



INFORME FINAL

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales 2013

Jurel, 2013

SUBPESCA / Marzo 2013



INFORME FINAL

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales 2013

Jurel, 2013

SUBPESCA / Marzo 2013

REQUERIENTE

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA
Subsecretario de Pesca y Acuicultura
Pablo Galilea Carrillo

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegria
Director Ejecutivo
Jorge Antonio Toro Da'Ponte

JEFE DE PROYECTO

Cristián Canales Ramírez

AUTORES

Cristián Canales Ramírez
Rodolfo Serra Behrens
Juan Carlos Saavedra Nieva
Leonardo Caballero González

COLABORADORES

Víctor Bocic Wolff



ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. RESULTADOS.....	3
3.1 Antecedentes generales	3
3.2 Modelo e información usada en la evaluación del stock.....	3
3.2.1. Desembarques	5
3.2.2. Datos biológicos	6
3.3. Evaluación de stock.....	6
3.4. Recomendaciones para futuras reuniones de Grupo de Ciencias.....	13
3.5. Programa de investigación del jurel.....	13
4. DOCUMENTOS PREPARADOS PARA LA XI REUNION DEL SGW-SPRFMO	15
4.1. Impacto de la nueva ojiva de madurez en la biomasa desovante del jurel	15
4.2. Análisis de sensibilidad de la biomasa desovante del jurel frente a variaciones en la selectividad	18
4.3. Evaluación de la población del jurel bajo dos hipótesis de unidades de stock	25
4.4. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) del jurel.....	38
4.5. Evaluación de stock considerando la modelación de las composiciones de tallas del jurel de la flota “Farnorth”	51
4.6. Análisis de la CPUE del jurel Centro-Sur	58
5. CLASIFICACION DEL ESTANDAR DE LA PESQUERIA DEL JUREL.....	63
6. REFERENCIAS.....	69

ANEXOS:

- Anexo 1: Reporte del Subgrupo de Jurel, XI Reunión.
Anexo 2: Reportes de reuniones de trabajo bilaterales.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA



1. INTRODUCCIÓN

El jurel es uno de los recursos pesqueros más importante del país en términos de volumen de captura y aspectos sociales y económicos. Es el recurso objetivo de la pesquería pelágica de cerco de la zona centro sur, también conocida como pesquería de Talcahuano, y es importante en las pesquerías de Coquimbo, Caldera y de la zona norte (Arica-Antofagasta). Es explotado también por flotas extranjeras fuera de la ZEE de Chile, principalmente frente a la zona centro sur, por lo que representa una alta prioridad para Chile en el proceso de negociación para el establecimiento de la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS), en cuyo marco la explotación del jurel por diferentes países es también analizada.

En 1997 el recurso manifestó signos de sobreexplotación, lo cual llevó a la aplicación de sucesivas vedas a fin de controlar la captura a niveles acordados con la industria de la zona centro sur y finalmente a la aplicación de cuotas anuales de captura. La crisis, las regulaciones acordadas y el posterior establecimiento de "límites máximos de captura por armador" ocasionaron cambios importantes en la estructura de la industria pesquera pelágica de esta zona, que incluye una mayor orientación del destino de la captura hacia productos de mayor valor agregado.

Los cálculos de capturas permisibles, que conformaron la base para establecer las cuotas de captura y su posterior asignación a través de "límites máximos de captura por armador" a nivel nacional, se sustentó en evaluaciones de stock que respondieron a los objetivos nacionales de administración de la pesquería. De aquí surgió la necesidad de actualizar anualmente las evaluaciones de stock y la estimación de capturas totales permisibles, estudios que han sido especialmente necesarios frente a la delicada situación por la que atraviesa el recurso desde hace algunos años.

En octubre del 2010 se realizó por primera vez una evaluación de stock conjunta a nivel del Sub-Grupo Jurel (SGJ) del Grupo de trabajo Científico (GTC) de la OROP-PS. Para esta evaluación se definió como unidad de manejo las pesquerías de jurel del Pacífico Sur Oriental que explotan el jurel en esta área, incluida la captura por flotas internacionales. En septiembre del 2011 se realizó la segunda evaluación conjunta y su resultado se puede ver en el informe de la 10^a Reunión del GTC, el que se puede obtener de la página WEB de la OROPPS. Como consecuencia, SUBPESCA solicitó para la evaluación que se informa que fuera realizada en la escala regional, concordante con la del Sub-Grupo Jurel (SGJ).

En el presente documento se resumen los principales aspectos técnicos tratados en la XI Reunión del SGW-JMSG realizada en Lima, Perú, entre el 15 y 19 de octubre del 2012, así como una serie de documentos de trabajo que sirvieron de base para la discusión tanto en el plano nacional como para los temas tratados en la reunión de Lima.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales y analizar sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables en horizontes de corto y mediano plazo, considerando las fuentes de incertidumbre asociadas a estos análisis.

2.2. Objetivos específicos

- Implementar procedimientos de evaluación con protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca al efecto (DAP, 2011).
- Determinar los Puntos Biológicos de Referencia específicos para cada recurso, informando su incertidumbre asociada.
- Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores de estado y flujo, estimando la incertidumbre involucrada en el procedimiento, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, de acuerdo al estándar establecido por la Subsecretaría de Pesca.
- Analizar las posibilidades de explotación de los recursos, considerando las distintas fuentes de incertidumbre involucradas en estos análisis y los probables estados de la naturaleza, conforme a las Estrategias y Tácticas de Explotación específicamente establecidas para esos efectos por la Administración Pesquera.
- Informar los avances alcanzados durante el período de ejecución del estudio con respecto a las brechas de datos, conocimiento y análisis utilizado para alcanzar el Estándar Metodológico de Evaluación, identificadas para todos los recursos y sus respectivas pesquerías, señalando explícitamente las mejoras necesarias en un Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría; formulado para implementar el estándar completo establecido por la Subsecretaría de Pesca, en el mediano plazo.



3. RESULTADOS

3.1 Antecedentes generales

Entre el 15 y 19 de octubre del 2012, se llevó a cabo la XI Reunión del SGW-JMSG en Lima, Perú. A esta reunión se llegaba con el objetivo de actualizar la evaluación de stock iniciada en Viña del Mar (2010) y Vanuatu (2011) siguiendo recomendaciones técnicas propuesta tanto desde el mismo Subgrupo como de la reunión plenaria celebrada en Santiago, en enero del 2012.

Existía principal atención sobre la solicitud de realizar evaluaciones de stock conforme a las principales hipótesis de unidad de stock propuesta en el Workshop de FAO 2008, así como de incorporar las composiciones de tallas de la flota Peruana de manera explícita en el modelo de evaluación de stock. Esta última tarea fue iniciada por Cristian Canales de IFOP y complementada por el Chair del grupo, Dr. Jim Ianelli del NOAA. Con esto, el modelo JJM logró mayor flexibilidad en cuanto a admitir composiciones de tallas de capturas y cruceros cuando las composiciones de edades no estén disponibles.

Lo que sigue de este informe corresponde a un resumen del informe de la reunión del SWJ-JMSG que de manera extendida se entrega en **Anexo 1** y a los documentos de trabajo desarrollados para la reunión de Lima 2012.

3.2 Modelo e información usada en la evaluación del stock

La unidad de evaluación actual se refiere al jurel distribuido en el Pacífico Suroriental y hasta 120° W y por tanto integra toda la información de captura, estructura de la captura e indicadores de abundancia disponibles también para la zona frente al Perú y sur de Ecuador, además de la de las flotas extranjeras frente a Chile y de la información nacional. Esta definición proviene del Grupo de Trabajo Científico de la OROPPS. Por su parte, la evaluación de stock del jurel se basa en el modelo “Joint Jack Mackerel Stock Assessment Model” (JJM) desarrollado por el Grupo de Trabajo de Evaluación de Stock del SGJ/GTC en el taller de Seattle (2010). Para estos efectos la información es agregada usando la definición de cuatro flotas:

- Flota 1: flota de cerco de la zona norte de Chile dentro de la ZEE.
- Flota 2: flota de cerco de la zona centro sur dentro y fuera de la ZEE.
- Flota 3: flota del extremo norte, dentro y fuera de la ZEE peruana y dentro de la ZEE de sur del Ecuador.
- Flota 4: flota internacional de arrastre de media agua en la zona oceánica afuera de la ZEE de Chile.



La información utilizada en el modelo se resume en la **Tabla 1** y corresponde a la información revisada y completada en la XI Reunión del SGW-JMSG, y usada en la actualización de la evaluación de stock que se informa.

Tabla 1.
Resumen de la información utilizada la evaluación de stock del jurel.

Flota	Desembarques	Captura a la edad	Captura a la talla	CPUE	B acústica	BD MDPH
F1: Zona Norte Chile	1970-2011	1975-2012			1984-1988; 1991; 2006-2009	
F2: Zona Centro Sur Chile	1970-2011	1975-2012		1982-2011	1997-2009	1999-2001; 2003-2008
F3: Extremo Norte (Zona de Perú y Ecuador)	1970-2011		1980-2011	1999-2007	1985-2011	
F4: Flota internacional frente a Chile central	1972; 1978-1992; 2001-2011	1979-1991	2007-2011	China: 2000-2012; UE & Vanuatu: 2003-2011; Rusia: 1987-1991, 2008-09, 2011		

De esta información se destaca principalmente las nuevas series de CPUE y Biomassas acústicas aportadas por el Perú, las que reemplazaron las series antiguas que en general disponían de más años. En efecto, la serie de CPUE original cubría el período 1996-2011, mientras que la de Acústica el período 1983-2011. Cabe señalar que la nueva serie acústica está basada en la corrección de la original por un factor de uso del espacio potencial del jurel, tema que generó controversia y discusión en el seno del comité.

Los detalles de los nueve índices de abundancia se entregan en la Tabla A2.10 del Reporte del Subgrupo de Jurel (**Anexo 1**). Al respecto, cabe destacar que la mayoría de los índices de abundancia fueron considerados informativos y tuvieron un peso estadístico equivalente a un coeficiente de variación del $cv=0.2$. Las excepciones corresponden a la serie de biomasa acústica del norte de Chile ($cv=0.5$), la serie de biomasa desovante estimada por MDPH ($cv=0.5$) en la zona centro sur de Chile, y la CPUE de la ex – USRR ($cv=0.4$). Un detalle de esto se entrega en la Tabla A1.15 del Reporte del Subgrupo de Jurel (**Anexo 1**).

3.2.1. Desembarques

La captura por país (flota) utilizada es la que fue aprobada en la 11^a Reunión, con datos actualizados hasta el 2011 y preliminares para todos los países para el 2012, se muestran en la Tabla A1.3. y A2.3 del Reporte del Subgrupo de Jurel (**Anexo 1**). La captura total regional 2012 alcanzó 406,5 mil toneladas y corresponde al 68% de lo desembarcado el 2011, y de las cuales la flota centro sur de Chile fue las más representada con un 51,3% seguido de la flota 3: Ecuador-Perú con un 41,5% del total. La flota que opera frente a Chile y fuera de la ZEE (Flota 4) disminuyó a un 6,9% su participación relativa del desembarque. Cabe destacar que exceptuando la flota centro-sur de Chile (Flota 2), las restantes flotas registraron una reducción del 31% en los desembarques.

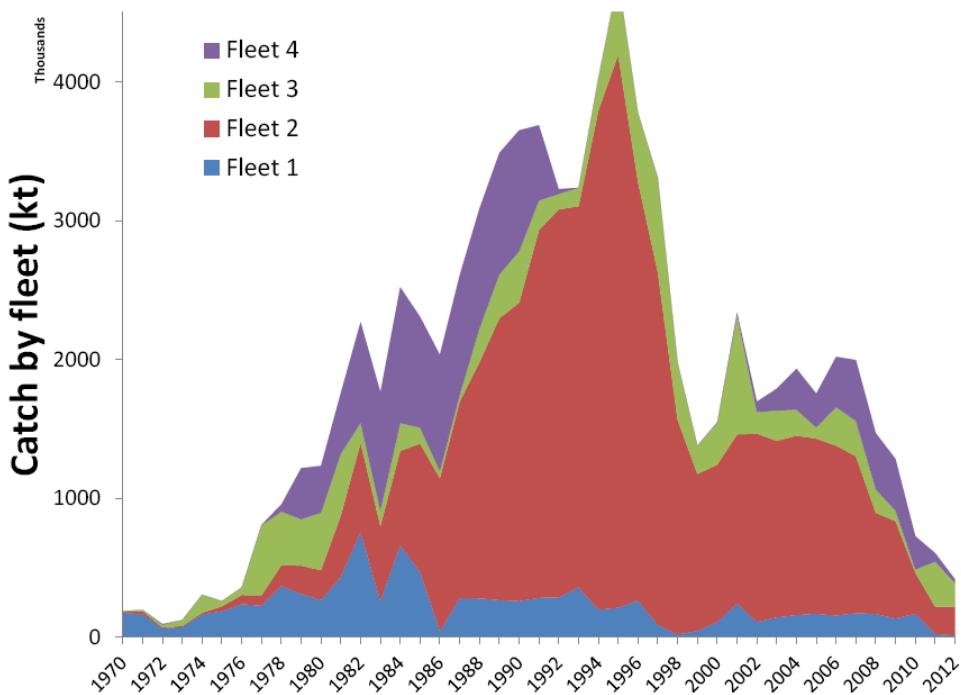


Figura 1. Captura de jurel por flota y total al 2012 en el Pacífico sur oriental. Para este último año las cifras son preliminares (Fuente: Reporte del Subgrupo de Jurel, XI Reunión).



3.2.2. Datos biológicos

Los datos biológicos tales como parámetros de crecimiento, mortalidad natural, ojiva de madurez, composiciones de tallas y edad de capturas y cruceros, así como los datos de pesos medios a la edad por año se entregan en las Tablas A1.4, A1.5, A2.4-A2.9 del **Anexo 1**. De estas destacan parámetros de crecimiento, mortalidad natural y madurez sexual que son diferentes para la zona frente a Chile y frente al Perú-Ecuador. Esto se debe a los análisis de unidades de stock que en forma diferenciada fueron realizados durante la reunión y cuyos resultados se muestran más adelante.

Cabe destacar que Chile presentó un nuevo trabajo sobre madurez sexual a la edad, por lo que este fue adoptado como el mejor conocimiento disponible y empleado para fines de evaluación de stock.

3.3. Evaluación de stock

Se empleó una importante cantidad de tiempo para la revisión de los datos de entrada al modelo de evaluación de stock, de las que destacan la actualización de las capturas por país y flota, composiciones de tallas y revisión de las nuevas series e índices de abundancia.

La evaluación de stock fue realizada de manera progresiva en base a distintos casos de análisis, y comenzando a partir del modelo base cuyas principales características son:

- Comienza desde la edad 1 año (hasta el 2012 el modelo comenzaba desde la edad 2)
- Todos los índices son supuestos proporcionales con la biomasa
- Las composiciones de tallas de la flota 4 es modelada considerando los parámetros de crecimiento del jurel en el Perú
- Todos los índices de abundancia se incluyen en el análisis
- El steepness de la relación stock-recluta se fija $h=0.8$
- La mortalidad natural es $M=0.23$

La edad 1 es considerada en estos análisis debido a que las composiciones de tallas de la flota 4 registraron para varios años, una gran presencia de individuos juveniles menores a 15 cm de longitud horquilla.

El detalle de cómo se configura el modelo base se entrega en la **Tabla 2**. Luego de estos análisis, se llevó a cabo un análisis de casos basados en diferentes hipótesis y supuestos sobre los datos y parámetros. Para la unidad de stock base (un solo stock) se evaluaron 8 casos, mientras que en la unidad de stock Perú se probaron 4 casos y para el stock Chile solo 2 casos. Los detalles de estos análisis se entregan en la **Tabla 3** en tanto que en la **Figura 2 a 7** se ilustran los principales cambios de las variables poblacionales del jurel según modelo (más detalle en **Anexo 1**).

**Tabla 2.**

Cambios incrementales del modelo empleado en Vanuatu, 2011.

Modelo	Detalles
0.0	Igual al de Vanuatu 2012 con datos actualizados al 2012
0.1	Igual a 0.0 con nueva ojiva de madurez
0.2	Igual a 0.1 comenzando de la edad 1 y composiciones de tallas para la flota 4 basada en la función de Gili
0.3	Como 0.2 pero con parámetros de crecimiento del Perú
0.4	Como 0.3 pero incluyendo la matriz de peso a la edad del Perú para la estimación de capturas
0.5 (base)	Como 0.4 con la nueva serie de CPUE del Perú (2002-2012)

Tabla 3.

Conjunto de modelos finales con datos combinados dividido por hipótesis de stock.

Modelo	Detalles
1	Igual a 0.5
2	Una nueva serie de acústica Peruana
3	Modelo 1 con M promedio entre regiones (M=0.28)
4	Modelo 2 con M promedio entre regiones (M=0.28)
5	Modelo 4 con stock-recluta período 1970-99
6	Modelo 4 con stock recluta período 2000-12
7	Modelo 1 con más cambios en selectividad
8	Suma de modelos N3 y S2
Stock Perú-Ecuador	
Modelo	Detalles
N0	Serie acústica original
N1	Serie acústica original con prior q=1 y sigma=0.15
N2	Modelo N1 pero con nueva serie acústica
N3	Fija acústica q=1 y variaciones en M para reflejar cambios en mortalidad el 2000.
Stock Chile	
Modelo	Detalles
S0	Como el modelo 1
S1	Como el modelo 7

El resultado de estos cambios mostró impacto sobre la biomasa desovante y las estimaciones de mortalidad por pesca, con el aumento relativo en la biomasa reproductora producto de la inclusión de un grupo de edad más temprana en la ojiva de madurez, junto a estimaciones más bajas de

mortalidad por pesca en los últimos años. El impacto de cambiar el modelo desde la edad de 2 a la edad de 1 año de edad generó también mayores estimaciones de reclutamientos y el esperado desfase de un año respecto del análisis cuando el reclutamiento es a los 2 años.

Otros resultados relevantes fueron que al incluir la nueva serie de acústica Peruana el ajuste del modelo mejoró lo cual indica una mayor consistencia entre las piezas de información empleadas. En este sentido y entre los modelos que consideraron la serie acústica original, el mejor ajuste correspondió al modelo 7. Para los modelos que consideraron las dos hipótesis de unidad de stock, hubo un mejor ajuste a los datos regionales (unidades discretas) que bajo la hipótesis de una unidad de stock.

En base al desempeño estadístico de cada caso del modelo (verosimilitud), el grupo finalmente consideró los modelos 6, 7 y 8 como los más adecuados para seguir adelante con los análisis que son resumidos en la **Figuras 4, 5 y 6**. En este sentido se destaca que en el modelo 8, donde las variables presentadas corresponden a la suma de las dos unidades de stock, sus resultados se ubican en valores intermedios de los modelos 6 y 7. No obstante y debido a que el modelo 8 también considera la nueva serie acústica del Perú, este no fue considerado adecuado para los análisis de asesoría mientras no se resuelvan las discrepancias en la generación de las serie de biomasa acústica.

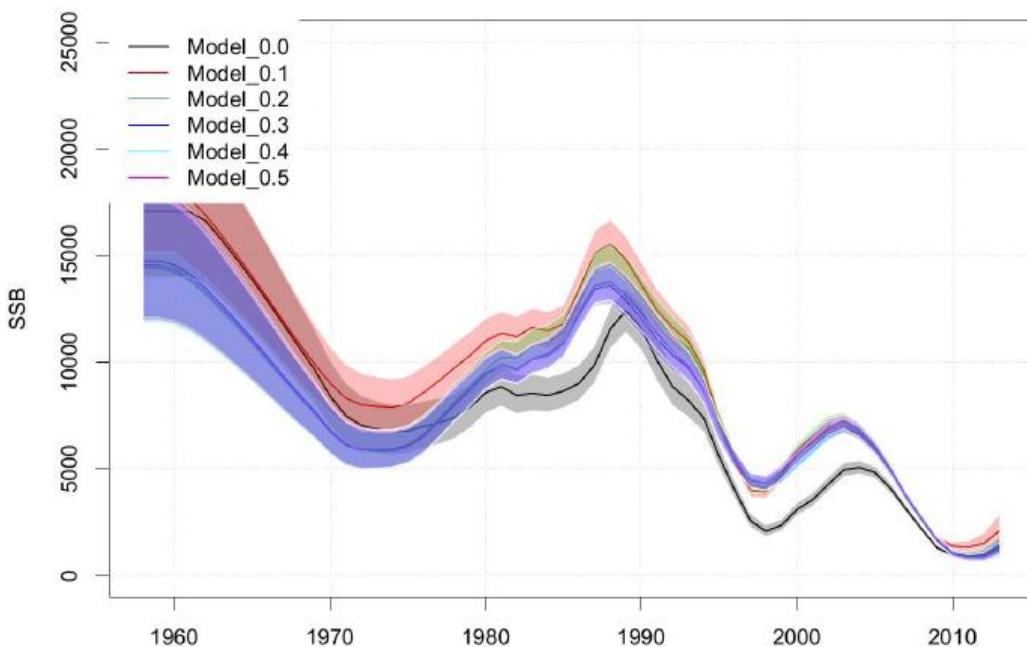


Figura 2. Biomasa desovante (e intervalos de confianza) del jurel según evolución del modelo base.

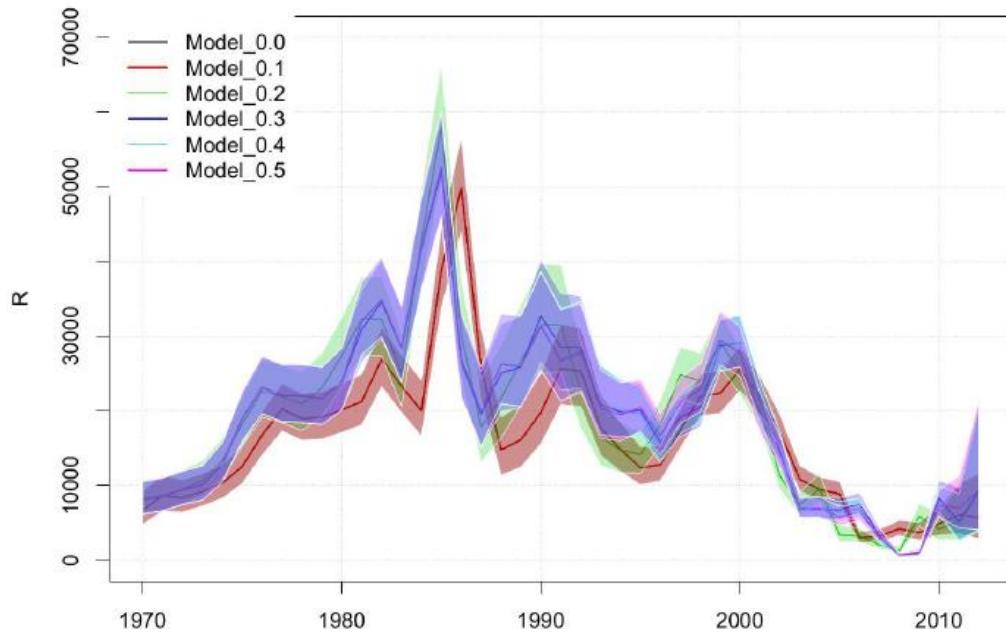


Figura 3. Reclutamientos (e intervalos de confianza) del jurel según evolución del modelo base.

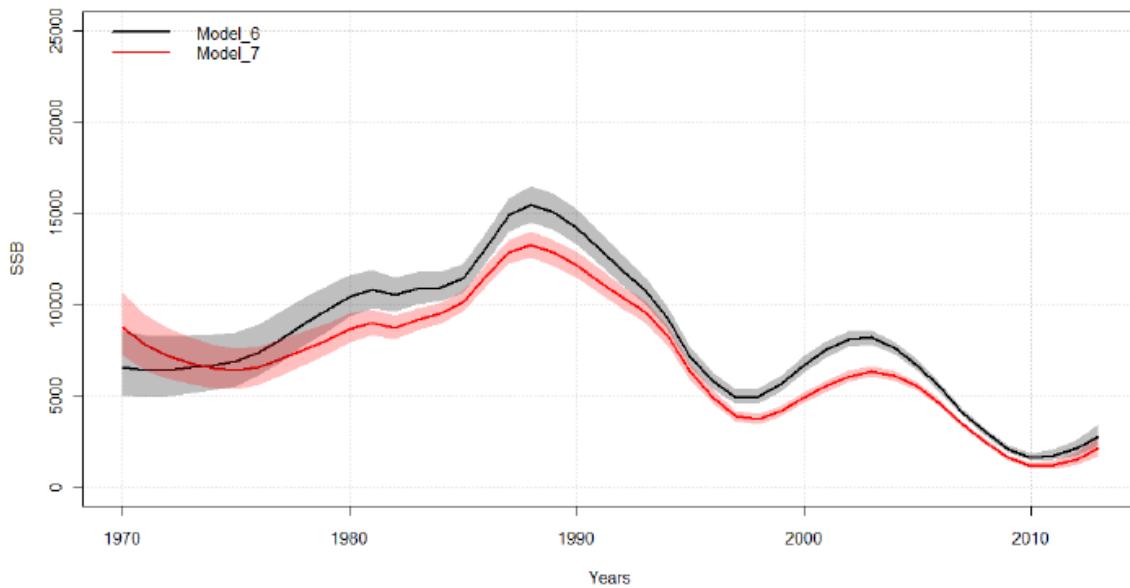


Figura 4. Biomasa desovante del jurel para dos configuraciones del modelo base.

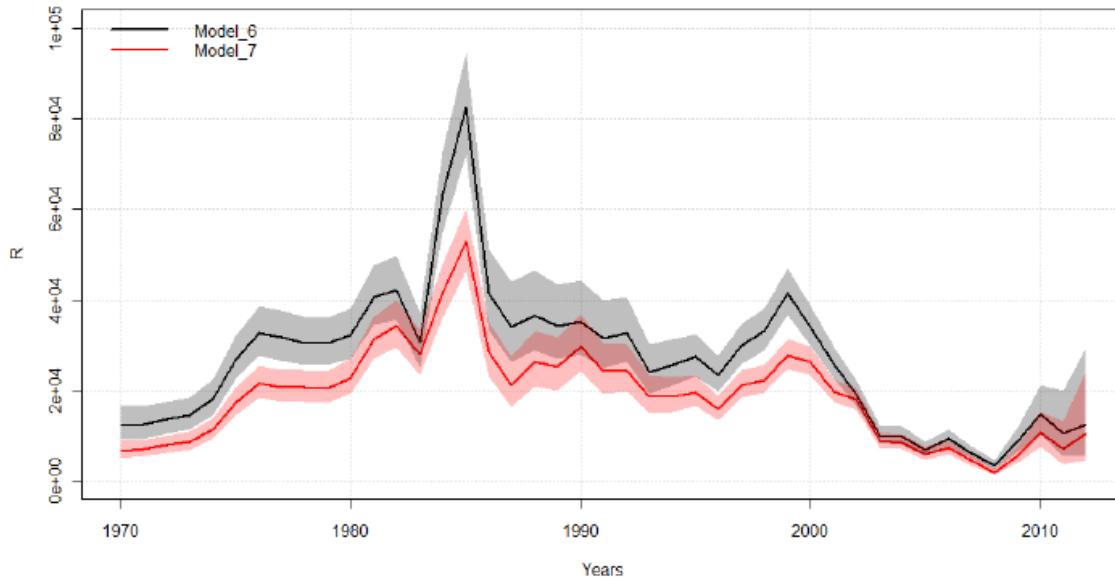


Figura 5. Reclutamientos del jurel para dos configuraciones del modelo base.

Independiente del modelo, los resultados muestran que la población del jurel aparentemente ha frenado su declinación, estimándose al 2012 una biomasa desovante equivalente entre el 8% y 16% de la biomasa que hubiese existido sin capturas. Esta medida es levemente mayor al rango de reducción entregado el 2011 (5%-10%), pero aún por debajo de niveles considerados objetivos o sustentables como es del 40%, por lo cual se concluye que el jurel mantiene su condición de sobreexplotado (**Figura 8**). No obstante esto, la evaluación del 2012 muestra una continua diminución de la mortalidad por pesca y un incremento relativo en la biomasa desovante desde el 2010. Este incremento se debe en parte, a mejores reclutamientos en los años más recientes, pero estos aún por debajo del promedio de largo plazo.

El stock fue proyectado en el futuro bajo el supuesto que el reclutamiento será similar al del período reciente (2000-2012), y cuyos resultados indican que el esfuerzo podría ser mantenido o disminuido respecto del 2012 con el objeto de minimizar la probabilidad de reducir la biomasa desovante ($p=8\%$) (**Figura 9**). Estos resultados se traducen en una recomendación de captura total para el 2013 de 441 mil toneladas.

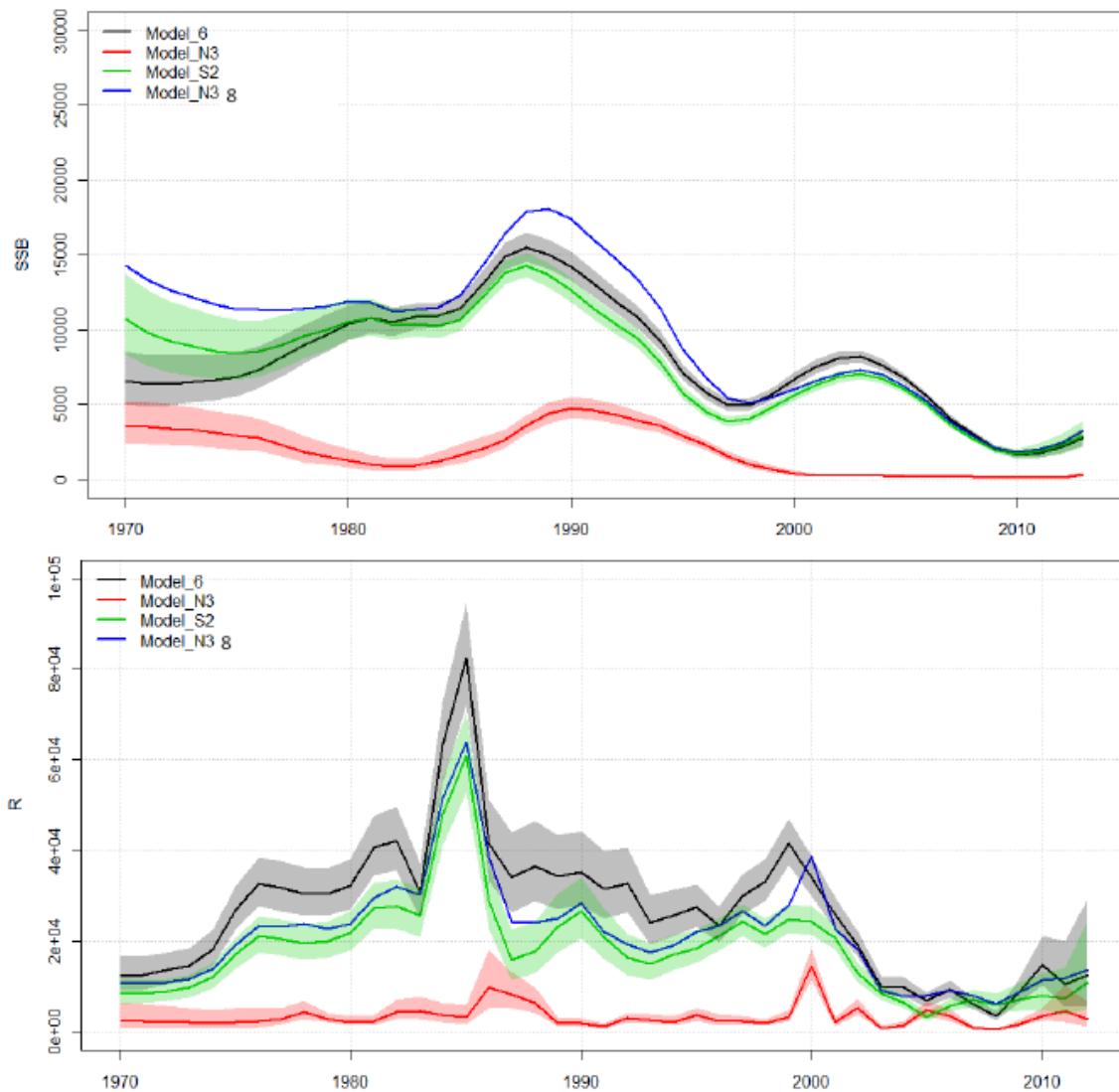


Figura 6. Biomasa desovante y reclutamientos del jurel estimada para el área combinada (Modelo 6) y modelos regionales (N2 y S2) junto con la suma de N2 y S2 (modelo 8).

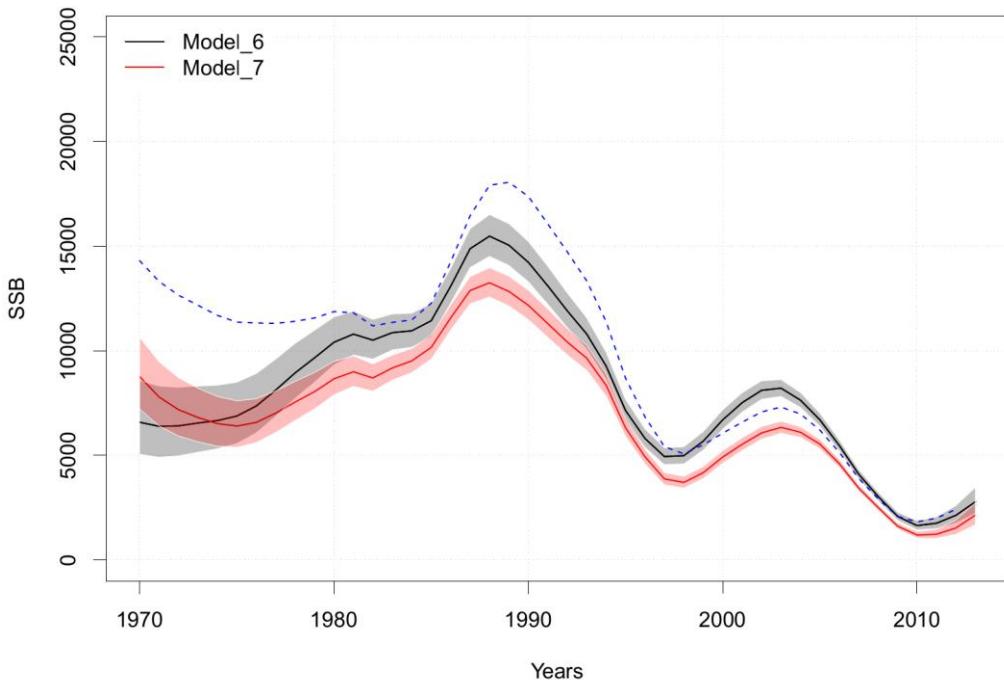


Figura 7. Biomasa desovante para los modelos finalmente seleccionados.

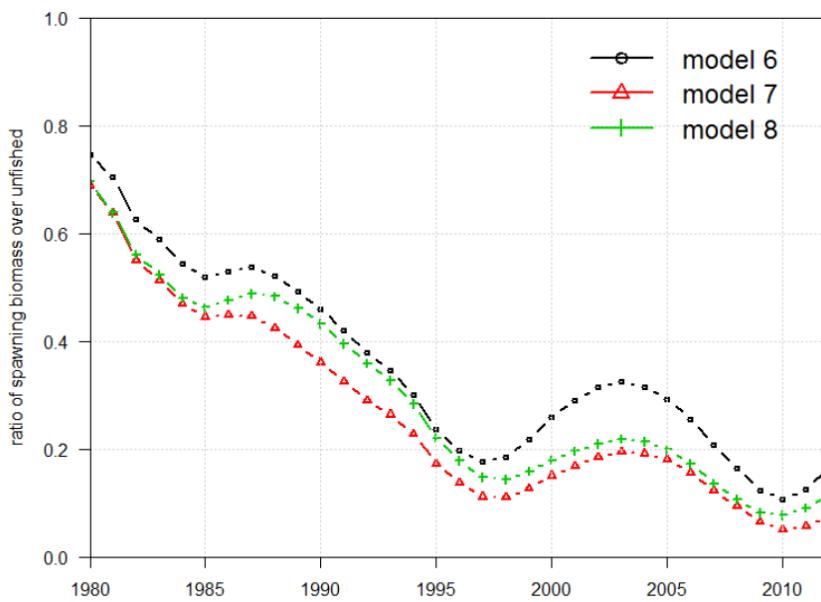


Figura 8. Razón de la biomasa desovante del jurel respecto de la hubiese existido sin pesca.

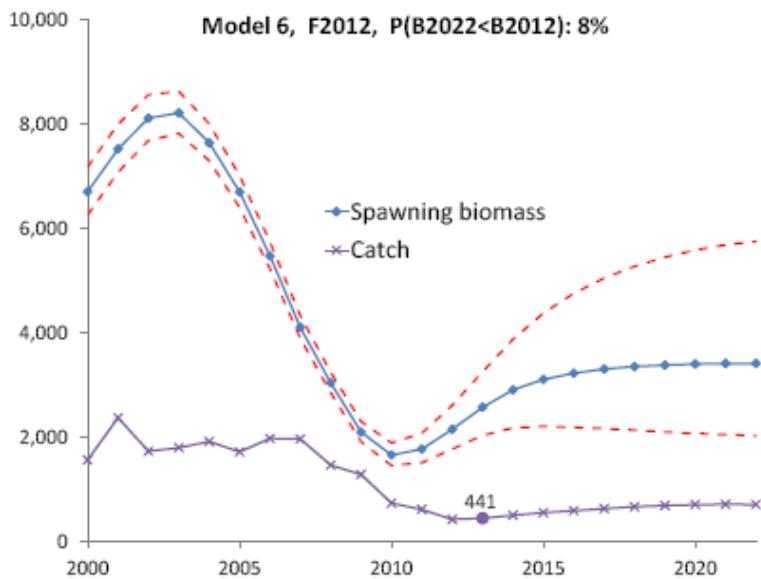


Figura 9. Biomasa desovante y capturas del jurel proyectadas con niveles de mortalidad por pesca similares al del 2012.

3.4. Recomendaciones para futuras reuniones de Grupo de Ciencias

Diversas recomendaciones fueron hechas sobre las futuras reuniones del Grupo de Ciencias (SWG), reiterándose la necesidad de extender el tiempo de análisis en 2 días para la revisión de datos y evaluación de stock. Adicionalmente se recomendó la generación de un grupo de trabajo de evaluación de stock. Mayores detalles en **Anexo 1**.

3.5. Programa de investigación del jurel

El programa de trabajo del jurel es parte del programa de investigación genera del SPRFMO que ha sido incluido en el anexo 6 del reporte del Grupo de Ciencias y que puede ser descargado de <http://www.southpacificrfmo.org/eleventh-meeting/>. Para el jurel, el programa considera los siguientes componentes: 1) Biología y Ecología, 2) Estructura poblacional, 3) Evaluación de stock y 4) Conservación, plan de reconstrucción y procedimientos de manejo. La idea es que el Comité Científico del SPRFMO revisará este programa, priorizará actividades y regularmente actualizará su programa de investigación.

El grupo consideró que para una mejor asesoría sobre la pesquería del jurel, son prioritario avances en las siguientes áreas:

- Estudios sobre estructura poblacional: Se refiere a investigación de diversos aspectos relativos a la estructura poblacional. Se propuso avanzar en un análisis de simulación dentro de un marco de



trabajo de Evaluación de Estrategias de Manejo con el fin de completar el vacío entre incertidumbre de la estructura poblacional y medidas de manejo.

- Determinación de edad. Se propuso el intercambio de imágenes. La colaboración del Perú podría ser fundamental para la validación de la edad en el área norte de la distribución del jurel.
- Estandarización acústica. La estandarización del diseño del crucero y el modelamiento del hábitat potencial podría ser considerado, especialmente en el jurel donde el objetivo es altamente móvil y no necesariamente en el mismo lugar todos los años. Estas actividades podrían ser desarrolladas bajo la supervisión del grupo de trabajo ICES FAST.
- Fue sugerido que la grabación de datos referidos a la captura incidental de aves.

Además de lo anterior, se presentaron los Términos de Referencia de un proyecto de la Comunidad Europea a iniciarse a fines del 2012, y cuyos principales objetivos son: 1) Identificación de la estructura poblacional más probable del jurel, 2) Identificación de los objetivos de manejo, 3) Evaluación de estrategias de manejo para lograr estos objetivos. Diferentes miembros de la SPRFMO han sido invitados a colaborar para asegurar que los resultados sean de utilidad para la gestión de este recurso.



4. DOCUMENTOS PREPARADOS PARA LA XI REUNION DEL SGW-SPRFMO

4.1. Impacto de la nueva ojiva de madurez en la biomasa desovante del jurel

Por Cristian Canales

Resumen

Se evalúa el impacto de incorporar la nueva ojiva de madurez sexual en las estimaciones de biomasa desovante derivadas del modelo base empleado durante el 2011. En el modelo de evaluación de stock la ojiva de madurez sexual es empleada para estimar la biomasa desovante , la cual no es parte del proceso de ajuste del modelo de evaluación de stock. Esto se debe a que la biomasa desovante estimada a través de MDPH utiliza su propia composición de edades, lo cual sugiere un efecto selectivo particular.

Antecedentes

La estimación de la biomasa desovante del jurel es relevante tanto desde la perspectiva del conocimiento de la variable poblacional, como indicador relevante para definir el status. La condición actual del recurso es menor al 5% de la biomasa desovante que hubiese existido sin pesca (RPR). Por otra parte, recientes estudios han demostrado que la edad media de madurez sexual de este recurso es menor a la hasta ahora empleada (Leal y otros, 2012), razón por la cual es de interés conocer el impacto que tiene esta ojiva de madurez sexual en la evaluación de la población y la determinación de su condición de explotación.

Metodología

Se consideraron las salidas del modelo base JJM del jurel derivadas de la evaluación del stock realizada en Vanuatu 2011. Dichas variables de salida corresponden a la matriz de abundancia (N) y la mortalidad total (Z). La biomasa desovante del jurel se estima para cualquier año como:

$$BD = \alpha N_a O_a W_a \exp(-0.875 Z_a) \quad (1)$$

donde O es la ojiva de madurez sexual, W el peso medio a la edad y 0.875 es la fracción del año donde ocurre del desove (mitad de noviembre). El indicador de reducción de stock es definido como la Razón de Potencial Reproductivo:

$$RPR = BD / BD_{0,t} \quad (2)$$



Las ojivas de madurez sexual analizadas se entregan en la **Tabla 1** junto al peso medio a la edad supuesto invariante en el tiempo.

Tabla 1.
Ojivas de madurez sexual y peso medio del jurel.

	Edad (años)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
MS antigua	0.000	0.040	0.500	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MS nueva	0.312	0.725	0.939	0.989	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
w (kg)	0.064	0.106	0.167	0.251	0.328	0.415	0.518	0.625	0.752	0.898	1.206

Resultados

Se consideraron las salidas del modelo base JJM del jurel derivadas de la evaluación del stock realizada en Vanuatu 2011. Dichas variables de salida son la matriz de abundancia y la matriz de mortalidad total.

Como era de esperar, una menor edad de madurez sexual implica un mayor rango de edades maduras, lo cual conlleva a que con la nueva ojiva de madurez sexual la biomasa desovante y la condición más reciente del recurso mejore al doble de la situación base (**Tabla 2, Figuras 1 y 2**). La biomasa desovante del jurel con esta nueva ojiva alcanza un valor de 1,2 millones de toneladas al 2011 y el nivel de reducción del stock se ubicara en torno al 8%, situación que no mejora la condición del recurso, la cual sigue siendo de sobre-explotación con niveles de reducción de la población más allá de un nivel considerado límite como es un RPR=0,2 y en régión de colapso (RPR<0,1).

Tabla 2.
Biomasa desovante y RPR del jurel al 2011 para dos escenarios de madurez sexual.

	antigua	nueva
Biomasa (millones ton)	686	1274
RPR	4%	8%

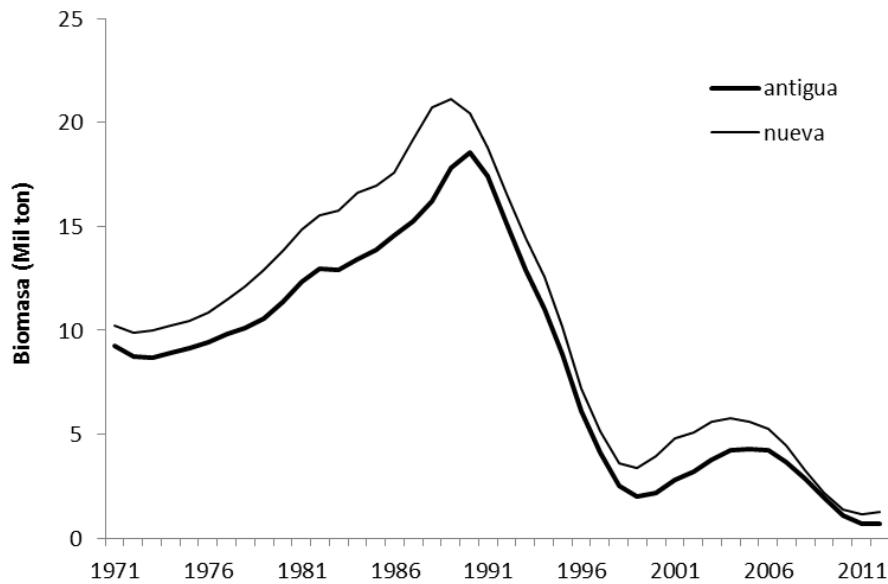


Figura 1. Biomasa desovante del jurel para dos escenarios de ojiva de madurez sexual.

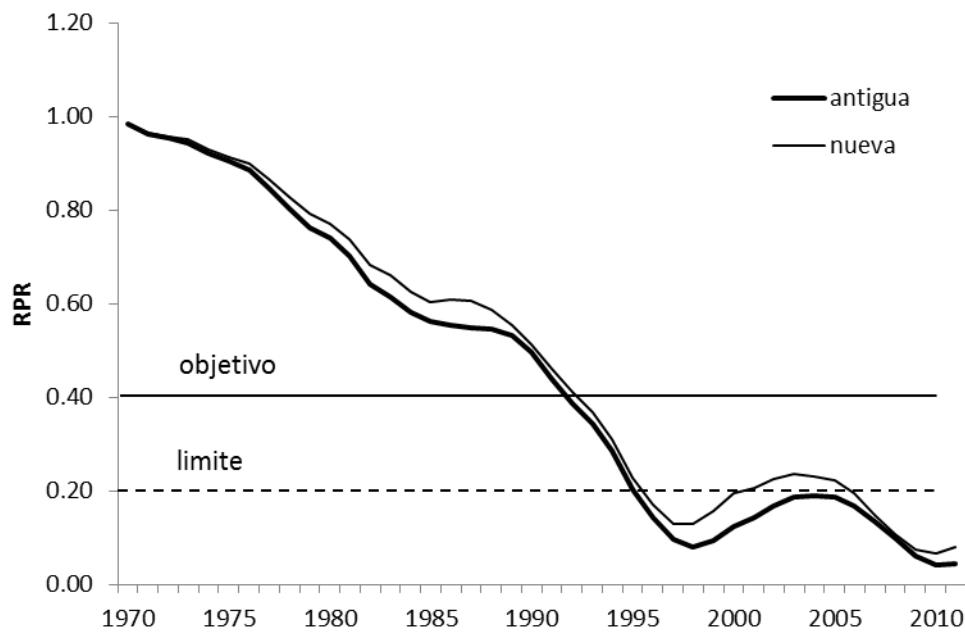


Figura 2. Razón de Potencial Reproductivo del jurel para dos escenarios de ojiva de madurez sexual.



4.2. Análisis de sensibilidad de la biomasa desovante del jurel frente a variaciones en la selectividad

Por Cristian Canales

Introducción

La evaluación de stock del jurel considera la operación de 4 flotas de pesca, las que corresponden a la flota “Farnorth” que considera al Perú y Ecuador, “North-Ch” que considera la flota de la zona norte de Chile, “Csouth-Ch” correspondiente a la flota centro-sur de Chile y la flota “Offshore” que opera frente a Chile fuera de la ZEE y se encuentra constituida por variadas naciones siendo las más importantes la República de China y la Comunidad Europea. Cada flota ejerce su presión o mortalidad de pesca de manera diferencial respecto de los grupos de edad que componen la población, y por ende la distribución de la mortalidad por pesca (selectividad) sobre estos grupos de edad es un elemento importante a considerar en la futura recuperación del jurel.

En este trabajo se realiza un análisis de sensibilidad de la biomasa por recluta de largo plazo con el objeto de evaluar el impacto individual que tendría cada flota en la biomasa desovante futura, esto frente a variaciones en sus niveles de mortalidad por pesca.

1. Metodología

Análisis de equilibrio

El análisis de biomasa por recluta considera que la estructura de edades de la población (N_a) en equilibrio y largo plazo puede ser representada por

$$N_a = \begin{cases} R_0 & a = 2 \\ R_0 e^{-\sum_{i=2}^a (i-1) Z_{a-1}} & 3 \leq a \leq 12 \\ N_a / (1 - e^{-Z_a}) & a = 12+ \end{cases} \quad (1)$$

Donde R_0 es el reclutamiento, Z es la mortalidad total. La mortalidad total depende de la mortalidad natural ($M=0.23$), la mortalidad por pesca (F_{cr}) y la selectividad (S) en la forma:

$$Z_a = M + \sum_f F^f S_a^f \quad (2)$$

La mortalidad por pesca (F) total, representada por el segundo término de la eq.(2), corresponde a la suma de las 4 flotas (f), cada una con su propio patrón de explotación o selectividad definida por S_a .



Por su parte la biomasa desovante por recluta es dependiente de la mortalidad total y se estima a mitad de noviembre como:

$$SSB/R = \sum_a N_a O_a w_a e^{-0.875 Z_a} \quad (3)$$

donde O y w son los vectores de madurez sexual y peso medio a la edad, respectivamente (**Tabla 1**). El análisis considera la evaluación de la biomasa desovante por recluta de largo plazo eq(3) frente a variaciones individuales de la mortalidad por pesca de cada flota.

Tabla 1.
Parámetros biológicos y mortalidad por pesca del jurel.

Parameter	Age (yr)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
Maturity ¹	0.31	0.73	0.94	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Weigth (kg)	0.06	0.11	0.17	0.25	0.33	0.42	0.52	0.63	0.75	0.90	1.21
F's mortality by fleet in 2011											
North Ch	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Csouth Ch	0.00	0.01	0.05	0.11	0.20	0.24	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Farnorth	0.02	0.09	0.19	0.28	0.20	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Offshore	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.08	0.12	0.08	0.08	0.08

¹ Leal *et al* (2012).

