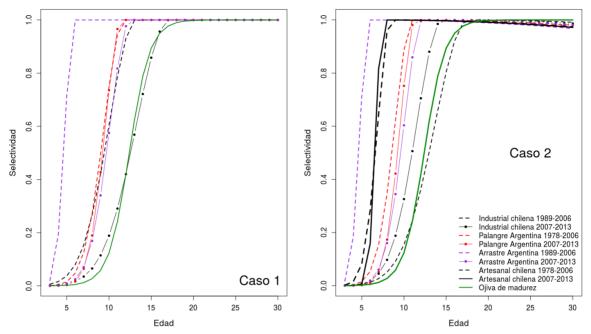


Figura 51. Selectividades estimadas para la pesquería industrial chilena y las pesquerías de palangre y arrastre argentinas. A modo de comparación, se incluye también la ojiva de madurez sexual utilizada en la evaluación de stock. Casos 1 y 2.

5.1.2.2 Mortalidades

Las mortalidades por pesca estimadas en el **Caso 1** siguieron en general el mismo patrón de las capturas para los primeros 15 años de la serie, con las mayores mortalidades estimadas para los años previos a la década de los años 2000 en el caso de las pesquerías de palangre y en el caso de la pesca con arrastre, las mayores mortalidades tienen lugar entre los años 2000 y 2004 (**Figura 52**). A partir del año 2008 sin embargo, la mortalidad estimada para las tres flotas incluidas en el modelo se incrementa visiblemente, en particular aquella estimada para la pesquería industrial chilena, la que alcanza valores comparables y que incluso superan a aquellas estimadas para los primeros años de la pesquería (**Figura 52**).

Esta situación no se observó en el **Caso 2**, donde las mayores mortalidades por pesca se estimaron para los años de inicio de la pesca industrial (**Figura 52**). La mortalidad por pesca ejercida por la flota artesanal, alcanzó un máximo entre los años 1999 y 2004 y luego exhibió una clara tendencia negativa, disminuyendo notablemente entre los años 2003 y 2013. Este caso sin embargo no incluyó correcciones a la asignacion de las capturas por sector. Similar a lo observado en al Caso 1, la mortalidad por pesca ejercida por la flota industrial chilena es comparativamente mayor, incluso en los últimos años de la serie. Las mortalidades ejercidas por las flotas argentinas, exhiben una tendencia al alza en los últimos ocho años (**Figura 52**).



Las mortalidades por pesca estimadas en el Caso 2, fueron significativamente inferiores a las estimadas en el Caso 1 (**Figura 52**), en donde la mortalidad total excedió de manera importante a la mortalidad natural entre los años 2009 y 2013, en circunstancia que esto no se observó en el Caso 2.

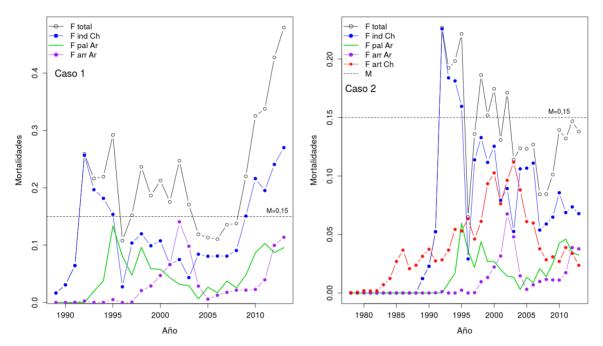


Figura 52. Mortalidades por pesca de bacalao de profundidad de la edad completamente reclutada a la pesquería. F total: mortalidad total; F ind Ch: pesquería industrial chilena; F pal Ar: pesquería palangre argentina; Farr Ar: pesquería arrastre argentina; F art Ch: pesquería artesanal chilena. La línea segmentada corresponde al valor de M. Casos 1 y 2.

5.1.2.3 Reclutamientos

En el **Caso 1**, el reclutamiento medio (R_0) fue estimado en 1.767 millones de individuos (**Figura 53 A**). Los desvíos estimados del reclutamiento presentaron un patrón tal que sólo se observan desvíos positivos hasta el año 2000 y luego de ese año, prácticamente todos los desvíos son negativos (**Figura 53 B**). Concecuentemente, la tendencia de los reclutamientos sugiere una reducción progresiva desde el inicio de la pesquería a principios de los años 90s. Es de notar que la fluctuación positiva observada en los años 2007 y 2008, corresponde a los desvíos positivos estimados en estos dos años, en el medio de un claro período de desvíos negativos (**Figura 53 C**).



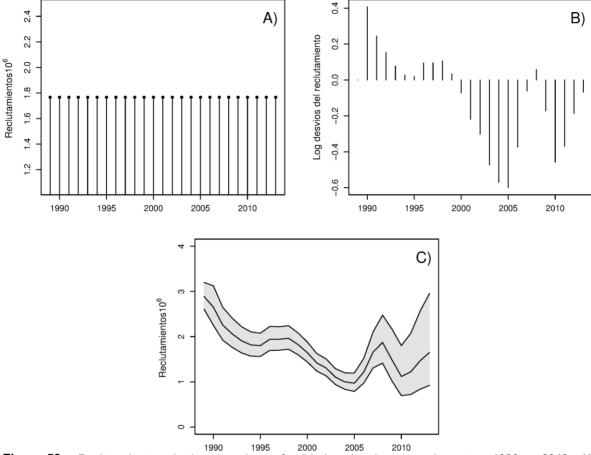


Figura 53. Reclutamientos de bacalao de profundidad estimados entre los años 1989 y 2013; A) reclutamiento medio; B) desvíos log normales del reclutamiento; C) Reclutamiento estimado incluyendo la banda de confianza de 95%. Caso 1.

En el **Caso 2**, el reclutamiento medio fue estimado en 4.754 millones de individuos (**Figura 54 A**). Los desvíos estimados presentaron el mismo patrón, con desvíos negativos pero más pronunciados y que se inician en los años 90s. Previo a año 1990, en este caso no se estimaron desvíos sino sólo el reclutamiento medio (**Figura 54 B**). Se obsevó una disminución de los reclutamientos entre los años 1990 y 2005, pero luego se observó un incremento, simultáneamente a un aumento en la incertidumbre de las estimaciones. De este modo, no se observó una clara tendencia a la disminución en los reclutamientos sino algo que se parece más a una fuerte fluctuación en torno al valor medio.



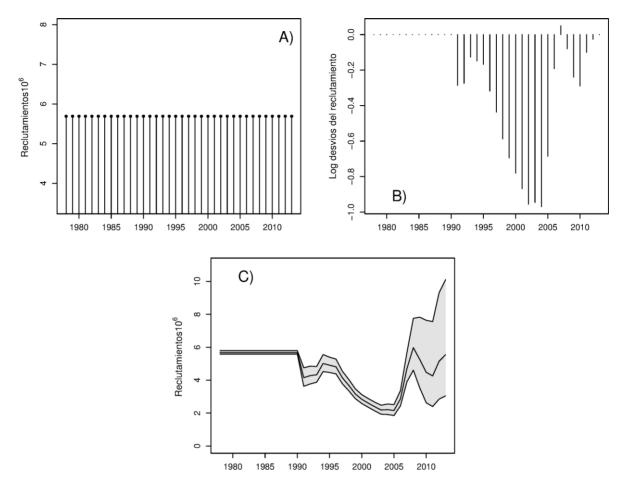


Figura 54. Reclutamientos de bacalao de profundidad estimados entre los años 1978 y 2013; A) reclutamiento medio; B) desvíos log normales del reclutamiento; C) Reclutamiento estimado incluyendo la banda de confianza de 95%. Caso 1.

5.1.2.4 Biomasas

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 vulnerable** o explotable, es el peso de la población accesible a la pesca presente a inicios de junio.

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

En la fase de prospección y hasta el inicio de la pesquería industrial (1989 a 1991) la **biomasa total** se mantuvo estable alrededor de las 124 mil toneladas. A partir de 1992 y hasta el año 2013, la biomasa total experimentó una constante reducción a razón de un 6% anual. La diferencia porcentual entre la biomasa actual y aquella presente en 1989, corresponde a una reducción de 75% (**Figura 55**; **Tabla 8**).

Entre 1989 y 1992, la biomasa explotable fluctuó en torno a un valor medio de 54 mil toneladas. A partir de este último año, la biomasa comenzó a disminuir a razón de 11% anual hasta el año 1996 (**Figura 55**; **Tabla 8**). Entre 1997 y 2005, esta tasa disminuyó a un 8% y entre este los años 2005 y 2009, la biomasa vulnerable se estabilizó en torno a las 15 mil 400 toneladas. En los últimos cuatro años de la serie, la tasa anual de reducción del stock se incrementó nuevamente a un 13%, alcanzando en el último año una biomasa que es equivalente a un 12% de aquella presente en el año 1989.

Siguiendo un comportamiento similar al de la biomasa total, la **biomasa desovante** se reduce también de manera continua entre los años 1991 y 2013, a razón de un 8% anual. Esta tasa de reducción sin embargo se acelera a partir del año 2010, donde la disminución en biomasa es del orden del 16% anual (**Figura 55**; **Tabla 8**). La diferencia porcentual entre la biomasa presente al inicio de la pesquería y aquellas estimadas para el año 2013 es de 83%.

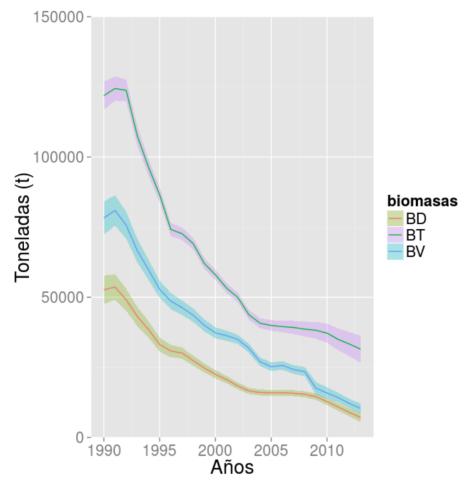


Figura 55. Fluctuación de la biomasa total (3+), biomasa vulnerable y biomasa desovante de bacalao de profundidad entre los años 1990 y 2013. Se incluye la banda de confianza de 95%. BT: biomasa total; BV: biomasa vulnerable; BD: biomasa desovante. Caso 1.



Tabla 8.Biomasa total 3+, biomasa desovante, biomasa explotable, reclutamientos, mortalidad por pesca y tasas de explotación de bacalao de profundidad, estimadas para los años 1989 a 2013. Caso 1.

Años	Biomasa total 3+ (toneladas)	Biomasa vulnerable (toneladas)	Biomasa desovante (toneladas)	Reclutas (106)	Mort. Pesca (F)	Tasa Explot. (u)
1989	126121	82235	59106	2890	0.02	0.02
1990	121876	78278	52682	2654	0.03	0.03
1991	124447	80966	53650	2256	0.06	0.06
1992	123776	75683	49114	2063	0.26	0.21
1993	107497	66631	43139	1908	0.22	0.18
1994	96377	59826	38519	1817	0.22	0.18
1995	86555	52825	33154	1802	0.29	0.24
1996	74175	48639	30857	1943	0.11	0.10
1997	72686	46315	30123	1943	0.15	0.13
1998	69155	43614	27424	1965	0.24	0.20
1999	62071	40020	24815	1827	0.19	0.16
2000	57995	37324	22533	1646	0.21	0.18
2001	53242	36307	20644	1420	0.18	0.15
2002	49951	35012	18390	1306	0.25	0.20
2003	43758	31800	16629	1101	0.17	0.15
2004	40761	27036	16051	999	0.12	0.10
2005	39963	25218	15931	970	0.11	0.10
2006	39550	25724	15957	1216	0.11	0.10
2007	39243	24237	15783	1661	0.14	0.12
2008	38672	23520	15432	1872	0.14	0.12
2009	38242	17576	14555	1487	0.22	0.18
2010	37223	15875	12800	1119	0.33	0.26
2011	34980	14233	10889	1221	0.34	0.27
2012	33341	12155	8951	1467	0.43	0.32
2013	31496	10384	7171	1651	0.48	0.36



Caso 2

Entre los años 1978 y 1992, la **biomasa total** experimenta una reducción gradual, a una tasa media de 2% anual. Entre los años 1993 y 2006, la reducción en la biomasa total continuó pero a una tasa anual de 8% (**Figura 56**). A partir del año 2007, la reducción se detiene y se observa un lento incremento de un 2% anual hasta el año 2013. La reducción porcentual de la biomasa total entre los años 1978 y 2013 es de 73% (**Tabla 9**).

Entre 1978 y 1988 la **biomasa vulnerable** se reduce lentamente a una tasa de 2% anual. La reducción en la biomasa explotable se acelera a un 11% anual entre los años 1989 y 1995. Entre los años 1997 y 2003 esta reducción se desacelera (8% anual) y entre los años 2007 y 2013, esta biomasa se mantuvo estable en torno a las 42 mil tonelada (**Figura 56**; **Tabla 9**).

La biomasa desovante siguió un patrón similar, con una disminución más lenta entre los años 1979 y 1991 (2% anual) y una reducción más rápida entre los años 1992 y 2004 (12% anual). En los últimos nueve años de la serie, la reducción se desacelera a un 3% anual y consecuentemente, la biomasa deovante se observa relativamente estable en torno a las 27 mil toneladas (**Figura 56**; **Tabla 9**).

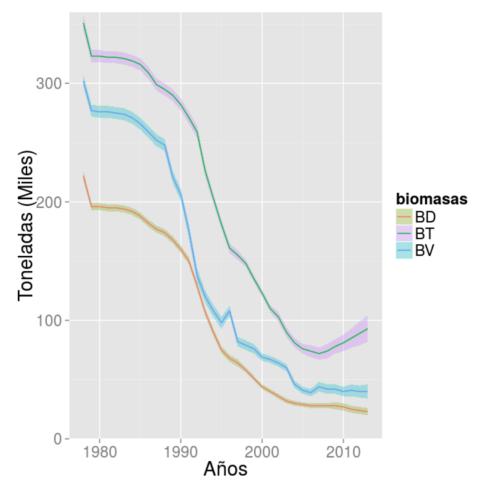


Figura 56. Fluctuación de la biomasa total (3+), biomasa vulnerable y biomasa desovante de bacalao de profundidad entre los años 1978 y 2013. Se incluye la banda de confianza de 95%. BT: biomasa total; BV: biomasa vulnerable; BD: biomasa desovante. Caso 2.



Tabla 9.Biomasa total 3+, biomasa desovante, biomasa explotable, reclutamientos, mortalidad por pesca y tasas de explotación de bacalao de profundidad, estimadas para los años 1989 a 2013. Caso 2.

Años	Biomasa total 3+	Biomasa vulnerable	Biomasa desovante	Reclutas (106)	Mort. Pesca (F)	Tasa Explot. (u)
	(toneladas)	(toneladas)	(toneladas)	. ,		
1989	290924	221913	168424	5692	0.01	0.01
1990	282795	206069	160510	5692	0.02	0.02
1991	271867	175591	150969	4151	0.05	0.05
1992	259313	138346	129360	4278	0.23	0.19
1993	226415	120629	107538	4327	0.19	0.16
1994	203304	108103	90532	5014	0.20	0.17
1995	181711	98122	75874	4910	0.22	0.18
1996	161594	108338	68907	4813	0.06	0.06
1997	155360	82748	64653	4141	0.14	0.12
1998	148009	79731	58219	3678	0.19	0.16
1999	135573	76869	51525	3164	0.15	0.13
2000	123660	69398	44991	2840	0.17	0.15
2001	110804	67033	40462	2607	0.13	0.11
2002	103026	64102	36249	2390	0.17	0.15
2003	90929	60555	32647	2189	0.11	0.10
2004	81958	46464	30439	2211	0.12	0.11
2005	76795	41010	29316	2160	0.12	0.11
2006	74211	39403	28532	2867	0.13	0.11
2007	72714	44224	28353	4695	0.08	0.08
2008	74616	42706	28565	5979	0.08	0.08
2009	78200	42380	28379	5255	0.10	0.09
2010	81856	40372	27362	4479	0.14	0.12
2011	85163	41255	25988	4259	0.13	0.12
2012	89116	40527	24647	5152	0.15	0.13
2013	93663	40846	23884	5545	0.14	0.12

5.2 Resumen de la evaluación de stock

Se planteó una actualización al modelo conceptual para la evaluación de stock, que interpreta la información científica y técnica más reciente incluyéndo aspectos tales como: la estructuración espacial del stock (tanto con relación a su ambiente físico, como con relación al área en donde los individuos mantienen su membresía a la población, conservando su acceso a la reproducción), la hipótesis respecto de la conectividad de la población distribuida en la Unidad de Pesquería con el océano Atlántico y con el área de pesca artesanal.



La discusión del modelo conceptual, buscó componer un cuadro coherente que incluye tanto la información recientemente disponible como la ya existente, como por ejemplo la relacionada con las áreas en donde la reproducción es viable y la extensión geográfica de las mismas.

Se reconocen y se intentan incorporar en el desarrollo del estudio, las observaciones al trabajo que venía desarrollando el IFOP en las evaluaciones de stock de bacalao, tales como:

El cambio en la capturabilidad de la pesca industrial chilena, como resultado de un cambio en el aparejo de pesca utilizado.

El efecto de la predación por mamíferos marinos en la estimación de índices de abundancia relativa, en particular orcas y cachalotes.

La conectividad del stock explotado en la Unidad de Pesquería industrial con la región Sur-Oeste del océano Atlántico.

La lectura de un mayor número de individuos con edades 25+, luego de un cambio metodológico introducido en el estudio de la edad de bacalao, el que implicó descontinuar la lectura de anillos de crecimiento en escamas y adoptar su lectura en secciones transversales de los otolitos.

Estos cambios en la forma de enfrentar la evaluación de bacalao de profundidad, se presentan como un primer paso en la búsqueda de la mejor manera de plantear esta investigación, a fin de tomar en consideración en lo posible, todas las fuentes de incertidumbre que afectan a las recomendaciones de captura.

La introducción de los cambios que se reportan en este informe, sólo ha sido posible en este último año, al haberse abierto el acceso a datos que no estuvieron disponibles a las evaluaciones anteriores, tales como las bitácoras de pesca aportadas por AOBAC y los datos de la pesca desarrollada por las flotas argentinas en el Atlántico Sur-Oeste y al sur de la latitud 54°S, que fueron aportados por el INIDEP en el marco de un acuerdo de cooperación con IFOP.

Los cambios que se refieren en los párrafos anteriores, fueron implementados en la forma de un modelo con el que se analizaron dos casos: uno que incluyó la captura la pesquería industrial chilena y las pesquerías de palangre y arrastre de argentina, dos períodos para la capturabilidad de la flota industrial chilena, que incorporan explícitamente el efecto del cambio de aparejo de pesca en el año 2008 y una matriz de error de lectura de edad, a fin de explorar modos de dar cuenta de las diferencias observadas en la lectura de edades antes y después del año 2007.

En un segundo caso, similar al primero pero en donde se incorporó además la flota artesanal chilena que opera al norte de la latitud 47°S, se inicializó el modelo en el año 1978 en vez de año 1989, como en el primer caso.



Los reclutamientos estimados en el Caso 1, muestran dos períodos: uno con desvíos predominantemente positivos hasta el año 1999 y un segundo período, con desvíos predominantemente negativos. Como consecuencia de este patrón en los desvíos, el reclutamiento presenta una tendencia a disminuir de manera continua a través de la extensión de años considerada en la evaluación.

Los reclutamientos estimados en el Caso 2, no incluyeron desvíos sino hasta el año 1991 (donde se tienen los primeros datos de composición de edades) y estos exhibiéron sólo el segundo perído de desvíos negativos que se fueron reduciendo hacia el año 2013. De este modo, los reclutamientos parecen haber experimentado una fuerte fluctuación, luego de la cual exhiben una tendencia a regresar al su valor medio. Esto se debería al efecto de incorporar la pesquería artesanal, cuyas capturas están compuestas principalmente por peces juveniles.

La incorporación de las capturas de las flotas argentinas en el Caso 1 y de la flota artesanal además de las pesquerías ya indicadas en el Caso 2, incrementan el tamaño de la población (Bo) con respecto de la población de bacalao considerada en la evaluación del año 2013 (en donde se asumíó una población cerrada en el área de la pesca industrial chilena) en una manera que es acorde con la magnitud de las capturas totales extraídas en cada caso.

En ambos casos investigados en esta evaluación, las biomasas estimadas mostraron una reducción prácticamente continua a través de los períodos de años estudiados, tendencia que se precipita con el inicio de la actividad pesquera industrial chilena y argentina, a inicios de los años 90s.

De acuerdo con este patrón de fluctuación de las biomasas, la biomasa desovante en el año 2013 fue estimada en 7.171 toneladas en el Caso 1 y en 23.884 toneladas en el Caso 2.

5.3 Objetivo 2: Calcular los Puntos Biológicos de Referencia

Los puntos biológicos de referencia asociados al máximo rendimiento sostenido F_{RMS} y BD_{RMS} fueron calculados empleando los valores sustituto recomendados en el segundo taller de Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia de las Pesquerías Nacionales (Payá et al. 2014). En consecuencia, F_{RMS} fue sustituido por $F_{45\%}$ y BD_{RMS} fue calculado como $0,4BD_0$, provisto que el modelo de entrega una estimación de BD_0 .

La formulación del algoritmo para el cálculo de F_{45%} se entrega en el **Anexo 8**, junto con el código para su cómputo, el que fue implementado en el lenguaje y ambiente para la computación estadística R (R Core Team, 2014).

Los datos de entrada para el cálculo de F_{45%} incluyen M=0,15 y la adopción del tiempo del desove como el 1^{ero} de agosto. En el caso de los valores de F_{RMS} usados en el MBR, se usó una selectividad para cada año una vez que se combinaron las selectividades de todas las flotas. En el caso del PBR usado en la proyección, este se calculó empleando la selectividad del último año, la que se entrega



en la **Tabla 10**, junto con la ojiva de madurez y el vector de pesos medios utilizados en el cálculo de los PBRs.

En el Caso 1, el valor puntual de $F_{45\%}$ para el último año en la evaluación fue calculado en 0,0889 (int. Conf. 95%: 0,0840 – 0,0939) y en 0,0777 (int. Conf. 95%: 0,0766 – 0,0807) en el Caso 2.

El valor sustituto para BD_{RMS} correspondió a 26.567,46 t en el Caso 1 y a 88.867,2 t en el Caso 2 (**Figura 57**).

La incertidumbre de F_{45%} fue calculada repitiendo 9.000 veces el algoritmo del **Anexo 8**, correspondiendo con igual número de muestreos Monte Carlo de cadena de Markov de la selectividad del último año (de un total de 10.000 réplicas se eliminaron las primeras 1.000).

Del mismo modo, los histogramas de la **Figura 57** fueron elaborados con 9.000 muestras de Bo, procedimiento que se repitió en cada uno de los dos casos estudiados en la evaluación.



Tabla 10Datos de entrada para el cálculo de F_{45%} en cada caso. Msex: Ojiva de madurez sexual;
Sel: selectividad; Wm: pesos medios a la edad.

Edad	Msex	Sel Caso 1	Sel Caso 2	Wm
3	0	0.001	0.000	0.408
4	0.001	0.003	0.001	0.858
5	0.002	0.007	0.005	1.516
6	0.005	0.019	0.017	2.391
7	0.012	0.049	0.051	3.483
8	0.027	0.115	0.132	4.783
9	0.058	0.231	0.286	6.274
10	0.123	0.390	0.502	7.939
11	0.242	0.550	0.715	9.756
12	0.419	0.668	0.854	11.704
13	0.621	0.757	0.941	13.759
14	0.788	0.843	0.993	15.901
15	0.894	0.920	1.000	18.107
16	0.95	0.975	1.000	20.36
17	0.977	0.999	1.000	22.641
18	0.99	1.000	1.000	24.933
19	0.996	1.000	1.000	27.223
20	0.998	1.000	1.000	29.497
21	0.999	1.000	1.000	31.744
22	1	1.000	1.000	33.956
23	1	1.000	1.000	36.123
24	1	1.000	1.000	38.239
25	1	1.000	1.000	40.298
26	1	1.000	1.000	42.297
27	1	1.000	1.000	44.231
28	1	1.000	1.000	46.098
29	1	1.000	1.000	47.897
30	1	1.000	1.000	52.83



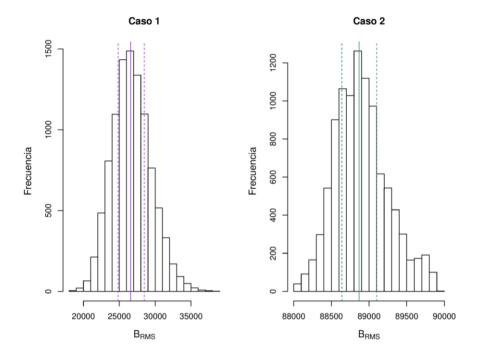


Figura 57. Histogramas del punto biológico de referencia (0,4Bo) sustituto de la biomasa desovante del máximo rendimiento sostenido (B_{RMS}) para los dos casos estudiados en la evalaución de stock. Caso 1: modelo que incluye las pesquerías indistriales chilenas y argentinas; Caso 2: modelo que incluye tanto las pesquerías industriales como la pesquería artesanal que opera al norte de la latitud 47°S. Los histogramas fueron producidos con 9.000 valores de Bo, muestreados en cada caso usando montecarlo de cadena de Markov. Las líneas verticales de colores corresponden al valor mediano y las líneas punteadas a los cuantiles de 25% y 75%.



5.4 Objetivo 3: Establecer el estatus actualizado de estos recursos

5.4.1 Evaluación del estatus basado en la biomasa desovante

De acuerdo con los resultados del **Caso 1**, entre los años 1989 y 1992 el stock desovante de bacalao de profundidad se encontraba entre un 85% a 70% de su máximo potencial reproductivo (**Figura 58**). Este potencial sin embargo experimentó una continua reducción a través de todos los años incluidos en la evaluación, alcanzando un nivel igual al objetivo del manejo (zona de plena explotación) en el año 1998. El stock reproductivo continuó disminuyendo en los años siguientes y en el 2009 alcanzó el valor de B_{LIM} (umbral de colapso; **Figura 58**). En el año 2013, el stock desovante se encontraba en un 10% 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 1988, aproximadamente. A partir de 1989, el stock incio una rápida disminución y alcanzó el objetivo de manejo en 1994 (**Figura 58**). Entre los años 1995 y 2006, el stock reproductivo continuó dismiunuyendo rápidamente, alcanzando la biomasa límite en el año 2000. En el año 2013, el stock desovante se encontraba en un 11% de su máximo potencial. El promedio del índice de reducción de stock para los últimos seis años es de 12%.

Para el año 2013, el IRD estimado en los dos casos estudiados con el modelo desarrollado 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. En el caso del IRD estimado con el modelo usado en la última evaluación y actualizado para este informe (Quiroz 2014), este indicador tiene una probabilidad de 0,95 de encontrarse en la zona de colapso (**Figura 58**).

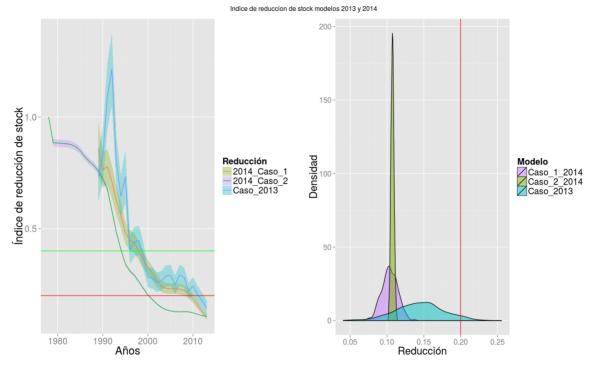


Figura 58. Panel izquierdo: Fluctuación del índice de reducción del stock desovante (*IRS*) de bacalao de profundidad, estimada para los dos casos estudiados con el modelo de evaluación 2014 y con el caso base de evaluación 2013 con datos actualizados. Se incluye la banda de confianza de 95%; Panel derecho: distribuciones de probabilidades del *IRS* en el año 2013, obtenidas en los tres casos analizados usando la infomración de la matriz hessiana. En ambos gráficos se indican los límites que definen las zonas de colapso (línea roja: 0,2Bo) y objetivo del manejo (línea verde: 0,4Bo).



5.4.2 Marco biológico de referencia

El valor de F_{RMS} o su valor sustituto esta condicionado a la selectividad de la pesquería y al valor de M. El modelo implementado para esta evaluación, consideró 2 bloques de años con diferentes selectividades para cada pesquería (industrial y artesanal chilena y pesquerías argentinas de palangre y arrastre), por esta razón la estandarización del eje "y" debió considerar estos cambios de la selectividad a través del tiempo.

De acuerdo con la LGPA, el estado de situación (o estatus) del stock de bacalao de profundidad es determinado usando el MBR (o diagrama de fases) representado en la **Figura 59**. Su estado al año 2013 se investiga en esta sección, usando los resultados de los dos casos estudiados con el modelo implementado para esta evaluación y con el resultado obtenido con el modelo usado en el año 2013 y que fue actualizado para este estudio.

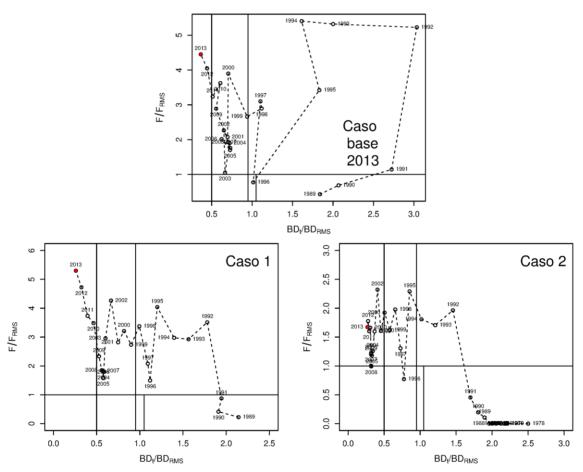


Figura 59. MBR mostrando la trayectoria del stock de bacalao de profundidad entre los años 1989 y 2013 (Caso 1 y Caso base) y entre los años 1978 y 2013 (Caso 2). Caso base 2013: Modelo 2013 (Quiroz 2014); Caso 1: Modelo 2014 (sin incluir la pesca artesanal), Caso2: Modelo 2014 (incluyendo la pesca artesanal). El punto rojo corresponde al estado del stock en el año 2013.



5.4.3 Estado de situación de la pesquería de bacalao de profundidad

Los resultados de los tres casos estudiados, sitúan a la pesquería en la zona de subexplotación o próxima a esta zona hasta el año 1991. Luego del inicio de las pesquerías industriales en Chile y Argentina a comienzos de los años 90s, la pesquería se localiza próxima o sobre el umbral de sobrepesca ($F_{RMS} \approx F_{45\%}$; con excepción del año 1996 en el Caso base y Caso 2).

En el Caso 1 y Caso base, la pesquería entra en la región de sobreexplotación en el año 1999, en donde se mantuvo hasta el año 2009 o 2011, dependiendo del modelo que se considere (**Figura 59**). Ya sea en el año 2010 (Caso 1) o en el año 2012 (Caso base 2013), la pesquería entra en la región de colapso (o agotamiento), en donde permanece hasta el año 2013 (**Figura 59**).

En el Caso 2 en cambio, la pesquería entra en la región de sobreexplotación en el año 1995 y en la región de colapso en el año 2002, en donde permanece hasta el presente (**Figura 59**).

5.4.4 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 10%, 11% o 15% 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.

5.5 Objetivo 4: Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptables.

5.5.1 Proyección de la población a 15 años usando estrategias de mortalidad por pesca constante

5.5.1.1 Proyección basada en el modelo 2014. Caso 1

Bajo las condiciones de abundancia por edades en el último año de la evaluación implementada en el Caso 1, reclutamiento igual al promedio de los últimos 5 años, mortalidad natural M=0,15 y selectividad igual a la estimada para el último año, la aplicación de una política de status-quo produjo un valor esperado de 4.249 toneladas. Bajo esta política se puede esperar una reducción de 40% del stock desovante respecto de la condición actual del recurso. Esta reducción, implica una



probabilidad 1 de que el stock se encuentre aún en la zona de colapso al cabo de 15 años (**Tabla 11**; **Figura 60**).

La reducción de la mortalidad por pesca actual en un 40% produce una captura esperada de 3.009 toneladas. Con esta estrategia se proyecta un crecimiento de 20% de la biomasa por sobre la condición presente, lo que equivale a alcanzar un 30% de la biomasa desovante en el RMS. Consecuentemente, la probabilidad de que el stock se encuentre aún en la zona de colapso en 15 años es igual a 0,95 y la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo es 1.

La aplicación de una mortalidad por pesca igual al 40% del valor presente, produce un valor esperado de captura de 2.187 toneladas, lo que implica un crecimiento de 90% del stock desovante presente en el año 2013. Esto permite alcanzar un 50% del RMS y por lo tanto significa que en 15 años el stock se ubicaría en B_{LIM}. Luego, la probabilidad de encontrarse aún en la zona de colapso es 0,5. Dado esta situación, la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo con esta estrategia es 1.

La implementación de una reducción de 70% en la mortalidad por pesca actual (0,3F_{act}), produce un valor esperado de captura de 1.714 toneladas. Este nivel de captura promueve el crecimiento del stock desovante en un 140% y equivalente a alcanzar un 60% de BD_{RMS}. Esto implica que la biomasa desovante esperada en el horizonte de proyección se encontraría fuera de la zona de colapso. Lo anterior se ve reflejado en una baja probabilidad de que el recurso se encuentre aún en estado de agotamiento en 15 años. Esta estrategia de explotación tiene una alta probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo en el período proyectado (Tabla 11; Figura 60).

La aplicación de una estrategia F_{RMS} (F_{40%}), promueve un crecimiento de un 220% del stock desovante, lo que permite a la población el alcanzar un 80% del BD_{RMS}. Esta política tiene una mínima probabilidad de que el stock aún se encuentre en estado de colapso en 15 años. La probabilidad de alcanzar el objetivo de manejo en el período proyectado aplicando esta estrategia de explotación es baja (**Tabla 11**; **Figura 60**).



Tabla 11.

Resumen del análisis de proyección y riesgo bajo cinco políticas de mortalidad por pesca constante, asumiendo un reclutamiento constante igual a la media de los últimos 5 años. BD_y : biomasa desovante en el año y; BD_{RMS} : biomasa desovante asociadas al Rendimiento Máximo Sostenible. F_{act} : mortalidad por pesca estimada en el último año de la evaluación de stock. Caso 1: Modelo que incluye las flotas industrial chilena y paralangre y arrastre de argentina.

