



INFORME FINAL

**Revisión de metodologías de evaluación
del jurel a nivel subregional**

FIP N° 2007-23 / Agosto-2009



INFORME FINAL

**Revisión de metodologías de evaluación
del jurel a nivel subregional**

FIP N° 2007-23 / Agosto-2009

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

Presidente Consejo de Investigación Pesquera:
Jorge Chocair Santibáñez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Mauricio Braun Alegría

Jefe División Investigación Pesquera
Mauricio Braun Alegría



RESUMEN EJECUTIVO

Con el objeto de establecer una base metodológica de referencia para realizar la evaluación de stock del jurel a nivel Sub-regional del Océano Pacífico Sur (OPS), en primer lugar se revisaron y analizaron las distintas fuentes de datos e información disponibles a nivel nacional (IFOP e INPESCA) e internacional, derivados de la pesquería y los cruceros realizados históricamente en el área donde se distribuye este recurso. De igual forma, en base a estos y otros antecedentes, se analizaron y explicitaron las hipótesis referidas a la estructura poblacional del jurel en el OPS.

Se analizó el desempeño de diferentes modelos de evaluación en cuanto a su estructura espacial (flotas), modelos de sobrevivencia y composiciones de edades versus tallas de las capturas, así como de 34 escenarios de evaluación de un modelo base sometido a diferentes hipótesis y supuestos de procesos e importancia de la información. Para cada uno de estos análisis, fueron definidos indicadores del status y productividad del recurso con el objeto de establecer niveles de referencia para el manejo pesquero. Finalmente, se simuló el desempeño de mediano plazo (5 años) de la población bajo condiciones de incertidumbre frente a niveles de capturas y tasas de explotación constantes, los que en base a diferentes escenarios, permitió evaluar el riesgo de fracasar en alcanzar distintos objetivos de conservación.

De los resultados obtenidos, se concluyó que la información empleada constituye la serie más extensa y voluminosa del Océano Pacífico Sur y refleja los procesos fundamentales de reclutamientos, crecimiento, migración y mortalidad por pesca en la historia de la pesquería. Se concluyó además que los muestreos de las capturas tanto de IFOP como de INPESCA recogen de similar forma las principales variables “observables” de la población. No obstante esto, se hicieron notar las deficiencias de interpretación de indicadores de abundancia como son



FIP N° 2007-23 / Agosto-2009

JEFE DE PROYECTO
Cristian Canales Ramírez

AUTORES

– INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Cristian Canales (Evaluación Stock)
Rodolfo Serra (Evaluación Stock)
Carlos Martínez (Seguimiento Pesquería)
Antonio Aranis (Seguimiento Pesquería)
Leonardo Caballero (Seguimiento y CPUE)
José Córdova (Acústica)
Juan Carlos Quiroz (Evaluación de Stock)
Mariella Canales (Evaluación de Stock)
Víctor Bocic (Edad y Crecimiento)

– INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA
OCTAVA REGIÓN S.A.

Aquiles Sepúlveda (Evaluación de Stock y Acústica)
Claudio Gatica (Evaluación de Stock)
Sergio Núñez (Oceanografía)
Mario Aguayo (Edad y Crecimiento)
José Giacaman (Seguimiento Pesquería)
Marcos Arteaga (Seguimiento Pesquería)
Rubén Alarcón (Seguimiento Pesquería)
Carlos González (Seguimiento y CPUE)

– CONSULTOR INDEPENDIENTE

Luis Cubillos (Evaluación de Stock)



los cruceros acústicos, MPH y CPUE en el contexto de la extensa distribuci3n que caracteriza al jurel en el Océano Pacífico Sur (OPS). Se determinó que el principal índice de abundancia que impacta en la evaluaci3n es la serie de biomasa acústica la cual fue tratada bajo dos hipótesis: cambio en distribuci3n versus contracci3n de la poblaci3n. La seál de abundancia con menor impacto es la CPUE.

De igual forma, se recopilaron, desarrollaron y resumieron los principales trabajos relacionados con la estructura espacial del jurel en el OPS, estableciéndose que la principal hipótesis de una unidad de stock trans-zonal frente a Chile puede ser complementada y/o extendida a la pesquería del Perú, requiriéndose para ello estudios específicos. De lo anterior se propuso que en la medida que se puedan probar la existencia de niveles de mezcla importante de adultos del norte del Perú y centro-sur de Chile se puede sustentar de mejor forma la unidad de stock, en cambio si solo se demuestra una zona común de crianza y juveniles, se podría argumentar la hipótesis de dos unidades de stock con un área común de pre-desovantes.

El análisis de la evaluaci3n de stock fue llevado a cabo considerando la hipótesis base de estructura espacial bajo incertidumbre de procesos y supuestos. Se determinó que independiente de los supuestos y estructura de modelo de sobrevivencia empleado, las variaciones y tendencias poblacionales son robustas frente a estos escenarios, existiendo mayor incertidumbre en los estimados de biomasa desovante, los que al 2008 podrían fluctuar entre 2 millones y 5 millones de toneladas. También se estableció que el error de lectura de edades del jurel es un componente importante en la evaluaci3n de stock ya que produce menores estimados de biomasa.



El modelo de dinámica de sobrevivencia (discreta tipo Pope o continua tipo F-Gulland) no produce diferencias en la evaluaci3n de stock del jurel, sino el uso de composiciones de tallas de las capturas, las que generan estimados de biomasa desovante menores respecto del modelo que emplea informaci3n de edad. Se indic3 la conveniencia del uso de un modelo basado en las composiciones de edades de las capturas y dada la convexidad (no-linealidad) de éstos, es preferible el uso de modelos con la dinámica de sobrevivencia discreta tipo Pope que reduce significativamente la cantidad de parámetros por resolver y los efectos de correlaci3n en este tipo de modelos. Tambi3n se estableci3 que la evaluaci3n de stock realizada con un modelo que no diferencia flotas no presenta discrepancias en los estimados de biomasa respecto del modelo que sí las considera, y que la ventaja de este último radica en una mejor comprensi3n de procesos locales y la evaluaci3n de escenarios de manejo por flotas. En este sentido, se indic3 la conveniencia de propender a un modelamiento espacialmente explícito como tarea inmediata que debiera ser continuada.

De la evaluaci3n de stock se determin3 que sólo la hipótesis de cambios en la distribuci3n espacial del recurso permitiría el desarrollo de la pesquería en los próximos años, en tanto que la hipótesis de contracci3n poblacional genera una situaci3n catastrófica de la poblaci3n, la que se acentúa aún más al considerar el resultado de la biomasa acústica del año 2008. No obstante esto, se estableci3 que la poblaci3n del jurel present3 un importante crecimiento hasta fines de los ochentas provocado por grandes reclutamientos, seguido de un período que dur3 hasta fines de los noventa donde los bajos reclutamientos y altos niveles de explotaci3n generaron la caída de la poblaci3n y su sobre-explotaci3n con una biomasa desovante reducida bajo los 4 millones de toneladas. Para el período más reciente y luego de una leve recuperaci3n provocada por el ajuste de las capturas y mejores reclutamientos, se ha ingresado a una nueva fase descendente provocada por una notable caída en los reclutamientos y el



incremento de pesca de las flotas extranjeras operando fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). La biomasa desovante para el 2008 se estima en promedio inferior a 3 millones de toneladas.

Se determinó que la población está deprimida y que el nivel de reducción de stock es robusto frente a las fuentes de incertidumbre, mostrando en general que esta es cercana al 32% de la población original. La estimación de Máximo Rendimiento Sostenido (MRS) del jurel arrojó cifras en torno a 1,8 millones de toneladas y que es poco sensible entre escenarios de evaluación. Como referentes de explotación se determinó que la biomasa desovante que genera el MRS se ubica en torno a 33% de la biomasa desovante virginal, con lo cual se debiera cautelar un rango de explotación entre un 30%-40% de la biomasa virginal. Un valor límite de biomasa se estima del 20% de $B_{F=0}$ que corresponde a un valor promedio de 3,6 millones de toneladas, lo cual es mayor al valor promedio de biomasa estimada para el año más reciente. Consecuente con esto y avalado por excedentes productivos por debajo de los desembarques, mortalidad por pesca que supera las recomendables y la escasez general del recurso en su área de distribución, se concluye que el stock del jurel se encuentra en sobre-explotación con tendencia a una mayor reducción en el corto plazo.

Finalmente, el análisis de estrategias de explotación mostró que sólo capturas constantes bajo un millón de toneladas permiten la recuperación de la población en el mediano plazo, esto para el escenario más pesimista donde bajos reclutamientos de mediano plazo oscilarían en torno al de los últimos 5 años. Además y dada la condición actual del stock, se recomendó el uso de políticas de tasas de explotación constantes que permiten la proporcionalidad entre capturas y fluctuaciones en biomasa, lo genera capturas recomendables mas restrictivas respecto del escenario de políticas de capturas constantes.



ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES GENERALES	4
3.1 <i>Distribución y hábitat</i>	<i>4</i>
3.2 <i>Pesquerías y capturas</i>	<i>5</i>
3.3 <i>Evolución del esfuerzo de pesca nominal</i>	<i>6</i>
4. METODOLOGÍA	9
4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1. “Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquería nacional e internacional de jurel”	10
4.1.1 <i>Series de desembarques por pesquería</i>	<i>10</i>
4.1.2 <i>Composición de edades y tallas de los desembarques</i>	<i>11</i>
4.1.3 <i>Principales parámetros biológicos del jurel</i>	<i>18</i>
4.1.4 <i>Series de Captura por Unidad de Esfuerzo</i>	<i>22</i>
4.1.5 <i>Series de biomاسas hidroacústicas</i>	<i>26</i>
4.1.6 <i>Cruceros de huevos y larvas</i>	<i>29</i>
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2. “Revisar y analizar los antecedentes e información biológica y oceanográfica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la dinámica poblacional del jurel en su rango de distribución geográfica en el Pacífico Sur”	30
4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3. “Formular e implementar un modelo de evaluación del stock de jurel”	36
4.3.1 <i>Modelos de evaluación</i>	<i>38</i>
4.3.2 <i>Análisis de incertidumbre de procesos e información</i>	<i>51</i>
4.3.3 <i>Estimación de Parámetros</i>	<i>57</i>
4.3.4 <i>Información de entrada a los modelos</i>	<i>58</i>



4.4	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 4. “Establecer un diagnóstico del recurso y analizar las consecuencias para la población ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca”	59
4.4.1	<i>Diagnóstico</i>	59
4.4.2	<i>Análisis de estrategias de explotación</i>	64
5.	RESULTADOS	67
5.1	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1. “Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquería nacional e internacional de jurel”	67
5.1.1	<i>Capturas, desembarques y subreporte</i>	67
5.1.2	<i>Composiciones de tallas de las capturas</i>	69
5.1.3	<i>Composiciones de edad de las capturas y los cruceros</i>	71
5.1.4	<i>Captura por unidad de esfuerzo nacional e internacional</i>	74
5.1.5	<i>Cruceros hidroacústicos y de densidad de huevos en la zona centro-sur de Chile</i>	77
5.2	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2. “Revisar y analizar los antecedentes e información biológica y oceanográfica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la dinámica poblacional del jurel en su rango de distribución geográfica en el Pacífico Sur”	81
5.2.1	<i>Aspectos oceanográficos asociados con la pesquería del jurel</i>	81
5.2.2	<i>Parámetros biológicos del jurel</i>	83
5.2.3	<i>Hipótesis de la estructura poblacional del jurel</i>	90
5.3	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3. “Formular e implementar un modelo de evaluación del stock de jurel”	98
5.3.1	<i>Enfoque de evaluación del jurel y ajuste del modelo base</i>	99
5.3.2	<i>Evaluación del stock bajo incertidumbre de procesos e información</i> ..	102
5.3.3	<i>Evaluación de stock con modelos agregados a la edad pero de diferente estructura de mortalidad e información de composición de las capturas</i>	114
5.4	OBJETIVO ESPECÍFICO N° 4. “Establecer un diagnóstico del recurso y analizar las consecuencias para la población ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca”	117
5.4.1	<i>Cambios en los niveles de abundancia y su relación con la pesca</i>	117
5.4.2	<i>Puntos biológicos de referencia</i>	120
5.4.3	<i>Excedentes productivos (EP)</i>	121
5.4.4	<i>Razón de biomasa desovante (ó Razón de potencial desovante)</i> .	114
5.4.5	<i>Diagnóstico del recurso</i>	123
5.4.6	<i>Análisis de estrategias de explotación</i>	124



6. DISCUSI3N	130
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
8. BIBLIOGRAFÍA	148

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

- ANEXO 1.** Chilean jack mackerel workshop: M. Maunder y J. Ianelli.
- ANEXO 2.** Annotated Chilean jack mackerel workshop: Agenda.
- ANEXO 3.** Agenda Taller de difusi3n de resultados proyecto FIP N° 2007-23.
- ANEXO 4.** Plan detallado de HH ejecutadas proyecto FIP N° 2007-23.
- ANEXO 5.** CD contiene: Base de datos Proyecto FIP N° 2007-23.



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuci3n del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Pacífico Sur.
- Figura 2.** Evoluci3n de los desembarques del jurel Chileno en el Pacífico Sur este FAO 87 entre 1970 y 2005 (Fuente: Anon, 2007).
- Figura 3.** Captura de jurel por pesquería, total nacional y Subregional.
- Figura 4.** Evoluci3n de la flota de la pesquería zona norte y zona centro sur entre 1970 y 2006. CB es capacidad de bodega en metros cúbicos.
- Figura 5.** Indicadores del régimen de operaci3n de la flota pesquera industrial de la pesquería pelágica centro sur.
- Figura 6.** Otolitos de jurel (a) otolito entero (b) Secci3n transversal del otolito derecho.
- Figura 7.** Diseño acústico aplicado en la zona norte de Chile entre 1981-1982 (a: muestreo aleatorio) y años posteriores (b: diseño sistemático) (Fuente: Castillo, 2008).
- Figura 8.** Biomosas acústicas estacionales del jurel estimado en la zona norte de Chile 1981-1995. (Fuente: Castillo, 2008).
- Figura 9.** Grilla del track de navegaci3n aplicado en los cruceros acústicos realizados por IFOP (Fuente: C3rdova *et al*, 2008).
- Figura 10.** Área de estudio cubierta en los proyectos FIP “Condiciones biológicas del Jurel en Alta Mar” realizadas por INPESCA en el periodo 1999-2006 (Fuente: Sepúlveda *et al*, 2008).
- Figura 11.** Abundancia estacional de huevos (a) y larvas (b) de jurel, *Trachurus murphyi*. 1981 – 2007 (Fuente: Braun *et al*, 2008).
- Figura 12.** Algunas formas funcionales del modelo de patr3n de explotaci3n de jurel utilizado.
- Figura 13.** Series y tendencias de biomasa acústica total estimadas por INPESCA (2002-2007) e IFOP (1997-2008).



- Figura 14.** Distribuci3n longitudinal de las capturas de jurel seg3n millas de la costa para el per3odo 1981 – 2007.
- Figura 15.** Desembarques de jurel y caballa por pesquer3a y total nacional 1990-2008 (preliminar).
- Figura 16.** Composiciones de tama1os de las capturas del jurel en la zona norte 1975-2006 (Fuente: Bernal *et al*, 2008).
- Figura 17.** Composiciones de tama1os de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1975-2006 (Fuente: Bernal *et al*, 2008).
- Figura 18.** Tallas medias registradas en los muestreos de longitud del jurel 1975-2006 (Fuente: IFOP).
- Figura 19.** Estructuras de tallas mensuales, a) Zona norte (Arica –Antofagasta), y b) Zona centro-sur (San Antonio- Corral), periodo 2002-2006 (Fuente: IFOP).
- Figura 20.** Estructuras de tama1o zona centro-sur de Chile entre Ifop e Inpesca (1992-2006).
- Figura 21.** Gr3ficos qq- plot para las estructuras de tama1o IFOP e Inpesca.
- Figura 22.** Estructuras de tama1o zona centro-sur de Chile entre Ifop y Flota rusa (1979-1981).
- Figura 23.** Gr3ficos qq-plot para las estructuras de tama1o IFOP y Flota ex URSS.
- Figura 24.** N3mero de otolitos de jurel le3dos entre 1975 y el 2005 (Fuente: Ojeda *et al*, 2008).
- Figura 25.** Composici3n de edades de la captura de Jurel entre 1987 y 2008 (preliminar). En flechas se indican el paso de reclutamientos fuertes.
- Figura 26.** Composici3n relativa de las edades en la abundancia estimada en los cruceros de evaluaci3n hidroac3stica entre 1997 y 2007.
- Figura 27.** Composici3n relativa de las edades en la abundancia estimada en los cruceros ac3sticos entre 1997 y 2007.



- Figura 28.** Comparaci3n de la estructura de edad en la pesquería centro sur con el crucero de hidroacústica para los ańos 2003 a 2007.
- Figura 29.** Efectos principales del modelo GLM aplicados a la informaci3n de CPUE del jurel. a) Capacidad de bodega, b) éxito de captura, c) mes, d) Ańos. Fuente: Canales *et al* (2008).
- Figura 30.** Proporci3n anual de las capturas de jurel segun distancia desde la costa. (Fuente: Canales *et al*, 2008).
- Figura 31.** Evoluci3n de la CPUE relativa y edad media de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1981-2005. Fuente: Canales *et al* (2008).
- Figura 32.** Captura por unidad de esfuerzo de las flotas que han operado sobre al jurel frente a la zona centro-sur.
- Figura 33.** Distribuci3n espacial de las capturas de jurel reportadas por la flota China 2000-2007 (Fuente: Zhang y Zhou, 2008).
- Figura 34.** Biomasa desovante del jurel estimada por MPH y biomasa acústica estimada en dos rangos de distribuci3n frente a la zona centro-sur del jurel.
- Figura 35.** Correlaci3n espacial entre el reclutamiento de jurel y la TSM durante el máxmo de desove (Noviembre). Áreas con valores absolutos de correlaci3n mayor a $|0.468|$ son significativos a un valor $p \leq 0.05$ (g.l. = 16). (Cubillos, L., S. Núñez & D. Arcos, 2003).
- Figura 36.** Anomalías de TSM a la correlaci3n más alta para el período y máxmo de desove de jurel frente a Chile centro-sur, y las anomalías de los valores de reclutamiento de jurel log-transformados. (Cubillos, L., S. Núñez & D. Arcos, 2003).
- Figura 37.** Relaciones entre la proporci3n de ejemplares menores a 26 cm LH y el desplazamiento meridional (hacia el sur de los 34°S) de la isoterma de 15°C en Chile centro-sur. (Arcos, D., L. Cubillos & S. Núñez, 2001).
- Figura 38.** a) Variaci3n interanual de la posici3n media de la isoterma de 16°C durante la época de desove de jurel (noviembre de 1981-2000), b) Relaci3n entre la posici3n latitudinal de la isoterma de 16°C y las clases anuales de jurel, c) ajuste no lineal de la relaci3n entre el



reclutamiento y el cambio latitudinal de la isoterma de 16°C (línea segmentada= límites de confianza de 95%). (Sepúlveda, A., L. Cubillos & D. Arcos, 2003).

- Figura 39.** Distribuci3n de edades de jurel estimadas en otolitos (entero y seccionado), por lector (Fuente: Cubillos *et al.*, 1998).
- Figura 40.** Relaci3n entre los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy disponibles de jurel. Los puntos blancos representan los parámetros de crecimiento estimados mediante MIX para explicar la longitud media a la edad en la composici3n por tallas (Fuente: Arcos *et al.* 1998), y los puntos azules representan los parámetros de los estudios de crecimiento seleccionados. El inserto representa la distribuci3n de frecuencia del índice de desempeño del crecimiento (promedio = 2,722).
- Figura 41.** Comparaci3n de los parámetros de crecimiento de jurel con otros representantes del género en el mundo (Fuente: Cubillos y Arancibia 1995).
- Figura 42.** Distribuci3n de frecuencia de jurel obtenida por el B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973 (datos de Nekrasov, 1994). La frecuencia estimada corresponde al modelo utilizado para estimar la tasa de mortalidad natural de acuerdo con los parámetros de Nekrasov (1987). Las flechas indican la longitud promedio de cada grupo de edad presente en los datos (Fuente: Arcos *et al.* 1998).
- Figura 43.** Distribuci3n espacial de los lances de pesca de la flota más representativa de la ex URSS entre 1986-1991. (Fuente: Grechina, 2006).
- Figura 44.** Composici3n de tamaños de las capturas de la flota ex – URSS que operó fuera de la ZEE entre 1979 y 1991, y de la Federaci3n Rusa durante el 2002 (Fuente: Nesterov, 2007).
- Figura 45.** Composici3n de tamaños de las capturas de la flota Chilena que operó dentro de la ZEE en la Zona Centro-Sur entre 1979 y 1991, y el año 2002 (Fuente: IFOP).
- Figura 46.** Composici3n de tamaños de las capturas de la flota Chilena que operó dentro de la ZEE en la Zona Norte entre 1979 y 1991, y el año 2002 (Fuente: IFOP).