2. Resultados

Patrones de selectividad y mortalidad por pesca

La selectividad total de la flota ha tenido importantes variaciones en el tiempo, identificándose un período inicial hasta 1991 en el cual predominó la flota de cerco de la zona norte de Chile cuya selectividad es tipo "dome-shape" (**Figura 1**). Desde 1992 junto a la operación de la flota internacional fuera de la ZEE (ex-URSS) y la mayor actividad de la flota de cerco de la zona centro-sur de Chile, la selectividad tomó una forma logística con variaciones importantes en la edad media de selectividad. La mortalidad por pesca del año 2011 es representativa de este último período e indica que la flota Csouth-Ch es la que mayor presión de pesca ejerció sobre los grupos de edades mas longevas (>8 yrs old), mientras que sobre los juveniles y los grupos de edad intermedia (<5 yrs old) predominó la flota Farnorth (**Figura 2**). Cabe destacar también el bajo nivel de mortalidad por pesca registrado por la flota North-Ch. (SWG-SPRFMO, 2011).

Por otra parte y en términos de selectividad 2011, esto es la mortalidad por pesca normalizada a su valor máximo, se destacan dos grupos de selectividad o explotación por edades: la flota North-Ch y Farnorth orientadas sobre juveniles menores a 5 años de edad, y la flota CSouth-Ch y Offshore que operan en zonas similares y por ende vulneran principalmente al segmento adulto de la población (**Figura 3**).

Biomasa desovante por recluta en el largo plazo

La biomasa desovante por recluta disminuye mientras se incrementa la mortalidad por pesca, pero esta reducción es distinta dependiendo de la selectividad que sea considerada. En efecto, la **Figura 4** representa el efecto individual que tendría cada flota en la biomasa desovante de largo plazo, es decir, si la explotación se desarrollara siguiendo una determinada selectividad según flota. En este caso se destaca que la flota que potencialmente tendría mayor impacto sobre la biomasa desovante de largo plazo es la flota “North-Ch”, la que indica por ejemplo y en el extremo, que un valor $F=0.4$ generaría el escape del 26% de SSBo, mientras que para el mismo nivel de mortalidad, la selectividad de la flota “Offshore” permite el escape o sobrevivencia del 46% de SSBo.

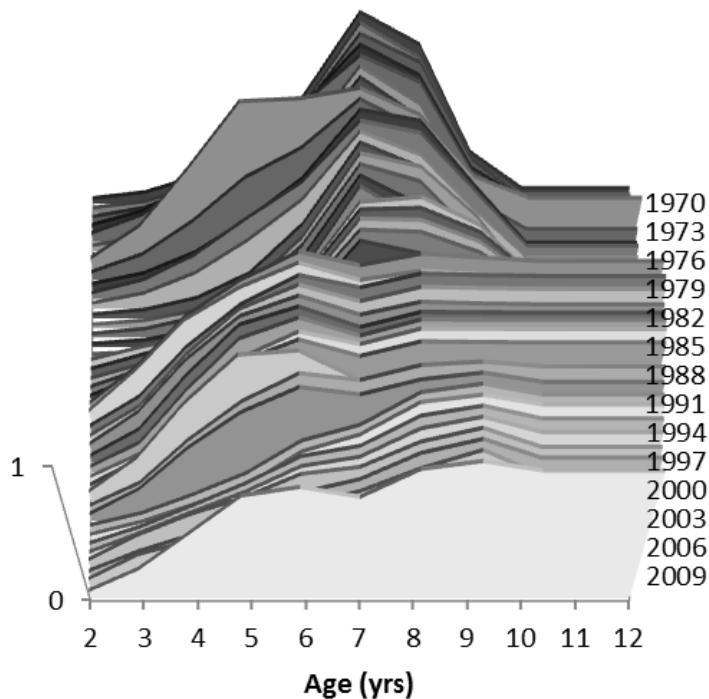


Figura 1. Selectividad de la flota que ha operado sobre el jurel 1970-2011.

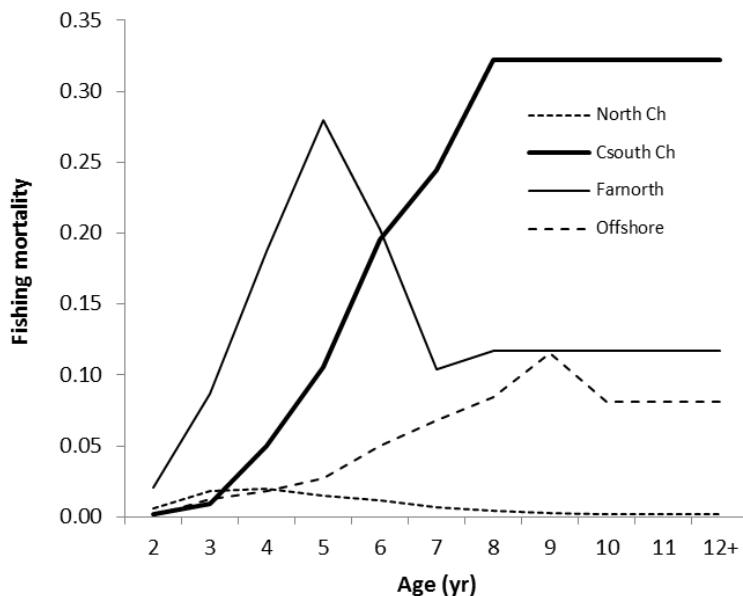


Figura 2. Mortalidad por pesca del jurel por tipo de flota al 2011.

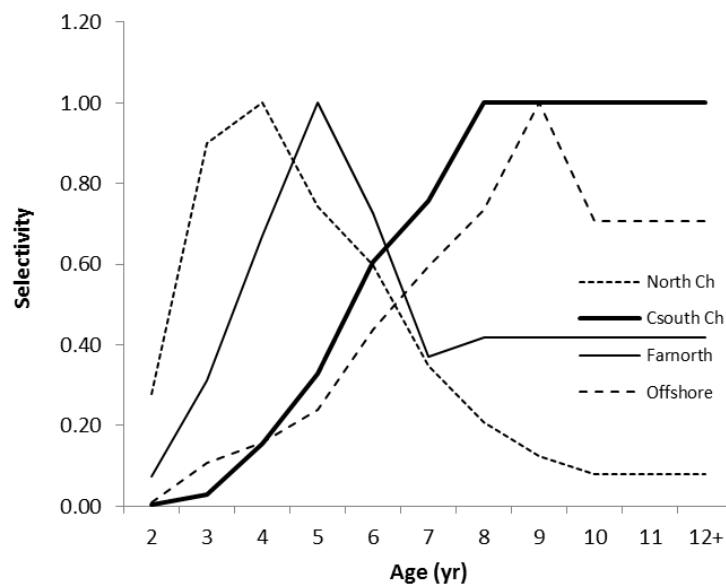


Figura 3. Selectividad o patrón de explotación del jurel por tipo de flota al 2011.

Por otro lado y considerando *la condición actual de explotación* (al 2011), se destaca que de mantenerse los niveles actuales de mortalidad por pesca para cada flota (F' 's multiplier =1.0), el nivel de sobrevivencia poblacional en el largo plazo alcanzaría al 22% de SSBo (**Figura 5**). Sin embargo, si en esta situación se reduce a la mitad solo la mortalidad por pesca de la flota "Farnorth", el nivel de reducción poblacional podría ser menor y la sobrevivencia alcanzaría el 30 % de SSBo. En este mismo ejercicio, la segunda flota con mayor impacto es la flota "Csouth-Ch" en cuyo escenario la sobrevivencia poblacional llegaría al 26%. Se destaca también que para las restantes flotas, variaciones en mortalidad por pesca tienen menor impacto en la reducción o recuperación de la población.

Cabe mencionar que este último análisis es dependiente de la distribución de la mortalidad por pesca por flotas, de manera que los resultados son solo relativos a la condición 2011, año en el cual el mortalidad por pesca de la flota Farnorth fue inusitadamente alta. Durante el 2012 la mortalidad por pesca de esta flota disminuyó significativamente con lo cual el mayor impacto en la conservación lo tiene ahora la flota centro sur (**Figura 6**).

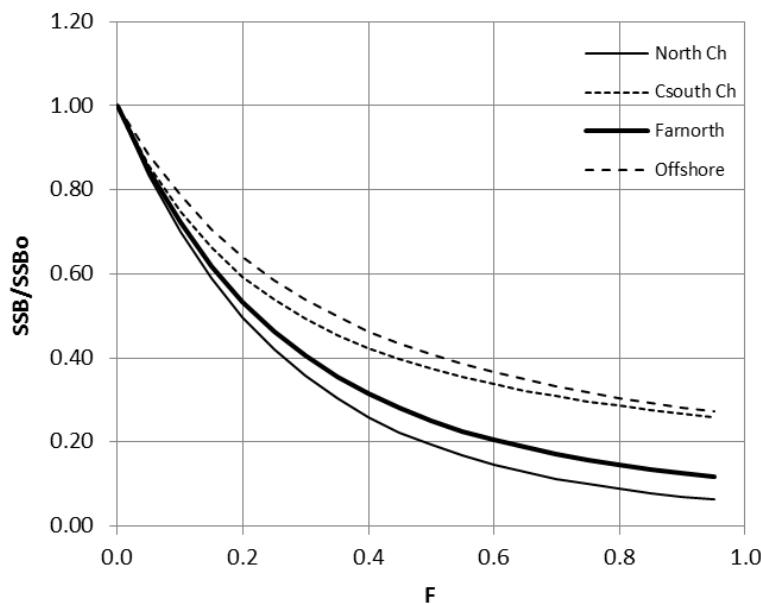


Figura 4. Variaciones de la biomasa desovante por recluta del jurel de largo plazo respecto de la mortalidad por pesca individual por flota.

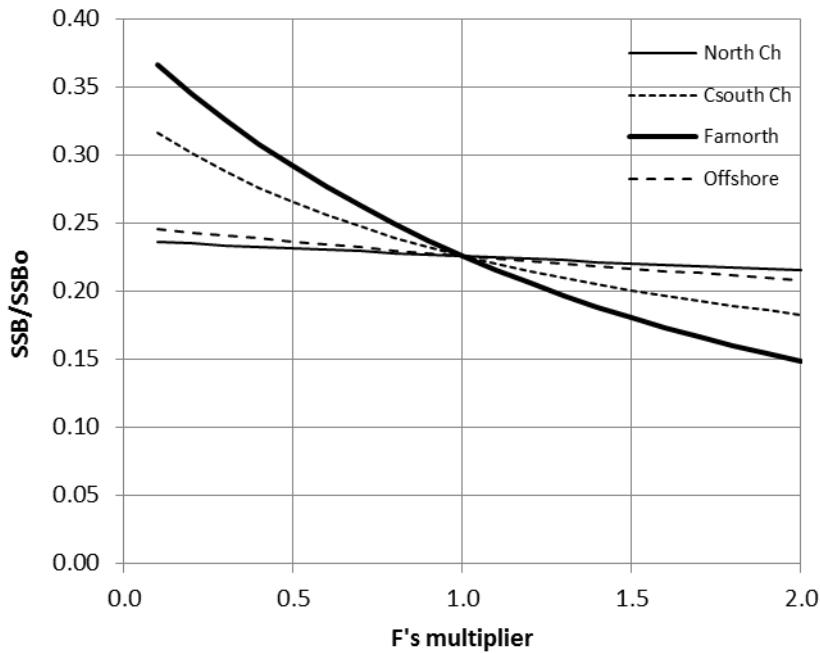


Figura 5. Biomasa desovante por recluta del jurel de largo plazo frente a variaciones de la mortalidad por pesca 2011 por flota.

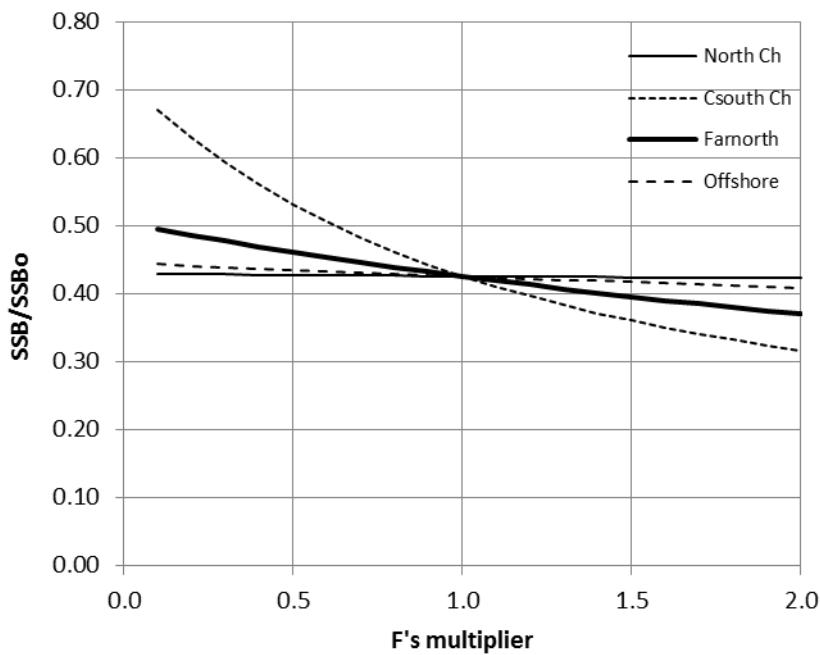


Figura 6. Biomasa desovante por recluta del jurel de largo plazo frente a variaciones de la mortalidad por pesca 2012 por flota.



3. Conclusiones

Se realizó un análisis de sensibilidad de la biomasa desovante en el largo plazo frente a variaciones individuales de la mortalidad por pesca ejercida por cada flota. El análisis de biomasa desovante por recluta indica que la flota “North-Ch” es la que potencialmente tiene mayor efecto tiene sobre la sobrevivencia de la población desovante, aspecto que está controlado mientras se mantenga reducida su mortalidad por pesca a los niveles registrados el 2011.

Respecto del impacto de la estructura de la mortalidad por pesca o patrón de explotación en el tiempo, se determinó que esta es muy dependiente de como se distribuyan las capturas por flotas, así por ejemplo durante el 2011 la flota con mayor impacto sobre la recuperación del jurel fué la flota “Farnorth”, en tanto que el 2012 fue la flota “Csouth-Ch” la que en promedio ha tenido mayor influencia en la recuperación de la población desovante.



4.3. Evaluación de la población del jurel bajo dos hipótesis de unidades de stock

Por Cristian Canales

1. Introducción

En el taller del Jurel realizado en FAO 2008 en el marco de la OROP-PS (SPRFMO), una de las principales conclusiones fue la relativa a las unidades de stock de este recurso: Las hipótesis propuestas correspondieron a las siguientes:

- H1: El jurel capturado frente a las costas de Perú y Chile constituyen stocks separados y transzonales.
- H2: El jurel capturado frente a las costas de Perú y Chile constituye un único stock transzonal
- H3: El jurel capturado frente a las costas de Chile constituye un stock independiente y transzonal, cuya extensión llega a 120°W.
- H4: El jurel capturado frente a las costas de Chile constituye stocks independientes y transzonales de alta mar.

La evaluación de stock realizada en el SGW-SPRMFO ha considerado solo la hipótesis H2, dejando de lado la hipótesis H3 que había sido la tradicionalmente empleada en Chile para fines de manejo pesquero. En este trabajo se realiza una comparación de ambas hipótesis (H2 y H3) respecto de la evaluación de stock con el fin de evaluar los impactos que tendrían para el manejo pesquero.

2. Metodología

El modelo de evaluación de stock del jurel “Joint Jack Mackerel Model (JJM)” corresponde a un análisis de captura a la edad que considera la operación de 4 flotas, composiciones de edades y tallas de las capturas y cruceros, y el uso de 9 índices de abundancia en una serie que se inicia en 1970 (más detalles ver Serra y Canales (2012)). Los resultados de la evaluación de stock conjunta basada en H2 han sido informados en Vanuatu 2011 (Annex SWG 10-03), los que se comparan respecto del escenario H3 que consiste en excluir del análisis los índices y datos relativos a la flota “Farnorth”, constituida escencialmente por la operación de pesca de la flota del Perú y Ecuador en sus aguas jurisdiccionales. En términos de las funciones de verosimilitud y configuración del modelo se mantienen exactamente los mismos estándares establecidos en la última evaluación de stock.

3. Resultados

Reclutamientos

Los reclutamientos del jurel para los dos escenarios se muestran en la **Figura 1**, de la cual destaca en términos generales que tanto la variabilidad como la escala es similar, particularmente a partir de 1984. Destaca una mayor escala para el stock Chile-Perú en el período 1970-1984 lo cual se debe escencialmente a los altos niveles de biomasa acústica del Perú registrados en el período 1983-1993 (**Figura 2**). La recuperación en los reclutamientos más recientes, aunque muy incierta, es advertida en ambos modelos, descartándose el hecho que sea solo influencia de la composición de edades de la zona norte de Chile. En efecto, de las composiciones de edades de la flota “Farnorth” se advierte el paso de una clase anual reclutada el 2009 con moda edad 3 el 2010 y edad 4 el 2011, lo que podría explicar la observación anterior.



Figura 1. Reclutamientos del jurel para dos hipótesis de estructura poblacional.

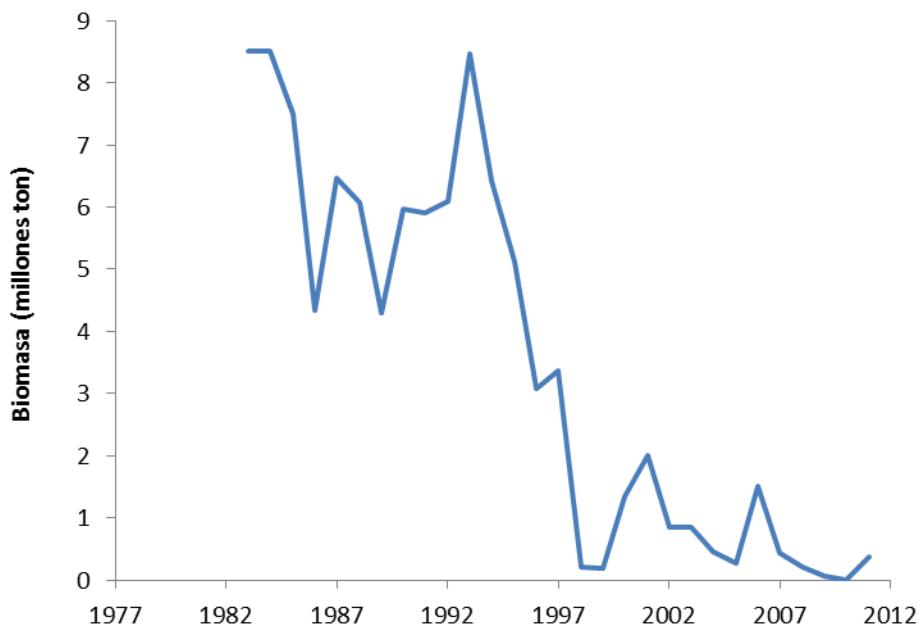


Figura 2. Biomassas acústicas del Perú.

Biomasa

De manera análoga a los reclutamientos, en la **Figura 3** se presentan la biomasa total del jurel estimada para las dos hipótesis de estructura poblacional. La influencia de los altos reclutamientos previo al 1984 según H3 se extiende en la biomasa por una década, explicando entonces que el modelo de un sotock Chile-Perú presente mayores niveles de biomassas respecto del stock Chileno en el período 1970-1995. Existen también otros factores relacionados directamente con los indices de abundancia que en el caso del Perú están disponibles desde 1982 mientras que en Chile solo hacia mitad de los 90s.

La biomasa total para ambas hipótesis son muy similares en los últimos 15 años pero ligeramente mayores en la hipótesis de stock frente a Chile, esto por cuestiones relacionadas principalmente con la escala de algunos reclutamientos puntuales contenidos en la composiciones de edades de las capturas de Chile y los efectos del patrón de explotación. La biomasa así estimada para el 2011 es de 2,72 millones de toneladas para el stock compartido H2 y 3,51 millones de toneladas para el caso de stock Chileno H3. Sin embargo, a nivel de biomasa desovante se registran notables diferencias con 2 millones de toneladas en el caso del stock Chileno y 725 mil ton en el caso del stock Chile-Perú (**Figura 4**).

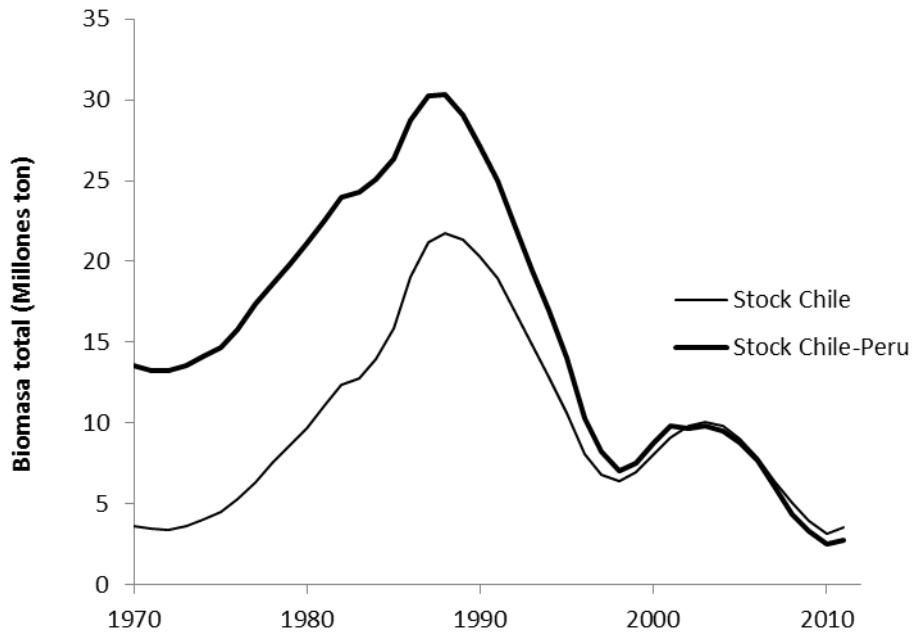


Figura 3. Biomassas total del jurel para dos hipótesis de estructura poblacional.

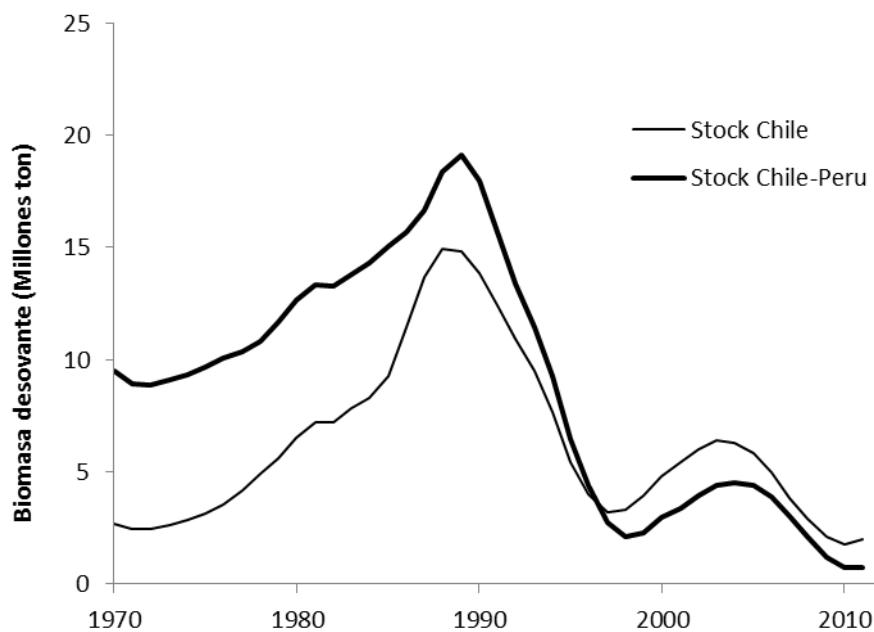


Figura 4. Biomassas desovante del jurel para dos hipótesis de estructura poblacional.

Mortalidad por pesca

La mortalidad por pesca al 2011 es distinta entre unidades de stock para el mismo grupo de edad, siendo significativamente mayor en el escenario de un solo stock Chile-Perú y lo cual explica también el menor nivel de biomasa desovante estimado para el 2011 (**Figura 5**). En términos anuales comparativos, el stock Chileno ha recibido menor nivel de mortalidad por pesca desde el 2004, principalmente el 2011 cuyo nivel es un 65% mas bajo respecto del escenario de stock Chile-Peru. (**Figura 6**).

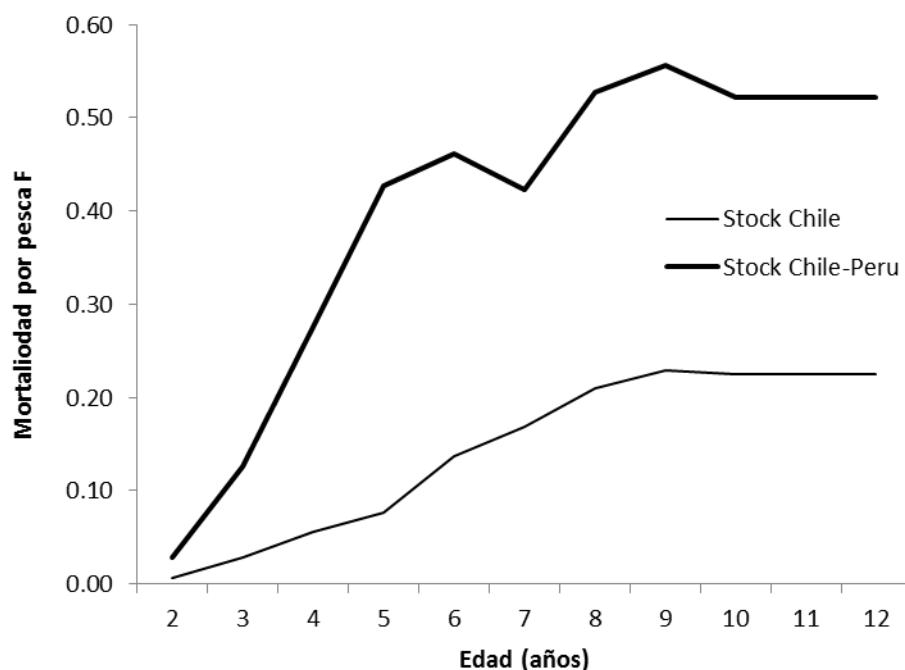


Figura 5. Distribución de la mortalidad por pesca por grupo de edad al 2011 para dos hipótesis de estructura poblacional.

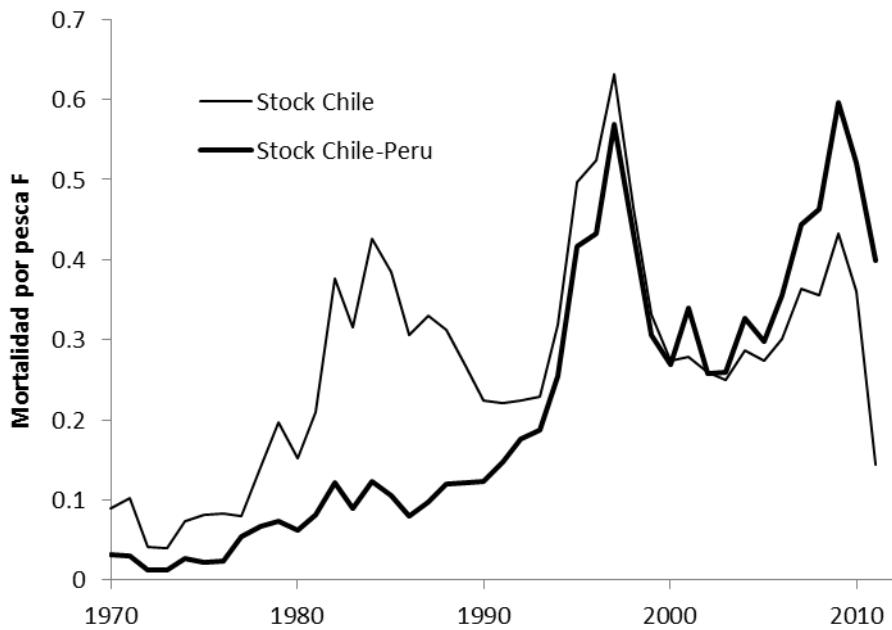


Figura 6. Mortalidad por pesca del jurel 1970-2011 para dos hipótesis de estructura poblacional.

Reducción poblacional

La reducción poblacional es analizada considerando la razón entre la biomasa desovante actual y la que hubiese existido sin explotación (RPR). Como ya fuera informado por Canales (2012a), variaciones en la ojiva de madurez sexual tienen bajo efecto en la razón de biomassas pero no así en la escala de biomasa desovante.

Los resultados se resumen en la **Figura 7** y muestra que para el stock de Chile el valor RPR es mayor respecto del caso Chile-Perú desde 1997 a la fecha. La condición de reducción poblacional en este último escenario es próxima al 13% de la biomasa virgen, mientras en el caso Chile-Perú este nivel es menor al 5%. No obstante estos niveles no cambian la condición de la población y se mantienen muy por sobre el límite de sobreexplotación ($RPR=0,26$) propuesto por Canales (2012b), la proximidad de la condición del stock Chileno al límite duro $RPR=10\%$ podría generar distintas implicancias para el manejo de este recurso en el futuro. Una extensión del análisis del stock Chileno a la nueva ojiva de madurez sexual indica que la condición del stock es proxima al 10%.

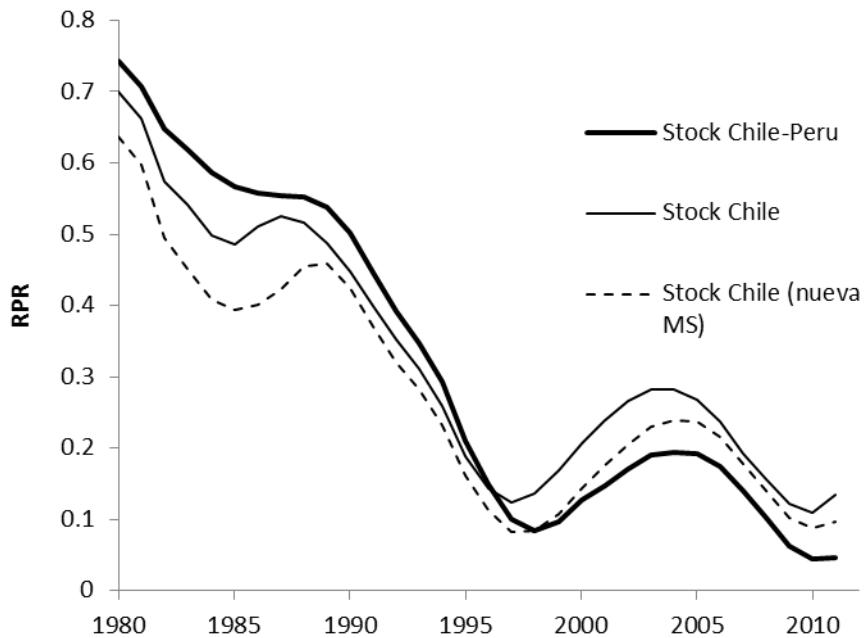


Figura 7. Reducción del stock desovante del jurel para dos hipótesis de estructura poblacional.

Escenarios de explotación.

Se proyecta la población del jurel a 10 años considerando como escenario de reclutamientos el promedio de los últimos 5 años. Cabe señalar que este escenario de reclutamientos se encuentra influenciado por los dos últimos años que sugieren una notable recuperación sin una base biológica que lo sustente. El análisis que sigue consiste en proyectar la población frente a distintos niveles de multiplicadores de la mortalidad por pesca del año 2011, año para el cual la mortalidad del stock Chile-Perú fue 2,3 veces superior a la mortalidad del stock Chileno.

En el caso de la hipótesis de un solo stock Chile-Perú (escenario base), la recuperación del stock al doble de la condición 2011 se obtendría con una reducción de la mortalidad por pesca al 60% ($mf=0,6$) o inferior (**Figura 8**). Esta reducción es consistente con lo informado por Canales (2012b) donde se señala la necesidad de reducir la mortalidad por pesca a valores próximos al F_{MRS} que implican reducir a un 60% la mortalidad por pesca. Con esta estrategia la biomasa desovante podría duplicarse en los futuros 4 años (**Figura 9**) y la captura total inicial (2012) no debiese exceder de 420 mil toneladas, seguida de un régimen creciente que al cabo de 5 años podría estabilizarse en torno a 650 mil toneladas anuales (**Figura 10, Tabla 1 y 2**).

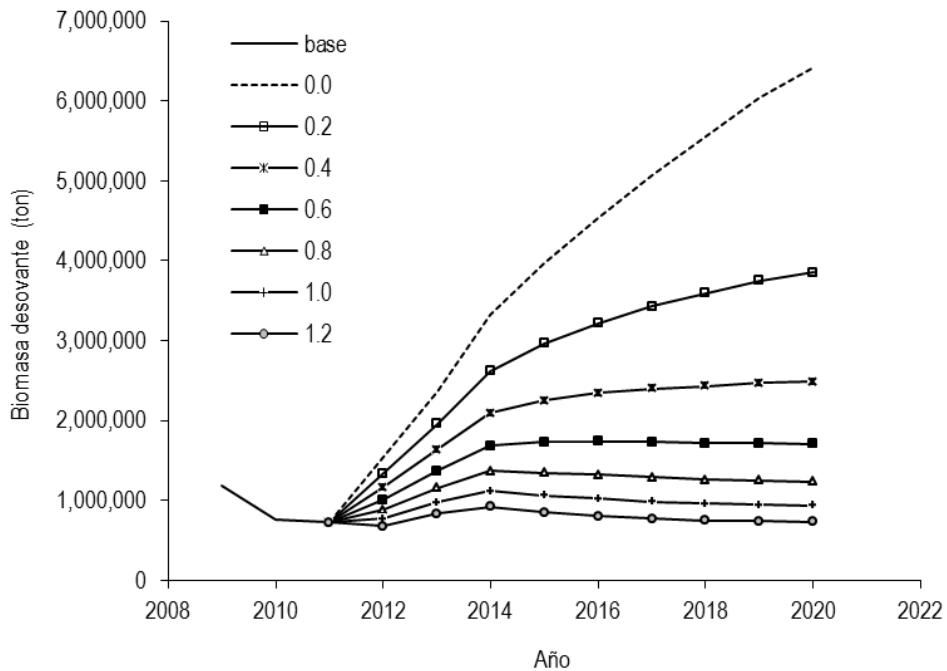


Figura 8. Proyección de la biomasa desovante del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. Stock Chile-Perú.

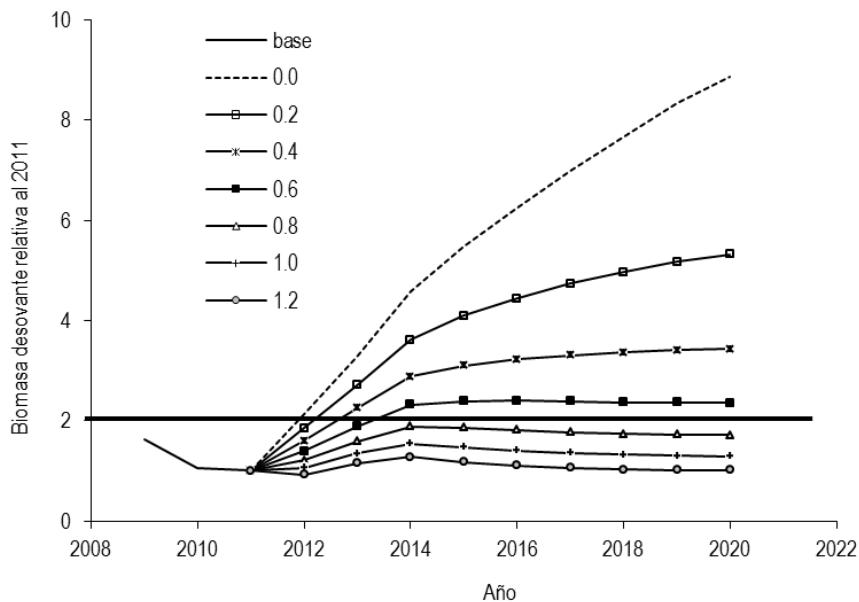


Figura 9. Biomasa desovante relativa al 2011 del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. La línea gruesa representa solo un valor referencial. Stock Chile-Perú.

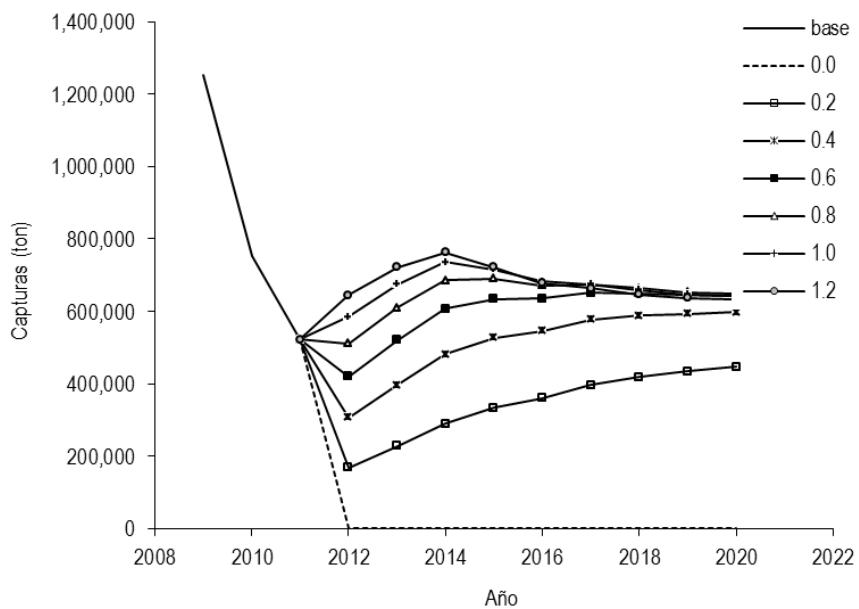


Figura 10. Proyección de las capturas del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. Stock Chile-Perú.

Tabla 1.
Proyección de las capturas del jurel para distintos multiplicadores de F. Stock Chile-Perú.

Año	Multiplicadores de F 2011					
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
2013	228,252	396,505	519,998	610,098	675,287	721,894
2014	289,435	481,251	606,504	686,330	735,143	762,803
2015	332,711	526,164	634,297	690,396	715,037	720,946
2016	360,250	545,400	634,624	671,926	681,722	677,503
2017	396,290	576,891	651,297	674,576	674,246	663,887
2018	418,674	588,726	649,253	663,078	658,205	646,825
2019	434,009	593,405	643,938	652,850	646,953	636,624
2020	446,310	597,251	641,128	647,469	641,507	632,135

**Tabla 2.**

Proyección de la biomasa desovante relativa al 2011 del jurel para distintos multiplicadores de F. Stock Chile-Perú.

Año	Multiplicadores de F 2011					
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
2013	2.71	2.26	1.89	1.59	1.35	1.15
2014	3.62	2.89	2.32	1.89	1.55	1.28
2015	4.09	3.10	2.39	1.86	1.47	1.18
2016	4.44	3.23	2.40	1.82	1.41	1.11
2017	4.73	3.31	2.39	1.78	1.36	1.06
2018	4.96	3.36	2.37	1.74	1.32	1.03
2019	5.17	3.41	2.37	1.72	1.30	1.02
2020	5.32	3.43	2.36	1.71	1.29	1.01

El mismo análisis referido a la hipótesis de un solo stock frente a Chile muestra un desempeño similar en el cual para recuperar la población al doble de la condición 2011 se logra con la reducción de la mortalidad por pesca actual al 60% ($mf=0.6$) (**Figura 11**). Con esta estrategia la biomasa desovante duplica su tamaño en los futuros 5 años (**Figura 12**) e implica la reducción de la captura actual a poco más de 200 mil toneladas para el 2012 (el 2011 se registraron 277 mil ton) seguida de un régimen creciente que en el largo plazo (10 años) podría llegar a las 550 mil toneladas anuales dependiendo del crecimiento poblacional (**Figura 13, Tabla 3 y 4**).

Cabe destacar que en términos generales ambos stocks tienen dimensiones similares en cuanto a la biomasa total y los reclutamientos, pero la diferencia está en el año más reciente de la mortalidad por pesca 2,3 veces mayor en el caso Chile-Perú, lo cual genera una diferencia notable en la biomasa desovante de 2,7 veces mayor en el caso del stock Chileno. Esta sustancial diferencia frente a niveles de reclutamientos promedio similares entre escenarios de stocks, implican que la recuperación del stock Chile-Perú en términos relativos parezca o sea mayor que el stock Chileno.

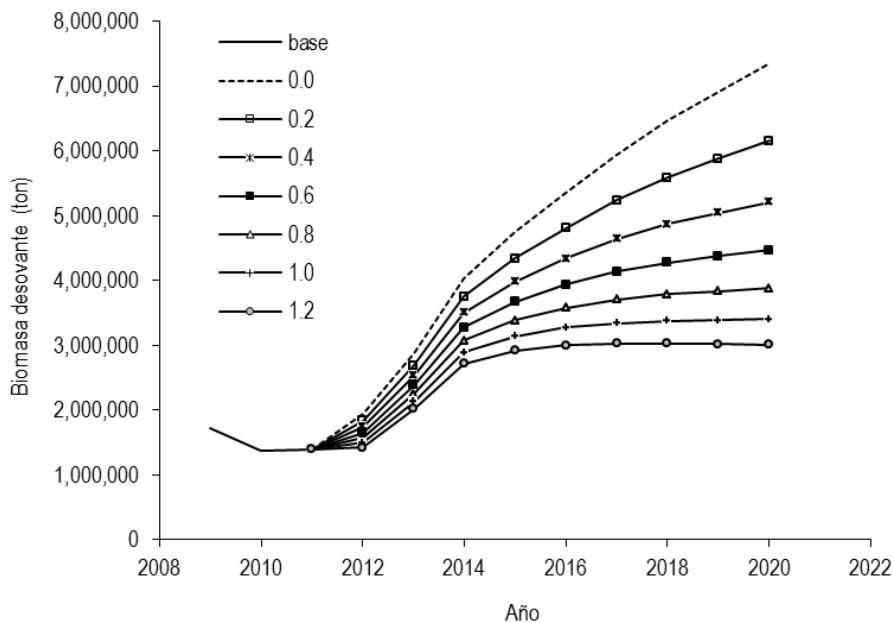


Figura 11. Proyección de la biomasa desovante del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. Stock Chile.

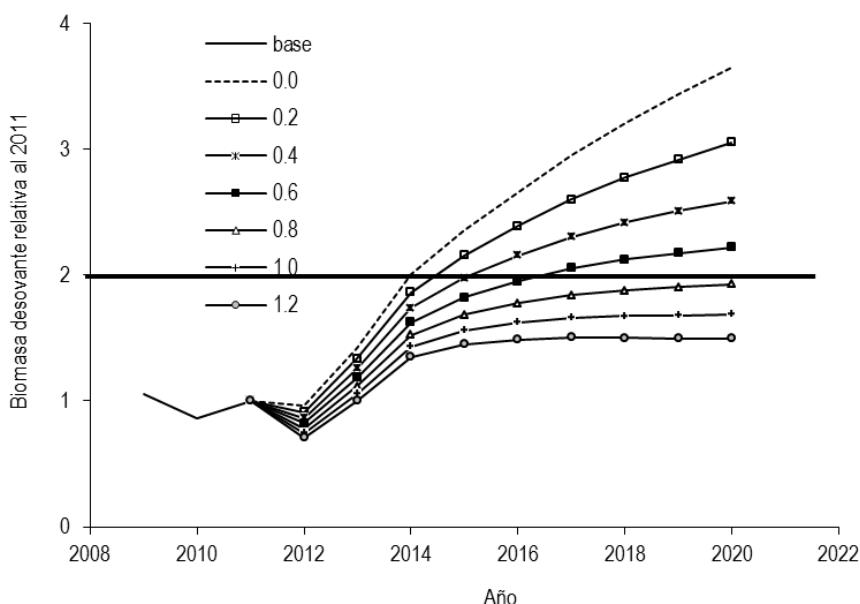


Figura 12. Biomasa desovante relativa al 2011 del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. La línea gruesa representa solo un valor referencial. Stock Chile.

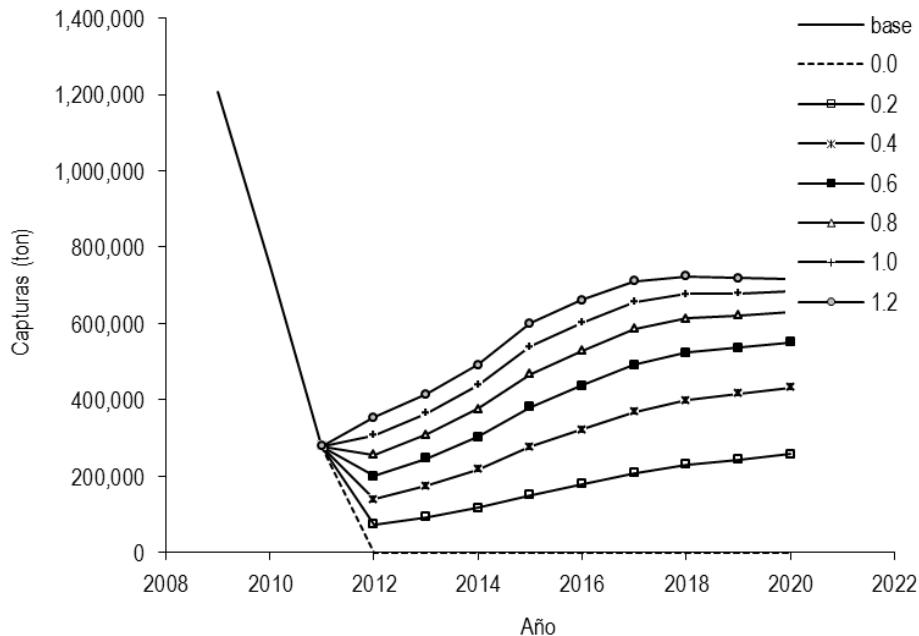


Figura 13. Proyección de las capturas del jurel para distintos escenarios de multiplicadores de F. Stock Chile.

Tabla 3.
Proyección de las capturas del jurel para distintos multiplicadores de F. Stock Chile.

Año	Multiplicadores de F 2011					
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
2013	92,784	174,389	246,235	309,560	365,447	414,840
2014	117,404	217,317	302,559	375,483	438,052	491,905
2015	151,064	276,239	380,322	467,167	539,873	600,937
2016	178,867	321,880	436,478	528,458	602,355	661,722
2017	208,615	368,662	491,378	585,288	656,884	711,133
2018	230,366	399,389	522,984	612,852	677,631	723,720
2019	244,056	416,156	536,960	621,145	679,173	718,520
2020	257,621	432,703	551,104	630,559	683,263	717,612

**Tabla 4.**

Proyección de la biomasa desovante relativa al 2011 del jurel para distintos multiplicadores de F. Stock Chile.

Multiplicadores de F 2011

Año	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
2013	1.34	1.26	1.18	1.12	1.06	1.00
2014	1.86	1.74	1.63	1.52	1.43	1.35
2015	2.16	1.98	1.82	1.68	1.56	1.45
2016	2.39	2.15	1.95	1.78	1.62	1.49
2017	2.60	2.30	2.05	1.84	1.66	1.50
2018	2.78	2.42	2.12	1.88	1.67	1.50
2019	2.92	2.51	2.17	1.90	1.68	1.50
2020	3.05	2.59	2.22	1.93	1.69	1.50

4. Conclusiones

La evaluación comparativa del stock frente a Chile v/s un stock compartido Chile-Perú indica para la primera de estas hipótesis, una mejor condición de explotación al 2011 reflejada en un índice de reducción poblacional del 13%, lo que es mayor al 5% estimado en el modelo base (stock Chile-Perú). Esta diferencia también se traduce en términos de biomasa desovante la cual para el stock Chileno resulta 2,7 veces mayor al stock Chile-Perú, esto explicado principalmente porque el Stock Chileno ha recibido, comparativamente, menores niveles de mortalidad por pesca.

Las proyecciones de la población indican que la biomasa se podría duplicar en 5 años si se aplica una estrategia de mortalidad por pesca constante, lo que implica la reducción de la mortalidad por pesca al 60% de la ejercida el 2011. Los resultados para el stock Chileno sugieren una reducción de captura al 2012 en torno a las 200 mil toneladas, y en el caso del stock Chile-Perú dicho valor es de 420 mil toneladas.



4.4. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) del jurel

Por Cristian Canales

1. Introducción

Se sabe que la renovación de una población está determinada principalmente por la relación desovantes v/s reclutamientos. Esta relación está determinada por la resiliencia expresada en el parámetro “steepness”, y se habla de una población con alta resiliencia (p.ej. $h>0.8$) cuando en el reclutamiento dominan efectos denso-independientes. Estas poblaciones tienen grandes fluctuaciones en su biomasa antes de comprometer la escala de los reclutamientos. Aquí las variaciones del ambiente son puntos clave en las variaciones del reclutamiento. Para el caso del jurel se asume el valor $h=0.75$ que corresponde al empleado en la evaluación de stock actual realizada en el SGW-JMSG (SPFMRO).

Por otra parte, el Máximo Rendimiento Sostenido (MRS) es teóricamente la mayor captura que se puede tomar desde un stock en un periodo de tiempo para valores de reclutamiento estables, siempre y cuando su biomasa se ha reducido a niveles en torno a B_{MRS} . El concepto fundamental de MRS apunta a mantener el tamaño del stock entorno al punto donde la tasa de crecimiento poblacional es máxima.

En este trabajo se aborda la estimación de variables relacionadas con el MRS considerando una propuesta de distribución del parámetro “steepness” y la incertidumbre en los patrones de explotación, independiente de la incertidumbre generada en la evaluación de stock y de la escala de los reclutamientos.

2. Metodología

Análisis de equilibrio

Corresponde a la integración del análisis de rendimiento y biomasa por recluta con el modelo stock/reclutas en función del “steepness” (h). Este parámetro mide la proporción de reducción del reclutamiento asintótico cuando la biomasa se ha reducido al 20% de la condición virginal. La biomasa por recluta en equilibrio es utilizada para el cálculo de la biomasa en equilibrio, la que a su vez determina distintos niveles de reclutamiento de largo plazo.