<u>-</u>	F _{RMS}	0,3F _{act}	0,4F _{act}	0,6F _{act}	Status-quo
Captura ₂₀₁₅ t					
$\alpha = 0.5$	1194	1714	2187	3009	4249
$\alpha = 0,1$	1095	1566	1990	2713	3740
BD ₂₀₂₈ /BD ₂₀₁₃	3.2	2.4	1.9	1.2	0.6
BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS}	8.0	0.6	0.5	0.3	0.2
$P(BD_{2028}/BD_{RMS} < 0.5)$	0.05	0.23	0.53	0.95	1.00
P(BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS} < 1)	0.82	0.99	1.00	1.00	1.00

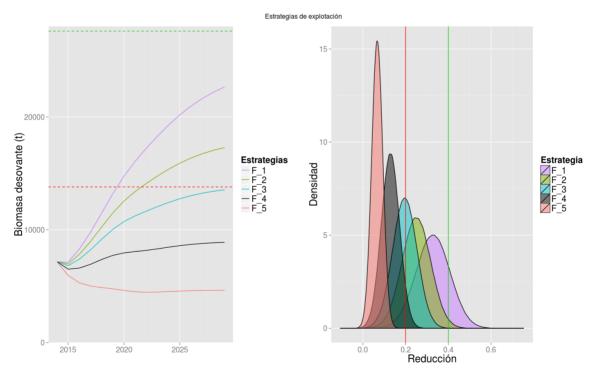


Figura 60. Trayectorias de la biomasa desovante y distribuciones de probabilidades en el último año de una proyección de 15 años bajo cinco estrategias de mortalidad por pesca constante; F1: F_{RMS} (F_{45%}), F_2: 0,3F_{act} y F_3: 0,4F_{act}; F_4: 0,6F_{act}; F_5: status-quo. Las líneas rojas horizontal segmentada y vertical continua, representan a B_{LIM}. La línea verde vertical, representa el objetivo de manejo. Modelo de evaluación cuota 2015. Caso 1.



5.5.1.2 Proyección basada en el modelo 2014 Caso 2

Bajo las condiciones de abundancia por edades del año 2013 estimadas en el Caso 2, reclutamiento igual al promedio de los últimos 5 años, mortalidad natural M=0,15 y selectividad igual a la estimada para el año 2013, la aplicación de una política de status-quo tiene un valor esperado de CBA de 7.701 toneladas. Bajo esta política, se contempla un incremento de 20% del stock desovante respecto de la condición presente del recurso al final del período proyectado, pero con una probabilidad cierta de que el stock se encuentre aún en la zona de colapso en el año 2028 (**Tabla 12**; **Figura 61**).

La reducción de la mortalidad por pesca actual a un valor igual a F_{RMS}, produce una captura esperada de 4.942 toneladas. Esta política de explotación permitiría un crecimiento de 90% de la población deovante y alcanzar un 80% del objetivo de manejo en 15 años. De este modo, bajo esta estrategia, la probabilidad de encontrarse aún en la zona de colapso al final del período proyectado es significativamente baja, sin embargo la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo en este período continua siendo alta (**Tabla 12**).

La reducción de la mortalidad por pesca a un 40% del valor estimado para el último año en la evaluación de stock, produjo una CBA mediana para el año 2015 igual a 3.409 toneladas. Esta política permitiría minimizar efectivamente la probabilidad de que el stock permanezca en la región de colapso, alcanzando el objetivo de manejo en 15 años. Sin embargo la probailidad de no alcanzar esta meta es aún de 50% (**Tabla 12**; **Figura 61**).

Una mortalidad por pesca equivalente a un 30% de la mortalidad estimada en el Caso 2 para el año 2013, promovería un incremento de 170% en el tamaño del stock desovante, alejándo al stock de la región de colapso y reduciéndo efectivamente el riesgo de no alcanzar el objetivo de manejo en el horizonte de tiempo proyectado (**Tabla 12**; **Figura 61**).

La implementación de una estrategia de explotación equivalente a una reducción de 80% en la mortalidad por pesca actual, produce un valor esperado de CBA de 1.764 toneladas y un crecimiento al final del perído de proyección equivalente al triple de la población desovante presente en el año 2013 (**Tabla 12**; **Figura 61**). Este crecimiento del stock, contribuye a reducir significativamente el riesgo tanto de colapso como el riesgo de no alcanzar el objetivo de manejo.



Tabla 12.

Resumen del análisis de proyección y riesgo bajo cinco políticas de mortalidad por pesca constante, asumiendo un reclutamiento constante igual a la media de los últimos 5 años. BD_y : biomasa desovante en el año y; BD_{RMS} : biomasa desovante asociadas al Rendimiento Máximo Sostenible. F_{act} : mortalidad por pesca estimada en el último año de la evaluación de stock. Caso 2: Modelo que incluye las flotas industrial y artesanal chilenas y paralangre y arrastre de argentina.

•	0,2F _{act}	0,3F _{act}	0,4F _{act}	F _{RMS}	Status-quo
Captura ₂₀₁₅ t					
$\alpha = 0.5$	1764	2601	3409	4942	7701
$\alpha = 0,1$	1656	2441	3199	4634	7197
BD ₂₀₂₈ /BD ₂₀₁₃	3.1	2.7	2.4	1.9	1.2
BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS}	1.3	1.1	1.0	8.0	0.5
P(BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS} < 0,5)	0.00	0.00	0.01	0.07	0.49
P(BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS} < 1)	0.15	0.32	0.54	0.89	1.00

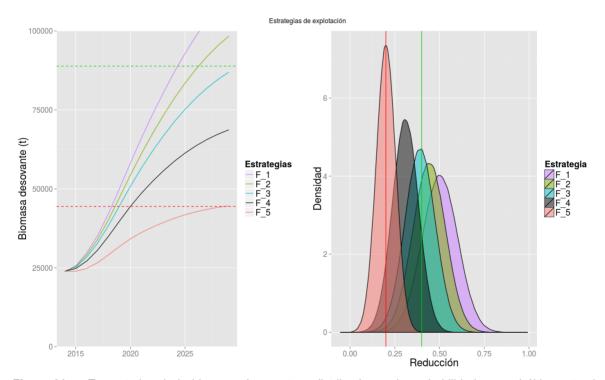


Figura 61. Trayectorias de la biomasa desovante y distribuciones de probabilidades en el último año de una proyección de 15 años bajo cinco estrategias de mortalidad por pesca constante; F1: F_{RMS}(F_{45%}), F_2: 0,3F_{act} y F_3: 0,4F_{act}; F_4: 0,6F_{act}; F_5: status-quo. Las líneas rojas horizontal segmentada y vertical continua, representan a B_{LIM}. La línea verde vertical, representa el objetivo de manejo. Modelo de evaluación cuota 2015. Caso 2.



5.5.1.3 Proyección basada en el modelo 2013

Bajo las condiciones de abundancia por edades y selectividad estimadas para el año 2013 usando el modelo de evaluación implementado el año pasado y considerando un reclutamiento igual al promedio de los últimos 5 años, la aplicación de una política de status-quo produjo un valor esperado de captura biológicamente aceptable de 1.672 toneladas. Bajo esta política, se puede esperar una reducción de 70% del stock desovante respecto de la condición del recurso en el año 2013. Esta opción de explotación tiene una probabilidad de 1 de que el stock se encuentre aún en estado de colapso 15 años en el futuro (**Tabla 13**; **Figura 62**).

Tabla 13.

Resumen del análisis de proyección y riesgo bajo cinco políticas de mortalidad por pesca constante, asumiendo un reclutamiento constante igual a la media de los últimos 5 años. BD_y : biomasa desovante en el año y; BD_{RMS} : biomasa desovante asociadas al Rendimiento Máximo Sostenible. F_{act} : mortalidad por pesca estimada en el último año de la evaluación de stock. Modelo de evaluación cuota 2014, incluyendo sólo la flota industrial chilena.

•	F _{RMS}	0,3F _{act}	0,4F _{act}	0,6F _{act}	Status-quo
Captura ₂₀₁₅ t					
$\alpha = 0.5$	367	544	717	1050	1672
$\alpha = 0,1$	309	458	603	883	1401
BD ₂₀₂₈ /BD ₂₀₁₃	1.4	1.1	0.9	0.6	0.3
BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS}	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
P(BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS} < 0,5)	0.5	0.7	0.9	1.00	1.00
P(BD ₂₀₂₈ /BD _{RMS} < 1)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

La implementación de una reducción de 40% en la mortalidad por pesca actual, tiene una captura esperada de 1.050 toneladas. Esta estrategia conduce a una reducción de 40% del stock desovante respecto de la condición en el año 2013 y representa un 20% del BD_{RMS}. En consecuencia, la probabilidad de que el recurso se mantenga en la región de colapso es 1 y la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo es también 1 (**Tabla 13**; **Figura 62**).

La aplicación de una política de reducción de la mortalidad por pesca actual en un 60%, resulta en una captura esperada de 717 toneladas y en una reducción de 10% de la biomasa desovante respecto de la presente en el año 2013. La biomasa estimada en el horizonte de proyección corresponde a un 30% de BD_{RMS} y en consecuencia, la probabilidad de que el recurso se encuentre en la zona de colapso en 15 años es alta y la probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo cierta (**Tabla 13**; **Figura 62**).



La implementación de una mortalidad por pesca equivalente a un 30% de la mortalidad por pesca estimada para el año 2013, tiene una captura esperada de 544 toneladas, esta política promueve un crecimiento de 10% de la biomasa desovante en el horizonte de la proyección y equivale a 40% de BD_{RMS}. De acuerdo con esto último, la probabilidad de que el recurso se encuentre aún en colapso en 15 años es 0,7. La probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo con esta estrategia es 1 (**Tabla 13**; **Figura 62**).

La aplicación de una mortalidad por pesca del orden de F_{RMS} (F_{40%}), tiene una captura esperada de 367 toneladas. El crecimiento de biomasa desovante al final de la proyección realizada con este nivel de F es de un 40%. El valor esperado de esta biomasa corresponde a un 50% de BD_{RMS} (B_{LIM}) y luego, la probabilidad de que el stock se encuentre en la región de colapso al final del período proyectado es 0,5. La probabilidad de no alcanzar el objetivo de manejo con esta estrategia es 1 (**Tabla 13**; **Figura 62**).

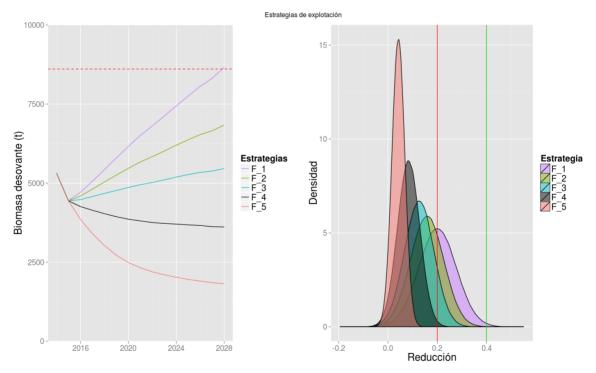


Figura 62. Trayectorias de la biomasa desovante y distribuciones de probabilidades en el último año de una proyección de 15 años bajo cinco estrategias de mortalidad por pesca constante; F1: F_{RMS} (F_{45%}), F_2: 0,3F_{act} y F_3: 0,4F_{act}; F_4: 0,6F_{act}; F_5: status-quo. Las líneas rojas horizontal segmentada y vertical continua representan a B_{LIM}. La línea verde vertical representa el objetivo de manejo. Modelo de evaluación cuota 2014, incluyendo sólo la flota industrial chilena.



5.5.1.4 Recomendación de un rango de captura biológicamente aceptable (CBA) para el año 2015.

En consecuencia con la LGPA (Titulo XII, Párrafo 3°, Artículo 153 letra c) y con base en los resultados reportados en este informe, se proponen dos rangos de captura biológicamente aceptable, en función a los dos casos analizados con el modelo desarrollado para este estudio:

De acuerdo con el Caso 1, el rango de CBA propuesto para la pesquería chilena (industrial solamente) es de 545 a 681 toneladas.

En este escenario, la determinación de una captura permisible para la flota artesanal debe estar basada en un análisis separado. Debido a que el modelo conceptual en este caso asume que estas capturas se realizan sobre una población sumidero, esta recomendación no debería tener en consideración aspectos de conservación de la biomasa desovante sino estar basada en una hipótesis respecto del balance entre la tasa de inmigración desde el sur y la reducción de la población en el área de pesca artesanal debido a la pesca y la mortalidad natural.

De acuerdo con el Caso 2, el rango de CBA propuesto para la pesquería chilena es de 2.255 a 2.819 toneladas. De acuedo a estos resultados y siguiendo un fraccionamiento proporcional a los desembarques, la captura artesanal para el año 2015 correspondería a 1.176 toneladas y la industrial a 1.642 toneladas.

La selección de uno de estos rangos de CBA dependerá de la interpretación que se haga de los antecedentes técnicos y concimiento disponibles para este recurso. Esto implica establecer si estos antecedentes y conocimiento confieren mayor soporte al modelo conceptual de uno de estos casos por sobre el otro.

5.6 Objetivo 5: Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo

Según se explicita en el reporte del primer taller de Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia de las Pesquerías Nacionales (Payá *et al.* 2013), la evaluación de stock de bacalao de profundidad presentaba aspectos sin resolver que se consideraban significativos:

- Probablemente el stock en aguas chilenas no es un stock cerrado.
- El componente norte de la pesquería no es incluido en la evaluación de stock.
- Los registros de captura pueden no reflejar la totalidad de las remociones desde la población debido a la depredación por mamíferos.
- Los índices de cpue no eran estandarizados considerando el dispositivo de disuasión de la predación (cachalotera).



Según se indica en el informe, estos aspectos generaban cuestionamientos respecto de la confiabilidad de la evaluación.

A estas observaciones podemos agregar también las siguientes, planteadas en el taller técnico realizado en Valdivia en septiembre de 2013:

- Considerar las capturas realizadas en la Unidad de Pesquería industrial y que fueron declaradas en área de pesca artesanal.
- Considerar la diferencia en las lecturas de edad generadas por el cambio de escamas a otolitos como la estructura favorecida para la lectura de anillos de crecimiento en esta especie.

Respecto de estos puntos, la evaluación implementada en el año 2014 y que se reporta en este informe, consideró cambiar el planteamiento que la evaluación de stock de IFOP venía haciendo hasta el año 2013.

En este contexto y aprovechando la disponibilidad de nuevas fuentes de información, que no estuvieron disponibles a las evaluaciones pasadas, se introdujeron los cambios siguientes en la evaluación 2014:

Se revisó el modelo conceptual, contribuyendo con una interpretación de las diferentes fuentes de información que son relevantes para entender la dinámica de este recurso y para conferir un marco a las decisiones de análisis tomadas luego en la implementación del modelo de evaluación de stock.

El análisis de estandarización del esfuerzo, con la finalidad de obtener un índice de abundancia con los datos levantados desde la flota industrial chilena, consideró dos series de tiempo: la serie de datos de la pesca con palangre español, disponible para los años 1991 a 2006 y la serie de datos de pesca con el sistema trotline con cachaloteras, considerada entre los años 2007 y 2013. Estas series fueron estandarizadas por separado, tomando así en cuenta la diferencia entre las medidas de esfuerzo de pesca más apropiadas en cada caso y fueron incorporadas en el modelo de evaluación de stock, estimando parámetros de capturabilidad diferentes para cada serie de abundancia relativa.

La inclusión de datos de depredación por mamíferos en el modelo de estandarización de las tasas de captura de la flota industrial operando con cachalotera entre los años 2007 y 2013.

La inclusión de una matriz que describe la subestimación de las edades 25+, cuando estas son leídas en los anillos de crecimiento encontrados en escamas. Las lecturas de los datos de composición de edades en escamas se extienden entre los años 1991 a 2006.

Se tomó en cuenta la conectividad con el océano Atlántico, reconociendo una distribución más amplia del stock al incorporar las capturas, índice de abundancia relativa y composición de edades de la captura de las flotas de palangre y arrastre desarrolladas en Argentina al sur de la latitud 54°S.



Se tomó en cuenta la conexión entre las áreas de pesca artesanal e industrial chilenas, incluyendo en un caso de estudio alternativo los datos de composición de edades de las capturas e índices de abundancia realtiva de la flota artesanal.

El modelo y los datos preparados para esta evaluación, incluyen además la posibilidad de estudiar la sensibilidad de los resultados a diferentes criterios de asignación de capturas declaradas en el área artesanal y que pudieron haber sido extraídas en la Unidad de Pesquería.

Los cambios incorporados en la evaluación 2014, se proponen como un primer paso en un proceso de revisión de la perspectiva con que se plantean las evaluaciones de stock de este recurso y que se encuentra en progreso, de manera que estos se podrán reconsiderar de manera acorde a la interpretación más aceptada de la información y conocimiento que se tiene de la biología y ecología del recurso y en la medida que nuevas piezas de información y datos se hagan disponibles para la ejecución de este proyecto.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se implementó un análisis de evaluación de stock para la población de bacalao de profundidad explotada en el cono sur de Amerca del Sur. Esta evalaución consideró dos casos. En el primero, la población objetivo se define geográficamente distribuida en el Pacífico Sur-Este en la región del talud de la plataforma Chilena entre las latitudes 47°S y 57° y en la plataforma Patagónica Argentina en el Atlántico Sur-Oeste y al sur de la latitud 54°S. y en el segundo, esta región es extendida para incluir además el área de pesca artesanal chilena localizada en el Pacífico al norte de la latitud 47°S.

Se revisó el modelo conceptual de la evaluación de stock, interpretando los datos e información relevantes para elaborar las perspectivas que soportan los dos casos estudiados y abordaron también los principales cuestionamientos realizados al proyecto de evaluación de stock de este recurso que conduce el IFOP.

Entre las principales características del modelo conceptual adoptado para esta evaluación, se tiene el reconocimiento de que el stock de bacalao explotado en Chile no es un stock cerrado y en particular, que el bacalao que se distribuye en el área de pesca industrial chilena, mantiene conectividad tanto con el área de la pesquería artesanal, desarrollada al norte de la latitud 47°S, como con el Atlántico ya sea la región contigua al territorio chileno, localizada entre el sur de la Isla de los Estados, la región oeste del banco Burwood y al sur de la latitud 54°S (Pájaro 2005), como con la región más distante de la ZEE de las Islas Malvinas, mediante la advección de los estados tempranos de desarrollo (Ashford *et al.*, 2012).

En el modelo conceptual se sostiene también que el principal aporte de reclutas se produce localmente, facilitado por procesos físicos de pequeña escala que favorecen la retención de estados tempranos de desarrollo en el área en donde son desovados, lo que se fundamenta en los obstaculos a la inmigración desde el Atlántico, impuestos tanto por la circulación de gran escala (Ashford *et al.*, 2012), como por la propia fisiología y anatomía del género *Dissostichus* (Oyarzún *et al.*, 1998, Near *et al.*, 2003).

De este modo, la interpretación que se hace de los antecedentes, es que la captura en aguas chilenas de individuos marcados en Argentina, no constituye evidencia suficiente para suponer que el principal aporte de reclutas a la pesquería chilena ocurre desde el Atlántico.

Entre las observaciones que se han hecho a las evaluaciones de stock implementadas por el IFOP se tienen:

La falta de consideración de los cambios en la capturabilidad que se produjeron cuando la pesquería industrial descontinuó el uso del palangre español para adoptar la cachalotera. Al respecto, se optó por usar el conjunto de bitácoras aportado al Instituto por AOBAC junto con las bitácoras de pesca recopiladas por el IFOP, para construir dos conjuntos de datos de captura y esfuerzo, correspondiendo el primero a los datos de la pesca de palangre (1991 a 2006) y el segundo, a los



datos de la pesca con cachalotera (2007 a 2013). Estos conjuntos de datos fueron luego usados para estimar dos series de abundancia relativa, las que fueron incorporadas separadamente al modelo, incluyendo dos bloques correspondientes de años para los que se estimaron diferentes parámetros de capturabilidad.

Esta opción se consideró mejor a calcular un factor para "transformar" los datos de cachalotera en datos de palangre, porque el cálculo de tal factor requiere adoptar la misma unidad de esfuerzo para ambos aparejos y el uso del número de anzuelos (única alternativa en este caso) se ha probado inadecuado como medida del esfuerzo ejercido con el sistema de pesca con cachalotera (Rubilar *et al.*, 2013).

La subestimación de las edades 25+ originadas en la lectura de anillos de crecimiento encontrados en las escamas de bacalao, es otra observación realizada a las evaluaciones de este recurso, la que en este estudio fue abordada incluyendo una matriz de error de lectura para los años 1991 a 2006, que es el rango de años previo al uso de secciones transversales del otolito como método preferido para estudiar la edad en este recurso. La matriz fue construida asumiendo un valor para el error, tal que la probabilidad de leer edades mayores a 24 en escamas es muy baja (Punt *et al.*, 2008).. Ciertamente esta característica del modelo requerirá de una mayor exploración en futuras evaluaciones

El efecto de la depredación por mamíferos es otro aspecto que se ha reconocido importante de incorporar en las evaluaciones de stock de bacalao de profundidad (Rubilar *et al.*, 2010). En este estudio, los datos de predación de bacalao de profundidad durante las operaciones de pesca obtenidos por los observadores científicos del Centro de Estudio Pesqueros (CPES) y contenidos en las bitácoras de pesca facilitadas por AOBAC, fueron usados para incluir este factor en el modelo estadístico de estandarización del esfuerzo de pesca. Un ejercicio de estimación de la tasa de predación de bacalao por mamíferos marinos también se reporta en el **Anexo 7**, en donde se hace uso de la metodología aplicada en Peterson *et al.* (2013).

La conexión de la pesquería con el océano Atlántico se abordó incluyendo datos de captura, abundancia relativa y composición de edad de las capturas de las pesquerías argentinas de palangre y arrastre, a los que se tuvo acceso en el marco de un convenio de colaboración entre el IFOP y el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP).

La conexión del stock distribuido en la plataforma y talud continentales chilena al norte y sur de la latitud 47°S. se tomo en consideración incluyendo en un segundo caso de estudio los datos abundancia realtiva, capturas y composiciones de edad dsiponibles para esta pesquería o elaborados especialmente para esta evaluación de stock.

El Instituto de Fomento Pesquero se encuentra desarrollando el proyecto Revisión de los Puntos Biológicos de Referencia en las Pesquerías Nacionales, en cuyo contexto se están realizado una serie de talleres de trabajo con el objetivo de revisar, definir y calcular los PBRs de todas las pesquerías nacionales, de acuerdo con las disposiciones de la LGPA (Payá *et al.*, 2013, 2014).



En estos talleres, se desarrolló un sistema de niveles para clasificar las pesquerías de acuerdo con las formas usadas para calcular los PBRs y que dependen de la calidad y cantidad de datos disponibles.

Usando este sistema, el bacalao de profundidad fue clasificado entre los stocks de Nivel 1b, para los que se requiere el cálculo de valores sustituto de F_{RMS} y B_{RMS} . El método recomendado para el sustituto de F_{RMS} , es calcular la mortalidad por pesca que alcanza una biomasa desovante igual al 40% de la biomasa desovante virginal ($B_{40\%}$). Del trabajo realizado en dicho proyecto, emergió que $F_{45\%}$ (la mortalidad por pesca que reduce la biomasa desovante por recluta a un 45% de la condición virginal) aproxima muy bien los rendimientos obtenidos con $F_{B_{40}}$ (la mortalidad por pesca que reduce la biomasa desovante a un 40% de la condición virginal). De esta manera, los sustitutos o proxies adoptados para los PBRs del RMS en el caso del bacalao de profundidad son $F_{45\%}$ y $B_{40\%}$.

Paya *et al* (2013), recomiendan una forma de cálculo para B_{40%} que requiere escoger una serie de años para calcular un reclutamiento medio, el que luego se multiplica por 0,45*SPR₀ (el 45% de la biomasa desovante por recluta virginal). La implementación del modelo de evaluación de stock usado para producir los resultados de este informe, produce una estimación de BDo (**Anexo 8**), de tal manera que el sustituto de BD_{RMS} fue calculado como 0,4 * BDo.

Dados el vector de pesos medios por edades, la selectividad por edades estimada en el último año de la evaluación, el valor de M y el tiempo en el año en que ocurre el desove, el valor estimado de F_{45%} resultó en una mortalidad por pesca relativamente baja, en comparación con las estimadas para la mayoría de los años en que se ha desarrollado esta pesquería. Esto determinó no sólo que la pesquería se haya encontrado en proceso de sobrepesca prácticamente durante toda su historia, sino que en determinados casos restringió de manera importante las estrategias de explotación viables de ser implementadas si es que se quiere evitar la sobrepesca.

De acuerdo con los resultados de los casos estudiados con el modelo implementado para este estudio, mergen dos rangos de captura biológicamente aceptable con notables diferencias de magnitud entre si. La selección de uno de estos rangos, implica adoptar un modelo conceptual el que se asune esta mejor soportado por el conocimiento y anotcedentes técnicos actualmente disponibles.

Si se asume que la población explotada por la flota industrial chilena no constituye un stock cerrado (hipótesis de trabajo implícita en las evaluaciones anteriores), perspectiva que es implícada en el momento en que se decidió incorporar en el modelo de evaluación los datos de la pesca de bacalao desarrollada en el Atlántico Sur-Oeste, conduce a admitir que el tamaño del stock es mayor y por lo tanto que las capturas aceptables de extraer son también mayores a las que se obtienen cuando se supone una población cerrada. Obviamente las capturas estimadas en los casos en que se hace este supuesto serán válidas para todas las flotas que se encuentran operando sobre el stock.



La consideración seria de la hipótesis que sostiene que la explotación en el Atlántico Oeste al sur del paralelo 54°S (y también en el caso en que se incluye la explotación realizada en Chile, al norte de la latitud 47°S) tiene lugar sobre el mismo stock que es explotado en el Pacífico al sur de la latitud 47°S, conduce a igual conclusión a la que arribó la evaluación de stock del año pasado (aún cuando esta última parte de una hipótesis de trabajo diferente), esto es: el stock de bacalao de profundidad explotado en el cono sur de Sudamerica, se encuentra en un en un proceso de sobrepesca y estado de colapso.

El estudio de estrategias de explotación incluyó proyecciones hechas para dos casos que fueron explorados con el modelo implementado para esta evaluación de stock. A a modo de comparación, se incluyó también una proyección con el modelo utilizado para basar las recomendaciones de la CBA 2014 (Quiroz 2014), pero con datos actualizados al año 2013.

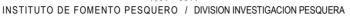
Al comparar los indicadores de desempeño de estas proyecciones, se debe necesariamente tener en consideración que los tres casos estudiados implican poblaciones de escala muy diferente, de donde emergen las diferencias en el nivel de las capturas proyectadas. De esto, se desprende que al incluir los datos de la pesca argentina (Caso 1), se implica un stock de mayor tamaño y por lo tanto mayores capturas, pero también una mortalidad por pesca que es ahora ejercida por tres flotas, a diferencia de una sola flota como es el caso en que se asume un stock cerrado en el área de la Unidad de Pesquería. Una situación del mismo tipo se da en el Caso 2, en donde se incluyó además la pesquería artesanal junto con las pesquerías desarrolladas en el Atlántico, implicando una unidad poblacional de mayor tamaño aún.

La aplicación de los criterios dispuestos en la LGPA para definir el estatus de un recurso y las recomendaciones metodológicas informadas en (Payá *et al.*, 2014), determinan que el valor estimado de F_{RMS} para este recurso es bajo, lo que explica porque en el marco biológico de referencia (**Figura 37**), esta pesquería se ha encontrado prácticamente en un proceso contínuo de sobrepesca (**Figura 59**).

Al considerar los indicadores de desempeño para el período de años proyectado, en el Caso 1 y en el Caso base (evaluación del año pasado), la probabilidad de alcanzar el objetivo de manejo es muy baja (**Tablas 11** y **13**).

Lo anterior contrasta con el Caso 2, en donde cuatro de las cinco estrategias proyectadas permiten sacar al stock de la región de colapso y al menos dos de ellas tienen buenas expectativas de alcanzar el objetivo de manejo (en 15 años). Esto se debe a la incorporación de la pesquería artesanal y en particular a la incorporación de la composición de edades de estas capturas. La madurez sexual de bacalao de profundidad se alcanza a la edad 12, de manera que se puede apreciar que los individuos capturados en la pesca desarrollada al norte de la latitud 47°S son en su gran mayoría juveniles (**Figura 29**), lo que explica porque la edad completamente reclutada en esta pesquería se encuentra desplazada hacia la edad 9.

Esta información es interpretada por el modelo como el ingreso de individuos jóvenes a la población (**Figuras 54 y 56**) y estas carcaterísticas contribuyen también a distanciar la biomasa total de las





biomasas vulnerable y desovante (**Figuras 56**). De este modo, los mejores resultados de la proyección realizada con el Caso 2, simplemente reflejan las características de este escenario, cuya factibilidad debera ser discutida en el seno del comité científico.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los análisis de evaluación, estatus y proyecciones de escenarios futuros de explotación del bacalao de profundidad en los dos casos analizados en este estudio, se concluye:

- 1. En el Caso 1, los reclutamientos estimados mostraron dos períodos: uno con desvíos predominantemente positivos hasta el año 1999 y otro con desvíos predominantemente negativos entre los años 2000 y 2013. Por esta razón, el reclutamiento presenta una tendencia a disminuir de manera continua a través de los años considerados en la evaluación. Con la inclusión de los datos de la composición de edades de la pesca artesanal en el Caso 2, esta tendencia a la disminuición en los reclutamientos se atenúa y más bien se observa una fuerte fluctuación negativa que luego tiende a regresar a su valor medio.
- 2. Las biomasas mostraron una reducción continua a través del período de años evaluado, tendencia que se origina al inicio de los años 90s, coincidiendo con el inicio de las actividades de pesca industrial en Chile y Argentina.
- 3. De acuerdo con la tendencia de las biomasas en los escenarios analizados, la biomasa desovante en el año 2013 fue estimada en 7.171 toneladas (Caso 1) y 23.884 toneladas (Caso 2).
- 4. En todos los casos analizados con el modelo desarrollado en este estudio, el Índice de Reducción del Stock estimado para el año 2013, tiene una probabilidad igual a 1 de encontrarse en la zona de colapso.
- 5. Entre los años 1978 y 1991 el stock desovante de bacalao de profundidad se encontraba en o próximo a su máximo potencial reproductivo y en una condición de subexplotación.
- 6. Dependiendo del caso analizado, el stock de bacalao alcanzó el objetivo del manejo (0,4Bo) en el año1994 (Caso 2) o en el año 1998 (Caso 1).
- 7. Dependiendo del caso analizado, el stock de bacalao alcanzó la biomasa límite (umbral de la zona de colapso) en el año 2000 (Caso 2) o en el año 2009 (Caso 1). Entre los años 2001 y 2013 (Caso 2) o entre los 2010 y 2013 (Caso 1), la pesquería se ha mantenido en la región de colapso.
- 8. De acuerdo con los casos analizados con el modelo implementado para esta evaluación, la biomasa desovante de bacalao de profundidad se encuentra actualmente entre un 10% y un 11% de la biomasa virginal.



- Los resultados de esta evaluación de stock indican que la pesquería del recurso bacalao de profundidad se encuentra sobreexplotada, en un proceso de sobrepesca y en una situación de colapso.
- 10. Según los resultados de este estudio, la selección de un rangos de CBA depende de la interpretación que se haga de los antecedentes técnicos y concimiento disponibles para este recurso. Esto implica establecer si estos antecedentes y conocimiento confieren mayor soporte al modelo conceptual que sustenta uno de los casos analizados por sobre el otro.
- 11. De acuerdo con lo anterior, si se confiere mayor veracidad al Caso 1, el rango de CBA propuesto para la pesquería industrial chilena solamente es de 545 a 681 toneladas. Por el contrario, si se confiere mayor veracidad al Caso 2, el rango de CBA propuesto para la pesquería chilena (incluyendo tanto al sector artesanl como al industrial) es de 2.255 a 2.819 toneladas.
- 12. Bajo el Caso 1, la determinación de una captura permisible para la flota artesanal que opera la norte de la latitud 47°S, debe estar basada en un análisis separado. Al hacer esta recomendación, no se debería tener en consideración aspectos de conservación de la biomasa desovante, porque en este caso se asume que el bacalao capturado por la flota artesanal no participa del proceso reproductivo.
- 13. Al incorporar en el modelo de evaluación los datos de la pesca de bacalao desarrollada fuera de la Unidad de Pesquería industrial: Caso 1: la desarrollada en el Atlántico Sur-Oeste, al sur de la latitud 54°; Caso 2: la desarrollada en el Atlántico Sur-Oeste al sur de la latitud 54° más aquella de la pesca artesanal chilena desarrollada al norte de la latitud 47°S, implica el admitir que el tamaño del stock es mayor en cada caso (Caso base 2013 < Caso1 < Caso 2), por lo tanto las capturas aceptables de extraer biológicamente son también cada vez mayores, aún en circunstancia que el estado de explotación del stock es escencialmente el mismo.</p>



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, T., and Iwami, T. 1989. Notes on fishes from the stomachs of whales taken in the Antarctic II.

 On Dissostichus and Ceratius, 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. J. 2004. Fishing South: History and Management of South Georgia Fisheries. The Penna Press, St Albans, 128pp.
- Agnew, D., Heaps, L., Jones, C., Watson, A., Berkieta, K., and Pearce, J. 1999. Depth distribution and spawning pattern of *Dissostichus eleginoides* at South Georgia. CCAMLR Sci. 6, 19–36.
- Aguayo, M., y Cid, L. 1991. Recopilación, proceso y análisis de los antecedentes biológicopesqueros 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.
- 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. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) off southern Chile. Latin Am. J. Aqua. Res. 37, 381–394.
- Arana, P. M., and Vega, R. 1999. Exploratory fishing for *Dissostichus* spp in the Antarctic region (sub-Areas 48.1, 48.2 and 88.3). CCAMLR Sci. 6, 1–17.
- Ashford, J. R., 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., Duhamel, G., Jones, C., and Bobko, S. 2005a. Age, growth and mortality of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) caught off Kerguelen. CCAMLR Sci. 12, 9–41.
- Ashford, J. R., Jones, C. M., Hofmann, E., Everson, I., Moreno, C., Duhamel, G., and Williams, R. 2005b. Can otolith elemental signatures record the capture site of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*), a fully marine fish in the Southern Ocean? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62, 2832–2840.
- 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.
- Balbontin, F., P. Troncoso y E. López. Análisis de la condicón 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 Investigacion bacalao 2010. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 81 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.
- 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., J.C. Quiroz, R. Wiff. 2011. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2012. Informe Final. Metas cualitativas; Cuarto Objetivo Específico. 23 p. + Anexos.
- 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.
- Cassia MC. 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, 133 p.
- Céspedes, R., L. Adasme, V. Ojeda, C. Toledo, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, L. Chong y K. Hunt. 2005. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2004. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 186 p. (más anexos).
- Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, y K. Hunt. 2006. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2005. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 159 p. (+ anexos).
- Céspedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid, y K. Hunt. 2007. Investigación Situación Pesquería Demersal Austral, 2006. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 198 p. (+ anexos).



- Céspedes, R., V. Ojeda, L. Chong, L. Adasme, L. Muñoz y R. Bravo. 2010. Consolidado de bacalao de profundidad. En proyecto Investigación Situación Pesquería Demersal Austral Industrial, 2009. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 66 p. (+ anexos).
- Cherel, Y., and Duhamel, G. 2004. Antarctic jaws: cephalopod prey of sharks in Kerguelen waters. Deep-Sea Res. 151, 17–31.
- 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.
- 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.
- Chong, L y R. Céspedes. 2013. Reporte desembarque de bacalao de profundidad lanchas artesanales 2004-2012: Aproximaciones de desembarques al norte y sur del paralelo 47°L.S.
- 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.
- 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), interaccion 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 Investigacion bacalao 2010. Bases para un programa colaborativo de monitoreo científico en la pesquería del bacalao. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 81 p.
- 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.