- Figura 47.** Estacionalidad de los desembarques de jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona 35°S - 40°S (Fuente: SUBPESCA, 2007).
- Figura 48.** Áreas de operaci3n mensual de la flota Holandesa que captur3 Jurel durante el 2005 (Fuente: Ad Corten, 2007).
- Figura 49.** Composici3n de tallas y edades de las capturas de jurel chileno (Fuente: SUBPESCA, 2007).
- Figura 50.** Modelo de historia de vida del jurel propuesta por Arcos *et al.* (2001).
- Figura 51.** Distribuci3n espacial de la abundancia del jurel 2002-2003 entre 1 y 3 aÑos de vida por fuera de la ZEE (Fuente: Nesterov, 2007).
- Figura 52.** Distribuci3n de la unidad de stock del jurel chileno propuesta por Serra (1991) modificado.
- Figura 53.** Zonas de desove (huevos y larvas) del Jurel identificadas por cruceros de la Federaci3n Rusa entre el 2002 y 2003 (Fuente: Nesterov, 2007).
- Figura 54.** Distribuci3n latitudinal de las composiciones de talla del jurel en Per3 1996 – 2007. (Fuente: Espinoza, *et al.*, 2008).
- Figura 55.** Distribuci3n espacial y temporal de lances de pesca del jurel en Per3 1996 – 2007. (Fuente: Espinoza, *et al.*, 2008).
- Figura 56.** Composiciones de tallas de las capturas de jurel (jack mackerel) y caballa (pacific mackerel) en el Per3 y norte de Chile durante 2003. (Fuente: Ñiquen *et al.*, 2008).
- Figura 57.** Composiciones de tallas (longitud total en cm) de las capturas de jurel registradas en el Per3, agrupadas en aÑo biol3gico.
- Figura 58.** Biomasa del jurel en el Per3 estimado en cruceros ac3sticos realizados entre 1983 y 2007 (Fuente: Ñiquen *et al.*, 2008).
- Figura 59.** Distribuci3n y biomasa jurel en el Per3 estimado en cruceros ac3sticos realizados en marzo de 1983 y 2005 (Fuente: Ñiquen *et al.*, 2008).



- Figura 60.** Esquema generalizado de migraciones oceánicas de jurel en el Océano Pacífico Sur durante su ciclo de vida. 1 – peces adultos desovantes; 2 – peces adultos en engorda; 3 – peces juveniles hasta 2-3 años de edad; 4 - peces adultos entre zonas de desove y engorda; 5 – distribución y migración de alevines y juveniles de hasta un año de edad (Elizarov *et al.*, 1992) (Fuente: Grechina *et al*, 2008).
- Figura 61.** Distribución espacial del jurel por tamaño promedio en lances de pesca de la flota de investigación de la ex URSS, 1979-1991 (modificado Sepúlveda *et al.*, 1998). Círculos rojos marcan áreas con predominio de los peces de tallas menores a 30 cm y círculos verdes – mayores a 35 cm de LH (Fuente: Grechina *et al*, 2008).
- Figura 62.** Esquema conceptual de la formación de la zona de crianza (ZC) de jurel del desove oceánico (ZD) y su interacción con las zonas de engorda (ZE) en áreas de operación de las flotas peruana y chilena (Fuente: Grechina, 2008).
- Figura 63.** Esquema conceptual de estructura poblacional y rutas migratorias entre subpoblaciones dentro del área de distribución de superpoblación del jurel en el Pacífico Sur. ZD – zonas de desove; ZE – zonas de engorda; flechas naranjas – dirección de desplazamiento de juveniles en primer año de edad. (Fuente: Grechina *et al*, 2008).
- Figura 64.** Índices de abundancia del jurel observados (cruces) y predichos (línea); Biomasa acústica, Biomasa crucero, MDPH y CPUE zona centro-sur.
- Figura 65.** Composición de edades de los cruceros acústicos observados (cruces) y predichos (líneas).
- Figura 66.** Composición de edades de las capturas en la zona norte de Chile observadas (barras) y predichos (líneas).
- Figura 67.** Composición de edades de las capturas en la zona centro-sur de Chile observadas (barras) y predichos (líneas).
- Figura 68.** Edad media observada y estimada por el modelo de evaluación del jurel. Izquierda: zona norte; Derecha: zona centro-sur.



- Figura 69.** Residuales del ajuste de las proporciones de edad de las capturas de jurel en la zona norte.
- Figura 70.** Gráficos cuantil-cuantil de las proporciones de edad de las capturas de jurel observadas y predichas por en modelo en la zona norte. Cada celda es un año y se leen de izquierda a derecha.
- Figura 71.** Residuales del ajuste de las proporciones de edad de las capturas de jurel en la zona centro-sur.
- Figura 72.** Gráficos cuantil-cuantil de las proporciones de edad de las capturas de jurel observadas y predichas por en modelo en la centro-sur. Cada celda es un año y se leen de izquierda a derecha.
- Figura 73.** Residuales del ajuste de los índices de abundancia relativa empleados en la evaluación de stock del jurel.
- Figura 74.** Relación stock-recluta del jurel.
- Figura 75.** Trayectorias de biomasa desovante del jurel de acuerdo a 26 escenarios de evaluación de stock.
- Figura 76.** Trayectorias de biomasa desovante del jurel de acuerdo a 26 escenarios de evaluación de stock.
- Figura 77.** Distribución de probabilidades *a posteriori* del parámetro h de la relación S&R del jurel.
- Figura 78.** Reclutamientos del jurel estimados según dos escenarios de coeficientes de variación en el modelo de error de proceso.
- Figura 79.** Distribución de probabilidades *a posteriori* de la mortalidad natural del jurel.
- Figura 80.** Biomasa desovante del jurel para dos escenarios de mortalidad natural.
- Figura 81.** Patrones de explotación de la flota centro sur según escenario; A) caso base #1 y B) caso #14.
- Figura 82.** Biomasa desovante y reclutamientos del jurel ante distintos escenarios de cambio en selectividad.



- Figura 83.** Modelos de las observaciones del proceso espacial en las biomazas estimadas en los cruceros acústicos. Seguido del signo # se indica el escenario considerado.
- Figura 84.** Coeficiente de proporcionalidad del crucero de jurel dentro y fuera de la ZEE.
- Figura 85.** Biomasa desovante y reclutamientos del jurel frente a tres supuestos de la condici3n inicial de la poblaci3n (1975).
- Figura 86.** Biomasa desovante (A) y reclutamientos del jurel (B) ante distintos escenarios de exclusi3n de informaci3n relevante.
- Figura 87.** Biomasa desovante (A) y reclutamientos del jurel (B) ante distintos escenarios de nuevas seÑales de abundancia relativa.
- Figura 88.** Biomasa desovante (A) y reclutamientos del jurel (B) ante distintos escenarios de error de lectura de edad en las matrices de captura.
- Figura 89.** Análisis retrospectivo de la biomasa desovante y reclutamientos del jurel.
- Figura 90.** Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de tallas.
- Figura 91.** Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de tallas de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de tallas.
- Figura 92.** Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de edades.
- Figura 93.** Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de edades de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de edades.
- Figura 94.** Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo U con informaci3n de tallas.



- Figura 95.** Ajuste del modelo agregado a la información de composición de tallas de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo U con información de tallas.
- Figura 96.** Ajuste del modelo a la información de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo U con información de edades.
- Figura 97.** Ajuste del modelo agregado a la información de composición de edades de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo U con información de edades.
- Figura 98.** Abundancia total 2+ del jurel estimadas con distintos modelos o información de estructura de la captura.
- Figura 99.** Reclutamientos del jurel estimados con distintos modelos o información de estructura de la captura.
- Figura 100.** Biomasa total (2+) del jurel estimadas con distintos modelos o información de estructura de la captura.
- Figura 101.** Selectividad de la flota estimadas con distintos modelos o información de estructura de la captura.
- Figura 102.** Mortalidad por pesca 2+ del jurel estimadas con distintos modelos o información de estructura de la captura.
- Figura 103.** Variaciones de la abundancia del stock total (N2+), adulto (N4+) y reclutamiento (R) del jurel para el escenario 1.
- Figura 104.** Variaciones de la biomasa del stock total, desovante y explotable del jurel para el escenario 1.
- Figura 105.** Variaciones de la tasa de explotación sobre el stock total (2+) y adulto (4+) del jurel, según el escenario 1.
- Figura 106.** Variaciones de la tasa de mortalidad por pesca sobre el stock total (2+) y adulto (4+) del jurel, según el escenario 1.
- Figura 107.** Densidad a posteriori de la Biomasa desovante 2008 para tres escenarios analizados.



- Figura 108.** Curvas de producci3n y reducci3n de biomasa desovante de largo plazo del jurel considerando dos escenarios de mortalidad natural. La mortalidad F_{last} considera un promedio del per3odo 2006-2008.
- Figura 109.** Excedentes productivos y desembarques del jurel de acuerdo con el escenario base (#1).
- Figura 110.** Excedentes productivos y desembarques del jurel de acuerdo con el escenario #9.
- Figura 111.** Trayectoria de la raz3n de potencial reproductivo (arriba) y biomasa respecto de la biomasa de equilibrio de largo plazo (abajo) para tres escenarios de evaluaci3n del jurel.
- Figura 112.** Densidad a posteriori del potencial reproductivo (raz3n de potencial) al 2008 para tres escenarios de evaluaci3n del jurel.
- Figura 113.** Evoluci3n de los reclutamientos estimados del jurel, los predichos por el modelo S&R y dos escenarios de reclutas promedios.
- Figura 114.** Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas seg3n reclutamiento promedio de los 5 3ltimos a3os.
- Figura 115.** Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas seg3n reclutamiento promedio de los 20 3ltimos a3os.
- Figura 116.** Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas seg3n reclutamiento modelo Beverton-Holt.
- Figura 117.** Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de tasa de explotaci3n constante seg3n reclutamiento promedio de los 5 3ltimos a3os.
- Figura 118.** Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n seg3n reclutamiento promedio de los 20 3ltimos a3os.



Figura 119. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n seg3n reclutamiento modelo Beverton-Holt.

Figura 120. Desembarques proyectados respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n. Izquierda reclutamiento promedio 5 3ltimos a3os; Derecha, reclutamiento promedio 20 3ltimos a3os.

Figura 121. Desembarques proyectados respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n con reclutamiento tipo Beverton-Holt.



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Capturas de jurel (t) a nivel nacional, internacional (fuera de la ZEE) y sub-regional 1975-2008.
- Tabla 2.** Biomosas acústicas estacionales del jurel estimado en la zona norte de Chile (Fuente: Castillo, 2008).
- Tabla 3.** Biomosas y coeficientes de variaci3n obtenida de los cruceros acústicos realizados por IFOP (1997-2007) (Fuente: C3rdova *et al*, 2008).
- Tabla 4.** Resumen de los cruceros acústicos realizados por INPESCA con operaci3n de la flota (Fuente: Sepúlveda *et al*, 2008).
- Tabla 5.** Resumen de los parámetros reproductivos y biomosas desovantes estimadas a trav3s de cruceros MPH en la zona centro-sur de Chile (Fuente: Sepúlveda *et al*, 2008) (*) Corresponde a un promedio de los ańos 2000-2001.
- Tabla 6.** Principales atributos de los modelos de evaluaci3n de stock del jurel empleados en Chile.
- Tabla 7.** Tamańos de muestra y coeficientes de variaci3n empleados en el modelo base de evaluaci3n de stock del jurel.
- Tabla 8.** Proporci3n de madurez sexual a la talla del jurel.
- Tabla 9.** Capturas de jurel (t) reportadas por buques de banderas extranjeras en aguas adyacentes a la ZEE Chilena entre 2001-2007.
- Tabla 10.** Númerode ejemplares medidos en el muestreo de longitud y biol3gicos del jurel entre 1997 y el 2006 (Fuente: IFOP).
- Tabla 11.** Principales estadísticos de estructura tamańos IFOP e Inpesca (KS: estadístico de Kolmogorov-Smirnov).
- Tabla 12.** Principales estadísticos de estructura tamańos IFOP y flota ex URSS. (KS: estadístico de Kolmogorov-Smirnov).



- Tabla 13.** Captura por unidad de esfuerzo, probabilidad de captura, CPUE corregida y edad media de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1981-2005. Fuente: Canales *et al.* (2008).
- Tabla 14.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas de lectores: otolitos enteros (A) y secciones transversales (B) (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).
- Tabla 15.** Frecuencia de edades de comparaciones pareadas entre lectores: otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 1) (A); otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 2) (B) (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).
- Tabla 16.** Medidas de precisi3n (%) intralector asignando edad a jurel, a trav3s de los m3todos otolito entero y cortes (Fuente: Cubillos *et al.*, 1998).
- Tabla 17.** Medidas de precisi3n (%) entre lectores asignando edad a jurel, a trav3s de los m3todos otolito entero y cortes (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).
- Tabla 18.** Distancia n3cleo-marca hialina promedio de la tercera lectura del lector 1, longitud horquilla retrocalculada y edad equivalente asignada seg3n el radio a la edad comunicada por algunos autores (modificada de Cubillos *et al.*, 1998).
- Tabla 19.** Autores que han estudiado el crecimiento en longitud de jurel en el Pacifico-Sur. Se indica el 3rea cubierta por el estudio y/o de obtenci3n de muestras, y la metodolog3a general. El asterisco destaca los par3metros no comunicados por los autores, pero que fueron estimados a partir de los datos talla-edad disponibles por Cubillos *et al.* (1998).
- Tabla 20.** Comparaci3n de la longitud promedio observada a la edad de jurel en los estudios que fueron seleccionados en el estudio de Cubillos *et al.* (1998).
- Tabla 21.** Estimaciones disponibles para la talla de primera madurez sexual del jurel en diferentes 3reas y periodos.
- Tabla 22.** Resumen de los descriptores estad3sticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo emp3rico de Pauly (1980) y Rickther y Efanov (1976) (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).



- Tabla 23.** Resumen de la estimaci3n de la tasa de mortalidad natural (M) en jurel utilizando un m3todo que compara la distribuci3n de frecuencia de tallas observadas a bordo del B/I Academic Knipovich con la distribuci3n de frecuencia estimada a partir de un modelo cuya estructura toma en cuenta los par3metros de crecimiento, la varianza a la edad, la proporci3n a la edad y un coeficiente de capturabilidad. La comparaci3n se realiza mediante el algoritmo Newton minimizando el estadístico A de Schnute & Fournier (1980) (Fuente: Arcos *et al.* 1998).
- Tabla 24.** Estimaciones de mortalidad natural de jurel seg3n curvas de captura (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).
- Tabla 25.** Inventario de datos del jurel para prop3sitos de evaluaci3n de stock generada en el Taller Internacional de Evaluaci3n de Stock de Jurel (CHJMSAW).
- Tabla 26.** Matriz de control de opciones para los 33 escenarios de evaluaci3n de stock realizados
- Tabla 27.** Desempeño de la evaluaci3n de stock bajo dos hip3tesis de relaciones BD&R y dos hip3tesis de cambios poblacionales m3s recientes, de cambio de distribuci3n y de contracci3n.
- Tabla 28.** Biomasa desovante 2008, reducci3n de la poblaci3n y valor de la funci3n $-\log$ -verosimilitud para distintos escenarios de evaluaci3n de stock
- Tabla 29.** Probabilidad de error de lectura del jurel simulada.
- Tabla 30.** Negativo de log-verosimilitud de las fuentes de informaci3n empleadas en el ajuste de dos modelos agregados independientes con informaci3n de tallas o edades de las capturas.
- Tabla 31.** Indicadores de desempeño de los diferentes escenarios de evaluaci3n de stock del jurel. La mortalidad por pesca se refiere a los individuos completamente reclutados.
- Tabla 32.** Indicadores de la poblaci3n de jurel para el escenario base #1.
- Tabla 33.** Indicadores de la poblaci3n de jurel para el escenario #9.



- Tabla 34.** Biomasa desovante relativa respecto de la biomasa desovante 2008 y de la biomasa desovante virginal, ante distintos escenarios de captura constante.
- Tabla 35.** Biomasa desovante relativa respecto de la biomasa desovante 2008 y de la biomasa desovante virginal, ante distintos escenarios de tasa de explotaci3n constante.
- Tabla 36.** Riesgo de reducir la biomasa desovante en los pr3ximos 5 a1os respecto de niveles de referencia y distintos escenarios de captura constante.
- Tabla 37.** Riesgo de reducir la biomasa desovante en los pr3ximos 5 a1os respecto de niveles de referencia y distintos escenarios de tasa de explotaci3n constante.



1. INTRODUCCI3N

El jurel es uno de los principales recursos pelágicos explotados en Chile y su pesquería representa un porcentaje relevante de los desembarques nacionales. La distribuci3n de esta especie es amplia y transzonal. El modelo de evaluaci3n del stock de jurel a nivel subregional, se basa en la recopilaci3n de fuentes de mortalidad por pesca a través de los desembarques nacionales y la cada vez creciente captura efectuada por una flota internacional.

Un índice dependiente de la flota, la cual ha diversificado su operaci3n según destinos de producci3n, es la captura por unidad de esfuerzo. Del mismo modo, la creciente operaci3n de naves de otras banderas, operando en las zonas adyacentes a las zonas tradicionales de pesca de Chile, demandan una revisi3n más amplia de los indicadores provenientes de las pesquerías. Los indicadores independientes de la pesquería y que permiten como informaci3n auxiliar, calibrar el modelo de evaluaci3n, son la hidroacústica y la cuantificaci3n de la biomasa desovante. Estos indicadores ofrecen limitaciones en cuanto a la magnitud de la poblaci3n que representan y si efectivamente reflejan cambios de abundancia del stock o de fracciones de la poblaci3n.

A través del Fondo de Investigaci3n Pesquera se desarrolló a mediados de los noventa un estudio FIP, tendiente a definir el marco de referencia para la evaluaci3n de este recurso y el análisis de indicadores provenientes de las pesquerías desarrolladas en aguas dentro y fuera de la ZEE. Sin embargo, el desarrollo de nuevos enfoques metodológicos y las actuales herramientas de modelaci3n existentes en grupos de evaluaci3n internacionales, requieren de instancias de actualizaci3n y discusiones metodológicas tendientes a revisar y mejorar el esquema de modelamiento en este recurso.



Por esto nace la necesidad de unir a expertos nacionales e internacionales en un panel de trabajo que permita revisar y perfeccionar el esquema de modelamiento de la dinámica poblacional de este recurso, y así también las fuentes de información e hipótesis de trabajo disponibles.

Debido a que en este recurso se cuenta con un importante número de estimaciones directas de abundancia y biomasa, se tiene además un nivel completo de seguimiento de la pesquería y se han desarrollado diversas formulaciones asociadas a la evaluación indirecta, resulta entonces relevante aunar capacidades con la finalidad de revisar y establecer un marco de trabajo formal que garantice que los procedimientos de evaluación e hipótesis subyacentes al modelo permitan un esquema aceptado de modelamiento por parte de las diferentes instituciones y grupos de modelación, para que contribuya en la administración de esta pesquería tanto en los foros nacionales como internacionales.

En el contexto precitado, el Consejo de Investigación Pesquera, teniendo presente la conveniencia de mantener una línea de investigación aplicada con el objeto de revisar y actualizar los procedimientos de estimación de la abundancia del jurel a nivel nacional e internacional, ha decidido incluir el presente proyecto en el programa de investigación pesquera del año 2007.



2. OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general del proyecto es -diseñar un enfoque metodol3gico de evaluaci3n de stock del recurso jurel a nivel subregional-, para lo cual se han planteado los siguientes objetivos espec3ficos.

Objetivos Espec3ficos

- Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquer3a nacional e internacional de jurel.
- Revisar y analizar los antecedentes e informaci3n biol3gica y oceanogr3fica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la din3mica poblacional del jurel en su rango de distribuci3n geogr3fica en el Pac3fico Sur.
- Formular e implementar un modelo de evaluaci3n del stock de jurel.
- Establecer un diagn3stico del recurso y analizar las consecuencias para la poblaci3n ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca.