La estructura de edades de la población en equilibrio está representada por



$$N_a = \begin{cases} R_0 & a = 2 \\ R_0 e^{-\sum_{i=2}^{a-1} Z_{a-1}} & 3 \leq a \leq 12 \\ N_a / (1 - e^{-Z_a}) & a = 12+ \end{cases} \quad (1)$$

Donde R_0 es el reclutamiento asintótico de largo plazo supuesto igual a 1.0, Z es la mortalidad total. La mortalidad total depende de la mortalidad natural ($M=0.23$), la mortalidad por pesca (F_{cr}) y la selectividad (S) en la forma:

$$Z_a = M + F_{cr} S_a \quad (2)$$

Por otro lado, la biomasa desovante se estima a mitad de noviembre:

$$SSB = \sum_a N_a O_a w_a e^{-0.875 Z_a} \quad (3)$$

donde O y w son los vectores de madurez sexual y peso medio a la edad, respectivamente. En este mismo sentido, el reclutamiento generado por la biomasa desovante en equilibrio está representado por el modelo de Beverton y Holt

$$R = \frac{\alpha SSB}{\beta + SSB} \quad (4)$$

Donde

$$\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1}, \quad \beta = \frac{(1-h)SSB_0}{5h-1} \quad (5)$$

el parámetro h ("steepness") se supone conocido mientras que la biomasa desovante virginal (SSB_0) se estima de la ec. (1) y ec (3) en condiciones sin explotación ($Z=M$). De la ec.(4) se deduce que la biomasa desovante en equilibrio en términos de la biomasa desovante por recluta (SSB/R) es:

$$\alpha \left(\frac{SSB}{R} \right) - \beta = SSB \quad (6)$$

La biomasa desovante por recluta se calcula de ec (1) y ec (3) para cualquier valor de mortalidad por pesca F_{cr} , y análogamente la curva de producción en equilibrio se genera de

$$Y^{eq} = R \left(\frac{Y}{R} \right) \quad (7)$$



donde el reclutamiento R viene de ec. (4) y el rendimiento por recluta se estima como:

$$\left(\frac{Y}{R} \right) = \sum_{a=2} e^{-(a-2)Z_a} \frac{F_a}{Z_a} w_a (1 - e^{-Z_a}) \quad (8)$$

Finalmente, la mortalidad por pesca óptima (F_{MRS}) se calcula derivando la ec. (7) respecto de la mortalidad por pesca e igualando a cero:

$$\left. \frac{\partial Y^{eq}}{\partial F_{cr}} \right|_{F_{MRS}} = 0 \quad (9)$$

y la biomasa óptima B_{MRS} se calcula una vez conocida F_{MRS} sustituyendo en ec. (3). Para propósitos de cálculo y derivación, la curva de producción Y^{eq} respecto de F_{cr} fue aproximada a un polinomio de orden 3 para los 5 puntos en torno a MRS dado valores discretos de F. El modelo de cálculo y simulación fue implementado en SCILAB.

Fuentes de incertidumbre

La incertidumbre en las estimaciones fue incorporada vía simulación Monte Carlo del valor de “steepness” (h) y en los patrones de explotación. El “steepness” fue estimado a partir de los datos de reclutamientos y stock desovante tomados de la evaluación de stock (ver anexo). La distribución fue supuesta normal (priori) en torno al valor $h=0.74$ y una desviación $\sigma=0.094$.

$$h \sim N(0.74; 0.09^2)$$

Por su parte, el patrón de explotación fue tomado aleatoriamente a partir de la matriz de mortalidad por pesca generada en la evaluación de stock. El patrón de explotación corresponde a la matriz de mortalidad por pesca normalizada a valores entre 0 y 1. Complementariamente se analizaron dos casos con cambios en la madurez sexual (**Tabla 1**). Otras fuentes de incertidumbre como la mortalidad natural (M) y pesos promedio (Wm) fueron descartadas debido a que estas tienen más implicancias en la escala de los rendimientos de largo plazo que en la asimetría de la curva de equilibrio dada por los parámetros de la relación stock-recluta.

Tabla 1.

Parámetros biológicos del jurel empleado para el análisis de producción de equilibrio.

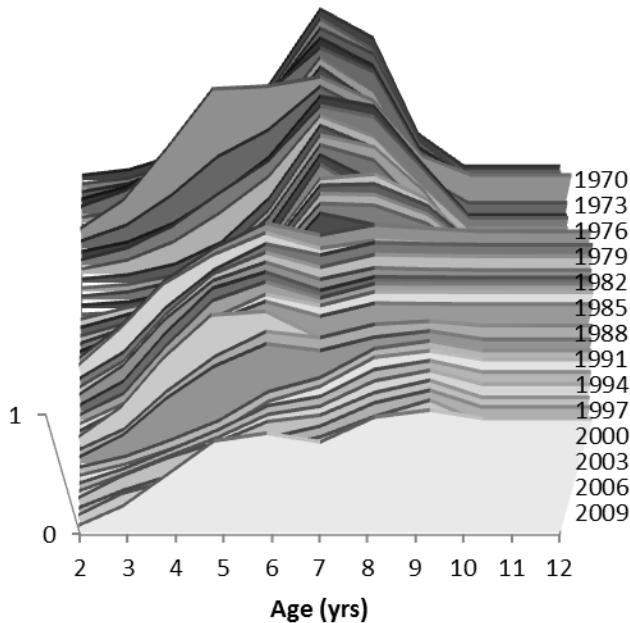
	Edad (años)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+	
Maturity (old)	0.000	0.040	0.500	0.960	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Maturity (new) ¹	0.312	0.725	0.939	0.989	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Weigth (kg)	0.064	0.106	0.167	0.251	0.328	0.415	0.518	0.625	0.752	0.898	1.206	

¹ Leal *et al* (2012).

3. Resultados

Identificación del período de selectividad

La selectividad de la flota ha tenido importantes variaciones en el tiempo, identificándose un período inicial hasta 1991 en el cual predominó la flota de cerco de la zona norte de Chile cuya selectividad es tipo “dome-shape” (**Figura 1**). Desde 1992 junto a la operación de la flota internacional fuera de la ZEE (ex-URSS) y la mayor actividad de la flota de cerco de la zona centro-sur de Chile, la selectividad tomó una forma logística con variaciones importantes en la edad media de selectividad y una tendencia general creciente (**Figura 2**). Para fines del análisis la incertidumbre referida a la selectividad se supone representada por el período 1992-2011.


Figura 1. Selectividad de la flota que ha operado sobre el jurel 1970-2011.

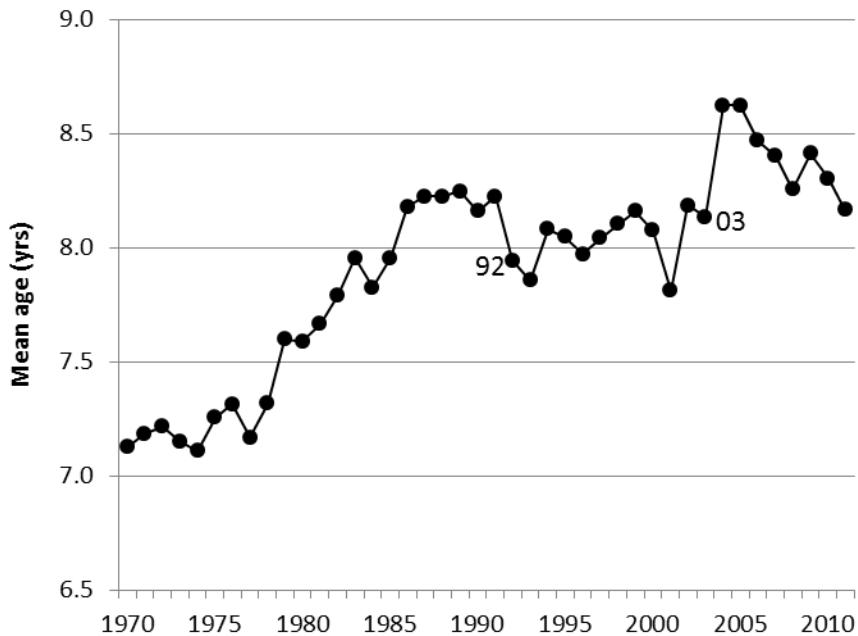


Figura 2. Edad media de selectividad del jurel.

Prior de “steepness” (h)

A menudo este parámetro no puede ser estimado apropiadamente en la evaluación de stock (Hui-Hua, et al 2012, Maunder 2012), por lo cual fue supuesto en base a una distribución de probabilidades normal que al 95% de confianza debiera estar contenido entre 0.6 y 0.9 (Figura 3).

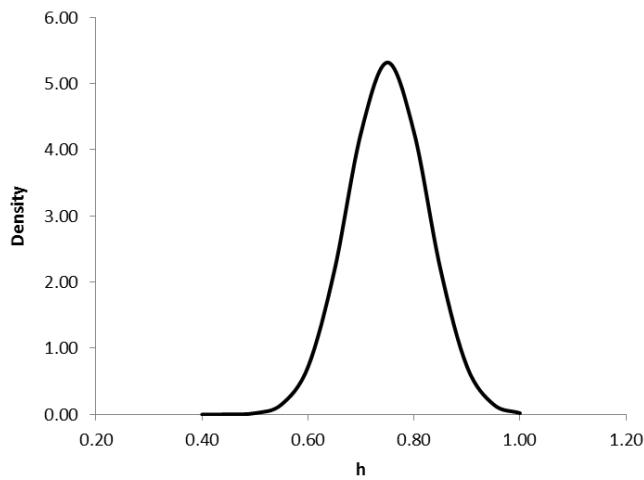


Figura 3. Distribución de probabilidad a priori del “steepness”.

Análisis de equilibrio

Se simularon 2,000 curvas de rendimientos de equilibrio respecto de reducción de la biomasa desovante y mortalidad por pesca, y cuyo detalle se entregan en la **Figura 4**. La reducción de la biomasa desovante virginal (SSB/SSB_0) que genera el Máximo Rendimiento Sostenido (MRS) del jurel no es sensible a cambios en la ojiva de madurez sexual y se encuentra en torno al 0.31 (**Tabla 2**), en tanto que el valor de la mortalidad por pesca en el MRS es $F_{MRS} = 0.24$. Las distribuciones de probabilidad de la SSB_{MRS}/SSB_0 y F_{MRS} son simétricas (**Figura 5**) con coeficientes de variación del 10% y 24%, respectivamente (**Tabla 3**). El análisis también muestra que el MRS se logra cuando el reclutamiento asintótico se ha reducido al 83%-84%.

Los intervalos de confianza al 95% de la SSB/SSB_{MRS} se ubican entre 0.22 y 0.38, niveles que para fines de manejo pesquero podrían ser considerados como límites y objetivos, respectivamente. En la **Tabla 3** se entrega un detalle de otros niveles de riesgo y análogamente se destaca que a un 95% de confianza, la mortalidad por pesca F_{MRS} se encuentra contenida entre 0.11 y 0.37 como candidatos de PBR objetivo y límite, respectivamente.

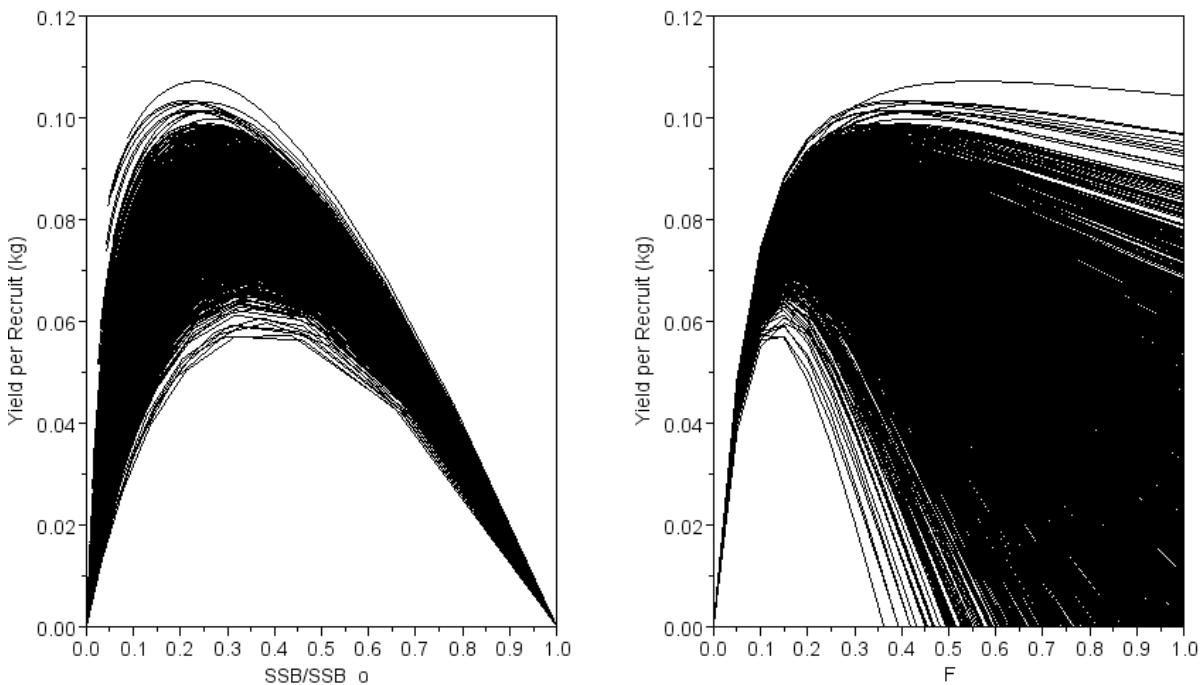


Figura 4. Curvas de rendimientos de equilibrio por recluta del jurel respecto de la reducción del stock (izquierda) y de la mortalidad por pesca (derecha).

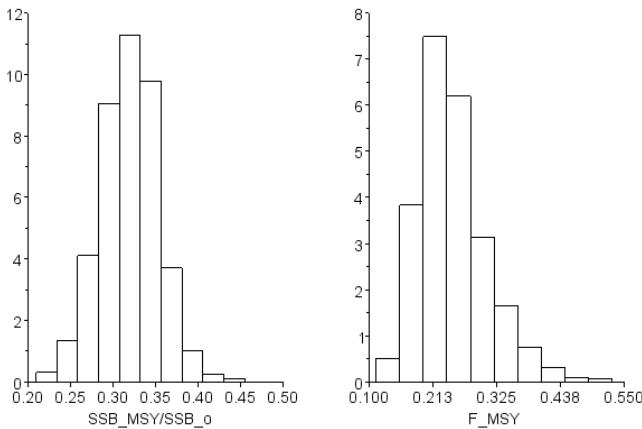


Figura 5. Distribución de probabilidades de la biomasa relativa a la B_{MRS} (izquierda) y de la mortalidad por pesca óptima F_{MRS} (derecha).

Tabla 2.

Resumen de las variables relacionadas con el análisis de producción de equilibrio del jurel.

Scenario	S1	S2
Maturity Ogive	old	new
Fmsy	0.226	0.251
MSY/R (gr)	79.3	82.4
SSBmsy/R (gr)	361.5	419.5
SSBo/R (gr)	1239.1	1343.0
SSBmsy/SSBo	0.309	0.319
Rmsy/Ro	0.832	0.845

Tabla 3.

Reducción del stock y mortalidad por pesca asociados con el MRS y distintos niveles de riesgo.

Risk	SSB/SSB _{msy}		F_{msy}		
	Scenario	S1	S2	S1	
	mean	0.309	0.319	0.226	0.248
	std	0.042	0.033	0.055	0.061
	10%	0.363	0.361	0.156	0.170
	20%	0.344	0.347	0.180	0.197
	30%	0.331	0.336	0.197	0.216
	40%	0.320	0.327	0.212	0.233
	50%	0.309	0.319	0.226	0.248
	60%	0.298	0.311	0.240	0.263
	70%	0.287	0.302	0.255	0.280
	80%	0.274	0.291	0.273	0.299
	90%	0.255	0.277	0.297	0.326
CI	2.5%	0.227	0.254	0.118	0.128
	97.50%	0.391	0.384	0.334	0.368



Cambios de régimen

Complementariamente se evaluó el impacto que podrían tener escenarios de cambios de régimen en la productividad del recurso en el largo plazo y en los valores referidos al MRS. Se ha planteado un cambio de régimen o productividad en este recurso desde mediado de los 80s, lo que se podría haber traducido en la disminución del nivel de reclutamiento promedio (R_o) de largo plazo. Este escenario determinaría nuevos valores de los parámetros de la relación stock-reclutas como se ilustra en la **Figura 6**.

Los resultados indican que frente a una reducción del 50% de la productividad de largo plazo, todas las variables asociadas al MRS disminuyen significativamente. La mortalidad por pesca F_{mrs} se reduce en un 40% y el MRS en un 82%. Lo mismo ocurre con la biomasa virginal disminuyendo en un 79%. No obstante esto, la reducción de la biomasa virgen que genera el MRS (SSB_{MRS}/SSB_0) no sufre mayores variaciones y llega a 0.32, siendo similar a la situación original (**Tabla 4**).

Tabla 4.

Variables relacionadas con el análisis de producción de equilibrio del jurel para dos regímenes de productividad (R_o).

	Bajo ($R_o=0.5$)	Alto ($R_o=1.0$)
F_{msy}	0.15	0.25
msy/R (gr)	14.6	82.4
SSB_{msy}/R (gr)	90.5	419.5
SSB_0/R (gr)	281.608	1343.001
SSB_{msy}/SSB_0	0.321	0.319

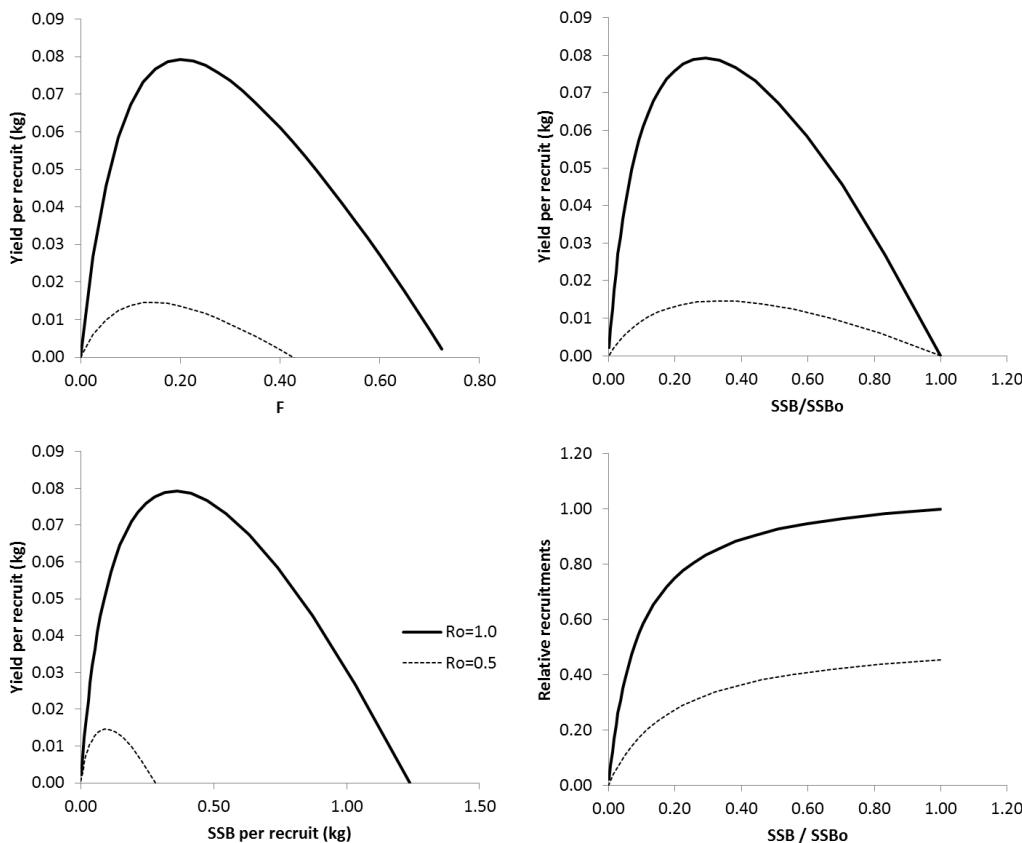


Figura 6. Curvas de producción y reclutamientos de largo plazo del jurel para dos regímenes de productividad.

Diagrama del explotación

El diagnóstico del recurso se establece considerando el nivel de reducción de la biomasa virginal y la mortalidad por pesca respecto de los referentes definidos anteriormente. Estos valores fueron tomados de la evaluación de stock realizada el 2011 y la mortalidad por pesca fue normalizada al valor de F_{MRS} para cada año en función de los cambios en el patrón de explotación (**Figura 7**). La sobrepesca ocurre cuando la mortalidad por pesca relativa es $F/F_{MRS}>1.39$, y la sobre-explotación cuando la reducción del stock es $SSB/SSB_0<0.22$. Asimismo, una condición recomendable de conservación ocurre cuando $F/F_{MRS}<0.6$ y $SSB/SSB_0>0.38$.

La historia de explotación del jurel muestran que la sobre-pesca y sobre-explotación ocurrieron de manera simultánea desde el año 1995 y que las variaciones en la mortalidad por pesca han determinado los cambios de la población (**Figura 8**). La condición de reducción del stock se ha mantenido a la actualidad, y ha generado una sostenida reducción de la población acompañada por bajos niveles de reclutamientos. La reducción de las capturas se ha debido principalmente a la baja

abundancia de la población y altos niveles de mortalidad por pesca (**Figura 9**). De acuerdo con esto y con el objeto de recuperar la población, la primera medida debiese ser reducir la mortalidad por pesca a niveles al menos en torno a $F_{\text{msy}}=0.25$. Complementariamente se propone $\text{SSB}/\text{SSBo}=0.1$ como límite duro que señala el nivel de colapso del recurso donde su recuperación es incierta (Anon, 2007). Este valor viene de aproximar la reducción del stock cuando $F=F_{\text{crash}}$.

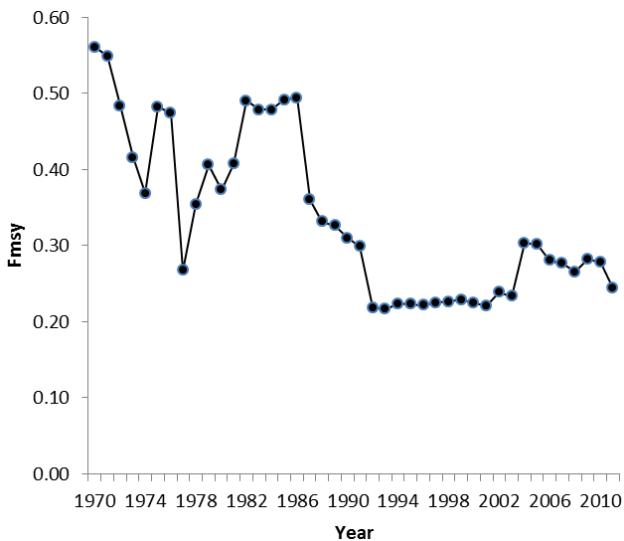


Figura 7. Mortalidad por pesca F_{mrs} por año según selectividad.

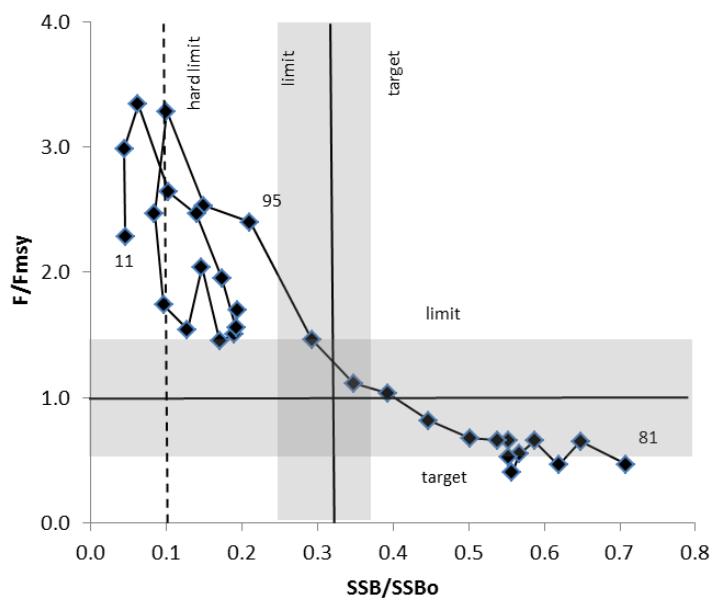


Figura 8. Diagrama de explotación del jurel.

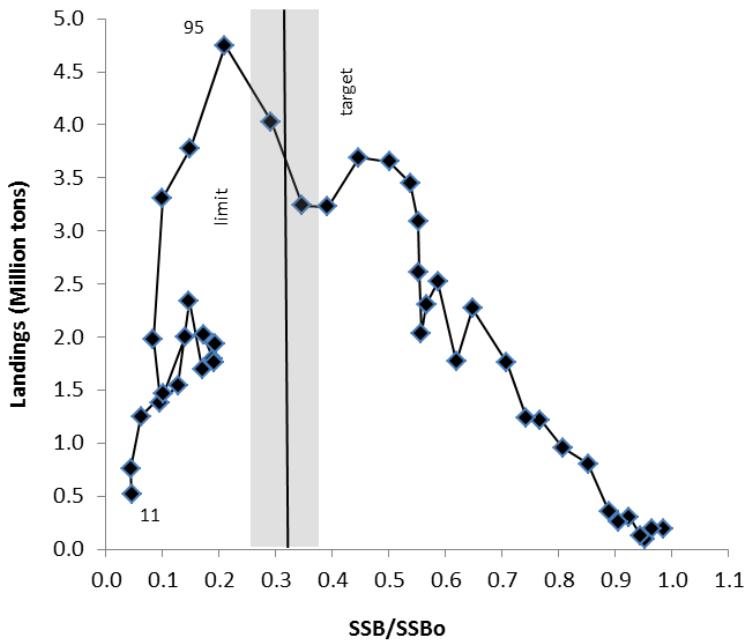


Figura 9. Relación entre la reducción de la población y las capturas del jurel.

4. Conclusiones

Se realizó un análisis de equilibrio bajo condiciones de incertidumbre para diferentes escenarios de madurez sexual y de productividad. Los resultados mostraron que la reducción del stock desovante virginal que genera el MRS es robusta a las distintas fuentes de incertidumbre y es próxima a $SSB/SSBo=0.32$. Considerando su intervalo de confianza al 95%, se propone el límite inferior para definir la sobre-expLOTACIÓN si la reducción de la población es menor a 0.26, y como nivel objetivo el límite superior estimado en 0.37. Analogamente los intervalos de confianza de la mortalidad por pesca F_{MRS} sugieren como límite de sobrePESCA si $F>0.35$ y como objetivo de manejo $F=0.15$. Complementariamente se propone un límite duro equivalente al 10% del stock desovante virginal bajo el cual la recuperación del recurso es incierta.

La condición del stock es de sobre-expLOTACIÓN con niveles de mortalidad por pesca compatibles con sobrePESCA. Para lograr la recuperación de la población a niveles objetivos se recomienda implementar una estrategia de mortalidad por pesca constante y reducir la mortalidad por pesca actual al menos a valores del F_{MRS} .



Appendix: Estimation of jack mackerel steepness

In this work the estimation of steepness "h" is based on a Beverton & Holt S/R model fit, considering the data that comes from the last stock assessment.

$$R = \alpha S * (\beta + S)^{-1}$$

And whose parameters (α and β) in function of h were given en eq.5. The virgin biomass S_0 (=25 mill ton) is calculated from an average recruitment R_0 (=18,7 mill) under equilibrium conditions without exploitation. The model parameters were estimated in ADMB and the error model considers a concentrated likelihood function as:

$$\log L(x, h) = 0.5 * n * \log \left(\sum_i \frac{\log R_i - \log R_t}{h} \right)^2$$

The data of recruitments and spawning biomass were taken from the last stock assessment for the period 1970-2008, and were excluded the latest 3 yrs (2009-2011) due they are the most uncertain on the retrospective estimations. The model fit is shown in **Fig A** where we can see that the confidence interval converges to asymptotic value of R_0 , while the model parameters are given in **Table A**. The results indicate the steepness has a central value $h=0.74$ and a symmetric distribution (like a normal) with variation coefficient of 13% (**Fig B**), whose confidence intervals at 95% are [0.54 – 0.96].

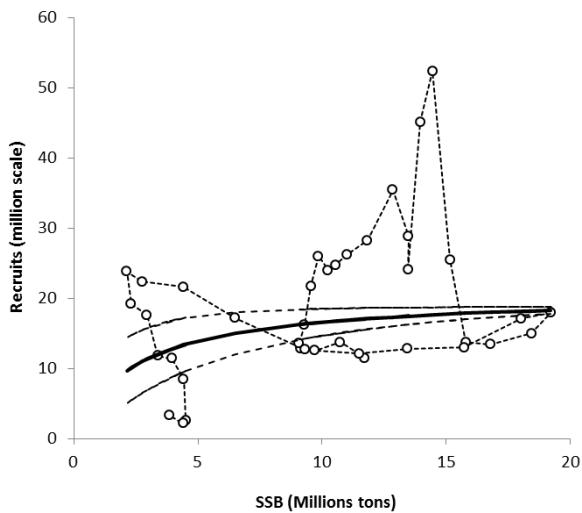


Fig A. S/R model fitted to jack mackerel data in the period 1970-2008. Are shown the confidence intervals at 95%.

Table A.
S/R model parameters fitted to jack mackerel data in the period 1970-2008.

name	value	std
h	0.74	0.09
alfa	2.05E+07	9.65E+05
betta	2.39E+06	1.30E+06

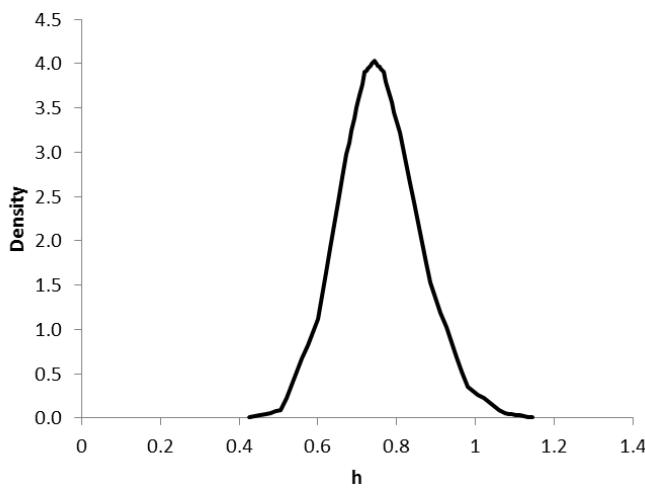


Fig B. Steepness likelihood profile of jack mackerel.



4.5. Evaluación de stock considerando la modelación de las composiciones de tallas del jurel de la flota “Farnorth”

Por Cristian Canales

1. Introducción

El modelo de evaluación de stock del jurel “Joint Jack Mackerel Model (JJM)” corresponde a un análisis de captura a la edad que considera la operación de 4 flotas, composiciones de edades y tallas de las capturas y cruceros, y el uso de 9 índices de abundancia en una serie que se inicia en 1970 (más detalles ver Serra y Canales (2012)). En este esquema, las composiciones de tallas de las capturas internacionales que han operado frente ha Chile centro-sur han sido convertidas a edad considerando la clave edad-talla de la misma flota Chilena que opera en la zona.

Sin embargo, las composiciones de tallas de la flota Peruana “Farnorth” no dispone de claves edad-talla para su conversión, por lo cual hasta la fecha dichas composiciones han sido convertidas a edad utilizando la técnica de “slicing”, que consiste en distribuir individuos a los grupos de edades en base a un modelo de crecimiento y supuestos respecto de su desviación estándar. Con el objeto de incorporar explícitamente estas composiciones de tallas en el JJM, en este trabajo se desarrolla un modelo estocástico para convertir de talla a edad y se implementa como subrutina en el JJM para propósitos de la próxima evaluación de stock.

2. Metodología

El análisis supone que una determinada estructura de tallas se encuentra compuesta por una o más composición de edades, cada una de ellas siguiendo un patrón de distribución normal cuya talla media caracteriza cada grupo etario. Para cada grupo de edad (a) la talla media se establece como:

$$\bar{L}_a = L_{oo} * (1 - \exp^{-k}) + \exp^{-k} * \bar{L}_{a-1} \quad (1)$$

donde L_{oo} y k son parámetros de crecimiento conocidos al igual que la talla modal del primer grupo de edad. La proporción de individuos a la talla (l) por grupo de edad (a) queda representado por una distribución normal y cuya probabilidad se estima:

$$l \sim N(\bar{L}_a, \sigma_a^2)$$

$$p_{l,a} = \int_l^{l+1} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_a^2}(l - \bar{L}_a)^2\right\} dl \quad (2)$$

donde la desviación estándar a la edad es funcional a la talla media a la edad:

$$\sigma_a = CV * \bar{L}_a \quad (3)$$

donde CV es el coeficiente de variación supuesto constante. De este modo, y conocida la abundancia o captura por grupo de edad, la transformación a la talla queda definida por la operación matricial:

$$\hat{C}_{l,t} = p_{l,a} C_{a,t} \quad (4)$$

Para efectos del análisis se consideraron las composiciones de tallas de las capturas del Perú entre 10 y 50 cm de LT en el período 1980-2011 (**Figura 1**), y los parámetros de crecimiento de Gili et al. (1995) (**Tabla 1**). Al respecto y dado que la medición de los jureles en el Perú se realiza en longitud total, la longitud asintótica fue amplificada en un 8% considerando la conversión longitud horquilla a longitud total. Un elemento importante a considerar es que el rango de edades fue ampliado desde el grupo de edad 1 debido a que en las composiciones de tallas del Perú aparecen individuos menores a 15 cm en algunos años de la serie.

El modelo fue codificado en ADMB e integrado al código del JJM. Se definió una nueva componente de verosimilitud multinomial con tamaño de muestra de n=30. Esta tarea fue complementada con las recomendaciones y depuraciones del código realizadas por Dr. Jim Ianelli.

Tabla 1.
Parámetros de crecimiento del jurel (Gili et al, 1995).

Parametro	Valor
Loo (cm)	70.80 LH / 76.5 TL
k (yr ⁻¹)	0.094
to (year)	-0.896

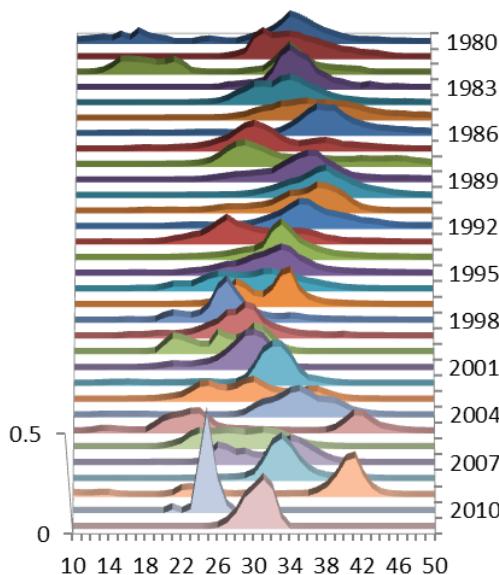


Figura 1. Composiciones de tallas de las capturas peruanas de jurel 1980-2011



3. Resultados

La **Figura 1** representa la distribución de probabilidades de las tallas sobre los 12 grupos de edades calculada en el modelo JJM. La primera talla modal corresponde a la talla media del grupo de edad 1 estimada en 17.8 cm de longitud total. En la **Figura 2** se presentan las composiciones de tallas de las capturas del Perú ajustadas por el modelo JJM en el cual los parámetros de asociados al crecimiento estimados corresponden al coeficiente de variación de la talla a la edad y la talla del primer grupo de edad. De esta destaca en general un ajuste deficiente a la variabilidad interanual y ciertos patrones que sugieren cambios de selectividad en algunos años así como desviaciones de los grupos de tallas que no parecen ser dependientes de la talla promedio a la edad. No obstante esto, a nivel de las variaciones en la talla promedio se observa una adecuada reproducción de los cambios en el tiempo de esta variable (**Figura 3**).

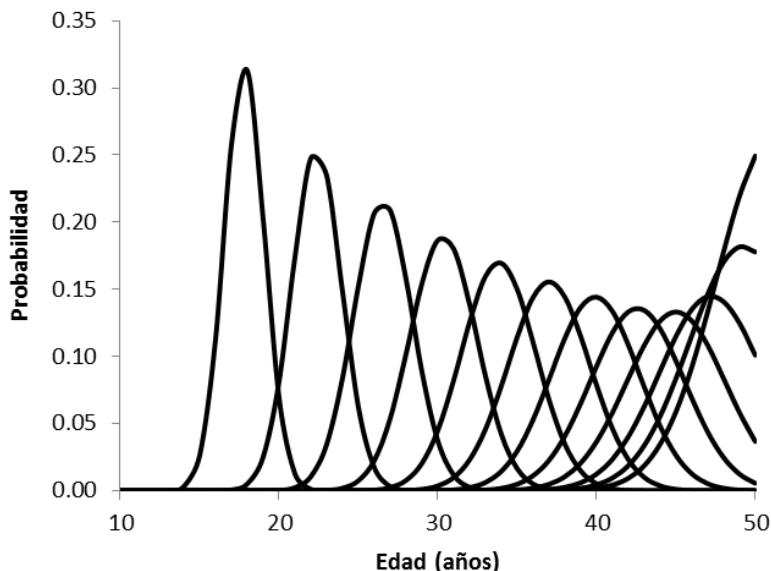


Figura 1. Distribución de probabilidad de los componentes de edades del jurel por talla.

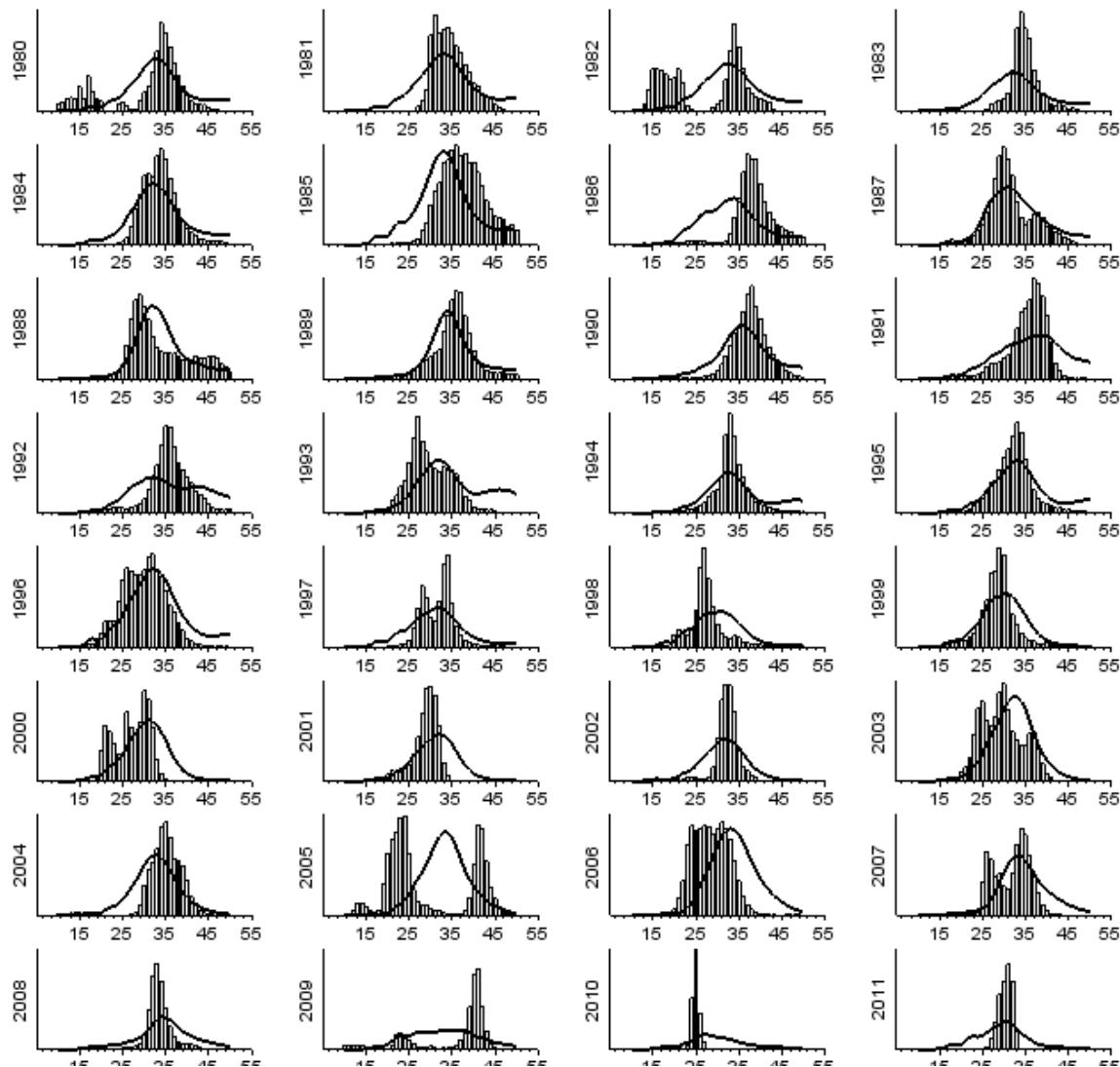


Figura 2. Ajuste de las composiciones de tallas del jurel de las capturas de la flota Peruana. Las líneas representan el modelo.

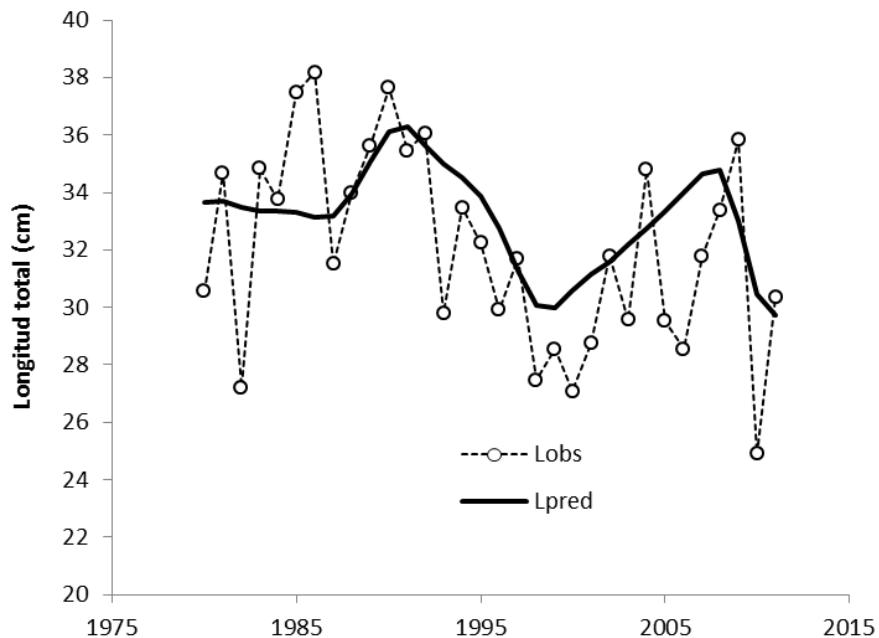


Figura 3. Longitud total promedio de las captura peruanas de jurel y ajustadas por el modelo JJM (la línea gruesa representa el modelo).

No obstante el estado de desarrollo en el cual se encuentra la modificación al modelo JJM, se probaron diferentes configuraciones del modelo con el objeto de evaluar sus implicancias en las estimaciones poblacionales. El resumen de los escenarios se entrega en la **Tabla 1** y se trata de supuestos respecto de los parámetros de crecimiento y tamaños de muestra empleados en la evaluación de stock.

Los escenarios 1 y 2 estiman los parámetros Lo y cv para dos escenarios de tamaños de muestra distintos, en tanto el escenario 3 estima todos los parámetros de crecimiento. El escenario 5 consiste en evaluar el desempeño del modelo para tamaños de muestra variables y el escenario 6 busca evaluar el nivel de estimación de todos los parámetros de crecimiento dada información perfecta generada a partir de las predicciones. En la **Tabla 2** se entrega el detalle de las componentes de la log verosimilitud para cada escenario y son comparables solo los escenarios 1, 3 y 4, de los cuales el escenario 3 es el de mejor desempeño (estimación de todos los parámetros de crecimiento)

El resultado de la evaluación de stock para estos 6 escenarios alternativos fue llevado a cabo generando un archivo *.bat con el objeto de automatizar el proceso. Los reclutamientos y biomasa desovante para cada escenario se entregan en la **Figuras 4 y 5**, destacándose que la inclusión de las composiciones de tallas y los supuestos asociados al crecimiento y tamaños de muestra tienen efecto de diversa magnitud, siendo más sensibles a nivel de las estimaciones de los reclutamientos y en menor medida en las estimaciones de biomasa para los últimos 20 años de la serie.

**Tabla 1.**

Configuraciones del modelo JJM respecto de inclusión de las composiciones de tallas de la flota “Farnorth”.

Scenario	Growth pars estimated	sample size	length comps	Obs
base	-	fixed	no	from Vanuatu
1	Lo, sdage	fixed	true	
2	Lo, sdage	re-estimated	true	
3	Loo, k, Lo, sdage	fixed	true	
4	k, Lo, sdage	fixed	true	
5	Lo, sdage	variable lengths	true	
6	Loo, k, Lo, sdage	fixed	false	Estimated from base model

Tabla 2.

Componentes de la logverosimilitud del modelo JJM según escenario de análisis.

Scenario	Total	Catch	Age	Length	Sel_fsh	Ind	Age_ind	Sel_ind
base	2046.1	9.4	918.2	-	48.8	891.0	130.3	23.4
1	2076.2	8.3	618.4	408.6	46.8	828.3	125.4	25.6
2	1968.4	8.4	586.0	421.9	50.7	784.3	86.0	18.7
3	2017.2	4.9	669.2	421.9	55.8	685.6	149.6	28.3
4	2027.4	5.6	706.6	436.6	51.8	633.7	162.7	29.8
5	1945.3	8.5	603.5	402.9	58.7	751.0	87.2	18.4
6	1680.0	7.4	581.2	25.7	52.3	846.1	128.0	23.5

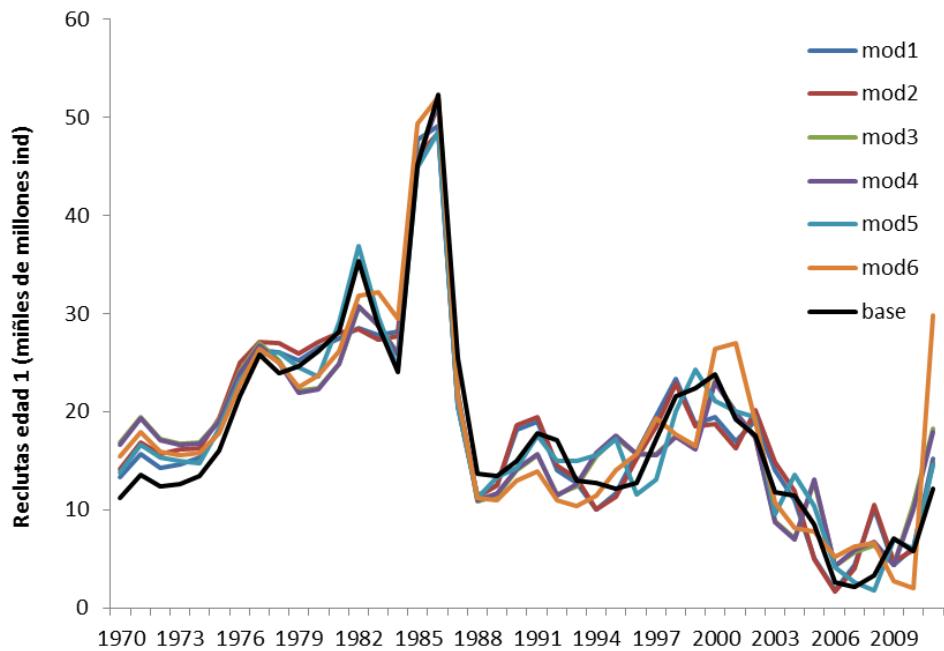


Figura 4. Reclutamientos del jurel estimados para 7 escenarios de evaluación JJM en tallas.

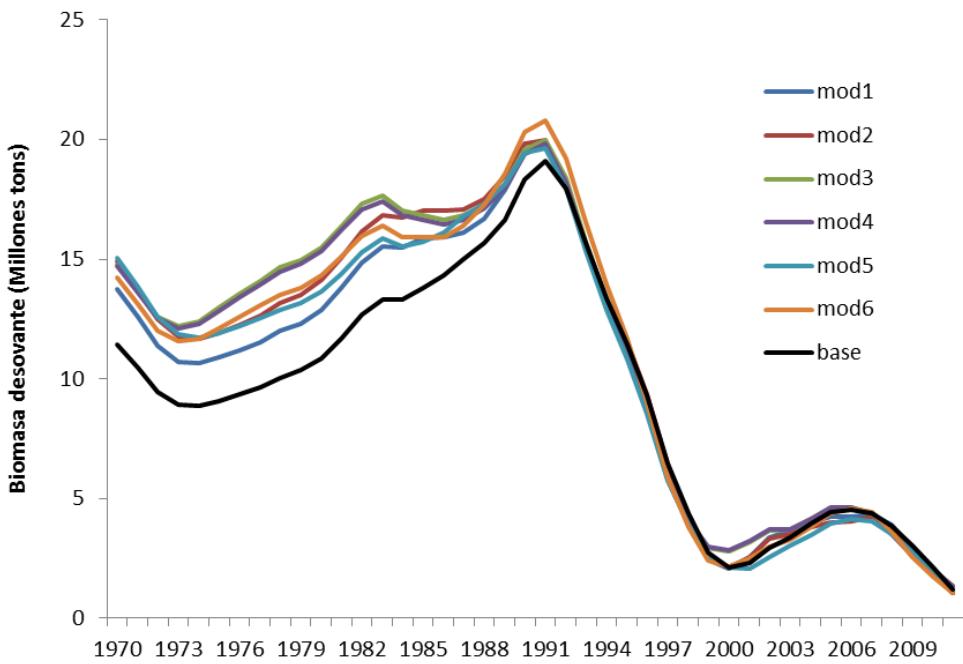


Figura 5. Biomasa desovante del jurel estimada para 7 escenarios de evaluación JJM en tallas.



4. Conclusiones

Se modificó el código fuente del modelo JJM con el objeto de hacer explícita la incorporación de las composiciones de tallas de las capturas de la flota "Farnorth" 1980-2011. La modelación consideró elementos asociados con el crecimiento del jurel y fue sujeto a diversos análisis de sensibilidad. Los resultados mostraron que la modelación de tallas de manera explícita y los supuestos relativos al crecimiento son importantes y tienen efecto en el modelo, siendo particularmente sensibles las estimaciones de reclutamientos y en menor grado a nivel de biomasa desovante.

El trabajo está en desarrollo avanzado y espera ser terminado interseccionalmente en conjunto con el Dr. Ianelli antes de la XI reunión del SGW-JMSG a realizarse en Lima.

4.6. Análisis de la CPUE del jurel Centro-Sur

Por Juan Carlos Saavedra, Leonardo Caballero y Cristian Canales

1. Introducción

La pesquería del jurel en la zona centro sur de Chile mostró entre 1981 y 1997 un sostenido crecimiento en la flota de cerco, alcanzando un máximo de 189 buques que acumularon un total de 130 mil m³ de capacidad de bodega. Ajustes posteriores en las capturas producto de la reducción poblacional y nuevas medidas de control del esfuerzo, generó una fuerte reducción de la flota y la sustitución por buques más grandes de mayor eficiencia y autonomía. Hasta fines de los 90s la flota estaba constituida por buques menores a 450 m³ de bodega y desplegaba un alto número de viajes con una duración promedio de 1 día. Sin embargo, la expansión del área de operación de la flota y el ingreso de buques más grandes y mejor equipados, generó una menor frecuencia de viajes pero de mayor duración.