- De Witt, H. H., Heemstra, P. C., and Gon, O. 1990. *Nototheniidae*. In "Fishes of the Southern Ocean" (O. Gon and P. C. Heemstra, Eds), pp. 279–331. J. L. B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown.
- 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 WGFSA 07/37.
- 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.
- Effremenko, V. N. 1979. The larvae of six species of the family Nototheniidae from the Scotia Sea. J. Ichthyol. 19, 95–104.
- Efremenko, V. N. 1984. Larvae of the family Nototheniidae from the Scotia Sea. J. Ichthyol. 24, 34–43.
- 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.
- Everson, I., and Murray, A. W. A. 1999. Size at sexual maturity of Patagonian toothfish. CCAMLR Sci. 6, 37–46.
- 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. Cespedes, L. Chong, R. San juan, V. Ojeda, R. Meléndez, R. Cortés, B. Molina, S. López, R. Bravo, L. Muñoz, L. Adasme y J. Gonzalez. 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 Martin, 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 48.3 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 characterisation of the toothfish fishery in sub-areas 88.1 and 88.2 from 1997/98 to 2003/04. CCAMLR WG-FSA 04/20.
- Hilborn, R. 2003. The state of the art in stock assessment: where we are and where we are going. SCI. MAR., 67 (Suppl. 1): 15-20.
- Hilborn, R., M. Maunder, A. Parma, B. Ernst, J. Payne and P. Starr. 2003. Caleraine. A generalized age structured stock assessment model. User manual version 2.0. University of Washington. School of Aquatic and Fishery Sciences.
- 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.
- ICES. 2012. Report on the Classification of Stock Assessment Methods developed by SISAM. ICES CM 2012/ACOM/SCICOM:01. 15 pp.



- Kalish J.M., and Timmiss T.A. (1998). Determination of Patagonian toothfish Dissostichus eleginoides age, growth and population characteristics based on otoliths. CCAMLR WGFSA 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.
- Lopez, S., R. Meléndez y B. Molina. 2014. Análisis estomacal principales ítems alimentarios del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleiginoides*) 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.
- Martinez, 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.
- Martínez, P., D. Hernández y O. Wöhler. 2011. Análisis de los indices 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 O. C. Wöhler. 2013. Estimacion de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del atlantico sudoccidental. Periodo 1986-2012. Recomendación de la captura biológicamente aceptable para el año 2014. INIDEP. 25 p. Martinez, P. A: 2013. Programa de marcado y recaptura de Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlantico Sudoccidental. Doc. Powerpoint presentado al Taller de trabajo Cientifico 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.
- 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 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.
- 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. 2002. Larval and juvenile distribution and growth of Patagonian toothfish around South Georgia. Antarct. Sci. 14, 25–31.
- North, A. W., and White, M. G. 1982. Key to postlarvae from the Scotia Sea, Antarctica. Cybium 6, 13–32.
- Oliva, M. E., Fernandez, I., Oyarzun, 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.
- Oyarzun, 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.
- Oyarzun, 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., Gacitúa, S., Araya, M., Cubillos, L., Salamanca, M., Pino, C., Galleguillos, R., Aedo, G., and Lamilla, J. 2003 a. Asignación de edades y crecimiento de bacalao de profundidad. Informe Final, Proyecto FIP 2001-17. 130 pp.
- Oyarzún, C., S. Gacitúa M. Araya, L. Cubillos, R. Galleguillos, C. Pino, G. Aedo, M. Salamanca, M. Pedraza y J. Lamilla. 2003 b. Monitoreo de la pesquería artesanal de bacalao de profundidad entre la VIII y XI Regiones.Informe Final, Proyecto FIP 2001-16. 222 pp.
- Pájaro, M., G. Macchi, P. Martínez, O. Wohler. 2009. Caracteristicas reproductivas de dos agregaciones de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del atlántico sudoccidental. Informe de Investigación. INIDEP. 16 pp.



- Pájaro, M., G. Macchi, P. Martínez, O. Wöhler. 2005. deteccion de un area de puesta de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) sobre la base del analisis histologico. INIDEP. Informe Técnico N° 87/05. 9 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.
- Payá, I. C. Canales, M. Canales, M.J., Zúñiga, D. Bucarey, F. Espíndola, Quiroz, J.C, Leal, E., F. Contreras y R. Tascheri. 2013. Revisión de los puntos bilógicos de referencia en las pesquerías nacionales. Informe del primer taller. Diciembre 2013. Viña del Mar. 37 p.
- Payá, I. C. Canales, M. Canales, M.J., Zúñiga, D. Bucarey, F. Espindola, Quiroz, J.C, Leal, E., F. Contreras y R. Tascheri. 2014. Revisión de los puntos bilógicos de referencia en las pesquerías nacionales. Informe de avance segundo taller. Abril 2014. Viña del Mar. 36 p.
- 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.
- Phillips K.L., Rodgers M., and Ansell E. 2009. Macquarie Island toothfish fishery. In "Fishery status reports 2007: status of fish stocks managed by the Australian Government" (D. T. Wilson, R. Curtotti, G. A. Begg, and K. L. Phillips, Eds), pp. 359–365. Bureau of Rural Sciences, Canberra.
- Philips, R. A., C. Ridley, K. Reid, P. J. A. Pugh, G. N. Tuck and N. Harrison. 2010. Ingestion of fishing gear and entanglements of seabirds: monitoring and implications for management. Biological Conservation. 143: 501-512.
- Poncet, S., G. robertson, R. A. Philips, K. Lawton, B. Phalan, P. N. Trathanand J. P. Croxall. 2006. Satatus 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 (<u>Dissostichus eleginoides</u>) exploitation in the argentine exclusive economic zone and adjacent ocean sector. Frente Marítimo 18, 103–124.



- Pulliam, H.R., 1988. Sources, sinks and population dynamics. Am. Naturalist 132, 652–66.
- Punt, A., D.C. Smith, K. KrusicGolub and S. Robertson. 2008. Quantifying age reading error for use in fisheries stock assessments, with application to species in Australia's southern and eastern scalefish and shark fishery. Can J. Fish. Aquat. Sci. 1991-2005.
- 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, J. J y R. Wiff. 2012. Convenio: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013. Bacalao de profundidad, 2013. Subpesca IFOP. 69 pp.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.
- 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.
- 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 y 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 INVESTIGACION BACALAO 2009. Informe Primera Etapa. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 47 p.
- Rubilar, P., A. Zuleta y C. Moreno. 2013. Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao e interacción de los mamíferos con la pesca en el area licitada. Pesca de Investigación Bacalao 2012. Informe final. 59 p.
- Rubilar, P., A. Zuleta y C. Moreno. 2014. Monitoreo pesquería dependiente y marcaje del bacalao de profundidad en Chile. Pesca de Investigacion Bacalao 2013. Informe final. CEPES. S.A. 67 p.
- Salas, R. A., H. Robotham, G. Lizama. 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.
- 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. 2013. La Pesquería de Merluza Negra en el Atlántico Sudoccidental. Aspectos de su evolución histórica y el esquema de manejo actual. Presentación entegada en el Taller de trabajo Cientifico 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.
- Young Z., Zuleta A., Robotham H., Aguayo M., y Cid L. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47° y 57° S. Informe Tecnico 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 tothfish (*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.

ANEXOS

ANEXO 1

Actas Reuniones N°1 y N°2 entre los proyectos de seguimiento y evaluación de stock del Instituto de Fomento Pesquero y la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G.



Acta reunión requerimientos de información y colaboración para el monitoreo de la pesquería de bacalao de profundidad en área licitada

En el Instituto de Fomento Pesquero región de Magallanes y Antártica Chilena, siendo las 15:15 horas del día miércoles 08 de enero del 2014, se desarrolló una reunión con el objetivo de evaluar requerimientos de información y colaboración para el monitoreo de la pesquería de bacalao de profundidad en el área licitada. Asistieron a dicha instancia Gerentes, Capitanes y Patrones de Pesca de las Empresas Global Pesca, Pesca Cisne además de Investigadores y Observadores Científicos del Instituto de Fomento Pesquero (ver Lista de Asistencia en Anexo 1).

Presentaciones

Exposición Renzo Tascheri. "Proceso de toma de decisiones para la administración de la pesquería de bacalao de profundidad".

Exposición Renato Céspedes "Requerimientos de información y colaboración para el monitoreo de la pesquería de bacalao de profundidad en el área licitada".

Acuerdos

Las empresas asistentes ofrecieron:

- Los datos de bitácoras de pesca
- Su colaboración para aplicar la experiencia y conocimiento de los capitanes y patrones de pesca en el análisis del índice de abundancia. Para tal efecto, se propuso por parte de IFOP un taller de análisis y estimación del índice de abundancia que contara con la participación de analistas, capitanes y patrones de pesca.
- Los Patrones de Pesca y Capitanes continuarán completando la bitácora de pesca denominada "Bitácora CEPES" durante estas primeras mareas del año 2014. Se acordó efectuar un trabajo de unificación de la bitácora del IFOP y la bitácora "CEPES", a lo cual se coordinarán reuniones con el Sr. Manuel Uriarte, esperando tener prontamente una sola bitácora que reúna todas las variables que fueron conversadas, principalmente las relacionadas con la captura, esfuerzo de pesca y operacionales.
- La entrega por parte de los armadores de la información histórica de las bitácoras de pesca bajo el formato de "CEPES", a fin de que pueda ser incorporada en el análisis según el calendario entregado en la presentación. Se tendrá presente que la entrega en formato digital contribuirá a reducir significativamente el riesgo de no contar con la información a tiempo para incorporarla en los análisis a realizar en el proyecto 2014.



- Respecto de la información de exportaciones ofertada por parte de las Empresas, se solicitará a través del Sr. Manuel Uriarte la información de dos años, a fin de poder explorarla y conocer los formatos en que estas se encuentra.
- La tripulación, respaldada por el Patrón de Pesca y Capitán de la nave, colaborará con el OC de IFOP para que pueda contabilizar el total de ejemplares capturados durante el lance de pesca, incluyendo el número de ejemplares dañados por acción de mamíferos, el número de ejemplares que no cumplen con los estándares de calidad y no procesados y el número de ejemplares considerados como materia prima, las especies de fauna acompañante capturadas, e incluso las especies incidentales (si esto ocurriera). Para ello los tripulantes no deben devolver al agua tanto los bacalaos dañados por los mamíferos, como también las especies de la fauna acompañante y deben estar coordinados con el OC para estos efectos, teniendo presente que se requiere la mayor calidad del dato por ser una de la variables de entrada más importante para los análisis.
- Se acordaron los siguientes criterios para registrar:

Hora de inicio de calado: Piedra
 Hora de fin de calado: Piedra
 Hora de inicio de virado: Baliza
 Hora de fin de virado: Piedra

- Los patrones entregarán al OC IFOP de forma detallada el número de anzuelos calados por lance de pesca, considerando el número de barandillos y el número de anzuelos por barandillo, en el caso del palangre cachalotero. Con el Sr. Manuel Uriarte se monitoreará la efectividad de estos registros.
- La tripulación, a definir por el Patrón de Pesca o Capitán de la nave, entregará el dato del número de mamíferos avistados diferenciado según la especie.



Anexo 1.

Lista de asistencia



1//

REUNION DE COLABORACION ENTRE IFOP Y ARMADORES DE LA PESQUERIA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD PUNTA ARENAS - 08 DE ENERO DE 2014

NOMBRE	INSTITUCION O	CORREO	TEL ELONO	FIDAGA
	EMPRESA	ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
DOORFO SURTE	Pesca Cisue, S.A.	DoorFosinga	98852762	
Manuel Omal		Mywiard fana	Com. 93328308	Manda
EDVANDO WEATE DE T.P.	- GLODALDESIA -AOPAC A.G.	ENTANTERCLOGARATIO	a 98261280	The state of the s
Eduardo Fifante L	11	estanfante @ golor	perce el 84642278	AUTH
IGNACIO CARUALLO	GLOBALPESCA SPA	IGNOCIOCARNOITOZ DO MIL	0Z718879	Att (Qt)
CRUESTO SANDOVAL	GLOBAL PESCA SPA	L. terme @ nutonopo	9581PP0P	
Coels Bogger M	6lodolpoco SPA	Conquer & Bolidpere	1276488179	
SUDDES YOUNTHOUSED	GLOBAL PESSA. SYN	apostlemin O deloposo.	ch	Jan 1
	620000000000000000000000000000000000000		ent	Marge for
Juranel n Ping [Stokel Ping SPA			Bull !
()				





1/2

REUNION DE COLABORACION ENTRE IFOP Y ARMADORES DE LA PESQUERIA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD PUNTA ARENAS - 08 DE ENERO DE 2014

NOMBRE	INSTITUCION O	CORREO	TELEFONO	FIRMA
1101125143	EMPRESA	ELECTRONICO	12222	
JESÉ FRANCO	Gloval PERCA STA			
Mauricio Zamordano	mauzamoranoro Dh	stmail com; Globs	pesca 7952575	04
Renoto Céspedes	IFOP	,	•	9
IMMY VORA	IFOP	I'MMY . VETA & Ifig. Cl		Hur
Jose Por São	1707			And 3
Gino Lite CH.	IFOP	gim. liche Dipop. CL		- CAHN
SERGIO SEPILIVERA O	VFOP	Servio. Sepulyon Rigo.	49	1
alex Congrés 9.	‡F0P	IPOP .		Start)
Aloxato Bushynute C	Fop.	alore to Bushinte C 40p	c/ 97624491	165
ERIKDAZA V.	IFOP.	erik . Daza e Iso?. Cl		2011.



REUNION DE COLABORACION ENTRE IFOP Y ARMADORES DE LA PESQUERIA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD PUNTA ARENAS - 08 DE ENERO DE 2014

NOMBRE	INSTITUCION O EMPRESA	CORREO ELECTRONICO	TELEFONO	FIRMA
Day 20 trschair	IFOP	atascher Dipol.d		
•		Ü		
	<u> </u>			



ACTA 2da Reunión entre IFOP y la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G.

En el Instituto de Fomento Pesquero región de Magallanes y Antártica Chilena, a las 15:00 horas del día lunes 2 de junio del 2014 y a las 10:00 horas del día martes 3 de junio del 2014, se desarrollaron las dos partes de la segunda reunión entre IFOP y la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G, respectivamente.

Esta segunda reunión fue acordada en la reunión de enero, en donde se anticipó:

- i) la necesidad de abrir un espacio de conversación con los Capitanes y Patrones de Pesca de la pesquería industrial del bacalao, a fin de recoger aspectos del conocimiento experto de las operaciones de pesca que deberían ser tomados en consideración en la estimación de índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad.
- la necesidad de hacer un balance del desempeño de las actividades de observación científica en las mareas que tuvieron lugar antes de la veda reproductiva, dados los acuerdos a este respecto realizados en la reunión de enero del 2014.

Esta reunión se efectuó en dos partes. El día lunes 2 de junio asistieron los AOBAC, incluidos Gerentes, Capitanes, Patrones de Pesca y jefes de flota de las Empresas Global Pesca y Pesca Cisne, además del asesor de la asociación Sr. Manuel Uriarte y también el IFOP, incluidos, Investigadores y Observadores Científicos. En la reunión del día 3 de junio, se sumó por parte de AOBAC la empresa Pesca Chile, la que fue representada por el Sr. Sergio Marihueico (Analista Gestión Dpto. Flota), pero en esta ocasión no asistieron los Capitanes ni Patrones de Pesca. Por parte de IFOP, asistieron sólo los Investigadores y coordinadores de las actividades de observación (ver Lista de Asistencia en Anexo 1).

Presentaciones

El día 2 de junio el investigador de IFOP Sr. Renzo Tascheri, presentó los antecedentes que dieron el marco a esta segunda reunión, los resultados esperados al final del día 2 de junio y la agenda de trabajo para los días 2 y 3 de junio de 2014.

A continuación, el Sr. Tascheri introdujo el primer tema para el día 2 a través de la presentación: "Fundamentos básicos del uso de la captura por unidad de esfuerzo como índice de abundancia relativa".

Otras actividades asociadas

La Gerencia de Global pesca SpA., invitó al IFOP a visitar el barco Globalpesca I atracado en el puerto de Punta Arenas, a fin de que los investigadores conocieran directamente las condiciones del trabajo abordo y como se realizan las actividades de pesca, que fueron explicadas por el Capitán de la nave.



Acuerdos

• IFOP considerará las siguientes divisiones espaciales para su análisis de la captura por unidad de esfuerzo (cpue):

1: 47° - 53°

2: 53°-55°

3: 55°-56,30°

3: 56.30° - 57.15°

4: Sector Isla Nueva (entre límites con Argentina).

- El tiempo de reposo promedio es de 24 h, trabajando con 3 caceas (por esta razón se eliminarán del análisis de cpue los tiempos de reposo superiores a 30 h).
- La medida del esfuerzo adecuada para la cachalotera es el número de barandillos.
- Los AOBAC declaran que en un viaje de pesca no se ha usado una combinación de aparejos de pesca, sino que se ha usado exclusivamente palangre o cachalotera. A partir del año 2008, todas las empresas usan cachalotera.
- Se indicó que Global Pesca cambio totalmente a cachalotera en el año 2006 y que Pesca Cisne lo hizo en septiembre de 2006. IFOP hará llegar un listado de los viajes de pesca que figuran en su base de datos (años 2004 a 2007), esperando recibir retroalimentación por parte de los AOBAC, respecto de los a viajes en que se usó palangre o cachalotera en cada año. AOBAC colaborará en la medida de lo posible, porque se reconoce que esta información se puede haber perdido para algunos de estos años.
 - Durante las mareas del año 2014 las acomodaciones en los buques para los observadores científicos han sido adecuadas en los barcos de Global Pesca, en otros barcos, mejorar esto es más difícil por las condiciones de habitabilidad limitada de los buques.
 - La entrega de la información de las operaciones de pesca de los buques, ocurrió sin inconvenientes y el trato a los observadores fue adecuado, notándose una mejora general.
 - El formulario de bitácora de pesca será unificado a más tardar en agosto de 2014, antes de las siguientes mareas del mismo año. Esto es algo bienvenido por los capitanes de pesca, quienes por el momento deben llenar más de un formulario con la misma información.



- Se acordó hacer un taller de unificación de la bitácora de pesca, el que se realizará la última semana de agosto.
- IFOP asume la responsabilidad por las tareas de captación de datos, pero las empresas entienden que por razones logísticas, la captación de todos los datos de observación requeridos necesita del apoyo del personal de los barcos. Los AOBAC declaran su voluntad de cooperar en esta actividad.
- Se solicitó considerar al personal de los barcos (capitanes, pilotos) en las capacitaciones que tienen relación con los procedimientos de observación científica. IFOP responderá expresamente a esta solicitud.
- IFOP hizo ver que los datos que le fueron transferidos por AOBAC corresponden sólo a las actividades de observación relacionadas a las Pescas de Investigación de los años 2010 a 2012 y no a los datos tomados durante las actividades regulares de observación científica contratadas al Centro de Estudios Pesqueros (CPES). En el informe trasferido a IFOP, en donde se reporta el análisis de estandarización del esfuerzo de pesca para los años 1989 a 2008 que fue contratado por los AOBAC y reportado en el año 2009, se indica que la base de datos completa de AOBAC se inicia en el año 2006 e incluye todos los viajes de pesca realizados entre los años 2006 y 2008. A este respecto, se solicitó a los AOBAC transferir a IFOP estos datos para que puedan ser considerarlos en su análisis de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año 2015. Esto, en circunstancias en que los datos ya transferidos, si bien son útiles para otros objetivos, no son adecuados para la estimación de un índice de abundancia relativa basado en datos de la flota comercial, debido a que sólo incluyen los datos tomados en los barcos que participaron de las pescas de investigación.
- IFOP reiteró su voluntad de considerar en su análisis de la cpue todos los datos de bitácoras de pesca que son propiedad de los AOBAC, pero que debido al calendario contratado con la Subsecretaría de Economía para el proyecto de Estatus y Posibilidades de Explotación de Bacalao de Profundidad, 2015, en el presente existe una ventana de tiempo muy estrecha para la cual que IFOP se puede comprometer para el análisis de estos datos, a tiempo de poder incluirlos en su estimación de la CBA 2015.
- IFOP acepta sostener al menos una reunión técnica con el analista que realizó el análisis de estandarización del esfuerzo 2009 para los AOBAC, a fin de discutir las características de la base de datos AOBAC y los criterios de análisis de la cpue, en la eventualidad de que los AOBAC gestionen esta instancia de discusión técnica.



- A fin de considerar los datos de bitácoras de pesca de los AOBAC en el análisis de la cpue que se incluirá en el modelo de evaluación de stock de este año, IFOP esperará estos datos sólo hasta el 20 de junio 2014.
- AOBAC entiende que IFOP es un asesor del estado y que por esta razón este último difundirá los análisis y resultados de la determinación del estatus y recomendaciones de niveles sustentables de captura de bacalao de profundidad a través del Informe de Estatus y Cuota, el que será publicado en la página web del instituto (www.ifop.cl).



Anexo 1.

Lista de asistencia



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO REUNIÓN IFOP Y ARMADORES DE LA PESQUERÍA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD, PUNTA ARENAS 02 DE JUNIO 20 1/4 Nombre Institución o Empresa Correo Electrónico Teléfono ADURTO SUNTE PESCA CISILES. B. ADDITIOSUMISED PESCACSUFC.L. 61-2214731 LESCA CISNES.A. KNOYBOULOSAD RESEAUSNE.CL 61-2214731 9332830 GLOBALPESLA / ADBAC 98261280 82710786 REDIED TASKINGE IFOF a Sin Wesas TTOD LFOP LOGE CELENASSIN IFOR ALVINO GARCES IFO P Aose Cozselu la Odonisi Q188 1927 2022 6900 220 IFOR 3952 PARO 1 FOR CU 614742 Gal DAZA U. EKOP. ETE DAZA & STOPL (2) 614742





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

REUNIÓN IFOP Y ARMADORES DE LA PESQUERÍA DE BACALAO DE PROFUNDIDAD, PUNTA ARENAS 03 DE JUNIO 2014

Nombre	Institución o Empresa	Correo Electrónico	Teléfono	Firma ,
Enk Drone	ZEOP	6-16. DATA & ZEOTA	(2) 614742	()
Rowlo Tascheni	IFOP	RUSCHENBIFOLCL	56787981	\\\ \alpha_{\chi}(\chi)
Ca 8/ useas	FFYD.	Cus weer of you	2316632	W. And
DEMOID HOUTED	Jeko Clite "	52104 totio of rodice of	72878107	
Musto lés ledes	TFOO	terrato. cespeder@it	P.c. 82710786	
Manuel Orento	Cone - 6 losulper		1 93328300	Topp 1
EGUADOO INFANTE	ADBAC/GLOBAT DESCA	ET OF AVERGE LOCAL MESON	a 98261280	MA
ABOURD SUITE	Pesen Cisus	DOCTED SURING PERSONS	CL 98852767	Market Company

ANEXO 2

Carta de AOBAC A.G. autorizando el uso de sus datos de bitácoras de pesca.





Santiago 13 de Mayo de 2014

Sr.
Jorge Castillo
Director Ejecutive
Instituto de Fomento Pesquero
Presente

De nuestra consideración:

Como es de su conocimiento la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes, AOBAC A.G ha dispuesto poner a disposición del IFOP toda su experiencia e información biológica pesquera respecto del recurso hidrobiológico bacalao de profundidad con la finalidad de que se tomen las medidas adecuadas para la sustentabilidad del recurso y por lo tanto de la industria asociada a este.

En ese sentido, sírvase encontrar adjunto la información básica recogida en los años 2009, 2010, 2011 y 2012 en el desarrollo de la pesca de investigación contratada por AOBAC A.G a CEPES S.A y autorizada por la Subsecretaría de Pesca. Respecto de la información recopilada durante el año 2013 se la proporcionaremos próximamente.

Por medio de la presente autorizamos al IFOP para que haga uso de la señalada información en especial para que se incorpore en las evaluaciones de stock que se encuentra desarrollando ese Instituto.

Saluda atentamente a Ud.,

Eduardo Infante de T.P. Presidente





ANEXO 3

Revisión de las estadísticas de captura y desembarque de bacalao de profundidad, Chile. Año 2004

Revisión de las estadísticas de captura y desembarque de bacalao de profundidad, Chile

Participantes: Zaida Young

Víctor Espejo Sergio Avilés Jorge Sateler



I. INTRODUCCIÓN

El bacalao de profundidad (*Dissostichuseleginoides*) es un recurso pesquero de gran importancia, ya que sustenta una de las principales pesquerías artesanales de la zona centro sur y una de las principales pesquerías industriales de la zona sur austral de Chile. Ambas constituyen actividades socio-económicas relevantes, dirigidas a generar productos de exportación para exigentes mercados internacionales, involucrando un gran esfuerzo en recursos económicos, mano de obra, plantas elaboradoras y flota pesquera.

Lo anteriormente expuesto genera un interés permanente por parte de las autoridades encargadas de su administración y la comunidad pesquera en general, que pone un alto nivel de expectativa en las tendencias y el estado de situación del recurso y la pesquería. En este sentido, cobran especial relevancia las evaluaciones para estimar los niveles de abundancia y las capturas permisibles, siendo en definitiva los indicadores que limitarán o ampliarán el marco referencial aplicable a la pesquería.

La evaluación indirecta, con sus procesos de modelación asociados, requieren ser alimentados con los mejores supuestos e información disponible acerca del recurso y la pesquería. Con este propósito se utiliza la estadística oficial del país, la bibliografía técnico-científica relacionada y la información actual e histórica aportada por los programas de monitoreo permanente de estos recursos.

En virtud de las distintas fuentes de información y tipo de datos, que constituyen el soporte estadístico disponible para una evaluación indirecta, se requiere una revisión y análisis de los datos, para tener la certeza razonable, que éstos representan genuinamente la dinámica y evolución de la pesquería. Particularmente sensible resulta el dato de captura, que constituye el indicador de mortalidad por pesca utilizado en los métodos de evaluación.

El presente informe documenta el proceso de revisión de los datos de captura y desembarque utilizados en el proyecto denominado "Investigación Captura Total Permisible Bacalao de Profundidad 2003".

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Revisar las estadísticas de captura y desembarque de bacalao de profundidad, disponibles para determinar consistencias e inconsistencias de la información, en el contexto que éstas sean de utilidad para el propósito de la estimación de captura permisible 2003.

Objetivo específico

Determinar la magnitud y composición de la captura artesanal de la zona centro sur, para el período 1984-2001 y la captura industrial de la zona sur austral, para el período 1989-2001.



III. METODOLOGÍA

1 Enfoque global

Se consideró como un todo, la pesquería del mero o bacalao (*Polipryon yañezi*) desarrollada en el período 1980-1985 y la pesquería del bacalao de profundidad (*Dissostichu seleginoides*) desarrollada en el período 1985-2001. En virtud de la combinación de especies, la estadística resultante podría estar levemente sobrestimada en el comienzo de la década del 80.

Se consideró asimismo, toda la actividad extractiva desarrollada en la ZEE, incluyendo los sectores artesanal e industrial, los Barcos Fábrica y una fracción de actividad extractiva declarada en Aguas Internacionales, pero que a la luz de la evidencia se estimó desarrollada en aguas de jurisdicción nacional.

La modificación de estadísticas oficiales se realizó estrictamente en función de los objetivos del presente estudio y no constituyen un juicio de valor sobre la validez o pertinencia de éstas. Las alteraciones resultaron de la aplicación de criterios arbitrarios, documentados y calificados, cuyo único propósito fue la estructuración de datos corregidos para el mejor logro de la estimación de captura permisible de bacalao de profundidad.

Sin perjuicio de lo anterior y tomando en cuenta la complejidad que implica el análisis histórico de esta pesquería, las estadísticas por macrozona aportadas en los resultados, pueden constituir un antecedente útil para otras investigaciones relacionadas con el bacalao de profundidad.

2 Información consultada

Se utilizó la serie de Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca (SERNA<u>PESCA</u>) de los años 1980 a 2001, con los cuales se estructuró la estadística de desembarque oficial de ambos recursos, para el período en estudio.

Por otra parte, se tomaron en cuenta los antecedentes aportados por Young et al. (1987), Salas et al. (1987), Aguayo y Cid (1990), Aguayo y Cid (1991), Young et al. (1992), Young et al. (1995), Young et al. (1997), Young et al. (1998), Moreno compers (1998), Céspedes et al. (2002), Tascheri et al. (2002), Espejo (2002) y Avilés com pers (2002), con los cuales se procedió a comparar y validar las capturas por flotas, zonas y períodos. Asimismo, estos antecedentes aportaron el análisis del período inicial de la pesquería, entregando argumentación para incorporar el mero a la estadística de bacalao.

Con las cifras oficiales y los antecedentes de captura, se analizaron año por año, las macrozonas Centro Sur y Sur Austral, trasladando desembarques en los casos que hubo convicción sobre su origen o procedencia.

3 Composición del desembarque

a) Criterios del evaluador de stock para la composición de desembarque

Se consideraron tres criterios generales para determinar la captura por macrozona, éstos fueron: La matriz de captura artesanal, debía ser representativa del área sobre la cual se levantó la



estructura talla-edad histórica de la población. Estas fueron construidas, sobre muestreos de las capturas provenientes del área V-X Región (zona Centro Sur).

La matriz de captura industrial, debía ser representativa del área sobre la cual se levantó la estructura talla-edad histórica de la población. Estas fueron construidas, sobre muestreos de las capturas provenientes del área X-XII Región (zona Sur Austral).

Ambas matrices de captura (artesanal e industrial) debían ser homologables a dos categorías de flota, representativas de sus respectivas zonas, que estuvieran referidas esencialmente, a las magnitudes físicas y operacionales de las embarcaciones, prescindiendo de la segmentación administrativa definida en la Ley de Pesca, respecto a si son o no operadas por un armador artesanal o industrial.

b) Composición del desembarque artesanal

Criterios generales

Los registros oficiales de SERNA<u>PESCA</u>, correspondientes a las regiones I a X, establecen desembarque artesanal e industrial de bacalao de profundidad. Sin embargo se estimó, que aún cuando tal clasificación puede corresponder con el rigor de la Ley de Pesca, las características conocidas y documentadas sobre las embarcaciones de la zona centro sur, las hacen homologables a la categoría artesanal. Debe reconocerse que se desconoce la clasificación de embarcaciones por armador, que probablemente justifica la asignación de desembarque industrial adoptada por el Servicio. En consecuencia, se asumió ésta como una limitación del estudio, que impidió una validación de estadísticas con mayor grado de resolución.

Desde sus inicios, la pesquería artesanal desarrollada en el área I-X Región, estuvo limitada en la eslora de las embarcaciones. El D.S. N° 439 de 1985 estableció un tamaño máximo de 15 metros, que posteriormente fue ampliado hasta 18 metros por el D.S. N° 43 de 1986. Esta última medida se mantiene vigente hasta hoy.

Si bien se reconoce la existencia de una fracción menor de embarcaciones (2,6%) cuya eslora alcanza hasta los 18,6 metros, se consideró que son representativas de la categoría artesanal. En general, y dado la restricción impuesta por la normativa, las modernizaciones de flota consideraron entre otros factores, un aumento en la manga y la capacidad de bodega, con una influencia sobre el TRG. Pese a que también se reconoce un 14,4% de la flota con un TRG mayor o igual a 35 toneladas, la gran mayoría cumple con el requisito de la categoría artesanal, que establece un máximo de 50 TRG. En último término, la normativa aplicada a la flota de la zona centro sur, mantiene vigente la limitación de 12 mil anzuelos por salida, siendo una característica operacional que regula la mortalidad por pesca potencial.



Considerando solo los aspectos físicos y operacionales de las naves y los antecedentes señalados precedentemente, la flota establecida en el área objetivo V-XII Región, fue considerada en la categoría artesanal.

En función, de que las características físicas y operacionales de la flota pueden ser consideradas comunes, al norte de Punta Liles (41°28,6'L.S.), el criterio fue homologado y expandido a los puertos y regiones, que se señalan en el cuadro siguiente:

Cuadro 1.Cobertura geográfica de la pesquería artesanal, zona centro sur.

Región	Puerto
6.	Arica, Iquique
II	Tocopilla, Antofagasta, Tal Tal, Mejillones
III	Caldera, Chañaral, Huasco
IV	Coquimbo, Tongoy, Los Vilos
V	Quintero, Valparaíso, San Antonio
VI	Total
VII	Constitución
VIII	Talcahuano, Coronel, San Vicente, Tomé, Lebu
IX	Total
Х	Valdivia, Calbuco, Ancud, Quellón, Palena, Castro y Puerto Montt (parcial)

De acuerdo con los antecedentes disponibles, Puerto Montt y Castro se consideraron como una zona de desembarque común para la pesquería artesanal Centro Sur e industrial Sur Austral. Por lo tanto fue necesario un análisis año por año, para poder distribuir en cada categoría y zona, las fracciones de desembarque correspondientes

Criterios específicos

Homologación de especies

En la zona Centro Sur, comprendida entre la V y X Región (área objetivo), se incorporó el desembarque SERNA<u>PESCA</u> clasificado como Mero o Bacalao. El desembarque total de cada región fue asignado al sector artesanal considerando, que bajo dicha clasificación se incorporó la especie objetivo. Evidencia al respecto es aportada por los propios anuarios estadísticos de la época, que entregan los nombres científicos correspondientes a cada recurso desembarcado. Se tomó como referencia la información del año 1985, que tanto para Mero como para Bacalao de profundidad, se asoció a la especie **D. eleginoides.** Este criterio fue aplicado retroactivamente al **período 1980-1984.**



Cuadro 2.

Recursos y especies desembarcados en el período 1980 – 2001. (Fuente: Anuarios estadísticos SERNAPESCA)

Período	Nombre común	Nombre científico
1980 – 1984	Mero o bacalao	Polyprionyañezi
1985	Mero o bacalao de profundidad	Dissostichuseleginoides
1985	Bacalao de profundidad	Dissostichuseleginoides
1987 – 2001	Bacalao de profundidad	Dissostichuseleginoides

Separación de desembarque X Región

Como se indicó anteriormente, se asumió que esta región fue la única que efectivamente incluyó desembarque de las zonas Centro Sur y Sur Austral y las categorías de flota artesanal e industrial. No obstante lo anterior y como apreciación general, se estimó que hasta el año 1984, el desembarque se produjo al norte del paralelo 47° L.S.

Se adoptaron criterios que permitieran separar el desembarque de la X Región, en el formato requerido para la estimación de captura permisible. El desembarque histórico de la X Región, corresponde a la suma de los puertos Valdivia, Calbuco, Ancud, Quellón, Palena, Puerto Montt y Castro. Se asumió que los primeros cinco puertos solo registraron desembarque artesanal, según el concepto "artesanal" definido en el presente análisis. En consecuencia, el desembarque total registrado por el Servicio en cada uno de éstos, fue asignado a dicho sector y consecuentemente, a la zona Centro Sur. El desembarque de los dos últimos fue mixto, debiendo ser separado y asignado en sus respectivas categorías.

Con dicho propósito se utilizó la captura por barco informada mediante las bitácoras de pesca y la base de operaciones de los barcos respectivos. Durante el período 1989-1992 estas bitácoras fueron censales, lo que permitió mayor exactitud en la separación. Por su parte, en el período 1993-1994 no se recopiló el 100% de las bitácoras de pesca, pudiendo constituir una fuente de subestimación del tonelaje asignado a la flota industrial de la zona Sur Austral.



Cuadro 3.Estimación de desembarque histórico, en Puerto Montt y Castro, X Región. Período 1980 – 2001.