3. ANTECEDENTES GENERALES

3.1 Distribuci3n y h3bitat

El jurel chileno (*Trachurus murphyi*), es un recurso de h3bitat ner3tico-oce3nico, que posee una gran distribuci3n en el Pac3fico Suroriental, desde el sur de Ecuador hasta el extremo sur de Chile. Sobrepasa ampliamente las ZEE de Per3 y Chile, lo que le confiere el car3cter de recurso transzonal. Su distribuci3n como especie cruza el Oce3no Pac3fico a lo largo de la convergencia subtropical (app. 40°S), alcanzando hasta aguas de Nueva Zelanda y Tasmania (Evseenko, 1987; Bailey, 1989; Serra, 1991; Elizarov *et al*, 1993; Arcos & Grechina, 1994; Arcos, 1998). El jurel presenta un claro patr3n de movimiento hacia y desde el mar abierto con fines reproductivos y tr3ficos (Serra, 1991; Qui3ones *et al.*, 1997; Sep3lveda *et al.* 2005, 2006), aspectos que lo hace ser muy dependiente del ambiente costero donde aprovecha las principales zonas de surgencia y gradientes t3rmicos para constituir su zona de alimentaci3n de preferencia dentro de la ZEE Chilena, saliendo a desovar a mar abierto durante fines del segundo semestre y se proyecta principalmente en torno a la corriente de deriva del oeste (38° S - 40° S) y sobrepasando los 100°W, zona que concentr3 la operaci3n la flota de la ex URSS, esta (Sokolov & Kuznetsov, 1994; Grechina, 1998). De acuerdo con Serra (1991), la poblaci3n del jurel habr3a expandido su distribuci3n y abundancia en los a3os 70 a trav3s de un proceso de colonizaci3n en torno a la Corriente de Deriva del Oeste. Evidencias de la presencia del jurel en las cercan3as de Nueva Zelanda fueron reportadas a mediados de los a3os ochenta (Evsenko, 1987; Bailey, 1989) y m3s tarde en Tasmania (**Figura 1**).



3.2 Pesquerías y capturas

En el Pacífico Sur Este (FAO Area 87), las capturas del jurel Chileno se inician a mediados de los 70 y han estado sustentadas fundamentalmente por las capturas de Chile, países de la ex Unión Soviética (Ex – URSS) y Perú, las cuales explicaron en conjunto a fines de los 80 cerca de 4 millones de toneladas desembarcadas. Durante todo el período de la pesquería, Chile siempre ha tenido una participación preponderante, llegando a un máximo del 95% a inicios de los 90, período en el cual se obtienen los máximos registros que bordearon las 4,5 millones de toneladas. Existen 4 pesquerías que explotan el jurel frente a Chile: (1) la zona norte donde el jurel es un recurso complementario a la anchoveta y que se extiende desde el límite con el Perú hasta los 24°S, (2) una zona menos importante desarrollada entre Caldera (25°S) y Coquimbo (30°S), (3) la pesquería mas relevante ubicada en la zona centro-sur del País (33°-45°S) y (4) la pesquería internacional desarrollada frente a la zona centro sur fuera de la ZEE que se extiende hasta los 120°W (**Figura 2**).

En Chile, la captura total de jurel presentó una tendencia creciente desde el principio de la pesquería y hasta el año 1995 (**Figura 3**). En un comienzo, la pesquería más importante considerando la magnitud de los desembarques fue la de la zona norte; posteriormente, entre 1982 y 1985 las mayores capturas fueron obtenidas por la pesquería internacional que se desarrolló entre 1978 y 1992 en la zona adyacente a la ZEE de Chile y estuvo constituida principalmente por flotas de países de la ex - Unión Soviética. Mas tarde y sólo desde la mitad de la década 1980 la pesquería de la zona centro sur se constituyó en la principal explicada principalmente por las mayores concentraciones de biomاسas en la zona principal de desove. Las capturas de jurel disminuyen en 1996 y de manera pronunciada entre 1997 y 1999, debido a la aplicación de regulaciones a la pesca (Vedas y Pescas de Investigación) por la situación de crisis de la pesquería producto de la



sobreexplotaci3n del recurso. Las capturas totales registradas en 1999 y 2000 fueron del orden de 1.2 millones de toneladas, cifra que representa un 29% de la captura m3xima de 4.2 millones de toneladas registradas en 1995.

La estabilizaci3n del nivel de las capturas a nivel nacional desde el 2001 se explica por las cuotas fijadas y la entrada en vigencia de la ley que fija Lmites M3ximos de Captura por Armador. Para ese a3o se fij3 una cuota de captura de 1,544 millones de t; para el a3o 2002 de 1,65 millones de toneladas; para el a3o 2003 y 2004 de 1,475 millones de t; para el 2005 de 1,484 millones de t; para el 2006 de 1,4 millones de t; y para el 2007 y 2008 de 1,6 millones de t, cifras que incluyen captura industrial, artesanal y pesca de investigaci3n pero no consideran la fracci3n sobre el stock capturada por las flotas internacionales (**Figura 3**).

3.3 Evoluci3n del esfuerzo de pesca nominal

La flota nacional ha tenido importantes variaciones en cuanto a su tama3o y tecnolog3a, esto muy asociado con el desarrollo de la pesquer3a del jurel y de las pesquer3as objetivo locales. En t3rminos generales, en Chile se advirti3 un importante crecimiento de la flota cerquera desde mediados de los setenta hasta fines de los ochenta en el norte, y mediados de los noventa en la zona centro-sur. Luego, se ha observado la sustituci3n de buques por otros de mayores TRG.

En el norte de Chile y desde mediados de los setentas, la evoluci3n de la flota y la pesquer3a estuvo muy ligada a los cambios de abundancia de la sardina hasta mediados de los ochentas y luego por la anchoveta desde fines de los ochentas hasta el presente. Estos cambios en la especie objetivo de la pesquer3a, que obedecieron a cambios de abundancia de largo plazo de estos recursos, han tenido efecto en el tama3o de la flota, de los barcos, as3 como tambi3n cambios en los sistemas de pesca y en las redes (**Figura 4**). En este sentido y dado que el



jurel ha sido una especie complementaria, es posible que los cambios en los artes de pesca a mediados de los ochentas influyeran también en la caída de sus desembarques.

La situación en la pesquería de la zona centro ha sido diferente. La mayor abundancia de jurel en esta zona focalizó la transformación experimentada por la flota, lo que se produjo desde principios de la década 1980. Esto significó el ingreso de barcos más grandes y más equipados, con la autonomía suficiente para llegar más allá de la ZEE. Sin embargo, esta flota sufre un importante ajuste en cuanto a su tamaño, registrándose su decrecimiento desde 1997 como consecuencia de la crisis que se desencadena desde este año en la pesquería y de las regulaciones a la pesca antes mencionadas.

En efecto, a partir de 1997 se produce un fuerte cambio en el régimen operacional de la flota de cerco industrial entre la III y X Región, debido a la aplicación de vedas biológicas a la pesquería de jurel, regulación del esfuerzo a través del mecanismo de las pescas de investigación y en especial desde el 2001 con el establecimiento de “límites máximo de captura por armador”. Estos cambios, tienen efecto directo en el desarrollo de la operación de pesca y por consiguiente en el esfuerzo de pesca.

Desde 1997 al 2000 la pesquería de jurel en la Zona Centro – Sur estuvo regulada por vedas biológicas (de reclutamiento y reproductivas) y en 1999 se aplica una cuota global de captura, acordada con la industria. La captura de jurel fue sólo posible a través de “pescas de investigación”, acordándose cantidades de captura por armador o por empresa. Asimismo, durante el período de veda se autorizó a embarcaciones predeterminadas la extracción de jurel sólo para la elaboración de productos de consumo humano directo, “asignando” cuotas diarias y semanales por planta de proceso. Debido a la aplicación de estas regulaciones pesqueras sólo una fracción de las embarcaciones industriales (flota de consumo humano y



pesquería de peces pelágicos pequeños) operó en forma continua. Las embarcaciones restantes ajustaron su operaci3n a los períodos autorizados (pescas de investigaci3n, períodos de veda, etc.), siendo por consiguiente variable la operaci3n de la flota; en ciertos meses operó un alto número de unidades y en otros sólo una fracci3n pequeña. De esta forma, el fuerte descenso en los niveles de desembarque del jurel y el establecimiento de nuevas se tradujo en la fusi3n de empresas, cierre de plantas (principalmente en el puerto de San Antonio), fusi3n de armadores y la salida de la mayoría de las embarcaciones de menor tamaño (menores de 500 m³ de capacidad de bodega)

Como consecuencia del establecimiento de “límites máximos de captura por armador” (LMCA) los armadores modificaron su esquema de operaci3n para maximizar los beneficios económicos con las cuotas asignadas por mes. Este nuevo enfoque ha incidido en una operaci3n más ordenada, desembarques de mejor calidad, reducci3n en el esfuerzo de pesca, optimizándose la operaci3n de las embarcaciones y en general la reorganizaci3n de las industrias pesqueras pelágicas.

A nivel nominativo, todos los factores antes mencionados se reflejan en el total de viajes desplegados sobre el jurel y en la probabilidad de éxito de pesca, indicadores que se muestran en la **Figura 5**. El período que mayormente interesa es desde 1990 en adelante. Se observa que el esfuerzo disminuye, primero por expansi3n del área de la pesquería y desde 1998 por efecto de las regulaciones y la diversificaci3n del destino de la captura. La probabilidad de éxito de pesca aumenta desde el año 1999 de manera importante por efecto de la optimizaci3n en el régimen de operaci3n de la flota, lo cual a su vez introduce un elemento de distorsi3n a la interpretaci3n que se le otorga a la seña de CPUE a partir de ese año.



4. METODOLOGÍA

Los objetivos específicos del proyecto se relacionan en su mayoría con el proceso estándar de una evaluación de stock en cuanto a: (1) Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquería nacional e internacional de jurel; (2) Revisar y analizar los antecedentes e información biológica y oceanográfica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la dinámica poblacional del jurel en su rango de distribución geográfica en el Pacífico Sur; (3) Formular e implementar un modelo de evaluación del stock de jurel y; (4) Establecer un diagnóstico del recurso y analizar las consecuencias para la población ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca.

Para estos efectos, los dos primeros objetivos consideraron la preparación de documentos de síntesis basados en trabajos nacionales e internacionales previamente publicados sobre el jurel, los que desarrollados en talleres de trabajo y tareas intersesionales, permitieron generar documentos de trabajo para importantes talleres, como el desarrollado por FAO en el marco de la Organización Regional de Pesca del Pacífico Sur, y el mismo desarrollado en IFOP de Evaluación de Stock con expertos de fama mundial. En este último taller se realizó parte importante del tercer objetivo y el cuarto fue terminado como parte de tarea intersesional.

A continuación se detallan los elementos metodológicos más importantes empleados en este proyecto



4.1 OBJETIVO No 1. “Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquería nacional e internacional de jurel”

Este objetivo consideró la revisión y crítica de las distintas piezas de informaci3n empleadas en un proceso de evaluaci3n de stock como son: Series de desembarques por pesquería; Series de composiciones de edad y tamaños de las capturas; Series de Captura por Unidad de Esfuerzo; Series de Cruceros Hidroacústicos y Series de Cruceros de huevos y larvas. Adem3s de esto, se revisaron y analizaron los parámetros biol3gicos fundamentales como son la mortalidad natural, el crecimiento y los aspectos reproductivos.

4.1.1 Series de desembarques por pesquería

En este trabajo se habla indistintamente de capturas o desembarques en alusi3n a este último concepto, esto debido a que no se dispone de antecedentes cuantificables de subreporte o descarte. Si embargo, en el análisis de evaluaci3n de stock se incorpora un escenario asociado al probable subreporte de jurel asociado a la caballa. En lo que se refiere a descarte, de existir en forma importante para individuos bajo la talla mínima legal (21 cm LH) equivalente a reclutas de 2 años de edad, se supone incorporado en el proceso estocástico referido a las estimaciones de reclutamientos, es decir, a mayor descarte menor fuerza del reclutamiento.

Los desembarques del jurel que fueron considerados corresponden a la serie 1975-2008 (preliminar) desagregados por pesquería norte, centro-sur e internacional. Para los años 2002 a 2008 se consideraron las cifras oficiales entregadas por SERNAPESCA; para los años anteriores se utiliza las estadísticas colectadas por IFOP, puesto que se considera esta informaci3n como la más



completa y fidedigna (**Tabla 1**). El cambio de fuente se explica porque desde el 2002 existe un proceso de certificación de los desembarques de jurel para el control de la cuota, lo que da garantía sobre la calidad de estas estadísticas y que son las oficiales de Chile. Por su parte, las estimaciones de capturas en aguas internacionales para la década de los ochentas corresponden a estadísticas proporcionadas por VNIRO respecto de su operación en la Sub-división sur del pacífico Sur, en tanto que las estadísticas de capturas internacionales en los años mas recientes (desde el 2001) fue actualizada con información proporcionada durante la reunión del Grupo de Datos e Información realizada en Canberra en septiembre del 2008. Incluye la información de Vanuatu para el 2007, capturas rusas no reportadas antes y en general se completan y ajustan cifras en varios países.

4.1.2 Composición de edades y tallas de los desembarques

Existe un monitoreo de la actividad extractiva a nivel nacional que ha realizado IFOP desde inicios de la década de los 70', lo que ha permitido recabar valiosa información de los atributos poblacionales del jurel. La base de datos considerada se refiere en su inmensa mayoría a individuos medidos en los desembarques.

Un elemento importante es la composición de tamaños que por una parte, permite una temprana comprensión de variaciones estructurales en la población, establecer los procesos de historia de vida como el reclutamiento y por otra, la elaboración de composiciones de edad de las capturas vía su integración en las claves edad-talla para entender la fortaleza y aportes del paso de la cohortes a través del tiempo. Bernal *et al* (2008) describe el proceso de recopilación de información, indicando que el monitoreo y recolección de muestras de la actividad pesquera se desarrolla en los principales puertos y zonas de pesca desde el límite norte de Chile hasta los 43°30'S. Los principales puertos en la zona norte son:



Arica, Iquique, Tocopilla, Mejillones, Caldera y Coquimbo, y en la zona centro sur son: San Antonio, Talcahuano, San Vicente, Coronel, Tom3 y Corral.

Los autores se~alan que el muestreo de los ejemplares de jurel se realiza tanto en tierra como a bordo. Para efectos operativos, se selecciona una nave a muestrear y se registra toda la informaci3n operacional y de captura. De este se realiza el muestreo de longitud, consistente en la elecci3n aleatoria de individuos a los cuales se mide longitud horquilla y se registra el estado de madurez. En tierra tambi3n se realiza un muestreo denominado “muestreo biol3gico”, que corresponde a una muestra estratificada en tallas en el cual se mide la longitud horquilla, sexo, peso total, peso eviscerado y peso de las g3nadas. Junto a estas variables se colectan otolitos y est3magos (estos 3ltimos s3lo a bordo y en la zona norte de Chile). Cabe se~alar, que el esfuerzo de muestreo se encuentra orientado a lograr una adecuada representaci3n de la estructura mensual de tallas por zona de jurel considerando los tama~os de muestra establecidos por Young et. al (2001). La medici3n de la longitud del pez utilizada corresponde a la longitud horquilla y es registrada con un icti3metro con precisi3n de 1 cm., considerando para estos efectos la aproximaci3n al entero m3s cercano seg3n el siguiente ejemplo: rango observado: 10.50 – 11.49 cm; longitud registrada: 11 cm.

Para tales prop3sitos, IFOP dispone de un equipo de observadores cient3ficos (muestreadores) cuyo n3mero es proporcional a la importancia del desembarque y al tama~o de muestra establecido. Las muestras en tierra son tomadas en forma diaria en los sitios de descarga de los principales puertos, las que en base mensual siguen un dise~o estad3stico estratificado bi-et3pico cuya primera etapa corresponde al viaje de pesca y la segunda a los ejemplares. Por su parte, a bordo se aplica un dise~o de muestreo tri-et3pico, donde la primera etapa corresponde a los viajes de pesca, la segunda a los lances y la tercera etapa, la muestra de individuos.



a) Composiciones de tama1os

Para los muestreos de longitud se seleccionan aleatoriamente 20 viajes mensuales por zona de pesca. Para cada evento de muestreo de longitud en tierra, se consideran entre 80 y 100 ejemplares por recalada, y a bordo entre 100 a 130 ejemplares por cada lance. El muestreo biol3gico considera entre 80 y 100 ejemplares por recalada, en tanto que el de otolitos considera por puerto 12 pares mensuales por intervalo de tallas. La unidad b1sica de recolecci3n de muestras es una caja de 25 kg la cual se completa aleatoriamente de acuerdo a la talla de los ejemplares en el lugar de la descarga. El cumplimiento de los tama1os de muestra est1 sujeto a los niveles de desembarque de la flota, la cual en ciertos periodos del a1o, son bastante bajos, debido a la estacionalidad de la pesquer1a, disponibilidad del recurso, condiciones clim1ticas o alejamiento del recurso por razones reproductivas. La composici3n de tallas agregada a nivel mensual se construye a partir del muestreo de los viajes. El estimador es el siguiente:

$$\hat{p}_{hk} = \sum_{i=1}^{n_h} \frac{y_{hi}}{y_h} \cdot \hat{p}_{hik}$$

$$\hat{p}_{hik} = \frac{n_{hik}^*}{\sum_k n_{hik}^*}$$

Donde i es el viaje, y es la captura del viaje, h es el estrato (zona y mes), k es el estrato de tama1os, n^* es el n1mero de ejemplares de la muestra y p_k es la proporci3n de individuos en el estrato de tallas k . Posteriormente las estructuras mensuales en n1mero son agregadas por zona y macrozonas, a partir de las cuales se obtiene la composici3n anual.



b) Composiciones de edades

Ojeda *et al* (2008) describieron la metodología empleada por IFOP para la determinación de la edad del jurel en Chile, destacando que este trabajo ha sido desarrollado en diversas pesquerías Chilenas desde fines de los 60. Actualmente, el procedimiento de lectura de edad está siendo acreditado bajo la norma NCh ISO 17025. Particularmente en el jurel, las composiciones de edad en las capturas han sido un elemento relevante para la comprensión indirecta de los cambios ocurridos en la población. Lecturas confiables de edad se disponen desde inicios de los años setenta, las cuales han sido empleadas para la elaboración de claves talla-edad y la elaboración de matrices de captura a la edad por zona, las que son datos de entrada al proceso de evaluación de stock.

En relación con el procedimiento que sigue a la elaboración de claves talla-edad, Ojeda *et al* (2008) indica que a partir del programa anual de monitoreo de la pesquería del jurel, se recopilan mensualmente pares de otolitos *saggita* en 3 zonas principales (Bocic *et al.*,2000) y que corresponden a: zona 1: Arica (18°30'S) – Antofagasta (24°S); Zona 2: Caldera(25°S)-Coquimbo (29°S); y Zona 3: San Antonio(34°S) –Valdivia (40°S) y son agrupados en trimestres.

La selección de muestras se basa en técnicas de muestreo doble (Kimura, 1977). La primera etapa considera a un muestreo aleatorio simple para muestras de longitud. La segunda etapa considera un muestreo aleatorio estratificado por clases de longitud con submuestreo para edad proporcional con la composición de tallas de las capturas. Considerando el análisis estadístico realizado por Robotham *et al.*, 2006, se eligen 300 otolitos por estrato zona – trimestre. Para la determinación de la edad se emplea otolitos enteros seccionados transversalmente, donde el par de otolito se sumerge en aceite transparente dentro de una cápsula Petri (con fondo negro). Para



peces de longitud mayor o igual a 45 cm, en los 3ltimos a3os se ha analizado el otolito derecho, seccion3ndolo, puli3ndolo y tost3ndolo transversalmente para lograr una mayor alternancia de anillos y facilitar as3 su lectura. (**Figura 6**). Despu3s de le3dos, los otolitos son almacenados para futuros an3lisis

La lectura de los *annuli* (anillos con periodicidad anual) de los otolitos es empleado para estimar la edad, pero su correcta interpretaci3n no es trivial y puede resultar con errores. Para estos fines, en la validaci3n de la edad se emplean t3cnicas de ^{14}C basadas en la bomba de radiocarbono. El ^{14}C se almacen3 en los n3cleos de los otolitos a fines de los 50's permitiendo relacionar estos 3ndices de concentraci3n a los encontrados en las muestras que se desea estudiar (Kalish, 1993 fide Campana, 2001, Campana, 1997, Campana y Jones, 1998, Campana, 2001). Esta actividad fue realizada con el "Otolith Research Laboratory" (ORL), Bedford Institute of Oceanography, Canad3. La edad estimada con el m3todo de lectura tradicional fue comparada con la dataci3n por bomba radiocarbono y validando el crecimiento reportado por IFOP.