Por otro lado, la CPUE se supone proporcional con la abundancia explotable a la flota y a menudo es un índice empleado en la evaluación de stock. La falta de índices para ajustar el modelo de evaluación de stock empleado en el JMSG-SGW-SPRFMO para los años más recientes en la zona centro sur de Chile es un tema crucial, y en este sentido se actualiza la serie de CPUE de esta flota modelada estadísticamente a través de un Modelo Lineal Generalizado (GLM).

2. Metodología

Se analizaron los registros diarios de bitácoras de pesca de la flota cerquera industrial en la Zona Centro-Sur de Chile entre los años 1981 y el 2011. En atención a los cambios y aumentos de las áreas de operación de la flota en el tiempo, la zona de estudio consideró tres estratos latitudinales entre los 32°10'S al 47°00'S, y 3 rangos de distancia desde la costa 0-100mn; 100-200mn; >200mn. (**Figura 1**).

Asimismo, la flota fue agrupada en diez estratos de capacidad de bodega: <250 m3; 250-350 m3; 350-500 m3; 500-600 m3; 600-750 m3; 750-850 m3; 850-910 m3; 910-1100 m3; 1100-1500 m3 y 1500-1850 m3, mientras que la notable estacionalidad de la pesquería permitió estratificar los meses de operación por trimestres: enero-marzo; abril-junio; y julio-septiembre. En este análisis el esfuerzo es medido como la capacidad de bodega desplazada por días fuera de puerto (m3).

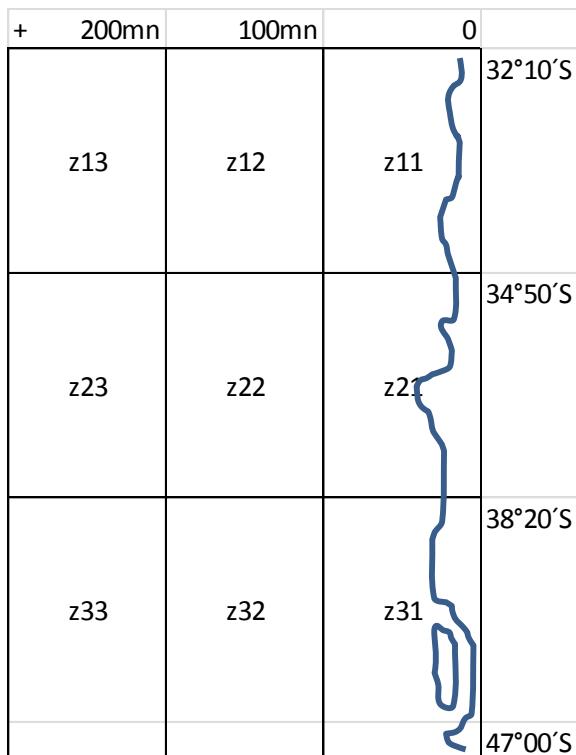


Figura 1. Estratificación espacial de la zona de análisis.

Los modelos GLM empleados consideraron mezcla de distribuciones y responden al denominado modelo delta y tweedie (**Tabla 1**), en el cual se modelan de manera independiente los datos positivos de la CPUE (Y) y la proporción de días fuera de puerto con capturas (X) siguiendo ciertos supuestos de distribución de probabilidades de los desvíos (ε), lo que en forma general responde al producto:

$$CPUE = Y X e^{\varepsilon}$$

3. Resultados

Se presentan 3 series de modelos de CPUE candidatos a ser empleados en la evaluación de stock. La proporción de días fuera de puerto con capturas, o éxito de captura, destaca por una tendencia

creciente desde 1995 a 1999 producto de la mayor eficiencia de la flota frente al agotamiento del recurso y el gradual alejamiento de las zonas de pesca, seguido de un período estable en el cual el 98% de los viajes registraron pesca (**Figura 2**). Por su parte, en la **Figura 3** se entrega el desempeño de a CPUE como índice de biomasa para tres modelos GLM los que discrepan en escala pero no en tendencias.

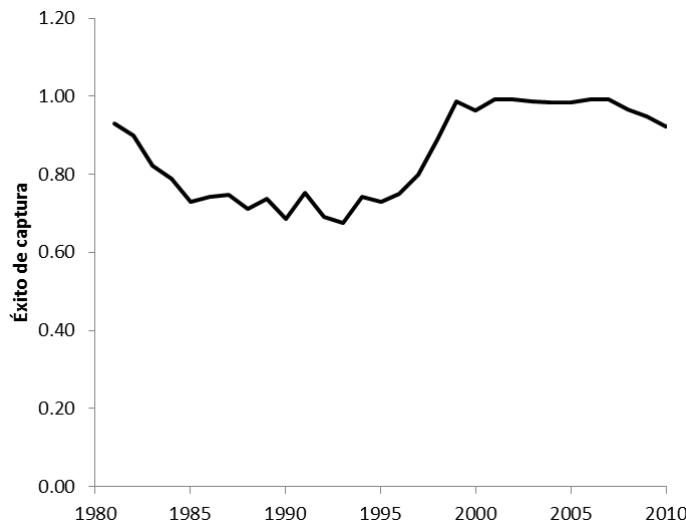


Figura 2. Proporción de días fuera de puerto con capturas (éxito de captura) del jurel en la zona centro sur de Chile.

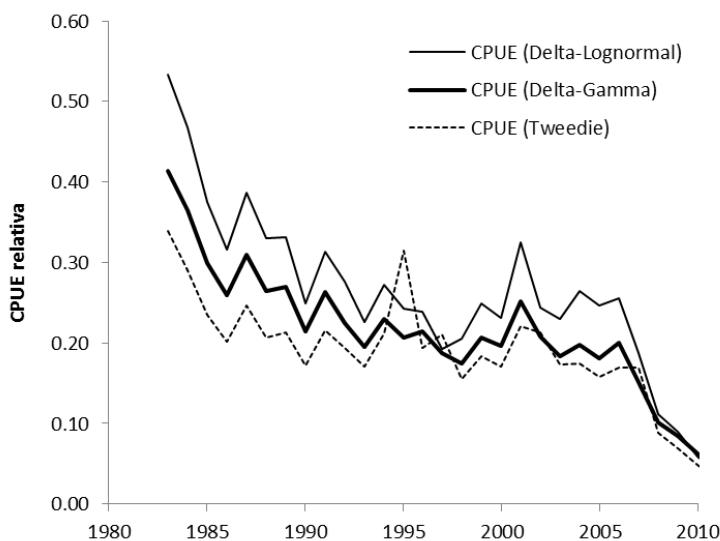


Figura 3. CPUE del jurel en la zona centro sur de Chile para tres modelos GLM.

**Tabla 1.**

Análisis de devianza de los modelos empleados para la CPUE del jurel centro-sur.

Modelo (Lognormal): $\log(\text{CPUE}+)$ ~ Año + Trimestre + Cap. Bodega + Zona**Pseudo R²: 18 %**

	df	Res.Dev	delta dev.	% dev. expl	AIC	p-value
1	1	195382	-	-	457244	-
Año	30	167640	27742	78.8	434919	< 0,001
Trimestre	3	162031	5609	15.9	429950	< 0,001
Cap. Bodega	9	160720	1311	3.7	428781	< 0,001
Zona	9	160185	535	1.5	428312	< 0,001

Modelo (Gamma): CPUE+ ~ Año + Trimestre + Cap. Bodega + Zona**Pseudo R²: 20 %**

	df	Res.Dev	delta dev.	% dev. expl	AIC	p-value
1	1	153600	-	-	37751	-
Año	30	128078	25521	82.4	7291	< 0,001
Trimestre	3	125262	2816	9.1	3605	< 0,001
Cap. Bodega	9	123345	1917	6.2	1067	< 0,001
Zona	9	122635	710	2.3	130	< 0,001

Modelo (Binomial): Éxito.Captura ~ Año + Trimestre + Cap. Bodega + Zona**Pseudo R²: 13 %**

	df	Res.Dev	delta dev.	% dev. expl	AIC	p-value
1	1	248652	NA	NA	248654	-
Año	30	238839	9813	30.6	238901	< 0,001
Trimestre	3	235069	3770	11.8	235137	< 0,001
Cap. Bodega	9	230782	4287	13.4	230868	< 0,001
Zona	9	216612	14170	44.2	216716	< 0,001

Los tres índices muestran que la población o stock explotable del recurso disminuyó sostenidamente hasta 1998 seguido por una leve estabilización y recuperación hasta el 2006. La situación hacia los últimos 5 años revela una significativa caída de la CPUE en respuesta clara al agotamiento poblacional y es consistente con lo observado en la pesquería. En relación a los índices, no hay ventajas comparativas entre uno y otro, por lo que considerando la flexibilidad de la distribución gama se propone como candidato el modelo gamma-delta para ser empleado para fines de evaluación de stock.



4. Conclusiones

La CPUE modelada en términos de la captura por capacidad de bodega desplazada por día, refleja la caída de la población del jurel la cual se habría iniciado desde inicios de los 80s. No obstante esto, una aparente recuperación de la población o mejoras en la eficiencia permitieron una estabilidad en los índices entre 1998 y el 2006, para luego mostrar una rápida declinación hasta el año más reciente.



5. CLASIFICACIÓN DEL ESTANDAR DE LA PESQUERÍA DEL JUREL

Por Cristian Canales

Para clasificar el estándar de la pesquería del jurel en el grupo de recursos pelágicos, se evaluaron tópicos generales y específicos tomados y modificados desde el Anexo D “Checklist for Stock Assessment” (NRC, 1998), donde se incluyen 7 tópicos con un total de 87 preguntas. El listado de los tópicos y las especies se encuentra en **Tabla 1**, la cual ha sido denominada “matriz de conocimiento”. Para cada stock, la matriz de conocimiento fue llenada de acuerdo a 4 categorías cualitativas que daban cuenta del grado de conocimiento que presentaba un tópico específico. Estas categorías son: 0- sin conocimiento, 1- existe conocimiento pero es pobre, 2-existe un conocimiento regular y 3- existe conocimiento satisfactorio. Las preguntas que no aplican a ciertas especies fueron llenadas con “NA”. Para llenar la matriz de conocimiento, se entrevistó por separado a cada investigador a cargo la evaluación de cada uno de estos stocks.

Con respecto a la colección de datos referentes a las brechas de investigación, se realizó una consulta vía e-mail a cada investigador a cargo de la evaluación de cada uno de estos stocks. Se pregunta específicamente cuales serían las brechas de investigación identificadas en cada una de las pesquerías. Esto tomando en cuenta la experiencia de cada investigador, como también los resultados de las reuniones de datos, evaluación de stocks y diagnóstico realizados para cada pesquería. Además se pide asignar un número de importancia de la investigación entre 1 y 3, siendo el 3 prioritario y el 1 menos importante como brecha de investigación. El análisis es realizado de manera grupal para los recursos pelágicos de manera de establecer cuadros comparativos para este grupo de recursos.

A grandes rasgos, en el grupo de recursos pelágicos se identifican a partir de la matriz de conocimiento, que la formulación estadística, la bondad de ajuste y señal de los cruceros hidroacústicos se encuentran como elementos satisfactorios, mientras se considera que la señal que entrega la CPUE estandarizada es pobre y la información ambiental es nula para todas las especies. En cuanto al análisis de cuadrantes principales según cobertura y desarrollo de tópicos, se identifican solo al jurel en la calidad de “información completa”, mientras que el grueso de los recursos se clasifican en “información moderada” donde se encuentran los recursos pelágicos de la centro-sur (sardina y anchoveta) y anchovetas XV-II y III-IV Regiones. La clasificación de “información pobre” recae en el recurso sardina austral (**Figura 1**).

Respecto de las necesidades de investigación en especies pelágicas, en términos generales se identifica como prioritario realizar investigaciones en el campo de la edad-crecimiento, así como mejorar el análisis del esfuerzo de pesca y la CPUE. (**ver Tabla 2 y 3**).

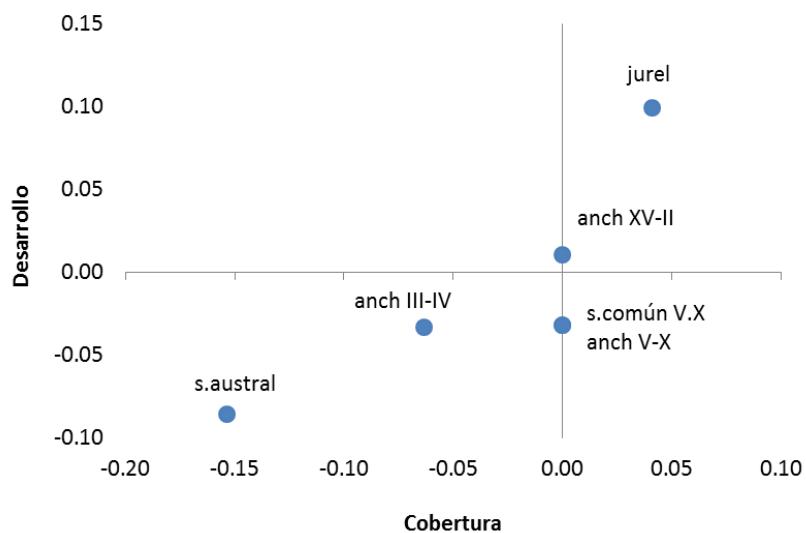


Figura 1. Cobertura versus desarrollo de los tópicos para las especies analizadas. Las unidades en ambos ejes indican la proporción de cobertura y desarrollo de los tópicos relativos al percentil del 75%, indicado en la línea de ambos ejes.

**Tabla 1.**

Matriz de conocimiento basada en “Check-list” para los principales recursos pelágicos de Chile (0- sin conocimiento, 1- existe conocimiento pero es pobre, 2-existe un conocimiento regular y 3- existe conocimiento satisfactorio).

	Jurel	Sardina común	Anchoveta XV-II	Anchoveta III-IV	Anchoveta V-X	Sardina austral
Definición de Stock						
Modelo conceptual	3	2	3	2	2	1
Conectividad	3	1	1	2	1	1
Estructura del stock						
Áreas de desove	3	2	2	2	2	2
Áreas de crianza	3	2	2	2	2	0
Áreas de reclutamiento	3	2	2	2	2	0
Datos y parámetros						
Remociones Directas						
Desembarques	3	2	3	3	2	3
Capturas	0	0	0	0	0	3
Descartes y/ sub-reporte	0	0	0	0	0	0
Remociones Indirectas						
Pesca fantasma u otro	0	0	0	0	0	0
Predación	0	0	0	0	0	0
Canibalismo	0	0	0	0	0	0
Índices de abundancia relativa						
CPUE estandarizada	1	1	1	2	1	2
Acústica	2	3	3	3	3	2
Área Barrida	0	0	0	0	0	0
MPH	1	1	3	0	1	0
Información Estructurada						
Estructuras de Tallas	3	3	3	2	3	2
Flota	3	0	3	0	0	0
Sexo	0	0	0	0	0	0
Área	3	3	3	2	3	0
Estación	3	3	3	2	3	0
Estructuras de Edades						
Clave Talla Edad	3	3	2	2	3	0
Flota	3	0	0	0	0	0
Sexo	0	0	0	0	0	0
Área	3	3	2	0	3	0
Estación	3	3	2	0	3	0



Tabla 1. (Continuación)

	Jurel	Sardina común	Anchoveta XV-II	Anchoveta III-IV	Anchoveta V-X	Sardina austral
Información Biológica						
<i>Mortalidad Natural</i>						
Edad-Invariable	3	2	2	3	2	2
Tiempo-Invariable	3	2	2	3	2	2
Edad-Variable	0	0	0		0	0
Tiempo-Variable	0	0	0		0	0
Métodos directos	0	0	0		0	0
Métodos indirectos	3	2	2	3	2	2
<i>Madurez a la edad</i>						
Basada en talla	2	3	3	1	3	2
Basada en edad	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	0	0	0	0	0	0
Tiempo invariable	2	0	0	1	0	2
Macroscópica	2	3	3	1	3	0
Microscópica	2	3	3		3	2
<i>Crecimiento</i>						
Indirecto	0	0	0	0	0	0
Descomposición modal	0	0	0	0	0	0
Otro	0	0	0	0	0	0
Directo						2
Otolitos	3	2	2	3	2	2
Otros (escamas, etc)	0	0	0	0	0	0
Validación	3	0	0	0	0	0
Muestreo directo	0	0	0	0	0	0
Muestreo pesquería	3	2	2	3	2	2
<i>Peso medios</i>						
Estructurado por edad	3	2	2	0	2	0
Por pesquería	3	0	0	0	0	0
Tiempo Invariable	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	3	2	2	0	2	0
Estructurado por tallas	3	3	3	3	3	3
Por pesquería	3	0	0	0	0	0
Tiempo Invariable	0	0	0	0	0	0
Tiempo variable	3	3	3	3	3	3



Tabla 1. (Continuación)

	Jurel	Sardina común	Anchoveta XV-II	Anchoveta III-IV	Anchoveta V-X	Sardina austral
Modelo Evaluación						
Modelo - Global	0	0	0	0	0	0
Edad - Estructurado						0
Ajuste Edad	3	0	0	0	0	0
Ajuste Talla	0	2	3	0	2	0
Talla - Estructurado	0	0	0	2	0	2
Género - Estructurado	0	0	0	0	0	0
Condición Inicial						
Equilibrio	0	0	0	2	0	2
No - Equilibrio	3	2	3	0	2	0
Reclutamiento						
Relación funcional	3	0	0	0	0	0
Paramétrico	3	2	3	2	2	2
Estructura Espacial						
Explícito	0	0	0	0	0	0
Implicito (flotas)	3	0	0	0	0	0
	Jurel	Sardina común	Anchoveta XV-II	Anchoveta III-IV	Anchoveta V-X	Sardina austral
Formulación Estadística						
Error de Proceso						
Reclutamiento	3	3	3	0	3	0
Error de Observación						
Remociones	3	2	3	3	2	3
Indices de abundancia	3	2	2	3	2	3
Información estructurada	3	3	3	3	3	2
Otros Índices	0	0	0	0	0	0
Incertidumbre						
Frecuentista	3	3	3	3	3	3
Estimadores asintóticos	3	3	3	3	3	3
Remuestreo	0	0	0	0	0	0
Perfiles de verosimilitud	0	0	0	0	0	0
Distribuciones prioris	3	3	3	0	3	2
Bayesiana	0	0	0		0	0
Distribuciones prioris	0	0	0	0	0	0
Distribuciones posteriores	0	0	0	0	0	0
Error estado espacio	0	0	0	0	0	0
Bondad de ajuste						
Análisis de residuales	3	3	3	3	3	3
Análisis retrospectivos	0	3	3	3	3	0
Validación cruzada	0	0	0	0	0	0
Modelo operativo	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0

**Tabla 1. (continuación)**

	Jurel	Sardina común	Anchoveta XV-II	Anchoveta III-IV	Anchoveta V-X	Sardina austral
Información Auxiliar						
<i>Programas de marcaje</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Datos ambientales</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Registros inusuales de pesca</i>	0	0	0	0	0	0

Tabla 2.
Brechas de conocimiento Recurso Jurel Números indican prioridad creciente,
siendo uno mínima y 3 máxima.

Jurel	Prioridad
Validación de la edad y talla de primer desove	3
Análisis de las tasas de captura en la pesquería del jurel frente a Chile	2
Evaluación de niveles de descarte y subreporte en la pesquería del jurel en Chile	2
Validación de la edad y elaboración protocolos lectura a nivel regional	3
Evaluación del error de asignación de edad para uso en evaluación de stock	2
Función de crecimiento para diferentes zonas (modelo ORP)	3
Elaboración nuevo índice acústico para zona actual de prospección	3

Tabla 3.
Principales áreas de demandas de investigación por recurso pelágico

	sardina/anchoveta centro sur	sardina austral	anchoveta III-IV	anchoveta XV-II	jurel
Estructura poblacional					
Crecimiento y edad					
Otros parámetros de vida					
Descarte y subreporte					
Esfuerzo de pesca y CPUE					
Ambiente y recurso					
Cruceros científicos					



6. REFERENCIAS

- Anon., 2007. Harvest Strategy Standard for New Zealand Fisheries. Ministry of Fisheries. New Zealand Government: 21 pp.
- Aranis R., A.; A. Gómez; L. Caballero; M. Ramírez; G. Eisele; M. González; F. Cerna; V. Bocic; G. Muñoz; A. López; C. Machuca; F. Espíndola; S. Mora; C. Vera; Z. Young. 2011. Informe Final. Asesoría Integral para la toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2010. "Pesquerías Pelágicas Centro-Sur, 2010. SUBPESCA. 213 p.+ Anexos.
- ASTT. 2010. Report from the assessment simulation task team workshop on using the joint jack mackerel assessment model (JJM). Seattle, August, 2010.
- Caballero, L. y A. Aranís. 2005. Estandarización de la CPUE de jurel flota industrial zona centro-sur, 1981-2004". Informe Técnico Interno PCS 01-2005, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. 14 pp.
- Canales, C., L. Caballero y A. Aranis. 2008. Catch per Unit Effort of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) of the purse seine fishery off south-central Chile (32°10' – 40°10' S) 1981-2005. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. In: Chilean Jack Mackerel Workshop, SPFRMO- FAO, Santiago, mayo 2008.
- Canales, C., R. Serra, C. Martínez, A. Aranis, L. Caballero, J. Córdova, J.C. Quiroz, M. Canales, V. Bocic, A. Sepúlveda, C. Gatica, S. Núñez, M. Aguayo, J. Giacamán, M. Arteaga, R. Alarcón, C. González y L. Cubillos. 2009. Revisión de metodologías de evaluación del jurel a nivel subregional. FIP N° 2007-23. Informe Final.
- Canales 2012a. Impacto de la nueva ojiva de madurez en la biomasa desovante del jurel. Documento interno IFOP. Proyecto Status y posibilidades de Explotación 2013:4 pp.
- Canales 2012b. Puntos Biológicos de Referencia (PBR) del jurel. Documento a presentar en la XI Science Working Group Meeting, Lima , Perú, 2013: 16 pp.
- Córdova *et al.* 2001. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile año 2000. IFOP/FIP 2000 -03. Informe Final. 205 págs. + figs.
- Córdova *et al.* 2002. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile año 2000. IFOP/FIP 2002 -02. Pre-Informe Final. 197 págs. + figuras y anexos.
- Córdova *et al.* 2003. Evaluación hidroacústica del recurso jurel en la ZEE de Chile año 2003. Informe de Avance.



Córdova, J. M. Espejo, S. Núñez y J. Ortiz. 2005. Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, Invierno año 2004. Informe Final. Proyecto FIP 2004-06.

Córdova et al. 2006. Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V y X Regiones, verano, año 2006. Proyecto FIP Nº 2006-02. IFOP/FIP. Informe de Avance.

Córdova et al. 2006. Investigación evaluación hidroacústica jurel V – X, 2006. IFOP/SUBPESCA. Informe Final.

Córdova et al. 2007. Evaluación hidroacústica del recurso jurel entre la V – X Regiones, año 2007. IFOP/SUBPESCA. Informe de Avance.

Cubillos L., A. Hernández, A. Sepúlveda and D. Arcos, 2002. Equilibrium yield-curve analysis through an analytic age-structured production model: A sensitivity study for Chilean jack mackerel fishery. *Fisheries Research* 54 (2002): 395-407.

Cubillos, L. (ed.). 2003. Condición biológica del jurel en Alta Mar, año 2001. Informe Final. INPESCA/FIP 2001-12.

Elizarov,A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev y A.N. Kuzetsov. 1993. Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *J. Ichth.* 33(3): 86-104.

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

Gavaris, S. and J.N. Ianelli. 2002. Statistical issues in fisheries stock assessments. *Scand. J. Stat.* 29(2): 245-267.

Gili, R., L. Cid, V. Bocic, V. Alegría, H. Miranda y H. Torres. 1995. Determinación de la estructura de edad del jurel. En: Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro sur, V a IX Regiones. Informe Técnico FIP/IT-93-18.

Hui-Hua L., M. Maunder, K. R. Piner, R. Methot., 2012. Can steepness of stock-recruitment relationship be estimated in fishery stock assessment models?. *Fisheries Research* 125–126 (2012) 254– 261.

Leal, E., E. Díaz y J.C. Saavedra 2012. Reproductive timing and maturity length and age of jack mackerel *Trachurus murphyi*, in the Chilean coast. Working paper. XI Science Working Group Meeting. SPFRMO: 12 pp.

Maunder M., 2012. Evaluating the stock-recruitment relationship and management reference points: Application to summer flounder (*Paralichthys dentatus*) in the U.S. mid-Atlantic. *Fisheries Research* 125–126 (2012) 20– 26.



- Myers R.A., K. G. Brown, N. J. Barrowman, 1999. Maximum reproductive of fish at low population sizes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2404–2419 (1999).
- McCullagh, P. and Nelder, J. 1989. Generalized linear models. Chapman and hall. London. 511 pp.
- Piennnar, L.V. y W.E. Ricker. 1968. Estimating mean weight from length statistics. *J. Fish, Res. Board Can.* 25:2743-2747.
- Rivard, D. 1982. APL Programs for Stock Assessment (revised). Canadian Techn. Rep. Fish. and Aq. Sci. Nº 1091.
- Serra, J.R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigaciones Pesqueras (Chile)*, 36: 67-83.
- Stefánsson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the glm y delta approaches. *Ices Journal of Marine Science*, 53: 577 – 588 p.
- Serra, R., y C. Canales. 2010. Investigación del estatus y evaluación de estrategia de explotación sustentable en jurel 2010. Informe Final IFOP/SUBPESCA.
- Serra, R., y C. Canales. 2011. Investigación del Estatus y Evaluación de Estrategias de Explotación Sustentables 2011, de las Principales Pesquerías Chilenas. Actividad 1: Peces Pelágicos: Jurel 2011.
- SWG-SPRFMO, 2011. Report of the Jack Mackerel Subgroup. Annex SWG 10-03. Vanuatu, 2011: 60 pp.
- SWG-SPRFMO, 2012. Report of the Jack Mackerel Subgroup. Annex SWG 11-03. Lima, 2012: 69 pp.

A N E X O S

A N E X O 1

Reporte del Subgrupo de jurel, XI Reunión.

Report of the Jack Mackerel Subgroup

1. Opening of the Meeting

The meeting of the Jack Mackerel Sub-group (JMSG) of the Science Working Group (SWG) was opened by the Chair Jim Ianelli (USA), who welcomed all participants.

2. Adoption of Agenda

The draft agenda (SWG-11-01) was adopted.

3. Administrative Arrangements

3.1 Meeting arrangements

The Chair outlined the meeting arrangements.

3.2 Meeting documents

A list of Jack Mackerel Sub-Group documents was provided in SWG-11-03 (rev 1).

4. Nomination of Rapporteurs

Rapporteurs Andres Chipollini (Peru), Erich Diaz (Peru) and Geoff Tingley (New Zealand) were nominated. Craig Loveridge (Interim Secretariat) offered to support this process.

5. Report on inter-Sessional Assessment Work by Participants

Relative to work on model developments, the Chair noted that two web-based sessions on the JMA stock assessment model development took place over the last two months. Participants acknowledged the work that was undertaken inter-sessionally in model developments and in holding webinars to help coordinate data compilation and preparations for the meeting.

Jack Mackerel Maturity Studies (SWG-11-JM-07).

A study has provided new estimates of the age-at-first reproduction which shifts from 3-4 years used previously to 2-3 years. The Technical Subgroup considered and then applied this updated information in the stock assessment once the new information had been accepted by the SWG. Maturity at length was consistently observed with L_{50} at about 23cm FL.

It was noted that the gonadosomatic index (GSI) data from Chile appear to have a higher peak than similar data from Peru. Macroscopic studies from Chilean samples appear to have over-estimated L_{50} as compared to the results derived from histological techniques applied more recently. Changes in biomass could be responsible for density-dependent changes in maturity-at-length (and age), current low biomass and currently low estimated mean length-at-maturity. This is probably too much for the current model to accommodate but should be explored using the planned management strategy evaluation (MSE) approach.

Reference Points SWG-11-JM-01, 09, 10

The reference point discussion occurred after the stock assessment data and configurations were agreed upon. Three working documents were prepared prior to the meeting dealing with reference point estimation. A document by Mr. Li briefly described the general concepts of reference point estimation while the other two documents performed reference point estimations based on last year's stock assessment results. Among the analyses were estimates of F limit and target reference points as well as biomass target and reference points. Based on analyses performed by Mr. Canales there are indications for biomass targets at around 40% of SSB_0 while F targets are around to 0.15 year^{-1} . Canales included variability in the biological parameters of interest into the analyses and

therefore was able to generate 'risk' intervals on the reference points estimated. Three different approaches were proposed by Mr. Hintzen with varying assumptions on the amount of variability that was included in the stock-recruitment curve and in biology. These approaches primarily focused on F_{msy} and to a lesser degree to F_{crash} . The first two approaches results indicate that F_{msy} might be estimated at 0.15 year⁻¹. The third option proposed relieves the assumption of a static stock-recruitment and incorporated a time-varying stock-recruitment relationship. Clear trends are visible in the beta parameter of both the Ricker as the Beverton & Holt curve over time, indicating a change in regime. Based on most recent estimates of alpha and beta of both these curves, F_{msy} might be as high as 0.25 year⁻¹.

Stock Structure studies

Two papers dealing with stock structure were presented. One from EU (SWG-11-JM-04) and the other from Peru (SWG-11-JM-03). .

Francois Gerlotto presented SWG-11-JM-04 concerning stock structure related to jack mackerel. The paper describes three major types of population structure, (i) a network of separate closed populations, (ii) a network of linked populations, functioning as a single or metapopulation, and (iii) a single patchy population. Given available evidence, the author expressed preference for a metapopulation hypothesis but some participants had differing opinions based on theoretical grounds. There was discussion on this topic and it was noted that any spatial population structure has potential implications for management.

The need for monitoring of the whole jack mackerel distribution is required to best understand and manage regardless of alternative stock structure hypotheses. The group **recommended** that measures to support monitoring be given high priority.

The group discussed how management of a metapopulation should proceed. It was noted that the EU has a project under development to consider stock structure and how scientific advice for management can be developed. This will likely involve developing models that incorporate immigration and emigration, implying a need to estimate rates of movement between subpopulations. The Working Group **recommended** that all parties cooperate and contribute to research on this topic.

Peru presented a paper on jack mackerel stock structure including environmental variables, eggs and larvae, a 40-year series of size at maturity, growth, feeding preferences etc. The Peruvian ecosystem tends to be highly variable and data presented show that jack mackerel in Peruvian waters grow faster and the various characteristics of jack mackerel biology and distribution off Peru suggests stock differentiation. Peru indicated that a report on age-determination of jack mackerel will become available shortly and distributed to SWG members.

With regard to the document SWG 11-JM-03 presented by the Peruvian delegation, the Working Group agreed that future management of the jack mackerel fishery in the southeast Pacific must be done in accordance with the stock structure of the resource defined and scientifically supported by the SWG of the SPRFMO. However, some participants held that SWG-11-JM-03 does not contain enough information to take a decision on the stock structure hypotheses that were presented and discussed at the 2008 Chilean Jack Mackerel Workshop. At the 2008 workshop it was agreed that multidisciplinary methods/techniques were needed to elucidate the stock structure. They proposed postponing the assessment of a "northern stock" at least until more conclusive information is available from the Stock Structure project. Others participants argued that the information that was presented in the report provided a clear basis for distinguishing a northern stock.

Based on these discussions and some modeling work that had been done during the week (and some beforehand) some members proposed to evaluate running separate models for the "Far North"

region separately from the remaining area west of the Chilean coast. This may provide some indication of consistencies between regions and move forward towards achieving a more realistic evaluation of regional differences observed in jack mackerel, in addition to, as done for the single stock option, providing guidance on possible management options under the two separate stocks option.

Otolith workshop report

The main recommendation from the “Chilean Jack Mackerel Otolith Interpretation and Ageing Workshop” (SWG -10-JM-01), held in Lima in July 2011, was to have a standardised otolith interpretation protocol for *Trachurus murphyi* and a work plan was proposed during this meeting (SWG-11-JM-05). The main activity would be to circulate a sample of otolith images among participating experts and conclude with a workshop. The concept behind using images instead of otoliths is to facilitate the circulation of the sample and save time. The SWGJM **recommended** that SPRFMO secretariat request members to nominate scientists for this team prior to the Commission meeting. Obvious candidates might include those that participated in the aging workshop (i.e., the scientists from Ecuador, China, Chile, Peru, Poland (EU), and Russia). The Chilean delegation volunteered to coordinate the work. The WG supports conducting length frequency analysis to evaluate aging as was done by Peru for the far north stock.

6. Recent fishing and environmental conditions

Over the past two years, the spatial and temporal distribution of jack mackerel catches in the south-eastern Pacific appears to have changed drastically. In May 2010, juvenile fish of 20-21 cm fork length were encountered in large numbers in the international waters off central Chile. In 2011, these fish had largely disappeared from this area. In January 2011, however, fish of 28 cm total length (25 cm fork length) were caught in large numbers in the EEZ of Ecuador, and in subsequent months in the EEZ of Peru. Taking into account some growth between May 2010 and January 2011, the fish taken 2011 in Ecuador and Peru were probably of the same generation as those taken in May 2010 off Chile. This suggests a displacement of juvenile fish from the international waters off Chile towards the EEZ of Ecuador and Chile in the second half of 2010, possibly as a result of the cooling of the waters (La Niña) in this period. An alternative explanation is that the strong year-class that appeared in Ecuador and Peru in 2011 originated from Peruvian waters. There were reports from the Japanese¹ and Peruvian fleets that juvenile jack mackerel were taken in the Peruvian zone in 2010 and 2011.

A second change in distribution of catches is shown by the Chilean fishery. Here the catches in 2012 were almost entirely taken within the Chilean EEZ. Only 2% of the catch was taken in international waters. This presents a reversal of the trend towards offshore waters, observed in earlier years, when up to 58% (in 2008) of the catch was taken in international waters. There was also a change in the season of the fishery in 2012, with the main catch during the first three months instead of later in the year.

The eastern Pacific and in particular the waters off of Peru is characterized by the variability of environmental conditions that respond to changing patterns at different time scales. These patterns, which can range from seasonal to secular, can be identified and eventually be monitored through the temporal changes in various environmental variables and indexes. Recent observations also confirm decadal variability patterns. Another decadal pattern can be observed from the analysis of the changes in the 15°C isotherm depth between 1961 and 2011 off Peru (Ref SWG-11-08a). There is a clear deepening of this variable during the decades of the 1980s and 1990s, which is an indicator of favourable sub-surface conditions for the presence and expansion of fish stocks such as hake and jack mackerel, associated with equatorial currents such the Southern Extension of the Sub-superficial

¹ Squid fishing vessels

Cromwell Countercurrent and the Peruvian Subsurface Current.

For the same time period the spatial distribution of salinity and of the depth of the oxygen minimum shows that toward the end of the 1970s and during the 1980s and 1990s the prevailing conditions were those determined by the intrusion of Superficial Subtropical Waters, with water masses with temperatures ranging between 15°C and 20°C, salinities between 35.1 ups and 35.6 ups and oxygen content between 1.0 and 6.0 mL/L, which are the preferred environmental conditions reported for the jack mackerel off Peru.

7. Jack Mackerel Stock Assessments

Details of the models and some of the evaluations of the models performed during the week are provided in Attachment A1 while the total catch estimates by fleet is shown in Fig. 1.

The following request in the 2012 Interim Measures for pelagic fisheries provides guidance for the SWG-11 activities. Specifically, where possible and appropriate, the stock assessment should incorporate:

- The most up to date information on ageing, growth rates and size at maturity, including associated uncertainties ;
- Standardized catch-per-unit-effort data to be used in the model as abundance indices. The standardizations should account for historical changes in vessels, fishing areas and seasons, environmental factors and other relevant factors. Standardised CPUE indices will need to be provided by participants;
- All fishery and biological data available for 2011, and 2012 at the time of the assessment.

Further development of the model should consider:

- Further development of the preliminary analysis conducted in 2011 on biological and management reference points, including the evaluation of a range of alternative and appropriate targets and limits for fishing mortality and biomass levels.
- Evaluation of stock status under alternative stock structure assumptions.
- The explicit modelling of length composition data;
- Evaluation of possible improvements to existing acoustic abundance indices;
- Sensitivity to alternative plausible levels of natural mortality and to age-variable natural mortality;
- Evaluation of the effect of minimum size limits and minimum fishery specific net mesh sizes on jack mackerel stock restoration.
- Investigation of changes in the geographical distribution of catches observed between 2010 and 2011 and the possible causes, such as changing environmental or other conditions, that could influence the distribution of the stock.
- The link between concentrations of juvenile fish observed in 2009 and 2010 by several fleets fishing in the high seas and the higher catches of young fish observed in coastal shelf areas in 2011

Whereas the WG was unable to address each of these topics exhaustively, a number of these have been completed and are reflected in the following sections.

7.1. Updating of data sets for additional stock assessment runs

The SPRFMO Data Manager coordinated with updated data sets that were provided for the stock assessment runs conducted at the meeting. Additionally, participants were asked to present data to improve inputs to the models.

A substantial amount of time was spent updating and revising data inputs for the Joint Jack Mackerel (JJM) stock assessment model. These updates include revisions to many of the catch data series,

including: revision of historical catches for some countries² and updating of preliminary 2012 catches for all fleets; preparation of an updated table of aggregated catches for the four fleets used in the JJM model; generation of catch-at-age matrices for the four fleets; introducing newly standardized CPUE and other indices; and a new matrix of mean weights at age over time for the far north fleet. As before, the four fleets used in the JM assessments are:

- Fleet 1: Chilean northern area within EEZ purse-seine fishery.
- Fleet 2: Chilean southern area within EEZ and high seas purse seine fishery.
- Fleet 3: Far northern area fishery, inside and outside the Peruvian EEZ and inside the Ecuadorian EEZ.
- Fleet 4: International fleet high seas trawl fishery off the Chilean EEZ.

It was noted that the time series of weights at age were specified to be the same for all of the fleets and surveys. Given differences in age determinations observed from different areas the group requested that more appropriate weights at ages be applied for each fishery. Peru provided an updated time series for the Far north fleet (which was also used for the region-specific model). This series was developed by assuming a single growth curve for the entire period but with variability due to estimated annual length-weight relationships.

The WG discussed the need for comparing length-weight relationships by season and region and **recommended** that intersessional studies be conducted to refine estimates of mean weight at age data for each fishery and for the population as a whole.

During the meeting, Peruvian scientists presented new results from their work standardizing fishery CPUE and hydro-acoustic survey results. The standardized CPUE corresponds to the purse seine fleet targeting on jack mackerel in its jurisdictional waters. The time series is for the period 2002 – 2012 and corresponds to the total catch per trip of all vessels that landed jack mackerel. At the moment there was no way to estimate the proportion of trips with no catch. Efforts are being made to collect such data in the future to also take into account the trips with no catch if they do occur, as well as the total duration of the trips. The standardization process included the Box-Cox transformation of the dependent variable (tonnes/trip) and used year, month, latitude, distance to the coast and the hold capacity as independent variables. The best model was selected by a stepwise automatic procedure based on AIC. Standardized values of this CPUE series are the predictions of the best model fixing the value of the independent variables but the year.

The standardized acoustic index takes into account the variability of the area covered by the Peruvian surveys between years. The surveys mainly focus on the assessment of anchovy. A niche model for jack mackerel off Peru was built using acoustic presence/absence data from 1985-2008 as the dependent variable and environmental variables (SST, SSS, water masses, depth of the 2mL/L oxycline, chlorophyll, kinetic energy of eddies and vortices) as independent variables. This niche model as indicator of presence/absence of jack mackerel was validated through observation of presence/absence coming from the same acoustic surveys (cross-validation) as well as from other surveys (for squid, egg & larvae surveys) and reports from the commercial fleet. The niche model allows predictions to areas with higher probability of jack mackerel presence given a combination of environmental variables. This model was used to predict the potential habitat of jack mackerel off Peru in a monthly basis from 1985-2008. An index calculated as the ratio between the area covered by the survey with positive jack mackerel observations and the total area of the potential habitat of

² The delegation of the Russian Federation stated that the Russian Federation will implement the 2012 Interim Measures and further management measures for the pelagic fisheries according to the data which were provided to the Interim Secretariat.

jack mackerel was used to standardize the acoustic index to the full potential habitat area. Standardized acoustic index is expected to remove the variability related to the area covered by the survey and better represent the trends in the abundance of the jack mackerel population. This method was not able to take into account the possible underestimations of the acoustic estimates due to the too shallow distribution (and avoidance of the surveying vessel) of the jack mackerel schools, effect that can be particularly important under cooler than normal conditions and/or when the thermocline and the minimum oxygen line are too shallow. The Peruvian delegation will submit a technical report on the details of the methodology and ways to improve the method in the future.

The applicability of this index within the assessment model was discussed at length by the WG and it concluded that time was too short to adequately review the analysis (a presentation was made but no working document was presented). Nonetheless, the WG was encouraged by the desire to correct and standardized this index and agreed to allow it for inclusion in some model runs specified below. The WG **recommended** that in the future, new methods are fully documented and adequate time be allowed to review them prior to the SC so that they can be more fully understood.

7.2. Assessment models

Progression of models from last year

To bridge the developments and changes made in the past year, the WG took a stepwise approach. This begins with last year's Model 2 (Annex SWG-10-03) which is compared with the same structure and only updated catch, age composition, Chinese and Chilean CPUE indices and is labeled 0.0. These data were classified as having been "routine" updates of indices considered at SWG-10 and hence were considered as a group for clarity. Model 0.1 is the same as 0.0 but incorporates the maturity work presented in SWG-11-JM-07).

As noted above one request was to develop the ability to use length frequency data within the model and in doing so it was recognized that the model structure would be more appropriate to start accounting from age 1 jack mackerel instead of age 2 (previous models). This change is evaluated in Model 0.2. With the length composition included and based on evidence provided at the meeting (SWG-11-8, SWG-11-8a) an updated growth curve was considered more appropriate to apply to the length frequency data in the Far North fleet and this was the change made in Model 0.3. Similarly, new data provided by Peru were incorporated and shown in Models 0.4 and 0.5. Table 1 lists the set of models intended to bridge the gap between years. Additionally, different model approaches have been considered to cover the two different hypotheses regarding stock structure (single stock and two stocks). In the case of the two stocks hypotheses, one sub-model was built for each stock (south and far north) considering independent recruitments for each one and a split of the data for each region. This way, the addition of far north and south stock sub-models provide estimates for the total population of jack mackerel in the Southeast Pacific. Additionally, since the total data used within the models for the single stock hypothesis is used for the model within the two stock hypothesis is the same, likelihoods can be used to make comparisons between the assessments for the two hypotheses considered during this meeting.

The specifications for the initial base case model is summarised below.

Model	Description
Initial base case	<ul style="list-style-type: none"> Model begin age 1
Model 1	<ul style="list-style-type: none"> All indices assumed proportional to biomass Fleet 4 length frequency data used with Peruvian growth parameters Include all index data Stock-recruitment steepness set to 0.8 Assume $M = 0.23$

Results from these changes indicate the impact on spawning biomass and fishing mortality estimates with the expected change in spawning biomass increasing with the younger age at maturity assumed and switching to the model which included age one jack mackerel resulted in lower fishing mortality estimates in recent years (Fig. 2). Comparing the recruitment between these models showed the impact of changing the model from beginning with age 2 to age 1 and the other incremental changes (Fig. 3).

7.3. Synthesis and summary of key results from all stock assessment runs conducted

Results of key stock assessment runs and model description are attached in a technical Appendix. Given the model changes evaluated in the previous section, the WG proceeded to accept a baseline from which to conduct more extensive evaluation of alternative specifications. During the meeting a series of alternatives were examined and the final set are shown in Table 2. To evaluate these, the negative-log likelihood components were presented to evaluate trade-offs between different data components and model assumptions. For comparison purposes, the minimum value over all models for each component was subtracted to ease evaluation (Attachment A2.1 and A2.2). It is important to note that some values in this table for some subsets of models cannot be compared across models because some models introduce new data (i.e., the revised acoustic survey index for Peru). Also, comparison between models 1-7 (single stock hypothesis) and model 8 (two stock hypothesis) can be carried out just when the same data is used. The same restriction applies to the comparisons between sub-models (for far north and south stocks) in the assessment under the “two stock” hypothesis.

Results show that including the revised Peruvian acoustic data improves the fit to other data components compared to the base model which indicates some consistency—e.g., the age composition data. When natural mortality is increased from 0.23 to 0.28 the fit is improved further (Model 4). Model 6 which is the same as Model 4 but recognizes a regime shift for latest 12 years in fitting the stock recruitment relationship results in further improvements. Among the models which use the original acoustic survey data, Model 7 resulted in the best fit. The analysts recognized that even better alternative specifications were likely, but due to time constraints they could not be pursued. The WG **recommended** that intersessional work on this topic continue with the formation of a technical sub-group involving all interested participants.

For the models using the two stock hypothesis, an improvement of the fit of the different data components was observed inside the regional sub-models (south and far north) and also an improvement in the fit when considered the integration of the sub-models (model 8).

The WG decided that Models 6, 7, and 8 should be brought forward for further analysis and summarized in Figs. 4, 5, and 6. Importantly, these provide some contrast in the projected stock-recruitment scenarios useful for projections (Fig. 7).

A major discussion point throughout the week revolved around the extent that jack mackerel can be

considered as separate stocks. To this end, data sets for individual models were constructed and considerable time devoted to this activity.

Model 8 (results of two stock hypothesis model, south and far north added together) was run and results are similar (intermediate to Model 6 and 7). The WG was instructed to consider alternative stock structure options. They were encouraged by this investigation and look forward to future developments, including alternative fine-scale modeling approaches. It was noted that this model relies on the revised acoustic survey index which had not been adequately reviewed. Nonetheless, since Model 6 also uses the new acoustic index, it was considered not inappropriate to carry Model 8 forward for advice (since scientific reservations and doubts exist with all models).

For example, Fig. 6 shows that combining the “two stock” models provides generally similar results but with some differences between the N3 and S2 models. Particularly, despite the similar results of Model 6 and 8, the N3 model provides lower estimates of biomass and different trends compared to model S2. They also appear to have different peaks in abundance over time. This results in higher estimates of fishing mortality for Far North fleet in comparison to single stock models 6 and 7.

8. Advice to the Science Working Group on Jack Mackerel Stock Status

The JMSG task is to prepare advice for presentation to the SWG and Commission on the status of the jack mackerel stock in 2012. Similar to last year, the group agreed to present a range of plausible model configurations in order to reflect real concerns over model specification uncertainties. Advice on jack mackerel stock status at this meeting was based on stock assessments conducted using the Joint Jack Mackerel (JJM) statistical catch-at-age model developed collaboratively by participants since 2010:

- Jack mackerel catches by all but one of the fleets continued to decline in 2012, with estimated 2012 catches being 69% of 2011 catches. Updated assessment results indicate that current biomass is now estimated to be 8% - 16% of the spawning biomass which would have existed had there been no fishing, which is slightly higher than the range estimated for 2010 (5-10%). The 2012 assessments results indicate a continuing decrease in fishing mortality and an increase in estimated spawning and total biomass since 2010.
- The increase is in part due to some indications of improved recruitment in recent years. Nonetheless the stronger recruitment observed by a number of fleets is still estimated to be below the long-term average (Figure A2.15).
- Projection results under the assumption of recent average recruitment at the levels estimated for the recent period (2000–2012) indicate that effort should be maintained at or below 2012 levels to improve the likelihood of spawning biomass increasing. This results in catches for 2013 on the order of 441 kt or lower. Fishing effort in the next 10 years at or below current (2012) levels are projected to have a high probability of resulting in spawning stock increases under most projections.

For Model 7 the spawning stock was estimated to be at its lowest level in 2010—about 5% of unfished (10% in Model 6)—and increasing to about 8% of unfished in 2012 (16.5% in Model 6; Fig. 8). The Model 8 estimates of spawning stock biomass were slightly higher than that estimated by Model 6 prior to 1998 and a bit lower afterwards. Relative to Model 7, Model 8 spawning biomass was higher during the entire period.

The ratio of the Model 8 estimate of spawning biomass over unfished spawning biomass was intermediate to that of 6 and 7 but showed some different patterns. The estimated degree of stock decline from 1970 to 1998 ranged from 11% to 19% with a slight recovery during 2003 (19% – 33%). Presently the 2012 ratio ranges between 8% and 17%.

Five harvest scenarios were evaluated for models 6, 7, and 8. These scenarios simply carried forward under fishing mortality rates observed in 2012 and multipliers of the 2012 fishing mortality was applied for projection purposes. Figures 9 and 10 show comparisons for the alternative single stock models and Figure 11 shows projection results for Model 8 (separating the south from far north stock).

The WG reiterated that more preparation time is needed to conduct the work of the assessment including that all catch information and data revisions be provided to the Secretariat and members of the SC well in advance of the meeting. Additionally, the WG suggests that the SC support that

- 1) A stock assessment working group be formed
- 2) That the duration of the SC be extended by two days. Five days is insufficient to adequately discuss all the issues about jack mackerel, much less the other activities of the SC, and
- 3) That a protocol for data and information submitted for the assessment be established including a cutoff date.

9. Jack Mackerel Research Programme

9.1. Inter-Sessional Progress with the Jack Mackerel Stock Structure Research Programme

Members of the Jack Mackerel Research Programme Task Team will be given an opportunity to provide brief overviews of any inter-sessional progress made with projects under the Jack Mackerel Stock Structure Research Programme.

9.2. Future Jack Mackerel Work Programme

The Work Programme for jack mackerel is part of the general Research Programme of the SPRFMO included in Annex 6 of the Science Working Group report. For jack mackerel, the programme considers the following components: 1) Biology and Ecology, 2) Stock Structure, 3) Stock Assessment and 4) Conservation, Rebuilding Plan and Management Procedures.

The intention is that the SPRFMO's Scientific Committee will review this programme, prioritise activities and regularly update its research programme.

9.3. Identification of short term research and assessment requirements

The group considers that for developing scientific advice on the jack mackerel fishery, progress on the following areas is a high priority in the short term:

- 1) Stock structure studies. Research is in progress on several aspects of jack mackerel stock structure. The proposed simulation studies within a Management Strategy Evaluation (MSE) framework will help to fill the gap between uncertainty in stock structure and management measures (see item 9.4 below).
- 2) Age determination. The proposed work programme on age determination based on circulation of images is cost effective and could bring important insights into the current uncertainty. The collaboration of Peru would be fundamental due to the age validation work in the northern area of jack mackerel distribution.
- 3) Acoustic survey standardization. Standardization of survey design and potential habitat modeling should be considered, especially for jack mackerel surveys, where the target fish is highly mobile and not necessarily present every year in the same place and in the same period. These activities should be developed under the supervision of the ICES FAST working group, for ensuring the highest scientific level of the research.
- 4) It was suggested that the recording of data on non-fish bycatch, specifically including seabirds, was desirable in terms of understanding the wider ecosystem relations of the fishery.

9.4. European project on hydrography and jack mackerel in the Southeast Pacific

Hintzen and EU colleagues gave a short presentation on a new EU project that will start in later 2012. The objectives of the project are: 1) Identify the most likely stock structure hypotheses of Chilean Jack Mackerel, 2) Considering the most likely stock structure, identify management objectives for Chilean Jack Mackerel, 3) Evaluate sustainable management strategies to achieve these objectives. Different partners from the SPRFMO have already been approached to collaborate to ensure that the outcomes become a SPRFMO participant result rather than an EU project result. When the proposal was presented at the PrepCon meeting in 2012, it was well received by many different nations. The project will study Jack Mackerel over the course of 2 years.