Período	Puerto Montt	Castro
1980	147 (t) Artesanal	135 (t) Artesanal
1981	208 (t) Artesanal	78 (t) Artesanal
1982	48 (t) Artesanal	18 (t) Artesanal
1983	152 (t) Artesanal	7 (t) Artesanal
1984	53 (t) Artesanal	58 (t) Artesanal
1985	Sin información	Sin información
1986	59 (t) Artesanal	23 (t) Artesanal
1987	62 (t) Artesanal	58 (t) Artesanal
1988	139 (t) Artesanal	35 (t) Artesanal
1989	200 (t) Artesanal (1)	100 (t) Artesanal
1990	0 (t) Artesanal (2)	104 (t) Artesanal
1991	0 (t) Artesanal (3)	18 (t) Artesanal
1992	0 (t) Artesanal (4)	0 (t) Artesanal (5)
1993	0 (t) Artesanal (6)	0 (t) Artesanal
1994	0 (t) Artesanal (7)	0 (t) Artesanal
1995	6 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
1996	0 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
1997	15 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
1998	0 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
1999	262 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
2000	379 (t) Artesanal	0 (t) Artesanal
2001	269 (t) Artesanal	6 (t) Artesanal

- En los años sin numeración, se consideró el desembarque artesanal, como zona Centro Sur.
- En los años con numeración, se restó el desembarque total o parcial y fue asignado como industrial Sur Austral.

- (1) Salen 896 (t), justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega
- (2) Salen 1122 (t), justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega
- (3) Salen 675 (t), justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega
- (4) Salen 1564 (t), justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega (479 t) y PAM Mar Azul XIV (1032 t
- (5) Salen 119 (t), justificadas por operación del PAM Brisc
- (6) Salen 657 (t), justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega (344 t) y PAM Mar Azul XIV (303 t).
- (7) Salen 58 (t), justificadas por operación del PAM Mar Azul XIV (51 t)



c) Composición del desembarque industrial

Criterios generales

De acuerdo con los criterios del evaluador de stock, la composición histórica de la captura industrial debía estar referida a la zona Sur Austral. El proceso de estimación de la captura permitió revisar y validar la información disponible, para distintos períodos y zonas geográficas, de manera análoga a lo realizado en la fracción artesanal.

El inicio de la pesquería industrial de Bacalao de profundidad se reconoció en el año 1986-1987, con la incorporación de flota espinelera hielera. No obstante, para los efectos de la presente estimación, se definió como inicio del período de cálculo, el año 1989. A partir de éste se suceden una serie de pescas de investigación sobre el recurso y se produce el crecimiento de las capturas.

En el tratamiento de la información fue necesario trasladar algunas partidas de desembarque artesanal, de las regiones XI y XII para justificar desembarques industriales subestimados en las cifras oficiales. Se presumió que las estadísticas artesanales corresponden a pesca efectiva de la flota industrial.

La pesquería industrial de bacalao de profundidad distingue una flota compuesta por barcos hieleros (propiamente industriales), todos los cuales realizaron su operación en aguas nacionales y una flota compuesta por barcos fábrica con una amplia zona de distribución que abarcó la ZEE y Aguas Internacionales. Las estadísticas de cada flota son tratadas de manera diferenciada e integradas en la estadística final de la zona Sur Austral.

Criterios específicos

Desembarque flota propiamente industrial

Aplicando los criterios preestablecidos para el tratamiento del desembarque artesanal de la X Región (Puerto Montt y Castro), se obtuvo una fracción de la estadística industrial de la zona Sur Austral. Estas cifras fueron complementadas con partidas artesanales de la XI y XII Región según los resultados y observaciones, que se presentan en el Cuadro 4.

Cabe recordar, que con dicho propósito se utilizó la captura por barco informada mediante las bitácoras de pesca y la base de operaciones declarada por los barcos respectivos. Durante el período 1989-1992 estas bitácoras fueron censales, mientras que en el período 1993-1994, no se recopiló la totalidad de las bitácoras de pesca.



Cuadro 4.Estimación de desembarque histórico, en la flota industrial, X-XII Región. Período 1989 – 2001.

Período	Regiones X-XII
1989	896 (t)I (1)
1990	1188 (t)I (2)
1991	675 (t) (3)
1992	1683 (t) (4)
1993	657 (t) (5)
1994	1047 (t) (6)
1995	1048 (t) (7)
1996	201 (t) (8)
1997	527 (t) (9)
1998	488 (t) (10)
1999	720 (t) (11)
2000	807 (t) (12)
2001	114 (t) (13)

- (1) Entran 869 t, justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega.
- (2) Entran 1122 t, justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega.
- (3) Entran 675 t, justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega.
- (4) Entran 1564 t, justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega 479 t y PAM Mar Azul XIV (1032 t), zona Puerto Montt. Se suma 119 t del PAM Brisca, zona Castro.
- (5) Entran 657 t, justificadas por operación de la flota de Pesquera Omega (344 t) y PAM Mar Azul XIV (303 t).
- (6) Entran 58 t, justificadas por operación del PAM Mar Azul XIV (51 t) en Puerto Montt. Se suma PAM Pulluhuapi (76 t), zona 43-47° y pesca investigación PAM Pulluhuapi (16 t), zona XI Región. Se suma operación PAM Mar Azul X (584 t), zona XII Región y Pesquera Omega (344 t), zona XII Región.
- (7) A partir de 1995 no hay más traslados de Puerto Montt. Se justifican por operación del PAM Pulluhuapi en pesca investigación (138 t), zona 43-47° (XI Región) y operación comercial PAM Pulluhuapi y PAM Tuamapu (802 t), zona XII Región. Se suma Pesquera Omega (216 t) declarada artesanal, zona XII Región.
- (8) Se justifican por operación del PAM Pulluhuapi (71 t), PAM Tuamapu (31 t), zona XII Región y operación de artesanales (83 t), zona XII Región, ante desaparición Pesquera Omega.
- (9) Se justifican por operación de los PAM Pulluhuapi y Tuamapu (687 t), zona XII Región. También justifican la operación de artesanales (83 t), zona XII Región, capturando cuota para industriales.
- (10) Suma desembarque industrial XI y XI Región.
- (11) Suma desembarque industrial XI y XI Región y artesanal XII.



Desembarque flota Fábrica

Cuadro 5.
Estimación de desembarque histórico, en la flota Fábrica, zona X-XII
Región y Aguas Internacionales. Período 1989 – 2001.

Período	Regiones X-XII
1989	467 (t) (1)
1990	1218 (t) (2)
1991	4514 (t) (3)
1992	7344 (t) (4)
1993	4397 (t) (5)
1994	3702 (t) (6)
1995	4401 (t) (7)
1996	1287 (t) (8)
1997	3613 (t) (9)
1998	3969 (t) (10)
1999	3418 (t) (11)
2000	3293 (t) (12)
2001	2326 (t) (13)

- (1) Justificadas por operación del PAM Frío Aysen 18 en pesca de investigación (22 t), y continuidad comercial (445 t), zona 44-47°, zona sur 47°.
- Justificadas por operación del PAM Frío Aysen 18, en pesca de investigación (452 t) y continuidad comercial (496 t), zona 44-47° y PAM Frío Sur V, en pesca de investigación (270 t), zona 51-57°.
- (3) Justificadas por operación del PAM Frío Sur V, en pesca de investigación (4427 t), zona sur 56°.
- (4) Justificadas por control de bitácoras censales (7344 t). Aumento provocado por término cuota en el mes de junio
- (5) Justificadas por control de bitácoras no censales (3633 t).
- (6-13) Justificadas por control de bitácoras no censales con pequeñas variaciones.



Desembarque Aguas Internacionales

Bajo esta categoría se incorporó desembarque de los barcos fábrica declarado en los caladeros "Isla Geogia del Sur" y "Milla Náutica 201", que según los estudios que validaron esta información, corresponden a capturas de aguas Chilenas (Cuadro 6). La estadística de la captura legal e ilegal de Isla Georgia del Sur fue aportada por *Moreno compers* (1998).

Cuadro 6.

Desembarque histórico de Aguas Internacionales, reasignado a la zona Sur Austral.

Período 1991 – 1995.

Período	ZEE Sur Austral
1991	2 (t) (1)
1992	10393 (t) (2)
1993	7948 (t) (3)
1994	5998 (t) (4)
1995	2475 (t) (5)

- Justificadas como la diferencia entre total de Al declaradas por barcos fábrica (567 t) y la pesca legal e ilegal en I. Georgia (565 ton).
- Justificadas como la diferencia entre total de Al declaradas por barcos fábrica (16780 t) y la pesca legal e ilegal de I. Georgia (6387 t).
- Justificadas como la diferencia entre total de Al declaradas por barcos fábrica (11959 t) y la pesca legal e ilegal de I. Georgia (7948 t).
- Justificadas como la diferencia entre total de Al declaradas por barcos fábrica (10149 t) y la pesca legal e ilegal de I. Georgia (5998 t).
- Justificadas como la diferencia entre total de Al declaradas por barcos fábrica (7232 t) y la pesca legal e ilegal de I. Georgia (2475 t).



IV. RESULTADOS

Tabla 1.

Desembarque (t) artesanal estimado, en la pesquería de bacalao de profundidad.

Zona centro sur, período 1980-2001.

			Dogic				Total zana
งกัด	.,		Regio		157		Total zona
AÑO	V	VI	VII	VIII	IX	Х	Centro Sur
80	0	0	0	131	0	283	414
81	16	0	0	19	0	299	334
82	0	0	0	280	0	68	348
83	158	0	58	1015	0	160	1391
84	756	0	146	1439	0	129	2470
85	2043	0	734	1621	0	162	4560
86	1315	0	436	1863	0	311	3925
87	671	0	798	1290	0	733	3492
88	670	0	348	1622	0	890	3530
89	764	0	618	1890	10	1462	4744
90	513	0	257	3596	0	1789	6155
91	539	0	216	2250	0	1231	4236
92	619	0	260	2806	1	1014	4700
93	1800	0	480	1150	0	1245	4675
94	821	0	761	2015	0	2033	5630
95	277	0	340	1359	0	1993	3969
96	321	0	383	1401	2	2335	4442
97	117	0	225	1083	1	2112	3538
98	193	0	495	1284	0	2403	4375
99	518	0	527	1370	0	3372	5787
0	221	0	339	802	0	3861	5223
1	202	0	147	1051	0	2192	3592



Tabla 2.

Desembarque (t) industrial estimado, en la pesquería de bacalao de profundidad.

Zona sur austral, período 1980-2001.

Año	Total zona sur-austral (t)
	(1)
1989	1363
1990	2406
1991	5191
1992	19420
1993	13002
1994	10747
1995	7924
1996	1290
1997	4716
1998	4957
1999	3688
2000	3646
2001	2062

V. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, M. & L. Cid. 1990. Recopilación, procesos y análisis de los antecedentes biológico pesqueros en la Pesca Exploratoria de bacalao de profundidad (N/P Fríoaysén 18). IFOP/SUBPESCA.
- Aguayo, M., y Cid, L. 1991. Recopilación, proceso y análisis de los antecedentes biológicopesqueros en la pesca exploratoria de bacalao de profundidad realizada por el B/P /Friosur V/. Instituto Fomento Pesquero, Chile. Informe Interno, 63 pp.
- SERNAPESCA, 1980 a 2001. Anuarios Estadísticos de Pesca.
- Céspedes, R., M. Nilo, L. Adasme, E. Palta, y V. Ojeda. 2002. Investigación estado de situación pesquería demersal austral, 2002. Programa de seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. SUBPESCA. Informe de Avance. IFOP. 73 p.
- Espejo, V., C. Canales y Z. Young. 2003. Investigación CTP Bacalao de Profundidad sur 47°LS., 2003. Informe Final. IFOP-SUBPESCA. 47 p.
- Salas, R. 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 BioBio, Instituto de Fomento Pesquero. InformeTécnico. 107 p.



- Tascheri, R., J. Sateler, V. Ojeda, J. Olivares. R. Gili, R. Bravo, C. Vera, C. Montenegro, M. González, J. Merino y J. González. 2002. Programa de seguimiento de las principales pesquerías nacionales. Informe Final 2001. Investigación situación pesquería demersal zona centro sur. SUBPESCA IFOP 316 p.
- Young, Z., M. Aguayo, R, Bustos, R. Gili, C. Vera, J. Sateler, L. Cid & A. Muñoz. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces). Zona Centro Sur 1986. Estado de situación del recurso. Santiago, Chile, CORFO/IFOP.
- Young, Z., A. Zuleta, H. Robotham, M. Aguayo y L. Cid. 1992. Evaluación del stock de bacalao de profundidad entre las latitudes 47°S. y 57°S. Informe Técnico. IFOP/SUBPES.63 p + Anexo.
- Young, Z., R. Gili, L. Cid, 1995. Prospección de Bacalao de profundidad entre las Latitudes 43° y 47°L.S., Informe Técnico IFOP. 46p.
- Young, Z., H. González y P. Gálvez. 1997. Análisis de la captura y del esfuerzo de pesca en la pesquería del bacalao de profundidad en la zona centro-sur. Informe Final. FIP Nº 96-32. 63 p + Anexo.
- Young, Z., H. González y P. Gálvez. 1998. Análisis de la pesquería del bacalao de profundidad en la zona sur-austral. Informe Final. FIP Nº 96-40. 54 p.

ANEXO 4

Aproximaciones de desembarques al norte y sur del paralelo 47° S.

Reporte desembarque de bacalao de profundidad en lanchas artesanales 2004-2012: aproximaciones de desembarques al norte y sur del paralelo 47° S.



Autores: Liu Chong F. Renato Céspedes M.



Antecedentes

La caída del desembarque en la X y XIV Región (**Figura 1**), el agotamiento de los caladeros y la demanda sobre este recurso, llevo a la flota artesanal a buscar mejores rendimientos de pesca en caladeros localizados al sur del paralelo 47°S, en el área licitada (**Figura 2**) donde opera la flota industrial, y que de acuerdo a observaciones de OC de IFOP embarcados en la flota industrial observaron la presencia de estas lanchas bacaladeras hasta aproximadamente el paralelo 52°L.S. Sin embargo, la captura efectuada en esta zona es declarada como extraída en caladeros de pesca al norte del 47° S, para evitar sanciones. Lo que ocasiona una errada asignación de los desembarques de acuerdo a sus lugares de orígenes declarados.

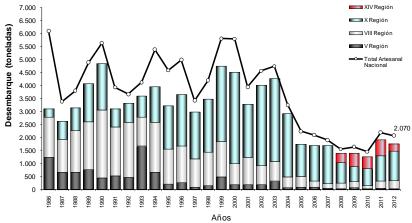


Figura 1 Desembarque (t) artesanal de bacalao de profundidad por principales regiones y a nivel nacional. Fuente SERNAP.

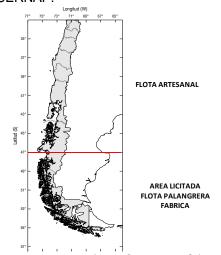


Figura 2 Área licitada (Unidad de Pesquería, 47° L.S. y 57° L.S.) de Bacalao de Profundidad y zona de operación de la flota industrial y artesanal.



Problemática

¿Qué porcentaje de los desembarques registrados por la flota artesanal es capturado efectivamente al norte y dentro del área licitada de esta pesquería?

Los desembarques de este recurso cuyas zonas de pesca merecen incertidumbres corresponden básicamente a los registrados en los puertos ubicados desde Valdivia al sur y que corresponden a Puerto Montt-Chinquihue y Quellón, lo anterior, considerando la autonomía de estas lanchas, su ubicación geográfica y sus niveles de desembarque.

No obstante, información de campo señala que algunas naves con puerto base Lebú efectuarían migraciones a la zona sur austral para capturar este recurso luego de la temporada de Pez espada. Sin embargo, en esta oportunidad esta situación no será considerada.

Objetivo

El objetivo de este análisis es estimar valores referenciales sobre las verdaderas remociones realizadas por la flota artesanal al norte y dentro área licitada (47-57 °L.S.) durante el periodo 2004-2012

Información Disponible

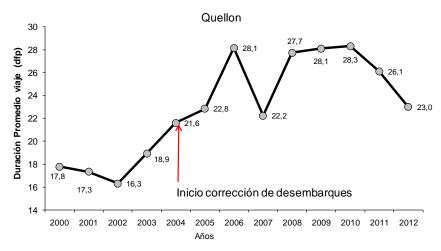
Históricamente los armadores de las lanchas bacaladeras han mostrado su negativa al embarque de personal del instituto en sus viajes de pesca (esta situación estaría cambiando debido a la instauración de cuotas de captura para esta flota), básicamente para impedir ser registrados operando dentro del área licitada y evitar posibles sanciones.

Considerando lo anterior, solo es posible acceder a algún tipo de información recurriendo a los registros que posee el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) sobre la operación de lanchas sobre este recurso, tendiendo siempre presente sus limitaciones y problemática. Una de sus principales problemáticas en este caso tiene relación con la veracidad de las zonas de pesca declaradas al servicio por parte de los armadores, y de las cuales al Instituto de Fomento Pesquero no le corresponde hacerse cargo.

Periodo comprendido

El periodo comprendido para realizar las correcciones al desembarque oficial considera los años 2004 hasta el 2012. Debido a que la duración promedio de los viajes de pesca en la zona sur registró un aumento significativo a partir del año 2004 (**Figura 3**). Como una consecuencia de operar presumiblemente en caladeros ubicados al sur del 47° L.S. dentro del área licitada, debido a los malos rendimientos de pesca obtenidos al norte de dicho paralelo en años anteriores por parte de la flota artesanal (**Figura 3**).





Los desembarques oficiales son correguidos a partir del año 2004, considerando que la duración promedio de los viajes de pesca registra un aumento significativo a partir de este año. Como una consecuancia de operar presumiblemente en caladeros ubicados al sur del 47 ° L.S., dentro del area licitada por parte de las embarcaciones bacaladeras.

Figura 3 Duración promedio del viaje de pesca (días fuera de puerto, dfp) a bacalao de profundidad en Quellón, periodo 2000 y 2012. Fuente IFOP Y SERNAP.

Primer Criterio

Los puertos de desembarques de acuerdo a información de campo registrarían una participación diferencial en relación a la zona real de captura (dentro del área licitada). De tal forma, que aquellos ubicados más cercanos al área licitada presentarían un mayor porcentaje de desembarques provenientes de capturas realizadas en esta zona, en comparación con otro más alejado. Observándose cierto gradiente latitudinal al considerar las capturas proveniente de esa área, de esta forma se espera que los desembarques registrados en el puerto de Quellón contengan mayoritariamente (si no en su totalidad) capturas obtenidas en actividades de pesca realizadas al sur del 47° L. S. en comparación con los desembarques registrados en el puerto de Valdivia.

Considerando la situación anterior y en consenso con el observador científico (encargado principalmente del monitoreo de esta pesquería) se establecieron para los puertos en cuestión tres porcentajes fijos para todo el periodo analizado en la participación de las capturas en el área licitada. Para Valdivia se supuso una participación del 50 – 50, Puerto Montt 80-20 y Quellón 100-0, para el área licitada y al norte de esta, respectivamente.

De tal forma que si suponemos un desembarque oficial de 100 toneladas para cada uno de estos puertos, estos desembarques serán reasignados de acuerdo a los siguientes criterios:



Criterio a utilizar de acuerdo

a supuesto origen de sus desembarques Desembarque Correguido Puerto Area Licitada Al Norte Area Licitada Al Norte Area Licitada Area Lictada Valdivia 50% 50% 50 50 Pto. Montt 80% 20% 80 20 Quellón 100% 100 0% 0

De la aplicación del criterio establecido sobre los desembarques oficiales registrados en los tres puertos mencionados anteriormente, se obtuvieron los siguientes desembarques por puerto y zona de origen:

Tabla 1 capturado en el área licitada (al sur del 47° l

Desembarque (t) oficial y capturado en el área licitada (al sur del 47° L.S.) y al norte de esta por puerto obtenido a través del primer criterio, periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

			Desembarqu	ues (t) Oficial	es Flota Artes	anal			
Puerto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Puerto Montt	531	339	346	370	314	295	352	539	577
Quellón	655	336	336	299	318	248	269	353	463
Valdivia	825	507	332	488	348	518	463	614	293
Nacional	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Resultados aplicación criterio por puerto

Desembarques (t) Capturados ai norte Area Licitada Flota Artesanai										
Puerto Montt	106,1	67,8	69,2	73,9	62,7	58,9	70,5	107,7	115,5	
Quellón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Valdivia	412,6	253,5	165,9	244,1	174,2	259,0	231,7	306,8	146,6	
Artesanal al Norte	2.733	1.915	1.610	1.577	806	896	669	1099	983	

	Desembarques (t) Capturados en el Area Licitada Por Flota Artesanal									
Puerto Montt	424,5	271,2	277,0	295,7	250,9	235,6	282,0	430,9	461,9	
Quellón	655,3	336,0	336,4	298,5	317,6	247,8	268,7	353,2	463,2	
Valdivia	412,6	253,5	165,9	244,1	174,2	259,0	231,7	306,8	146,6	
Artesanal al Sur	1.492	861	779	838	743	742	782	1.091	1.086	

Se observa que el desembarque capturado efectivamente al norte del área licitada represento durante el periodo analizado entre el 43 y 56% del total nacional (**Figura 4**), por su parte, el desembarque capturado presumiblemente dentro del área licitada fluctuó entre el 44 y 57% con un valor promedio de 52% (**Figura 4**). Por lo tanto, de acuerdo a estas estimaciones los desembarques artesanales provienen de forma importante de operaciones de pesca dentro del área licitada.



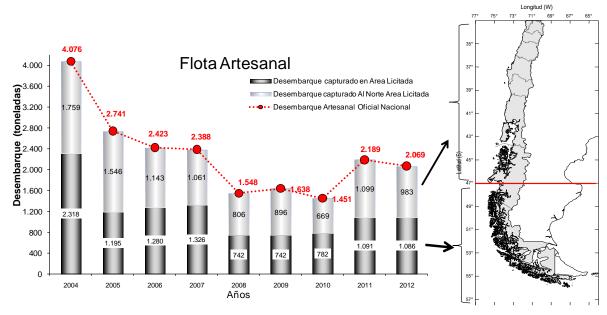


Figura 4 Participación del desembarque (t) de acuerdo a su zona de captura en el desembarque nacional total, periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

Al reasignar el origen de los desembarques realizados dentro y fuera del área de licitación por parte de la flota artesanal de acuerdo a los resultados obtenidos se obtienen las siguientes modificaciones (**Tabla 2, Figura 5 y 6**).

Tabla 2

Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur del 47° L.S.) y al norte de esta obtenido a través del primer criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

	-	Desem	barque	
	Oficial (SERNAP)	Correguido por Pu	erto Desembarque
	Al Norte	Area Licitada	Al Norte	Area Licitada
Años	47°	(Al Sur 47° L.S.)	47°	(Al Sur 47° L.S.)
2004	3.419	1.651	1.759	3.311
2005	2.236	1.809	1.546	2.499
2006	2.091	2.455	1.143	3.403
2007	2.090	2.358	1.061	3.387
2008	1.558	2.883	806	3.635
2009	1.681	3.018	896	3.803
2010	1.467	3.293	669	4.091
2011	2.189	2.298	1.099	3.389
2012	2.069	1.934	983	3.020



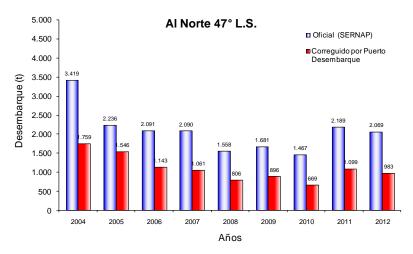


Figura 5 Desembarque (t) oficial y corregido al norte del área licitada (al norte 47° L.S.) a través del primer criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

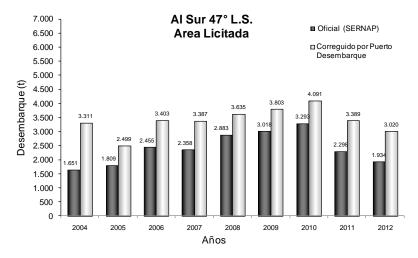


Figura 6 Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur 47° L.S.) a través del primer criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

Segundo Criterio

Como es de conocimiento, un grupo de lanchas artesanales operan al sur del paralelo 47°; pero al registrar su desembarque al Servicio de Pesca (SERNAP), y que para evitar que sean sancionadas por operar en una zona no autorizada, estas son declaradas en zonas principalmente localizadas al norte de dicho paralelo.



Zonas de pesca

El análisis se centra en las zonas de pesca que son declaradas por los patrones de las lanchas al SERNAPESCA al norte del paralelo 47° S, y que corresponden a las zonas 116, 117, 118, 120 y 121, como se muestra en la **Figura 1**.

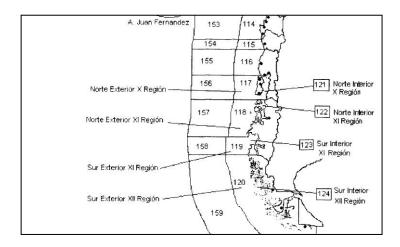


Figura 7 Zonas extractivas establecidas por SERNAP, y donde se pueden apreciar las consideradas para la corrección de los desembarques de bacalao artesanal durante el periodo 2004-2012.

Las cinco zonas de pesca aportan entre el 66% y 77% del desembarque total entre los años 2004 y 2012 (**Tabla 3**), con volúmenes entre 1.130 t y 2.392 t anuales; siendo las zonas de pesca con mayor de desembarques el número 116 y 117, entre las costas de Valdivia e Isla de Chiloé. Llama la atención el origen de desembarque de la zona 121, correspondiente a aguas interiores de la X región; como también el escaso registro de desembarque proveniente de la zona de pesca 118, la cual se localiza inmediatamente al norte del paralelo 47° S (**Figura 7** y **Tabla 3**).

Tabla 3Desembarque (t) de bacalao de profundidad por zona extractiva considerada (zona 116, 117, 188, 120 y 121). Periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

					Anos				
Zona SERNAP	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
116	925	533	370	446	247	585	589	853	560
117	992	662	684	866	912	440	469	707	686
118	312	126	125	75	1	26			38
120									1
121	163	47	28	114	63	84	72	26	89
Desembarque Zonas	2.392	1.367	1.208	1.501	1.222	1.135	1.130	1.587	1.374
% Zonas	74	61	65	79	79	69	77	72	66
Des. Total Pais	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Zonas Sernap= 116-117-118-120 y 121



Puerto de desembarque

Del total de desembarque registrados en las cinco zonas indicadas en la **Tabla 3**, el análisis se centra en los 8 puertos localizados en la XV y X Región y que registran desembarque de este recurso estos son por orden alfabético Ancud, Calbuco, Castro, Corral, Palena, Puerto Montt, Quellón y Valdivia. La selección de estos puertos en el análisis implica centrar la atención en los puertos cuyo desembarque tiene mayor probabilidad de haber sido obtenido en zonas de pesca al sur del paralelo 47° S.

La **Tabla 3** muestra los niveles de desembarques anuales para cada uno de los 8 puertos en estudio y restringido a las cinco zonas de pesca. El total de desembarque de los 8 puertos para las cinco zonas tiene valores entre 1.085 t y 2.440 t de desembarque y un aporte porcentual entre 63% y 77% respecto del desembarque nacional total (**Tabla 3**).

Tabla 4Desembarque (t) de bacalao de profundidad por puerto dentro de las zonas de extracción consideradas (116, 117, 118, 120 y 121). Periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

Puertos en	Años								
Estudio	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ANCUD	428	220	167	277	134	23	25	55	57
CALBUCO		11	17	32	39		10	37	2
CASTRO	1				0	1		1	
CORRAL						1	1		
PALENA									30
PUERTO MONTT	531	339	346	370	314	295	352	539	577
QUELLON	655	336	336	299	318	248	269	353	463
VALDIVIA	825	507	332	488	348	518	463	614	293
Total	2.440	1.414	1.198	1.466	1.152	1.085	1.120	1.597	1.423
% Respecto Total Nacional	75	63	65	77	74	66	76	73	69
Total Nacional	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Zonas Sernap= 116-117-118-120 y 121

Los análisis efectuados no permiten cuantificar los reales volúmenes de desembarques provenientes al sur del paralelo 47° S.

Dada esta limitación; a continuación se entregan resultados productos de filtros que permitan acotar y llegar a una aproximación de los posibles volúmenes desembarques provenientes al sur del paralelo 47° S.



Días fuera de puerto

Efectuada una exploración de todos los registros de viajes y desembarques del periodo en estudio, es posible observar que las lanchas con registro del recurso, exceptuando las 5 zonas de pesca antes indicadas, tienen en su mayoría un tiempo máximo relativo de días fuera de puerto de 20 días; como también es posible aseverar que 30 días fuera de puerto sobrepasan a las condiciones de autonomía de estas naves.

Como se menciono anteriormente, en la pesquería artesanal de bacalao de profundidad se ha venido registrando un incremento de los días fuera de puerto, principalmente explicado por los viajes de pesca que realizan las lanchas al sur del paralelo 47° S; siendo posible que el desembarque de una lancha artesanal no solo corresponda a la pesca de una nave, sino también a la pesca proveniente de otras naves que estén operando al sur de dicho paralelo.

La **Tabla 5** muestra los niveles de desembarques registrados en los viajes de pesca que se presentaron iguales y superiores a 20 días fuera de puerto, solo para los 8 puertos y 5 zonas en estudio. Los niveles se reducen respecto a lo indicado en las tablas anteriores entre 623 t y 965 t anuales, comprendiendo entre el 28% y 56% del desembarque total. Sin embargo, al considerar los viajes iguales o superiores a 30 días fuera de puerto, estos volúmenes pasa a valores entre 174 t y 343 t anuales, correspondiendo entre 5% y 22% del desembarque total nacional.

Por su parte, el número de viajes iguales y superiores a 20 días fuera de puerto fluctuaron entre 194 y 267 viajes anuales (entre 14% y 34% respecto del total de viajes, **Tabla 6**). En el caso de viajes iguales y superiores a 30 días fuera de puerto los viajes anuales son entre 60 y 84 viajes anuales (entre 3% y 13% respecto del total de viajes, **Tabla 6**).

Tabla 5Desembarque (t) de bacalao de profundidad de acuerdo a los días fuera de puerto dentro de las zonas de extracción consideradas (116, 117, 118, 120 y 121). Periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

Dias fuera de puerto (dfp)		Desembarque (t) origen zonas 116-117-118-120-121 y solo puertos en estudio									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
>= 20 dfp	965,345	623,077	692,149	796,473	865,092	826,0	745,9	905,5	885,5		
>= 30 dfp	174,208	193,615	240,713	326,172	343,349	323,8	222,8	260,2	259,4		
% del total											
>= 20 dfp	29,7	27,9	37,5	42,0	55,7	50,0	50,9	41,4	42,8		
>= 30 dfp	5,4	8,7	13,0	17,2	22,1	19,6	15,2	11,9	12,5		
Des. Total (t)	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069		



Tabla 6

Número de viajes registrados de acuerdo a los días fuera de puerto dentro de las zonas de extracción consideradas (116, 117, 118, 120 y 121). Periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

Dias fuera	Numero de Viajes(t) origen zonas 116-117-118-120-121								
de puerto (dfp)				y solo	puertos en e	studio			
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
>= 20 dfp	257	197	194	214	267	235	197	219	241
>= 30 dfp	50	64	66	84	107	84	62	60	86
% del total									
>= 20 dfp	14,0	12,3	14,1	23,4	34,1	26,8	28,6	24,8	22,6
>= 30 dfp	2,7	4,0	4,8	9,2	13,6	9,6	9,0	6,8	8,1
Num. viajes Total	1.831	1.607	1.380	916	784	876	689	883	1.068

Estos niveles de desembarques restringidos al criterio de días fuera de puertos no deben ser tomados como absolutos, y sobretodo que podrían corresponder a viajes con actividad de pesca al sur del paralelo 47° S.

Desembarque por viaje de pesca

Al observar registro a registro de la base de datos, es posible observar volúmenes de desembarque que superan las capacidades de una lancha artesanal que opera sobre bacalao de profundidad, y que en varios de ellos los días fuera de puerto son inferiores a 20 días, siendo posible encontrar casos de viajes de solo un día fuera de puerto de 7 t/viaje; e incluso 0 días fuera de puerto con 75 t/viaje.

Dado esta situación, efectuando una exploración de todos los registros de los viajes con pesca del periodo en estudio y todas las zonas de pesca, sumado al conocimiento que emana de la misma relación con los patrones de pesca en los puertos que el Instituto cubre en el monitoreo rutinario de la pesquería, en sentido que los rendimientos de un viaje de pesca al sur del paralelo 47° S en el mejor de los casos bordea entre los 4 y 5 t/viaje; como también realizadas consultas a investigadores con mayor conocimiento de las capacidades técnicas de este tipo de lanchas en relación a los niveles de desembarque que estas puedan contener.

A continuación, en la **Tabla 7** se entregan los niveles de desembarques en viajes con registro de rendimientos de pesca iguales y superiores a 4, 5, 6 y 7 t/viaje solo en los 8 puertos y 5 zonas de análisis. Consideración el posible supuesto de que estos viajes presentan una mayor posibilidad de haber ejercido actividad de pesca al sur del paralelo 47° S.

Al observar los niveles de desembarques en los casos de +4 t/viaje se registra, en general, a partir del año 2005 (462 t) un aumento progresivo de estos llegando a 844 t en 2012; situación que en el caso de +7 t/viaje también es posible de observar, en el año 2005 el desembarque es de 89 t y en el año 2012 es de 368 t. Esta tendencia no es posible de observar solo haciendo el análisis contemplando los días fuera de puerto; lo cual podría indicar que ha habido un posible incremento a



realizar actividad de pesca al sur del paralelo 47° S, siendo los viajes +7 t/viaje con una mayor factibilidad que pueda provenir al sur de dicho paralelo, es decir, el 18% del desembarque nacional artesanal en el año 2012.

Tabla 7Desembarque (t) de bacalao de profundidad de acuerdo a sus niveles dentro de las zonas de extracción consideradas (116, 117, 118, 120 y 121). Periodo 2004-2012. Fuente SERNAP.

Rango de desembarque (t)			Deser	,	rigen zonas 1		20-121		
por viaje	2004	y solo puertos en estudio 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011							
>= 4 t por viaje	1071,3	462,1	559,9	806,5	522,7	480,3	583,5	891,9	2012 844,1
>= 5 t por viaje	735,5	290,4	438,0	598,9	365,9	352,1	421,4	723,1	687,5
>= 6 t por viaje	504,5	179,3	344,9	401,7	243,0	249,3	305,9	548,3	554,7
>= 7 t por viaje	284,2	89,5	206,5	253,9	146,8	140,2	196,4	424,6	368,7
% del total								·	·
>= 4 t por viaje	33,0	20,7	30,3	42,6	33,7	29,1	39,8	40,7	40,8
>= 5 t por viaje	22,6	13,0	23,7	31,6	23,6	21,3	28,8	33,0	33,2
>= 6 t por viaje	15,5	8,0	18,7	21,2	15,6	15,1	20,9	25,0	26,8
>= 7 t por viaje	8,7	4,0	11,2	13,4	9,5	8,5	13,4	19,4	17,8
Des. Total (t)	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Días fuera de puerto y desembarque por viaje

Efectuando una combinación de los dos tipos de razonamientos adoptados anteriormente, día fuera de puerto y desembarque por viaje, en la **Tabla 9** se entregan los niveles de desembarques, tanto para los viajes iguales o superiores a 20 dfp y 30 dfp, para cada caso de desembarque por viaje (+4, +5, +6 y +7 t/viaje).

En el caso de viajes con +7 t/viaje con +20 dfp, los desembarques fluctuaron entre 59 y 254 t anuales en los años 2005 y 2012 respectivamente; correspondiendo al 3% y 12% respecto del desembarque total; mientras, en el caso de +30 dfp los viajes con +7 t/viaje oscilaron entre 15 y 92 t anuales en los años 2005 y 2011, es decir entre el 0,7% al 4,2% respecto del desembarque total, respectivamente (**Tabla 10**).