En relaci3n con la precisi3n en las lecturas de edad, Ojeda *et al* (2008) indica que entre los m3todos se emplea el propuesto por Beamish y Fournier (1981), mediante un estimador de error promedio:

$$APE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

donde,

- N = son los peces que se les asign3 edad;
- R = es el n3mero de veces que fue le3da la muestra;
- X_{ij} = es la i-3sima determinaci3n de edad del j-3simo pez;
- X_j = es la edad promedio calculada para el j-3simo pez;



y otro es un 3ndice de precisi3n (Chang 1982) basado el en coeficiente de variaci3n (V)

$$D = \frac{100}{N} \cdot \sum_{j=1}^N \frac{V}{\sqrt{R}} = \frac{100}{N} * \sum_{j=1}^N \frac{1}{\sqrt{R}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

En relaci3n con la elaboraci3n de las Claves edad – talla, cabe indicar que estas son matrices que permiten clasificar los individuos seg3n su grupo de edad (GE), y calcular adem3s la probabilidad de pertenencia para los diferentes estratos. Representan a unidades b3sicas de integraci3n de la informaci3n a nivel temporal (mes) y espacial (zonas). Un grupo de edad comprende a todos los peces nacidos en un mismo a3o (clase anual) .El n3mero entero de a3os se basa en el n3mero de anillos observados en la estructura, el tipo de borde y la 3poca del a3o en que se obtuvo la muestra. La fecha arbitraria de nacimiento es el primero de enero. La clave edad - talla, cuenta con la clasificaci3n de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y de ello se estima cada probabilidad seg3n:

$$q_{rk} = n_{irk} / n_k$$

donde:

- r = grupo de edad
- k = longitud total del pez
- q_{rk} = probabilidad de los individuos de longitud "k" de pertenecer a un GE dado
- n_{rk} = n3mero de individuos de edad "r" con longitud "k"
- n_k = n3mero total de individuos de longitud k.



El procedimiento descrito antes ha permitido generar composiciones de edad de las capturas por zona desde 1975. Estas han sido elaboradas considerando que los individuos presentes en cada intervalo de longitud (X_k), se asignan a las diferentes edades segun una clave talla - edad. El numero de individuos perteneciente a cada GE segun intervalo de talla sera estimado como:

$$\hat{X}_{rk} = q_{rk} \hat{X}_k$$
$$\hat{X}_r = \sum_{k=1}^{k=r} \hat{X}_{rk}$$

donde:

- X_k = numero estimado de individuos a la longitud k
- X_{rk} = numero estimado de longitud k que pertenecen a la edad r
- X_r = numero estimado de individuos a la edad r .
- q_{rk} = proporci3n de ejemplares de longitud k pertenecientes a la edad r

Otro elemento importante es la estimaci3n de los pesos promedios por grupos de edad que se realiza a partir de la longitud promedio, lo cual tiene un sesgo sistemático para cada longitud promedio dada. Este sesgo se incrementa con la variabilidad en la longitud de los peces en la muestra (Ricker, 1958). Pienaar & Ricker (1968) abordaron este tema presentando un método que permite corregir en forma significativa este sesgo. Suponiendo que la longitud es una variable aleatoria normal con media μ y varianza σ^2 , $L \sim N(\mu, \sigma^2)$, el valor esperado de funci3n de W , $\Psi(L)$, se estima mediante el Método Delta (Wolter, 1985) como:

$$E(W) = a(\mu^b + a_1 \mu^{b-2} \sigma^2 + a_2 \mu^{b-4} \sigma^4 + a_3 \mu^{b-6} \sigma^6 + \dots)$$

Donde a y b son los parámetros de la funci3n talla-peso.



Finalmente y en relaci3n al crecimiento del jurel, diversos autores han reportado estimados de par3metros de crecimiento para este recurso, destac3ndose el trabajo de Gili *et al.* (1996) quien para la zona centro-sur de Chile y en base a una muestra de 2.896 otolitos enteros, identific3 a lo menos 12 grupos de edades presentes de manera representativas en las capturas, y cuyo crecimiento fu3 ajustado al modelo de Von Bertalanfy de acuerdo con los siguientes par3metros: $L_{\infty} = 70,8$ cm; $K = 0,094$; $t_0 = -0,896$ a1os.

4.1.3 Principales par3metros biol3gicos del jurel

En la literatura existe una gran cantidad de antecedentes sobre la edad y crecimiento de jurel, particularmente chilena y rusa, y que ha sido revisada por Cubillos y Arancibia (1995), Cubillos *et al.* (1998), y Cubillos y Grechina (1998). Se observan notables diferencias en los par3metros de crecimiento, lo que la parecer se debe a: (i) errores en la interpretaci3n de la estructura anular de los otolitos *sagittae* y en la determinaci3n de la edad; (ii) errores en los conceptos de edad y grupos de edad, (iii) errores en la aplicaci3n del m3todo de retroc3culo (Francis 1990, Araya y Cubillos 2000), y por 3ltimo (iv), el grado de reproducibilidad y validaci3n de la edad no ha sido documentada en muchos de los estudios. Por otra parte, tal y como lo plantean Cubillos y Grechina (1998), en algunos casos se ha analizado solo una fracci3n reducida de tallas y edades, con muestras locales y no representativas de la poblaci3n.

Se destaca que la problem3tica de la edad y crecimiento fue abordada por Cubillos *et al.* (1998) en un estudio del Fondo de Investigaci3n Pesquera (FIP 1995-10, <http://www.fip.cl/pdf/informes/IT%2095-10.pdf>), donde se realiz3 un experimento de verificaci3n de la edad en otolitos enteros y cortados. En este informe se resumen tales hallazgos y que puede ser de utilidad en un contexto de la evaluaci3n de stock, al incorporar la incertidumbre en la determinaci3n de la



edad. Asimismo, en dicho estudio se realiz3 un experimento de lectura de todas las marcas hialinas (no necesariamente anuales) en otolitos enteros, y se midi3 la distancia n3cleo-marcha hialina con el objeto de comparar el radio promedio de los anillos anuales documentados en algunos estudios de edad. Esta informaci3n, permiti3 visualizar en que segmento del otolito de jurel se produce la mayor incertidumbre en la determinaci3n de la edad.

En este trabajo se compara los par3metros de crecimiento en longitud de los estudios que han demostrado ser m3s m3s rigurosos, y con el de otros representantes del g3nero *Trachurus*. Se revisa las estimaciones de mortalidad natural disponibles con curva de captura y m3todos emp3ricos, y se resume las estimaciones de talla media de madurez sexual.

a) Estudio de la edad de jurel

En Cubillos *et al.* (1998) se documenta un experimento de verificaci3n en la determinaci3n de la edad de jurel en otolitos enteros y cortes transversales. Los objetivos de esta experiencia fueron: a) verificar la interpretaci3n de la edad de jurel determinada mediante la t3cnica tradicional de lectura de anillos macroestructurales de crecimiento en el otolito entero, confrontada con el m3todo de lectura de anillos en secciones transversales de otolitos, y b) establecer el grado de consistencia y de precisi3n que existe en los resultados obtenidos entre e intra-lector y entre m3todos. En la experiencia se utiliz3 una muestra de otolitos de 55 ejemplares, los cuales fueron le3dos independientemente por dos lectores experimentados, uno de ellos especializados en otolitos de jurel y uno que no ten3a experiencia previa en esta especie, aunque experimentado en leer otolitos de otras especies, el cual recib3 un adiestramiento previo. Cada lector examin3 la misma estructura, efectuando tres r3plicas con un desfase de tiempo razonable. Posteriormente los otolitos fueron seccionados y le3dos nuevamente por los



lectores, replicando tres veces las lecturas. En total se realizaron 660 lecturas (55 peces por 2 m3todos por 2 lectores por 3 lecturas).

El an3lisis estadístico se basa en el supuesto de que las repeticiones de las lecturas son estadísticamente independientes, esto significa que cada lector no tuvo conocimiento del resultado del otro lector, ni de sus lecturas anteriores. Se analiza el sesgo confrontando cada lector, y teniendo como referencia al lector 1 que fue el m3s experimentado. La precisi3n se analiza con el Error Porcentual Absoluto (APE, Beamish y Fournier 1981) y el Coeficiente de Variaci3n (CV, Chang 1982).

En Cubillos *et al.* (1998), se documenta este an3lisis para jurel y consiste en identificar los probables anillos verdaderos para comparar las lecturas macroestructurales de los estudios previos. Se identific3 todas las marcas hialinas con característicasy tal que podrían ser interpretadas como anillos anuales. Las lecturas de marcas hialinas se realizaron en los otolitos enteros, por la cara externa, hidratados previamente en agua destilada por una hora, y luego sumergidos en alcohol 95° sobre un portaobjetos c3ncavo, observ3ndolos con luz reflejada sobre fondo oscuro. Se realizaron tres lecturas ciegas por un mismo lector, y se midi3 la distancia entre el n3cleo y el borde de la marca hialina.

b) Crecimiento

Se asume es descrito mediante el modelo general de crecimiento de von Bertalanffy, i.e.

$$L_t = L_\infty [1 - \exp(-K(t - t_0))]$$

Donde L_t es la longitud horquilla (LH, cm) a la edad t (años), L_∞ es la longitud asint3tica (cm), K es el coeficiente de crecimiento (año^{-1}), y t_0 es la edad hipot3tica del pez (años) cuando su longitud es cero.



Se utiliz3 los par3metros de crecimiento de jurel que fueron compilados por Cubillos *et al* (1998), y se compar3 mediante el 3ndice del desempe1o del crecimiento de Pauly y Munro (1984), i.e.

$$\phi' = \log_{10}(K) + 2\log_{10}(L_{\infty})$$

donde ϕ' es el 3ndice de crecimiento efectivo; K , L_{∞} son los par3metros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy. Para validar el crecimiento, se utiliz3 los par3metros de crecimiento que describen la talla media en la composici3n por tallas de las capturas y que fue obtenida mediante la aplicaci3n de MIX (MacDonald *et al.* 1979) por Arcos *et al.* (1998) (estudio FIP 95-09, <http://www.fip.cl/pdf/informes/IT%2095-09.pdf>). Como tal, dichas estimaciones responden m3s bien a una correlaci3n estadística entre K y L_{∞} , y se utiliz3 para obtener un valor promedio del 3ndice de desempe1o del crecimiento. Este valor, junto a un estimado de la mediana de la longitud asint3tica, permiti3 estimar K , i.e.

$$\log_{10}(K) = \bar{\phi}' - 2\log(L_{\infty})$$

c) Talla media de madurez

La talla media de primera madurez sexual se compil3 de la literatura disponible. Se resume en una tabla con breves comentarios respecto del proceso de estimaci3n y el concepto usado por los autores; esto es, si se trata de un estimado de una ojiva de madurez sexual logística (criterio 50%), longitud m3s peque1a de una hembra madura detectada en las muestras, incremento del 3ndice gonadosomático entre tallas consecutivas, y si la madurez fue macrosc3pica o histol3gica.



d) Mortalidad natural

Se revisa las estimaciones de Cubillos *et al* (1998) y Arcos *et al.* (1998), y que dicen relación con el análisis de una curva de captura de jurel y que consiste en datos del B/I Academic Knipovich que operó en aguas sobre la plataforma continental frente a Valdivia en 1973. Aunque la estructura de tallas no cumple con los criterios de una población en estado estacionario, y probablemente refleja la disponibilidad de jurel, el tamaño de jurel que se comunica cobra importancia. A su vez, se comunica los resultados de la aplicación del modelo empírico de Pauly (1980) y de Rickther y Efanov (1976). El primero relaciona indirectamente la mortalidad natural con longevidad del recurso, mientras que el segundo modelo emplea la edad de madurez sexual.

4.1.4 Series de Captura por Unidad de Esfuerzo

a) CPUE centro sur

En general para pesquerías pelágicas la serie de CPUE es poco informativa y difícil de interpretar en cuanto a indicadores de abundancia o disponibilidad. Existe un trabajo realizado por Caballero y Aranís (2005) que ha sido empleado como referente y que en este estudio fue re-considerada como indicador de abundancia.

Al respecto, cabe señalar que Caballero y Aranís (op cit) analizaron los registros diarios de bitácoras de pesca (IFOP) de la flota cerquera industrial en la Zona Centro-Sur de Chile entre los años 1981 y el 2005. El área de estudio abarcó desde la V a la X Región y fue estratificada en tres macro-zonas: San Antonio (32°10'00"-34°49'59"S), Talcahuano (34°50'00"-38°29'59"S) y Valdivia (38°30'00"-41°39'59"S). Por su parte, la flota fue agrupada en diez estratos 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.

La CPUE expresa el cociente entre la captura en toneladas (t), y el esfuerzo medido como viajes con captura. Para el modelamiento de la CPUE, Caballero y Aranís (*op cit*) consideraron como factores: el a3o (desde 1981 al 2005), el mes (enero a diciembre), la zona de pesca y el rango de bodega. En la modelaci3n de las tasas de captura (x) se utiliz3 una distribuci3n gamma con una funci3n de enlace Log, siguiendo la aproximaci3n de St3fansson (1996), sobre la base del ploteo previo de la distribuci3n de frecuencias de las mismas y la comprobaci3n estadística de proporcionalidad entre la varianza y la media del índice (log var (t/vcp) v/s log media (t/vcp)).

La funci3n de densidad gamma es expresada dentro del GLM en t3rminos de una media (μ) y del parámetro V que determina la forma de la distribuci3n. Este último, asumido constante para toda observaci3n, es equivalente a S^{-2} , donde S es el coeficiente de variaci3n. La varianza gamma $V(\mu) = \mu^2/V$, y una funci3n de enlace log fue utilizada para relacionar las tasas de captura esperadas con los predictores. Por otra parte, en la modelaci3n inicial se introdujeron los siguientes predictores o variables independientes: a3o (a3o: 1981 al 2003); mes (mes: enero a diciembre); zona de pesca (zona: San Antonio (6), Talcahuano (7), Valdivia (8) y Chilo3 (9)) y rango de bodega. La funci3n de distribuci3n acumulada de la tasa de captura (x), est3 dada por:

$$\Pr\{X \leq x\} = (1 - p) + p * G(x), \quad x > 0$$

donde G(x) es una distribuci3n continua que describe los valores positivos; p es la probabilidad que la embarcaci3n registre captura, es decir, una captura no-cero o exitosa, independiente de su magnitud. Los valores positivos tienen por tanto dos



componentes: i) la probabilidad ajustada a valores no-cero (p) y ii) la tasa de captura esperada (μ), los cuales son modelados y ajustados a trav3s de GLM en forma separada, para luego integrarlas en un modelo mixto. La CPUE es modelada de la siguiente forma

$$\ln(CPUE)_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + t_l + \varepsilon_{i,j,k,l}$$

Donde μ es el intercepto, α_i el factor a3o, β_j el factor mes, γ_k el factor zona, t_l el factor rango de bodega y $\varepsilon_{i,j,k,l}$ el componente de error aleatorio. Como una forma de incorporar los viajes sin capturas, estos autores modelaron de forma independiente la probabilidad de 3xito de captura (p) que corresponde al cociente entre los viajes con capturas no-cero y los viajes totales orientados al jurel. La funci3n de enlace Logit es utilizada para relacionar (p) con los factores o predictores. Al respecto, al igual que el a3o anterior, se efectu3 un filtro de los viajes sin pesca totales de la flota industrial, considerando en la modelaci3n s3lo aquellos viajes correspondientes a las embarcaciones que efectivamente capturaron el recurso jurel en determinado a3o y mes. En consecuencia, se excluyeron los viajes sin pesca (nulos) de los barcos que operaron, pero que capturaron otros recursos y no jurel (por ejemplo sardina com3n, anchoveta, merluza de cola o caballa). De este modo, se obtienen los viajes sin pesca filtrados (vsp^*), los que en conjunto con los viajes con pesca (vcp), permiten la modelaci3n de p y la obtenci3n de los viajes totales filtrados ($vt^*=vcp+vsp^*$). El modelo de regresi3n utilizado para la probabilidad de 3xito de captura (p) es el siguiente:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right)_{i,j,k,l} = \mu' + \alpha'_i + \beta'_j + \gamma'_k + t'_l + \varepsilon'_{i,j,k,l}$$



Donde μ' es el intercepto, α'_i el factor a1o, β'_j el factor mes, γ'_k el factor zona, t'_i el factor rango de bodega y $\varepsilon'_{i,j,k,l}$ el componente de error aleatorio. De esta forma, el valor anual de la CPUE medida en toneladas/viajes totales corresponde al producto:

$$CPUE_i = \exp(\mu + \alpha_i + 0,5\sigma^2) \hat{p}_i$$

Alternativamente en este trabajo se prob3 "p" como indicador de eficiencia, en cuanto a que un indicador de abundancia podr3a corresponder a la correcci3n de la CPUE por el factor de eficiencia, es decir, el cociente entre la CPUE medida en toneladas/viajes positivos y la probabilidad o 3xito de captura:

$$CPUE_i' = \frac{\exp(\mu + \alpha_i + 0,5\sigma^2)}{\hat{p}_i}$$

El supuesto que aqu3 subyace es que el aumento de CPUE de los viajes con pesca puede estar influenciado por cambios en la eficiencia de la flota y capturabilidad del recurso, particularmente en los 3ltimos a1os, medida que estima podr3a quedar representada indirectamente por el 3xito de captura (p).

b) CPUE flotas internacionales

Existe informaci3n de CPUE estandarizada de buques que han operado en aguas internacionales y que no han sido empleadas hasta ahora en la evaluaci3n de stock del jurel. La primera de ellas proviene de la flota de la Ex Uni3n Sovi3tica durante los a1os ochentas y m3s recientemente, la flota de la rep3blica popular China desde el a1o 2000 al 2007 (Zhang *et al.*, 2008).



4.1.5 Series de biomasa hidrocústicas

Las series de biomasa estimadas por hidrocústica han sido determinantes en el proceso de evaluaci3n de stock llevado a cabo en Chile, tanto por IFOP como por INPESCA. En este sentido, se disponen de series de biomasa "acústicas" tanto en la zona norte como en el centro-sur del paí, siendo esta última la que ha sido empleada como índice de abundancia relativa en el proceso de evaluaci3n de stock.

a) Zona norte de Chile

En 1981, IFOP comenz3 un programa estacional acústico orientado para determinar la biomasa del jurel dentro de ZEE en la zona del norte de Chile. Este programa fue detenido en 1995 y reactivado el 2006. Estos resultados han permitido saber la variabilidad estacional en la biomasa del jurel situada en el norte de Chile y de los cambios de largo plazo. Tambi3n, han permitido saber la distribuci3n de la biomasa y su proyecci3n al sur.

De acuerdo con Castillo (2008), entre 1981 y 1995 se llevaron a cabo 36 cruceros acústicos que cubrieron el área delimitada entre los 18°21' y 30°S dentro de ZEE. Los buques utilizados fueron el B/I "Itzumí" (1984), B/I "Carlos Porter" (1985-1995). Los datos acústicos fueron recogidos considerando como unidad básica de muestreo un área de 1 mn² en base a transectas diurnas y perpendiculares a la costa. Entre 1981 y 1982 las transectas fueron ubicadas de manera aleatorias separadas en promedio por 16 mn, y luego ubicadas en base a un diseño sistemático cada 20 mn. A partir del 2006, se reactiva este programa con el B/C "Abate Molina" y el muestreo empleado es de tipo sistemático con conglomerados variables, donde cada conglomerado corresponde a la transecta, ubicadas entre sí a una distancia entre 20 y 25 millas náuticas (**Figura 7**).