10. Revisions to the draft jack mackerel species profile

An updated jack mackerel species profile prepared by Dr Glubokov was tabled at the SWG8 JMSG meeting. Chile and Peru noted that they are planning to provide corrections and updates on the species to the Secretariat .

11. Other Matters

There were no other matters.

12. Adoption of Jack-Mackerel Sub-Group Report and Summary

The report and summary of the jack mackerel sub-group was adopted after inclusion of the final edits.

Tables

Table 1. Incremental changes to the jack mackerel model in an attempt to illustrate the impact of changes relative to the 2011 model.

Model	Description
0.0	Last year's configuration with updated data (catch, SC Chilean age composition, Chinese and Chilean CPUE)
0.1	As 0.0 with new maturity
0.2	As with 0.1 with model starting at age 1 instead of age 2 and Far north length frequency (not cohort-sliced); Gili growth
0.3	As with 0.2 but Peruvian growth curve estimates
0.4	As 0.3 but updated wt-at-age for Peru
0.5	As 0.4 with new Peruvian CPUE (2002-2012)

Table 2. Final model sets to the combined jack mackerel model data (Models 1-7) and split stock tests (Models N0-N3 for Northern stock and models S1 and S2 for the southern stock).

Model	Description
1	Same as 0.5
2	Use new Peruvian acoustic index
3	Model 1 but M average between regions (0.28)
4	Model 2 but M average between regions (0.28)
5	Model 4 but early stock recruitment period (1970-1999)
6	Model 4 but recent stock recruitment period (2000-2012)
7	Model 1 but with changes in selectivity to better match mean ages observed (more variability in selectivity)
8	Addition of model N3 + S2.
Far North stock	
N0	Original acoustic
N1	Original acoustic, lognormal prior on q=1, sigma=0.15
N2	As N1 but new acoustic
N3	Fix q=1 for new Peru acoustic survey and shift in M to reflect natural mortality change in 2000.
South stock	
S1	As Model 1
S2	As with Model 7

Figures

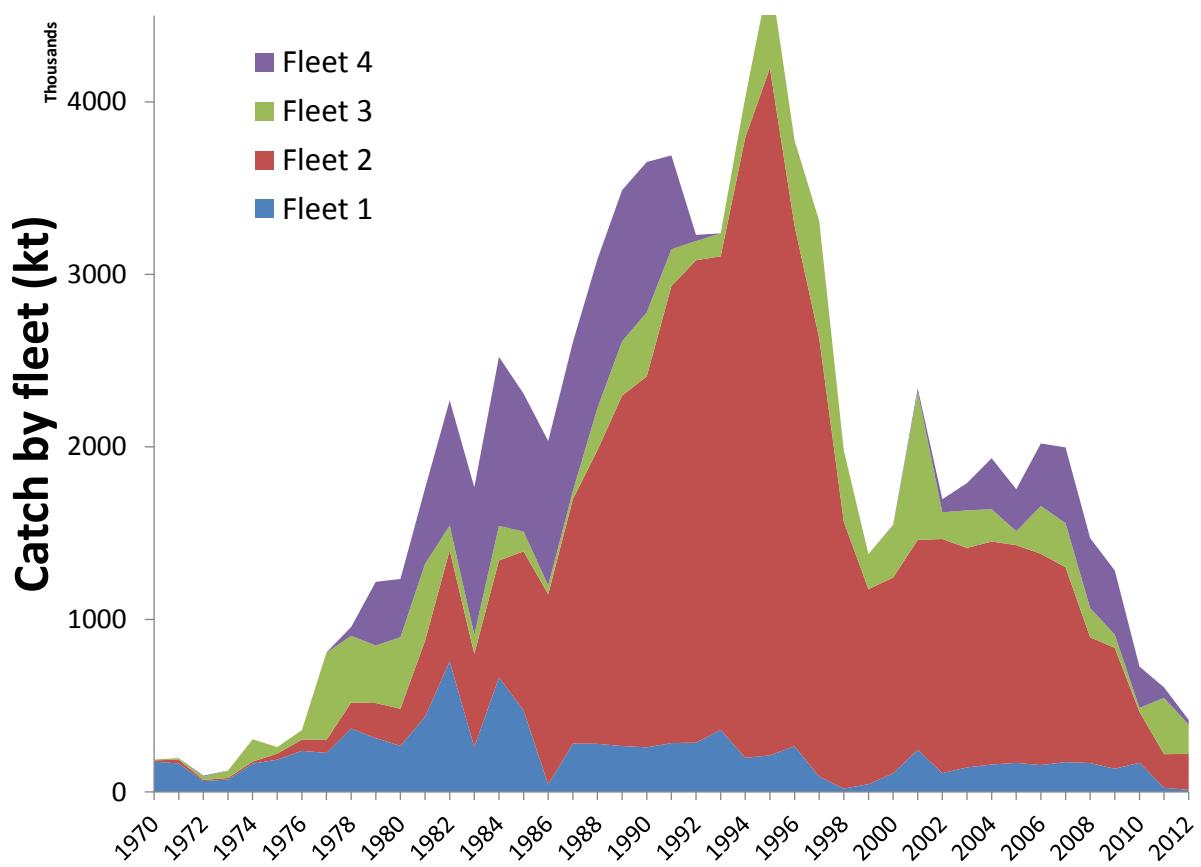


Figure 1. Jack mackerel estimated catch by fleet used for the stock assessment models.

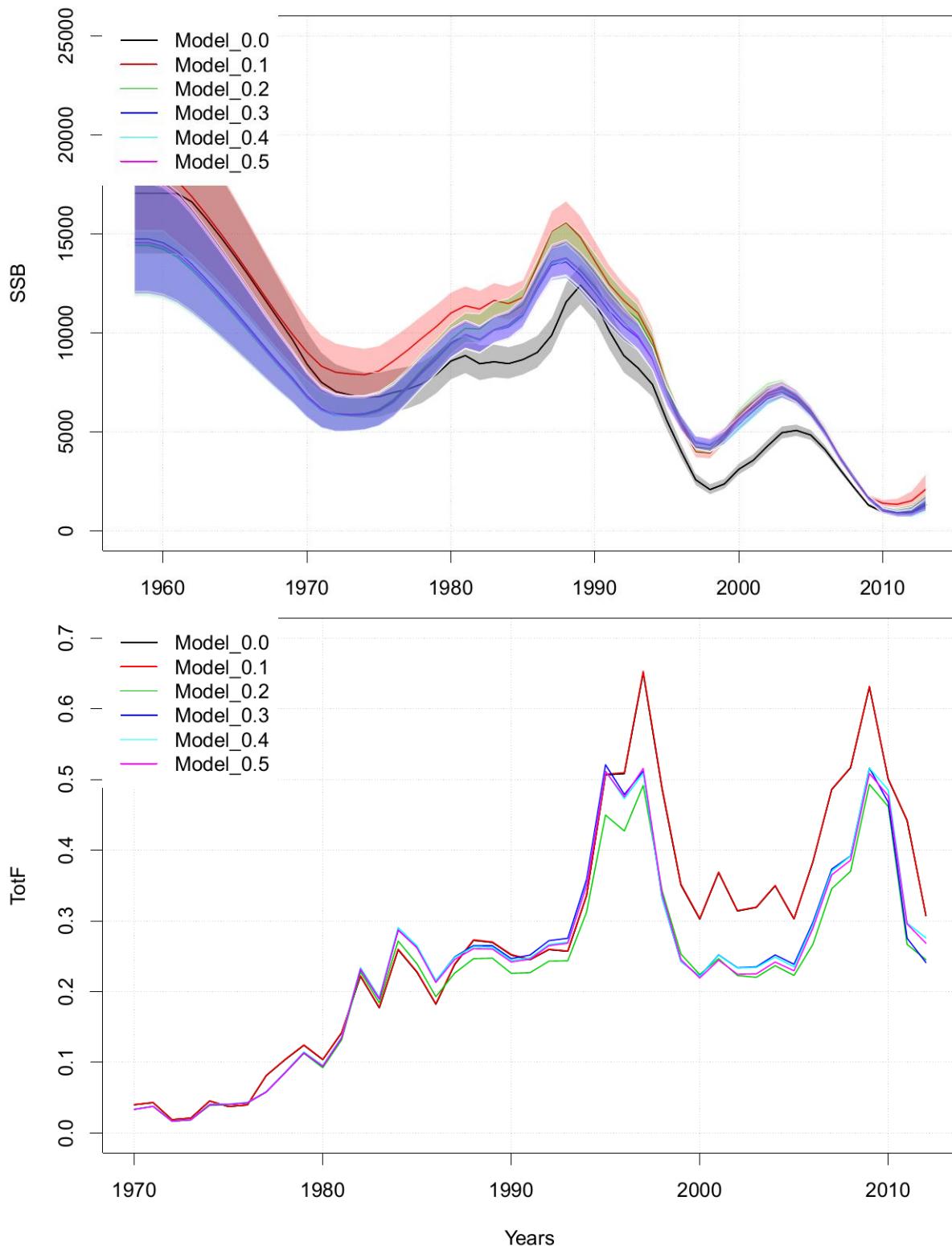


Figure 2. Jack mackerel spawning biomass (top in kt) and fishing mortality (bottom) estimates for the different model modifications reflecting modifications (structural and data based) relative to the model from 2011 (Model_0.0). Shadings represent approximate 90% confidence intervals.

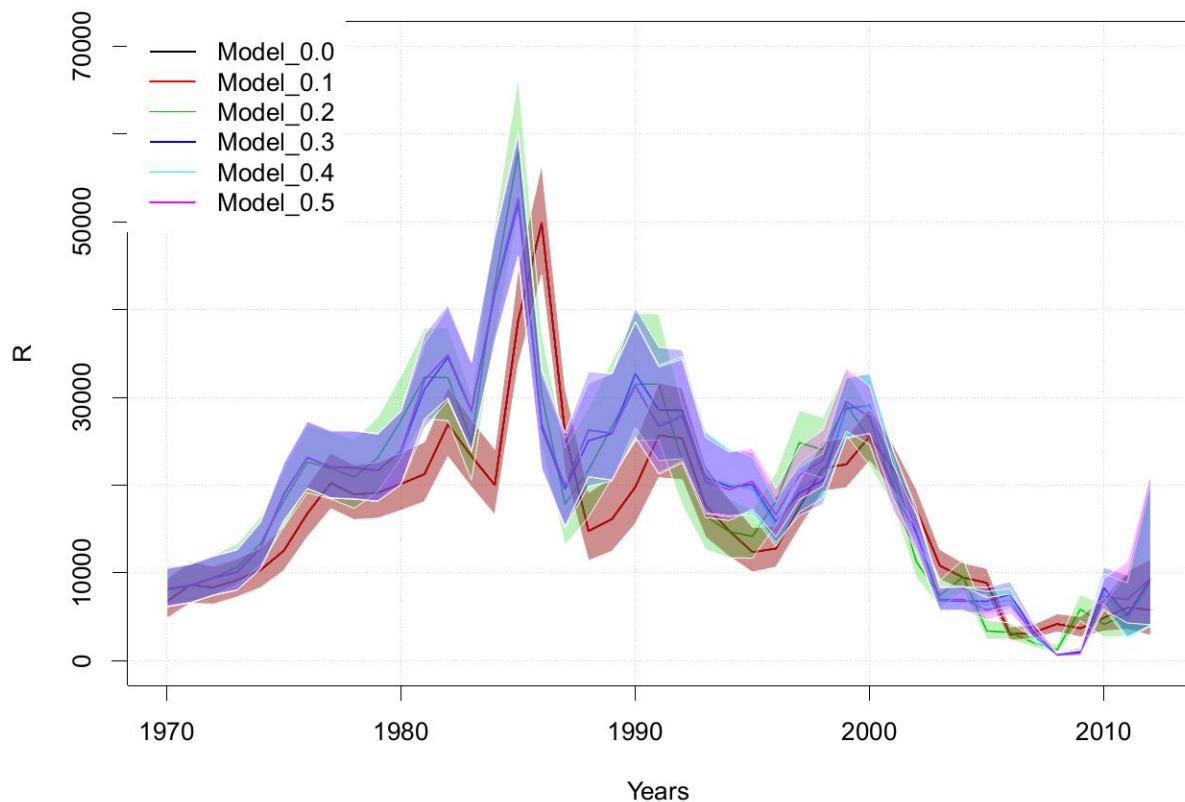


Figure 3. Jack mackerel recruitment estimates (millions) for the different model modifications reflecting modifications (structural and data based) relative to the model from 2011 (Model_0.0). Shadings represent approximate 90% confidence intervals.

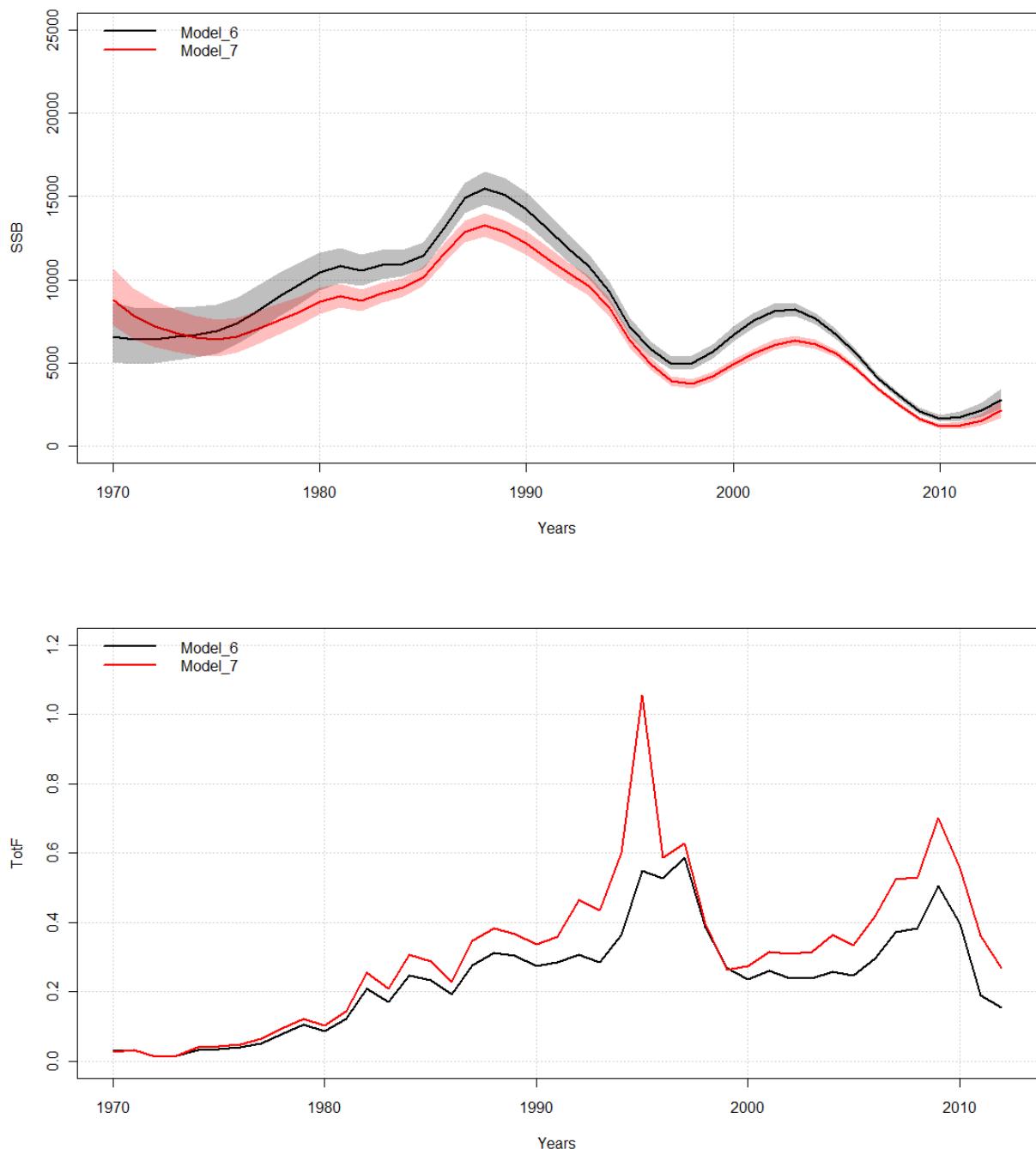


Figure 4. Jack mackerel spawning biomass (top in kt) and fishing mortality (bottom) estimates for models 6 and 7. Shadings represent approximate 90% confidence intervals.

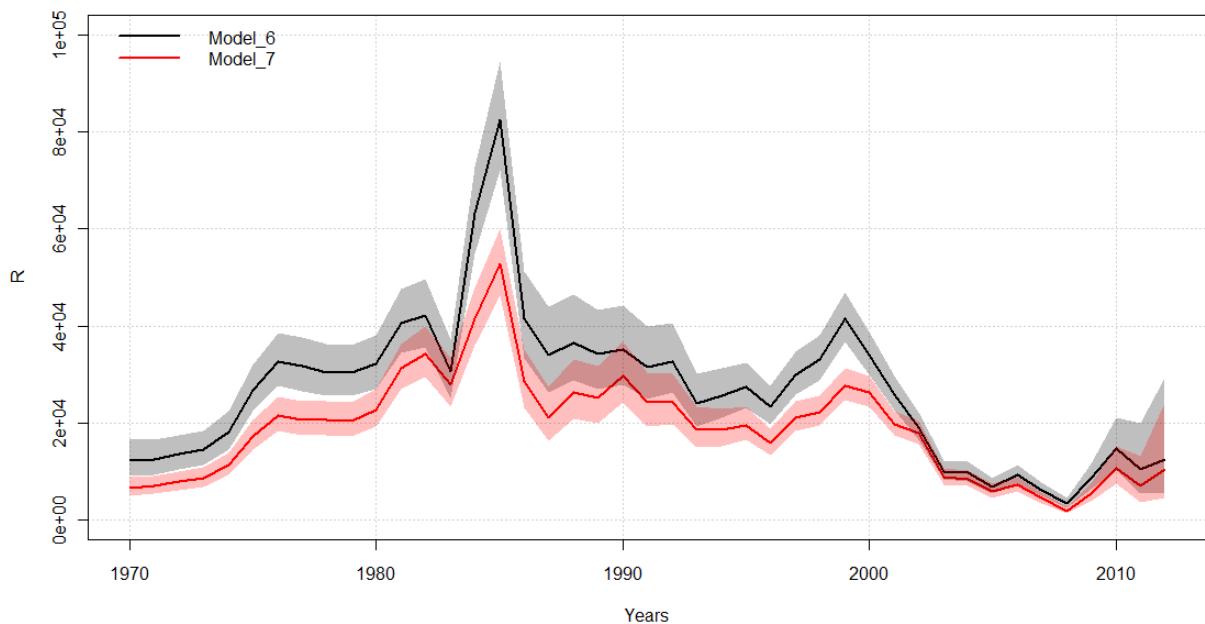


Figure 5. Jack mackerel recruitment estimates (millions) for Models 6 and 7. Shadings represent approximate 90% confidence intervals.

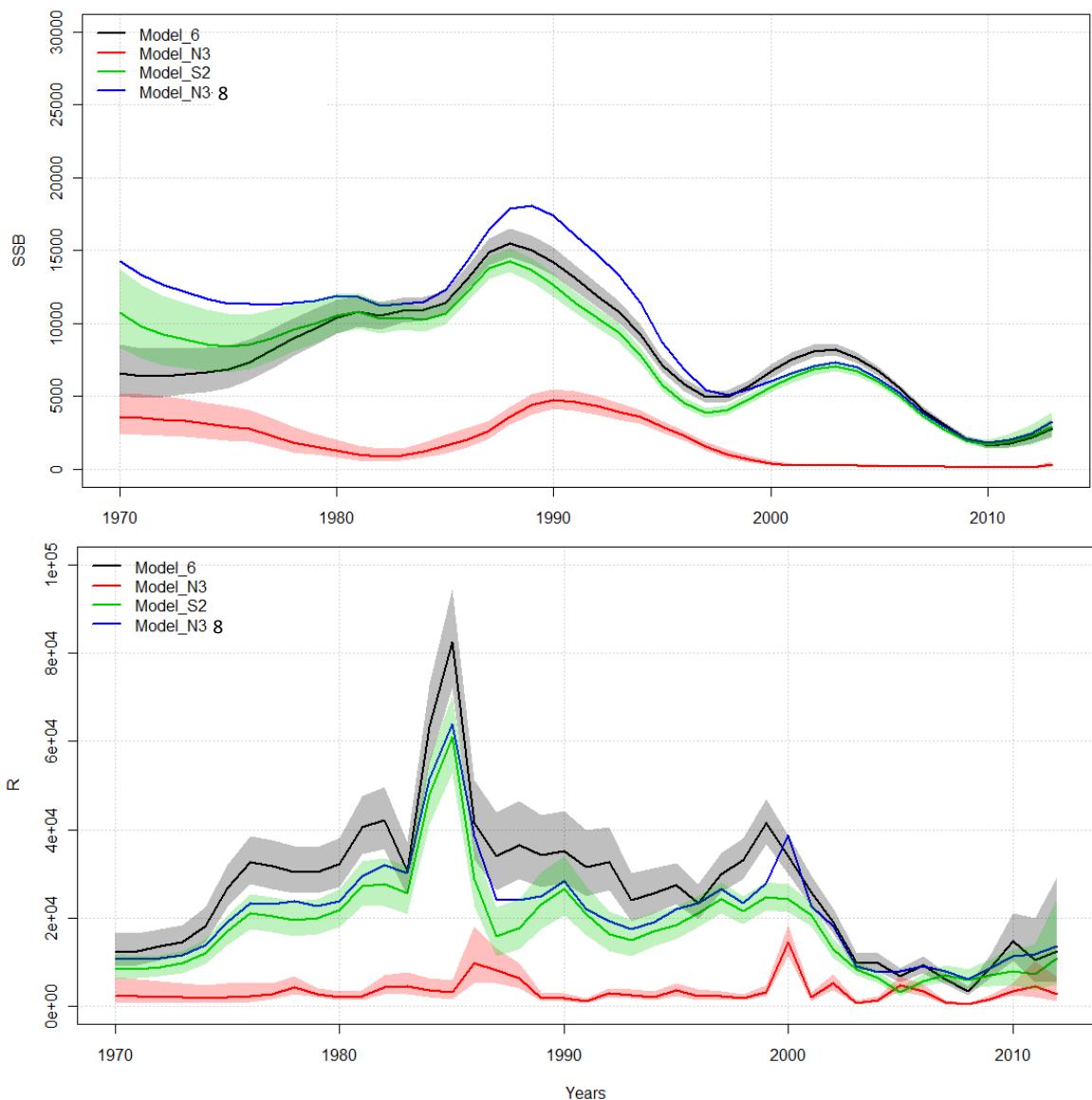


Figure 6. Jack mackerel spawning biomass (top, in kt) and recruitment (bottom in millions) estimates for the combined area (Model 6) and regional models (N2 and S2) along with the sum of N2 and S2 (Model 8). Shadings represent approximate 90% confidence intervals.

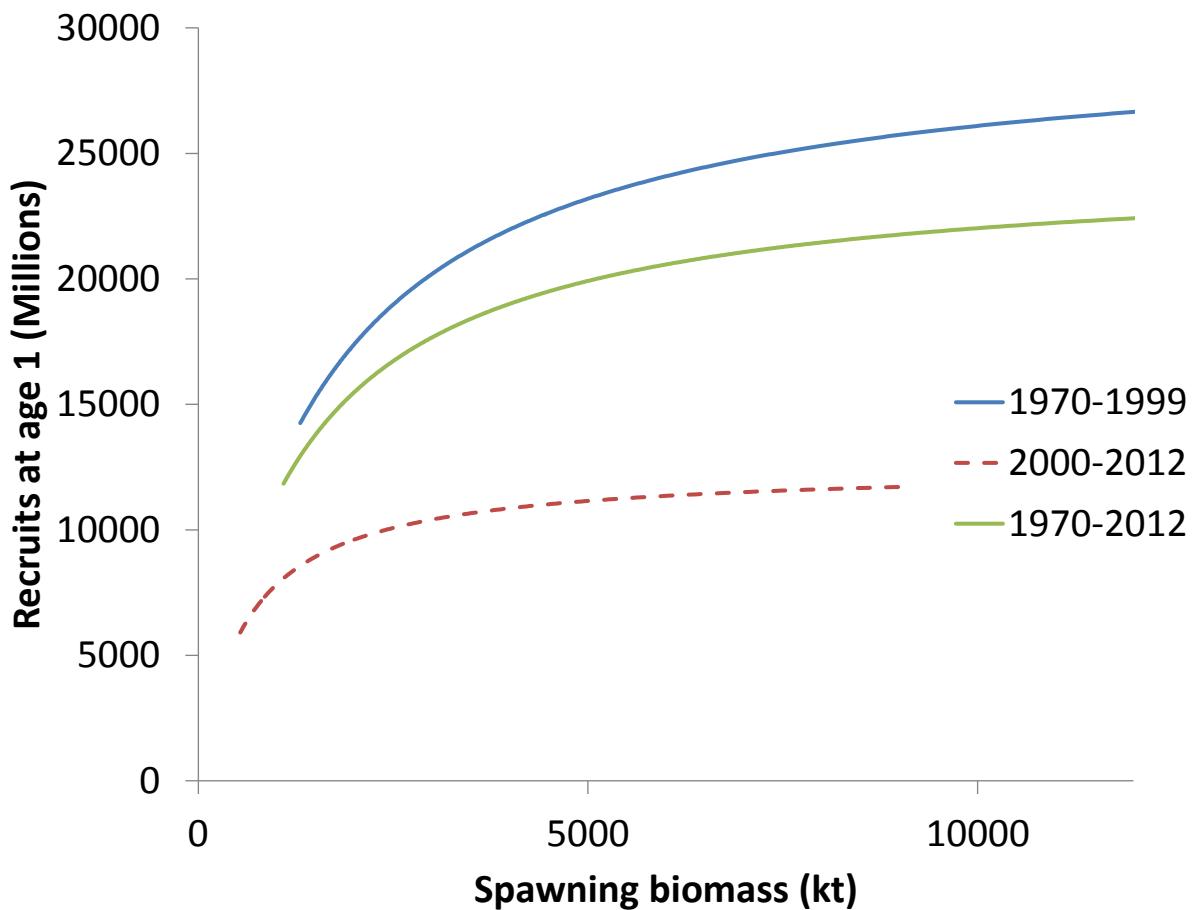


Figure 7. Jack mackerel stock recruitment estimates (with steepness fixed at 0.8) estimated for different regimes. For near-term projection purposes the regime specified from 2000-2012 was used.

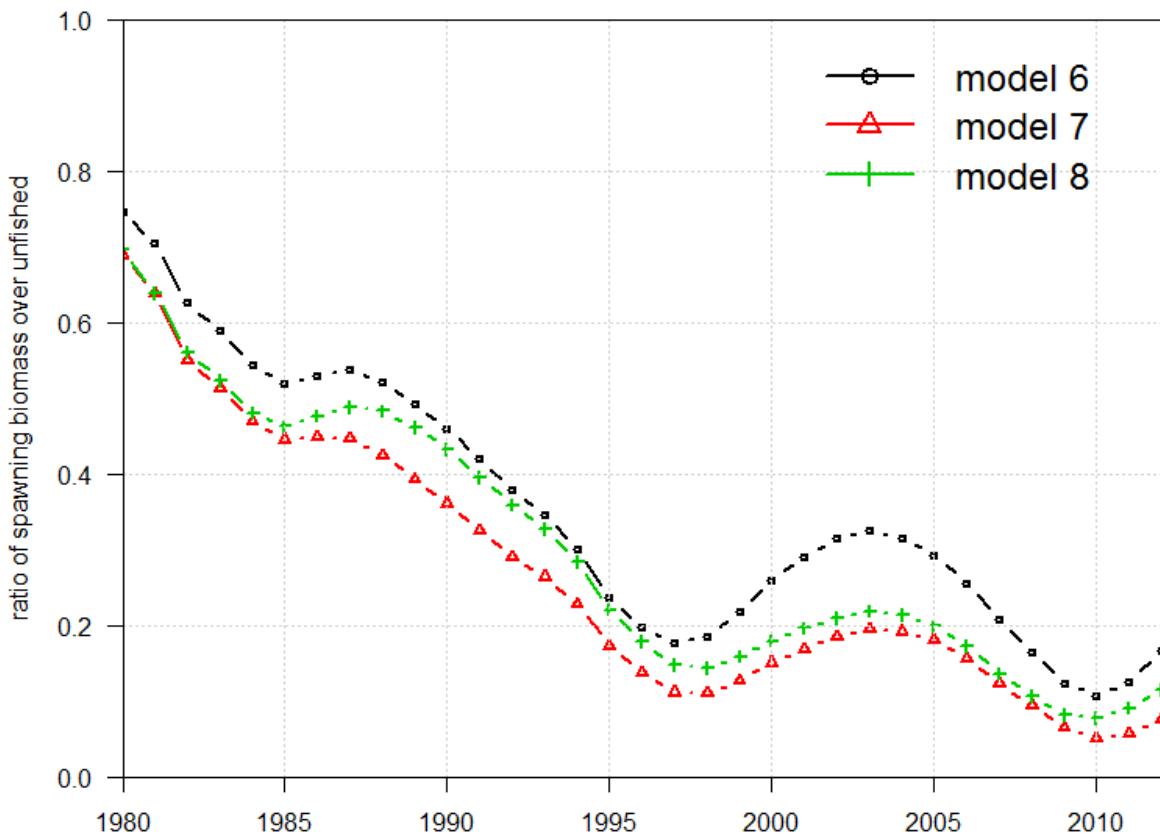
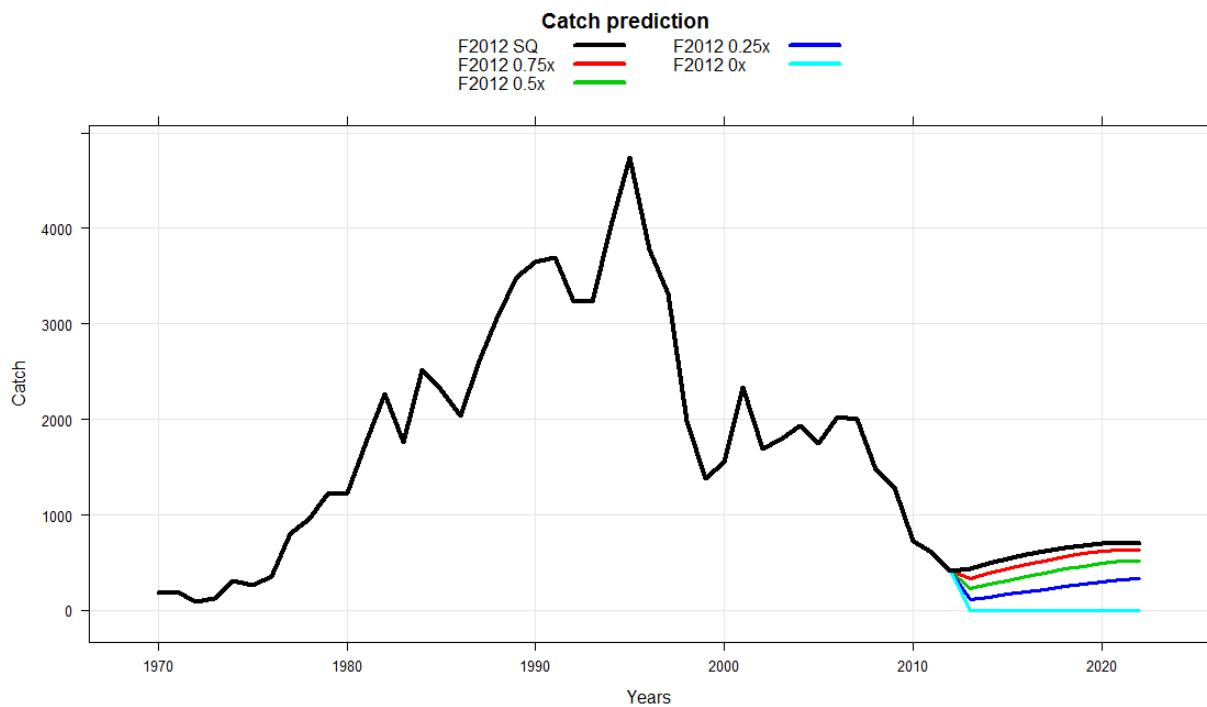


Figure 8. Jack mackerel spawning biomass expressed as a ratio of estimated over “unfished” where unfished is computed based on projecting estimated numbers at age 1 forward with natural mortality only for Models 6, 7, and 8.

Model 6



Model 7

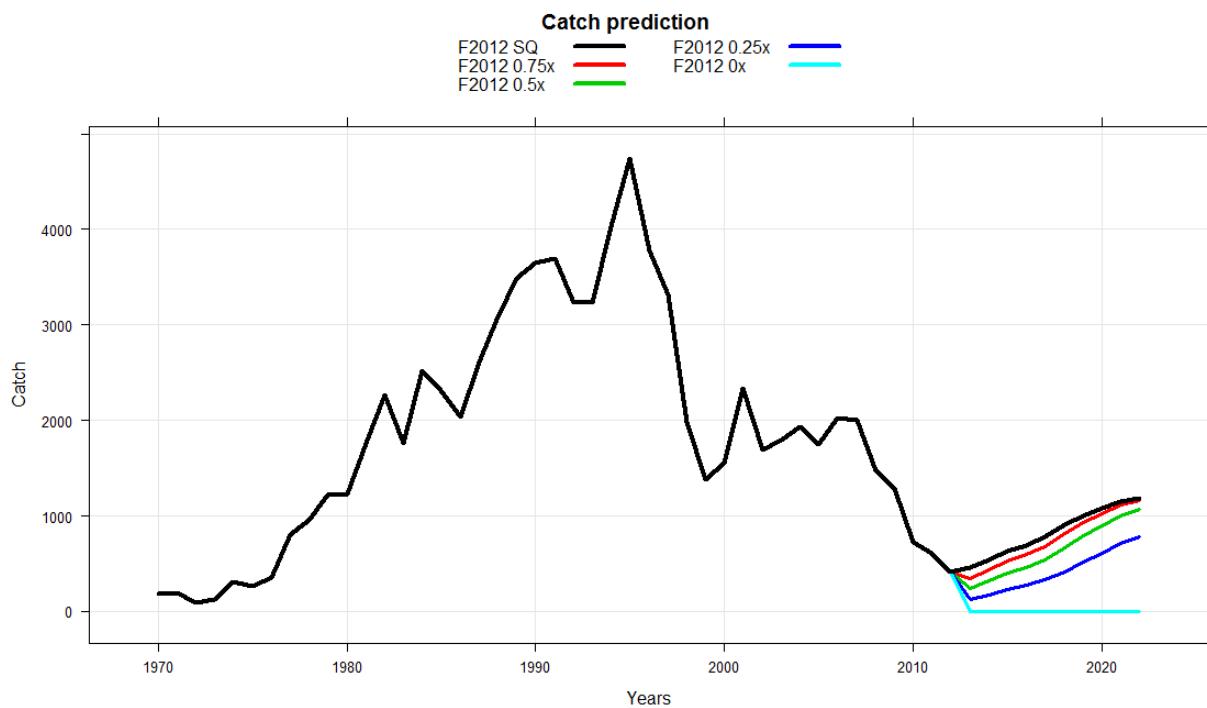
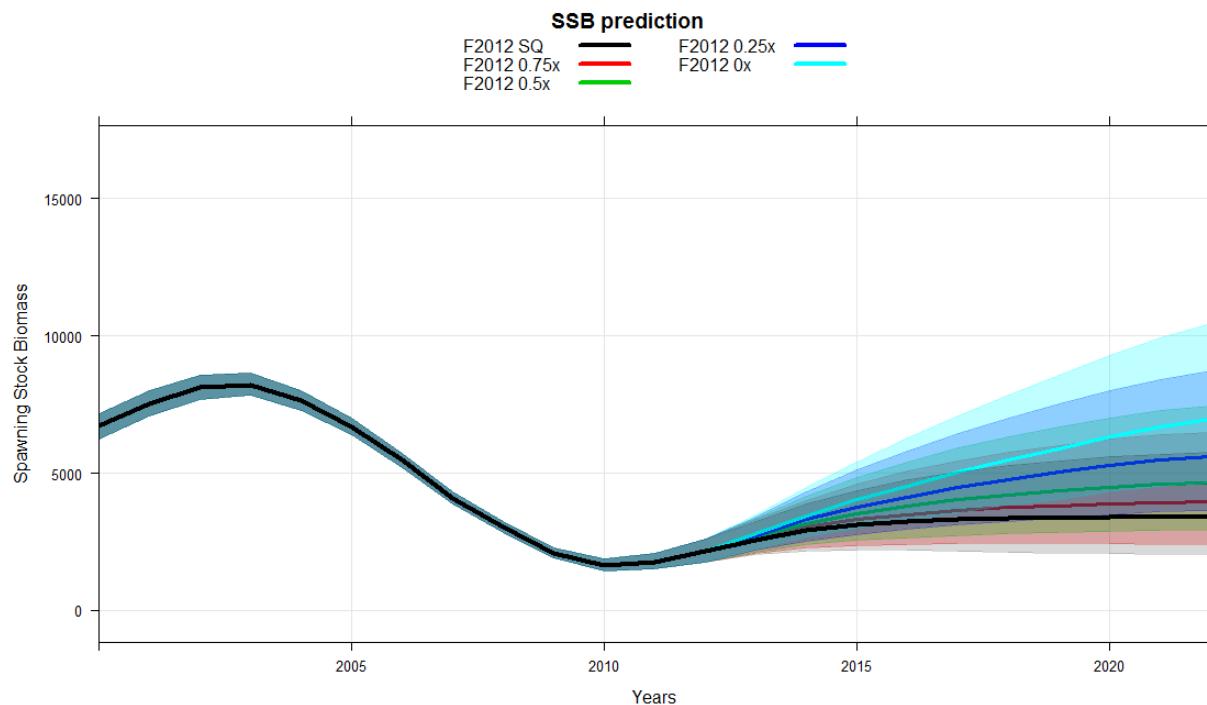


Figure 9. Jack mackerel historical and projected catch scenarios for Model 6 (top) and Model 7 (bottom). Units are kt.

Model 6



Model 7

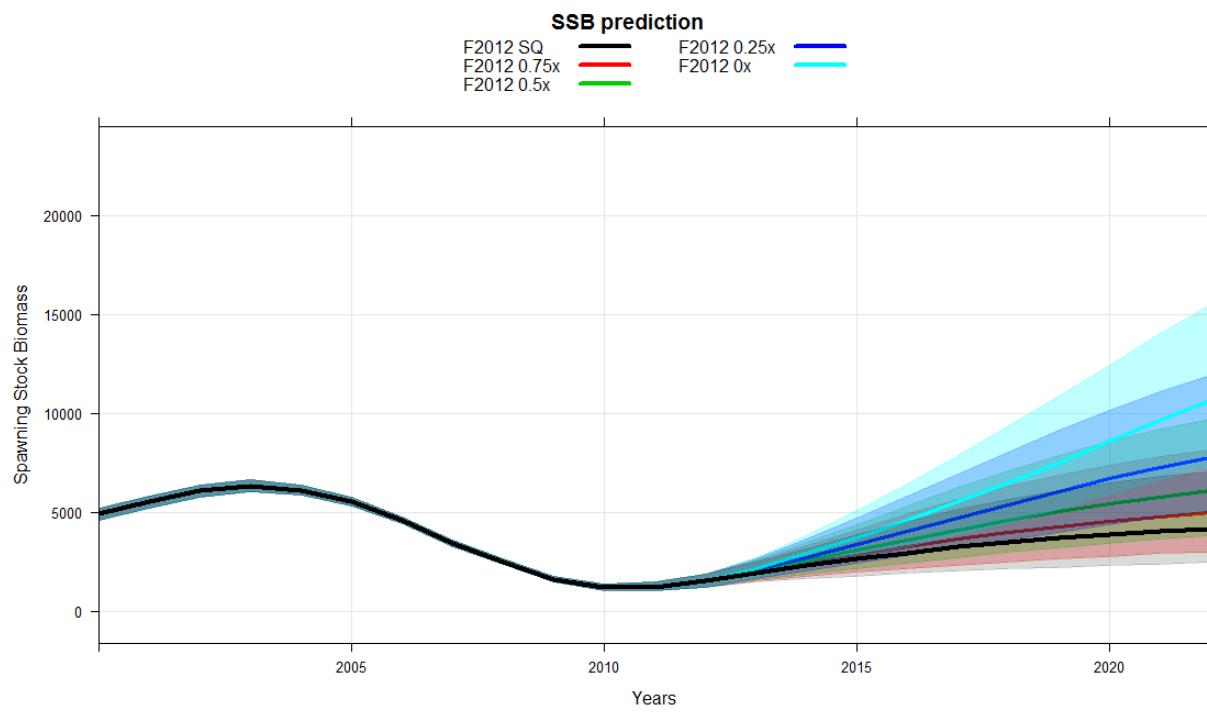


Figure 10. Jack mackerel historical and projected spawning stock estimates for Model 6 (top) and Model 7 (bottom) under different harvest scenarios. Units are kt.

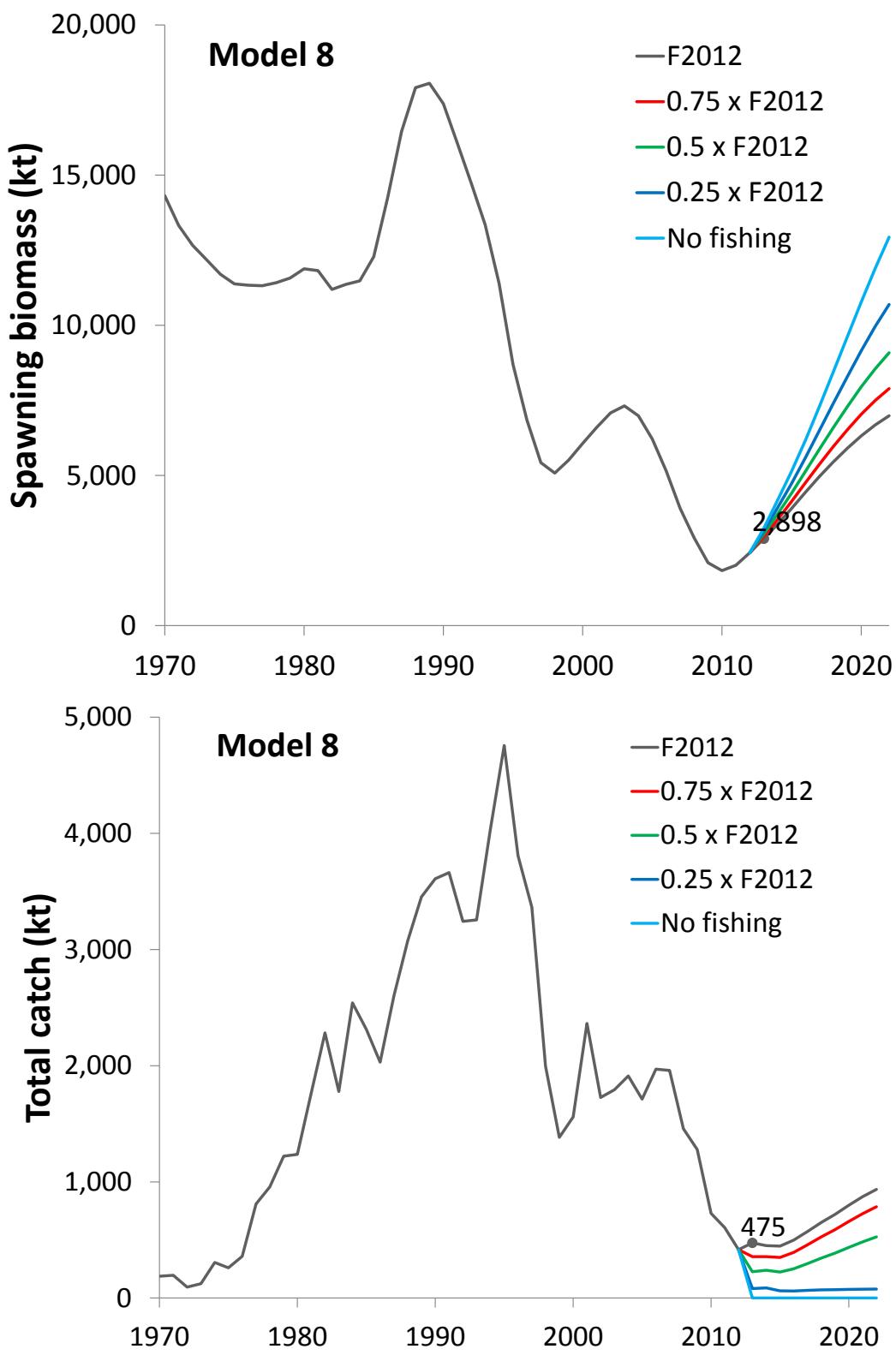


Figure 11. Jack mackerel historical and projected spawning stock estimates (top) and catch (bottom) for Model 8 under different harvest scenarios.

A1. Attachment to SWG-03: Assessment models developed and evaluated during the Jack Mackerel Subgroup Meeting

A1. Data

During the meeting, several new pieces of information were presented. The meeting agreed on data sets going forward for catch (Table A1.3). The detailed catch-at-age and index data are provided in Attachment A2. The mean weights-at-age over time used for all gear types and indices of central-south and offshore fleets were the same as used in the 2011 assessment except for the Far North fleet (see Attachment A2). The maturity-at-age was updated based on new studies and the growth parameters are given in Table A1.4 and Table A1.5). The final datasets evaluated by the subgroup are available to members upon request.

Data revisions

During the beginning of the SWG meeting, the following data were compiled for the assessment report:

- Chile
 - Catches by region
 - Catch age
 - Standardized CPUE
- Peru
 - Length composition
 - Standardized CPUE
 - Acoustic index
- EU
 - Length frequency
 - Nominal CPUE (with Vanuatu) Added on year to end of time series
- China
 - CPUE (year effect coefficients)
 - Catch at length (in cm)
- Russian
 - Nominal CPUE data 2008-2011
 - 2008, 2009, and 2011 length frequency data

CPUE series

The Chinese CPUE was presented at the document SWG-11-JM-08, where the series standardized considered a GAM approach. In this work the year effects suppose represents the changes on exploitable biomass for offshore fleet. A similar approach analysis (GLM) was conducted in order to standardize the Chilean CPUE for the central-south area, whose details were informed in document SWG-11-JM-06. For the Peruvian CPUE, the abundance index was based on a GLM approach for two periods, since 1970 - 2001, and 2002-2012 (not documented). However and considering the fishery orientation, the first part was excluded from the analysis for assessment purposes.

As was recommended at SWG10, the Russian time series of CPUE was included but with low weight since it remains unstandardized.

Age and length compositions

There was a compilation of length compositions (partial results 2012) for countries that don't have age compositions (China, Vanuatu and Korea). A weighted frequency was done as a representative of

offshore fleet. The age conversion for these fleets was done considering age-length keys of central-south area of Chile. A similar procedure was applied considering the information since 2000 for all offshore fleets that have operated off Chile.

The conversion of length composition (to age) from Peru and Ecuador was done within the model considering an approach length-based which was implemented for these purposes. In this context, a new series of length comps (total length since 1980) was provided by Ecuador, which was added to Peruvian comps based on its landings and an isometric weight-length relationship.

Acoustic biomass

A new series of acoustic biomass was provided by Peru for years 1985-2011. This series represents estimations based on the assumption of shifts in habitat area and its impact over traditional estimations. There were some discussion related to the criterion employed in this correction and if its value can be used as abundance index. Both series were used in stock assessment work. The long of this series is shorter than other series that were provided before (three years less), because for some of these years were not available environmental data to do the corrections before mentioned

Biological parameters

A new biological parameters set were updated, such as sexual maturity, growth and natural mortality. This update is based on differences of growth function between Peru and Chile. An average of natural mortality was used for combined model scenario ($M=0.28$). A weight-at-age matrix was included as well to describe the weight variation (by age and year) in the Peruvian fishery, which values were included in some model scenarios.

A1. The assessment model

A statistical catch-at-age model was used to evaluate the jack mackerel stocks. The JJM ("Joint Jack Mackerel Model") is implemented on ADMB and considered different types of information, which corresponds to the available data of the jack mackerel fishery in the South Pacific area since 1970 to 2012. The extent and type of information is listed in Table A1.6.

JJM developments

As requested at the Third Session of Preparatory Conference (Santiago, January 2012), some model improvements were included, as the explicit modeling of length comps for Far north fishery, and the incorporation of some routines related to stock projections, retrospective analysis and variations on stock-recruitment relationship over time. The model is now more flexible and permits to use catch information either at age or size for any fleet, and incorporate explicitly regime shifts in population productivity.

Models for stock structure hypothesis

The Third Session of Preparatory Conference also requested alternative stock structure hypotheses. During the meeting, three variants related to population structure were developed:

	Stock/Hypothesis	Fleets	Considerations
N0-N3	Northern Stock (Hypothesis #1, FAO 2008)	Far north	This considers the hypothesis that the Peruvian and Ecuadorian fishery information come from the same population and it's independent of the southern stock, principally fished by the Chilean fleet.
S1-S2	Southern Stock (Hypothesis #1 and #3, FAO 2008)	Northern Central-South Offshore fleet	This considers the hypothesis that the fishery information from Chile and those international fleets that operate offshore off EEZ Chile come from the same population, whose it's independent of the northern stock, principally fished by the Peruvian fleet.
1-7	A single stock (Hypothesis #2, FAO 2008)	All fleets	This considers the hypothesis that the northern and southern stock correspond to a single population unit.
8	Northern + Southern Stocks (Hypothesis #1 and #3, FAO 2008)	All fleets	This hypothesis considers the northern and southern stocks as separate population units, which are added together to provide estimates for the whole area that are comparable with those of the single stock hypothesis.

Model details

Parameters estimated conditionally are listed in Table A1.7. The most numerous of these involve estimates of annual and age-specific components of fishing mortality for each year from 1970-2012 and each of the four fisheries identified in the model. Parameters describing population numbers at age 1 in each year (and years prior to 1970 to estimate the initial population numbers at ages 1-12+) were the second most numerous type of parameter.

The table of equations for the assessment model is given in Tables A1.8, A1.9 and A1.10.

The treatment of selectivities and how they are shared among fisheries and indices are given in Table A1.11, A1.12 and A1.13. The numbers of parameters for different model configurations were around 350. Also depending on the model configuration, some growth functions were employed inside the model to convert length compositions to age compositions.

Model evaluation

A number of 14 exploratory models were proposed and run for evaluation purposes. After preliminary evaluations, a subset of 3 models (models 6, 7 and 8) was carried forward for presentation. Details of all these models are given in Table A1.14. The coefficient of variation for abundance indices are shown in Table A1.15.