Tabla 9

Viajes con >= 20 dfp Rango de	Desembarque (t) origen zonas 116-117-118-120-121								
desembarque (t)				y solo	puertos en e	studio			
por viaje	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
>= 4 t por viaje	615,4	298,3	421,5	494,7	466,2	442,7	453,5	604,3	598,1
>= 5 t por viaje	419,0	196,6	326,1	365,8	328,5	327,1	337,0	475,1	500,3
>= 6 t por viaje	299,3	129,6	248,8	228,4	215,9	229,9	243,6	322,3	395,7
>= 7 t por viaje	168,3	58,7	136,5	131,5	131,9	140,2	160,6	217,6	254,4
% del total									
>= 4 t por viaje	18,9	13,3	22,8	26,1	30,0	26,8	31,0	27,6	28,9
>= 5 t por viaje	12,9	8,8	17,7	19,3	21,2	19,8	23,0	21,7	24,2
>= 6 t por viaje	9,2	5,8	13,5	12,1	13,9	13,9	16,6	14,7	19,1
>= 7 t por viaje	5,2	2,6	7,4	6,9	8,5	8,5	11,0	9,9	12,3
Des. Total (t)	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Tabla 10

Viajes con >= 30 dfp Rango de des. (t)			Deser	nbarque (t) o	rigen zonas 1	16-117-118-1	20-121		
por viaje				y solo	puertos en e	studio			
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
>= 4 t por viaje	108,2	85,1	138,2	206,5	172,7	188,1	126,4	175,8	116,6
>= 5 t por viaje	59,2	44,8	120,4	157,9	101,6	131,1	94,1	132,3	107,9
>= 6 t por viaje	37,2	33,8	87,3	102,0	74,4	88,2	55,5	105,2	92,1
>= 7 t por viaje	24,2	14,8	41,1	69,5	41,7	43,3	17,5	92,3	79,0
% del total									
>= 4 t por viaje	3,3	3,8	7,5	10,9	11,1	11,4	8,6	8,0	5,6
>= 5 t por viaje	1,8	2,0	6,5	8,3	6,5	7,9	6,4	6,0	5,2
>= 6 t por viaje	1,1	1,5	4,7	5,4	4,8	5,3	3,8	4,8	4,5
>= 7 t por viaje	0,7	0,7	2,2	3,7	2,7	2,6	1,2	4,2	3,8
Des. Total (t)	3.251	2.236	1.845	1.895	1.553	1.651	1.465	2.189	2.069

Al reasignar el origen de los desembarques realizados dentro y fuera del área de licitación por parte de la flota artesanal de acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar el segundo criterio se obtienen las siguientes modificaciones (**Tabla 11**, **Figura 8** y **9**). Se observa que la combinación de \geq 20 dfp y \geq 4 t/viaje asigna mayores niveles de desembarques al área licitada (al sur del 47° L.S.) respecto a la segunda combinación utilizada (\geq 20 dfp y \geq 7 t/viaje) y por ende, menores desembarque extraídos al norte de esta (**Tabla 11**, **Figura 8** y **9**).



Tabla 11Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur del 47° L.S.) y al norte de esta obtenido a través del segundo criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

	Corregido por duración viaje					rque
	Oficial (SERNAP)		≥ 20 df	py≥4t	≥ 20 dfp y ≥ 7 t	
	Al Norte	Area Licitada	Al Norte	Area Licitada	Al Norte	Area Licitada
Años	47°	(Al Sur 47° L.S.)	47°	(Al Sur 47° L.S.)	47°	(Al Sur 47° L.S.)
2004	3.419	1.651	2.636	2.434	3.083	1.987
2005	2.236	1.809	1.938	2.107	2.177	1.867
2006	2.091	2.455	1.423	3.123	1.708	2.838
2007	2.090	2.358	1.400	3.048	1.763	2.685
2008	1.558	2.883	1.087	3.354	1.421	3.020
2009	1.681	3.018	1.238	3.461	1.541	3.158
2010	1.467	3.293	1.014	3.747	1.306	3.454
2011	2.189	2.298	1.585	2.902	1.972	2.516
2012	2.069	1.934	1.353	2.579	1.722	2.210

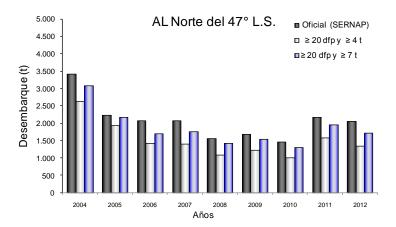


Figura 8 Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur 47° L.S.) a través del segundo criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.



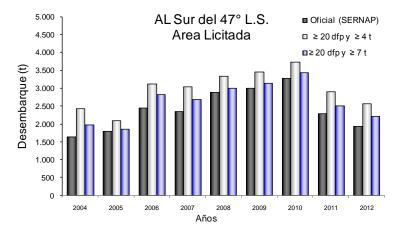


Figura 9 Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur 47° L.S.) a través del segundo criterio para el periodo 2004-2012 Fuente SERNA

Comparación de Criterios

Al comparar ambos criterios utilizados en la corrección del desembarque oficial registrado durante el periodo 2004-2012, se observa que el primer criterio asigna mayores niveles de desembarques al área licitada (al sur del 47° L.S.) respecto al segundo criterio utilizado y por ende, menores desembarque extraídos al norte de esta (**Tabla 12** y **Figura 8**).

Tabla 12Desembarque (t) oficial y corregido en el área licitada (al sur del 47° L.S.) y al norte de esta obtenido a través de ambos criterios para el periodo 2004-2012 Fuente SERNAP.

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

Correguido 1: corresponde al desembarque oficial correguido de acuerdo a porcentaje estimado de desembaque capturado por puerto al sur del 47° L.S., es decir, en el area licitada.

Correguido 2: corresponde al desembarque oficial correguido de acuerdo al criterio de viajes con duración mayor o igual de 20 días y con capturas mayores o iguale s a 4 y 7 ton.



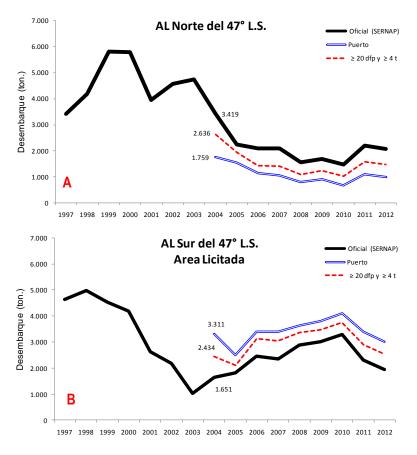


Figura 8 Desembarque (t) oficial y corregido al norte (A) y dentro del área licitada (B) obtenido a través de ambos criterios para el periodo 2004-2012. Fuente SERNAP

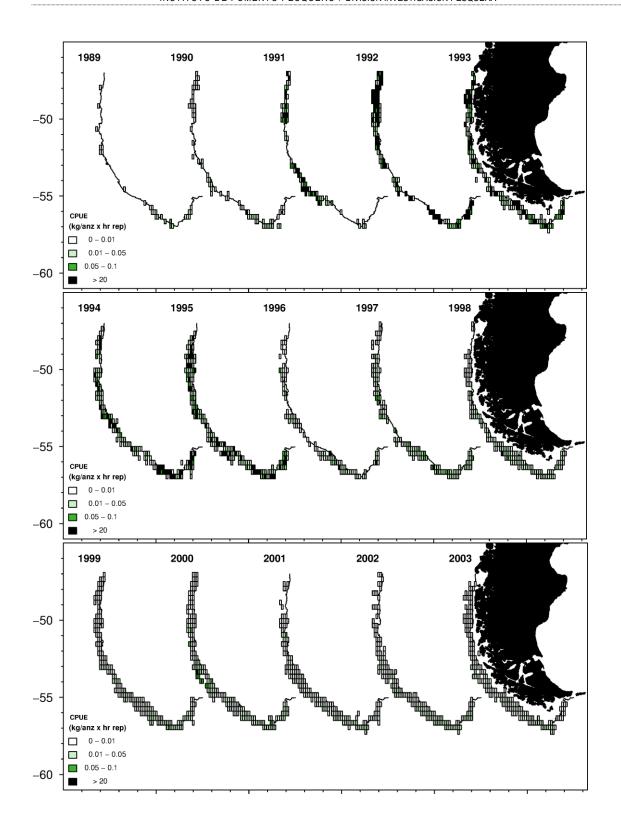
Los resultados entregados en este análisis, entregan una mayor veracidad de los niveles de desembarques que podrían provenir de actividades de pesca al sur del paralelo 47° S; destacándose la existencia de un posible incremento a visitar zonas de pesca al sur de dicho paralelo. Por tanto, a juicio experto se sugiere emplear la información emanada de la **Tabla 12** como referencia para explorar escenarios de desembarques al sur del paralelo 47° S y en primer orden en especial la información entregada en la columna con el criterio de ≥20 dfp y ≥4 t/viaje y en segundo orden la información entregada en la columna relacionada con el criterio de ≥20 dfp y ≥7 t/viaje; debido que la conjugación del criterio de día fuera de puerto y desembarque en toneladas por viaje logra cubrir de mejor forma los desembarques de las lanchas artesanales que realizaron actividad de pesca procedentes del área licitada.

ANEXO 5

Distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca industrial.

Bitácoras de pesca IFOP







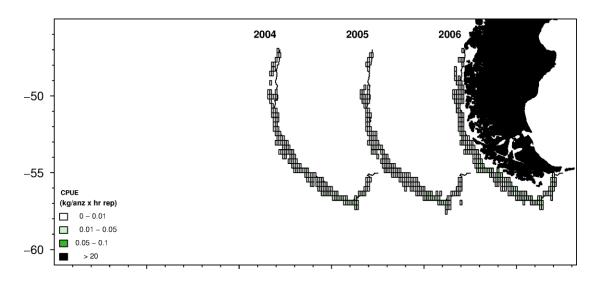


Figura 1. Tasas de captura nominales de la pesca industrial de palangre de bacalao de profundidad. Bitácoras contenidas en la base de datos del proyecto estatus y posibilidades de explotación: bacalao de profundidad, 2015. La línea de referencia incluida en cada año corresponde a la isóbata de 500 m.

Las bitácoras de pesca industrial recopiladas por IFOP contienen registros de captura y esfuerzo por lance de pesca que cubren los años 1989 a 2013. Los rendimientos sin embargo, se representan sólo hasta el año 2006 porque entre este año y el año 2008 la flota industrial adoptó gradualmente el sistema trotline con cachalotera y a partir de este último año, este aparejo de pesca se usa en toda la flota.

El número de anzuelos no es una medida adecuada del esfuerzo de pesca ejercido usando el sistema trotline con cachalotera, porque los anzuelos dispuestos en cada cachalotera ("racimo") actúan en conjunto, de manera tal que el éxito de captura de un anzuelo condiciona el éxito de captura de los demás anzuelos en la misma cachalotera (Rubilar *et al.* 2013).

ANEXO 6

Distribución temporal y espacial del rendimiento nominal de pesca industrial. Bitácoras de pesca AOBAC.



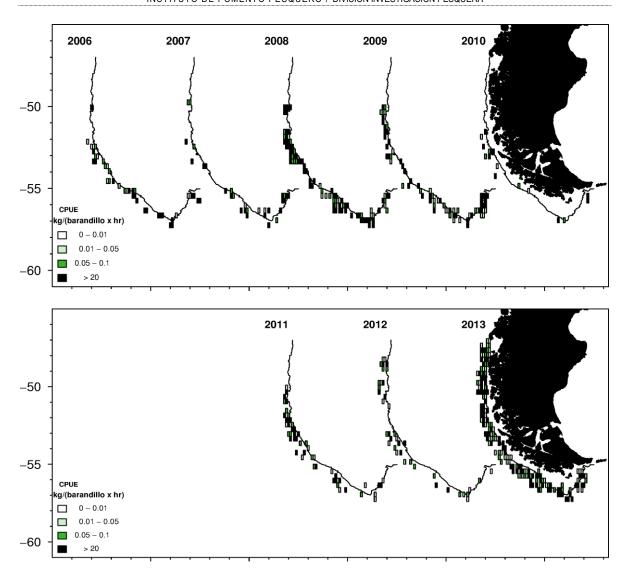


Figura 1. Tasas de captura nominales de la pesca industrial de bacalao de profundidad con cachalotera. Bitácoras de la base de datos AOBAC. La línea de referencia incluida en cada año corresponde a la isóbata de 500 m.

En el año 2006 un 26% de las operaciones de pesca se realizó con cachalotera, en el año 2007 este porcentaje se incrementó a 41% y en el año 2008 el 100% de la flota industrial adoptó el sistema trotline con cachalotera.

El número de anzuelos no es una buena medida del esfuerzo de pesca ejercido usando el sistema trotline con cachalotera, siendo una medida más adecuada el barandillo (o cachalotera, dado que hay una en cada barandillo. Ver sección 3.4.4. en este informe).

ANEXO 7

Estimación de índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad



Estimación de índices de abundancia relativa de bacalao de profundidad

1. Introducción

La pesquería de bacalao de profundidad fue iniciada en 1970 por la flota artesanal de la V Región a la que luego se sumó la VIII Región y finalmente la pesquería se extendió entre las Regiones I a la XI. El mayor desarrollo de la actividad pesquera artesanal tuvo lugar en los años 80s, en donde el desembarque de esta flota alcanzó un máximo de 6.108 t en el año 1986.

En 1992 se decretó que área de la pesca artesanal demersal de gran profundidad se extendía entre el límite norte del país hasta el paralelo 47° L.S.

En esta área, se observa un gradiente de los rendimientos de pesca con la latitud, con rendimientos relativamente bajos entre Caldera y Constitución, valores a la altura de Lebu y mayores rendimientos entre Valdivia y Quellón (Young et al. 1997, Oyarzún et al. 2003 b).

La abundancia relativa en el área de pesca artesanal experimentó una significativa reducción entre los años 1986 y 1996 (Young et al. 1997).

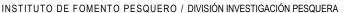
La pesca industrial de bacalao de profundidad que se realiza al sur de la latitud 47° L.S. se inició con las prospecciones realizadas en las Regiones XI y XII a comienzos de los años 90s. Estos estudios tenían por objeto estudiar la disponibilidad y abundancia del recurso para determinar la factibilidad de desarrollar una nueva pesquería. La iniciativa respondía a uno de los principales objetivos del manejo de la pesquería demersal austral en esos años, el buscaba reducir el esfuerzo de pesca que entonces era ejercido sobre los recursos merluza del sur y congrio dorado (Aguayo *et al.* 1991, Young *et al.* 1995).

El resultado de estas investigaciones fue el inicio de la pesquería de bacalao de profundidad entre las latitudes 47°S y 57° S L.S. bajo el Régimen de Pesquería Incipiente.

Una de las categorías básicas de información necesarias para poder implementar una evaluación de stock, es conocer las tendencias de la abundancia del recurso (NRC 1998).

En términos generales y desde una perspectiva estadística, la tendencia de la abundancia relativa es mejor si se obtiene mediante un crucero científico de evaluación directa, independiente de la pesca comercial, de tal manera que el protocolo de muestreo se encuentra estandarizado y es aplicado sobre el rango de distribución espacial del stock, utilizando una estrategia estadística de muestreo.

Para el bacalao de profundidad capturado en Chile y Argentina, la distribución muy extendida y la gran profundidad donde habitan estos peces, complican el diseño y la realización de cruceros de





evaluación, impidiendo de este modo la estimación directa de la abundancia del recurso (Wöhler *et al.* 2002, Rubilar *et al.* 2010). La alternativa más expedita es usar una medida estandarizada de la densidad de peces por unidad de área (captura por unidad de esfuerzo, CPUE), procesando estadísticamente los datos de captura y esfuerzo de la pesca comercial los que son obtenidos desde las bitácoras que completan los propios operadores o directamente, a través de observadores científicos. Esta alternativa metodológica supone que la CPUE es proporcional a la abundancia del stock (Hinton y Maunder, 2003; Maunder y Punt 2004).

Las causas por las cuales este supuesto no siempre se cumple, han sido identificadas y descritas desde los primeros esfuerzos tendientes a hacer uso de este tipo de datos con el propósito de conocer la fluctuación y tendencia de la abundancia de los stocks (Garrod 1964, Gulland 1964).



Análisis de estandarización del esfuerzo de la pesquería de bacalo de profundidad Chilena al sur de la latitud 47°S.

Renzo Tascheri, Renato Céspedes y Luis Adasme

Antecedentes

Para el bacalao de profundidad explotado en Chile al sur de la latitud 47°S., se cuenta actualmente con dos fuentes de datos de captura y esfuerzo de las operaciones de pesca: las bitácoras recopiladas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), a través del proyecto de seguimiento de la pesquería demersal austral y las bitácoras de la Asociación de Operadores del Bacalao de Profundidad de Magallanes (AOBAC A.G.), que fueron recopiladas por los propios operadores y por observadores científicos del Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.).

Cada una de estas bases de datos contiene información que no está disponible en la otra, de tal manera que ambas son necesarias para un completo análisis de las tasas de captura, a fin de poder obtener una señal de la abundancia relativa para esta pesquería.

Bases de datos IFOP

La base de datos de bitácoras de pesca industrial mantenida por el IFOP, contine información de la operación de pesca a escala del lance y se extiende entre los años 1997 y 2013. 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.

Un segundo conjunto de datos de pesca con palangre, recopilados entre los años 1989 y 1996 y y que son mantenidos por el proyecto de seguimiento de la pesquería, no se encontraban en la base central del IFOP. Luego de compatibilizar los formatos de ambas fuentes de datos y de una primera etapa de validación, estos fueron unidos conformando una única base de datos que cubre los años 1989 a 2013. Si es necesario, ambos conjuntos de datos pueden ser separados mediante un código que los identifica.

La principal tarea aquí, además de la identificación y eliminación de registros incompletos o erróneos, consistió en identificar los barcos en los datos de 1989 a 1996, los que figuraban con códigos de identificación diferentes a los usados en el presente, los que fueron adoptados por el IFOP en 1997 cuando este migró la mayoría de sus datos al sistema Oracle.



Para este trabajo se adoptaron un conjunto de criterios de validación, entre los más relevantes: filtrar las operaciones de pesca realizadas a una profundidad media mayor a 500 m y menor a 3.000 m y complementar este filtro con un segundo criterio respecto del tamaño del anzuelo; la aplicación de rangos válidos para el número de anzuelos calados (entre 1.000 y 28.000), capturas (0 a 39.000 kg) y de horas de reposo (< 30 h.).

La localización de los datos fue luego validada usando un polígono con las siguientes características: los límites en los extremos norte y sur correspondieron a las líneas limítrofes del territorio nacional. Al norte del paralelo 41°28.6' S el límite Este correspondió a la isóbata de 100 m y al sur de este paralelo las líneas de base rectas (D.S.416/1977 Ministerio de Relaciones Exteriores). El límite Oeste del polígono, correspondió a la isóbata de 3.000 m. Los lances de pesca que se encontraron fuera de este polígono fueron excluidos del análisis. Esta validación redujo el número de registros en un 25%, quedando este en un total de 31.973 lances de pesca.

Los caladeros de la pesquería fueron aproximados desde un dibujo hecho por los capitanes de la empresa Globalpesca SpA sobre la Carta Náutica 570 del Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile (SHOA PUB. 3000; **Figura 1**).

Los límites de cada caldero fueron digitalizados usando el software libre Plot Digitizer (http://plotdigitizer.sourceforge.net/), los que luego fueron empleados para parcelar el polígono utilizado en la validación. Con los sub-polígonos resultantes, se asignó el correspondiente caladero a cada operación de pesca contenida en la base de datos. Se aclara que el propósito de los sub-polígonos fue particionar en caladeros los lances contenidos en la base de datos y no aproximar la superficie del caldero, de manera que el procedimiento usado se considera adecuado a este propósito. Una aproximación de la superficie se podría haber logrado calculando el convex-hull de los puntos contenidos en cada caladero, sin embargo como se indicó este no era el propósito de esta parte del trabajo (Figura 2).



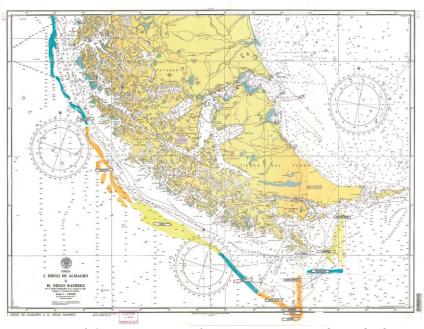


Figura 1. Carta Nautica 570 (Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile; SHOA PUB. 3000), en la cual se dibujaron los caladeros de bacalao de profundidad localizados en el área sometida al Régimen de Pesquería Incipiente (Gentileza de Globalpesca SpA.).

Luego de la etapa inicial de validación, la base de datos contenía un total de 77 barcos.

Siguiendo a Punt *et al.* (2000), se selccionó una flota de referencia exigiendo a cada barco un mínimo de años de operación, lances por año (con captura de bacalao de profundidad) además de una captura mediana mínima.



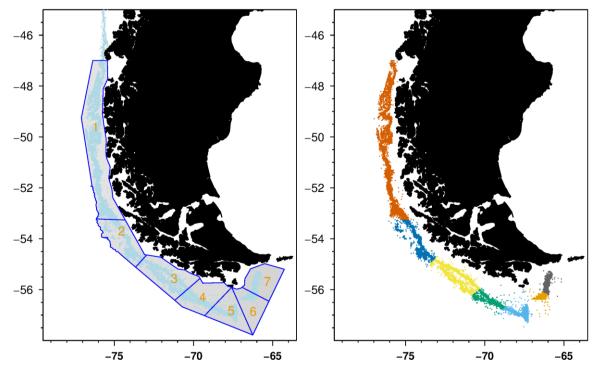
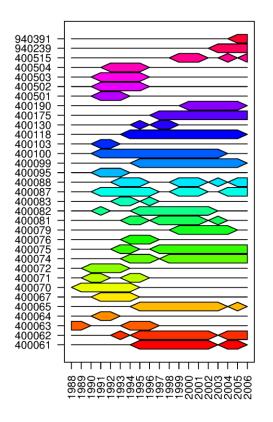


Figura 2. Izquierda: polígonos utilizados para asignar los lances de pesca de la base de datos IFOP a sus respectivos caladeros. Derecha: localizaciones validadas de los lances de pesca, coloreadas para identificar cada caladero.

Usando tres criterios para la selección de los barcos (CRT.1: todos los barcos; CRT.2: 2 años de operación, 17 lances por año y una captura mediana mínima por lance de 650 kilos; CRT.3: 4, 37, 1000), se obtienen conjuntos de 77, 33 y 24 barcos, respectivamente. La cobertura por año de estos dos últimos sub-conjuntos de barcos se esquematiza en la **Figura 3.**

Se puede notar que las observaciones de los primeros años de la serie están soportadas por un número reducido de barcos (**Figura 3**).





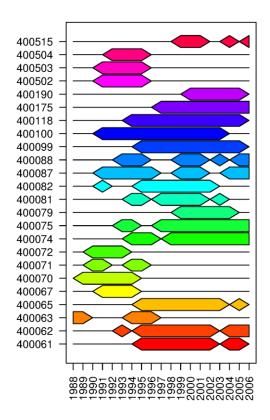


Figura 3. Gráfico de volantín para mostrar la cobertura temporal de cada barco (identificado por un código). Izquierda: 33 barcos; Derecha: 24 barcos. Los colores no necesariamente son consistentes entre las figuras.

Tabla 1

Número de registros, número de barcos, captura total, promedio de años de operación por barco y promedio de la captura mediana por barco, que resultan de la aplicación de dos criterios de selección de barcos para el análsis de las tasas de captura. Pesquería industrial de bacalao de profundidad

	N.reg	N.naves	Cap.T(kg)	P.años	P.cap.med kg
CRT.1	15.419	33	44.600.876	7	2.614
CRT.2	13.025	18	35.487.220	9	2.444

El usar un subconjunto de barcos tiene el beneficio de generar mayor consistencia en los datos entre años (menor variabilidad) pero puede tener el efecto adverso de sesgar el índice de abundancia hacia rendimientos altos. Un gráfico de las tasas de captura medias por año, que se obtienen de aplicar los tres criterios descritos, permite ver que el efecto de seleccionar un sub-conjunto de los barcos es menor, siendo sólo importante en el año 1997 (**Figura 4**).



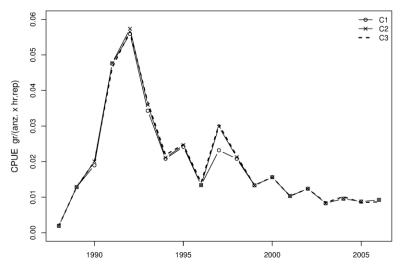


Figura 4. Rendimiento medio anual calculado usando tres criterios diferentes de selección de barcos.

Entre el año 1989 y 2005, la flota industrial usó exclusivamente el palangre español y entre los años 2008 y 2013, utilizó exclusivamente la cachalotera. Usando la base de datos AOBAC, que contiene un campo que identifica el tipo de aparejo (palange o cachalotera), se buscaron los lances de pesca que emplearon la cachalotera en los años 2006 y 2007 y que también estuviesen contenidos en la base de datos IFOP, identificándolos como tales en esta última. Finalmente, se marcaron en la base de datos IFOP los barcos que de acuerdo con Rubilar (2010) usaron exclusivamente la cachalotera durante los años 2006 y 2007. La **Figura 5** muestra el número de operaciones de pesca por año que usaron palangre y cachalotera usando los registros de la base de datos IFOP.

La base de datos de IFOP no contiene campos que proveean una medida adecuada del esfuerzo de pesca de la cachalotera, dado que el número de anzuelos es una medida de esfuerzo inadecuada para este aparejo, porque la acción de los anzuelos en el "racimo" de cada cachalotera no es independiente (Rubilar *et al.* 2013). Además Goetz *et al.* (2011) establecen que la cachalotera y el palangre español presentan diferente eficiencia relativa.



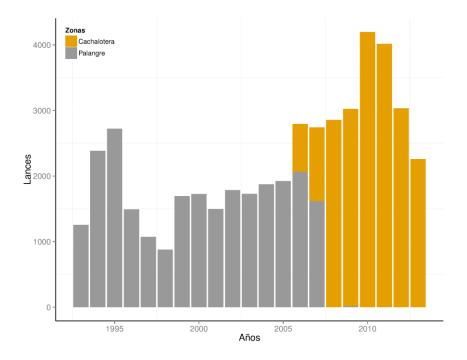


Figura 5. Número de lances de pesca registrados en la base de datos de IFOP que usaron palangre español y cachalotera entre los años 1989 y 2013.

En consecuencia, con esta información se desestimó medir el desempeño relativo entre la cachalotera y el palangre para "transformar" los rendimientos de cachalotera a rendimientos con espinel (Rubilar 2010), porque para estimar este factor se requiere usar la misma medida de esfuerzo en ambos aparejos y ya fue establecido que el número de anzuelos es inadecuado para este propósito.

De acuerdo con lo anterior y considerando que el año 2006 está pobremente representado en la base de datos AOBAC (331 lances, 163 lances con cachalotera. Luego de aplicar validaciones). Se usó la información de la **Figura 5**, para eliminar los lances con cachalotera del año 2006 desde la base de datos IFOP y se utilizó esta última para estimar una serie de abundancia relativa para los años 1989 a 2006, usando sólo los registros de palangre. Se considera que cualquier error de identificación de operaciones con cachalotera en el año 2006 es menor, debido a: i) la mayoría de estos lances fueron elimiandos usando el procedimiento desrito; ii) cualquier imprecisión en este procedimiento tiene un impacto menor, porque la cachalotera fue usada en un número minoritario de operaciones en el año 2006 (**Figura 5**).



Según Candy (2004) el método estándar para modelar la captura y el esfuerzo para la pesquería de palangre en el área 48.3 de la CCAMLR, emplea dos factores además del año: la nacionalidad del barco y la profundidad. Esta impresión es reiterada por Clark y Agnew (2010), quienes entre los factores que influencian las tasas de captura del palangre citan el factor año, nacionalidad del barco, profundidad, mes y área de captura.

De acuerdo con lo anterior, se escogieron como predictores para el modelo los factores Año, Mes, caladero, Barco, Profundidad y la interacción de primer orden entre el año y el caladero. La profundidad fue codificada con los siguientes intervalos: 500 m – 1000 m, 1000 - 1500, > 1500 m Los factores fueron codificados tal que la suma de los coeficientes fuese igual a uno.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue medida en kg por anzuelo x hora y fue modelada usando una distribución Gamma con función de enlace log.

$$E(\log(CPUE_{ikdt}) = \mu_{iktd} = \alpha + \beta_1 \tilde{Ano}_{18k} + \beta_2 Caladero_{7i} + \beta_3 (\tilde{Ano} \times Caladero)_{126ik} + \beta_4 \Pr{ofundidad}_{3d}$$

La eliminación secuencial de los predictores no produjo una mejora en el modelo a juzgar por el criterio de informeción de Akaike (1973). Todos los predictores resultaron significativos (P< 0,05).

Tabla 2.Análisis de devianza de un modelo lineal generalizado Gamma de las tasas de captura de la pesca industrial de bacalao de profundidad con palangre. Bitácoras de pesca IFOP. Años 1989 a 2006.

	G.L	Devianza	G.L. Resid.	Dev. Res.	F F	Pr(>F)
NULL			13912	20269		
Año	17	4447.8	13895	15821	309.0204	2.20E-16
Mes	11	1391.5	13884	14430	149.4071	2.20E-16
Profundidad	2	61	13882	14369	36.0525	4.18E-17
Caladero	6	757.5	13876	13611	149.1113	2.20E-16
Barco	31	877.5	13845	12734	33.4347	2.20E-16
Año: Caladero	100	474.9	13745	12259	5.6087	2.20E-16

La serie estandarizada con sus intervalos de confianza se presenta en la **Figura 6** junto a la cpue nominal.



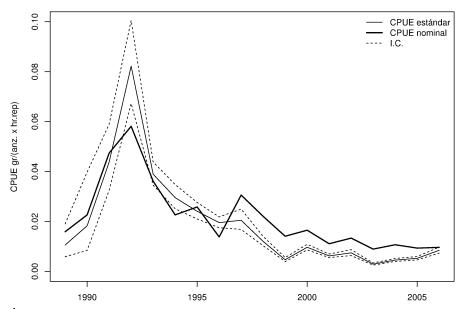


Figura 6. Índice de abundancia relativa estimado con los registros de captura y esfuerzo de palangre contenidos en la base de datos de bitácoras de IFOP, años 1989 a 2006.

A continuación se hicieron las siguientes verificaciones y diagnósticos al modelo (McCullagh and Nelder, 1989, Capítulo 12):

- a) Se graficaron los residuos estandarizados de devianza contra los valores ajustados para verificar la existencia de violaciones sistemáticas de los supuestos relacionados a la distribución del error (Figura 7). El patrón nulo esperado es una distribución de los residuos con media cero y varianza constante.
- Se graficaron los valores absolutos de los residuos contra los valores ajustados para revisar el supuesto de función varianza (Figura 7). El patrón nulo esperado es la ausencia de tendencia en los valores absolutos de los residuos.
- c) La variable dependiente se graficó contra el predictor lineal para revisar la función de enlace (**Figura 7**). El patrón nulo esperado es una línea recta.

Los valores ajustados en a) y b) fueron transformados a una escala de información constante antes de ser graficados, de manera tal que los gráficos nulos o esperados correspondiesen a una línea recta. Para errores Gamma esta transformación es 2 log(µ).



De acuerdo con la **Figura 7**, el modelo Gamma de las tasas de captura de palangre industrial es consistente con los patrones esperados para la distribución del error, función varianza y fución de enlace.

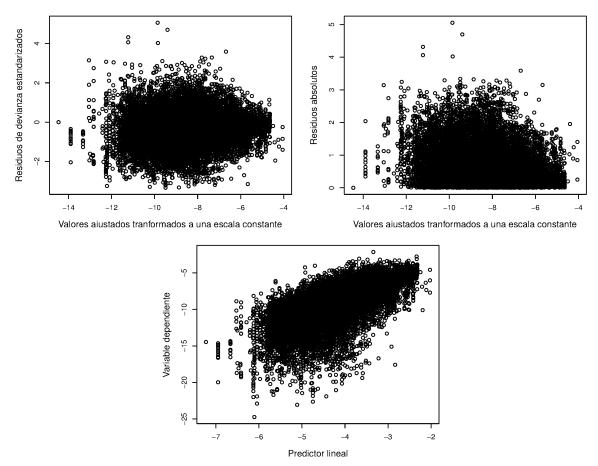


Figura 7. Revisión del modelo glm. Panel superior izquierdo: verificación del supuesto del modelo del error; Panel superior derecho: revisión del supuesto de la función varianza; Panel inferior: verificación de la función de enlace.

Base de datos AOBAC

La base de datos AOBAC, contine información a la escala del lance de pesca y se extiende entre los años 2006 y 2013. Estos registros fueron tomados directamente por observadores científicos del Centro de Estudios Pesqueros (CEPES S.A.) o provistos por los capitanes de los barcos de pesca.



Como se señaló en la sección anterior, 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, el año 2006 fue excluido de este análisis y considerado en el análisis de las bitácoras IFOP.

En la validación de los datos y su asignación a los respectivos caladeros, se siguió el mismo procedimiento descrito en la sección precedente. La reducción de los datos disponibles para el análisis, luego de esta etapa de validación básica fue de 2,4% (**Figura 8**).

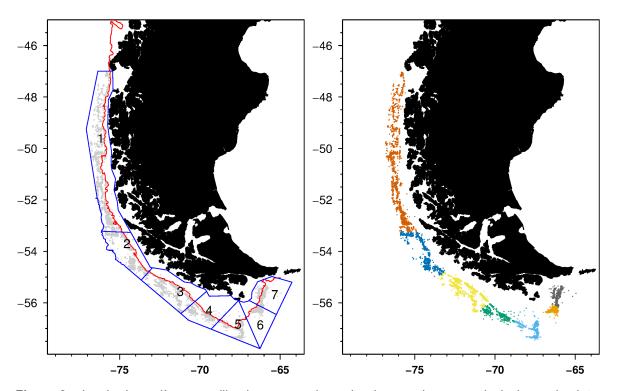


Figura 8. Izquierda: polígonos utilizados para asignar los lances de pesca de la base de datos AOBAC a sus respectivos caladeros (línea roja: isóbata de 500 m). Derecha: localizaciones validadas de los lances de pesca, coloreadas para identificar cada caladero.

La acción de uno de los anzuelos de una cachalotera no es independiente de los demás anzuelos en el mismo barandillo, lo que hace al número de anzuelos una medida inapropiada del esfuerzo para este método de pesca (Rubilar et al., 2013).



Un problema encontrado en la base de datos AOBAC, fue que el campo "N_CACHAL", donde se registra el número de cachaloteras caladas en cada lance de pesca, sólo estaba completo en un 53% de las veces (de un total de 11.730 registros del uso de la cachalotera). Ante esta situación, se dicidió dividir el campo LONG_LINEA (longitud de la línea principal, completa en un 69,4% de las veces) por el contenido del campo DIST_CACHAL (distancia entre cachaloteras, completa el 90,44% de las veces) para estimar el número de cachaloteras. En aquellos casos en que el campo N_CACHAL estaba completo, el valor coincidía exactamente con el calculado mediante la división de los campos LONG_LINEA y DIST_CACHAL. Esto fue subsecuentemente corroborado, consultando con don Ignacio Carvallo capitán de pesca de AOBAC. A pesar de que esta situación no impidió analizar las tasas de captura obtenidas con cachalotera en los años 2007 a 2013, sí redujo significativamente el número de registros disponibles para este propósito (-36%).