Según Castillo (2008), importantes cambios en los niveles acústicos de la biomasa fueron observados antes y después 1983, esto probablemente asociado por fenómenos del “EL Niño 82/83”. En este período, la biomasa fue estimada en torno a 6-7 millones de toneladas en el área del norte 18°25' - 30° S, disminuyendo a partir de 1983 a un 10% de estos niveles (**Figura 8**). También, estos cruceros mostraron de modo general que las biomazas más altas fueron encontradas durante el período de invierno (**Tabla 2**).

b) Zona centro-sur de Chile

En la zona centro sur de Chile, los cruceros realizados por IFOP han seguido un diseño sistemático donde el área de interés cubre la principal zona de operación frente a la zona centro sur y data desde 1997. Estos cruceros hasta el año 2002 fueron realizados principalmente al interior de las primeras 200 millas náuticas, extendiendo el área de análisis hasta las 400 mn a partir del 2003. A partir de este año, previo al crucero se realizaron eco-prospecciones previas con la flota para determinar la distribución del recurso y orientar el crucero de abundancia acústica (**Figura 9**).

Los estimados de biomasa al interior de las 200 mn se mantuvieron hasta el 2003, año a partir del cual se amplía la ventana de observación al rango 200-400 mn y el 2004 se registran algunas mediciones fuera de las 400 mn de la costa. La señal muestra una sostenida reducción de biomasa dentro de las 200 mn y un aumento gradual en el rango 200-400 mn hasta el año 2005. El año 2008 las estimaciones de biomazas son despreciables dentro de la ZEE y alcanzan el medio millón de toneladas entre las 200 y 400 mn (**Tabla 3**).



En relaci3n con la cobertura espacial, se destaca que en 1997 se registr3 un alto 3ndice de ocupaci3n y cobertura espacial; en 1998 la mayor presencia se observa hacia el sur de los 36°S; entre 1999 y el 2001 el recurso se encuentra contenido dentro del 3rea de estudio y fuertemente concentrado dentro de las 100 mn; el 2002 se registra escasa presencia al interior del 3rea de estudio; y desde el 2003 las agregaciones m3s importantes se identifican en sectores oceanicos fuera de la ZEE junto a una r3pida declinaci3n al interior de la ZEE.

Una de las principales observaciones de estos resultados es la relaci3n entre el 3rea prospectada y el 3rea de pesca en la cual se ubica la flota determinada por el proceso de migraci3n del jurel. Estos cruceros suelen estar sincronizados con la informaci3n semanal de la flota, pero a3n as3, la grilla de muestreo fijada previamente, no asegura necesariamente el encuentro de los card3menes durante el per3odo del crucero. Adem3s de lo anterior, de estos cruceros se derivan composiciones de tama3os ponderada por las capturas registrada en las pescas de identificaci3n, adem3s de lecturas de edades que en definitiva generan una composici3n de edades de la abundancia identificada por crucero, las que por lo general son similares a las reportadas por la flota.

Por su parte INPESCA realiza cruceros con buques de la flota equipados con ecosondas cient3ficos. Los estimados de biomasa son en general mayores a los estimados por IFOP (**Tabla 4**) y estrechamente ligados al esquema de muestreo aplicado. En efecto, estos cruceros se han basados en un enfoque adaptativo en cuanto a que la intensificaci3n del muestreo es controlada en relaci3n al encuentro de las agregaciones. Sin embargo, el dise3o inicial est3 basado en un esquema sistem3tico (transectas) el cual es intensificado de acuerdo con la densidad del recurso. La observaci3n en este dise3o es el riesgo de evaluar m3s de una vez el mismo cardumen, considerando que este es aplicado alternadamente entre etapas de pescas comerciales y viajes a descarga, y las etapas propias del crucero,



situaci3n que genera importantes desfases de tiempo en la realizaci3n de una transecta y otra. En este sentido, el supuesto de este enfoque es que la movilidad de las zonas de pesca y su permanencia en el espacio es mayor al tiempo de viaje ida-vuelta a puerto.

4.1.6 Cruceros de huevos y larvas

Otro 3ndice relevante en la evaluaci3n de stock es la biomasa desovante estimada a partir del M3todo de Producci3n de Huevos (MPH), el cual ha sido llevado a cabo como parte de proyectos FIP realizados por INPESCA desde 1999 a la fecha. Este proyecto se realiza a trav3s de un crucero que se desarrolla principalmente en el mes de noviembre de cada a3o y cubre el 3rea delimitada entre 32°-39°S y 74°-92°W (**Figura 10**).

Las principales observaciones realizadas a esta pieza de informaci3n es el significativo cambio de escala en las estimaciones realizadas entre 1999 y el 2001, respecto de las significativas menores magnitudes estimadas a partir del 2002 de lo cual no se tiene una clara explicaci3n. Eventuales razones atraviesan desde cambios en el equipo de investigaci3n, lo cual es descartado en cuanto a la estructura metodol3gica dominante, y otra, son eventuales cambios de distribuci3n espacial del recurso que en el mismo per3odo afecto a la evaluaci3n hidroac3stica (**Tabla 5**).

Otra fuente de informaci3n que potencialmente podr3a ser empleada para prop3sitos de evaluaci3n son los cruceros realizados en la zona norte de Chile, orientados a evaluar las condiciones bio-oceanogr3ficas de los cuales se dispone de una serie de registros de densidad de huevos y larvas del jurel desde 1981 a la fecha. Los resultados principales indican que las menores densidades promedio han estado asociadas al per3odo oto3al, donde se han realizado 18 cruceros de investigaci3n con un total de 1.028 estaciones de muestreo, de las cuales 14 fueron positivas a huevos de jurel (1,4%) y 4 a larvas (0,39%). En este per3odo hubo 4



cruceros con presencia de huevos y 2 con presencia de larvas, con densidades promedio por estaciones totales muy bajas, las que fluctuaron entre 4 y 22 huevos/10m² y entre 1 y 6 larvas /10m². Los resultados revelaron importantes cambios espaciales e inter-anales en la densidad de huevos y larvas del jurel en la zona norte de Chile, ratificando por una parte, el claro patr3n estacional que tiene la actividad reproductiva de este recurso al ser m3xima su incidencia en invierno-primavera, y por otra, que la principal zona de actividad reproductiva en este sector se ubica hacia el sur de la zona de estudio y proyectada hacia mar afuera. Esto tambi3n ha quedado en evidencia en los per3odos invernales a partir del a3o 1995, una disminuci3n en densidad y cobertura espacial. Durante los per3odos de primavera, los desoves mas importantes en t3rminos de frecuencia espacial y densidad num3rica fueron detectados hasta principios de la d3cada de los 90, donde posteriormente a partir del a3o 1996, ambas fases reducen sus niveles de abundancia y frecuencia espacial a valores m3nimos (**Figura 11**).

4.2. OBJETIVO No. 2. “Revisar y analizar los antecedentes e informaci3n biol3gica y oceanogr3fica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la din3mica poblacional del jurel en su rango de distribuci3n geogr3fica en el Pac3fico Sur”

La metodolog3a empleada en este objetivo consisti3 en recopilar todas aquellas investigaciones realizadas en materia del jurel con el objeto de proponer una o m3s hip3tesis en relaci3n con la estructura poblacional del recurso. Los trabajos preparados y recopilados sirvieron de base para el taller FAO - ORPS realizado precisamente con esos prop3sitos. Adem3s de esto, se consideraron los trabajos presentados por diversos autores extranjeros presentados en el mencionado Taller. La lista de los trabajos elaborados por parte del equipo de trabajo y los aportados por cient3ficos extranjeros es el siguiente:



1. **Seasonal distribution and abundance of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) eggs and larvae off northern Chile 1981-2007** Mauricio Braun (mbraun@ifop.cl) y Vivian Valenzuela. Instituto de Fomento Pesquero. Information paper
2. **Distribution of early developmental stages of jack mackerel in the Southeastern Pacific ocean.** Sergio N3nuez, Sebasti3n V3squez, Patricia Ruiz & Aquiles Sep3lveda. Instituto de Investigaci3n pesquera (INPESCA) – Chile. . Information paper
3. **Genetic variation on mtDNA Cytb sequence of three populations of Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi* from the Southern Pacific.** Min ZHANG·Yong-jiu XU ·Cheng-hui WANG. Presentation
4. **Changes in the latitudinal and longitudinal distribution of the aggregations of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Peruvian sea during 1996-2007.** Ericka Espinoza, Miguel N3iquen y Roberto Flores. Instituto del Mar del Per3 (IMARPE) – Per3. Presentation
5. **Distribution and Concentration of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) related to oceanographical features between north Peru to north Chile.** N3iquen, M.A (mniquen@imarpe.gob.pe) y C.L. Pe3a. Instituto del Mar del Per3 (IMARPE) – Per3. Presentation
6. **Inter-annual and seasonal variability of oceanological conditions in the Southern Pacific Ocean in connection with the pelagic ecosystem structure.** P.Chernyshkov*, E.Timokhin*, A. Glubokov**. Presentation



7. **Jack mackerel (*trachurus murphyi*) distribution peculiarities in the high seas of the south pacific in relation to the population structure.** Soldat V.T.*, Kolomeiko F.V*., Glubokov A.I. **, Nesterov A.A*., Chernyshkov P.P. *, Timokhin E.N. * Presentation
8. **Methodology employed for age determination in Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*).** V. Ojeda (vojeda@ifop.cl) , V. Bocic y L. Muñoz. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. Information paper
9. **Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) spatial distribution and seasonal acoustic biomass estimated in north of Chile. 1981 - 1990.** Jorge Castillo P. (jcastillo@ifop.cl). Instituto de Fomento Pesquero (Blanco 839, Valparaíso, Chile). Presentation
10. **Catch per Unit Effort of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) of the purse seine fishery off south-central Chile (32°10' – 40°10' S) 1981-2005.** Cristian Canales (ccanales@ifop.cl), L. Caballero y A. Aranís. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) Chile. Presentation
11. **Jack Mackerel (*Trachurus Murphyi*, Nichols, 1920) acoustic survey in the central coast of Chile** José Córdova (jcordova@ifop.cl), Roberto Bahamonde and Victor Catasti. Instituto de Fomento Pesquero – IFOP-Chile. Presentation
12. **Catch size compositions for jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile (1975-2006)** Claudio Bernal (cbernal@ifop.cl), Antonio Aranís, Carlos Martínez, Cristian Canales. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)-Chile. Information paper



13. **Reproductive Parameters and Spawning Biomass of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*), in 1999-2006, determined by The Daily Egg Production Method.** Patricia Ruiz(1), Aquiles Sepúlveda(1), Luis Cubillos(2), Ciro Oyarzun(2), Javier Chong(3). (1) Instituto de Investigaci3n pesquera (INPESCA) - Chile, (2) Universidad de Concepci3n-Chile. Information paper
14. **Short review of natural mortality and size at first maturity on jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeastern Pacific** Luis Cubillos (1), Claudio Gatica (2), Rodolfo Serra (3). (1) Universidad de Concepci3n, (2) Instituto de Investigaci3n Pesquera y (3) IFOP-Chile Information paper
15. **Report of data collection on Jack mackerel in South-East Pacific.** Min Zhang, Xiaorong Zou, Yingqi Zhou* Shanghai Ocean University, China. Information paper
16. **Distribution changes and interactions of Jack Mackerel off Peru as observed using acoustics (1983-2006).** Mariano Guti3rrez (1), Arnaud Bertrand (2), Michael Ball3n (2), Pepe Espinoza (3) , Ana Alegre (3) and Francois Gerlotto (4). (1) TASA- Per3, (2) IRD – France, (3) IMARPE-Peru. Presentation
17. **Program Bio-oceanographic Research of resources Jack mackerel and Pacific mackerel in Peru.** Miguel Ñiquen Carranza (mniquen@imarpe.gob.pe) Instituto del Mar del Per3 (IMARPE)- Per3. Presentation
18. **The fishery for jack mackerel in the Eastern Central Pacific by Dutch trawlers in 2007.** Ad Corten (adcorten@yahoo.co.uk). Information paper



19. **An overview of the New Zealand jack mackerel fishery: catch composition, catch trends, seasonality and length-frequency composition.** Andrew Penney (andrew.penney@fish.govt.nz). Information paper

20. **Chilean jack mackerel stock assessment model.** Cristian Canales (ccanales@ifop.cl) y Rodolfo Serra. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. Presentation

21. **Maximum sustainable yield (MYS) and optimum effort of fishing of jack and pacific mackerel (*Trachurus murphy*, *scomber japonicus*) in Perú (1997-2006).** Christian Garcia (cgarcia@imarpe.gob.pe). Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Perú. Presentation

22. **Preliminary estimation of current state of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) stock in the high seas of the South East Pacific.** Dimitry Vasilyev and Alexander Glubokov (glubokov@vniro.ru). Presentation

23. **Population structure of the Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi*, in the South Pacific Ocean: full proposal for discussion for an international joint research.** Rodolfo Serra (Chile) & Alexander Glubocov (Russia)

24. **Research and management of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) exploited in the South East Pacific Ocean.** Government of Chile, Undersecretariat for Fisheries.



25. **Updated Status of the Chilean Jack Mackerel Stock** (presented in 5th Conference SPRFMO, Guayaquil 2008). C. Canales & R. Serra, 2008

Cabe señalar que el trabajo número 24 constituye la opinión oficial de Chile en cuanto al conocimiento generado en 30 años de investigación y la propuesta de la hipótesis poblacional. Este trabajo de síntesis fue realizado y editado por la Subsecretaría de Pesca con el apoyo de los integrantes de este equipo de investigación. Además, el equipo preparó trabajos que aunque no fueron presentados, resumen las hipótesis relativas con la estructura poblacional del jurel y la propuesta metodológica de evaluación de stock empleada por INPESCA. Estos trabajos son:

1. **Stock assessment to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) available to Chilean fleet in southeaster Pacific.** Aquiles Sepúlveda & Claudio Gatica. Departamento de Pesquerías, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Avenida Colón 2780, Talcahuano. Chile.
2. **Aspectos Oceanográficos, Pesquerías y Patrones Migratorios del Jurel en el Pacífico Sur.** Alexandre Grechina, Carlos González, Sergio Nuñez & Aquiles Sepúlveda. Instituto de Investigación Pesquera. Casilla 350, Talcahuano-Chile
3. **Stock Structure Of The Chilean Jack Mackerel, *Trachurus Murphyi* In The South Pacific Ocean: A Synthesis.** R.Serra(a), R. Galleguillos (b), M. Oliva (c), C. Canales (a). and L. Cubillos (d). (a) Instituto de Fomento Pesquero (Blanco 839, Valparaíso, Chile, email: rserra@ifop.cl); (b) Universidad de Concepción, Concepción, Chile; (c) Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile



4.3 OBJETIVO No. 3: “Formular e implementar un modelo de evaluaci3n del stock de jurel”.

Consecuentemente con las bases que sustentan la hip3tesis de trabajo, particularmente en cuando a la diferenciaci3n espacial en la explotaci3n, Serra y Canales (2002) han formulado un Modelo Estadístico de Captura a la Edad (MECE) que actualmente es empleado tanto para la evaluaci3n del stock como en la asesoría para el manejo del jurel subregional. Alternativamente, Cubillos *et al.* (2000) y Cubillos (2001) han propuesto un enfoque de evaluaci3n que de naturaleza similar a la propuesta por Serra y Canales (2002), se diferencia esencialmente en el tipo de informaci3n empleada y ciertas particularidades en los modelos de los procesos que se detallan mas adelante.

El enfoque de evaluaci3n se basa en el ajuste de un edad-estructurado a distintas piezas de informaci3n derivada tanto de la pesquería como de cruceros independientes. El ajuste se sustenta en una base estadística segun se detalla en trabajos como Fournier y Archibald (1982); Deriso *et al.*, (1985); Hilborn y Walters, (1992); Schnute y Richards, (1995); Quinn y Deriso, 1999) entre otros.

El desarrollo de este objetivo consider3 dos etapas relevantes: la primera es la realizaci3n de un Taller Internacional de Evaluaci3n de Stock de Jurel denominado “Chilean Jack Mackerel Stock Assessment Workshop – CHJMSAW” y el segundo de tareas interseccionales de evaluaci3n de stock basadas en las recomendaciones de los expertos asistentes al taller, Dr. James Ianelli (NOAA) y Dr. Mark Maunder (CIAT). El CHJMSAW fue realizado en IFOP entre el 4 y 11 de Agosto de 2008 y para la formulaci3n y/o revisi3n de los esquemas de modelaci3n, se consider3 como referencia el modelo propuesto por IFOP cuyas observaciones son los elementos centrales que componen el reporte de los expertos y que se entrega en extenso en los anexos.



La metodologfa que sigue a continuaci3n, se basa en un modelo que permite interpretar las distintas piezas de informaci3n disponibles bajo una premisa puramente estadfstica, y por ende los resultados obtenidos est3n condicionados tanto a las distintas hip3tesis asumidas como a la estructura del modelo de evaluaci3n. El t3rmino “estadfstico” indica que el m3todo reconoce implfcitamente que los datos provenientes de pesquerfas no representan perfectamente la poblaci3n; hay incertidumbre en los conocimientos de la din3mica del sistema y de la relaci3n entre los datos observados y la poblaci3n real (Holey y Maunder, 2005).

Previo a la presentaci3n de los modelos empleados, cabe destacar que el modelo base empleado en Chile para fines de manejo pesquero es el formulado por IFOP (Canales y Serra, 2008) y se diferencia entre muchos otros aspectos del modelo INPESCA, porque el primero (IFOP) considera informaci3n desagregadas por flotas (norte y centro-sur) e incorpora informaci3n de edades de las capturas, mientras el modelo INPESCA agrega la informaci3n entre flotas y considera las composiciones de tallas de las capturas. De manera sint3tica se puede sefalar que el modelo INPESCA convierte la matriz de captura a la edad en tallas a trav3s de una transformaci3n basada en par3metros de crecimiento, esto con el objeto de evaluar el error respecto de la composici3n de tamaos observadas en las capturas nacionales. Adem3s, este modelo considera la ecuaci3n de captura de Baranov a diferencia del modelo de IFOP que hace lo propio con la aproximaci3n de Pope. Esto 3ltimo implica que el modelo de INPESCA considere de manera explfcita la estimaci3n del vector de par3metros de mortalidad por pesca y asuma un error de observaci3n en los desembarques totales, en tanto IFOP supone los desembarques conocidos. Un mayor detalle de lo anterior se entrega en la **Tabla 6**.



4.3.1 Modelos de evaluaci3n

a) Modelo base

Previo a la descripci3n del modelo base, cabe destacar que han sido planteadas dos hip3tesis en cuanto a la interpretaci3n de la biomasa hidroac3stica desde el a3o 2002 en adelante, esto traducido en el alejamiento de la zona de pesca y la declinaci3n de la biomasa dentro de las primeras 200 mn de la costa. Estas hip3tesis son: (1) que el recurso ha presentado un cambio general de distribuci3n o, (2) que el alejamiento de las zonas de pesca es respuesta de la contracci3n poblacional (Serra y Canales, 2008). De acuerdo con esto, el modelo supone lo siguiente:

Hip3tesis cambio en distribuci3n: a partir del 2002 el recurso sufri3 un cambio en su n3cleo de distribuci3n mas all3 de las 200 mn, entonces la biomasa estimada en los cruceros hidroac3sticos desde las 5 a las 400 mn mantiene la misma base de c3lculo que la biomasa estimada entre 5-200 mn antes del 2002.