Models 6 and 7 consider the single stock hypothesis and were based on model 1 (new sexual maturity and Peruvian information) and correspond to sensitivity analysis, which focused on evaluating the model response when the stock-recruitment relationship considers the period 2000-2012 (model 6) and when more variability in selectivity is considered (model 7). Model 8 considers the far north and the southern stocks as separate units (the two separate stocks hypothesis) added together. This provides estimates for the whole area under the two stocks hypothesis which are comparable with those of the single stock hypothesis.

A1. References

Gavaris, S., Ianelli, J. N., 2001. Statistical issues in fisheries stock assessment. Scand. J. Statistics: Theory and Appl., 29, 245-272.

- Gang Li, Xiaorong Zou, Yinqi Zhou & Lin Lei. Update Standardization of CPUE for Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) from Chinese Trawl Fleet. SWG-11-JM-08, 2011. 11th Meeting of the Science Working Group, Lima, Perú.
- Gili, R., L. Cid, V. Bocic, V. Alegría, H. Miranda & H. Torres. 1995. Determinación de la estructura de edad del recurso jurel. In: Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Informes Técnicos FIP/IT-93-18.
- Kochkin, P.N., 1994. Age determination and estimate of growth rate for the Peruvian jack mackerels, *Trachurus symmetricus murphyi*. J. of Ichthyol. 34(3): 39-50.
- Leal, E., E. Diaz & J.C. Saavedra, 2011. Reproductive Timing and Maturity at Length and Age of Jack Mackerel *Trachurus murphyi*, in the Chilean Coast SWG-11-JM-07, 2011. 11th Meeting of the Science Working Group, Lima, Perú.
- Saavedra J.C, L. Caballero & C. Canales, 2011. Analysis of the CPUE in the Jack Mackerel Fishery in centre-southern Chile. SWG-11-JM-06. 11th Meeting of the Science Working Group, Lima, Perú.
- Serra R. and C. Canales 2009. Short review of some biological aspects of the Chilean jack mackerel, *trachurus murphyi*. Working Paper SP-07-SWG-JM-SA-05. Jack Mackerel Stock Assessment Methods Workshop. Lima, Peru.

A1. Tables

Table A1.3. Sources and values of catch (t) compiled for the four fleets used for the assessment.

Year	Fleet 1	Fleet 2	Fleet 3 (Far north)					Belize	Peru	Japan	Fleet 4 Trawler fleet off Chile (outside EEZ)							Total	
	N Chile (1)	Chile CS (1)	Peru(1)	Ecuador (2)	USSR	Cuba (2)	Subtotal				China	EU	Faroe I.	Korea	Russia /USSR 1)	Cuba	Vanuatu	Subtotal	
1970	175208	7938	4711				4711											0	187857
1971	164838	21934	9189				9189											0	195961
1972	62634	7100	18782				18782											5500	94016
1973	71762	8904	42781				42781											0	123447
1974	163396	12678	129211				129211											0	305285
1975	186890	34951	37899				37899											0	259740
1976	237876	65570	54154				54154											35	357635
1977	225907	75585	504992				504992											2273	808757
1978	367762	150319	386793				386793											1667	51290 956164
1979	311682	203269	151591				175938	6281	333810									120	356271 12719 369110 1217871
1980	266697	215528	123380				252078	38841	414299									292892 45130 338022 1234546	
1981	435061	440935	37875				371981	35783	445639									399649 38444 438122 1759757	
1982	756484	643821	50013				84122	9589	143724									651776 74292 726068 2270097	
1983	259128	541696	76825				31769	2096	110690									799884 52779 854357 1765871	
1984	663695	677910	184333				15781	560	200674									942479 33448 979798 2522077	
1985	471599	923042	87466				26089	1067	114622									762903 31191 799323 2308586	
1986	42536	1103200	49863				1100	66	51029									783900 46767 837502 2034267	
1987	280594	1416781	46304				0		46304									818628 35980 863423 2607102	
1988	278701	1703037	118076				120476	5676	244228									817812 38533 863216 3089182	
1989	265861	2031058	140720	35108			137033	3386	316247								701	854020 21100 875821 3488987	
1990	258233	2150956	191139	4144			168636	6904	370823								157	837609 34293 872059 3652071	
1991	282817	2649828	136337	45313			30094	1703	213447									514534 29125 543659 3689751	
1992	285387	2796812	96660	15022			0		111682									32000 3196 35196 3229077	
1993	359947	2745099	130681	2673					133354									0	3238400
1994	197414	3596904	196771	36575					233346									0	4027664
1995	211594	3984244	376600	174393					550993									0	4746831
1996	264631	3017165	438736	56782					495518									0	3777314
1997	88276	2541981	649751	30302					680053									0	3310310
1998	19278	1546704	386946	25900					412846									0	1978828
1999	44582	1130488	184679	19072					203751									7	1378828
2000	107769	1135082	296579	7122					303701									2318	2318 1548870

Year	Fleet 1	Fleet 2	Fleet 3 (Far north)					Fleet 4 Trawler fleet off Chile (outside EEZ)											Total
	N Chile (1)	Chile CS (1)	Peru(1)	Ecuador (2)	USSR	Cuba (2)	Subtotal	Belize	Peru	Japan	China	EU	Faroe I.	Korea	Russia /USSR 1)	Cuba	Vanuatu	Subtotal	
2001	244019	1216754	723733	<u>134011</u>			857744			20090								20090	2338607
2002	108727	1357185	154219	604			154823			76261								76261	1696996
2003	142016	1272302	217734				217734			94690			2010	7540		53959	158199	1790251	
2004	158656	1292943	187369				187369			131020			7438	62300		94685	295443	1934411	
2005	168383	1262051	80663				80663	867		143000	6179		9126	7040		77356	243568	1754665	
2006	155256	1224685	277568				277568	481		160000	62137		10474			129535	362627	2020136	
2007	172701	1130083	254426	927			255353	12585		140582	123511	38700	10940			112501	438819	1996956	
2008	167258	728850	169537				169537	15245		143182	106665	22919	12600	4800		100066	405477	1471122	
2009	134022	700905	<u>74694</u>	19834			<u>94528</u>	5681	13326	0	117963	111921	20213	13759	9113		79942	371918	<u>1301373</u>
2010	169010	295681	<u>17559</u>	<u>4613</u>			<u>22172</u>	2240	40516	0	63606	67749	<u>11643</u>	8183	0		<u>45908</u>	<u>239845</u>	<u>726708</u>
2011	23945	194532	<u>257241</u>	<u>69153</u>			<u>326394</u>	0	<u>674</u>	0	<u>32862</u>	<u>2248</u>	0	<u>9253</u>	8229	8	7672	<u>60946</u>	<u>605817</u>
2012	12000	208403	168779	104			168883	0	2996	0	10797	0	0	5492	0	0	8746	28031	417317

Underlined figures have been updated.

2012 data are preliminary and reflect the best estimates for the year.

Table A1.4. Jack mackerel sexual maturity by age used in the JMM models.

Age (yr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Southern Stock	0.07	0.31	0.72	0.93	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Far North Stock	0.00	0.37	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Table A1.5. Growth parameters and natural mortality.

Parameter	Far North stock	South Stock
L_∞ (cm) (Total length)	80.77	n/e
k	0.16	n/e
to (year)	-0.356	n/e
M (year-1)	0.33	0.23

n/e: not employed

Table A1.6. Years and types of information used in the JJM assessment models.

Fleet	Catch at age	Catch at length	Landings	CPUE	Acoustic	DEPM
North Chile purse seine	1975-2012	-	1970-2012	-	1984-1988; 1991; 2006- 2009	1999-2008
South-central Chile purse seine	1975-2012	-	1970-2012	1982-2011	1997-2009	-
FarNorth	-	1980-2011	1970-2012	1996-2009, 2011	1983-2011	-
International trawl off Chile	1979-1991	2007-2011	1978-2012	China (2001-2012); EU & Vanuatu (2003- 2011); Russian (1987- 1991, 2008-09, 2011)	-	-

Table A1.7. Symbols and definitions used for model equations.

General Definitions	Symbol/Value	Use in Catch at Age Model
Year index: $i = \{1970, \dots, 2012\}$	i	
Age index: $j = \{1, 2, \dots, 12^+\}$	j	
length index: $l = \{10, 11, \dots, 50\}$	l	
Mean length at age	L_j	
Variation coefficient the length at age	cv	
Mean weight in year t by age j	$W_{t,j}$	
Maximum age beyond which selectivity is constant	$Maxage$	Selectivity parameterization
Instantaneous Natural Mortality	M	Fixed $M=0.23$, constant over all ages
Proportion females mature at age j	p_j	Definition of spawning biomass
Proportion of length at some age	Γ	Transform from age to length
Sample size for proportion in year i	T_i	Scales multinomial assumption about estimates of proportion at age
Survey catchability coefficient	q^s	Prior distribution = lognormal(μ_q^s, σ_q^2)
Stock-recruitment parameters	R_0	Unfished equilibrium recruitment
	h	Stock-recruitment steepness
	σ_R^2	Recruitment variance
Unfished biomass	ϕ	Spawning biomass per recruit when there is not fishing
Estimated parameters		
$\phi_i(\#), R_0, h, \varepsilon_i(\#), \mu^f, \mu^s, M, \eta_j^s(\#), \eta_j^f(\#), q^s(\#)$		

Note that the number of selectivity parameters estimated depends on the model configuration.

Table A1.8. Variables and equations describing implementation of the joint jack mackerel assessment model (JJM).

Eq	Description	Symbol/Constraints	Key Equation(s)
1)	Survey abundance index (s) by year (Δ^s represents the fraction of the year when the survey occurs)	I_i^s	$I_i^s = q^s \sum_{j=1}^{12} N_{ij} W_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}$
2)	Catch biomass by year and age/length	$\hat{C}_{il}, \hat{C}_{ij}$	$\hat{C}_{ij}^f = \sum_{j=1}^{12} N_{ij} W_{ij} \frac{F_{ij}^f}{Z_{ij}} (1 - e^{-Z_{ij}})$ $\hat{C}_{il} = \Gamma_{l,j} \hat{C}_{ij}$
			$\Gamma_{l,j} = \int_j^{j+1} e^{-\frac{1}{2\sigma_j^2}(l-L_j)^2} dl$
			$L_j = L_{00} (1 - e^{-k}) + e^{-k} L_{j-1}$
			$\sigma_j = cv L_j$
3)	Proportion at age j , in year i	$P_{ij}, \sum_{j=1}^{12} P_{ij} = 1.0$	$p_{ij}^f = \frac{\hat{C}_{ij}^f}{\sum_j \hat{C}_{ij}^f} \quad p_{ij}^s = \frac{N_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}}{\sum_j N_{ij} S_j^s e^{-\Delta^s Z_{ij}}}$
	Proportion at length l , in year i	$P_{il}, \sum_{l=10}^{50} P_{il} = 1.0$	$P_{il} = \frac{C_{il}}{\sum_{l=10}^{50} C_{il}}$
4)	Initial numbers at age	$j = 1$	$N_{1970,j} = e^{\mu_R + \varepsilon_{1970}}$
5)		$1 < j < 11$	$N_{1970,j} = e^{\mu_R + \varepsilon_{1970} - \sum_{l=1}^j e^{-M}}$
6)		$j = 12+$	$N_{1970,12} = N_{1970,11} (1 - e^{-M})^{-1}$
7)	Subsequent years ($i > 1970$)	$j = 1$	$N_{i,1} = e^{\mu_R + \varepsilon_i}$
8)		$1 < j < 11$	$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} e^{-Z_{i-1,j-1}}$
9)		$j = 12+$	$N_{i,12+} = N_{i-1,11} e^{-Z_{i-1,10}} + N_{i-1,12} e^{-Z_{i-1,11}}$
10)	Year effect and individuals at age 1 and $i = 1958, \dots, 2012$	$\varepsilon_i, \sum_{i=1958}^{2012} \varepsilon_i = 0$	$N_{i,1} = e^{\mu_R + \varepsilon_i}$
11)	Index catchability		$q_i^s = e^{\mu^s}$
	Mean effect	μ^s, μ^f	$s_j^s = e^{\eta_j^s} \quad j \leq \text{maxage}$
	Age effect	$\eta_j^s, \sum_{i=1958}^{2012} \eta_j^s = 0$	$s_j^s = e^{\eta_{\text{maxage}}^s} \quad j > \text{maxage}$
12)	Instantaneous fishing mortality		$F_{ij}^f = e^{\mu^f + \eta_j^f + \phi_i}$
13)	Mean fishing effect	μ^f	
14)	Annual effect of fishing mortality in year i	$\varphi_i, \sum_{i=1970}^{2012} \varphi_i = 0$	
15)	age effect of fishing (regularized) In year time variation allowed	$\eta_j^f, \sum_{i=1958}^{2012} \eta_j^f = 0$	$s_{ij}^f = e^{\eta_j^f}, \quad j \leq \text{maxage}$ $s_{ij}^f = e^{\eta_{\text{maxage}}^f} \quad j > \text{maxage}$
	In years where selectivity is constant over time	$\eta_{i,j}^f = \eta_{i-1,j}^f$	$i \neq \text{change year}$
16)	Natural Mortality	M	fixed

Eq	Description	Symbol/Constraints	Key Equation(s)
17)	Total mortality		$Z_{ij} = \sum_f F_{ij}^f + M$
17)	Spawning biomass (note spawning taken to occur at mid of November)	B_i	$B_i = \sum_{j=2}^{12} N_{ij} e^{-\frac{10.5}{12} Z_{ij}} W_{ij} p_j$
18)	Recruitments (Beverton-Holt form) at age 2.	\tilde{R}_i	$\tilde{R}_i = \frac{\alpha B_t}{\beta + B_i}$, $\alpha = \frac{4hR_0}{5h-1}$ and $\beta = \frac{B_0(1-h)}{5h-1}$ where $h=0.8$ $B_0 = R_0 \varphi$ $\varphi = \sum_{j=1}^{12} e^{-M(j-1)} W_j p_j + \frac{e^{-12M} W_{12} p_{12}}{1 - e^{-M}}$

Table A1.9. Specification of objective function that is minimized (i.e., the penalized negative of the log-likelihood).

	Likelihood /penalty component		Description / notes
19)	Abundance indices	$L_1 = \sum_s \lambda_1^s \sum_i \log \left(\frac{I_i^s}{\hat{I}_i^s} \right)^2$	Survey abundances
20)	Prior on smoothness for selectivities	$L_2 = \sum_l \lambda_2^l \sum_{j=1}^{12} (\eta_{j+2}^l + \eta_j^l - 2\eta_{j+1}^l)^2$	Smoothness (second differencing), Note: $l=\{s, f\}$ for survey and fishery selectivity
21)	Prior on recruitment regularity	$L_3 = \lambda_3 \sum_{i=1958}^{2012} \varepsilon_i^2$	Influences estimates where data are lacking (e.g., if no signal of recruitment strength is available, then the recruitment estimate will converge to median value).
22)	Catch biomass likelihood	$L_4 = \sum_f \lambda_4^f \sum_{i=1970}^{2012} \log \left(\frac{C_i^f}{\hat{C}_i^f} \right)^2$	Fit to catch biomass in each year
23)	Proportion at age/length likelihood	$L_5 = - \sum_{v,i,j} T^v P_{i,j/l}^v \log(\hat{P}_{i,j/l}^v)$	$v=\{s, f\}$ for survey and fishery age composition observations $P_{i,j/l}^v$ are the catch-at-age/length proportions (relaxed in final phases of estimation)
24)	Fishing mortality regularity	F values constrained between 0 and 5	
25)	Recruitment curve fit	$L_6 = \lambda_6 \sum_{i=1977}^{2012} \log \left(\frac{N_{i,1}}{\tilde{R}_i} \right)^2$	Conditioning on stock-recruitment curve over period 1977-2011.
26)	Priors or assumptions	R_0 non-informative σ_R^2 fixed at 0.6	(Explored alternative values of σ_R^2)
27)	Overall objective function to be minimized	$\dot{L} = \sum_k L_k$	

Table A1.10. Lambda values used on log-likelihood functions in the base model.

<i>s</i>	Abundance index	λ^s ⁽¹⁾	<i>f</i>	Catch biomass likelihood	λ^f ⁽¹⁾
1	Acoustic CS- Chile	12.5	1	N-Chile	200
2	Acoustic N-Chile	2	2	CS- Chile	200
3	CPUE – Chile	21.9	3	Peru	200
4	DEPM – Chile	2.0	4	International	200
5	Acoustic-Peru	12.5	5	ex USSR	200
6	CPUE – Peru	12.5			
7	CPUE- China	12.5			
8	CPUE-EU	12.5			
9	CPUE- ex USSR	3.1			

<i>s</i>	Smoothness for selectivities	λ^s ⁽¹⁾	Proportion at age likelihood		T^s
1	Acoustic CS- Chile	100	1	Acoustic CS- Chile	30
2	Acoustic N-Chile	100	2	DEPM – Chile	20
3	CPUE – Chile	100			
7	CPUE- China	100			
8	CPUE-EU	100			
9	CPUE ex-USSR	100			

<i>f</i>	Smoothness for selectivities	λ^f ⁽¹⁾	Proportion at age likelihood		T^f
1	N-Chile	1	1	N-Chile	20
2	CS- Chile	25	2	CS- Chile	50
3	Peru	12.5	3	Peru	30
4	Internacional	12.5	4	Internacional	30
5	ex - USSR	12.5	5	ex - USSR	30

Recruitment regularity	λ ⁽¹⁾	S-Recruitment curve fit	λ ⁽¹⁾
	1.4		1.4

(1) λ corresponds to $0.5/\sigma^2$:

σ	λ
0.05	200
0.10	50
0.20	12.5
0.30	5.6
0.40	3.1
0.50	2.0
0.60	1.4

Table A1.11. Description of JJM model components and how selectivity was treated (Far North Stock).

Item	Description	Selectivity assumption
Fisheries		
1)	Peruvian and Ecuadorian area fishery	Estimated from length composition data (converted to age inside the model). Two time-blocks were considered, before and after 2002.
Index series		
2)	Acoustic survey in Peru	All age groups are available (without selectivity)
3)	Peruvian fishery CPUE	Assumed to be the same as 1)

Table A1.12. Description of JJM model components and how selectivity was treated (South stock).

Item	Description	Selectivity assumption
Fisheries		
1)	Chilean northern area fishery	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-1986; 1987-2012.
2)	Chilean central and southern area fishery	Estimated from age composition data. Four time-blocks were considered 1970-1987; 1988-1992; 1993-2003; 2004-2012.
3)	Recent offshore trawl fishery and	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-1995; 1996-2012.
4)	Ex-USSR trawl fishery	Estimated from historical age composition data as 3)
Index series		
6)	Acoustic survey in central and southern Chile	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-2004; 2005-2012.
7)	Acoustic survey in northern Chile	Assumed to be the same as 1)
8)	Central and southern fishery CPUE	Assumed to be the same as 2)
9)	Egg production survey	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-2002; 2003-2012.
10)	Chinese fleet CPUE (from FAO workshop)	Assumed to be the same as 3)
11)	Vanuatu & EU fleets CPUE	Assumed to be the same as 3)
12)	ex-USSR CPUE	Assumed to be the same as 3) but for earlier period

Table A1.13. Description of JJM model components and how selectivity was treated for the single stock cases.

Item	Description	Selectivity assumption
Fisheries		
1)	Chilean northern area fishery	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-1986; 1987-2012.
2)	Chilean central and southern area fishery	Estimated from age composition data. Four time-blocks were considered 1970-1987; 1988-1992; 1993-2003; 2004-2012.
3)	Peruvian and Ecuadorian area fishery	Estimated from length composition data (converted to age inside the model). Two time-blocks were considered, before and after 2002.
4)	Recent offshore trawl fishery and	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-1995; 1996-2012.
5)	Ex-USSR trawl fishery	Estimated from historical age composition data as 2)
Index series		
6)	Acoustic survey in central and southern Chile	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-2005; 2006-2012.
7)	Acoustic survey in northern Chile	Assumed to be the same as 1)
8)	Central and southern fishery CPUE	Assumed to be the same as 2)
9)	Egg production survey	Estimated from age composition data. Two time-blocks were considered 1970-2004; 2005-2012.
10)	Acoustic survey in Peru	All age groups are available (without selectivity)
11)	Peruvian fishery CPUE	Assumed to be the same as 3)
12)	Chinese fleet CPUE (from FAO workshop)	Assumed to be the same as 4)
13)	Vanuatu & EU fleets CPUE	Assumed to be the same as 4)
14)	ex-USSR CPUE	Assumed to be the same as 4) but for earlier period

Table A1.14. Particular specifications for the different models applied.

Model	Description
1	New maturity, new Peruvian CPUE, wt-at-age for Peru and Peruvian growth curve estimates
2	Use new Peruvian acoustic index
3	Model 1 but M average between regions (0.28)
4	Model 2 but M average between regions (0.28)
5	Model 4 but early stock recruitment period (1970-1999)
6	Model 4 but recent stock recruitment period (2000-2012)
7	Model 1 but with changes in selectivity to better match mean ages observed (more variability in selectivity)
8	Addition of model N3 + S2.
Far North stock	
N0	Original acoustic
N1	Original acoustic, lognormal prior on q=1, sigma=0.15
N2	As N1 but new acoustic
N3	Fix q=1 for new Peru acoustic survey and shift in M to reflect natural mortality change in 2000.
South stock	
S1	As Model 1
S2	As with Model 7

Table A1.15. Coefficients of variations considered on the base case

Index	No. years	cv
Acoustic Chile CS	13	0.2
Acoustic Chile N	10	0.5
CPUE Chile	30	0.2
DEPM Chile	9	0.5
Acoustic Peru	26	0.2
CPUE Peru	10	0.2
CPUE China	11	0.2
CPUE Vanuatu & EU	9	0.2
CPUE USSR	8	0.4

A2. Attachment to SWG-03: Results from final selected models for the 2012 Jack mackerel stock assessment

This annex contains the main results from the final models specified at the subgroup meeting.

Assessment model results

During the meeting a series of alternatives were examined. To evaluate these, the negative-log likelihood components were presented to evaluate trade-offs between different data components and model assumptions. For comparison purposes, the minimum value over all models for each component was subtracted to ease evaluation (Table A2.1 and A2.2). It is important to note that some values in this table for some subsets of models cannot be compared across models because some models introduce new data (i.e., the revised acoustic survey index for Peru). Also, comparison between models 1-7 (single stock hypothesis) and model 8 (two stock hypothesis) can be carried out just when the same data is used. The same restriction applies to the comparisons between sub-models (for far north and south stocks) in the assessment under the “two stock” hypothesis.

Results show that including the revised Peruvian acoustic data improves the fit to other data components compared to the base model which indicates some consistency—e.g., the age composition data. When natural mortality is increased from 0.23 to 0.28 the fit is improved further (Model 4). Model 6 which is the same as Model 4 but recognizes a regime shift for latest 12 years in fitting the stock recruitment relationship results in further improvements. Among the models which use the original acoustic survey data, Model 7 resulted in the best fit. The analysts recognized that even better alternative specifications were likely, but due to time constraints they could not be pursued.

For the models using the two stock hypothesis, an improvement of the fit of the different data components was observed inside the regional sub-models (south and far north) and also an improvement in the fit when considered the integration of the sub-models (Model 8).

Model 8 (results of two stock hypothesis model, south and far north added together) was run and results are similar (intermediate to Model 6 and 7). The WG was instructed to consider alternative stock structure options. They were encouraged by this investigation and look forward to future developments, including alternative fine-scale modelling approaches. It was noted that this model relies on the revised acoustic survey index which had not been adequately reviewed. Nonetheless, since Model 6 also uses the new acoustic index, it was considered not inappropriate to carry Model 8 forward for advice (since scientific reservations and doubts exist with all models). Data for these models are shown in Tables A2.3-A2.10

For an example of fitting performance, Model 7 was used (noting the differences in these estimates for spawning biomass, Fig. A2.12). Based on this, the fishery catch fits are shown in Figure A2.13 and mean weight-at-age assumed for this model is shown in Figure A2.14. The model numbers-at-age estimates are given in Table A2.11. The fishery age and length composition fits are shown in Figures A2.15, A2.16, A2.17, and A2.18. This (and all other) models fit some indices better than others (Figure A2.19). Fits to the index and fishery mean age compositions are shown in Figures A2.20, and A2.21. Selectivity estimates for the fishery and indices is shown over time in Figs. A2.22 and A2.23 respectively. Residuals to the indices and age compositions are presented in Fig. A2.24 and to length composition fits (in Fig. A2.25). A summary of the time series stock status (spawning biomass, F, recruitment, total biomass) is shown in Fig. A2.26. The immature component of the stock appears to be increasing in since about 2008 and the mature component of the stock has also begun to show signs of stabilization and possibly an increase (Fig. A2.27). Fishing mortality rates have remained relatively high since about 1992 but shows some declines in the past few years (Fig. A2.28; Table A2.12.). The stock recruitment relationship

appears to be consistent with the fixed value of steepness assumed (0.8; Fig. A2.29). In order to evaluate the potential for alternative “regimes”, stock recruitment curves were estimated over different periods and found that within the current period (2000-2012) the level of expected recruitment was considerably lower than the alternatives (Fig. A2.30).

Projections and risk analysis

Considering the actual population status of jack mackerel, the subgroup recommended examining constant fishing mortality scenarios with current levels (F_{2012}) and at 75%, 50%, 25%, and 0% (no catch). The recruitments were projected considering a stock-recruitment relationship adjusted from 2000 to 2012, which represents a low productivity period that has characterized the population condition in the most recent years (Figure A2.30). The uncertainty was measured considering the probability to reduce the spawning biomass in the next 10 yrs (approximated by propagating process—i.e., recruitment variability) and parameter errors forward within the assessment model). As a tentative risk criterion, the sub-group selected an acceptable fishing level that would be robust over the alternative models evaluated while ensuring with high probability (>90%) that future spawning biomass would rebuild from 2012 levels.

Projection results indicate that effort should be maintained at or below 2012 levels to improve the likelihood of spawning biomass increasing. This results in catches for 2013 on the order of 441 kt or lower. Fishing effort in the next 10 years at or below current (2012) levels are projected to have a high probability of resulting in spawning stock increases under most projections (Figure A2.31).

A2. Figures

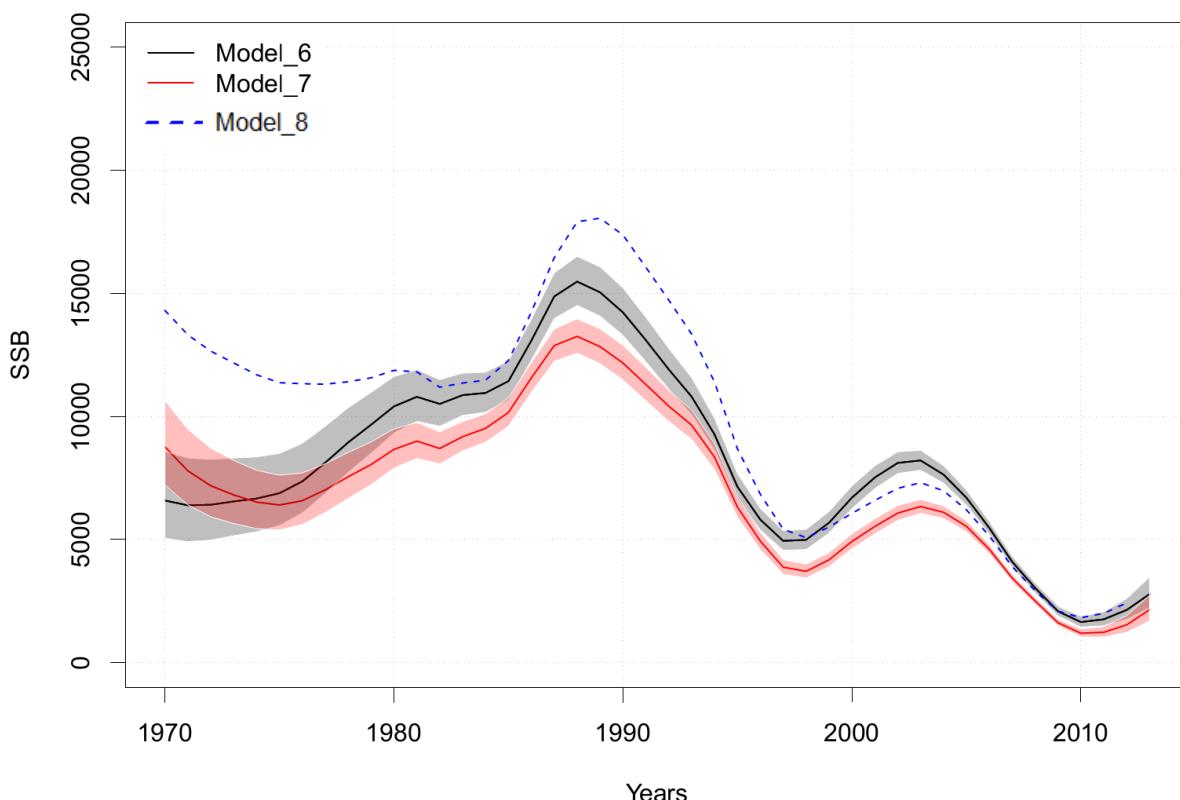


Figure A2.1. Spawning biomass estimates (t) comparing model configurations 6, 7, and 8.

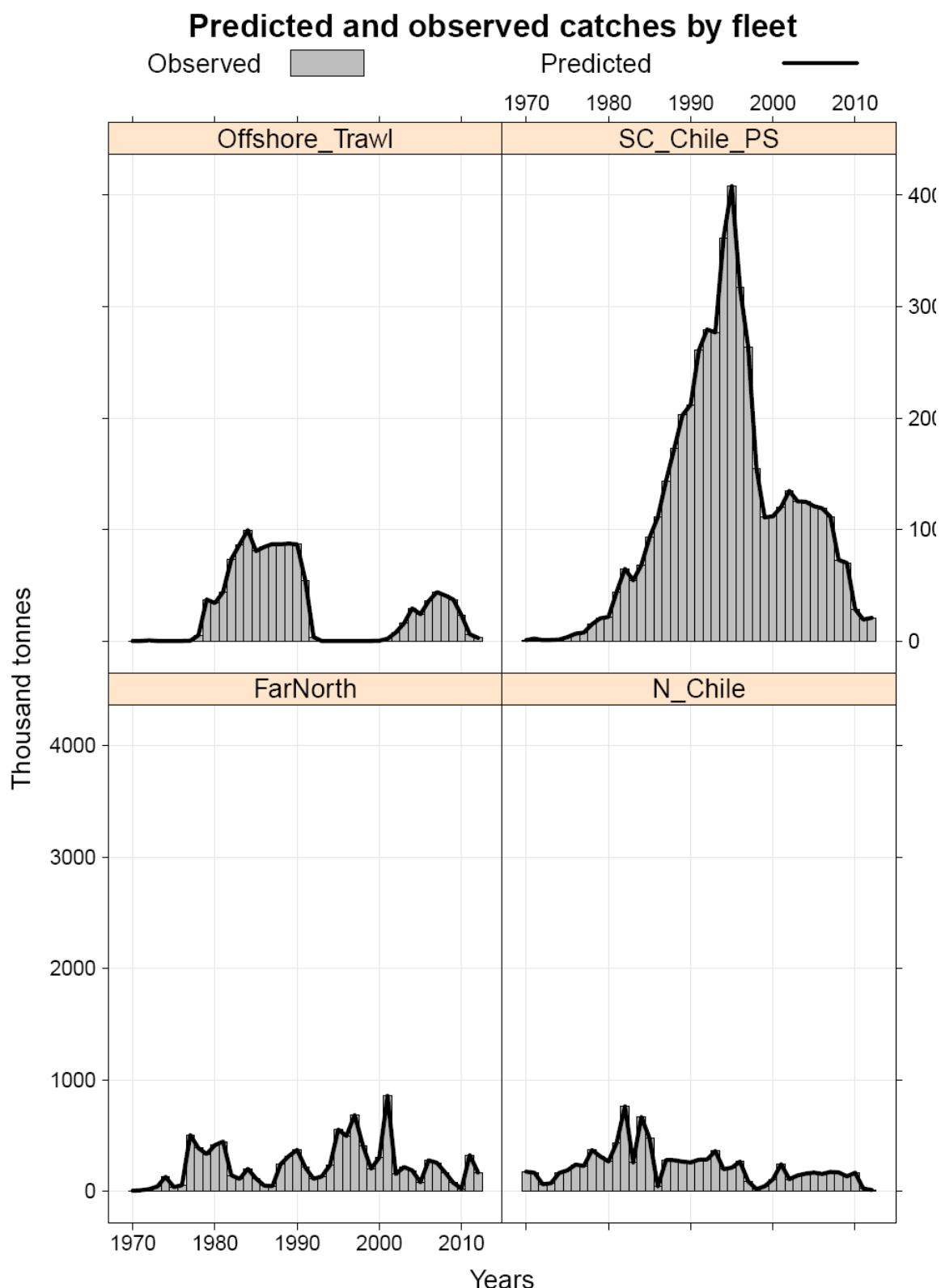


Figure A2.2. JM Model fit to the total catches ('000 tonnes) by fleet for Fleet 1 (N_Chile_PS), Fleet 2 (SC_Chile_PS), Fleet 3 (Far_North) and Fleet 4 (Offshore_Trawl). The bars represent the observations and the line represents the predicted values.

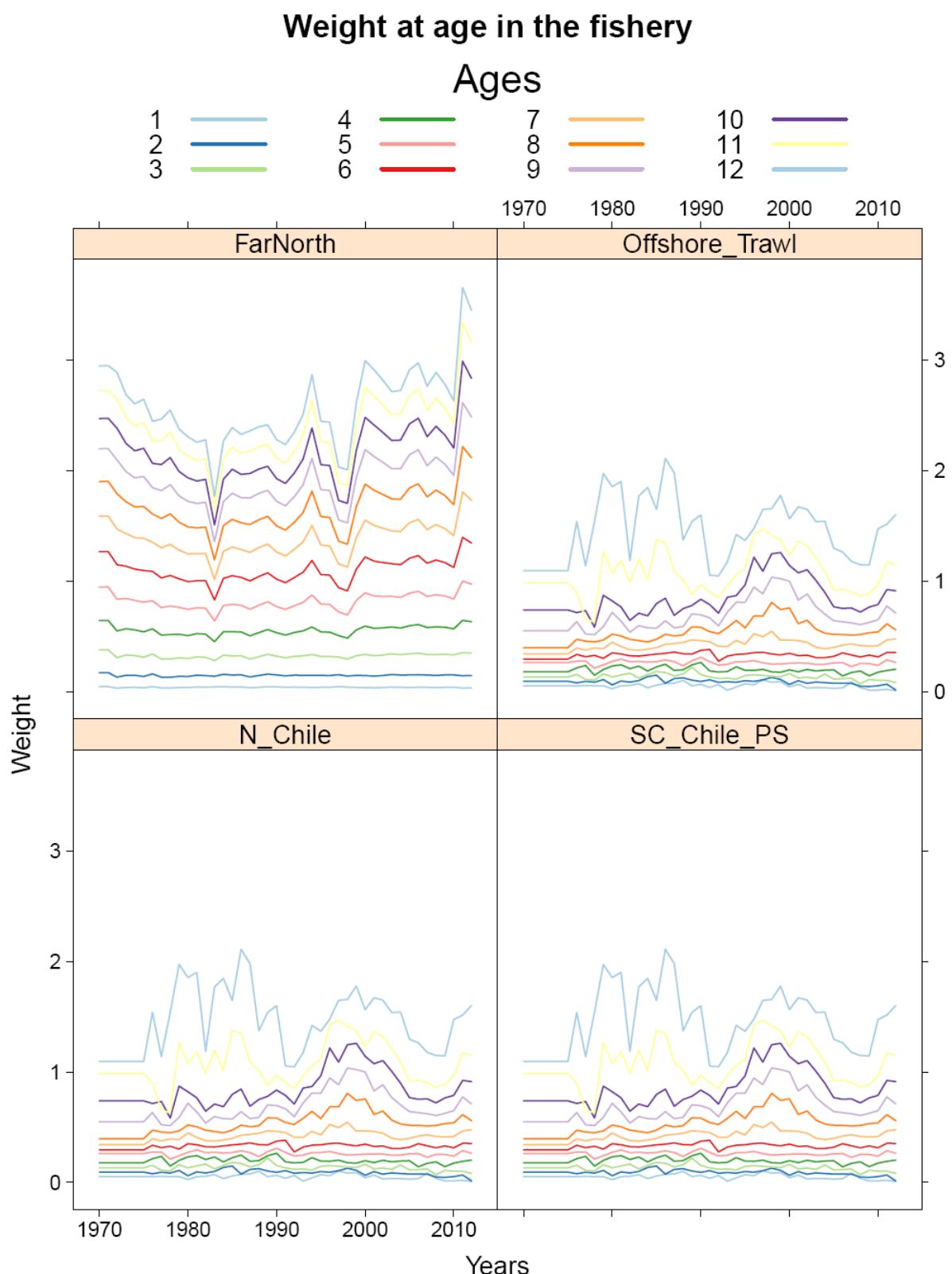


Figure A2.3. Mean weights-at-age (kg) over time used for all data types in the JMM models. Different lines represent ages 1 to 12. Note that the values provided for the “FarNorth” fleet were developed during SWG-11 and used for all of the models (including those for which far north was treated as a separate stock).

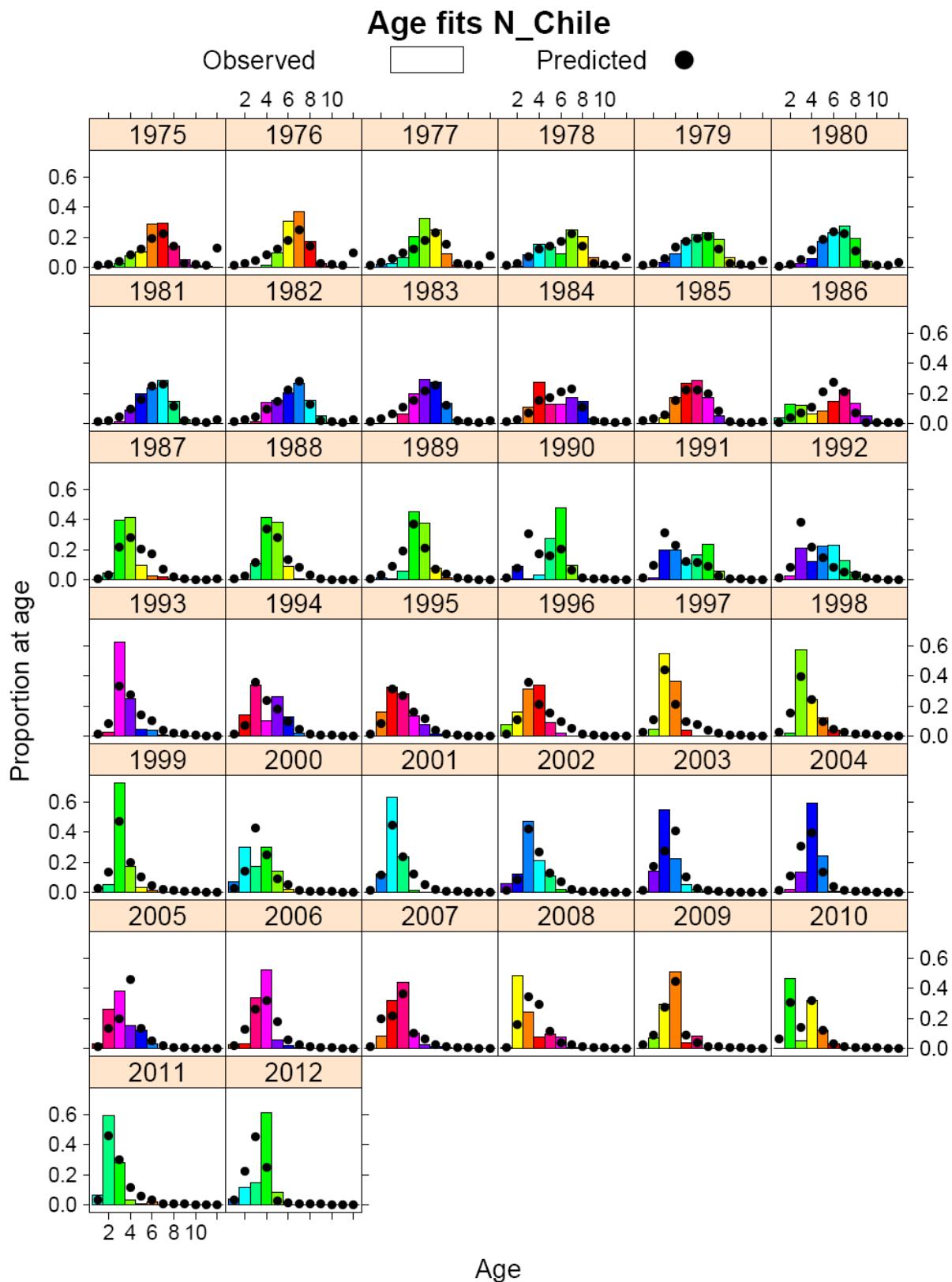


Figure A2.4. Model fit (model 7) to the age compositions for the **Chilean northern zone fishery (Fleet 1)**. Bars represent the observed data and dots represent the model fit and color codes correspond to cohorts.

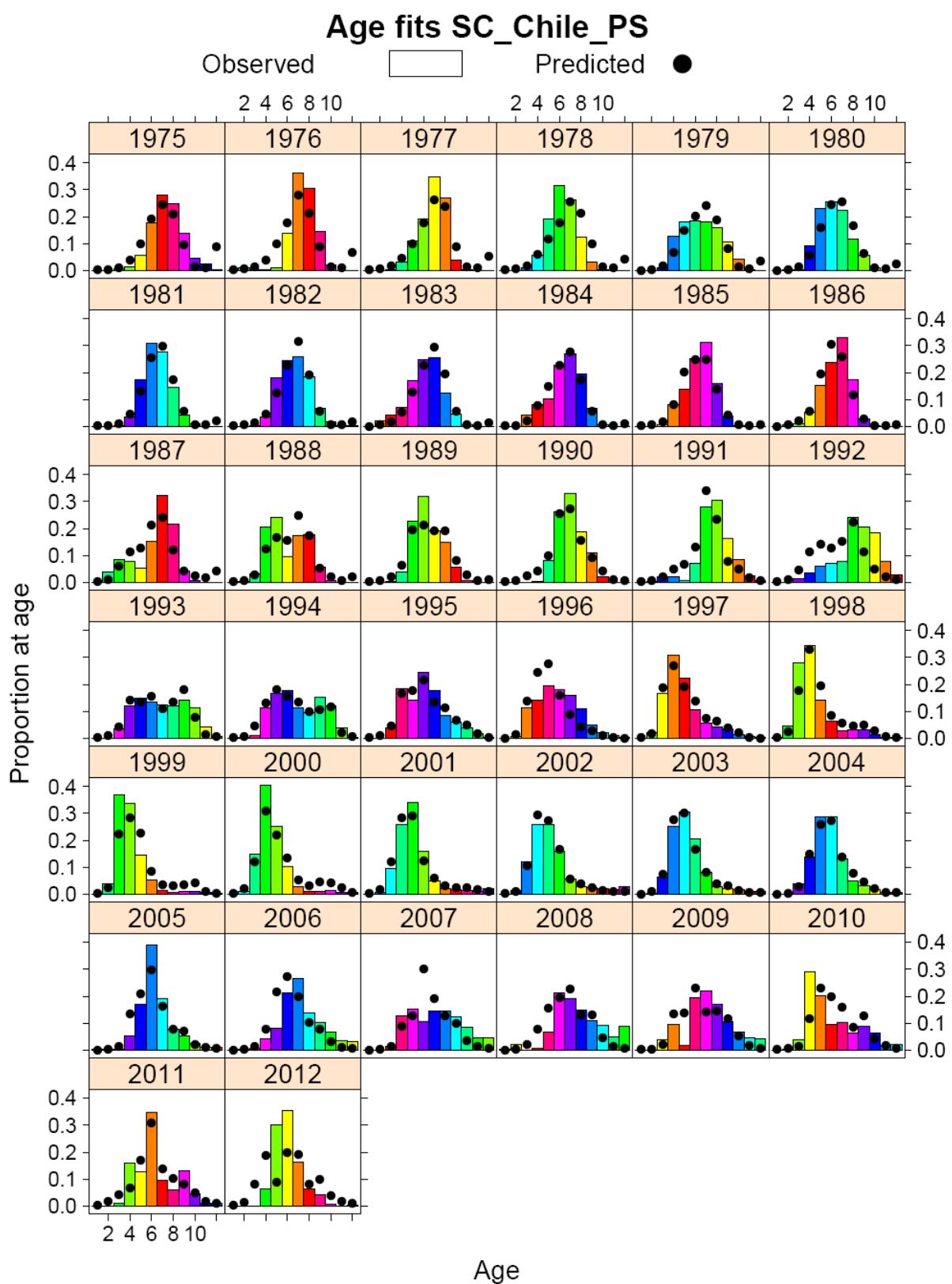


Figure A2.5. Model fit (model 7) to the age compositions for the **South-Central Chilean purse seine** fishery (Fleet 2). Bars represent the observed data and dots represent the model dfit and color codes correspond to cohorts.

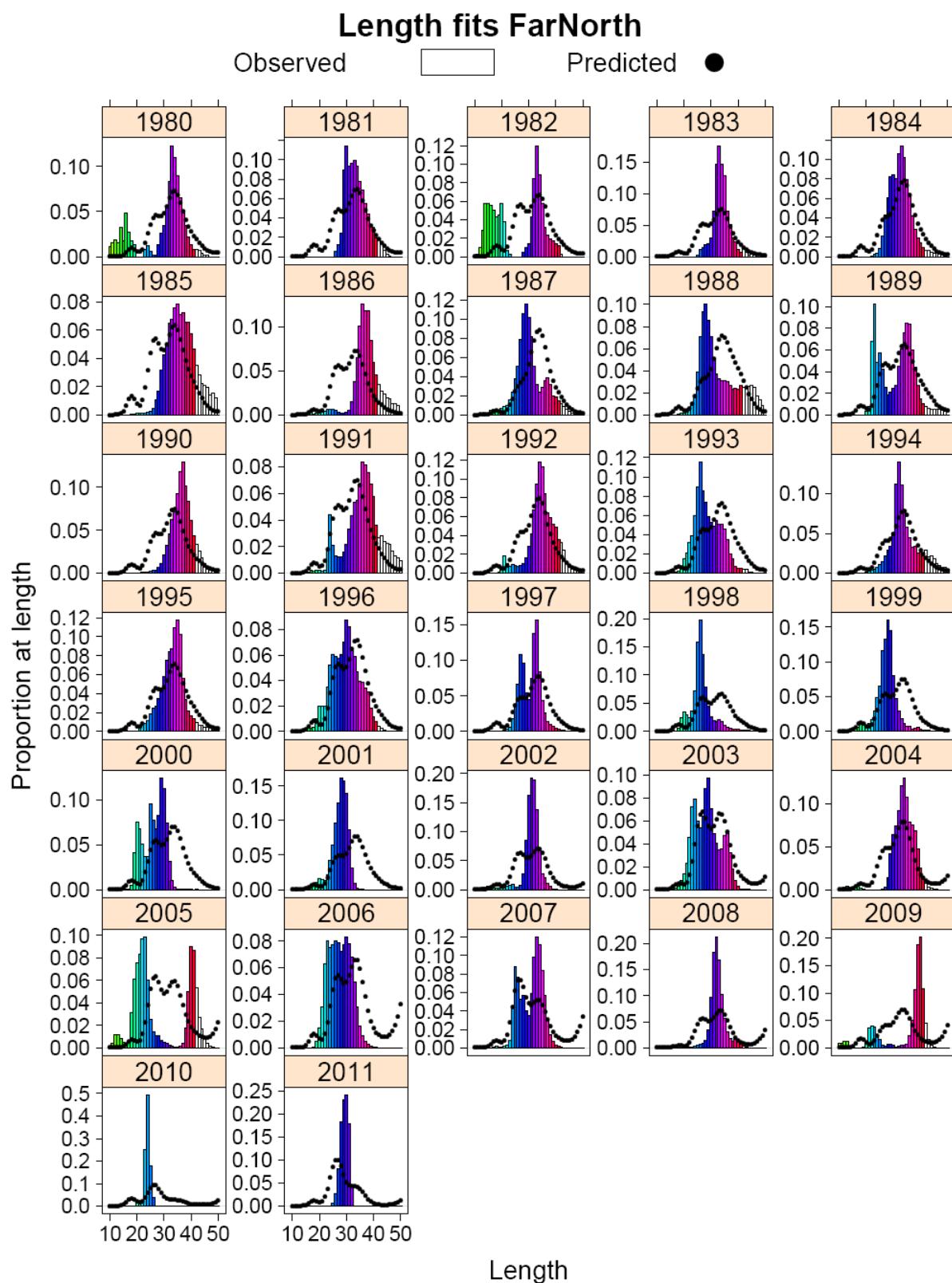


Figure A2.6. Model fit (model 7) to the length compositions for the far north fishery (Fleet 3). Bars represent the observed data and dots represent the model fit and color codes correspond to cohorts.

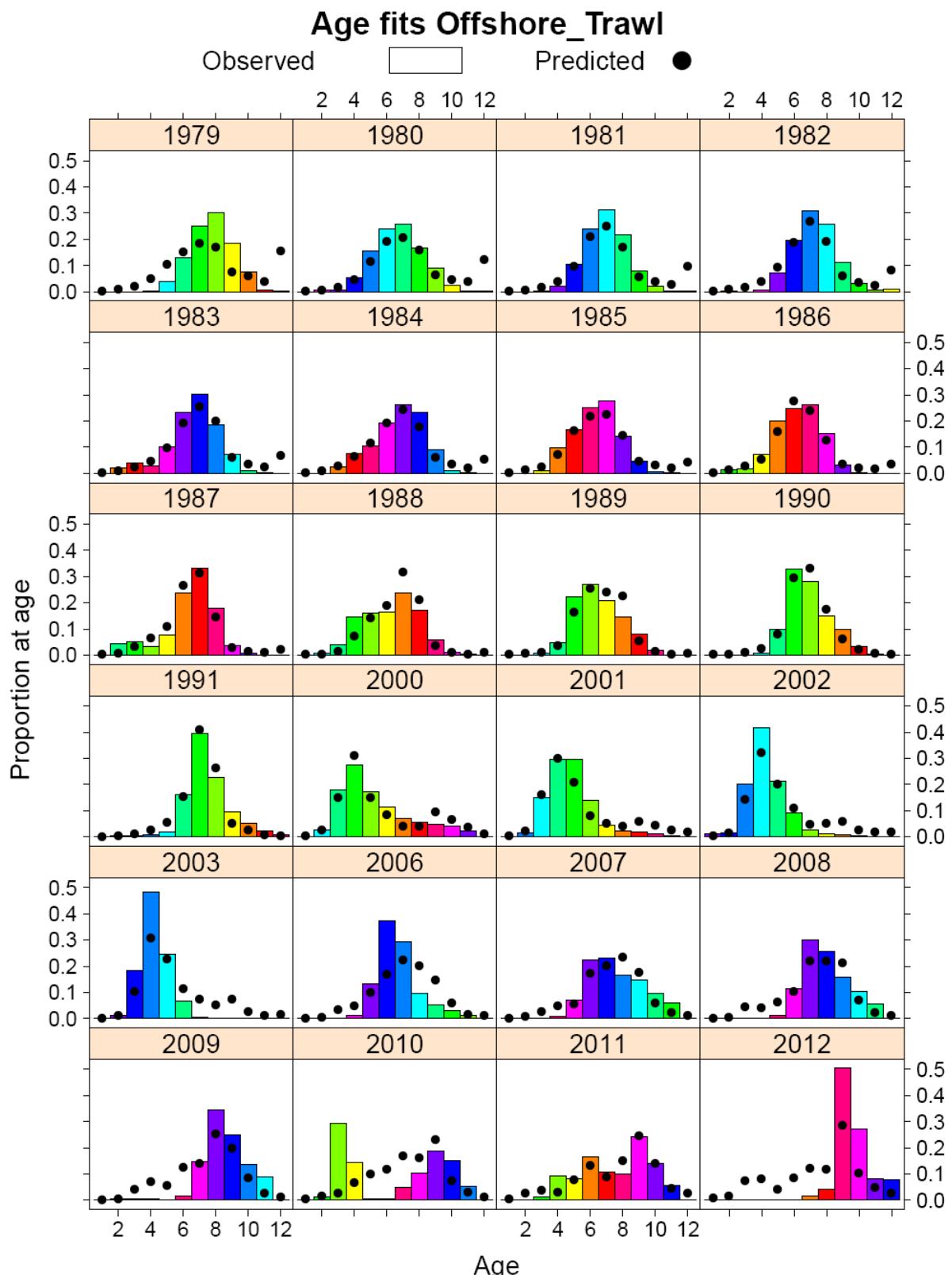


Figure A2.7. Model fit (model 7) to the age compositions for the **offshore trawl** fishery (Fleet 4). Bars represent the observed data and dots represent the model fit and color codes correspond to cohorts.