Usando dos criterios para la selección de los barcos (CRT.1: todos los barcos; CRT.2: 2 años de operación, 59 lances por año y una captura mediana mínima por lance de 367 kilos), se obtienen conjuntos de 12 y 7 y barcos respectivamente. La cobertura por año de estos conjuntos de barcos se esquematiza en la **Figura 9**.

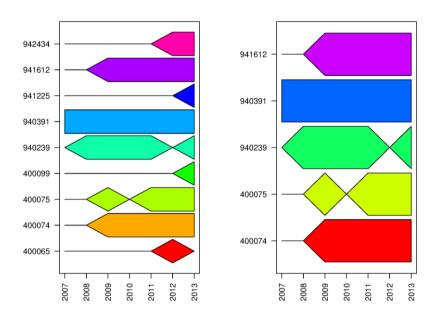


Figura 9. Gráfico de volantín para mostrar la cobertura temporal de cada barco (identificado por un código). Izquierda: 12 barcos; Derecha: 7 barcos. Los colores no son consistentes entre las figuras.

La selección de un sub-conjunto de barcos logra una menor variablidad entre años con un bajo impacto en la tasa de captura media anual (**Figura 10**).



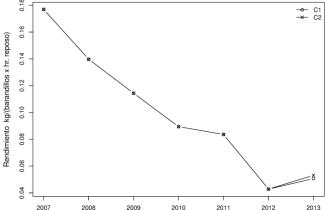


Figura 10. Rendimiento medio anual calculado usando dos criterios diferentes de selección de barcos. C1=12 barcos; C2= 5 barcos.

 Efectos de la depredación por ballenas de esperma y orcas en las tasas de captura de la pesquería industrial de bacalao de profundidad

Con la expansión del esfuerzo de las pesquerías de palangre, incluidas las pesquerías demersales desarrolladas con este método de pesca, las interacciónes entre la pesca y los cetáceos se han incrementado (Roche *et al.* 2007). Las ballenas de esperma (*Physeter macrocrphalus*) y orcas (*Orcinus orca*) son las dos especies principales que se han reportado interactuando con las pesquerías de bacalao de profundidad (Purves *et al.* 2004, Hucke-Gaete *et al.*, 2004). Dado que estas especies remueven peces capturados desde el aparejo de pesca, la depredación por cetáceos necesariamente conduce a una reducción de la CPUE y por lo tanto, puede ser inferida desde la reducción relativa en CPUE en lances con presencia de cetáceos respecto de lances sin la presencia de cetáceos (Clark y Agnew 2010).

En principio, la base de datos AOBAC debería permitir hacer este tipo de inferencia, porque contiene varios campos que entregan información acerca de la interacción de mamíferos marinos con la pesca industrial de bacalao de profundidad.

Estos campos son identificados en la base de datos como: INT_MAMIFEROS_VIRADO, CAPT_MORDIDA, N_ORCAS, N_CACHALOTES, N_OTROS y ENREDO_ARTE. Los dos primeros campos corresponden a variables booleanas que indican la presencia y ausencia de interacción durante el virado o peces capturados con mordeduras, los campos que comienzan con "N_"



corresponden a conteos (se presume durante la operación de virado) de orcas, cachalotes y otras especies de mamíferos y enredo, corresponde también a un indicador de interacción con mamíferos¹

Se observó que en un número de registros, el campo INT_MAMIFEROS_VIRADO era cero (indicando ausencia de interacción), en circunstancia de que los demás campos indicaban presencia de orcas o cachalotes, etc... En otros tantos registros, los campos N_ORCAS, N_CACHALOTES y N_OTROS venían sin información, pero el campo INT_MAMIFEROS.VIRADO contenia un cero.

Denbido a esto, se creo un nuevo campo para indicar interacción, usando el siguiente conjunto de criterios:

Al nuevo campo interacción, le fue asignado un 1, cuando:

El campo INT MAMIFEROS VIRADO contenia 1. O

El campo CAPT MORDIDA contenia un 1. O

El campo N_ORCAS contenia un 1. O

El campo N_CACHALOTES contenia un 1. O

El campo N_OTROS contenia un 1.

A los campos N_ORCAS, N_CACHALOTES y N_OTROS, se les asignó un cero cuando venían sin contenido, en circunstancias de que el campo INT_MAMIFEROS_VIRADO contenía un cero.

El nuevo campo que indica la interacción de mamíferos con la pesca durante el virado fue el usado en análisis.

Se emplearon modelos lineales generalizados (glm), para estudiar el efecto de la interacción con mamíferos en las tasas de captura de bacalao de profundidad. Los factores que se consideraron en el predictor lineal del modelo fueron: el Año (de virado), Mes (de virado), Barco, Interacción (creado a partir de la información contenida en la base de datos, según se indicó en el párrafo anterior), Caladero y Profundidad.

La variable respuesta captura por unidad de esfuerzo (CPUE), fue medida en kg/(barandillo x hora) y se probaron dos modelos, uno asumiendo una distribución Gaussina del log(CPUE) con una función de enlace identidad y otro, asumiendo una distribución Gamma de la CPUE con función de enlace log. El siguiente predctor lineal fue el mismo en ambos modelos:

$$\eta = \alpha + \beta_1 \tilde{Ano}_{7p} + \beta_2 Mes_{12j} + \beta_3 Barco_{5k} + \beta_4 Interacci\'on_{2q} + \beta 5 Caladero_{7z} + \beta_6 \Pr{of undidad}_{3d}$$

El modelo Gamma fue seleccionado por sobre el Gaussiano, usando el criterio de información de Akaike (1973) (Modelo Gaussiano= 8466.8; Modelo Gamma= -10724.2).

¹ El capitán de pesca don Igancio Carvallo aclaró que el enredo del aparejo completo que puede en ocasiones incluir el "acorbatamiento" es un evento raro y que no se registra en la bitácora de pesca. En este caso, corresponde al enredo de una cachalotera en el barandillo, lo que es un indicador de la intracción de mamíferos con el aparejo.



El análisis de devianza del modelo seleccionado, indicó que el factor Profundidad no era significativo y fue eliminado, luego de que una eliminación secuencial de predictores indicó que su exclusión mejoraba el modelo.

El análisis de devianza del modelo Gamma, sin el factor profundidad se indica en la Tabla 3

Tabla 3.Análisis de devianza de un modelo lineal generalizado Gamma de las tasas de captura de la pesca industrial de bacalao de profundidad con cahalotera e incluyendo la interacción con mamíferos. Bitácoras de pesca AOBAC. Años 2007 a 2013.

	G.L	Devianza	G.L. Resid.	Dev. Res.	F P	r(>F)
NULL			3039	2882.6		
Año	6	507.67	3033	2374.9	111.8539	< 2.2e-16
Mes	11	70.66	3022	2304.3	8.4917	6.38E-15
Barco	4	219.03	3018	2085.2	72.3865	< 2.2e-16
Int. Mamiferos	1	20	3017	2065.2	26.44	2.89E-07
Caladero	6	97.85	3011	1967.4	21.5588	< 2.2e-16

El coeficiente de la interacción con mamíferos fue significativo. La interacción considerada no distingue entre cachalotes, orcas y otros mamíferos, aunque la depredación por cachalotes y orcas, claramente es el componente dominante.

Siguiendo a Peterson *et al.* (2013), la captura por unidad de esfuerzo media anual que hubiese sido obtenida en la ausencia de depredación, fue estimada fijando el factor de Interacción con mamíferos en "0" y calculando la CPUE anual predicha bajo este escenario sin predación.

Las diferencias entre la CPUE observada y predicha (en condiciones de ausencia de predación) por año, fueron resumidas gráficamente para ilustrar el efecto en las tasas de captura anuales a través de todos los lances (depredados y no depredados; **Figura 11**).



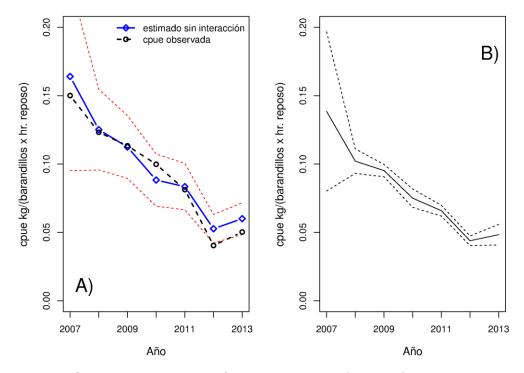


Figura 11. A) CPUE de bacalao de profundidad observada (en negro) y predichas por el modelo en ausencia de interacción con los mamíferos (línea azul) con bandas de confianza de 95% (líneas segmentadas); **B)** CPUE estimada con un modelo glmm.

Peterson *et al.* (2013) modelaron la captura en número por unidad de muestreo como variable respuesta y en su caso los valores "observados" de la respuesta corresponden a estimaciones de captura mediante una evalauión directa de la abundancia. En este caso los valores "observados" corresponden a la cpue nominal. De acuerdo con los resultados representados en la **Figura 11**, la interacción con mamíferos no ha sido significativa en términos promedio (los valores observados se encuentran dentro de la banda de confianza de los valores sin depredación), sin embargo esta situación tiende a cambiar hacia los años 2012 y 2013, donde el procentaje de reducción de la cpue debido a la predación es de 30% y 20%, respectivamente. La reducción media de la CPUE debido a la depredación en todo el período fue estimada en 7,3%.

Se realizó una revisión informal del modelo glm que incluyó la depredación por mamíferos, verificando los supestos de distribución de los residuos, función varianza y función de enlace (McCullagh and Nelder, 1989):



Para esto se graficaron los residuos estandarizados de devianza contra los valores ajustados, los valores absolutos de los residuos contra los valores ajustados y el predictor lineal, para revisar la función de enlace, respectivamente.

El patrón esperado en el primer caso es una distribución de los residuos con media cero y varianza constante, en el segundo la ausencia de tendencia en los valores absolutos de los residuos y en el tercero, es una línea recta (**Figura 12**)

Para el propósito de estas revisiones a los valores ajustados se les realizó la transformación 2 $log(\mu)$.

De acuerdo con las gráficas de la Figura 12, el modelo parece cumplir con los supuestos señalados.

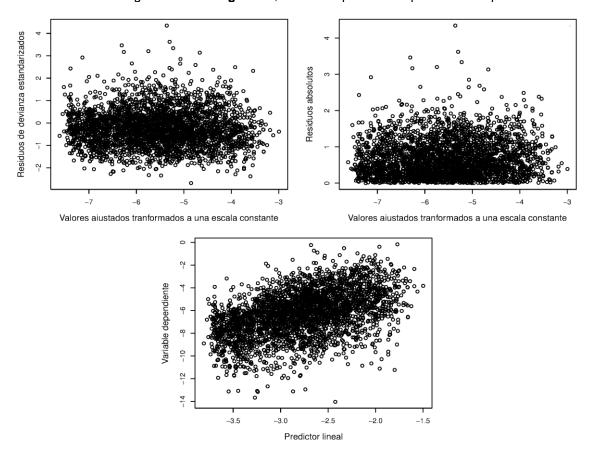


Figura 12. Revisión del modelo glm que incluye depredación por mamíferos. Panel superior izquierdo: verificación del supuesto del modelo del error; Panel superior derecho: revisión del supuesto de la función varianza; Panel inferior: verificación de la función de enlace.



Se realizó también una estimación del índice de abundancia sin incluir la interacción con mamíferos y extendiendo el modelo glm Gamma a un modelo lineal generalizado mixto, estableciendo el factor barco como efecto aleatorio. De esta manera, los efectos fijos fueron:

$$\tilde{Ano}_{ij} + Mes_{ij} + Caladero_{ij} + Pr ofundidad_{ij}$$

Donde *i* refiere al Barco y *j* a la observación al interior del Barco.

El índice estimado con este modelo se incluye en la Figura 11.



Análisis de estandarización del esfuerzo de la pesquería de bacalo de profundidad Argentina al sur de la latitud 54°S.

Renzo Tascheri.

Para el bacalao de profundidad explotado en Argentina al sur de la latitud 54°S., se cuenta también con dos fuentes de datos de captura y esfuerzo de las operaciones de pesca: la información de captura en kilogramos por operación de pesca de la estadística oficial, derivada de los partes de pesca registrados por la Secretaría de Agricultura, Pesca y Acuicultura y la base de bitácoras de pesca recopiladas por los observadores científicos que inciaron actividades de recopilación de datos en esta pesquería a partir del año 2003 (Martínez et al. 2011).

Información por operación de pesca de la estadística oficial

Estos datos tienen la ventaja de cubrir los inicios de la pesquería hasta el presente y consisten de la captura en kilógramos y número de operaciones de pesca por cuadro estadístico, de tal modo que solamente es posible contar con el número de viajes de pesca como medida del esfuerzo.

Estos registros contienen las operaciones de 37 barcos, cuyo número se reduce notablemente en el año 1997 y luego del año 2002 (**Figura 13**).



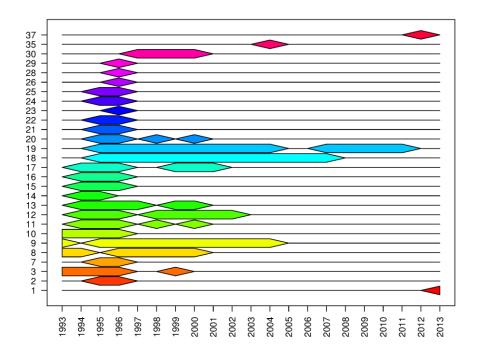


Figura 13. Número y cobertural anual de los barcos de la pesquería de palangre Argentina que operaron entre los años 1993 y 2013 al sur de la latitud 54°S.

Para estandarizar estos datos se uso un modelo lineal generalizado Gaussiano mixto donde la variable respuesta correspondió a la captura en toneladas por viaje/operación de pesca.

El modelo incluyó como efectos fijos el Año y Área (cuadro estadístico) y la interacción Año:Area y el Barco como efectos aleatorios.

Los estimados de los componentes de varianza se entregan en la Tabla 4.

Tabla 4Componentes de varianza del modelo de estandarización de las tasas de captura de pesquería de palangre Argentina

Grupos	Desv.Est.
Año:Área	0.33151
Barco	0.70129
Residual	1.02664



Tabla 5

Análisis de varianza de los efectos fijos del modelo de estandarización de las tasas de captura de la pesca de palangre Argentina.

	G.L.	Suma cuad.	Cuad. Medio	F
Año	20	806.13	40.307	38.2418
Área	135	996.37	7.381	7.0025

La pesquería de palangre Argentina nació como una pesquería dirigida a la captura de bacalao de profundidad en 1990 y alcanzó un máximo histórico en su desembarque en el año 1995. El índice estandarizado usando los datos derivados de los partes de pesca, exhibe valores máximos hasta el año 1995 y luego su valor declina continuamente hasta el año 2005 (**Figura 13**). Entre los años 2006 y 2010, el índice mustra una fluctuación positiva que se reduce nuevamente en los últimos tres años de la serie.

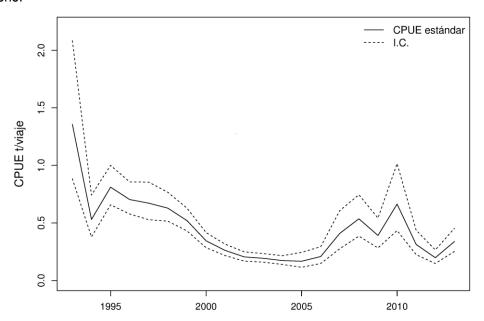


Figura 13 Serie estandarizada de las tasas de captura de la pesquería Argentina de palangre desarrollada al sur de la latitud 54°S. Años 1993 a 2013.



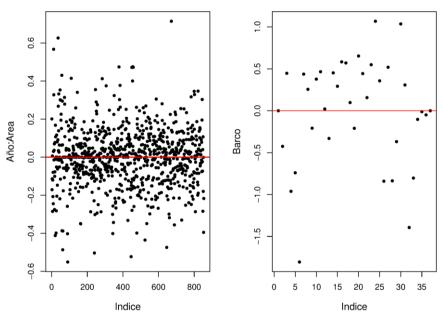


Figura 14. Mejor predicción lineal insesgada (BLUP) de los efectos aleatorios Año: Área y Barco. Modelo de estandarización de las tasas de captura de la pesquería Argentina de palangre.

Datos recopilados por observadores científicos

En el año 2003, en la pesquería Argentina se introdujeron diversas medidas de manejo incluida la obligatoriedad de embarcar observadores científicos del INIDEP. La acción de los observadores ha permitido contar con información más completa de las operaciones de pesca.

Estos regisros que cubren los años 2003 al presente, contienen datos de los tiempos de reposo y número de anzuelos a escala del lance de pesca.

Estos datos fueron estandarizados usando un modelo glm Gaussiano de las tasas de captura, las que fueron transformadas mediante logaritmos para estabilizar la varianza. Las tasas de captura fueron expresadas en kilógramos de bacalao por número de anzuelos por hora de reposo. En el predictor líneal se incluyeron los factores Año, Mes, Área, Barco y la interacción Año: Área, de los cuales todos rsultaron significativos (P<0,05; **Tabla 6**).

$$\eta = \alpha_{piqk} + \beta_1 \tilde{A}no_{11p} + \beta_2 Mes_{12j} + \beta_3 \acute{A}rea_{19q} + \beta_4 Barco_{2k} + \beta_5 \tilde{A}no$$
: $\acute{A}rea_{209pq}$



Tabla 4.

Análisis de devianza de un modelo lineal generalizado Gaussiano de las tasas de captura de la pesca de palangre Argentina desarrollada al sur de la latitud 54°S entre los años 2003 a 2013. Datos: observadores científicos embarcados, INIDEP.

	G.L	Devianza	G.L. Resid.	Dev. Res.	F I	Pr(>F)
NULL			3039	2882.6		
Año	10	113.51	2600	4245	8.4504	1.17E-13
Mes	11	170.33	2589	4074.7	11.5272	< 2.2e-16
Area	18	404.15	2571	3670.6	16.7148	< 2.2e-16
Barco	1	90.63	2570	3579.9	67.4689	3.41E-16
Año:Area	96	256.66	2474	3323.3	1.9903	7.03E-08

La serie estandarizada presenta también el incremento relativo entre los años 2006 y 2010 observado en la serie estimada con los datos de partes de pesca (**Figuras 13 y 14**)

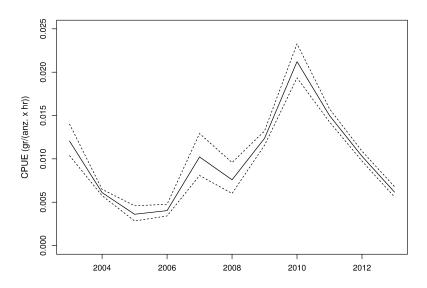


Figura14. Serie de abundancia relativa estimada con los datos de captura y esfuerzo de la pesquería de palangre Argentina desarrollada al sur de la latitud 54°S. Datos: observadores científicos de INIDEP.

Se observa un grado de discrepancia respecto del supuesto de normalidad de los datos de cpue de palangre de manera que también se ajustó un modelo asumiendo una distribución Gamma (AIC: modelo normal=8315.5; modelo Gamma= -13284.15). La serie estandarizada con el modelo Gamma no se presenta porque la tendencia del índice resultó ser esencialmente la misma (**Figura 15**).



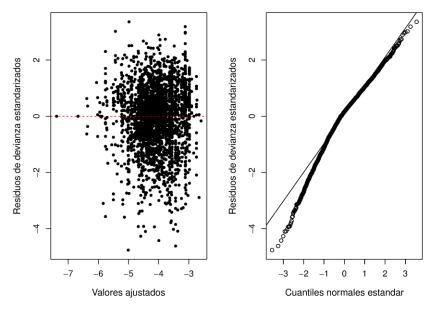


Figura 15. Residuales de devianza estandarizados contra los valores ajustados y cuantiles de los residuales respecto de los cuantiles normales estándar.



Análisis de estandarización del esfuerzo de la pesquería de bacalao de profundidad Chilena al norte de la latitud 47°S.

Renzo Tascheri, Liu Chong

Antecedentes

Los datos disponibles para desarrollar un índice de abundancia relativa de bacalao de profundidad que depende de la actividad pesquera desarrollada al norte de la latitud 47°S., se pueden dividir en dos conjuntos:1) la base de datos elaborada por el proyecto FIP 96-32 (Young *et al.* 1997) y que cubre los años 1986 a 1996; 2) y la base de datos que es regularmente empleada en el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal de aguas profundas (Gálvez *et al.* 2014) y que comprende los años 1998 a 2013.

A partir del año 1997 los datos recopilados por el IFOP son administrados usando el sistema Oracle. En el proceso de migración a este sistema, se crearon nuevos códigos de embarcación. Los datos recopilados por el proyecto FIP 96-32 no han sido migrados y consecuentemente, los códigos de embarcación de esta base son diferentes a los usados por el actual sistema de administración de datos.

La base de datos del proyecto FIP 96-32, provee la información de las características físicas de cada embarcación contenida en ella. El sistema de administración de datos actual del IFOP, no cuenta con una tabla maestra con las dimensiones de las embarcaciones, que facilite una rápida identificación de las características de cada nave registrada en los datos de los años 1998 a 2013.

Por las razones expuestas, se realizaron dos análisis separados de estandarización de las tasas de captura de esta flota, uno para los años 1986 a 1997 y otro para los años 1998 a 2013.

Base de datos FIP 96-32

Los datos elaborados por Young *et al.* (1997), constituyen una base de registros de viajes de pesca que fueron recopilados desde Capitanías de puerto, Alcaldías de mar y Gobernaciones marítimas de los puertos de Caldera, San Antonio, Constitución, Lebu y Valdivia y cubren los años 1986 a 1996.

De acuerdo con este estudio, los días fuera de puerto (dfp) son una medida más adecuada del esfuerzo de pesca para estos datos y conjunto de años, debido al incremento que experimentó la duración de los viajes de pesca en la primera mitad de los años 90s.



En el proyecto FIP 96-32 también se asignó a cada operación por viaje una cuadrícula de 20 x 20 millas náuticas, haciendo uso de la información de área de pesca y distancia de la costa declarada por el pescador al momento de la recalada (**Figura 16**).

Esta base de datos también contiene una asignación de los viajes a zonas de pesca que representan un área mayor, las que fueron identificadas mediante la confección de mapas y análizando la homegeneidad de los rendimientos de pesca en el espacio.

Los datos de este proyecto FIP, contribuyen también con una clasificación de las embarcaciones en categorías de potencia de motor.

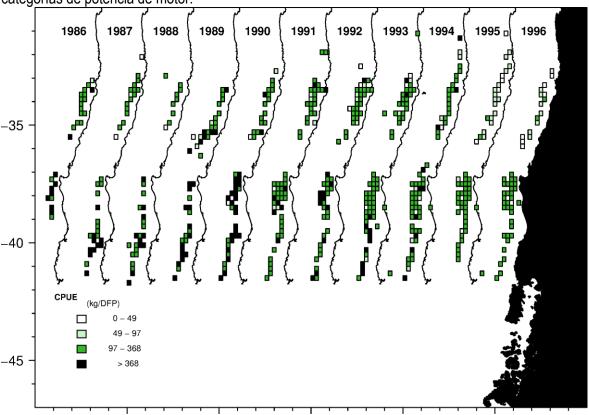


Figura 16. Rendimientos de pesca promedio por año (kg/días fuera de puerto) y cuadrícula de 20 x 20 millas náuticas, de acuerdo con la información recopilada por Young *et al.* (1997) y que cubre los años 1986 a 1996.

La potencia de motor normalmente no es una característica particularmente relevante en el análisis de las tasas de captura obtenidas mediante el uso del espinel, sin embargo es en este caso un buen indicador del tamaño de la embarcación. En la etapa de desarrollo de esta pesquería, la plataforma de trabajo se incrementaba en tamaño construyendo embarcaciones de mayor manga (una variable no diponible para todas las embarcaciones de la base de datos), debido a la restricción vigente en



esta pesquería a una eslora máxima de 18 m. La potencia de motor, es entonces interpretada aquí como un indicador confiable del tamaño de la embarcación (Young et al. 1997).

El año 1997 no está contenido en esta base de datos, sin embargo en el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal de aguas profundas, se cuenta con datos de ese año para los puertos de San Antonio, Lebu y Valdivia. El formato de los datos del año 1997 se corresponde con los datos de Young *et al.* (1997) y para efectos de este análisis, fueron anexados a estos últimos.

Siguiendo a estos autores, las tasas de captura fueron analizadas usando un modelo lineal generalizado (GLM), en donde la respuesta fue definida como la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) medida en kg/dfp y los predictores considerados fueron: Año, Mes, la categoría de potencia de motor (CatHP) y el Área.

Estas dos últimas, fueron definidas por Young *et al.* (1997) del modo siguente: Área 1: 17°30′-28°00′; Área 2: 32°00′-36°00′; Área 3: 36°00′- 40°00′; Área 4: 40°00′-42°00′.

CatHP 1: < 170 HP; CatHP 2: 170-250 HP; CatHP 3: ≥ 250 HP.

Para efectos de este análisis, se definió un Área 5: 42°00'-47°00'.

Los datos fueron restringidos a las capturas mayores a 0 t y se asumió una distribución normal para la respuesta, con una función de enlace identidad.

$$E(\log(CPUE_{ikdt}) = \mu_{iktd} = \alpha + \beta_1 \tilde{Ano}_{12k} + \beta_2 Mes_{12j} + \beta_3 CATHP_{5q} + \beta_4 Area_{5d}$$

De acuerdo con el criterio de información de Akaike (1973), la eliminación secuencial de los predictores no condujo a un mejor modelo. Todos los predictores resultaron significativos (P< 0,05; **Tablas 5** y **6**).

Tabla 5.

Grados de libertad, devianza residual y criterio de información de Akaike (AIC) de un modelo lineal generalizado Gausiano de las tasas de captura de bacalao de profundidad (kg/dias fuera de puerto) registradas al norte de la latitud 47° S. Años 1986 a 1997.

Predictores	G.L.	Devianza	AIC
Ninguno		12207	40478
Año	11	14128	42733
Mes	11	12414	40718
CatHP	7	12517	40855
Area	4	13677	42241



Tabla 6.Análisis de devianza de un modelo lineal generalizado Gausiano de las tasas de captura de la pesca artesanal de bacalao de profundidad. Datos FIP 96-32. Años 1986 a 1997.

Predictores	G.L	Devianza	G.L. Resid.	Dev. Res.	F	Pr(>F)
Nulo			15576	16126		_
Año	11	1638.42	15565	14488	189.651	2.20E-16
Mes	11	181.8	15554	14306	21.044	2.20E-16
CatHP	7	629.13	15547	13677	114.437	2.20E-16
Area	4	1470.04	15543	12207	467.944	2.20E-16

La serie estandarizada, incluyendo los intervalos de confianza de 95%, se presenta en la **Figura 17** junto a la cpue nominal.

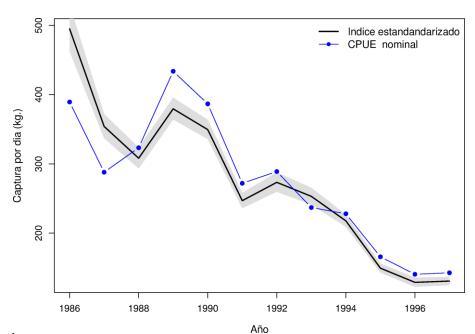


Figura 17. Índice de abundancia relativa de bacalao de profundidad (CPUE; kg/día), estimado con los registros de captura y esfuerzo de la pesquería artesanal recopilados por Young *et al.* (1997). Años 1986 a 1997. En la figura se incluyen también los intervalos de confianza de 95% y la CPUE nominal.

La distribución de los residuales estandarizados y el gráfico de los cuantiles de los residuales vs los cuantiles normales estándar, soportan el supuesto de normalidad (**Figura 18**).



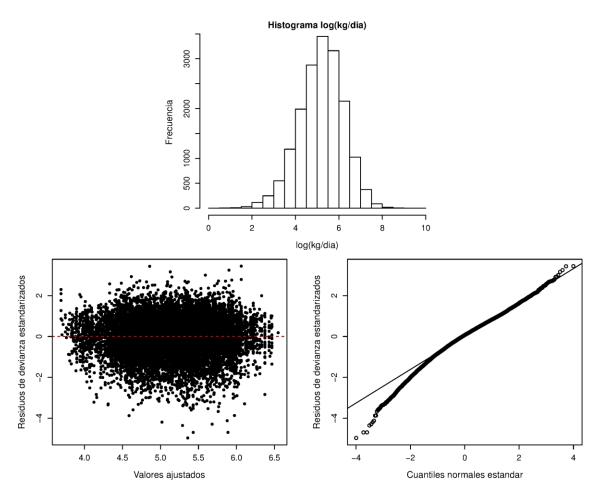


Figura 18. Histograma del logaritmo de las tasas de captura nominales, distribución de los residuales de devianza estandarizados vs los valores ajustados y gráfico de los cuantiles de los residuales de devianza estandarizados vs los cuantiles normales estándar de un modelo lineal generalizado de las tasas de captura de la pesquería de bacalao de profundidad desarrollada al norte de la latitud 47°S entre los años 1986 y 1997 (Datos obtenidos de Young *et al.* 1997).



Datos usados en el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal de aguas profundas

La base de datos que es utilizada en el reporte regular de la actividad monitoreada en esta pesquería por el proyecto de seguimiento de la pesquería demersal de aguas profundas (Gálvez et al. 2014), cubre los años 1998 a 2013 y contiene información a la escala del viaje de pesca, con información georreferenciada para un número limitado de viajes (sólo a partir del año 2013, se ha podido gestionar con éxito el embarque de observadores científicos en la flota artesanal que captura bacalao de profundidad).

En estos datos se aplicaron criterios de validación previos al análisis estadístico. La duración del viaje de pesca fue acotada entre 5 y 30 dfp y la captura por viaje entre 200 y 7.000 kg.

La base de datos para el análisis mediante un modelo lineal generalizado fue compuesta buscando apoximar o hacer equivalentes los campos con los factores usados en el modelo ajustado con los datos de Young *et al.* (1997). De esta manera, la variable respuesta correspondió a kg/dfp y se consideraron los factores Año, Mes y Área. En ausencia de las características físicas de cada embarcación (que habrían permitido agruparlas en categoría de potencia de motor), en este modelo se incluyeron los barcos individualmente, usando como factor el código de la embarcación.

$$E(\log(CPUE_{jkdt}) = \mu_{jktd} = \alpha + \beta_1 \tilde{Ano}_{16k} + \beta_2 Mes_{12j} + \beta_3 Barco_{353q} + \beta_4 Area_{5d}$$

Las áreas definidas por Young et al. (1997) fueron asignadas usando la latitud, en aquellos registros para los cuales se contaba con esta información. El resto de los registros fue asignado a cada área simplemente utilizando la latitud del puerto de recalada. Este último procedimiento introduce un grado de error en la asignación de la zona de pesca, el que se consideró poco significativo si se toma en cuenta las dimensiones relativamente grandes de las áreas definidas por Young et al. (1997). Esta asignación puede ser mejorada procesando esta base de datos en el mismo modo en que lo hicieron en el proyecto FIP 96-32. Este es un procedimiento lento y subjetivo, de manera que el incremento en precisión en la asignación de las áreas puede ser sólo marginal, sin embargo puede tener un impacto significativo en la calidad del modelo, a juzgar por la devianza explicada por este factor en el modelo ajustado a los datos de los años 1986 a 1997 (**Tabla 6**) y la baja devianza explicada por este factor con los datos del proyecto de seguimiento (**Tabla 8**).

Según el criterio de información de Akaike y la eliminación secuencial de predictores, no era posible obtener un mejor modelo eliminando alguno de los factores ya incluidos en el modelo, los que resultaron todos significativos (P< 0,05), aún cuando el factor Area fue en este caso apenas significativo (**Tablas 7** y **8**).



Tabla 7.

Grados de libertad, devianza residual y criterio de información de Akaike (AIC) de un modelo lineal generalizado Gausiano de las tasas de captura de bacalao de profundidad (kg/dias) registradas al norte de la latitud 47° S. Años 1998 a 2013.

Predictores	G.L.	Devianza	AIC
Ninguno		588.96	4120.3
Año	1	5 606.01	4153.6
Mes	1	1 607.88	4168.4
Barco	35	2 914.23	4390.7
Area		4 592.45	4125.4

Tabla 8.Análisis de devianza de un modelo lineal generalizado Gausiano de las tasas de captura de la pesca artesanal de bacalao de profundidad. Datos Gálvez *et al.* (2014). Años1998 a 2013.

Predictores	G.L	Devianza	G.L. Resid.	Dev. Res.	F	Pr(>F)
Nulo			2215	1066.39		
Año	15	83.86	2200	982.52	17.4003	2.20E-016
Mes	11	32.73	2189	949.79	9.2609	2.37E-016
CatHP	352	357.34	1837	592.45	3.1594	2.20E-016
Area	4	3.49	1833	588.96	2.7154	0.02847

La serie estandarizada incluyendo los intervalos de confianza de 95% se presenta en la **Figura 19**. En ella se puede apreciar que los intervalos de confianza de esta serie son más amplios que aquellos obtenidos con los datos de Young *et al.* (1997), lo que refleja el trabajo de validación más detallado realizado en ese proyecto.

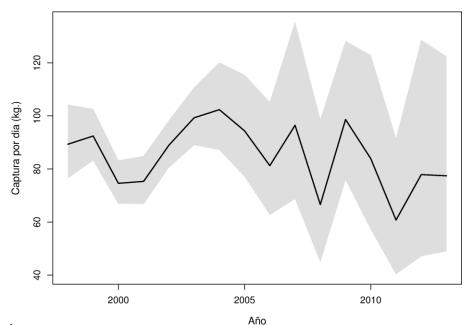


Figura 19. Índice de abundancia relativa de bacalao de profundidad (CPUE; kg/día), estimado con los registros de captura y esfuerzo de la pesquería artesanal recopilados por Gálvez *et al.* (2014). Años 1998 a 2013. En la figura se incluyen también los intervalos de confianza de 95%.

De acuerdo con la distribución de los residuales estandarizados vs los valores ajustados y el gráfico de los cuantiles de los residuales vs los cuantiles normales estándar, el supuesto de normalidad parece en este caso ser justificado (**Figura 20**).

En la **Figura 21** se presenta una serie de abundancia relativa para los años 1986 a 2013 que resulta de anexar las series que fueron estandarizadas usando los datos obtenidos de Young *et al.* (1997) y Gálvez *et al.* (2014), respectivamente.

Oyarzún *et al.* (2003) realizaron una estandarización de los datos captura (kg) y esfuerzo (dfp) posibles de obtener del sistema de bitácoras de pesca recopiladas por el Servicio Nacional de Pesca. Esta estandarización, cubrió sólo los años 2001 a 2002.