Hip3tesis contracci3n en la poblaci3n: se hace cargo de una reducci3n poblacional y que la se3al de reducci3n observada en las primeras 200 mn tiene un efecto de hiper-reducci3n desde el 2002 en adelante. Es decir, una reducci3n poblacional ser3 m3s acentuada en los bordes de la distribuci3n del recurso. De acuerdo con esto, antes del 2002 la biomasa estimada dentro de las 200 mn era proporcional a los cambios poblacionales (q cte), pero despu3s de este a3o, esta biomasa ha disminuido m3s r3pido que la poblaci3n real (hiper-reducci3n). El modelo base considera la siguiente formulaci3n general:



Modelo de procesos

Modelo	Nomenclatura
<p>Dinámica de cohortes y sobrevivencia</p> $N_{a,y} = \begin{cases} R_0 e^{-M(a-2)} e^{-\tau_a} & a = 2 - 12; y = 1 \\ N_{a-1,y-1} e^{-M} - \hat{C}_{a-1,y-1}^{tot} e^{-0.5M} & a = 2 - 11; y = 2 - 33 \\ \left(N_{a-1,y-1} e^{-M} - \hat{C}_{a-1,y-1}^{tot} e^{-0.5M} \right) + \\ \left(N_{a,y-1} e^{-M} - \hat{C}_{a,y-1}^{tot} e^{-0.5M} \right) & a = 12; y = 2 - 34 \end{cases}$ <p>$\tau \sim N(0, \sigma_{No}^2)$</p>	<p>a = edad y= años C = Captura (n) M = mortalidad natural Ro=Reclutamiento inicial τ=error de proceso σ_{No}^2=desvío del error proceso abundancia inicial (1000)</p>
<p>Reclutamientos</p> $R_y = \frac{\alpha SD_{y-2}}{\beta + SD_{y-2}} e^{-\varepsilon_y};$ <p>$\varepsilon \sim N(0, \sigma_R^2)$</p>	<p>$\alpha = \frac{4hRo}{5h-1}; \beta = \frac{So(1-h)}{5h-1}$ h= "stepness" Ro= reclutamiento virginal So= Biomasa desovante virgen ε=error de proceso reclutas σ_R^2=desvío del error proceso reclutas</p>
<p>Biomasa desovante</p> $SD_y = \sum_a (N_{a,y} e^{-0.5M} - C_{a,t}) e^{-3.5/12M} O_a w_{a,y}$	<p>SD= biomasa desovante w= peso medio a la edad O= madurez sexual a la edad</p>



<p>Capturas</p> $\hat{C}_{a,y}^f = \mu_{a,y}^f N_{a,y}$ $\mu_{a,y}^f = \mu_y^f S_{a,y}$ $\mu_y^f = \frac{D_y^f}{BV_y^f} = \frac{D_y^f}{\sum_a N_{a,y} S_a^f w_{a,y}}$	<p>μ = tasa explotaci3n</p> <p>f=flota</p> <p>D= desembarque (ton)</p> <p>BV=biomasa vulnerable</p>
<p>Selectividad por flota</p> $S_{a,T}^f = \begin{cases} e^{-\frac{1}{2\delta_1^2}(a-u)^2} & si \ a < u \\ 1,0 & si \ u < a < x \\ e^{-\frac{1}{2\delta_2^2}(a-x)^2} & si \ a > x \end{cases}$	<p>S=selectividad</p> <p>u=edad media</p> <p>δ=desviaci3n</p> <p>x=edad referencia</p> <p>T=bloques de a3os; zona norte (2): 1975-1986 y 1987-2008; zona centro-sur (4): 1975-1987; 1988-1992; 1993-2004 y 2005-2008</p>



Modelo de las observaciones

Modelo	Nomenclatura
<p>Biomasa acústica</p> $\hat{B}_y^c = q_y^c \sum_a (N_{a,y} e^{-0,5M} - \hat{C}_{a,y}) S_a^c \bar{w}_{a,y}$	<p>W= peso medio a la edad y año</p>
<p>Selectividad acústica</p> $S_{a,T}^c = \left[1 + e^{-\ln(19) \frac{a-a_{50\%}}{\Delta}} \right]^{-1}$	<p>$a_{50\%}$ = edad al 50% selecci3n crucero Δ = rango T=bloques de ańos (2): 1975-2004 y 2005-2008</p>
<p>Capturabilidad acústica H: cambio en distribuci3n</p> $q^c = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right); B_y \in [5 - 400]mn$	<p>n= númeru observaciones de acústica B= biomasa acústica</p>
<p>Capturabilidad acústica H: contracci3n poblacional</p> $q_y^c = \begin{cases} \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y < 2002 \\ & B_y \in [5 - 400]mn \\ \eta \hat{B}_y^\lambda & y \geq 2002 \\ & B_y \in [5 - 200]mn \end{cases}$	<p>η y λ =parámetros de hiper-reducci3n. mn = millas nauticas</p>
<p>Biomasa MPH</p> $B_{mph,y} = q^{mph} \sum_a (N_{a,y} e^{-6/12M} - C_{a,y}) e^{-3,5/12M} O_a w_{a,y}$	<p>w= peso medio a la edad O= madurez sexual a la edad</p>
<p>Capturabilidad biomasa MPH</p> $q^{mph} = \exp\left[\frac{1}{n_2} \sum_y \ln\left(\frac{B_y^{mph}}{\sum_a (N_{a,y} e^{-6/12M} - C_{a,t}) e^{-3,5/12M} O_a w_{a,y}}\right)\right]$	<p>n= númeru observaciones de MPH</p>



<p>CPUE por flota</p> $CPUE_y^f = q^f \sum_a N_{a,y} e^{-0,5M} S_{a,y}^f \bar{w}_{a,y}$	
<p>Capturabilidad por flota</p> $q^f = \exp \left[\frac{1}{n3} \sum_y \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{\sum_a N_{a,y} e^{-0,5M} S_{a,y}^f w_{a,y}} \right) \right]$	<p>n3= n3mero observaciones de CPUE</p>

Modelo de los errores

Modelo	Nomenclatura
<p>Funci3n objetivo: maximizar la verosimilitud conjunta penalizada en θ</p> $z = \max \{ \ln L_{p^f} + \ln L_{p^c} + \ln L_{B^c} + \ln L_{B^{mph}} + \ln L_{CPUE} + \ln p(\theta) \}$	<p>lnL=logaritmo natural funci3n verosimilitud $p(\theta)$=penalizaci3n del par3metro θ</p>
<p>Log-verosimilitud de las estructuras de edades de capturas por flota</p> $\ln L_{p^f} = -n_f p_{a,y}^f \ln(\hat{p}_{a,y}^f)$ $p_{a,y}^f = \frac{C_{a,y}^f}{\sum_a C_{a,y}^f}$	<p>n_f=tama1o muestra efectivo por flota p^f=proporci3n de edades capturas por flota</p>
<p>Log-verosimilitud de las estructuras de edades de capturas crucero</p> $\ln L_{p^c} = -n_c p_{a,y}^c \ln(\hat{p}_{a,y}^c)$ $p_{a,y}^c = \frac{N_{a,y}^c}{\sum_a N_{a,y}^c}; \hat{p}_{a,y}^c = \frac{(N_{a,y}^c e^{-0,5M} - \hat{C}_{a,y}^c) S_a^c}{\sum_a (N_{a,y}^c e^{-0,5M} - \hat{C}_{a,y}^c) S_a^c}$	<p>n_c=tama1o muestra efectivo cruceros. p^c= proporci3n de edades crucero ac3stico</p>



<p>Log-verosimilitud biomasa acústica</p> $\ln L_{B^c} = -\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_y \ln \left(\frac{B_y^c}{q^c \sum_a (N_{a,y} e^{-0,5M} - \hat{C}_{a,y}) S_a^c \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_1$	<p>σ_1^2 = desviaci3n log-verosimilitud acústica B^c=biomasa acústica</p>
<p>Log-verosimilitud biomasa MPH</p> $\ln L_{B^{mph}} = -\frac{1}{2\sigma_2^2} \sum_y \ln \left(\frac{B_y^{mph}}{q^c \sum_a (N_{a,y} e^{-6/12M} - C_{a,t}) e^{-3,5/12M} O_a w_{a,y}} \right)^2 + cte_2$	<p>σ_2^2 = desviaci3n log-verosimilitud MPH B^{mph}=biomasa MPH</p>
<p>Log-verosimilitud CPUE</p> $\ln L_{CPUE} = -\frac{1}{2\sigma_3^2} \sum_y \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{q^c \sum_a N_{a,y} e^{-0,5M} S_{a,y}^f \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_3$	<p>σ_3^2 = desviaci3n log-verosimilitud CPUE</p>

Las variantes a la modelaci3n de las hip3tesis de distribuci3n v/s contracci3n que fueron propuestas en el CHJMSAW son las siguientes:

Definici3n	Formulaci3n
<p><i>Hip3tesis de contracci3n</i></p> <p>Supone que el efecto de hiper-reducci3n dentro de las 200 mn ocurre en toda la serie de aÑos, y fuera de la ZEE la biomasa los índices de biomasa son proporcionales con los cambios de abundancia en la poblaci3n</p>	$q_y^c = \begin{cases} \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y < 2008 \\ & B_y \in [200 - 400]mn \\ \eta \hat{B}_y^\lambda & y < 2008 \\ & B_y \in [5 - 200]mn \end{cases}$



<p><i>Hip3tesis de cambios aleatorios de distribuci3n.</i> Supone cambios en capturabilidad para la biomasa estimada dentro de las 200 mn antes y despu3s del 2002.</p>	$q_y^c = \begin{cases} \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y < 2002 \\ & B_y \in [5 - 200]mn \\ \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y > 2002 \\ & B_y \in [5 - 200]mn \end{cases}$
<p><i>Hip3tesis de cambios aleatorios de distribuci3n.</i> Supone capturabilidad constante para la biomasa estimada dentro de las 200 mn y fuera de ella.</p>	$q_y^c = \begin{cases} \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y < 2008 \\ & B_y \in [5 - 200]mn \\ \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right) & y < 2008 \\ & B_y \in [200 - 400]mn \end{cases}$

En tanto que otra alternativa desarrollada durante el trabajo interseccional considera cambios geom3tricos en la tendencia de la capturabilidad:

Definici3n	Formulaci3n
<p><i>Hip3tesis de contracci3n</i></p> <p>Supone que existen efectos contrarios de tendencias en la capturabilidad dentro y fuera de la ZEE. Dentro de las 200 mn la capturabilidad por disponibilidad ha disminuido y fuera de ella ha aumentado siguiendo una progresi3n geom3trica.</p>	$q_y^c = \begin{cases} c_o c^t & y < 2008; B_y \in [5 - 200]mn \\ & c < 1; t = 1, 2, 3...n \\ c_o c^t & y < 2008; B_y \in [200 - 400]mn \\ & c > 1; t = 1, 2, 3...m \end{cases}$

El modelo anteriormente expuesto fue sujeto de un exhaustivo an3lisis de sensibilidad respecto de los supuestos e informaci3n que sigue a continuaci3n, los que recogen la mayoria de las observaciones y recomendaciones generadas en el CHJMSAW. El modelo descrito tiene un m3ximo de 86 par3metros que resolver y un m3nimo de 76, lo que depende de las opciones que sean elegidas en cuanto a las hip3tesis y supuestos involucrados. El detalle es el siguiente:



Variable	Nomenclatura	Número parámetros
Vector de abundancia inicial por edad (11 grupos)	$N_{a,1}$	11
Serie de reclutamientos anuales 1976-2008	R_y	33
Selectividad zona norte por bloques de años (2)	a, u, δ, x	8
Selectividad zona centro-sur por bloques de años (4)	a, u, δ, x	16
Selectividad cruceros acusticos por bloques de años (2)	a, u, δ, x	8
Funci3n Stock-Recluta	α, β y h	3
Mortalidad natural	M	1
Hiper-reducci3n en la capturabilidad acústica	η y λ	2
Tendencias en la capturabilidad acústica en 2 zonas	c_0 y c_1	4

b) Modelo agregado con informaci3n en tallas

Como ya se mencion3, el modelo propuesto por INPESCA esencialmente utiliza las composiciones de tallas de las capturas a nivel agregado, lo cual motiva la incorporaci3n de una matriz de transformaci3n edad a talla condicionada a los parámetros de crecimiento y supuestos en cuanto a la desviaci3n estándar de la talla media a la edad. Otra gran diferencia estructural es la modelaci3n de la captura y mortalidad, donde aqu3 se considera de manera explícita la mortalidad por pesca F y la relaci3n funcional de captura de Baranov. El modelo que sigue a continuaci3n



est3 basado en el propuesto por INPESCA pero difiere levemente de este en cuanto a los modelos de selectividad y condiciones de inicio. Esto tiene por finalidad generar una base de comparaci3n entre modelos, en al menos, los esquemas selectivos y los valores entregados a las funciones de verosimilitud empleadas. El modelo considera la siguiente formulaci3n general:

Modelo de procesos

Modelo	Nomenclatura
<p>Din3mica de cohortes y sobrevivencia</p> $N_{a,y} = \begin{cases} R_0 e^{-M(a-2)} e^{-\tau_a} & a = 2-12; y = 1 \\ N_{a-1,y-1} e^{-Z_{a-1,y-1}} & a = 2-11; y = 2-33 \\ N_{a-1,y-1} e^{-Z_{a-1,y-1}} + N_{a,y-1} e^{-Z_{a,y-1}} & a = 12; y = 2-34 \end{cases}$ <p>$\tau \sim N(0, \sigma_{No}^2)$</p>	<p>a = edad y= a3os C = Captura (n) M = mortalidad natural Ro=Reclutamiento inicial τ=error de proceso σ_{No}^2 =desv3o del error proceso abundancia inicial (∞)</p>
<p>Mortalidad a la edad</p> $Z_{a,y} = F_{a,y} + M$ $F_{a,y} = S_a Fcr_y$	<p>Z= mortalidad total, Fcr= mortalidad por pesca de peces completamente reclutados S= patr3n de explotaci3n o selectividad</p>
<p>Selectividad flota</p> $S_{a,T} = \left[1 + e^{-\ln(19) \frac{a-a_{50\%}}{\Delta}} \right]^{-1}$	<p>$a_{50\%}$ = edad al 50% selecci3n Δ = rango T=bloques de a3os: 1982-1986;1987-1992; 1993-2004; 2005- 2007</p>



<p>Reclutamientos</p> $R_y = \frac{\alpha SD_{y-2}}{\beta + SD_{y-2}} e^{-\varepsilon_y};$ $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2_R)$	<p>α y β parámetros, ε=error de proceso reclutas σ^2_R=desvío del error proceso reclutas (=0,6)</p>
<p>Biomasa desovante</p> $SD_y = \sum_a N_{a,y} e^{-\frac{9,5}{12} Z_{a,y}} O_a \bar{w}_a$	<p>SD= biomasa desovante w= peso medio a la edad O= madurez sexual a la edad</p>

Modelo de las observaciones

Modelo	Nomenclatura
<p>Biomasa acústica</p> $\hat{B}_y^c = q_y^c \sum_a N_{a,y} e^{-0,5 N_{a,y}} S_a \bar{w}_a$	<p>w= peso medio a la edad q^c = capturabilidad cruceros acústicos</p>
<p>Peso a la edad</p> $\bar{w}_a = \rho \bar{l}_a^{-b}$ $\bar{l}_a = L_{oo} (1 - e^{-k(a-t_0)})$	<p>ρ y b= parámetros relación peso-talla Loo, k y t0= parámetros de crecimiento Von Bertalanfy</p>
<p>Capturabilidad acústica H: cambio en distribución</p> $q_y^c = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_i \log\left(\frac{B_y}{\hat{B}_y}\right)\right); B_y \in [5-400]mn$	<p>n= número observaciones de acústica B= biomasa acústica</p>
<p>Biomasa MPH</p> $B_{mph,y} = q^{mph} \sum_a N_{a,y} e^{-\frac{9,5}{12} Z_{a,y}} O_a \bar{w}_a$	<p>W= peso medio a la edad O= madurez sexual a la edad</p>



<p>Capturabilidad biomasa MPH</p> $q^{mph} = \exp \left[\frac{1}{n_2} \sum_y \ln \left(\frac{B^{mph}_y}{\sum_a N_{a,y} e^{-\frac{9,5}{12} Z_{a,y}} O_a \bar{w}_a} \right) \right]$	<p>n_2= n3mero observaciones de MPH q^{mph} = capturabilidad cruceros MPH</p>
<p>CPUE por flota</p> $CPUE_y^f = q^f \sum_a N_{a,y} e^{-0,5Z_{a,y}} S_{a,y} \bar{w}_a$	
<p>Capturabilidad por flota</p> $q^f = \exp \left[\frac{1}{n_3} \sum_y \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{\sum_a N_{a,y} e^{-0,5Z_{a,y}} S_{a,y} \bar{w}_a} \right) \right]$	<p>n_3= n3mero observaciones de CPUE</p>
<p>Capturas a la edad</p> $\hat{C}_{a,y} = \frac{F_{a,y} N_{a,y} (1 - e^{-Z_{a,y}})}{Z_{a,y}}$	
<p>Capturas a la talla</p> $\hat{C}_{l,y} = \bar{T}_{(lxa)} \hat{C}_{(axy)}, \quad x_{l,a} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} e^{-\frac{(l-\bar{l}_a)^2}{2\sigma_a^2}}$ $T_{l,a} = \frac{x_{l,a}}{\sum_l x_{l,a}}, \quad \sigma_a = cv \bar{l}_a$	<p>l = tallas 16-60 cm \bar{l}_a = talla media a la edad σ_a = desviaci3n de la talla media por grupo de edad cv = coeficiente de variaci3n de la talla media a la edad</p>
<p>Desembarques</p> $\hat{Y}_y = \sum_a \hat{C}_{a,y} \bar{w}_a$	



Modelo de los errores

Modelo	Nomenclatura
<p>Función objetivo: maximizar la verosimilitud conjunta penalizada en θ</p> $z = \max\{\ln L_{p^f} + \ln L_{p^c} + \ln L_{B^c} + \ln L_{B^{mph}} + \ln L_{CPUE} + \ln L_Y + \ln p(\theta)\}$	<p>lnL=logaritmo natural función verosimilitud $p(\theta)$=penalización del parámetro θ</p>
<p>Log-verosimilitud de las estructuras de tallas o edades de capturas</p> $\ln L_{p^f} = -np_{l,y} \ln(\hat{p}_{l,y})$ $p_{l,y} = \frac{C_{l,y}}{\sum_a C_{l,y}}, \quad \hat{p}_{l,y} = \frac{\hat{C}_{l,y}}{\sum_a \hat{C}_{l,y}}$	<p>n=tamaño muestra efectivo (n=100) p^f=proporción de edades capturas por flota</p>
<p>Log-verosimilitud biomasa acústica</p> $\ln L_{B^c} = -\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_y \ln \left(\frac{B_y^c}{q^c \sum_a (N_{a,y} e^{-0,5M} - \hat{C}_{a,y}) S_a^c \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_1$	<p>σ_1^2 = desviación log-verosimilitud acústica (=0,4) p^c = proporción de edades crucero acústico B^c=biomasa acústica</p>
<p>Log-verosimilitud biomasa MPH</p> $\ln L_{B^{mph}} = -\frac{1}{2\sigma_2^2} \sum_y \ln \left(\frac{B_y^{mph}}{q^c \sum_a (N_{a,y} e^{-6/12M} - C_{a,t}) e^{-3,5/12M} O_a w_{a,y}} \right)^2$	<p>σ_2^2 = desviación log-verosimilitud MPH B^{mph}=biomasa MPH</p>
<p>Log-verosimilitud CPUE</p> $\ln L_{CPUE} = -\frac{1}{2\sigma_3^2} \sum_y \ln \left(\frac{CPUE_y^f}{q^c \sum_a N_{a,y} e^{-0,5M} S_{a,y}^f \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_3$	<p>σ_3^2 = desviación log-verosimilitud CPUE (=0,15)</p>



<p>Log-verosimilitud Desembarques</p> $\ln L_y = -\frac{1}{2\sigma_4^2} \sum_y \ln \left(\frac{Y_y}{\sum_a \hat{C}_{a,y} \bar{w}_{a,y}} \right)^2 + cte_4$	<p>σ_4^2 = desviaci3n log-verosimilitud desembarques (=0,05)</p>
---	--

A diferencia del modelo base, este modelo tiene 73 par3metros por resolver y cuyo detalle es el siguiente:

Variable	Nomenclatura	N3mero par3metros
Vector de abundancia inicial por edad (11 grupos)	$N_{a,1}$	11
Serie de reclutamientos anuales 1983-2007	R_y	25

Selectividad por bloques de a3os (4)	L_{50}, Δ	8
Funci3n Stock-Recluta	α, β	3
Mortalidad por pesca anual	Fcr	26
Coeficiente variaci3n talla media a la edad	Cv	1



4.3.2 Análisis de incertidumbre de procesos e informaci3n

El proceso de evaluaci3n de stock est3 sujeta a diferentes fuentes de incertidumbre siendo importante explorar las m3s importantes. Esto se realiza a trav3s de un an3lisis de sensibilidad. La incertidumbre surge debido al conocimiento imperfecto de los procesos biol3gicos, de la pesca y de los errores de estimaci3n. En el caso del jurel existen importantes fuentes de incertidumbre de procesos, representados por las relaciones stock-recluta asumidas, la interpretaci3n de la informaci3n acustica como respuesta a las hip3tesis de cambio de distribuci3n y de contracci3n de la distribuci3n espacial de la biomasa. En el caso de la pesca, la selectividad es otra fuente de incertidumbre al igual que las hip3tesis intrínsecamente consideradas como datos de entrada. De igual forma, en un marco de trabajo de evaluaci3n de stock, el grado de importancia otorgada a las diferentes piezas de informaci3n pueden ser determinantes en los estimados y tendencia poblacionales. Esta tem3tica es aú n materia de controversia en el plano internacional y refleja el nivel de confianza que el analista le otorga a los datos. La valoraci3n de la informaci3n en un contexto bayesiano es denominada “Hiper-prior”, lo que en este trabajo se traduce en ponderadores de las verosimilitudes marginales

a) Incertidumbre en los procesos

En el presente trabajo se realiza un an3lisis de casos con el objeto de evaluar el impacto en el tamaúo del stock frente a diferentes supuestos.