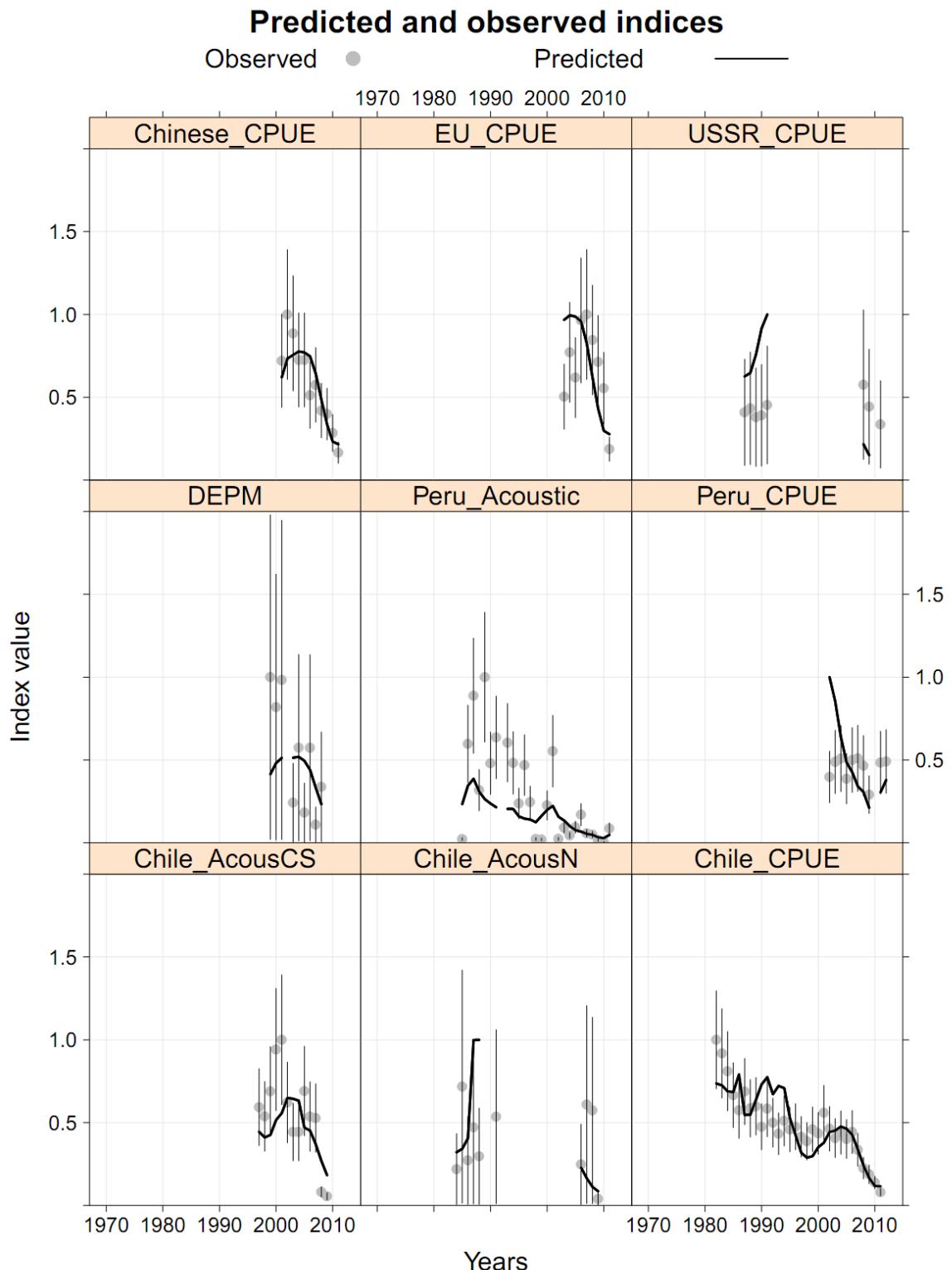


Figure A2.8a. Model fit (model 6) to different indices. Vertical bars represent 2 standard deviations around the observations.

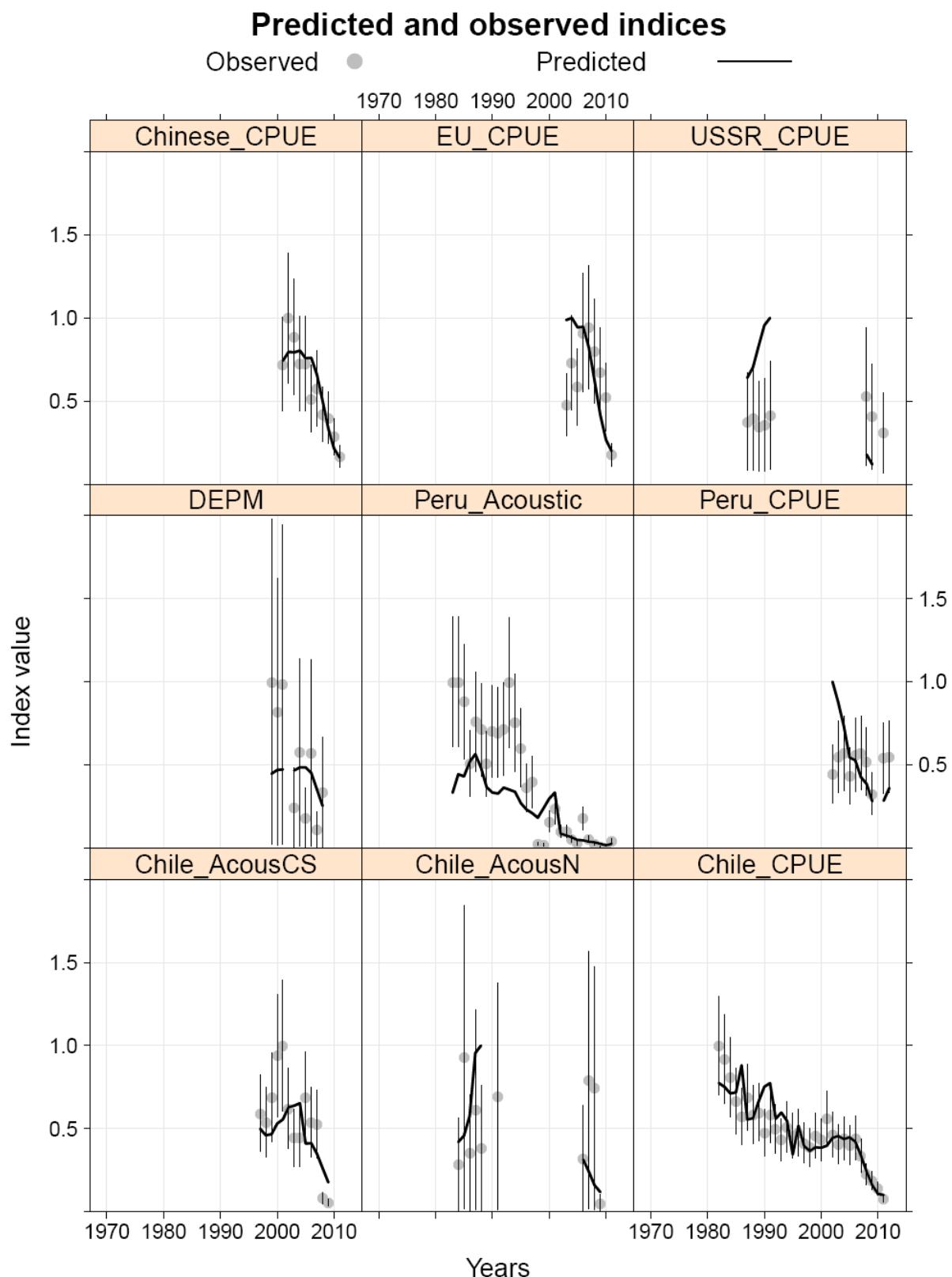


Figure A2.8b. Model fit (model 7) to different indices. Vertical bars represent 2 standard deviations around the observations.

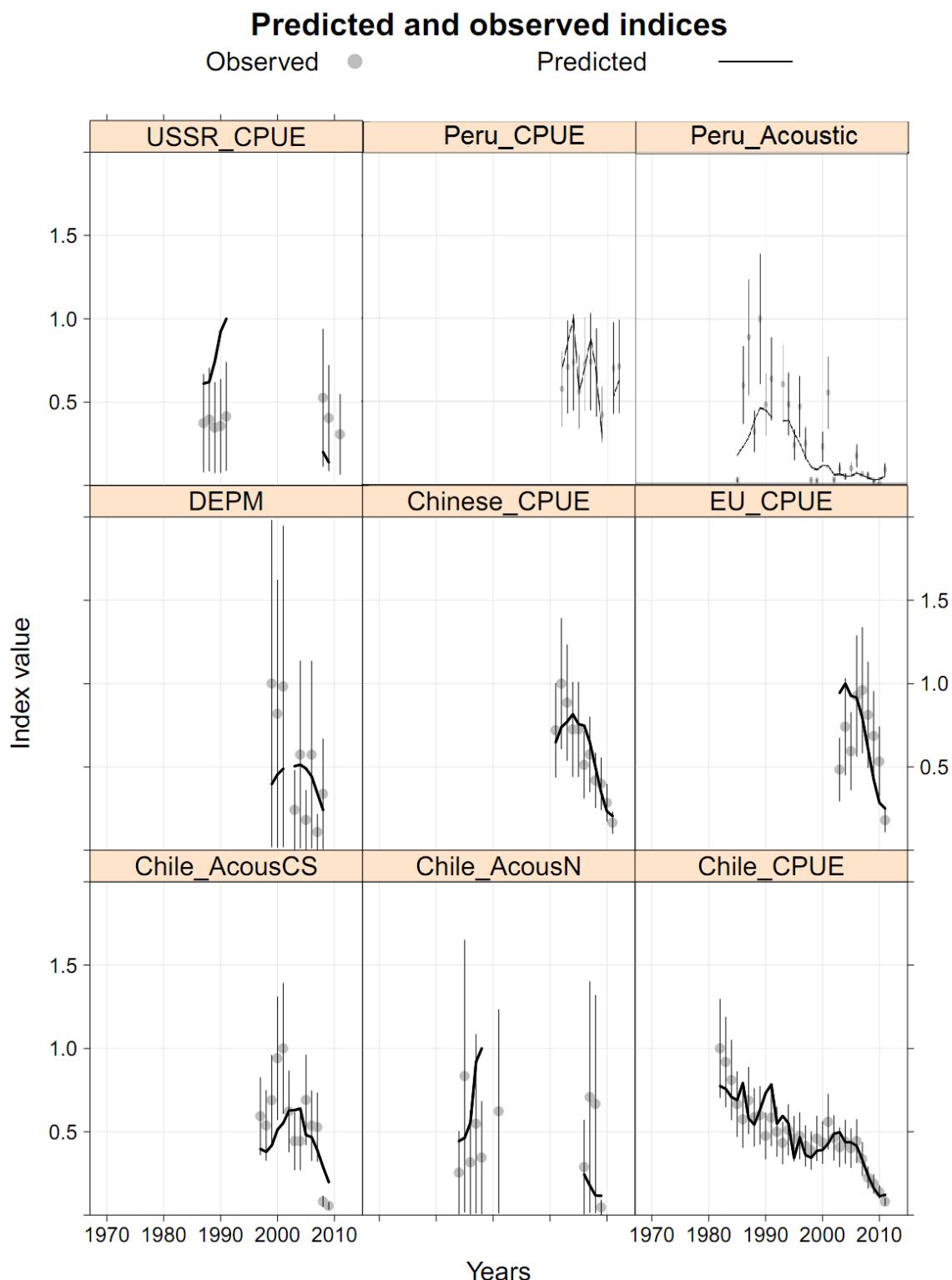


Figure A2. 8c. Model fit (models N3 and S2) to different indices . Vertical bars represent 2 standard deviations around the observations. This scenario represents the named “Model 8”

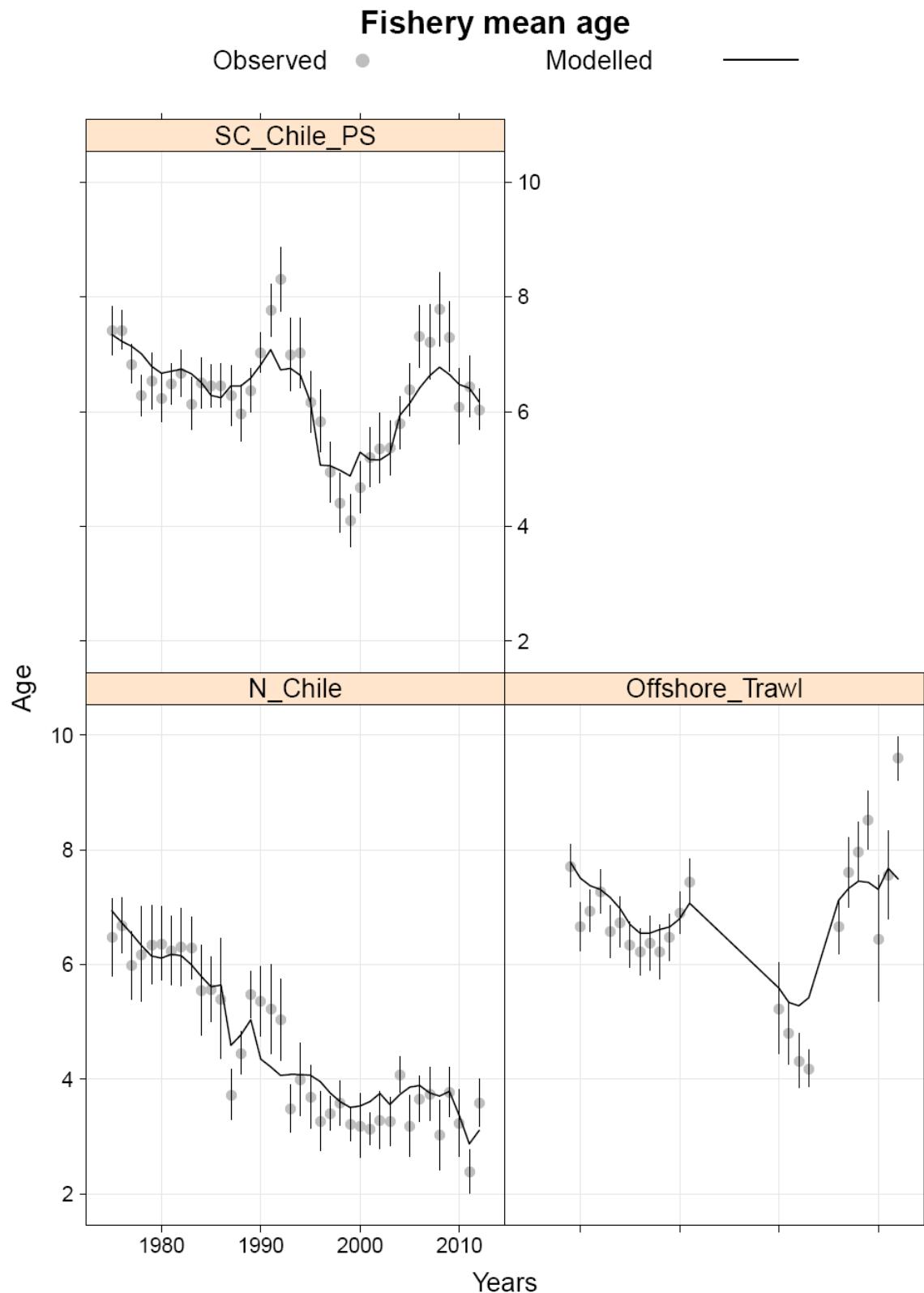


Figure A2.9. Mean age by year and fishery. Line represents the model and dots the observed values.

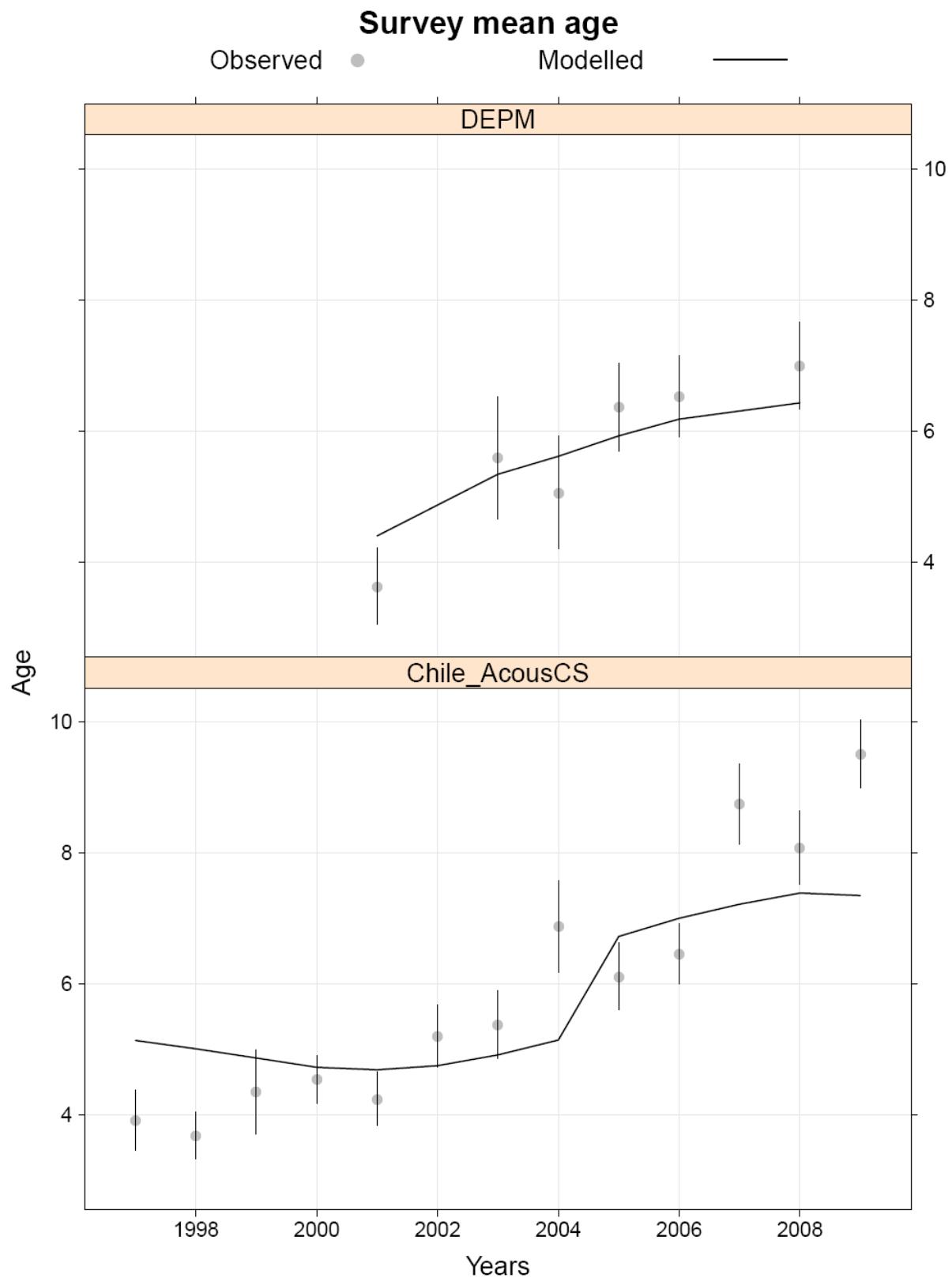


Figure A2.10. Mean age by year and survey. Line represents the model and dots the observed values.

Selectivity at age in fleets

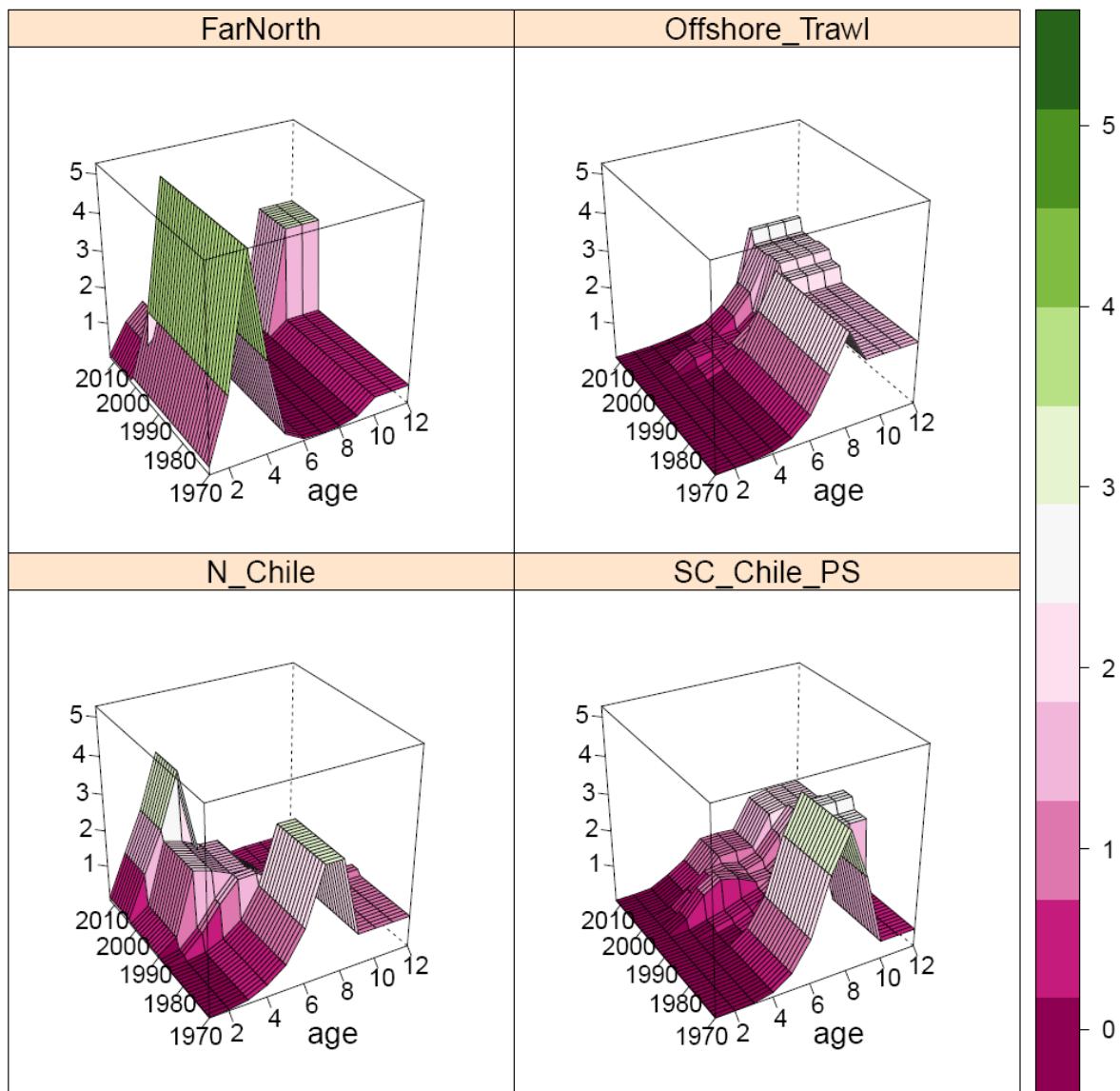


Figure A2.11. Estimates of selectivity by fishery over time.

Selectivity at age in surveys

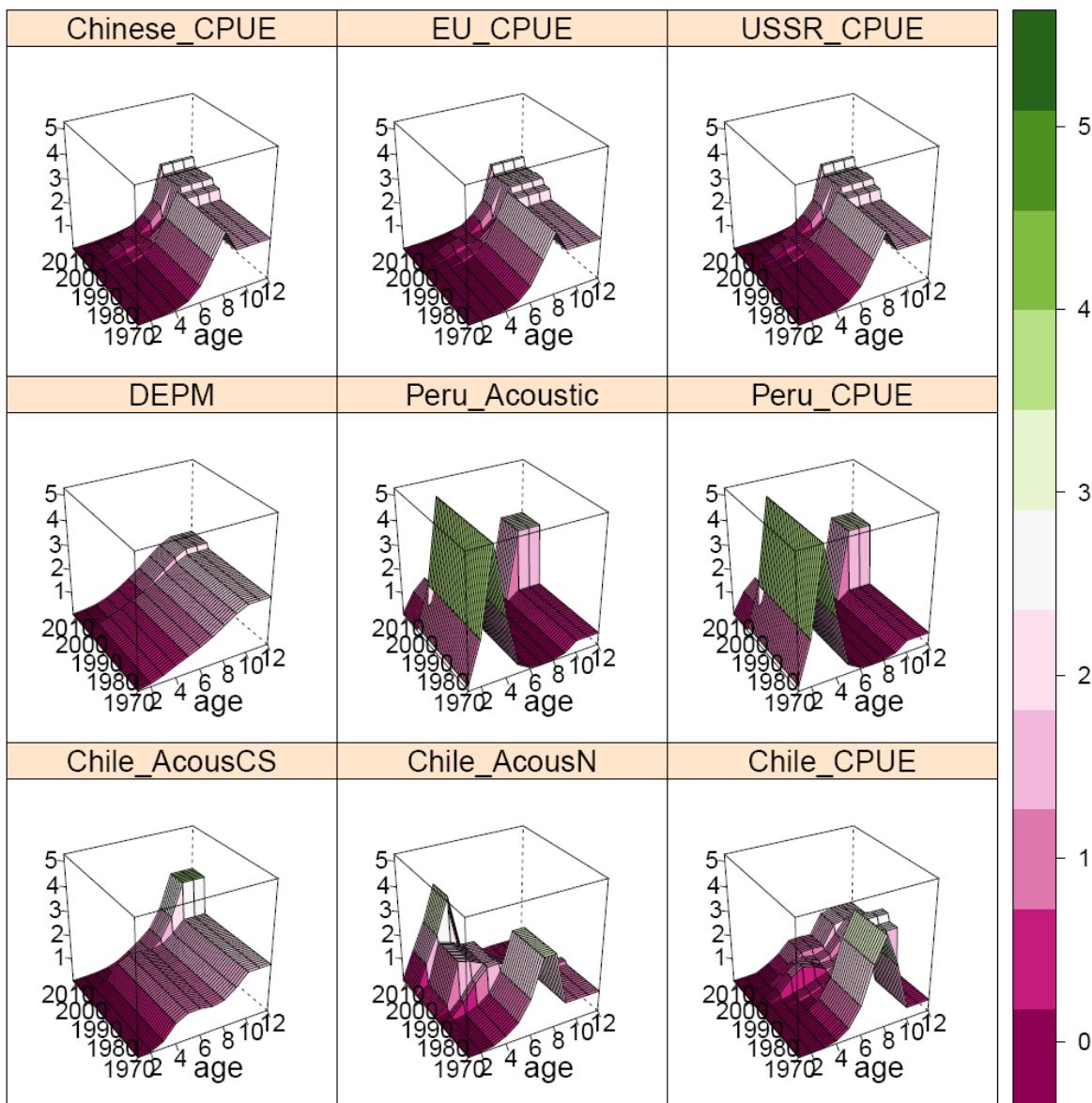


Figure A2.12. Base case (model 1) estimates of selectivity for each index over time.

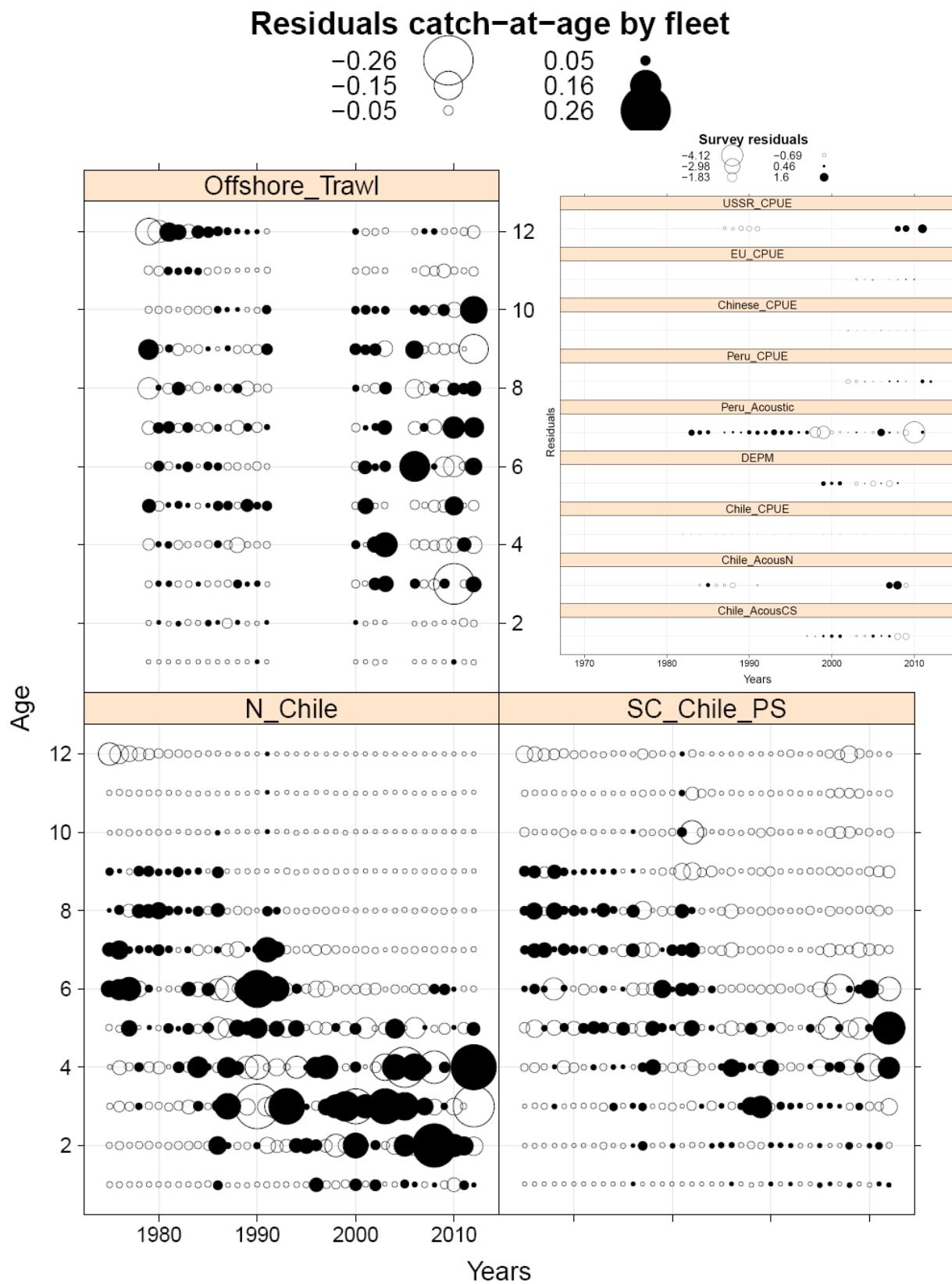


Figure A2.13. Logged residuals of observed and predicted catch-at-age proportions for the different fleets (left) and residuals for each of the indices (upper right).

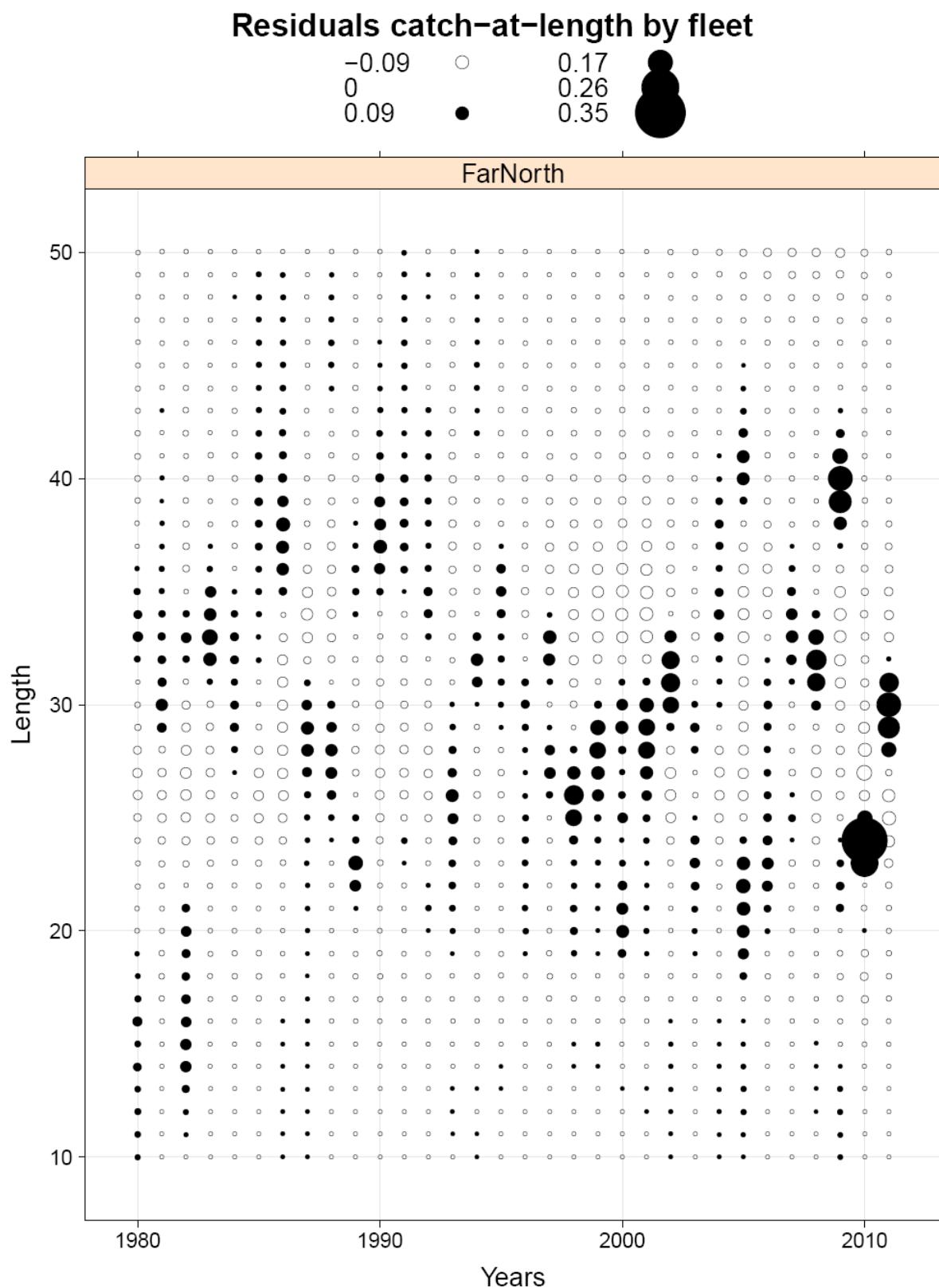


Figure A2.14. Logged residuals of observed and predicted catch-at-length proportions for FarNorth fleet

Summary sheet

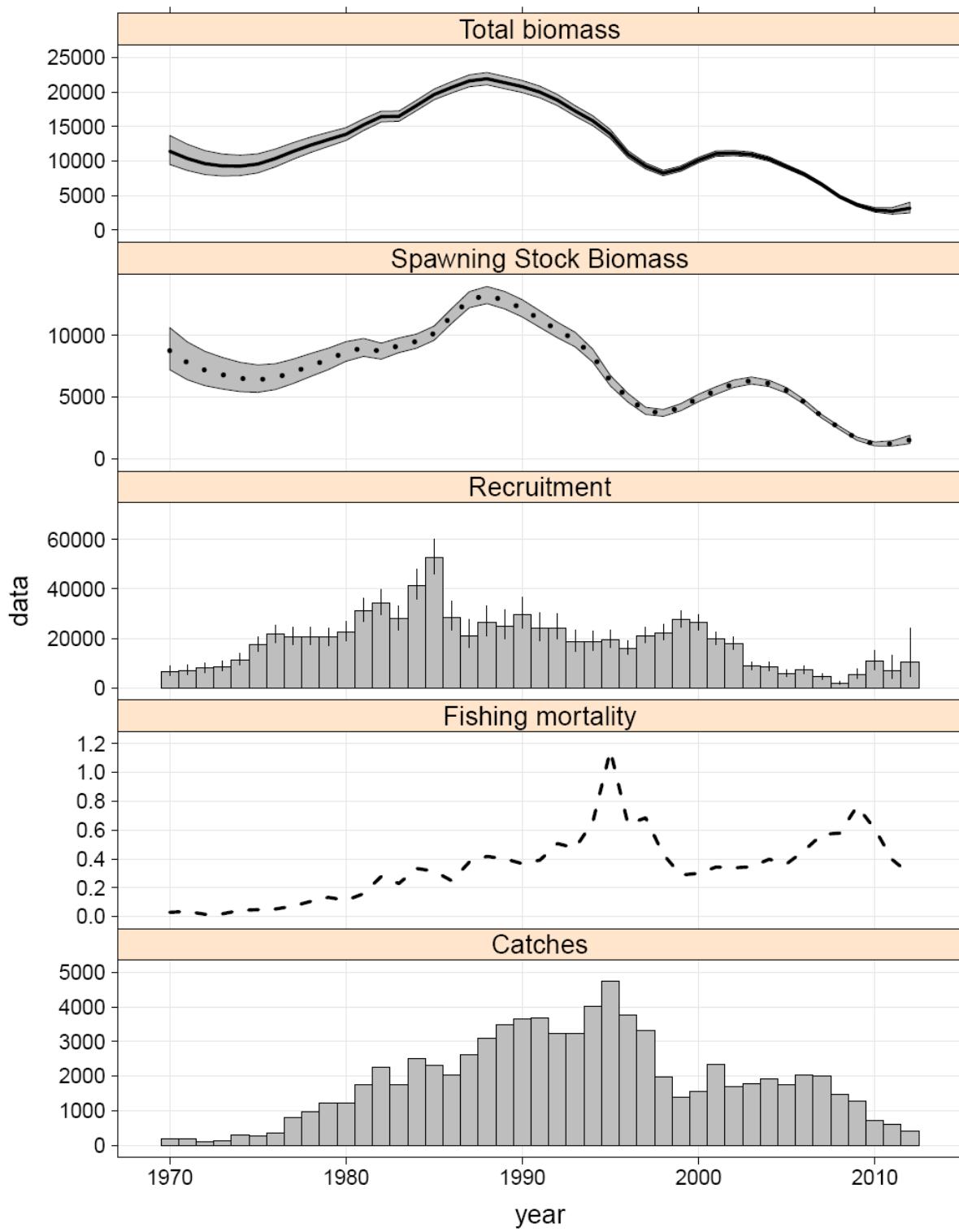


Figure A2.15. Summary estimates over time showing total and spawning biomass (kt; top two panels), recruitment at age 1 (millions; third from top) total fishing mortality (fourth panel) and total catch (kt; bottom). Shaded areas represent the approximate 90% confidence bands.

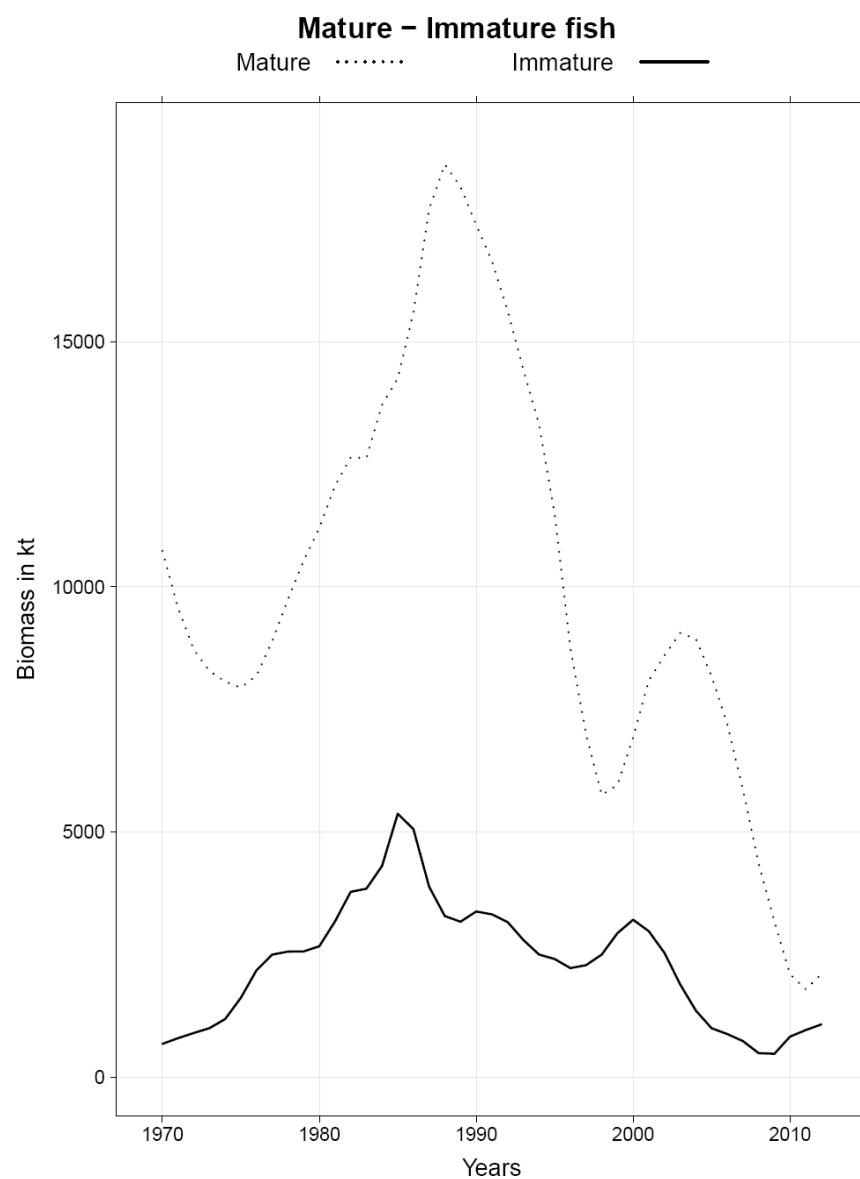


Figure A2.16. Model 7 results showing mature and immature estimated components of the jack mackerel stock, 1970-2012.

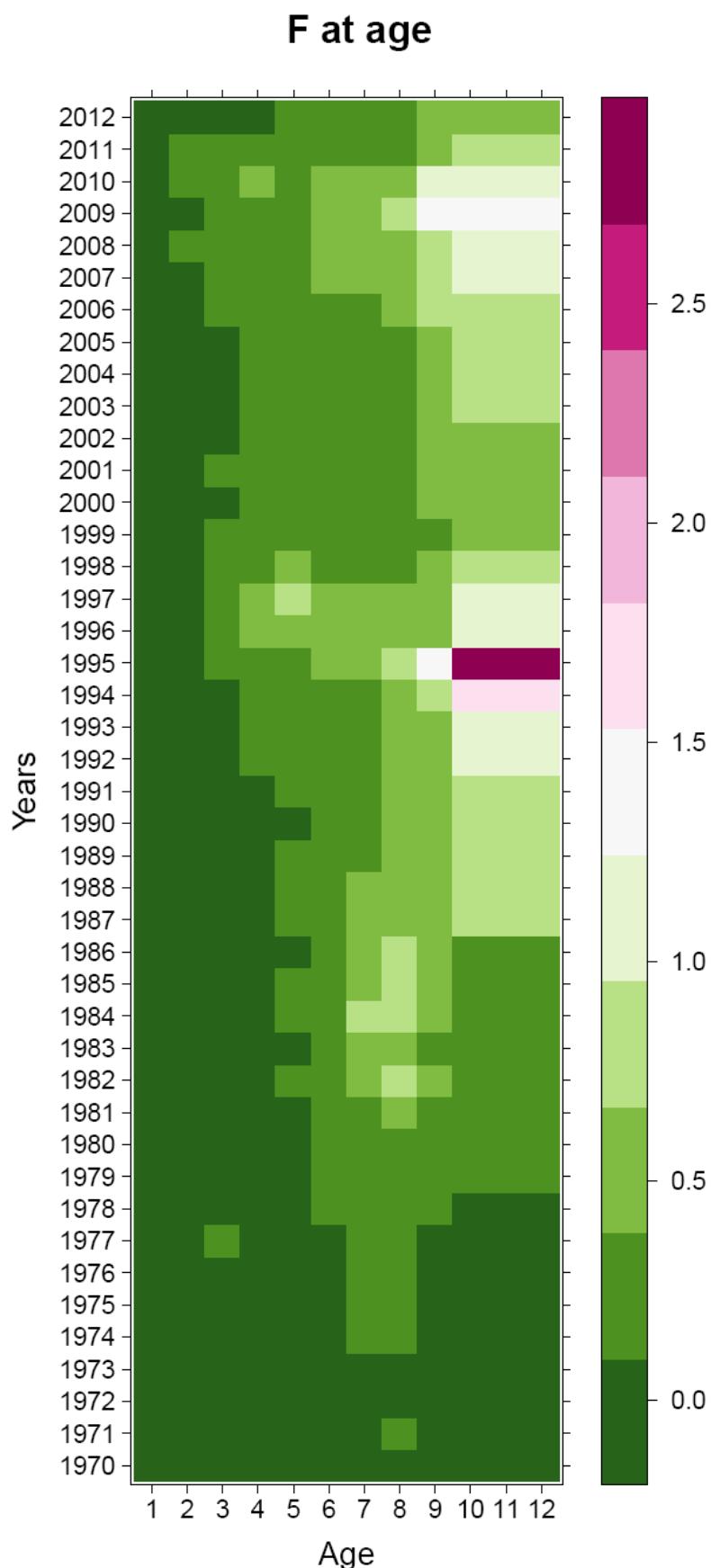


Figure A2.17. Historical fishing mortality at age.

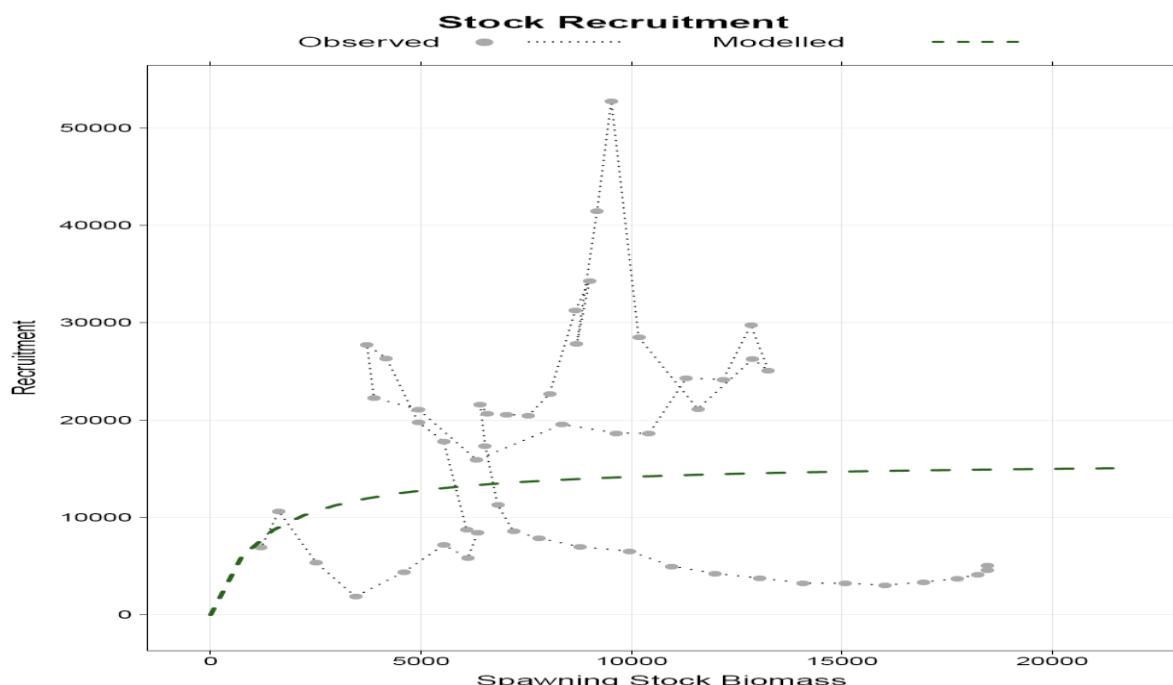


Figure A2.18. Stock recruitment curve relative to model estimates of biomass and recruitment.