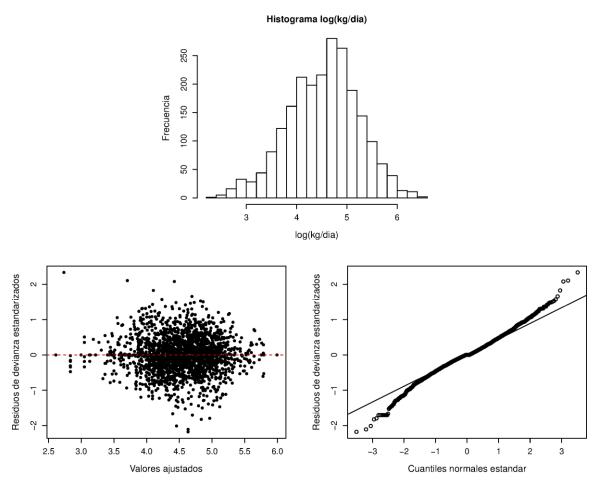


Figura 20. Histograma del logaritmo de las tasas de captura nominales, distribución de los residuales de devianza estandarizados vs los valores ajustados y gráfico de los cuantiles de los residuales de devianza estandarizados vs los cuantiles normales estándar. Modelo lineal generalizado de las tasas de captura de la pesquería de bacalao de profundidad desarrollada al norte de la latitud 47°S entre los años 1998 y 2013 (Datos obtenidos de Gálvez *et al.* 2014).

Las tasas de captura estándar obtenidas para estos años por Oyarzún *et al.* (2003), representaban un agotamiento del recurso respecto del año 1986 que resultó ser de la misma orden de magnitud que las obtenidas por Young *et al.* (1997) para el año 1996. Por esta razón, estos autores proponen que la abundancia relativa de bacalao se había mantenido estable entre los años 1996 y 2002.

En esta estandarización de las tasas de captura de bacalao de profundidad de la pesquería que opera al norte de la latitud 47°S., no se compararon los resultados obtenidos con los datos de los años 1998 a 2013 con aquellos reportados en Young *et al.* (1997), más bien los datos empleados por estos últimos fueron re-analizados empleando el mismo procedimiento aplicado para los años



1998 a 2013, lo que hace más comparables los resultados obtenidos con ambas series de datos, aún cuando estos no fueron analizados con el mismo modelo.

De acuerdo con los resultados que se obtienen de éste análisis, la reducción de la abundancia en los años 2001 y 2002, con relación a aquella presente en el año 1986, es de un 15% y 18%, respectivamente, en circunstancia que en el año 1996 esta reducción era del orden de 26% (**Figura 21**).

Sin embargo la abundancia relativa estimada para el año 1999, está contenida en los intervalos de confianza de 95% estimados para todos los años que le siguen incluyendo el año 2013. De este modo, los resultados aquí obtenidos concuerdan con la interpretación hecha por Oyarzún *et al.* (2003), en el sentido que la abundancia relativa de bacalao de profundidad se ha mantenido baja entre el año 1996 y el presente y también estable, pero en este caso entre los años 1999 y 2013 (**Figura 21**).

La reducción de la abundancia en el año 2013, respecto de aquella presente en el año 1986, fue estimada en 16%, en tanto que la reducción media para los años entre 1999 y 2013 (ambos años incluidos), fue estimada en 17% (**Figura 21**).

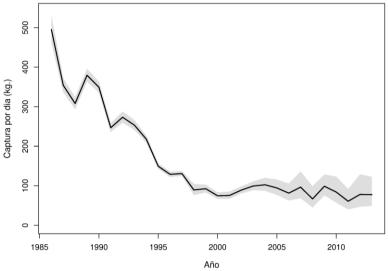


Figura 21. Índice de abundancia relativa de bacalao de profundidad (CPUE; kg/día) compuesto anexando dos series que fueron estandarizadas con los datos de los años 1986 a 1997 y 1998 a 2013 obtenidos de Young *et al.* (1997) y Gálvez *et al.*(2014), respectivamente y usando modelos lineales generalizados. Se incluyen también en la figura los intervalos de confianza de 95%.



2. Referencias bibliográficas

- Akaike, H., 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov, B., Csaki, F. (Eds.), Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapest, pp. 267–281.
- Candy, S. 2004. Modelling catch and effort data using generalised linear models, the Tweedie distribution, and random vessel effects: Longline fishery for Dissostichus eleginoides in CCAMLR Area 48.3. CCAMLR document WG-FSA SAM-03/12:36 p.
- Clark, J. M. and D. Agnew. 2010, Estimating the impact of depredation by killer whales and sperm whales on longline fishing for toothfish (*Dissostichus eleginoides*) around South Georgia. CCAMLR Science, Vol. 17: 163–178
- Hinton, M. and M. Maunder. 2003. Methods for standardizing cpue and how to select among them. Inter-American Tropical Tuna Commission USA. SCTB16 Working Paper. MWG-7. 11 p.
- 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.
- Garrod, D.J., 1964. Effective fishing effort and the catchability coefficient, q. Rapp. Proc. Verb. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 155,66–70.
- 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.
- Gulland, J.A., 1964. Catch per unit effort as a measure of abundance.Rapp. Proc. Verb. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 155, 8–14.
- Martínez, P., D. Hernández y O. Wöhler. 2011. Análisis de los indices 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.
- Maunder, M.N. and A.E. Punt. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res., 70: 141-159.



- McCullagh, P., Nelder, J.A., 1989. Generalized Linear Models, Second edition. Mono-graphs on Statistics and Applied Probability, vol. 37. Chapman and Hall, p. 511.
- National Research Council (NCR). 1998. Improving fish stock assessments. Report of the Committee on Fish Stock Assessment Methods. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Ortiz, M., Arocha, F., 2004. Alternative error distribution models forstandardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fish. Res. 70, 275–294.
- Oyarzún, C., S. Gacitúa M. Araya, L. Cubillos, R. Galleguillos, C. Pino, G. Aedo, M. Salamanca, M. Pedraza y J. Lamilla. 2003 b. Monitoreo de la pesquería artesanal de bacalao de profundidad entre la VIII y XI Regiones.Informe Final, Proyecto FIP 2001-16. 222 pp.
- Peterson, M. J., F. Mueter, D. Hanselman, C. Lunsford, C. Matkin and H. Fearnbach 2013. Killer whale (Orcinus orca) depredation effects on catch rates of six groundfish species: implications for commercial longline fisheries in Alaska .ICES J. Mar. Sci. 70 (6): 1220-1232.
- Punt, E. A., T. I. Walker, B. L. Taylor and F. Pribac. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. Fisheries Research. 45: 129-145.
- 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.
- Roche, C, C. Guinet, N. Gasco and G. Duhamel. 2007. Marine mammals and demersal lonline fishery interactions in Crozet and Kerguelen Exclusive Economic Zones: An assessment of depredation levels. CCAMLR Science. Vol 14: 67'82.
- Rubilar, P. 2010. Estandarización de la CPUE, año 2009. En: Zuleta, A. y Hopf. 2010. Gestión y asesoría 2009 a los operadores del bacalao. Centro de Estudio Pesqueros S.A. 24 p. + Anexos.
- 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 INVESTIGACION BACALAO 2009. Informe Primera Etapa. Centro de Estudios Pesqueros S.A. 47 p.
- Rubilar, P., A. Zuleta y C. Moreno. 2013. Monitoreo pesquería-dependiente de la abundancia del bacalao e interacción de los mamíferos con la pesca en el area licitada. Pesca de Investigación Bacalao 2012. Informe final. 59 p.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Wöhler, O.C., Martínez, P.A. y Marí, N. 2002. Estimación de índices de abundancia relativa de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Informe Interno INIDEP 13/02: 35pp.

ANEXO 8

Descripción matemática de los modelos de evaluación, de cálculo de puntos biológicos de referencia y códigos computacionales



Modelo y código para el cálculo de F_{45%}.

Tabla 1. Definición de términos.

Definición general	Símbolo	Comentario
f. Para tara ta ta	~	
Indice de edades	a	
Ültimo grupo de edad	A	To consider the second to the second second
Selectividad por edades	S_a	Ingresada al modelo usando los resultados de la última evaluación.
Tasa instantánea de mortalidad natural	M	0,15 constante en el tiempo y a través de las edades.
Tasa instantánea de mortalidad por pesca	F	
Peso medio a la edad a	W_a	Ingresado como dato al modelo.
Proporción maduros a la edad a	O_a	Modelo logístico ingresado como dato.
Tiempo del desove	${f \Delta}^r$	Fracción del año en que ocurre el desove, asumida como el primero de agosto, $\Delta^r = 0.58333$
Captura a la edad a	C_a	3 , ,
Rendimiento por recluta para una mortalidad por pesca específica.	$RPR_{_F}$	Se calcula usando la ecuación de Baranov (1918).
Biomasa desovante por recluta para una mortalidad por pesca específica.	$BDR_{_F}$	
Biomasa desovante por recluta virginal	$BDR_{F=0}$	
Reclutamiento virginal	R_{0}	Igual a la unidad.
Reclutamiento de equilibrio	$R_{_{e}}$	
Rendimiento de equilibrio	Y_e	



	Definición	Ecuación
1	Estructura de edades de la población en equilibrio	$N_a = R_0 \text{ si } a = 3$ $N_a = N_{a-1}e^{-(S_{a-1}F+M)} \text{ si } 3 < a \le 30$ $N_a = \frac{N_a}{1 - e^{S_aF+M}} \text{ si } a = A = 30 + 30$
2	Biomasa desovante por recluta a inicios de agosto	$BDR_F = \sum_{a}^{A} N_a e^{-(S_a F + \Delta^r M)} O_a W_a$
3	Captura a la edad t	$C_a = \frac{S_a F}{S_a F + M} (1 - e^{-(S_a F + M)}) N_a$
5	Rendimiento por recluta	$RPR_F = \sum_{a=3}^{A=30} C_a W_a$

Código para el cálculo de F_{45%}

nn <- optim(pars, fn=BRP, method="L-BFGS-B", lower=0);</pre>

Fspr04 <- nn\$par
Fref[i1] <- Fspr04}</pre>



```
BRP <- function(x){</pre>
 #Definicion de arreglos
 N=mat.or.vec(nr=1,nc=nedades)
#Rendimiento y biomasa desovante por recluta
   N[1,1]=1
   F=0*Sflo
     Z=F+M
     for (j in 2:nedades) {
       N[1,j]=N[1,j-1]*exp(-Z[j-1]);
     N[nedades] = N[nedades] / (1-exp(-Z[nedades]))
     YPR=sum((N*F*(1-exp(-Z))*Wm)/Z)
     SDPRo=sum(N*exp(-dt*Z)*Wm*Ms)
     F=x*Sflo
     Z=F+M
     for (j in 2:nedades) {
       N[1,j]=N[1,j-1]*exp(-Z[j-1]);
     N[nedades] = N[nedades] / (1-exp(-Z[nedades]))
     YPR=sum((N*F*(1-exp(-Z))*Wm)/Z)
     SDPR=sum(N*exp(-dt*Z)*Wm*Ms)
   ratio.2=SDPR/SDPRo;
 fun.obj <- (ratio.2-depl)^2;</pre>
 return(fun.obj)
}
```



Modelo de evaluación y código ADMB

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: y = {1989,, 2013}	У	·		
Índice de edades: a = { 3, 3,, 30+}	а			
Índice de pesquerías f={13}	f	1: industrial; 2: palangre ar; 3:arrastre ar		
Índice de abundancia	и	$u\!\in\!\!\left\{13\right\}$; donde 1= palangre ch; 2= cachalotara; 3=palangre ar		
Tasa de mortalidad por pesca flota f	$F_{y,a}^{f}$	Mortalidad que experimentan las edades completamente reclutadas		
Tasa mortalidad natural	M	0,15 constante a través de los años y edades		
Tasa mortalidad total	$Z_{y,a}$			
Parámetros de selectividad de la flota f={1,2,3}	$S_{_{full}}^{f_T}$	Edad de máxima selectividad <i>T</i> : Bloques temporales selectividad f1:1989-2007,2009-2013; f={2,3}:1989-2006; 2=2007-2013		
	$oldsymbol{\mathcal{V}}_L^{\ f_T}$	Varianzas de lado izquierdo		
	$v_R^{f_T}$	Varianzas de lado derecho		
Coeficiente de capturabilidad de la flota f={1,2}	q^{f_T}	<i>T</i> : Bloques temporales de la capturabilidad f1:1989-1997, 1998-2007; f={2,3}:1989-2006, 2007-2013		
	\mathcal{E}_a	Error de proceso de la abundancia en el primer año.		
Parámetros relación stock recluta	R_{0}	Reclutamiento medio anual.		
	α	Parámetro de función de Beverton y Holt		
	β	Parámetro de función de Beverton y Holt		
	h	Steepness. Fijo en 0, 5.		
	$oldsymbol{\eta}_{ ext{y}}$	Error de proceso del reclutamiento		



Tabla 2. Datos ingresados al modelo de evaluación.

Definiciones Generales	Símbolo	Descripción
Mortalidad natural	М	M=0.15, constante a través de los años y edades.
Proporción maduros a la edad <i>a</i>	Oa	Incremento logístico con la edad; Se asume constante a través de los años.
Peso medio de la edad a en la captura del año y	$W_{y,a}^{f_{123}}$	Peso medio de la clase de edad a en el año y de la pesquería de arrastre.
Fecha de desove.	Δ^s	Representa la fracción del año y en donde se ejecuta el crucero. Fijo en 0.5833.
Fecha mediana del año.	$\Lambda^{f_{123}}$	Fracción que representa el tiempo equivalente a medio año
Composiciones de edad observadas en la flota.	$p_{\mathit{y,a}}^{f_{123}}$	Contribución proporcional de la clase de edad <i>a</i> a la captura de la pesquería de industrial o palangre ar o arrastre ar en el año <i>y</i> .
Índices de abundancia observados.	$U_{u,y}$	u = 1, palangre ch (peso), € {1991,,2006} u = 2, cachalotera (peso), € {2007 ,, 2013} u = 3 palangre ar (peso), € {1993,,2013}.
Desembarques observados	$Y^{f_{123}}_{y}$	Desembarques en peso en el año y
Tamaño de muestra de las composiciones de edad de la captura.	$n^{f_{123}}$	Número efectivo de muestras de edad tomadas desde la pesquería (industrial ch, palangre ar, arrastre ar). Escala el supuesto multinomial de las proporciones a la edad.
CVs de los índices de abundancia	$\sigma_{\scriptscriptstyle y,u}$	u = {1 3} 1: Valores anuales estimados mediante <i>GLM</i> . $\sigma_{1,y}=0.2$; $\sigma_{2,y}=0.2$; $\sigma_{3,y}=0.2$
CVs de los desembarques	$\sigma_{_{_{y}}}^{_{Y_{123}}}$	0,05 en espacio aritmético.



Tabla 3. Ecuaciones de los modelos de evaluación de merluza común.

	Definiciones generales	Símbolo	Descripción
1)	Números iniciales a la edad	a=3,y=1	$N_{a,1} = R_o e^{-\varepsilon_a} \varepsilon_a \sim N(0,0.6^2);$
	Números iniciales a la edad	a=4-29	$N_{a,1} = N_{a-1,1} e^{-M_{a-1} - \varepsilon_a}$;
	Números iniciales a la edad	a=30+	$\frac{N_{a,1}=N_{a-1,1}e^{-M_{a-1}-\varepsilon_a};}{1-e^{-M_{a-1}}}$
2)	Números a la edad (Reclutamientos)	-	$R_o e^{-\eta_y} \eta_y \sim N(0.06^2)$
3)	Selectividad f={1,2,3}	a≤S _{full}	$S_a^{f_T} = e^{\frac{-(a - S_{full})^2}{v_L}}$
	Selectividad f={1,2,3}	a>S _{full}	$S_a^{f_T} = e^{rac{-(\mathrm{a} - S_{full})^2}{v_R}}$
4)	Tasa de mortalidad por pesca	$F_{y,a}$	$F_{y,a}^{f} = S_{y,a}^{f_T} F_y^{f}$ $F_{y,a}^{f} = F_y^{f_1} + F_y^{f_2} + F_y^{f_3}$
5)	Tasa de mortalidad total	$Z_{y,a}$	$Z_{y,a} = M_y + F_{y,a}$
6)	Números a la edad	3< a ≤ 30+; y= 2-25;	$N_{y-1,a-1}e^{-Z_{y-1,a-1}}$
7)	Números a la edad	a=30+;	$N_{y,a} + N_{y-1,a-1}e^{-Z_{y-1,a-1}}$
8)	Biomasa desovante	BD_y	$BD_{y} = \sum_{a} N_{y,a} e^{-\Delta^{s} Z_{y,a}} O_{a} \overline{W}_{y,a}$
9)	Captura en número Flota <i>f</i>		$N^{f_{123}}_{y,a} = \sum_{a} \frac{F_{y,a}^{f}}{Z_{y,a}^{f}} N_{a,y} (1 - e^{-Z_{y,a}^{f}})$
10)	Cpue estimada de palangre ch, cachalotera ch y palangre ar	$U_{\mathrm{f},y}$	$U_{f,y} = q_T^f \sum_{a} N_{y,a} e^{-\Delta^{f12} Z_{y,a}} S_a^{f_1} \overline{w}_{y,a}$
11)	Captura en número Flota <i>f</i>		$N^{f_{123}}_{y,a} = \sum_{a} \frac{F_{y,a}^{f}}{Z_{y,a}^{f}} N_{a,y} (1 - e^{-Z^{f}_{y,a}})$
12)	Biomasa de la captura de la flota <i>f</i> en el año <i>y</i> .	\hat{Y}_{y}^{f}	$\hat{Y}_{y}^{f_{123}} = \sum_{a} N_{y,a}^{f_{123}} \hat{W}_{y,a}^{f_{123}}$;



Tabla 4.Componentes de la función objetivo.

	Componentes de verosimilitud		Descripción/notas
13)	Índice de abundancia relativa de la flota palangre ch	$-\ln L_1 = \frac{1}{2\sigma^2} \ln \left(\frac{CPUE^{f_1}_{y}}{CPUE^{f_1}_{y}} \right)^2 + c_1$	$\sigma^2 = 0.2$
14)	Índice de abundancia relativa de la flota palangre ar	$-\ln L_2 = \frac{1}{2\sigma^2} \ln \left(\frac{CPUE^{f_2}_{y}}{CPUE^{f_2}_{y}} \right)^2 + c_2$	$\sigma^2 = 0.2$
15)	Desembarques	$-\ln L_{3-5} = \frac{1}{2\sigma^2} \ln \left(\frac{Y_y^{f_{123}}}{\hat{Y}_y^{f_{123}}} \right)^2 + c_{3-5}$	$\sigma^2 = 0.05$
16)	Composición de la captura de la flota f por edades	$-\ln L_{7-9} = n^{f_{123}} p_{y,a}^{f_{123}} \ln(\hat{p}_{y,a}^{f_{123}})$	$n^{f_{123}} = 50$
17)	Proporción de la edad a en la captura del año y	$p_{y,a}^{f_{123}} = rac{N^{f_{123}}_{y,a}}{\displaystyle\sum_{a} N^{f_{123}}_{y,a}};$	
18)	Función objetivo total a ser minimizada	$\dot{L} = \sum_{k} L_{k}^{u}$	



Código modelo de evaluación

```
TOP OF MAIN SECTION
  arrmblsize=20000000;
  gradient structure::set GRADSTACK BUFFER SIZE(2.e7);
  gradient structure::set CMPDIF BUFFER SIZE(2000000);
  gradient structure::set MAX NVAR OFFSET(6174);
  gradient structure::set NUM DEPENDENT VARIABLES(1000);
//----
______
// Archivo: bacalo 2014.tpl
// Fecha:9/24/2014
// Modelo: modelo estructurado en edades para bacalao de profundidad
sexos combinados y cuatro flotas (palngre indutrial chileno, arrastre
y palangre argentinos y palangre artesanal chileno) años 1978 a 2013.
Ecuacion de captura de Baranov, opcion relacion stock reclutas
Beverton y Holt o reclutamiento medio con desvios. Cuatro fuentes de
datos de composicion de edades de las capturas, cuatro indices de
cpue.
//Autor: Renzo Tascheri O. & Cristian Canales
GLOBALS SECTION
  #include <admodel.h>
  ofstream mcmc report("mcmc bac.csv");
DATA SECTION
 !! ad_comm::change_datafile_name("input data CBA 2015.dat");
  init number M
  init int nanos
  init int ini comps
  init int nedades
  init vector dt(1,2)
  init matrix indices(1, nanos, 1, 16)
  init matrix Cflo1(1, nanos, 1, nedades)
  init matrix Cflo2(1, nanos, 1, nedades)
  init matrix Cflo3(1, nanos, 1, nedades)
  init matrix Cflo4(1, nanos, 1, nedades)
  init vector Wm(1,nedades)
  init vector edades(1, nedades)
  init vector msex1(1,nedades)
  init int operror
```



```
init matrix merror(1, nedades, 1, nedades)
int reporte mcmc
!! ad comm::change datafile name("control CBA 2015.ctl");
 init vector lambda(1,14)
 init int phase sel flo1
 init_int phase sel flo2
 init int phase sel flo3
 init int phase sel flo4
 init number A5\overline{0} 1
 init number A50 2
 init number A50 3
 init number A50 4
 init number s1 1
 init_number s1_2
 init number s1 3
 init number s1 4
 number log A50 1
number log A50 2
 number log A50 3
number log A50 4
 number log s1 1
number log s1 2
number log s1 3
number log s1 4
!! \log A50 1 = \log(A50 1);
!! \log A50 2 = \log (A50 2);
!! \log A50 3 = \log(A50 3);
!! \log_A 50_4 = \log(A50_4);
!! \log s1 \ \overline{1} = \log(s1 \ 1);
!! \log s1 2 = \log(s1 2);
!! \log s1 3 = \log(s1 3);
!! \log s1 4 = \log(s1 4);
init int bloques S1
 init int bloques S2
 init int bloques S3
 init int bloques S4
 init vector yrs S1(1, bloques S1)
 init vector yrs S2(1,bloques S2)
 init_vector yrs_S3(1,bloques_S3)
 init vector yrs S4(1,bloques S4)
 init int opt sel 1
```



```
init int opt sel 2
  init int opt sel 3
  init int opt sel 4
  init int bloques qch
  init int bloques gar
  init int bloques gart
  init vector yrs qch(1,bloques qch)
  init vector yrs qar(1,bloques qar)
  init_vector yrs_qart(1,bloques_qart)
  init int phase F1
  init int phase F2
  init int phase F3
  init int phase F4
  init number sr
  init number h fix
  init int phase R
  init int phase devRt
  init int phase devNo
  init int phase qflo ch
  init int phase qflo ar
  init int phase qflo art
  init int moby
  init_int sim
  init int ncasos
  init vector nvl F(1,ncasos)
  init int nanossim
  init number pbr
  int nf;
INITIALIZATION SECTION
  log_Ag50_1 log_A50_1
  log Ag50 2 log A50 2
  log Ag50 3 log A50 3
  log Ag50 4 log A50 4
  log sigmal 1 log s1 1
  log sigma1 2 log s1 2
  log sigma1 3 log s1 3
  log_sigma1_4 log_s1_4
  log sigma2 1 9.4
```



```
log sigma2 2 9.4
  log sigma2 3 9.4
  log sigma2 4 9.4
PARAMETER SECTION
 init bounded vector log Ag50 1(1, bloques S1, 0.1, 5.3, phase sel flo1)
 init bounded vector log Ag50 2(1,bloques S2,0.1,5.3,phase sel flo2)
 init bounded vector log Ag50 3(1,bloques S3,0.1,5.7,phase sel flo3)
 init bounded vector log Ag50 4(1,bloques S4,0.1,5.7,phase sel flo4)
 init bounded vector log sigmal 1(1,bloques S1,-1,5,phase sel flo1)
 init bounded vector log sigmal 2(1,bloques S2,-1,5,phase sel flo1)
 init bounded vector log sigmal 3(1,bloques S3,-1,5,phase sel flo3)
 init bounded vector log sigmal 4(1,bloques S4,-1,7,phase sel flo4)
 init bounded vector log sigma2 1(1,bloques S1,0.1,9,opt sel 1)
 init bounded vector log sigma2 2(1,bloques S2,0.1,9,opt sel 2)
 init_bounded_vector log_sigma2_3(1,bloques_S3,0.1,9,opt_sel_3)
 init bounded vector log sigma2 4(1,bloques S4,0.1,9,opt sel 4)
 init bounded vector log Fcr1(1, nanos, -17, 1, phase F1);
 init bounded vector log Fcr2(1, nanos, -17, 1, phase F2);
 init bounded vector log Fcr3(1, nanos, -17, 1, phase F3);
 init bounded vector log Fcr4(1, nanos, -10, 1, phase F4);
 init bounded number log Ro(4,20,phase R)
 init bounded dev vector dev log Rt(1, nanos, -12, 12, phase devRt)
 init bounded dev vector dev log No(1, nedades, -3, 3, phase devNo)
 init vector log qflo ch(1, bloques qch, phase qflo ch)
 init vector log qflo ar(1,bloques qar,phase qflo ar)
 init vector log qflo art(1,bloques qart,phase qflo art)
matrix S1(1,bloques S1,1,nedades)
matrix S2(1,bloques S2,1,nedades)
matrix S3(1,bloques S3,1,nedades)
matrix S4(1,bloques S4,1,nedades)
matrix Sel 1(1, nanos, 1, nedades)
matrix Sel 2(1, nanos, 1, nedades)
matrix Sel 3(1, nanos, 1, nedades)
matrix Sel 4(1, nanos, 1, nedades)
matrix Sel T(1, nanos, 1, nedades)
```



```
matrix F(1, nanos, 1, nedades)
matrix F1(1, nanos, 1, nedades)
matrix F2(1, nanos, 1, nedades)
matrix F3(1, nanos, 1, nedades)
matrix F4(1, nanos, 1, nedades)
matrix Em(1, nanos, 1, nedades)
matrix Z(1, nanos, 1, nedades)
matrix S(1, nanos, 1, nedades)
matrix N(1, nanos, 1, nedades)
matrix NMD(1, nanos, 1, nedades)
matrix NM(1, nanos, 1, nedades)
matrix NVflo 1(1, nanos, 1, nedades)
matrix NVflo 2(1, nanos, 1, nedades)
matrix NVflo_3(1,nanos,1,nedades)
matrix NVflo 4(1, nanos, 1, nedades)
matrix NVflo T(1, nanos, 1, nedades)
matrix Cpred1(1, nanos, 1, nedades);
matrix Cpred2(1, nanos, 1, nedades);
matrix Cpred3(1, nanos, 1, nedades);
matrix Cpred4(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo obs1(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo pred1(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo obs2(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo pred2(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo obs3(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo pred3(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo obs4(1, nanos, 1, nedades);
matrix pflo pred4(1, nanos, 1, nedades);
vector yrs(1, nanos)
vector Y1(1,nanos)
vector Y2(1, nanos)
vector Y3(1, nanos)
vector Y4(1, nanos)
vector Y1 pred(1,nanos)
vector Y2 pred(1,nanos)
vector Y3 pred(1,nanos)
vector Y4 pred(1, nanos)
vector cpue 11(1, nanos)
vector cpue 12(1, nanos)
```



```
vector cpue 2(1, nanos)
vector cpue 3(1, nanos)
vector pred CPUE ch(1,nanos);
vector pred CPUE ar(1, nanos);
vector pred CPUE art(1, nanos);
vector CPUE res 11(1, moby);
vector CPUE res 12(moby+1, nanos);
vector CPUE res 2(1, nanos);
vector CPUE res 3(1, nanos);
vector ny 1(1,nedades)
vector No(1, nedades)
vector Rpred(1, nanos)
vector log Rec(1,nanos)
vector Unos edad(1,nedades)
vector Unos anos(1,nanos)
vector msex(1,nedades)
vector BMflo 1(1, nanos)
vector BMflo 2(1, nanos)
vector BMflo 3(1, nanos)
vector BMflo 4(1, nanos)
vector effn f1(1,nanos)
vector effn f2(1, nanos)
vector effn f3(1,nanos)
vector effn f4(1, nanos)
vector penalty (1,4)
vector like (1,20)
number alffa
number betta
number h
number sigmaR
number suma1
number suma2
number suma3
number suma4
number suma5
number suma6
number suma7
number suma8
number CPUE RMSE 11
number CPUE RMSE 12
number CPUE RMSE 2
number CPUE RMSE 3
```



```
number ny 2
 sdreport number SSBo
 sdreport vector BD(1, nanos)
 sdreport vector BT(1, nanos)
 sdreport vector BV(1, nanos)
 sdreport vector RPD(1, nanos)
 sdreport vector Yp2(1,ncasos)
 sdreport vector RPDfp1(1,ncasos)
 sdreport vector RPDfp2(1,ncasos)
 sdreport matrix RPDp2(1,ncasos,1,nanossim)
 vector F last 1(1, nedades)
 vector F last 2(1, nedades)
vector F_last_3(1,nedades)
 vector F last 4(1,nedades)
number Rp
 vector Np(1,nedades)
vector Zp(1, nedades)
vector Fp(1, nedades)
vector Sp(1,nedades)
 vector CTPp(1, nedades)
vector Reclutas(1, nanos)
matrix Bp(1, ncasos, 1, nanossim)
matrix Yp(1, ncasos, 1, nanossim)
 objective function value f
PRELIMINARY CALCS SECTION
 nf = 0;
 sigmaR=lambda(13);
 yrs=column(indices, 1);
 Y1=column(indices, 2);
 Y2=column(indices, 10);
 Y3=column(indices, 11);
 Y4=column (indices, 6);
 cpue 11=column(indices, 12);
 cpue 12=column(indices, 13);
 cpue 2=column(indices, 14);
 cpue 3=column(indices, 16);
 Unos edad=1;
 Unos anos=1;
 msex=msex1;
```



```
h=h fix;
RUNTIME SECTION
 maximum function evaluations 1000,2000,5000
 convergence criteria 1e-2,1e-5,1e-5
PROCEDURE SECTION
 nf++;
 Eval selectividad();
 Eval mortalidades();
 Eval_abundancia();
 Eval biomasas();
 Eval capturas();
Eval indices();
 Eval likelihood();
   if(sim > 0) Eval Fcte();
 if(mceval phase()) Eval mcmc();
FUNCTION Eval selectividad
 int i, j;
 // Palangre Chile
 for (j=1; j \le S1; j++) \{
 S1(j) = \exp(-0.5*square(edades-
\exp(\log Ag50 1(j)))/square(\exp(\log sigmal 1(j))));
    for (i=1;i<=nedades;i++) {</pre>
      if(edades(i)) = exp(log Ag50 1(j))){
      S1(j,i) = \exp(-0.5*square(edades(i) -
\exp(\log Ag50 1(j)))/square(\exp(\log sigma2 1(j))));
 } }
   for (i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (j=1;j<=bloques S1;j++) {</pre>
                      if (yrs(i)>=yrs S1(j)){
                 Sel 1(i) = S1(j);
       }
   }
```



```
// Palangre Argentina
 for (j=1; j \le bloques S2; j++) {
S2(j) = exp(-0.5*square(edades-
\exp(\log Ag50 \ 2(j)))/square(\exp(\log sigma1 \ 2(j))));
    for (i=1;i<=nedades;i++) {</pre>
      if(edades(i)) = exp(log Ag50 2(j))){
      S2(j,i) = exp(-0.5*square(edades(i) -
\exp(\log Ag50 \ 2(j)))/square(\exp(\log sigma2 \ 2(j))));
 } }
   for (i=1; i<=nanos; i++) {
      for (j=1;j\leq S2;j++) {
                      if (yrs(i) \ge yrs S2(j)){
                  Sel 2(i) = S2(j);
        }
   }
// Arrastre Argentina
 for (j=1; j \le bloques S3; j++) {
 S3(j) = exp(-0.5*square(edades-
\exp(\log Ag50 3(j)))/square(\exp(\log sigma1 3(j))));
    for (i=1;i<=nedades;i++) {</pre>
      if(edades(i) \ge exp(log_Ag50_3(j))){
      S3(j,i) = exp(-0.5*square(edades(i) -
\exp(\log Ag50 3(j)))/square(\exp(\log sigma2 3(j))));
 } }
   for (i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (j=1;j<=bloques_S3;j++) {</pre>
                      if (yrs(i) \ge yrs S3(j)){
                  Sel 3(i) = S3(i);
```



```
for (j=1;j<=bloques_S4;j++) {</pre>
//Palangre artesanal
 S4(j) = \exp(-0.5*square(edades-
\exp(\log_A g50_4(j)))/square(\exp(\log_s igma1_4(j))));
    for (i=1;i<=nedades;i++) {</pre>
      if(edades(i)>=exp(log_Ag50_4(j))){
      S4(j,i) = \exp(-0.5*square(edades(i) -
\exp(\log Ag50 \ 4(j)))/square(\exp(\log sigma2 \ 4(j))));
 } }
   for (i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (j=1;j\leq bloques S4;j++) {
                     if (yrs(i)>=yrs S4(j)){
                 Sel 4(i) = S4(j);
       }
FUNCTION Eval mortalidades
  F1 = elem prod(Sel 1, outer prod(exp(log Fcr1), Unos edad));
  F2 = elem_prod(Sel_2, outer_prod(exp(log_Fcr2), Unos_edad));
  F3 = elem_prod(Sel_3, outer_prod(exp(log_Fcr3), Unos_edad));
  F4 = elem prod(Sel 4, outer prod(exp(log Fcr4), Unos edad));
  F = F1+F2+F3+F4;
  Z=F+M;
  S=mfexp(-1.0*Z);
FUNCTION Eval abundancia
 int i, j;
 No(1) = \exp(\log Ro + 0.5 * square(sigmaR));
```



```
for (int j=2;j<=nedades;j++)</pre>
     No(j) = No(j-1) * exp(-1.*M);
     No (nedades) = No (nedades) / (1-\exp(-1.*M));
  SSBo=sum(elem prod(No*exp(-dt(1)*M),elem prod(msex,Wm)));
  alffa=4*h*exp(log Ro+0.5*square(sigmaR))/(5*h-1);
  betta=(1-h)*SSBo/(5*h-1);
  N(1) = elem prod(No, exp(dev log No));
  BD(1) = sum(elem prod(elem prod(N(1), exp(-
dt(1)*Z(1)), elem prod(msex, Wm)));
  Rpred(1) = exp(log Ro+0.5*square(sigmaR));
  RPD=BD/SSBo;
 if(sr>0){
 for (i=2;i<=nanos;i++)</pre>
     Rpred(i) = exp(log Ro+0.5*square(sigmaR));
     if(i>min(edades)){
     Rpred(i) = (alffa*BD(i-min(edades)) / (betta+BD(i-min(edades))));}
     N(i,1) = Rpred(i);
     if(i>=(ini comps)){
     N(i,1) = Rpred(i) * mfexp(dev log Rt(i));
     N(i) (2, nedades) = ++elem prod(N(i-1) (1, nedades-1), S(i-1) (1, nedades-
1));
     N(i, nedades) +=N(i, nedades) *S(i, nedades);
     BD(i) = sum(elem prod(elem prod(N(i), exp(-
dt(1)*Z(i))), elem prod(msex, Wm)));
 } }
 if(sr<0){
 log Rec=log Ro + 0.5*square(sigmaR);
 for (i=2;i<=nanos;i++)</pre>
     Rpred(i) = mfexp(log Rec(i));
     N(i,1) = mfexp(log Rec(i));
      if(i>=(ini comps)){
     N(i,1) = mfexp(log Rec(i) + dev log Rt(i-1));
     N(i) (2, nedades) = ++elem prod(N(i-1) (1, nedades-1), S(i-1) (1, nedades-
1));
     N(i, nedades) +=N(i, nedades) *S(i, nedades);
```



```
BD(i) = sum(elem prod(elem prod(N(i), exp(-
dt(1)*Z(i)), elem prod(msex, Wm)));
 } }
FUNCTION Eval biomasas
 NMD=elem prod(N, mfexp(-dt(1)*Z));
 NMD=elem prod(NMD, outer prod(Unos anos, msex));
 NM=elem prod(N, mfexp(-dt(2)*\mathbb{Z}));
 NVflo 1=elem prod(NM, Sel 1);
 NVflo 2=elem prod(NM, Sel 2);
 NVflo 3=elem prod(NM, Sel 3);
 NVflo 4=elem prod(NM, Sel 4);
 for (int i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
  Sel T(i) = F(i) / max(F(i));
 NVflo T=elem prod(NM,Sel T);
 BD=rowsum(elem prod(NMD,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BMflo 1=rowsum(elem prod(NVflo 1,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BMflo 2=rowsum(elem prod(NVflo 2,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BMflo 3=rowsum(elem prod(NVflo 3,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BMflo 4=rowsum(elem prod(NVflo 4,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BT=rowsum(elem prod(N,outer prod(Unos anos,Wm)));
 BV=rowsum(elem prod(NVflo T, outer prod(Unos anos, Wm)));
FUNCTION Eval capturas
  Cpred1=elem prod(elem div(F1, Z),
elem prod((outer prod(Unos anos, Unos edad) -S), N));
  Cpred4=elem prod(elem div(F4,Z),
elem prod((outer prod(Unos anos, Unos edad)-S), N));
  if(operror==1){
   for (int i=1;i<=nanos;i++)</pre>
   if(yrs(i) \le 2006){
     Cpred1(i) = Cpred1(i) *trans(merror+1e-10);
     Cpred4(i) = Cpred4(i) *trans(merror+1e-10);
   } }
   }
```



```
CPUE res 11=(cpue 11(1,moby)-pred CPUE ch(1,moby))/lambda(5);
 CPUE res 12=(cpue 12 (moby+1, nanos) -
pred CPUE ch (moby+1, nanos)) / lambda (6);
 CPUE res 2=(cpue 2-pred CPUE ar)/lambda(7);
CPUE res 3=(cpue 3-pred CPUE art)/lambda(8);
CPUE RMSE 11=sqrt(norm2(cpue 11(1,moby)-pred CPUE ch(1,moby))/nanos);
 CPUE RMSE 12=sqrt(norm2(cpue 12(moby+1, nanos)-
pred CPUE ch (moby+1, nanos) ) / nanos);
 CPUE RMSE 2=sqrt(norm2(cpue 2-pred CPUE ar)/nanos);
CPUE RMSE 3=sqrt(norm2(cpue 3-pred CPUE art)/nanos);
Cpred2=elem prod(elem div(F2, Z),
elem prod((outer prod(Unos anos, Unos edad)-S), N));
 Cpred3=elem prod(elem div(F3, Z),
elem prod((outer prod(Unos anos, Unos edad)-S), N));
Y1 pred=rowsum(elem prod(Cpred1,outer prod(Unos anos,Wm)));
Y2 pred=rowsum(elem prod(Cpred2, outer prod(Unos anos, Wm)));
Y3 pred=rowsum(elem prod(Cpred3,outer prod(Unos anos,Wm)));
 Y4 pred=rowsum(elem prod(Cpred4, outer prod(Unos anos, Wm)));
pflo pred1=elem div(Cpred1, outer prod(rowsum(Cpred1+1e-16),
Unos edad));
pflo obs1=elem div(Cflo1, outer prod(rowsum(Cflo1 + 1e-16),
Unos edad));
pflo pred2=elem div(Cpred2, outer prod(rowsum(Cpred2 + 1e-16),
Unos edad));
pflo obs2=elem div(Cflo2, outer prod(rowsum(Cflo2 + 1e-16),
Unos edad));
pflo pred3=elem div(Cpred3, outer prod(rowsum(Cpred3 + 1e-16),
Unos edad));
pflo obs3=elem div(Cflo3, outer prod(rowsum(Cflo3 + 1e-16),
Unos edad));
pflo pred4=elem div(Cpred4, outer prod(rowsum(Cpred4 + 1e-16),
Unos edad));
pflo obs4=elem div(Cflo4, outer prod(rowsum(Cflo4 + 1e-16),
Unos edad));
  for (int i = 1; i \le nanos; i++) {
//
      Flota 1
```



```
if(sum(pflo obs1(i))>0){
      ny 1=0; ny 2=0;
      ny_1=elem_prod(pflo_pred1(i),(Unos_edad - pflo_pred1(i)));
      ny_2= norm2(pflo_obs1(i) - pflo_pred1(i));
      effn f1(i) = sum(ny 1)/ny 2;
//
      Flota 2
      if(sum(pflo obs2(i))>0){
      ny 1=0; ny 2=0;
      ny_1=elem_prod(pflo_pred2(i),(Unos_edad - pflo_pred2(i)));
      ny_2= norm2(pflo_obs2(i) - pflo_pred2(i));
      effn f2(i) = sum(ny 1)/ny 2;
//
      Flota 3
      if(sum(pflo obs3(i))>0){
      ny 1=0; ny 2=0;
      ny 1=elem prod(pflo pred3(i), (Unos edad - pflo pred3(i)));
      ny 2= norm2(pflo obs3(i) - pflo pred3(i));
      effn f3(i) = sum(ny 1)/ny 2;
//
      Flota 4
      if(sum(pflo obs3(i))>0){
      ny 1=0; ny 2=0;
      ny 1=elem prod(pflo pred4(i), (Unos edad - pflo pred4(i)));
      ny 2= norm2(pflo obs4(i) - pflo pred4(i));
      effn f4(i) = sum(ny 1)/ny 2; } }
FUNCTION Eval indices
  //Pesca chilena
   for (int i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (int j=1;j<=bloques qch;j++) {</pre>
              if (yrs(i) \ge yrs qch(j)) {
                  pred CPUE ch(i) = exp(log qflo ch(j)) *BMflo 1(i);}
       }
   }
  //Pesca argentina palangre
   for (int i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (int j=1;j<=bloques qar;j++) {</pre>
              if (yrs(i)>=yrs qar(j)){
                  pred CPUE ar(i) = exp(log qflo ar(j)) *BMflo 2(i);}
       }
   }
  //Pesca chilena artesanal
```



```
for (int i=1;i<=nanos;i++) {</pre>
      for (int j=1;j<=bloques qart;j++) {</pre>
              if (yrs(i)>=yrs qart(j)){
                 pred CPUE art(i) = exp(log_qflo_art(j)) *BMflo_4(i);}
       }
   }
FUNCTION Eval likelihood
 suma1=0; suma2=0; suma3=0; suma4=0; suma5=0; suma6=0; suma7=0;
suma8=0; penalty=0;
 for (int i = 1; i \le moby; i++) {
   if (cpue 11(i) > 0){
      suma1 += square(log(cpue 11(i)) - log(pred CPUE ch(i)));}}
 for (int i = moby + 1; i <= nanos; i++) {
   if (cpue 12(i) > 0){
    suma2 += square(log(cpue 12(i)) - log(pred CPUE ch(i)));}
  }
 for (int i = 1; i \le nanos; i++) {
   if (cpue 2(i) > 0){
    suma3 += square(log(cpue 2(i)) - log(pred CPUE ar(i)));}
   if (cpue 3(i) > 0){
    suma4 += square(log(cpue 3(i)) - log(pred CPUE art(i)));}
   suma5=norm2(log(Y1)-log(Y1 pred));
   suma6=norm2(log(Y2)-log(Y2 pred));
   suma7=norm2(log(Y3)-log(Y3_pred));
   suma8=norm2(log(Y4)-log(Y4 pred));
   like(1) = -1 * lambda(1) * sum(elem prod(pflo obs1,
log(pflo pred1)));
   like(2) = -1 * lambda(2) * sum(elem prod(pflo obs2,
log(pflo pred2)));
   like(3) = -1 * lambda(3) * sum(elem prod(pflo obs3,
log(pflo pred3)));
   like(4) = -1 * lambda(4) * sum(elem_prod(pflo_obs4,
log(pflo pred4)));
   like (5) = 1/(2*square(lambda(5)))*sumal;
   like (6) = 1/(2*square(lambda(6)))*suma2;
   like(7)=1/(2*square(lambda(7)))*suma3;
   like (8) = 1/(2*square(lambda(8)))*suma4;
```



```
like (9) = 1/(2*square(lambda(9)))*(suma5);
   like (10) = 1/(2*square(lambda(10)))*(suma6);
   like (11) = 1/(2*square(lambda(11)))*(suma7);
   like (12) = 1/(2*square(lambda(12)))*(suma8);
   if(active(dev log Rt)){
like(13)=1./(2*square(sigmaR))*norm2(dev log Rt(ini comps,nanos));}
   if(active(dev log No)){
     like(14)=1./(2*square(lambda(14)))*norm2(dev log No);}
  if (active(log Fcr1)){
  penalty(1) +=1000*norm2(log Fcr1-mean(log Fcr1));}
  if (active(log Fcr2)){
  penalty(2) +=1000*norm2(log Fcr2-mean(log Fcr2));}
  if (active(log Fcr3)) {
 penalty(3)+=1000*norm2(log Fcr3-mean(log Fcr3));}
  if (active(log Fcr4)) {
 penalty(4) +=1000*norm2(log Fcr4-mean(log Fcr4));}
 f=(sum(like) + sum(penalty));
 if(last phase) {
 f=sum(like);}
FUNCTION Eval Fcte
   Reclutas= column(N,1);
   Rp=mean(Reclutas(nanos-5, nanos));
   for (int i=1;i<=ncasos;i++) {</pre>
      Np=N(nanos);
      Sp=S(nanos);
       for (int j=1; j<=nanossim; j++) {</pre>
          if(j==1){
             Np(1) = (alffa*BD(nanos-1) / (betta+BD(nanos-1)));
          if(j==2){
             Np(1) = (alffa*BD(nanos) / (betta+BD(nanos)));
          if(j>2){
             Np(1) = (alffa*Bp(i, j-2) / (betta+Bp(i, j-2)));
```



```
if (sr<0) Np (1) = Rp;
              Np(2, nedades) = ++elem prod(Np(1, nedades-1), Sp(1, nedades-
1));
              Np (nedades) +=Np (nedades) *Sp (nedades);
           Fp=F(nanos)*nvl F(i);
           Zp=Fp+M;
           Bp(i,j)=sum(elem prod(elem prod(Np,exp(-
dt(1)*Zp)),elem prod(msex,Wm)));
           CTPp=elem prod(elem div(Fp, Zp), elem prod(1.-exp(-
1.*Zp), Np));
           Yp(i,j) = sum(elem prod(CTPp, Wm));
           Sp=exp(-1.*Zp);
   } }
 RPDfp1= column(Bp, nanossim) / (SSBo);
 RPDfp2=column(Bp,nanossim)/(.4*SSBo);
 RPDp2=Bp/(.4*SSBo);
 Yp2=column(Yp,2);
REPORT SECTION
 report << "Anios" << endl;
 report << yrs << endl;
 report << "CPUE obs pred Ch" << endl;</pre>
 report << cpue \overline{11} << end\overline{1};
 report << cpue 12 << endl;
 report << cpue 3 << endl;
 report << pred_CPUE_ch << endl;</pre>
 report <<pre><<pre>cPUE art<< endl;</pre>
 report << "CPUE obs pred Ar" << endl;
 report << cpue 2 << endl;
 report << pred CPUE ar << endl;
 report << "Desemb obs pred Ch" << endl;
 report << Y1 << endl;
 report << Y1 pred << endl;
 report << "Desemb obs pred Arg 1" << endl;
 report << Y2 << endl;
 report << Y2 pred << endl;
 report << "Desemb obs pred Ar 2" << endl;
 report << Y3 << endl;
 report << Y3 pred << endl;</pre>
 report << "Desemb obs pred Chart" << endl;
```



```
report << Y4 << endl;
report << Y4 pred << endl;
 report << "comp_pal_Ch_obs" << endl;</pre>
 report << pflo obs1 << endl;
 report << "comp pal Ch pred" << endl;</pre>
 report << pflo pred1 << endl;</pre>
 report << "comp pal Ch art obs" << endl;</pre>
 report << pflo obs4 << endl;</pre>
 report << "comp pal Ch art pred" << endl;
 report << pflo pred4 << endl;</pre>
 report << "comp pal Ar obs" << endl;</pre>
 report << pflo obs2 << endl;
 report << "comp pal Ar pred" << endl;</pre>
 report << pflo pred2 << endl;</pre>
 report << "comp arr Ar obs" << endl;</pre>
 report << pflo obs3 << endl;</pre>
 report << "comp arr Ar pred" << endl;</pre>
 report << pflo pred3 << endl;</pre>
report << "Biomasa desovante" << endl;</pre>
report << BD << endl;
report << "Biomasa total" << endl;</pre>
report << BT << endl;</pre>
report << "Biomasa vulnerable" << endl;
report <<BV << endl;</pre>
report << "Reclutamiento mean pred devs" << endl;
report << Rpred<< endl;
report << column(N,1) << endl;
report << dev log Rt << endl;
report << "reduccion stock 1 (BD/BDo)" << endl;
report << BD/SSBo << endl;
report << "Bo 1" << endl;</pre>
report << SSBo << endl;
report << "Ro " << endl;</pre>
report << exp(log Ro) << endl;</pre>
report << "N" << endl;</pre>
report << N << endl;
report << "Sel1" << endl;</pre>
report << Sel_1 << endl;</pre>
report << "Sel2" << endl;</pre>
report << Sel 2 << endl;
```



```
report << "Sel3" << endl;
report << Sel 3 << endl;</pre>
report << "Sel4" << endl;</pre>
report << Sel 4 << endl;</pre>
report << "F1" << endl;</pre>
report << F1 << endl;</pre>
report << "F2" << endl;</pre>
report << F2 << endl;
report << "F3" << endl;</pre>
report << F3 << endl;</pre>
report << "F4" << endl;</pre>
report << F4 << endl;
report << "MLE" << endl;</pre>
report << like << endl;</pre>
if(sim >0){
report << "Bp" << endl;</pre>
report << Bp << endl;
report << "Yp" << endl;</pre>
report << Yp << endl;</pre>
report << "RPDfp1" << endl;</pre>
report << RPDfp1 << endl;
report << "RPDfp2" << endl;
report << RPDfp2 << endl;
report << "Yp2" << endl;</pre>
report << Yp2 << endl;}</pre>
report << " CPUE res 11" << endl;
report << CPUE res 11 << endl;
report << " CPUE res 12" << endl;</pre>
report << CPUE res 12 << endl;</pre>
report << " CPUE_res_2" << endl;
report << CPUE_res_2 << endl;</pre>
report << " CPUE res 3" << endl;
report << CPUE res 3 << endl;
report << "CPUE RMSE 11" << endl;</pre>
report << CPUE RMSE 11 << endl;
report << "CPUE RMSE 12" << endl;</pre>
report << CPUE RMSE 12 << endl;
report << "CPUE_RMSE_2" << endl;</pre>
report << CPUE RMSE 2 << endl;</pre>
report << "CPUE RMSE 3" << endl;</pre>
report << CPUE RMSE 3 << endl;</pre>
report << "effn f1"<< endl;</pre>
report << effn f1<< endl;
```