- **Reclutamiento**

Existen dos relaciones funcionales SD&R empleadas en estas materias: relaci3n tipo Ricker la cual sin contar con una base biol3gica que las sustenten describe de buena forma la variabilidad observada en los reclutamiento del jurel y la segunda,



de tipo Beverton&Holt, que fue sugerida en el CHJMSAW. Esta 3ltima propuesta es incorporada como base en el modelo y se analiza alternativamente un escenario con el modelo Ricker.

En relaci3n con la relaci3n de Beverton&Holt, uno de los principales supuestos dice relaci3n con el nivel de inclinaci3n de la curva SD&R en torno al origen que se resume en el par3metro h del modelo parametrizado por Francis (1992). En el modelo base se supone un valor $h=0,75$, y se eval3a el modelo frente a escenarios $h=0,5$ y $h=0,9$, o como par3metro libre a estimar. De igual forma y en este mismo sentido, se analiza el desempe1o del modelo frente a una reducci3n del nivel de error en el reclutamiento estimado respecto del esperado por el modelo SD&R.

- **Mortalidad natural**

La mortalidad natural es un par3metro a menudo supuesto conocido y controla la escala de la biomasa y los niveles de sobrevivencia de la poblaci3n. En el presente trabajo, adem3s del valor usado por IFOP de 0,23, se analiza la respuesta del modelo frente a dos casos, un valor de $M=0,3$, que es utilizado por INPESCA y otro donde M es incluido en el vector de par3metros por estimar.

- **Madurez sexual**

La madurez sexual es un par3metro biol3gico que tiene incertidumbre seg3n fue mencionado antes. La longevidad del jurel sugiere que su madurez debiera ser m3s tard3a que la actualmente empleada, ante lo cual se incorpora un escenario donde la ojiva de madurez se retrasa en 2 a1os y la edad al 50% de madurez queda a los 6 a1os.



- **Condici3n inicial**

El escenario base no considera supuestos en relaci3n con la estructura etaria inicial a 1975. Alternativamente, se analizan dos casos donde uno de estos corresponde a suponer que la poblaci3n en este a3o se encontraba en torno a un situaci3n de equilibrio en su estructura de edades, es decir, una condici3n edad-estable sujeta a error; y otra donde tanto la biomasa como la estructura de edades es virginal. En este caso, el n3mero de ejemplares del grupo de edad 2 a3os en 1975 corresponder3 al reclutamiento inicial (R_0) y la biomasa desovante de este a3o a la virginal, con los cuales se estiman los par3metros del modelo SD&R.

- **Patr3n de explotaci3n**

En evaluaciones anteriores se ha supuesto que el patr3n de explotaci3n del jurel en la zona norte sigue un modelo tipo "domo" sim3trico, en tanto que en la zona centro-sur y los cruceros responden a un patr3n tipo log3stico. Se modifica el patr3n de explotaci3n tipo sim3trico a un patr3n que admite todo tipo de distribuciones y los casos analizados consideran cambios en todas las selectividades. Este patr3n, que se denomin3 domo asim3trico, resulta de la combinaci3n de dos distribuciones normales, entre cuyos m3ximos se considera completamente reclutados a la pesquer3a a grupos de edades intermedios y se representa por un brazo ascendente (reclutamiento), un trazo plano (completamente reclutado) y un brazo descendente (des-reclutamiento) en edades mayores (**Figura 12**). La idea de este patr3n de selectividad (o reclutamiento) se tom3 de Method (2005) y se considera que puede representar bien la situaci3n del jurel en la pesquer3a de la zona centro sur.



En el caso de los cruceros, el escenario base considera un efecto logístico al cual se le agrega un escenario en el cual no existe selectividad, es decir, los ejemplares por grupo de edad son observados con igual probabilidad.

- **Procesos espaciales**

El modelo empleado no discrimina procesos espaciales de manera explícita, sino de la interpretación que se puede establecer de la informaci3n de cruceros acústicos y de la pesquería. Los cambios ocurridos en la pesquería y las biomاسas estimadas en cruceros acústicos a partir del ańo 2002 son interpretados desde dos hipótesis: cambio en distribuci3n o de contracci3n poblacional.

El cambio en distribuci3n implica que la biomasa estimada hasta el 2002 en las primeras 200 mn, es equivalente a la estimada a partir del 2003 en el rango de las primeras 400 mn. Una variante a esto ha sido planteado por CHJMSAW en cuanto a seguir de manera proporcional e independiente las seńales de abundancia en los intervalos 0-200 mn y 200-400 mn.

Por su parte, la hipótesis de contracci3n supone que la reducci3n poblacional se observa de manera más acelerada en las primeras 200 mn respecto del rango 200-400 mn. En la zona costera predomina un proceso de hiper-reducci3n en la capturabilidad del crucero y fuera de ella es constante. Una alternativa a lo anterior es suponer que las variaciones de biomasa dentro de las 200 mn responden a bajas sostenidas en disponibilidad (menor capturabilidad) y complementariamente, las observaciones registradas fuera de las 200 mn responden a un aumento en la disponibilidad del recurso (mayor capturabilidad). De esta forma, la capturabilidad se modela en términos de tendencias siguiendo un proceso geométrico de la forma $q(t) = a^t$, que en definitiva es otra opci3n para modelar el cambio de distribuci3n.



b) Incertidumbre en la informaci3n

El modelo base considera esencialmente las composiciones de edades de las capturas por flotas, desembarques, CPUE centro-sur y biomazas acústicas y MPH. Al respecto, el presente análisis considera dos tipos de procedimientos: excluir informaci3n relevante e incorporar nueva informaci3n hasta ahora no considerada.

En el primer caso, se analiza esta fuente de incertidumbre excluyendo del análisis de manera secuencial, las distintas fuentes de informaci3n con el objeto de evaluar aquellas series con mayor impacto en los estimados poblacionales. Los ponderadores para las diferentes piezas de informaci3n fueron establecidos por Serra y Canales (2008) y son considerados como base de análisis (**Tabla 7**). En el caso de excluir informaci3n de composici3n de edades, se deben realizar ciertos supuestos en cuanto al efecto selectivo de la flota ausente. Al respecto se han considerado los siguientes criterios:

- Sin datos de captura a la edad en la flota norte, los desembarques son asimilados al efecto selectivo de la zona centro-sur.
- Sin datos de captura a la edad en la flota centro-sur, los desembarques son asimilados al efecto selectivo representado en los cruceros acústicos.
- Sin datos de captura a la edad en los cruceros, las biomazas son asimiladas al efecto selectivo de la flota centro-sur.

Como caso particular se analiza un escenario en el cual se excluye la informaci3n acústica 2008 del sub-área 0-200 mn. Este escenario corresponde al caso de las hipótesis referidas a los procesos espaciales.

Por otra parte, en la modalidad de incorporar nueva fuente de informaci3n se consideraron los siguientes escenarios:



- Sustituci3n de la serie de biomasa ac3stica IFOP por la se1al estimada por INPESCA que presentan tendencias encontradas (**Figura 13**).
- Incorporaci3n de se1ales de CPUE de la flota Rusa de los ochentas y flota China en la d3cada del 2000.
- Incorporaci3n de capturas de caballa en la serie de jurel centro-sur 2001-2007, como respuesta al posible sub-reporte del jurel .
- Extensi3n de la CPUE de la flota centro-sur al per3odo 1981-2002.
- Incorporaci3n de una matriz de error de lectura de edad en la evaluaci3n

El 3ltimo punto dice relaci3n a la exclusi3n del modelo de evaluaci3n de la CPUE de la serie 1981-1995, en virtud a que el comportamiento de esta no sigue necesariamente la evoluci3n del stock determinado por un gran crecimiento de la biomasa hacia fines de los ochenta e inicios de los noventa. Sin perjuicio de ello, se eval3a el impacto que tendr3a esta serie en la evaluaci3n de stock.

Otro elemento relevante que surgi3 de las recomendaciones del CHJMSAW, fue realizar un an3lisis tendiente a evaluar el impacto que tiene en la evaluaci3n de stock la incorporaci3n expl3cita del error de lectura que se traspasa a las matrices de captura a la edad. Para ello y siguiendo las recomendaciones de Maunder (*com. pers*) y lo propuesto por Reeves (2003), se model3 una matriz de probabilidad de error de lectura asumiendo normalidad en los dev3os en torno a la “edad verdadera” y una desviaci3n est3ndar proporcional a la longevidad del pez, esto es, suponer que existe m3s error conforme m3s longevo sea el pez. De esta forma, la matriz de probabilidad E queda determinada por:

$$E_{i,j} = \int_i^{i+1} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{(i-j)^2}{2\sigma^2}\right] di$$



Donde i es la edad “observada” (asignada) y j la edad “real”. Para este efecto se supuso un coeficiente de variaci3n de asignaci3n de edad alto del 20%. Esta matriz de probabilidad de error actúa sobre la estimaci3n de captura a la edad del modelo con el objeto de ajustarse a los datos observados, y se incluye de manera explícita en la funci3n de $-\log$ verosimilitud multinomial en la forma

$$\ln L_p = -np_a \ln(E\hat{p}_a)$$

4.3.3 Estimaci3n de parámetros

Como plataforma de programaci3n base se consider3 la empleada por IFOP que corresponde a MATLAB v6.5 y sus herramientas de optimizaci3n. El ajuste del modelo es realizado en secuencias, empleando como primera aproximaci3n el algoritmo “fminsearch” y como segunda, el algoritmo “fminunc” con parámetros iniciales obtenidos con “fminsearch”. El uso de la primera fase busca aproximar la soluci3n evitando zonas de indefinici3n, mientras la segunda con “fminunc” acelera la convergencia a trav3s de gradientes.

- Fminsearch; es una rutina de minimizaci3n no-lineal multidimensional no restringida. Esta rutina usa el algoritmo Simplex a trav3s de una búsqueda directa sin el uso de gradientes. Sin embargo, se reconoce que esta rutina es menos eficiente que fminunc para problemas de orden mayor a dos. Sin embargo, cuando el problema tiene regiones de discontinuidad, fminsearch puede ser m3s robusto.
- Fminunc; al igual que la anterior, se trata de una rutina de minimizaci3n no-lineal multidimensional no restringida. Este algoritmo es un sub-espacio del m3todo de la regi3n de confianza y est3 basado en el m3todo de reflexi3n interna de Newton. Cada iteraci3n involucra la soluci3n aproximada de un gran sistema lineal usando el m3todo de gradientes conjugados pre-condicionados.



4.3.4 Informaci3n de entrada a los modelos

Seg3n lo definido anteriormente, existe informaci3n resumida que es la que se emplea para modelar y evaluar la poblaci3n del jurel. Con independencia del modelo empleado, esta informaci3n se resume en la siguiente:

- Matrices de capturas a la edad por zona de pesca (zona norte I-II Regi3n; zona centro sur III-X Regi3n) entre 1975 y 2008.
- Composici3n de edades de las evaluaciones hidroac3sticas 1997-2007
- Matrices de pesos medios a la edad entre 1975 y 2008.
- Composici3n de tallas de los desembarques nacionales 1981-2007
- Desembarques anuales por zona de pesca (zona norte I-II Regi3n; zona centro sur (III-X Regi3n)) entre 1975 y 2008.
- Desembarques de flotas internacionales que han operado en aguas adyacentes a la ZEE.
- Biomosas estimadas en las evaluaciones hidroac3sticas 1997-2008.
- Serie de CPUE estandarizada para la pesqueri3 de la zona centro sur 1981-2005
- Serie de CPUE nominal de la flota ex - USRR 1978-1991.
- Serie de CPUE nominal de la flota de China 2001-2007.
- Serie de biomasa desovante por el m3todo diario de producci3n de huevos (MDPH) 1999-2001 y 2003-2007.
- Ojiva de madurez sexual a la edad (**Tabla 8**)
- Mortalidad natural ($M=0,23$ caso base)
- Par3metros de crecimiento en edad y peso



4.4 OBJETIVO ESPECÍFICO No 4: “Establecer un diagnóstico del recurso y analizar las consecuencias para la población ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca”.

4.4.1 Diagn3stico

La condici3n del stock del jurel se desarrolla considerando la estimaci3n de diferentes puntos biol3gicos de referencia y comparándolos con diferentes cuantiles derivados del proceso de evaluaci3n de stock.

- **Raz3n de biomasa desovantes (RPD)**

La raz3n de biomasa desovante potencial (RPD) es usada para evaluar el status del stock de jurel. La ecuaci3n que define esta raz3n viene dada por:

$$RPD_y = \frac{BD_y}{BD_{F=0}}$$

donde BD es la biomasa desovante en cualquier instante de tiempo (t) y $BD_{F=0}$ es la biomasa desovante de largo plazo que podría estar presente si no hubiera habido pesca durante mucho tiempo para el r3gimen de reclutamientos estimados. La RPD tiene como límite inferior el valor de 0 que indica que la poblaci3n ha sido exterminada por la pesca. Si el RPD tiene un valor cercano a 1,0, significa que la pesquería no ha reducido el stock desovante, y si el RPD tiene valor mayor a 1.0, es posible que el stock haya ingresado a un r3gimen de crecimiento poblacional.

El RPD ha sido empleado para definir puntos biol3gicos de referencia en muchas pesquerías. Varios estudios (Clark 1991, Francis 1993, Thompson 1993, Mace 1994) sugieren que se pueden producir rendimientos promedios equivalentes al



M3ximo Rendimiento Sostenido cuando el RPD se encuentra en el rango 0,3 – 0,5, y que muchas pesquer3as no pueden generar producci3n sostenida si el RPD se ubica por debajo de 0,2.

- **Mortalidad por pesca de referencia**

Se realiza un an3lisis de rendimiento por recluta con el objeto de evaluar mortalidades por pesca de referencia en base a la reducci3n de reducci3n de biomasa desovante. Consecuente con el punto anterior, se estiman aquellos niveles de mortalidad que en el largo plazo permiten dejar como remanente cierto porcentaje de la biomasa virginal en el medio. Estas mortalidades corresponden a: $F_{40\%}$ como objetivo deseable y $F_{20\%}$ como nivel l3mite. La mortalidad por pesca a ser evaluada corresponde al valor que toma F en los grupos completamente reclutados a la pesquer3a que se deriva de:

$$F_{cr,y} = \max\{F_{a,y}\}$$

donde

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{\hat{C}_{a,y}}{N_{a,y}}\right)$$

En esta 3ltima expresi3n el valor de mortalidad por pesca se deriva de la ecuaci3n de captura de Baranov omitiendo el valor de M , que para prop3sitos pr3cticos y consecuentes con el modelo de Pope (1972), se supone igual a cero durante el instante en que ocurre la pesca (a mitad de a3o).

La selectividad global que ingresa al modelo de rendimiento por recluta es un promedio de los a3os mas recientes derivado desde:



$$S_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\max\{F_{a,y}\}}$$

y la abundancia en equilibrio corresponde a

$$Neq_a = R_o e^{-\sum_a^{A-1} Z_a}$$

donde R_o es el reclutamiento inicial ($R_o=1$) y A es la m3xima edad observada en la pesquer3a. La biomasa desovante por recluta en equilibrio es:

$$BD/R = \sum_a Neq_a e^{-\frac{9,5}{12}Z_a} w_a O_a$$

$$Z_a = \overline{S}_a F_x + M$$

$$Z_a = F_a + M$$

y el rendimiento por recluta se escribe como:

$$Y/R = \sum_a \frac{Neq_a F_a (1 - e^{-Z_a}) w_a}{Z_a}$$

Las mortalidades de referencia se estiman encontrando aquel valor en la curva de equilibrio que satisface

$$\frac{BD/R_{F_x}}{BD/R_{F=0}} = x$$



- **Biomasa desovante de referencia**

De manera an3loga al punto anterior, se estiman valores absolutos de biomasa desovante como niveles de referencia a considerar para el manejo de este recurso. Con este prop3sito, se integra el modelo de rendimiento por recluta y el de stock-recluta de B&H de la forma

$$R = \frac{\alpha BD}{\beta + BD}$$

$$\frac{R}{BD} = \frac{\alpha}{\beta + BD}$$

Entonces sustituyendo por la biomasa desovante por recluta se tiene que:

$$BD / R = \frac{\beta + BD}{\alpha}$$

Luego la biomasa desovante en equilibrio corresponde a:

$$\alpha(BD / R) - \beta = BD^{eq}$$

y la curva de producci3n de equilibrio se obtiene luego de multiplicar el reclutamiento generado por la biomasa desovante en equilibrio y el rendimiento por recluta como

$$Y^{eq} = (Y / R)R^{eq}$$

De esta manera se tiene que la biomasa desovante virginal en equilibrio corresponde al valor m3ximo de BD^{eq} y se da cuando $F=0$, con lo cual se puede disponer de valores referentes de biomasa como l3mite y objetivo que respectivamente se escriben como:



$$BD_{20\%}^{eq} = 0,2 \max\{BD^{eq}\}$$

$$BD_{40\%}^{eq} = 0,4 \max\{BD^{eq}\}$$

Los que son comparados en cualquier a3o por medio de la raz3n $\frac{BD_y}{\max\{BD^{eq}\}}$

- **M3ximo rendimiento sostenido (MRS)**

El M3ximo Rendimiento Sostenido (MRS) se obtiene como aquel valor de m3xima captura que genera la curva de producci3n, y corresponde al valor que en “promedio” puede ser obtenido de manera sostenida en el largo plazo:

$$MRS = \max\{Y^{eq}\}$$

Lo que a su vez permite conocer como otro valor referente aquella biomasa desovante que lo produce. De esto puede derivar un valor de reducci3n de biomasa como punto biol3gico de referencia especfico para el jurel determinado como el cuociente entre la biomasa que produce MRS y la biomasa virginal:

$$r = \frac{BD_{MRS}^{eq}}{\max\{BD^{eq}\}}$$

o bien, determinando aquella fracci3n de biomasa desovante que tomada por la pesca puede conducir en el largo plazo al MRS

$$\mu = \frac{MRS}{BD_{MRS}^{eq}}$$



- **Excedentes productivos (EP).**

Quinn y Deriso (1999) definen como excedente productivo el volumen de desembarque que podr3a ser tomado en un a3o determinado dejando al stock en equilibrio. En otras palabras, si la captura remueve todo el excedente se genera una poblaci3n en magnitud estable. En este an3lisis, el excedente productivo responde a la suma entre la diferencia en biomاسas totales entre dos a3os consecutivos m3s los desembarques.

$$EP = B_{y+1} - B_y + Y_y$$

4.4.2 An3lisis de estrategias de explotaci3n

Se realiza una simulaci3n de la poblaci3n con el objeto de evaluar como, cambios hipot3ticos en la cantidad de captura podr3an afectar la poblaci3n de jurel. El m3todo considera la incertidumbre en todos los par3metros del modelo de evaluaci3n de stock. La incertidumbre en las estimaciones de par3metros del modelo fue evaluada a trav3s del algoritmo MCMC-Hasting Metropolis (Gelman *et al*, 1995). La proyecci3n se realiza a 6 a3os donde los reclutamientos consideran tres escenarios que corresponden a: (A) promedio de los 20 3ltimos a3os, (B) promedio de los 3ltimos 5 a3os y C) Modelo S&R de Beverton-Holt. El promedio de los 3ltimos 5 a3os supone que este nuevo nivel de reclutamientos representa la situaci3n actual del stock y determinar3 consecuentemente sus perspectivas de corto y mediano plazo. Las estrategias de explotaci3n analizadas consideraron las pol3ticas de tasa de explotaci3n constante y de captura constante a saber:



- Captura constantes con rangos entre 600 mil y 1,4 millones de toneladas anuales, y
- Tasas de explotaci3n constantes con niveles de captura entre 0,10 y 0,25 de la biomasa total a inicios de cada a1o.