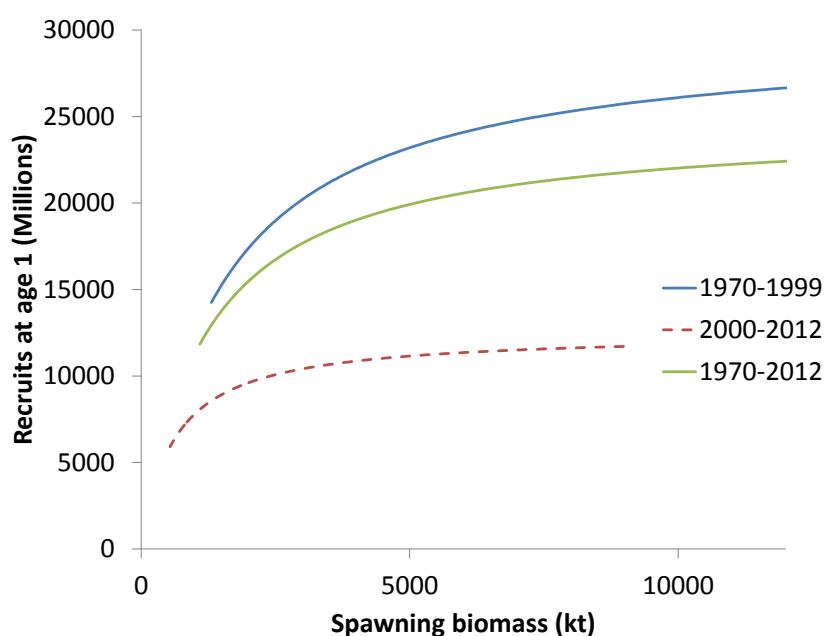


Figure A2.19. Jack mackerel stock recruitment estimates (with steepness fixed at 0.8) estimated for different regimes. For near-term projection purposes the regime specified from 2000-2012 was used.

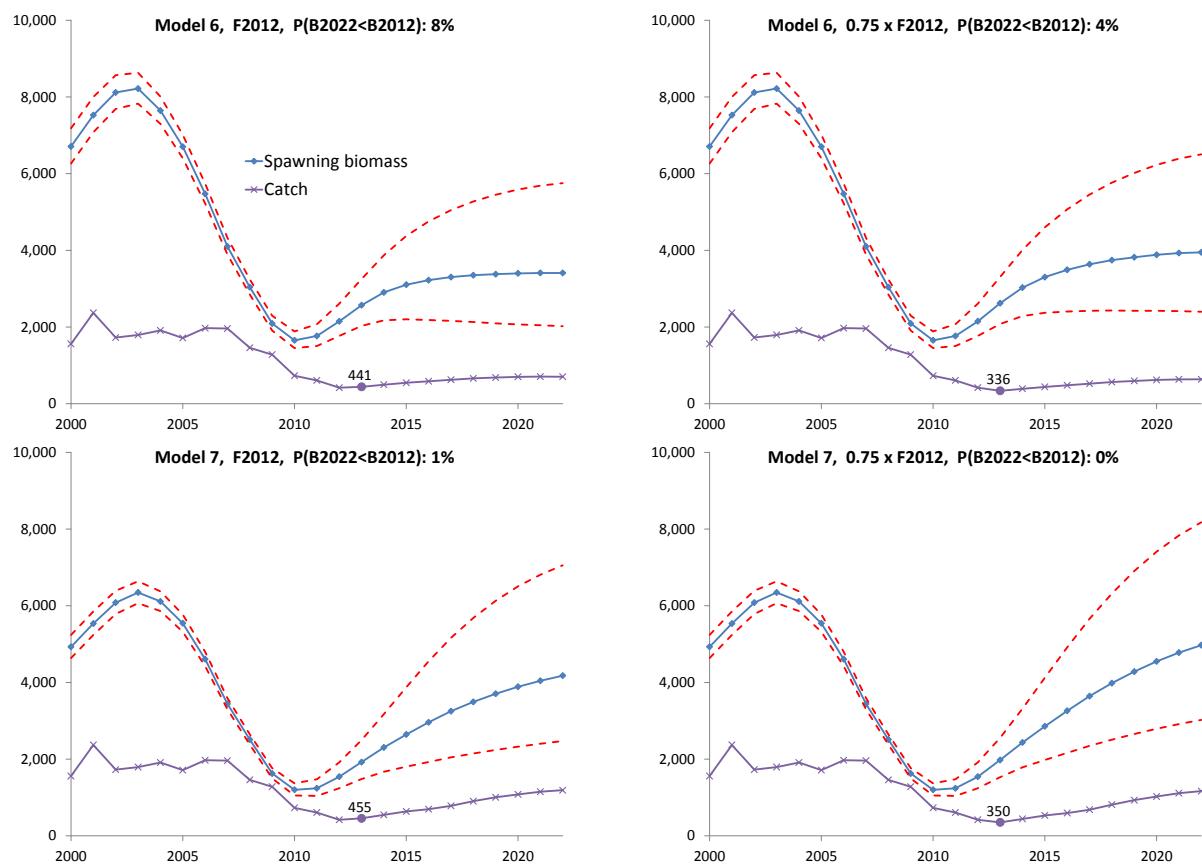


Figure A2.20. Jack mackerel projections showing catch (lower line) and spawning biomass (dash lines represent 90% confidence bands) for Models 6 (top row) and 7 (bottom row) assuming the same fishing mortality as in 2012 (left column) and at 75% of that level (right column).

A2 Tables

Table A2.1. Comparison of jack mackerel models by contributions from negative log-likelihood components based on data and model conditioned priors for one stock hypothesis model. Some rows are not comparable across all models due to different input data and model assumptions.

Data components	Model_1	Model_2	Model_3	Model_4	Model_5	Model_6	Model_7
Catch biomass	1	0	2	0	0	0	2
Fishery age composition	122	108	130	86	88	81	0
Fishery length composition	1	0	11	6	6	5	0
Index likelihoods*	183	3	153	0	0	1	162
Index age compositions	11	0	2	1	0	0	11
Subtotal*	317	111	298	93	94	87	175
Priors / penalties							
Fishery selectivities	29	1	13	1	1	0	47
Index selectivities	5	2	0	2	2	2	5
Recruitment likelihood ⁺	26	12	46	7	5	0	25
Subtotal*	60	15	60	11	8	2	77
Total*	2,223	1,972	2,204	1,949	1,947	1,935	2,098

* Note that Models 1, 3, 7 include the original Peruvian acoustic data and are thus only comparable with each other.

⁺ Note that Models 5 and 6 have different time frames over which selectivity is estimated

Table A2.2. Comparison of models by contributions from likelihood components based on data and model conditioned priors for two stocks hypothesis model.

Data components	Model 6	Model 7	S2+N3	S1	S2	N0	N1	N2	N3
Catch biomass	0	2	2	3	1	2	1	1	0
Fishery age composition	594	512	420	531	420				
Fishery length composition	475	469	361			375	375	364	361
Index likelihoods*	420	581	277	23	0	58	51	66	110
Index age compositions	132	143	120	120	120	0	0	0	0
Sub-total*	1621	1709	1179	677	540	434	428	431	471
Priors / penalties									
Fishery selectivities	56	102	81	43	61	4	4	0	2
Index selectivities	25	28	24	24	24				
Recruitment likelihood ⁺	0	25	15	9	4	23	24	14	2
Sub-total*	81	156	121	77	89	27	28	14	4
Total	1702	1865	1300	754	629	461	456	445	475

Table A2.3. Input catch by fleet (combined) for the stock assessment model. Note that 2012 data are preliminary.

	Fleet 1	Fleet 2	Fleet 3	Fleet 4
1970	175,208	7,938	4,711	0
1971	164,838	21,934	9,189	0
1972	62,634	7,100	18,782	5,500
1973	71,762	8,904	42,781	0
1974	163,396	12,678	129,211	0
1975	186,890	34,951	37,899	0
1976	237,876	65,570	54,154	35
1977	225,907	75,585	504,992	2,273
1978	367,762	150,319	386,793	51,290
1979	311,682	203,269	333,810	369,110
1980	266,697	215,528	414,299	338,022
1981	435,061	440,935	445,639	438,122
1982	756,484	643,821	143,724	726,068
1983	259,128	541,696	110,690	854,357
1984	663,695	677,910	200,674	979,798
1985	471,599	923,042	114,622	799,323
1986	42,536	1,103,200	51,029	837,502
1987	280,594	1,416,781	46,304	863,423
1988	278,701	1,703,037	244,228	863,216
1989	265,861	2,031,058	316,247	875,821
1990	258,233	2,150,956	370,823	872,059
1991	282,817	2,649,828	213,447	543,659
1992	285,387	2,796,812	111,682	35,196
1993	359,947	2,745,099	133,354	0
1994	197,414	3,596,904	233,346	0
1995	211,594	3,984,244	550,993	0
1996	264,631	3,017,165	495,518	0
1997	88,276	2,541,981	680,053	0
1998	19,278	1,546,704	412,846	0
1999	44,582	1,130,488	203,751	7
2000	107,769	1,135,082	303,701	2,318
2001	244,019	1,216,754	857,744	20,090
2002	108,727	1,357,185	154,823	76,261
2003	142,016	1,272,302	217,734	158,199
2004	158,656	1,292,943	187,369	295,443
2005	168,383	1,262,051	80,663	243,568
2006	155,256	1,224,685	277,568	362,627
2007	172,701	1,130,083	255,353	438,819
2008	167,258	728,850	169,537	405,477
2009	134,022	700,905	76,629	371,918
2010	169,010	295,681	22,172	239,845
2011	23,945	194,532	326,394	60,946
2012	12,000	208,403	168,883	28,031

Table A2.4. Input catch at age for fleet 1. Units are relative value (they are normalized to sum to one for each year in the model).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1975	0	1	2	8	10	28	29	14	5	1	1	0
1976	0	0	0	2	10	30	37	17	3	1	0	0
1977	0	2	3	7	20	33	25	9	1	0	0	0
1978	0	1	8	15	14	9	25	20	7	1	0	0
1979	0	0	4	9	18	22	23	18	6	1	0	0
1980	0	1	3	6	17	23	27	19	4	0	0	0
1981	0	0	2	9	20	24	29	14	3	0	0	0
1982	0	0	1	14	15	20	27	16	5	1	0	0
1983	0	0	0	7	20	29	27	14	3	0	0	0
1984	0	0	11	28	13	13	17	15	3	0	0	0
1985	0	0	4	17	27	29	17	5	1	0	0	0
1986	4	13	12	7	8	15	22	13	5	1	0	0
1987	0	5	40	41	10	2	2	1	0	0	0	0
1988	0	0	11	41	38	9	0	0	0	0	0	0
1989	0	1	1	6	45	38	8	1	0	0	0	0
1990	1	9	1	3	28	48	10	1	0	0	0	0
1991	0	2	20	20	11	17	24	6	0	1	0	0
1992	0	3	21	12	23	23	13	5	1	0	0	0
1993	0	3	62	25	5	4	1	0	0	0	0	0
1994	0	14	34	10	26	13	2	0	0	0	0	0
1995	0	16	32	28	14	8	2	0	0	0	0	0
1996	8	16	31	34	9	2	0	0	0	0	0	0
1997	0	5	55	36	4	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	2	57	24	12	4	0	0	0	0	0	0
1999	0	6	72	17	4	1	0	0	0	0	0	0
2000	7	30	17	30	14	2	0	0	0	0	0	0
2001	0	12	63	23	1	0	0	0	0	0	0	0
2002	6	12	47	21	11	2	1	0	0	0	0	0
2003	1	14	55	22	5	2	1	0	0	0	0	0
2004	0	2	13	59	24	1	0	0	0	0	0	0
2005	4	26	38	16	12	4	0	0	0	0	0	0
2006	2	3	33	52	6	2	1	0	0	0	0	0
2007	0	9	32	44	10	3	2	1	0	0	0	0
2008	1	49	24	8	9	8	1	0	0	0	0	0
2009	0	7	29	51	4	8	0	0	0	0	0	0
2010	0	46	5	32	12	3	1	0	0	0	0	0
2011	6	59	28	3	1	2	0	0	0	0	0	0
2012	4	12	15	61	8	0	0	0	0	0	0	0

Table A2.5. Input catch at age for fleet 2. Units are relative value (they are normalized to sum to one in the model)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1975	0	0	1	2	6	18	28	25	14	5	2	0
1976	0	1	0	0	1	14	36	31	14	2	0	0
1977	0	0	0	3	11	19	35	27	4	0	0	0
1978	0	0	1	6	19	31	26	12	3	0	0	0
1979	0	0	1	13	18	18	18	16	11	4	0	0
1980	0	0	1	9	23	25	22	12	6	1	0	0
1981	0	0	0	4	17	31	28	14	4	1	0	0
1982	0	0	0	3	18	24	26	18	7	2	0	0
1983	0	2	4	7	17	25	26	13	5	1	0	0
1984	0	0	4	8	10	23	27	20	7	1	0	0
1985	0	0	1	8	14	25	31	16	4	0	0	0
1986	0	1	1	5	15	24	33	18	3	0	0	0
1987	0	4	9	8	5	15	32	22	4	1	0	0
1988	0	0	3	21	24	10	17	18	6	1	0	0
1989	0	0	0	4	23	32	19	15	6	1	0	0
1990	0	0	0	1	8	26	33	19	11	2	0	0
1991	0	1	2	2	1	7	28	31	16	8	3	1
1992	0	0	1	4	6	7	8	24	21	18	8	3
1993	0	0	4	12	15	14	13	12	14	12	4	1
1994	0	0	1	11	17	18	11	10	15	12	4	0
1995	0	0	4	18	14	25	18	9	6	4	2	0
1996	0	1	11	14	20	18	16	11	5	2	1	0
1997	0	2	17	31	22	11	6	4	4	2	1	0
1998	0	4	28	35	14	6	3	3	3	1	1	0
1999	0	4	37	34	14	5	2	1	1	1	1	1
2000	0	1	15	40	25	10	3	1	1	1	1	1
2001	0	1	10	26	34	16	5	2	2	2	1	2
2002	0	1	12	26	26	16	6	3	2	2	2	3
2003	0	0	6	25	30	20	8	3	2	2	1	1
2004	0	0	4	14	29	29	13	5	3	2	1	1
2005	1	1	1	5	17	39	19	8	5	2	1	1
2006	0	0	1	4	8	21	27	14	10	7	4	3
2007	0	0	1	13	15	11	15	15	13	9	5	4
2008	1	2	0	1	7	21	19	15	11	9	5	9
2009	0	0	4	9	2	19	22	17	11	7	5	4
2010	0	0	4	29	20	10	10	6	9	7	2	2
2011	0	0	1	16	13	35	10	6	13	5	1	1
2012	0	0	0	6	30	36	16	6	4	1	0	0

Table A2.7. Input catch at age for fleet 4. Units are relative value (they are normalized to sum to one for each year in the model).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1979	0	0	0	0	4	13	25	30	19	8	1	0
1980	0	1	1	5	16	24	26	17	9	2	0	0
1981	0	0	0	2	10	24	31	22	8	2	0	0
1982	0	0	0	1	7	20	31	26	11	3	1	1
1983	0	2	4	3	10	23	30	18	7	1	0	0
1984	0	0	2	7	11	19	26	23	9	1	0	0
1985	0	0	1	10	17	25	28	14	5	1	0	0
1986	0	1	2	7	20	25	26	15	3	0	0	0
1987	0	4	5	3	8	24	33	18	4	1	0	0
1988	0	1	4	15	16	16	24	17	6	1	0	0
1989	0	0	1	5	22	27	21	15	8	2	0	0
1990	0	0	0	1	10	33	28	15	10	3	0	0
1991	0	0	0	1	2	16	40	23	10	5	2	1
2000	0	3	18	27	17	11	7	6	5	4	2	0
2001	0	2	15	30	30	14	4	2	2	1	0	0
2002	1	2	20	42	21	9	3	1	1	0	0	0
2003	0	1	18	48	25	7	1	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	1	13	37	29	10	5	3	1	0
2007	0	0	0	1	7	22	23	16	15	10	6	0
2008	0	0	0	0	1	11	30	26	16	10	6	0
2009	0	0	1	1	0	2	15	35	25	14	9	0
2010	0	1	29	14	0	0	5	10	19	15	5	0
2011	0	0	1	9	8	17	11	10	24	14	6	0
2012	0	0	0	0	0	0	2	4	50	27	8	8

Table A2.8. Input mean body mass (kg) at age over time assumed for fleets 1,2 and 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1975	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1976	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1977	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1978	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1979	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1980	0.052	0.093	0.131	0.178	0.262	0.294	0.340	0.396	0.549	0.738	0.984	1.093
1981	0.052	0.078	0.155	0.214	0.275	0.336	0.394	0.472	0.632	0.714	0.898	1.538
1982	0.055	0.092	0.109	0.236	0.275	0.314	0.375	0.456	0.521	0.732	0.651	1.137
1983	0.052	0.084	0.104	0.147	0.211	0.327	0.394	0.449	0.514	0.583	0.631	1.538
1984	0.052	0.108	0.160	0.199	0.241	0.301	0.388	0.466	0.588	0.871	1.265	1.972
1985	0.026	0.060	0.132	0.231	0.272	0.350	0.447	0.519	0.716	0.820	1.073	1.854
1986	0.052	0.095	0.149	0.242	0.294	0.340	0.407	0.503	0.637	0.765	1.184	1.900
1987	0.055	0.085	0.166	0.207	0.269	0.323	0.378	0.472	0.536	0.644	0.987	1.185
1988	0.070	0.099	0.122	0.230	0.273	0.320	0.374	0.461	0.596	0.709	1.196	1.769
1989	0.035	0.135	0.154	0.185	0.266	0.330	0.383	0.449	0.577	0.685	1.012	1.846
1990	0.058	0.148	0.181	0.223	0.270	0.339	0.398	0.473	0.573	0.796	1.376	1.647
1991	0.073	0.075	0.172	0.247	0.286	0.346	0.427	0.518	0.640	0.844	1.351	2.110
1992	0.076	0.117	0.140	0.191	0.270	0.357	0.434	0.503	0.577	0.689	1.089	1.979
1993	0.100	0.124	0.159	0.197	0.233	0.342	0.444	0.512	0.588	0.750	1.012	1.372
1994	0.052	0.103	0.220	0.241	0.278	0.339	0.467	0.585	0.702	0.779	0.880	1.538
1995	0.064	0.091	0.153	0.264	0.309	0.373	0.461	0.582	0.694	0.835	0.970	1.598
1996	0.037	0.106	0.132	0.186	0.271	0.381	0.451	0.542	0.667	0.787	0.901	1.053
1997	0.063	0.083	0.118	0.177	0.239	0.275	0.409	0.524	0.594	0.709	0.851	1.046
1998	0.011	0.089	0.121	0.181	0.246	0.320	0.408	0.579	0.719	0.853	0.965	1.174
1999	0.041	0.084	0.112	0.224	0.270	0.336	0.462	0.643	0.808	0.868	1.058	1.421
2000	0.070	0.098	0.145	0.192	0.270	0.340	0.429	0.577	0.807	0.965	1.115	1.367
2001	0.061	0.092	0.151	0.191	0.280	0.352	0.524	0.683	0.945	1.216	1.426	1.477
2002	0.104	0.106	0.146	0.201	0.260	0.355	0.495	0.683	0.884	1.088	1.467	1.647
2003	0.084	0.128	0.138	0.178	0.248	0.340	0.545	0.806	1.035	1.246	1.412	1.655
2004	0.090	0.109	0.134	0.174	0.250	0.331	0.465	0.742	1.021	1.258	1.376	1.776
2005	0.043	0.064	0.163	0.196	0.255	0.346	0.466	0.756	0.999	1.141	1.228	1.563
2006	0.066	0.098	0.122	0.179	0.258	0.325	0.461	0.614	0.828	1.074	1.360	1.671
2007	0.031	0.074	0.130	0.200	0.257	0.329	0.445	0.645	0.883	1.102	1.321	1.649
2008	0.036	0.086	0.117	0.186	0.245	0.307	0.400	0.564	0.768	1.005	1.209	1.537
2009	0.034	0.080	0.158	0.193	0.247	0.307	0.387	0.528	0.700	0.897	1.087	1.541
2010	0.029	0.075	0.113	0.196	0.259	0.318	0.399	0.517	0.641	0.767	0.918	1.296
2011	0.033	0.076	0.116	0.141	0.261	0.350	0.419	0.516	0.631	0.752	0.924	1.263
2012	0.086	0.074	0.121	0.172	0.226	0.331	0.431	0.510	0.621	0.756	0.903	1.177

Table A2.9. Input mean body mass (kg) at age over time assumed for fleet 3.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1975	0.045	0.171	0.377	0.642	0.945	1.265	1.587	1.900	2.196	2.470	2.721	2.946
1976	0.045	0.171	0.377	0.643	0.946	1.266	1.588	1.902	2.198	2.472	2.723	2.949
1977	0.030	0.130	0.306	0.548	0.835	1.148	1.470	1.789	2.095	2.382	2.647	2.887
1978	0.037	0.147	0.330	0.568	0.842	1.134	1.430	1.718	1.991	2.246	2.478	2.688
1979	0.038	0.147	0.326	0.558	0.825	1.108	1.393	1.671	1.934	2.178	2.402	2.603
1980	0.034	0.136	0.310	0.540	0.808	1.095	1.387	1.674	1.946	2.201	2.434	2.645
1981	0.044	0.160	0.340	0.567	0.822	1.087	1.351	1.606	1.845	2.065	2.266	2.446
1982	0.032	0.130	0.294	0.510	0.760	1.028	1.300	1.566	1.818	2.054	2.270	2.465
1983	0.032	0.129	0.295	0.516	0.774	1.050	1.332	1.608	1.872	2.117	2.343	2.547
1984	0.036	0.138	0.304	0.518	0.762	1.020	1.280	1.532	1.770	1.991	2.193	2.375
1985	0.036	0.136	0.298	0.506	0.743	0.994	1.245	1.490	1.721	1.934	2.130	2.306
1986	0.041	0.148	0.314	0.524	0.758	1.003	1.247	1.481	1.702	1.905	2.089	2.255
1987	0.039	0.144	0.309	0.519	0.755	1.002	1.249	1.488	1.712	1.920	2.108	2.278
1988	0.042	0.138	0.280	0.451	0.638	0.828	1.014	1.191	1.356	1.507	1.643	1.764
1989	0.044	0.156	0.328	0.541	0.778	1.024	1.267	1.501	1.719	1.921	2.103	2.267
1990	0.040	0.149	0.322	0.541	0.789	1.048	1.308	1.558	1.794	2.012	2.211	2.389
1991	0.042	0.151	0.323	0.539	0.781	1.033	1.285	1.527	1.755	1.965	2.156	2.327
1992	0.034	0.132	0.294	0.504	0.745	1.001	1.260	1.512	1.751	1.973	2.176	2.359
1993	0.038	0.145	0.315	0.533	0.780	1.041	1.302	1.554	1.793	2.013	2.215	2.396
1994	0.044	0.158	0.337	0.561	0.812	1.074	1.334	1.585	1.821	2.038	2.236	2.413
1995	0.042	0.150	0.320	0.532	0.769	1.017	1.263	1.499	1.722	1.927	2.113	2.280
1996	0.039	0.142	0.305	0.511	0.743	0.985	1.227	1.461	1.680	1.883	2.068	2.234
1997	0.040	0.148	0.318	0.534	0.776	1.031	1.286	1.531	1.763	1.976	2.171	2.346
1998	0.039	0.147	0.323	0.549	0.807	1.080	1.354	1.620	1.871	2.104	2.317	2.508
1999	0.036	0.147	0.335	0.584	0.874	1.186	1.503	1.813	2.109	2.385	2.638	2.867
2000	0.038	0.146	0.318	0.540	0.792	1.058	1.325	1.583	1.827	2.053	2.260	2.446
2001	0.038	0.145	0.317	0.537	0.788	1.053	1.318	1.576	1.820	2.045	2.251	2.436
2002	0.045	0.152	0.312	0.506	0.720	0.940	1.155	1.361	1.553	1.729	1.889	2.031
2003	0.040	0.140	0.294	0.483	0.693	0.911	1.126	1.333	1.526	1.703	1.864	2.008
2004	0.037	0.146	0.324	0.557	0.824	1.107	1.394	1.673	1.938	2.183	2.408	2.611
2005	0.035	0.145	0.336	0.592	0.893	1.218	1.550	1.877	2.189	2.481	2.750	2.994
2006	0.033	0.139	0.324	0.572	0.864	1.180	1.504	1.822	2.127	2.412	2.674	2.912
2007	0.036	0.145	0.330	0.576	0.861	1.167	1.478	1.783	2.074	2.344	2.593	2.817
2008	0.040	0.154	0.341	0.584	0.862	1.157	1.454	1.743	2.017	2.272	2.504	2.714
2009	0.038	0.149	0.333	0.574	0.852	1.148	1.447	1.740	2.017	2.275	2.511	2.724
2010	0.037	0.150	0.341	0.595	0.890	1.206	1.527	1.842	2.142	2.422	2.678	2.911
2011	0.038	0.152	0.347	0.606	0.907	1.230	1.558	1.880	2.187	2.473	2.735	2.973
2012	0.038	0.149	0.335	0.579	0.861	1.161	1.465	1.762	2.044	2.306	2.546	2.763

Table A2.10. Index values used as input to the assessment model. ACS=Acoustics for southern – central zone in Chile, ACN=Acoustics for northern zone in Chile, C-U = Chilean fleet 1 CPUE, DEPM= Daily Egg Production Method, ACP = Acoustics in Fleet 3, Ch_U = Chinese CPUE for fleet 4, EU_U – CPUE for EU and Vanuatu (combined) in fleet 4, USSR_U = Catch per day (nominal CPUE for Fleet 4).

	ACS	ACN	C-U	DEPM	ACP	P-U	Ch_U	EU_U	USSR_U
1970									
1971									
1972									
1973									
1974									
1975									
1976									
1977									
1978									
1979									
1980									
1981									
1982			0.450						
1983			0.414						
1984		99	0.365						
1985		324	0.300		319				
1986		123	0.259		8,371				
1987		213	0.310		12,449				55.02
1988		134	0.264		4,455				58.24
1989			0.270		14,018				51.06
1990			0.214		6,733				52.57
1991		242	0.263		8,919				60.99
1992			0.225		0				
1993			0.195		8,471				
1994			0.230		6,761				
1995			0.207		3,329				
1996			0.214		6,570				
1997	3,530		0.187		3,446				
1998	3,200		0.174		323				
1999	4,100		0.207	5,724	279				
2000	5,600		0.196	4,688	3,167				
2001	5,950		0.252	5,627	7,754		1.39		
2002	3,700		0.208	1,388	341	197.2	1.93		
2003	2,640		0.183	3,287	1,284	242.3	1.71	0.72	
2004	2,640		0.198	1,043	628	252.0	1.40	1.11	
2005	4,110		0.181	3,283	1,319	192.0	1.40	0.89	
2006	3,192	112	0.200	626	2,388	248.0	0.99	1.38	
2007	3,140	275	0.151	1,935	812	253.1	1.11	1.43	
2008	487	259	0.102		697	230.9	0.81	1.21	77.42
2009	328	18	0.085		233	144.3	0.77	1.02	59.56
2010			0.063		78		0.55	0.79	
2011			0.036		1,216	240.3	0.32	0.27	45.21
2012						243.7			

Table A2.11. Estimated begin-year numbers at age (Model 7), 1970-2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1970	6,537	3,965	2,682	1,898	1,299	1,027	767	674	592	524	462	5,002
1971	7,001	5,192	3,146	2,122	1,494	1,013	785	563	494	459	407	4,248
1972	7,889	5,560	4,118	2,486	1,669	1,163	770	569	407	380	356	3,608
1973	8,622	6,266	4,406	3,248	1,962	1,314	907	589	434	318	298	3,113
1974	11,302	6,846	4,953	3,452	2,554	1,542	1,022	690	447	339	250	2,675
1975	17,322	8,963	5,360	3,778	2,668	1,980	1,168	737	496	344	262	2,255
1976	21,590	13,752	7,086	4,198	2,951	2,063	1,483	823	516	376	264	1,935
1977	20,662	17,140	10,868	5,543	3,276	2,277	1,537	1,033	566	387	289	1,687
1978	20,577	16,347	13,140	7,818	4,158	2,509	1,689	1,061	703	422	294	1,501
1979	20,462	16,300	12,684	9,767	5,915	3,130	1,779	1,059	644	497	311	1,324
1980	22,702	16,218	12,706	9,549	7,443	4,452	2,197	1,082	599	427	348	1,144
1981	31,259	17,986	12,588	9,454	7,266	5,659	3,206	1,412	653	409	305	1,064
1982	34,279	24,761	13,944	9,333	7,138	5,415	3,881	1,853	744	414	282	943
1983	27,870	27,190	19,474	10,745	7,055	5,068	3,276	1,709	688	392	250	741
1984	41,466	22,122	21,464	15,174	8,278	5,191	3,305	1,678	734	377	242	612
1985	52,751	32,893	17,404	16,550	11,446	5,808	3,029	1,337	541	350	210	477
1986	28,523	41,866	25,965	13,548	12,595	8,099	3,439	1,256	439	254	204	401
1987	21,155	22,654	33,175	20,446	10,502	9,231	5,183	1,674	492	221	158	376
1988	26,281	16,795	17,910	25,831	15,508	7,584	6,083	2,798	713	217	84	203
1989	25,087	20,850	13,196	13,706	19,400	11,132	4,952	3,215	1,146	296	76	100
1990	29,760	19,893	16,304	9,972	10,264	14,015	7,371	2,689	1,372	490	106	63
1991	24,174	23,583	15,460	12,034	7,410	7,478	9,454	4,169	1,226	622	189	65
1992	24,304	19,166	18,419	11,521	8,931	5,354	5,012	5,331	1,891	533	223	91
1993	18,641	19,274	15,002	13,665	8,120	6,027	3,344	2,971	2,791	795	127	75
1994	18,665	14,778	15,046	11,005	9,586	5,488	3,798	2,020	1,607	1,228	206	52
1995	19,561	14,794	11,513	11,032	7,578	6,251	3,239	2,087	942	558	201	42
1996	15,917	15,457	11,229	7,746	6,774	4,286	2,972	1,355	652	175	28	12
1997	21,105	12,574	11,622	6,581	3,599	2,797	1,904	1,531	696	278	45	10
1998	22,287	16,648	9,324	6,570	2,952	1,440	1,214	962	766	283	65	13
1999	27,743	17,628	12,669	6,002	3,655	1,527	784	727	571	399	103	28
2000	26,336	21,999	13,733	8,934	3,778	2,167	936	513	474	341	188	62
2001	19,809	20,873	17,099	9,938	6,004	2,354	1,329	596	316	252	158	115
2002	17,831	15,648	15,766	11,292	6,287	3,607	1,396	826	358	161	111	120
2003	8,778	14,142	12,202	11,671	7,635	3,864	2,176	875	495	179	67	96
2004	8,454	6,954	10,854	8,894	7,751	4,748	2,381	1,384	528	243	72	66
2005	5,835	6,695	5,324	7,987	6,075	5,035	2,756	1,376	782	215	91	52
2006	7,190	4,623	5,144	3,948	5,512	4,040	2,967	1,586	770	337	87	58
2007	4,418	5,677	3,416	3,578	2,615	3,579	2,307	1,639	836	299	112	48
2008	1,884	3,483	4,109	2,284	2,238	1,618	1,903	1,171	778	271	80	43
2009	5,359	1,485	2,507	2,703	1,360	1,369	863	963	544	244	74	34
2010	10,614	4,227	1,078	1,658	1,538	764	623	364	362	118	47	21
2011	6,938	8,357	2,996	681	880	905	403	309	161	106	33	19
2012	10,463	5,462	5,984	2,012	481	613	582	257	192	74	35	17
Mean	18,823	14,816	11,467	8,380	5,944	4,069	2,562	1,430	725	363	181	805

Table A2.12. Estimated total fishing mortality at age, 1970-2012.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
1970	0.000	0.001	0.004	0.009	0.018	0.039	0.079	0.080	0.025	0.022	0.022	0.022
1971	0.000	0.002	0.006	0.010	0.021	0.045	0.092	0.096	0.034	0.025	0.025	0.025
1972	0.000	0.003	0.007	0.007	0.009	0.019	0.038	0.040	0.014	0.012	0.012	0.012
1973	0.001	0.005	0.014	0.010	0.011	0.022	0.044	0.046	0.016	0.013	0.013	0.013
1974	0.002	0.015	0.041	0.028	0.024	0.048	0.096	0.099	0.033	0.030	0.030	0.030
1975	0.001	0.005	0.014	0.017	0.027	0.059	0.121	0.128	0.046	0.033	0.033	0.033
1976	0.001	0.005	0.016	0.018	0.030	0.064	0.132	0.143	0.056	0.035	0.035	0.035
1977	0.004	0.036	0.099	0.057	0.037	0.069	0.141	0.154	0.064	0.045	0.045	0.045
1978	0.003	0.024	0.067	0.049	0.054	0.114	0.237	0.269	0.118	0.074	0.074	0.074
1979	0.002	0.019	0.054	0.042	0.054	0.124	0.267	0.340	0.181	0.127	0.127	0.127
1980	0.003	0.023	0.066	0.043	0.044	0.098	0.212	0.275	0.151	0.107	0.107	0.107
1981	0.003	0.025	0.069	0.051	0.064	0.147	0.318	0.410	0.226	0.143	0.143	0.143
1982	0.002	0.010	0.031	0.050	0.113	0.273	0.590	0.761	0.412	0.273	0.273	0.273
1983	0.001	0.006	0.020	0.031	0.077	0.197	0.439	0.616	0.373	0.253	0.253	0.253
1984	0.002	0.010	0.030	0.052	0.124	0.309	0.675	0.902	0.512	0.352	0.352	0.352
1985	0.001	0.007	0.020	0.043	0.116	0.294	0.650	0.884	0.524	0.308	0.308	0.308
1986	0.000	0.003	0.009	0.025	0.081	0.216	0.490	0.708	0.456	0.246	0.246	0.246
1987	0.001	0.005	0.020	0.046	0.096	0.187	0.386	0.623	0.589	0.736	0.736	0.736
1988	0.001	0.011	0.038	0.056	0.102	0.196	0.408	0.663	0.648	0.823	0.823	0.823
1989	0.002	0.016	0.050	0.059	0.095	0.182	0.381	0.621	0.620	0.795	0.795	0.795
1990	0.003	0.022	0.074	0.067	0.087	0.164	0.340	0.556	0.561	0.723	0.723	0.723
1991	0.002	0.017	0.064	0.068	0.095	0.170	0.343	0.561	0.602	0.794	0.794	0.794
1992	0.002	0.015	0.069	0.120	0.163	0.241	0.293	0.417	0.637	1.205	1.205	1.205
1993	0.002	0.018	0.080	0.125	0.162	0.232	0.274	0.385	0.591	1.120	1.120	1.120
1994	0.002	0.020	0.080	0.143	0.198	0.297	0.369	0.533	0.827	1.579	1.579	1.579
1995	0.005	0.046	0.166	0.258	0.340	0.513	0.642	0.933	1.452	2.776	2.776	2.776
1996	0.006	0.055	0.304	0.537	0.655	0.581	0.433	0.436	0.624	1.137	1.137	1.137
1997	0.007	0.069	0.340	0.572	0.686	0.605	0.453	0.463	0.669	1.228	1.228	1.228
1998	0.004	0.043	0.211	0.356	0.429	0.377	0.283	0.291	0.422	0.777	0.777	0.777
1999	0.002	0.020	0.119	0.233	0.293	0.260	0.194	0.198	0.285	0.522	0.522	0.522
2000	0.002	0.022	0.093	0.167	0.243	0.259	0.221	0.256	0.402	0.543	0.543	0.543
2001	0.006	0.051	0.185	0.228	0.280	0.292	0.246	0.280	0.441	0.592	0.592	0.592
2002	0.002	0.019	0.071	0.161	0.257	0.275	0.238	0.282	0.466	0.648	0.648	0.648
2003	0.003	0.035	0.086	0.179	0.245	0.254	0.223	0.275	0.479	0.673	0.673	0.673
2004	0.003	0.037	0.077	0.151	0.201	0.314	0.319	0.340	0.666	0.755	0.755	0.755
2005	0.003	0.033	0.069	0.141	0.178	0.299	0.322	0.351	0.613	0.672	0.672	0.672
2006	0.006	0.073	0.133	0.182	0.202	0.330	0.364	0.410	0.716	0.875	0.875	0.875
2007	0.008	0.093	0.173	0.239	0.250	0.402	0.448	0.515	0.898	1.086	1.086	1.086
2008	0.008	0.099	0.189	0.288	0.262	0.398	0.451	0.536	0.928	1.071	1.071	1.071
2009	0.007	0.090	0.183	0.334	0.346	0.557	0.634	0.749	1.297	1.411	1.411	1.411
2010	0.009	0.114	0.229	0.404	0.300	0.411	0.473	0.586	1.001	1.056	1.056	1.056
2011	0.009	0.104	0.168	0.117	0.132	0.211	0.219	0.247	0.553	0.861	0.861	0.861
2012	0.004	0.042	0.072	0.082	0.124	0.215	0.221	0.230	0.461	0.595	0.595	0.595

A N E X O 2

Reportes de reuniones de trabajo bilaterales.



Reporte Final

Reunión de Revisión de Datos empleados en Evaluación de stock: recursos Pelágicos 2012

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso 29-30 mayo, 2012

1. Contexto

Durante los días 29 y 30 de mayo del presente y en dependencias del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), se realizó una reunión/taller de revisión del listado de datos que son empleados en la evaluación de las principales pesquerías pelágicas de Chile año 2012. Esta actividad contempló como objetivos los siguientes:

- (1) Actualizar y revisar el listado de información, datos y conocimientos empleados en la evaluación de stock, con énfasis en la identificación de mejoras;
- (2) Generar un resumen sobre la calidad y suficiencia de la información, datos y conocimientos empleados en la evaluación de stock;
- (3) Identificar las fortalezas y debilidades en la información, datos y conocimiento empleados en la evaluación de stock, priorizando un listado de tareas a satisfacer en el corto y mediano plazo.

Este evento se realizó en el marco del convenio SUBPESCA/IFOP-2011: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013", contratado por la Subsecretaría de Pesca.

Como antecedentes se tuvo a la vista el reporte del taller de datos de recursos pelágicos realizado el 2011. En este taller se discutió sobre el listado/calidad de los datos empleados en las evaluaciones de los recursos anchoveta XV-II Regiones; anchoveta III-IV Regiones; anchoveta V-X Regiones; sardina común V-X Regiones; sardina austral; y, jurel, y como panelistas encargados de la revisión actuaron investigadores especialistas de IFOP y sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca.

La reunión fue presidida por el Sr. Cristian Canales – Jefe del Departamento de Evaluación de Recursos de IFOP.



2. Asuntos administrativos

Tanto el material discutido en el taller así como este reporte fue dispuesto en sitio de google creado para el efecto: <https://sites.google.com/site/tallerdedatospelagicos/>

3. Desarrollo por recurso/pesquería

Se informan solo los relativos al Jurel

Jurel

1. Hipótesis de estructura poblacional y definiciones de la unidad de stock

Se trabaja bajo la hipótesis de una unidad de stock frente a Chile en base al trabajo de Serra (1991). El FIP 2007-27 complementa lo anterior extendiendo sus límites hacia el norte llegando a Paracas (Perú). Sin embargo, en el marco de la ORP-PS, la unidad de stock considera toda el área FAO 87 y ha sido establecido por cuestiones políticas.

2. Información de la historia de la vida.

Parámetro	Valor
L_{∞} (cm)	70.8
k	0.094
t_0	-0.896
L_{pms} (cm)	23,0
Edad pms (año)	2,5
M	0,23

Se considera la función de Gili et al (1996) como parámetros de referencia, aun cuando esta no se emplea en la evaluación de stock. La mortalidad natural estimada viene de la aplicación del método de Pauly.

La ojiva de madurez sexual ha sido recientemente estimada considerando un enfoque basado en la edad. La talla de primera madurez se estima en 23,0 cm correspondiente a una edad de 2,5 años. Su uso para fines de diagnóstico está supeditado a una mayor discusión a nivel nacional.

3. Niveles de descartes y subreportes.

No se consideran descartes significativos, pero si ha existido algún nivel de "liberación" menor cuya mortalidad es imposible de precisar.



4. Índices de abundancia apropiados para la evaluación de stock

CPUE: Se disponen de 5 series por flota (Perú, Chile centro-sur, China, Rusia y Comunidad Europea). De estas solo la serie de Chile y China están estandarizadas, de manera que existe una debilidad permanente debido a la inclusión de series no estandarizadas en el modelo.

Biomasa acústica: Se refiere a la serie de cruceros realizado en el Perú (1983-2011) y por Chile en la zona norte y centro-sur. Los principales problemas en estos índices son cambios en la cobertura del diseño de muestreo v/s la distribución del recurso. Estas señales se consideran índices relativos, y están sujetos a niveles de error difícil de precisar, no obstante es el mejor índice de abundancia disponible.

Se incluye la serie de biomasa acústica de la zona norte como índice de la biomasa explotable a esa flota. Debido a su alta variabilidad, esta serie es incluida con alto nivel de incertidumbre.

Biomasa desovante MPH: Los problemas asociados con este indicador son propios del método y no cubren toda el área de desove del jurel. La debilidad también pasa por la falta de muestreo de adultos. Estas señales se consideran índices relativos con bajos niveles de credibilidad.

No obstante las deficiencias antes señaladas, la sugerencia es mantener y mejorar la realización de estos dos programas de cruceros.

5. Estadísticas de captura comercial, incluyendo los desembarques y los descartes.

Las capturas son representadas por 4 flotas. Las estadísticas de capturas nacionales provienen de SERNAPESCA y otras cifras informadas por las naciones miembros de la ORP-PS.

Se mantienen las dudas respecto de los desembarques nacionales y niveles de sub-reporte particularmente desde 1997 al 2002. Debido a que este es un tema de impacto internacional y por el carácter extemporáneo se recomendó en no innovar. Se mencionó que el valor de desembarques 2011 está en carácter preliminar (520 mil toneladas) y será revisada en la próxima reunión de la ORP-PS (Octubre, 2012).

Debido a esta última consideración, el contenido del pre-informe final fijado para el 15 de septiembre deberá ser revisado por la partes.

Durante el 2011 se identificó como tarea continuar con la validación de lecturas entre lectores a nivel nacional con el objeto de recabar información sobre el error de lectura. Se informa que este tema no ha tenido mayor avance debido, por un lado, a que el tema es de interés de los grupos de trabajo de las ORP-PS, y por otra, cambios en el equipo de lectores de otolitos del jurel.



Lista de participantes

Participantes:	Email:
Elson Leal (IFOP)	elson.leal@ifop.cl
Alejandra Ordenes (IFOP)	aordenes@subpesca.cl
Rodolfo Serra (IFOP)	rodolfo.serra@ifop.cl
Víctor Espejo (SUBPESCA)	vespejo@subpesca.cl
Mario Acevedo (SUBPESCA)	macevedo@subpesca.cl
Cristian Canales (IFOP)	cristian.canales@ifop.cl
José Acevedo (SUBPESCA)	jacevedo@ifop.cl
M. Gabriela Böhm (SUBPESCA)	gabriela.bohm@ifop.cl



Reporte del Taller

Revisión de la modelación empleada en la Evaluación de recursos pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

Valparaíso, 20-21 junio 2012

1. Introducción

Durante los días 20 y 21 de junio del presente y en dependencias de la Subsecretaría de Pesca y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), se realizó un taller de de la modelación empleada en la evaluación de recursos pelágicos de Chile. Esta actividad contempló como objetivos: (1) Revisar las principales hipótesis/supuestos de la población y las pesquerías, y como estos han sido incorporados en los modelos de evaluación de stock; (2) Establecer el o los modelos que serán empleados para realizar la evaluación de stock y (3) Generar un resumen/recomendaciones sobre la calidad y suficiencia de los modelos en función de la calidad de la información, funcionalidad para fines de manejo y del tratamiento de fuentes de incertidumbre.

Este evento se realizó en el marco del convenio SUBPESCA/IFOP-2011: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012", contratado por la Subsecretaría de Pesca.

2. Recomendaciones y tareas por recurso/pesquería

Se informan solo los relativos al Jurel

Jurel

- Las tareas debieran ser orientadas en adelantar las tareas indicadas para el SWG-JMSG, particularmente las requeridas de la reunión plenaria de enero en Santiago. De esta forma el proyecto que conduce IFOP debiera focalizarse a identificar y evaluar algunos componentes a tratar en la siguiente reunión del SWG-JMSG.

El contenido del pre-informe final del 15 de septiembre deberá considerar:



- el modelo de evaluación la nueva ojiva de madurez sexual y comparar resultados respecto del escenario base original.
- Avances en la modelación en tallas como mejora metodológica. Resultados preliminares respecto de composiciones de tallas estimadas.
- Evaluar el stock excluyendo datos del Perú y Ecuador (flota 3), con ambas ojivas de madurez sexual.
- Propuesta de PBR para el jurel. Esta tarea está asociada a subgrupos de trabajo del Comité Científico.
- Incorporar el análisis “Check-List” (NRC, 1998) y conclusiones de este recurso respecto de la clasificación del tipo de pesquería.

Lista de participantes

Participantes:	Email:
Elson Leal (IFOP)	elson.leal@ifop.cl
María José Zúñiga (IFOP)	mariajose.zuñiga@ifop.cl
Cristian Canales (IFOP)	cristian.canales@ifop.cl
Víctor Espejo (SUBPESCA)	vespejo@subpesca.cl
Mario Acevedo (SUBPESCA)	macevedo@subpesca.cl
Alejandra Ordenes (SUBPESCA)	aordenes@subpesca.cl
Rodolfo Serra (IFOP)	rodolfo.serra@ifop.cl
Silvia Hernández (SUBPESCA)	shernandez@subpesca.cl
José Acevedo (SUBPESCA)	jacevedo@ifop.cl



Términos de Referencia

Taller de revisión de la Modelación empleada en la Evaluación de recursos Pelágicos

Departamento de Evaluación de Recursos
IFOP

1. Contexto.

Por más de dos décadas, IFOP ha realizado las evaluaciones de stocks y diagnósticos del estatus de los principales recursos pesqueros de Chile. Este proceso de evaluación de stock se inicia con la recolección de datos y generación de información, de manera que resulta necesario disponer de un proceso periódico de revisión de la información que recurrentemente es empleada para estos fines, esto con el objeto de identificar sus fortalezas y debilidades, así como proponer un plan de acción para la mejora en sus puntos deficitarios.

Por otra parte, IFOP por mandato de Subsecretaría de Pesca y en el marco de una política de transparencia de los procesos, ha impulsado el establecimiento de un proceso independiente de la revisión de evaluación de stock, el cual involucra también la calidad de los datos. La transparencia se logra entre otras formas, difundiendo la actividad al público general y permitiendo el acceso de observadores a las rondas de reuniones del debate técnico.

El presente documento pretende orientar la conducción del taller de datos hacia la obtención de resultados concretos, los que permitan esencialmente disponer de un estado de situación sobre los criterios y supuestos empleados para dar base a los enfoques de modelación para fines de evaluación de las poblaciones, así como del programa de tareas de corto y mediano plazo que permita el mejoramiento continuo en estas materias.

2. Objetivos del taller

Los objetivos del taller son los siguientes:

1. Revisar las principales hipótesis/supuestos de la población y las pesquerías, y como estos han sido incorporados en los modelos de evaluación de stock.
2. Establecer el o los modelos que serán empleados para realizar la evaluación de stock.
3. Generar un resumen sobre la calidad y suficiencia de los modelos en función de la calidad de la información, funcionalidad para fines de manejo y del tratamiento de fuentes de incertidumbre.



2. Agenda propuesta

Miércoles (SUBPESCA)

- 10:00 – 11:30 Anchoveta XV-II Regiones
- 11:30 – 13:00 Anchoveta III-IV Regiones
- 13:00 – 14:30 Pausa de almuerzo
- 14:30 – 16:00 Sardina austral
- 16:00 – 17:30 Sardina y anchoveta V-X Regiones

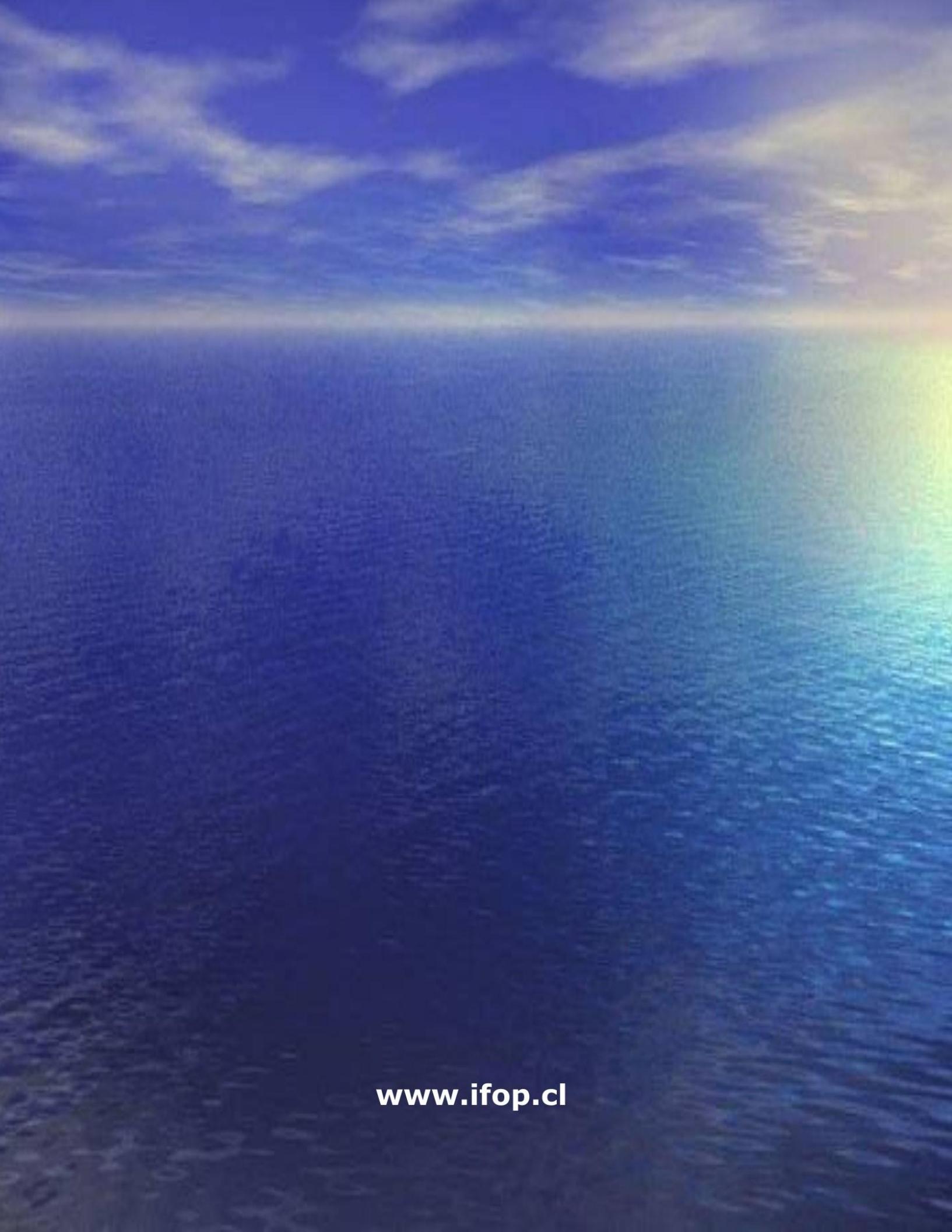
Jueves (IFOP)

- 10:00 – 11:30 Jurel



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

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

A wide-angle photograph of a vast ocean under a cloudy sky. A faint rainbow is visible on the right side of the frame.

www.ifop.cl