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

```
report << "effn_f2"<< endl;
report << effn_f2<< endl;
report << "effn_f3"<< endl;
report << effn_f3<< endl;
report << "effn_f4"<< endl;
report << effn_f4"<< endl;
report << effn_f4<< endl;</pre>
FUNCTION Eval_mcmc
if (nf==1) mcmc_report<<"BDlast, Flast, SSbo"<<endl;
    mcmc_report<<BD(36)<<","<<row(F,nanos)<<","<<SSBo<< endl;
reporte mcmc++;</pre>
```

ANEXO 9

Estadísticas de diagnóstico



En el caso de los datos de composición de edades (flota de palangre/cachalotera industrial y palangre artesanal chilenay flotas de palangre y arrastre argentinas) 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 supuesto para la distribución multinomial y que fue ingresado al modelo.

Para probar la aleatoriedad de los residuales, se utilizó la prueba propuesta en Punt y Kinzey (2009) que está basada en el trabajo publicado por 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.

En Punt y Kinzey (2009) se recomienda también incluir entre los diagnósticos de la evaluación de stock, la comparación gráfica de las composiciones marginales de edades observadas y estimadas.

En la modelación de los datos que describen la tendencia de la abundancia del stock mediante verosimilitudes log-normales (cpue de las flotas industrial y artesanal chilenas y cpue de la flota de palangre argentina), el coeficiente de variación (o log del error estándar) es la medida básica de la incertidumbre.



De acuerdo con esto, la bondad del ajuste de los índices se evaluó mediante la raíz del cuadrado medio del error:

$$RCME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{y} \left(\ln \mathbf{I}_{y} - \ln \hat{\mathbf{I}}_{y} \right)^{2}}$$

donde, I e \hat{I} son los valores observados y estimados de una serie de abundancia relativa de largo n, se usa para resumir el ajuste de los índices de abundancia relativa.

Caso 1

En el ajuste del Caso 1 para la composición de edades de la captura industrial chilena, se observó una tendencia a sobreestimar las edades 3 a la 7 y 11 a la 20, entre los años 2009 2013 (**Figura 1**). La distribución de los residuales fue asimétrica con una mayor frecuencia de residuales negativos, destacándo nuevamente la tendencia a la sobre estimación de la esdes. Sin perjuicio de esto, la hipótesis nula de aleatoriedad de los residuales no es rechazada y por lo tanto los residuales de las composiciones de edad de esta flota conforman al patrón esperado. Las proporciones marginales indican que la sobreestimación se da principalmente entre las edades 15 y 19 (**Figura 1**). En los gráficos de caja también se puede observar como el valor medio de los resuduales por edad es menor a cero para un número importante de edades. El modelo también exhibió una sobrestimacióin de valor medio de la edad en los años 1998, 2003, 2004, 2010.



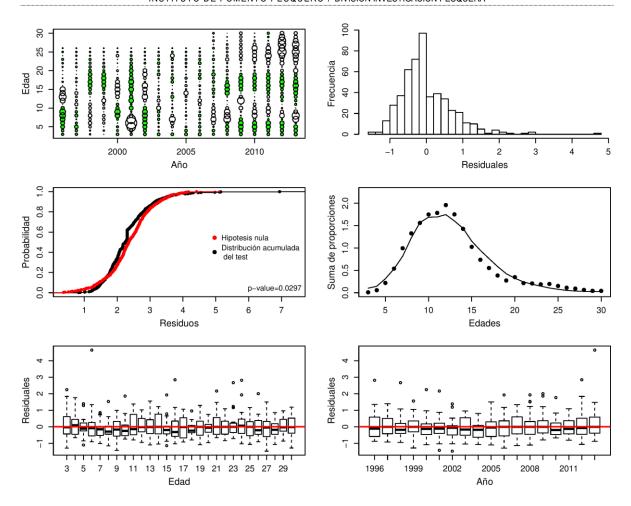


Figura 1. Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota industrial chilena. Caso 1.

En el Caso 1 el modelo mostró una tendencia a subestimar la edad de las captura de la pesquería de palangre argentina, pero en general los residuales se distribuyeron de manera más simétrica en torno a cero (**Figura 2**).



La hipótesis nula de aletoriedad de los residuos tampoco es rechazada en este caso. Se observó también una tendencia generla a sobrestimar las edades 10 y 11 (**Figura 2**).

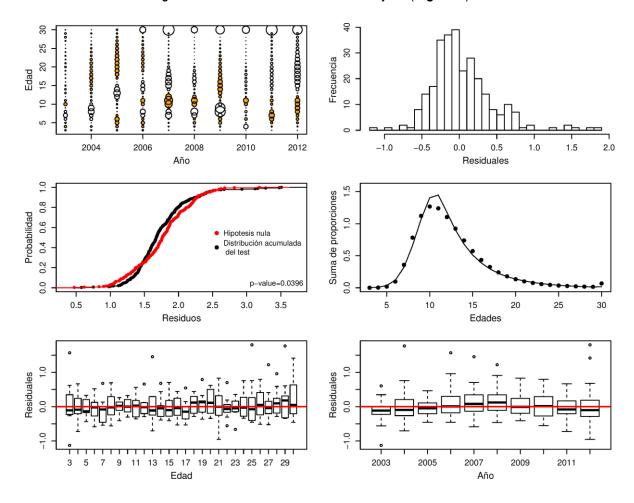


Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota palangrera argentina. Caso 1.



El ajuste del Caso 1 a los datos de composición de edades de las capturas de arrastre argentinas tendió a sobreestimar la edad, lo que confiere una asimetría positiva a la distribucuión de los resiuduales, los que de acuerdo a la prueba de Kolmogorov-Smirnov no se distribuyeron de manera aleatoria, lo que indica un posible sesgo sistemático en el ajuste (**Figura 3**).

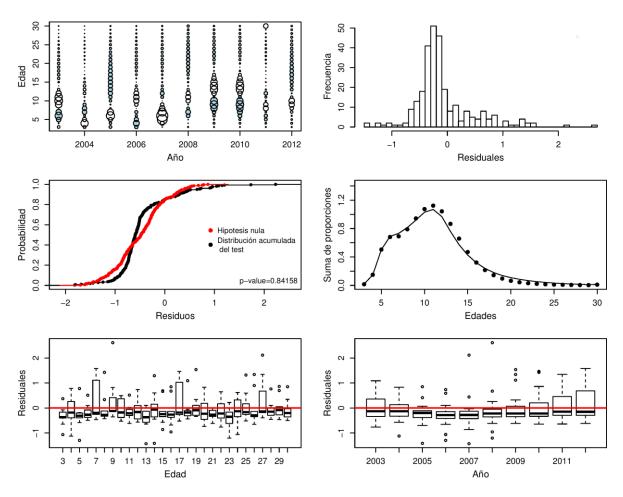


Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota arrastre argentina. Caso 1.



En general al modelo tendió en este caso a sobreestimar la edad media de las capturas de arrastre de argentina desde el año 2005 en adelante (**Figura 3**).

En el Caso 1, el valor de la RCME fue calculado en 0,015 para la CPUE de la pesca industrial chilena con palangre, lo que implica que el modelo ajusta mejor la CPUE que lo implicado por el coeficiente de variación ingresado al modelo. La misma situación de se observó con la CPUE de la pesca industrial chilena con cachalotera donde el valor de RCME fue calculado en 0,006. El ajuste de la CPUE de la pesca con palangre argentina fue también mejor al implicado por el c.v. ingresado al modelo pero de inferior calidad al de los índices estimados con datos de la flota industrial chilena, dado que el valor de RCME fue igual a 0,381.

El análisis retrospectivo se popularizó con el uso generalizado del análisis de población virtual y es utilizado para evaluar el desempeño de modelos estadísticos complejos (Harley y Maunder, 2003).

Su uso en evaluación de stock, implica la investigación de estimaciones sucesivas de variables pesqueras, frecuentemente la abundancia, biomasa o tasa de mortalidad por pesca, a medida que se agregan más datos (normalmente sobre una base anual).

A menudo se identifica un "problema retrospectivo", cuando varios estimados para un mismo año no son consistentes y esta falta de consistencia es un patrón sistemático de sesgo, más bien que una dispersión aleatoria (Mohn 1999).

En el Caso 1 estudiado en esta evaluación se observó un marcado sesgo sistemático negativo en la biomasa desovante (la tendencia de la biomasa desovante disminuyó en magnitud con la remoción de cada año con datos). Por el contrario, en el caso de la mortalidad por pesca y los reclutamientos, se observó un sesgo retrospectivo positivo (**Figura 4**).

El problema retrospectivo en general, parece estar relacionado a una cantidad que varía a través del tiempo, en circunstancias en que esta se había asumido como constante (Evans 1996). En muchos stocks de peces los cambios en la capturabilidad y/o selectividad de la flota, han sido identificados como las principales causas de un grado importante de retrospectividad (Mohn 1999, Parma 1993, Sinclair *et al.* 1991). Es relevante mencionar aquí, que el patrón retrospectivo también puede emerger por simple variación aleatoria, lo que dificulta la identificación de sus causas (DER 2012).



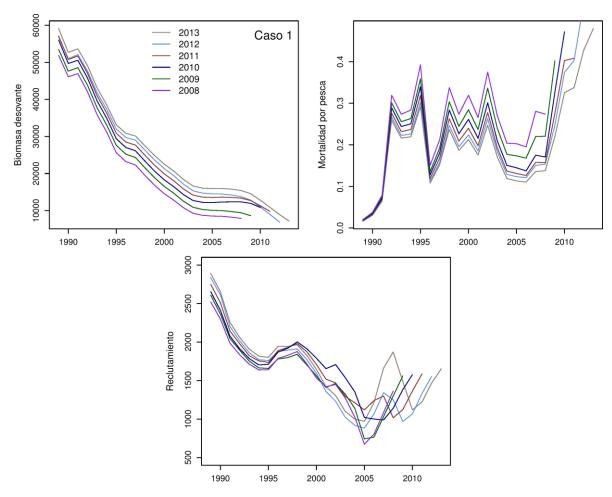


Figura 4. Estimaciones máximo verosímiles retrospectivas de la biomasa desovante, mortalidades por pesca y de los reclutamientos de bacalao de profundidad, obtenidas removiendo secuencialmente los idatos de los últimos cinco años. Caso1



Caso 2

En este caso el ajuste a la composición de edades de las capturas industriales chilenas exhiben a partir del año 2009 una tendencia a subestimar las edades 20+ y en menor grado a sobreestimar las edades 3 a la 19 (**Figura 5**).

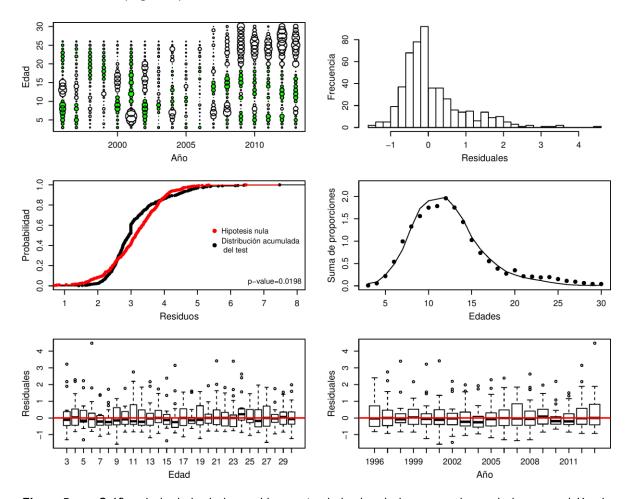


Figura 5. Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota industrial chilena. Caso 2.



Este patrón sumado al mayor número de residuales con valores extremos positivos confieren una asimetría positiva a la distribución de los residuales.

Sin embargo estos últimos conformaron al patrón aleatorio nulo esperado y la distribución marginal de las proporciones por edad no refleja sub o sobre estimaciones notables, con una posible excepción en las edades 10 y 11 (**Figura 5**). El patrón general de los residuales por edad tendió a distribuirse bien en torno a cero, pero en el gráfico de cajas se pueden observar los puntos influyentes que contribuyen a la asimetría de la distribución.

Los residuales del ajuste del Caso 2 a las composiciones de edad de las capturas de palangre de argentina, se distribuyeron relativamente bien en torno de cero mostrando una ligera sobrestmación de las edades 10 y 11. Sin embargo, estos fallan en conformar al patrón aleatorio nulo esperado (**Figura 6**).

Los residuales del ajuste de las capturas de la flota de arrastre argentina muestran una distribución asimetrica positiva, con una tendencia a la sobreestimarción de la edad, de modo que presentan una al ta frecuencia de valores negativos pero con una cola más larga en los residuales positivos. Este patrón que exhibieron los residuos falló en conformar al comportamiento aleatorio esperado, sugiriendo algún tipo de sesgo sistemático (**Figura 7**).

Los residuales de las composiciones de edad de la captura artesanal chilena, muestran una sobreestimación de las edades 8+ a 10+ entre los años 1995 y 2002 (**Figura 8**). Estos residuales también fallan en conformar al patrón nulo esperado y en generla sobreestiman las edades 7 a la 8 y 11 a la 15.



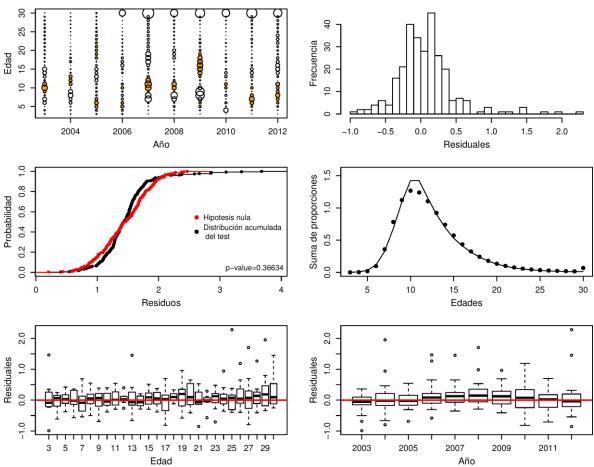


Figura 6. Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota palangrera argentina. Caso 2.



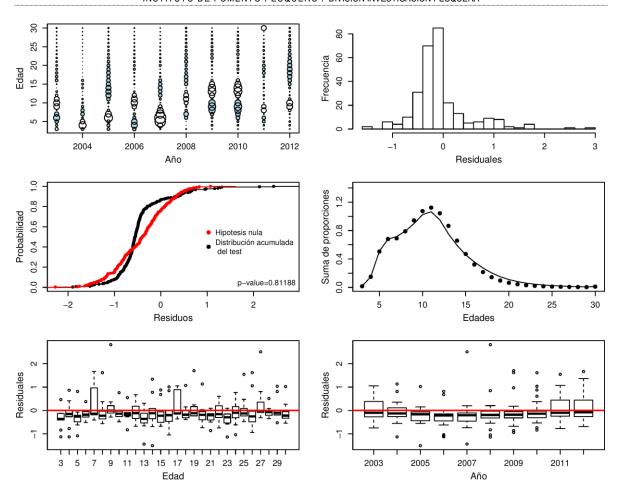


Figura 7. Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota arrastrera argentina. Caso 2.



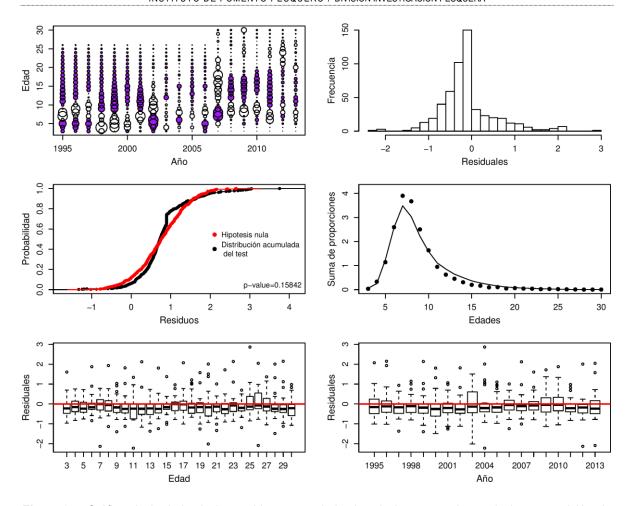


Figura 8. Gráfico de burbuja de los residuos estandarizados de las proporciones de la composición de edades (Los círculos blancos son residuales positivos y los círculos con color son negativos), distribución de los residuales, prueba de bondad de ajuste para datos con dos dimensiones para determinar el grado de aleatoriedad, distribución marginal del ajuste a la composición de edades, boxplot de los residuales a través de las edades y a través de los años. Flota artesanal chilena. Caso 2.

El modelo en le Caso 2 exhibió un sesgo retrospectivo positivo en la biomasa desovante y en los reclutamientos, pero no es le caso de la mortalidad por pesca la que no exhibe un sesgo definido. En este caso. Los años 2009 y 2012 fueron excluidos del gráfico debido a que el modelo falló en alcanzar convergencia (con los mismos controles utilizados para todo el análisis) cuando estos años fueron los últimos de la serie.



En el Caso 2, el valor de la RCME calculado para la CPUE de la pesca industrial chilena con palangre fue de 0,04, en tanto que para la pesca con cachalotera este fue calculado en 0,01, lo que sugiere que en ambos casos el ajuste fue mejor al asumido por el coeficiente de variación ingresado al modelo. Este no fue el caso de las series de CPUE de palangre de argentina y artesanl de Chile, en donde los valores calculados de RCME fueron iguales a 0,75 y 1,06 sugiriendo un ajuste inferior al asumido por el c.v. ingresado al modelo.

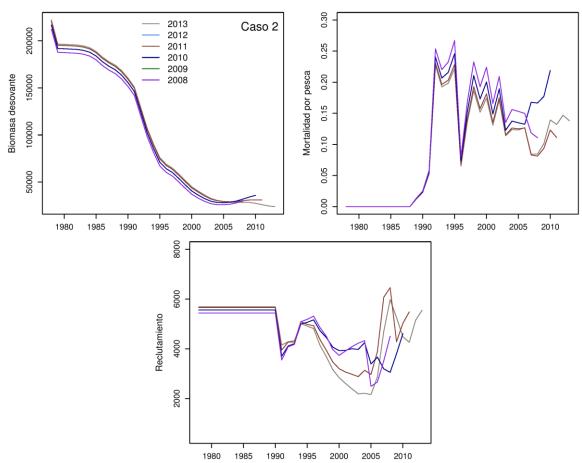


Figura 9. Estimaciones máximo verosímiles retrospectivas de la biomasa desovante, mortalidades por pesca y de los reclutamientos de bacalao de profundidad, obtenidas removiendo secuencialmente los iidatos de los últimos cinco años. Caso2.



Referencias

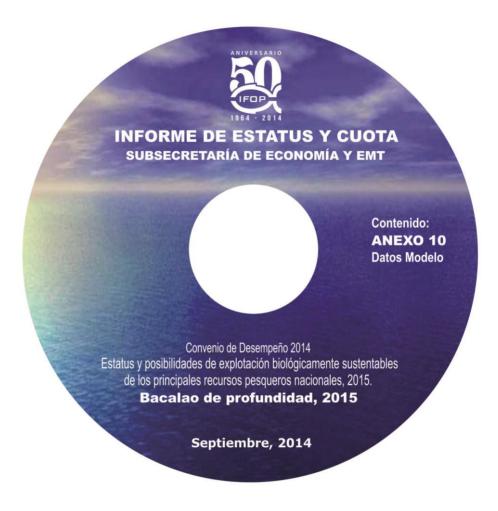
- DER. IFOP. 2012a. Informe del Taller sobre validación de modelos de evaluación de stock. Viña del Mar, diciembre 2012. 13 p. + ANEXOS. https://sites.google.com/site/stockassessmentmodelvalidation/.
- Evans, G. T. 1996. Using the elementary operations of sequential population analysis to display problems in catch or survey data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 53: 239 243.
- Harley, S. and M. Maunder. 2003. Recommended diagnostig for large statistical stock assessemntmodels. Inter-American Tropical Tuna Commission. SCTB16 Working Paper. MWG-3. 34 p.
- Mohn, R.1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. ICES Journal of Marine Science.56:473 488.
- Parma, A. N. 1993. Retrospective catch-at-age analysis of pacic halibut: implications on assessment of harvesting policies. In Proceedings of the International Symposium on Management Strategies for Exploited Fish Populations, pp. 247-265. Ed. by G. Kruse, D. M. Eggers, C. Pautzke, R. J. Marasco, and T. J. Quinn II. Alaska Sea Grant College Program.
- Peacock, J.A. 1983. Two-dimensional goodness-of-fit testing in astronomy. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 202: 615-627.
- Punt y Kinzey (2009). Report of the Alaska Crab Stock Assessment Workshop. Crab Plan Team.

 North Pacific Fishery Management Council. 43 p.
- 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.

ANEXO 10

Modelo y Datos (en CD)







INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

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