En general esta 1ltima estrategia parece ser m1s adecuada en recursos variables como son los peces pel1gicos y adem1s permite desarrollar estrategias de recuperaci3n. Para cada escenario de an1lisis se consideraron como variables de desempe1o las siguientes:

- La raz3n de potencial reproductivo (RPR)
- La variaci3n de la biomasa futura respecto de la poblaci3n presente
- El riesgo de reducir el RPR bajo el 40%
- El riesgo de reducir el RPR bajo el 20%

Partiendo del 1ltimo a1o de la evaluaci3n de stock (2008) se tiene que la poblaci3n a inicios de los a1os siguientes son:

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1}e^{-M} - \hat{C}_{a-1,y-1}^{tot}e^{-0.5M}$$

Donde la captura est1 representada por:

$$\hat{C}_{a,y}^{tot} = \sum_f \mu_a^f N_{a,y} e^{-0.5M}$$

Entonces para la estrategia de captura constante la estimaci3n de la tasa de explotaci3n para cada flota quedar1 determinada por:



$$\mu_a^f = \frac{pQ}{BV^f} S_a^f$$

Donde p representa la proporci3n de la captura total para la flota f (0,1 en el norte y 0,9 en la zona centro-sur) y Q el nivel de captura fijado. En el caso de la pol3tica de tasa de explotaci3n constante, la tasa de explotaci3n por flota se define como

$$\mu_a^f = \frac{p\mu_x \sum_a N_a w_a}{BV^f} S_a^f$$

donde μ_x representa la proporci3n de biomasa total a inicios de a3os que se desea capturar.

El riesgo se define como aquella situaci3n indeseada para el manejo de la pesquer3a y corresponde a la probabilidad que la biomasa desovante futura (al t3rmino del horizonte de simulaci3n) disminuya bajo el 40% de la condici3n virginal ($RPR < 0,4$) que ser3a interpretado como el riesgo de no cumplir con un objetivo de manejo recomendado, y la probabilidad de colapso, entendida como el evento que la biomasa desovante futura se ubique bajo el 20% de la poblaci3n virginal ($RPR < 0,2$). De este modo, si definimos como x la proporci3n de biomasa que se desea conservar, las medidas de riesgo son:

$$p(BD_t < xBD_{F=0}) = p\left(\frac{BD_t}{BD_{F=0}} < x\right) = \frac{n(RPR_t < x)}{ntot}$$

Donde n es el n3mero de ocasiones donde se genera cierta condici3n y $ntot$ el n3mero total de r3plicas.



5. RESULTADOS

5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO No 1. “Revisar y analizar los indicadores provenientes de la pesquería nacional e internacional de jurel”

En este objetivo se resume, describe y analizan las principales piezas de informaci3n provenientes de los cruceros y de la pesquería que han sido empleadas para llevar a cabo la evaluaci3n de stock del jurel en Chile.

5.1.1 Capturas, desembarques y subreporte

En la evaluaci3n de stock se consider3 como “desembarque” del 2008 una captura esperada para Chile de 890 mil toneladas a la cual se suma la captura de la flota internacional obtenida al 2007. Esto significa una captura total esperada de 1.3 millones de toneladas para el 2008. El detalle de la informaci3n disponible de la flota internacional y por país se entrega en la **Tabla 9**.

Un aspecto importante de destacar es el aumento de la operaci3n de pesca de la flota de Talcahuano fuera de la ZEE en los últimos ańos. El aumento de la operaci3n de pesca en la cercanía de las 200 mn y fuera de este límite se explica por la mayor escasez del jurel en la zona costera, alcanzando las operaciones de pesca incluso hasta 700-800 mn de la costa. Como consecuencia se registra un aumento de la fracci3n de captura obtenida fuera de la ZEE, lo que se ilustra en la **Figura 14**, donde se observa que el nivel de las capturas obtenidas fuera de las 200 mn aumenta de manera importante desde el 2002, desde alrededor del 1% hasta un máxímo de 35 % en el 2003 y alrededor de 30% en el 2004 y 2005; en el 2006 disminuye a un 17% pero crece la fracci3n capturada entre 150 y 200 mn; y en el 2007 aumenta a aproximadamente un 50%. La mayor escasez en la franja costera se refleja en la disminuci3n importante de las capturas en la zona de



pesca hasta 50 mn de la costa, que cubrían un porcentaje cercano al 100% de la captura en años anteriores a 1990. Las capturas en la zona hasta las 200 mn disminuyen también a un nivel cercano al 50% durante el 2008, reflejando la escasez de jurel en ella y obligando a la flota de Talcahuano a salir más afuera. A julio del 2008 aproximadamente un 80% de la captura había sido obtenida fuera de la ZEE.

Es importante señalar que por primera vez la cuota no fue capturada totalmente en el 2007 y que las cifras de captura a septiembre del 2008 sugieren claramente que la misma situación se va a repetir en el año actual. En el 2007 se capturó sólo un 80% de la cuota fijada y se espera que esta fracción disminuya más aún en el 2008, la que probablemente no superará el 60% de la cuota fijada. La tendencia de la captura total es creciente debido a que las capturas de las flotas internacionales frente a Chile han sido crecientes. Sin embargo, por comunicaciones personales con delegados de la UE y China, durante la Reunión del Grupo de Trabajo Científico del OROP-PS en Canberra (Septiembre, 2008), se conoció que en la temporada de pesca del 2008 estas flotas tampoco alcanzaron los niveles de captura del 2007. No se sabe la fracción alcanzada pero la dificultad de capturar jurel también en el alta mar es una señal de preocupación.

Otro elemento considerado en el análisis es el posible subreporte del jurel por parte de la Caballa, la cual muestra un importante incremento en las capturas entre el 2001 y 2007 (**Figura 15**). Este aumento se observó en el norte y centro-sur de Chile, y particularmente en esta última zona a partir del 2004. La serie completa de capturas de caballa 2001-2007 son sumadas a las correspondientes capturas de jurel por regiones, con el objeto de evaluar los impactos en la evaluación de stock según se muestra mas adelante.



5.1.2 Composiciones de tallas de las capturas

De acuerdo con Bernal *et al.* (2008), entre 2002 y 2006 el n3mero de ejemplares medidos a nivel nacional a partir de los muestreos de longitud super3 los 150 mil ejemplares anuales; en el caso de los muestreos biol3gicos, el n3mero de ejemplares anuales medidos fueron 26 mil. Una excepci3n corresponde a los muestreos realizados entre los a3os 1997 y 2001, en los cuales se intensific3 este muestreo con el objeto de monitorear la cr3tica condici3n del recurso. Los puertos con el mayor n3mero de ejemplares medidos corresponden a Iquique, San Vicente y Coronel, los que a su vez son los m3s importantes en t3rminos de desembarque (**Tabla 10**).

Las composiciones de tallas de las capturas dan cuenta indirectamente de los principales procesos de la din3mica poblacional; reclutamientos, crecimiento y mortalidad. Particularmente en el jurel, las estructuras anuales registran claramente el paso de las principales cohortes que han sostenido la pesquer3a, como tambi3n la estratificaci3n espacial del recurso. En la zona norte, se registra la presencia de los juveniles del stock, con tallas modales menores que la zona centro-sur. La tendencia en esta zona ha sido a la disminuci3n progresiva de las tallas modales y promedio, concentr3ndose entre 20 a 26 cm (**Figura 16**). El 3rea al norte del 30^o LS es considerada una zona o h3bitat de crianza de juveniles de jurel (Arcos *et al.*, 2004). La zona centro sur presenta estructuras de mayor tama3o y registra claramente el paso de las cohortes fuertes del stock de los a3os 1980, 1986-87 y 1997-98, a3os que coinciden con los reclutamientos m3s importantes registrados en la pesquer3a. De 3stos, los dos 3ltimos fueron registrados en ambas zonas (**Figuras 16 y 17**).

La serie de tallas medias (**Figuras 18**) de las capturas por zona muestran por una parte, una sostenida reducci3n en la zona norte, y por otra, que existe un aumento



en la zona sur despu3s de la ca3da de la talla media en la zona norte, posterior a 1986-87. El incremento de la talla media en la zona centro-sur despu3s de 1999 obedecer3a al efecto combinado entre una orientaci3n de la flota por la b3squeda de mejores tama3os, y el 3ltimo reclutamiento ocurrido 1998-99. Registros previos muestran que durante a3os de anomal3as c3lidas, usualmente asociados a eventos de "EL Ni3o" (1982-83, 1987 y 1991) han ocurrido cambios en la distribuci3n espacial de varios grupos de tama3os de jurel (Elizarov *et al.*, 1993).

A nivel mensual, la zona norte registra una clara progresi3n modal, observ3ndose el paso de las clases anuales a trav3s del a3o. Cabe se3alar que no se observa el paso de clases a tama3os superiores de los 28 cm, tama3o desde el cual migrar3an de esta zona hacia el sur, con fines de integrar el stock adulto. Se observa que las clases se han incorporado a la pesquer3a a tallas cada vez m3s tempranas; en los a3os 2002-2003 a los 20 cm LH, a3os 2004-2006 a los 16 cm LH (**Figura 19a**). En la zona centro-sur, las estructuras mensuales registran mayor amplitud, con tallas modales desde los 26-28 cm LH y registros m3ximos hasta los 60 cm LH. En el caso de la zona centro-sur, a nivel mensual no se registra un crecimiento modal tan claro, posiblemente debido a la menor tasa de crecimiento y la mayor sobreposici3n de clases (**Figura 19b**). En 1998-1999 se registr3 la talla modal mas baja con 24 cm LH y desde ese entonces se han incrementado hasta los 33 cm LH.

Cabe destacar que tanto IFOP desde inicios de los setenta, como INPESCA desde 1992, desarrollan actividades de muestreo de manera independiente en Chile en diversas pesquer3as de las que destaca el jurel. Al respecto y con el objetivo de evaluar eventuales discrepancias en las composiciones de tallas de las capturas anuales de la VIII Regi3n obtenidas por ambas instituciones, se realiz3 un an3lisis comparativo considerando estad3sticos asociados tanto con la composici3n relativa a la tallas de Kolmogorov Smirnov para dos muestras (Marsaglia *et al.* 2003) como de las tallas medias. La simple inspecci3n de las composiciones de tallas de



las capturas sobrepuestas demuestra que las diferencias son m3nimas (**Figura 20**) y que existe una alta relaci3n lineal entre ambas si se consideran los diagramas qq-plot (**Figura 21**) lo cual indica adem3s que provienen de la misma distribuci3n. El resumen de este an3lisis se entrega en los estad3sticos contenidos en la **Tabla 11** que corrobora lo anterior, existiendo alta coincidencia para valores promedio, y valores m3nimos y m3ximos. Similar an3lisis fue desarrollado con el objeto de evaluar discrepancias entre las composiciones de tallas en los a3os ochentas entre la flota rusa y la flota Chilena que operaba dentro de la ZEE. Los resultados muestran que las composiciones de tallas son diferentes, debido principalmente al efecto selectivo, donde la flota arrastrera rusa vulneraba ejemplares en promedio m3s grandes respecto de la flota cerquera Chilena que hasta 1992 operaba en cercan3as de la costa (**Figura 22, 23 y Tabla 12**). Sin perjuicio de esto, el avance de las clases anuales fuertes a trav3s de las tallas tal como la observada en la pesquer3a a partir del a3o 1987 fue registrado en ambas fuentes de informaci3n, lo cual corrobora que el proceso de reclutamientos del jurel ocurri3 tanto dentro como fuera de la ZEE.

5.1.3 Composiciones de edad de las capturas y los cruceros

Las lecturas de otolitos recopiladas por IFOP datan desde inicios de los setentas y en general los tama3os de muestra no han seguido necesariamente la intensidad o fluctuaciones en la pesquer3a por zona. El n3mero de otolitos fue mayor en la zona norte hasta mediados de los noventa respecto de la zona centro-sur y probablemente exista un sobre-muestreo de otolitos en la zona norte provocada por una pesquer3a orientada a la anchoveta y de ah3 la oportunidad de coleccionar otolitos del jurel (**Figura 24**). Sin perjuicio de esto, de acuerdo con Ojeda *et al* (2008) se estima que el tama3o m3nimo de muestra est3 cubierto y por ende, cualquier variabilidad y tendencia por sobre este l3mite no debe ser considerado relevante. Como recomendaci3n del CHJMSAW, se propuso realizar un an3lisis tendiente a evaluar el natural error de lectura en la asignaci3n de edades en la



evaluaci3n de stock. Para estos fines una matriz de error de lectura fue modelada bajo el supuesto que la desviaci3n de la edad asignada pudiera ser proporcional a la edad verdadera del individuo, es decir, a mayor longevidad mayor nivel de error relativo. Como medida de dispersi3n se supuso un coeficiente de variaci3n del 20% y cuyo impacto en la evaluaci3n se muestra m1s adelante.

En cuanto a los resultados integrados en las matrices de captura, en la **Figura 25** se entrega la evoluci3n de las composiciones de edades de las capturas del jurel por flota entre 1975 y el 2007. En ellas se destaca que la poblaci3n de este recurso ha manifestado significativas variaciones en cuanto a las fuerzas de clases anuales que expresan con claridad la din1mica poblacional antes de 1995. En efecto, en los a1os 1986 y 1987 ingresan a la pesquer1a dos reclutamientos muy importantes, los que sin mayor presi3n de pesca generaron importantes niveles de excedentes de producci3n, produciendo con esto el aumento en biomasa y el fortalecimiento de los grupos de edades mayores a los 6 a1os.

Desde mediados de los noventa comienza un significativo deterioro de la estructura del stock adulto (mayores a 4 a1os) producto por una parte del exceso de pesca y por otra, del ajuste poblacional con escenarios de reclutamientos significativamente m1s bajos que los a1os 1986-87. Este deterioro se evidencia en la menor participaci3n de ejemplares adultos en las capturas principalmente en la pesquer1a centro-sur. Hacia los 1ltimos 5 a1os la pesquer1a de la zona centro sur se ha caracterizado por el envejecimiento de la estructura etaria producto del aporte de los reclutamientos relativamente buenos ocurridos los a1os 1997-1998 a la vez de una sistem1tica reducci3n de la proporci3n de ejemplares inmaduros, la que al no ser explicada por efectos selectivos sugieren el ingreso a la pesquer1a de clases anuales relativamente m1s d1biles.



Sin perjuicio de lo anterior, cabe mencionar que en la zona norte los a1os 2005 a 2007 estuvieron bien representados los grupos de edad 2, 3 y 4, respectivamente, lo que eventualmente pudiera traducirse en el paso de una buena clase anual, reflejada tambi3n en un aumento de los ejemplares de 4 a1os reclutados en la zona centro-sur del pa3s en el a1o 2007.

Cabe se1alar que las matrices de captura a la edad incluyen para el a1o 2008 la estructura disponible hasta abril para la zona norte y la zona centro sur. La captura considerada para este a1o es la esperada para la zona norte (I y II Regi3n), la III a X Regi3n y captura total. Tambi3n se incluye la captura de las flotas de bandera distante al a1o 2007 y que se repiten para el a1o 2008. Por su parte, la matriz de pesos incluye los pesos actualizados al 2007, valores que se repiten para el a1o 2008.

Por su parte, la estructura de edad de la abundancia estimada con el m3todo ac3stico para el per3odo 1999 -2007 se muestra en la **Figura 26**. Del examen de la estructura se deduce que en el per3odo 1999 y 2001 la edad 4 ha sido en general la dominante y que las edades 3-5 son las que concentran la mayor parte de la abundancia (60 a 90%). Sin embargo, en los a1os 2002 al 2004 la estructura se desplaza un poco a la derecha, siendo las edades 5 y 6 las edades modales, situaci3n que se mantiene en el 2005. En el 2006 las edades 6 y 7 son las edades modales y en el 2007 la estructura se desplaza totalmente hacia la edad 7 y mayores. Se destaca la desaparici3n de la edad 2 desde el 2002, el progresivo debilitamiento de la edad 3 desde el 2003 hasta su desaparici3n en el 2006, de la estructura de edad de las capturas tomadas durante los cruceros ac3sticos. Si bien se ven3a observando un desplazamiento hacia las edades mayores de la estructura de edad, el cambio en el 2007 es brusco, siendo importante el fortalecimiento de las edades mayores a 7. Este cambio es consistente con la composici3n de tama1os registrada en la pesquer3a de la zona centro sur para el mismo per3odo. Sin embargo, las capturas durante el



crucero no detectan similar proporci3n de las edades 4 y 5 (**Figura 27**). Cabe decir que los cruceros de hidroacústica detectan en general hasta la edad 14, las que no se detectan en el gráfico por un problema de escala y no son incluidas en el modelo.

Las estructuras de edad del crucero de evaluaci3n hidroacústica de mayo-junio del 2004 y 2005 y la estructura de la pesquería durante los primeros 5 meses del ańo se compara en la **Figura 28**. La diferencia es clara en los grupos de edad 7 y mayores, las que aparecen bruscamente reforzadas, puesto que en ańos anteriores tampoco es sugerida en los propios cruceros. El hecho que en el ańo 2005 la estructura del crucero vuelve a mostrar el patr3n hist3rico, es decir la importancia relativa de las edades 7 y mayores disminuye, sugiere que la estructura de la abundancia acústica del 2004 puede deberse al muestreo. Similar explicaci3n es posible para la diferencia observada en el 2006. Llama si la atenci3n la disminuci3n de las edades 2 y 3 en el 2005 y 2006 en la pesquería y tambi3n su baja representaci3n en el crucero de hidroacústica. En el 2007, esta situaci3n se acentúa en el crucero acústico puesto que las edades 4 y 5 tambi3n debilitan su presencia; la composici3n de edades de la pesquería en cambio se ve reforzada en estas edades pero probablemente por efecto de capturas obtenidas en zonas al norte de Valparaíso y no de la zona ecorastreada propiamente tal.

5.1.4 Captura por unidad de esfuerzo nacional e internacional

De acuerdo con los resultados obtenidos por Caballero y Aranís (2005), la CPUE aumenta linealmente con la capacidad de bodega (**Figura 29a**) y que el efecto mensual recoge la conocida estacionalidad de esta pesquería siendo mínimo de septiembre a diciembre (**Figura 29b**), en tanto que el modelo del éxito de captura (p) muestra una tendencia inversa a los desembarques y es creciente a partir de 1997 (**Figura 29c**). Por su parte, el efecto anual de CPUE (**Figura 29d**) muestra un sostenido incremento a partir de 1997, motivado presuntamente con el aumento de



eficiencia antes mencionado. Sobre este particular, durante el per3odo de m3ximas capturas y mayor tama1o de la flota (1990-1996), la eficiencia de esta pudo disminuir producto de la interferencia tecnol3gica y del incremento de la poblaci3n (Serra y Canales, 2007). Para los a1os m3s recientes, el esfuerzo de pesca de la flota ha disminuido significativamente pero ha mejorado su efectividad producto de mejoras tecnol3gicas y del ordenamiento en la operaci3n de pesca.

Si bien el proceso de modelamiento de la CPUE escapaba a los objetivos de este proyecto, cabe interpretar los resultados entregados por otros autores en relaci3n a los cambios de abundancia que ha tenido este recurso. En este sentido, la tendencia del 3xito de captura es contradictoria con un 3ndice de disponibilidad, esto si se considera el alejamiento de la zona de pesca y menor tama1o de los card6menes (C3rdoba *et al.*, 2005). Lo esperable es al menos una disminuci3n de disponibilidad hacia los 6ltimos a1os. As3, la variable “p” pareciera recoger de mejor forma las tendencias en eficiencia de la flota que generan cambios en capturabilidad y como tal, fue considerado para corregir la CPUE reportada por Caballero y Aran3s (2005), la cual mostraba una sostenida tendencia creciente hacia los 6ltimos 8 a1os.

La CPUE anual corregida (**Tabla 13**) mostr3 dos per3odos asociados con los cambios en el 3rea de operaci3n de la flota y del recurso. El primero de estos es creciente entre 1981 y 1992, per3odo que corresponde al desarrollo de la pesquer3a donde hubo un aumento en el tama1o de la flota y donde las zonas de pesca se ubicaban principalmente dentro de las 50 millas n3uticas (mn) de la costa. En el segundo per3odo 1993-2005, la operaci3n de la flota comienza a extender su operaci3n hasta 150 mn de la costa, y a partir del 2003 cubre de manera importante la zona m3s all3 de 150 mn de la costa (**Figura 30**). Durante toda la d3cada de los noventa, la CPUE disminuy3 y muestra una tendencia similar con la edad media de las capturas. La explicaci3n de este efecto es que la



reducci3n en la edad media de la poblaci3n explotable se refleja en las capturas, y se produce por la reducci3n en la abundancia de ejemplares grandes (Serra y Canales, 2007) y con esto, la disminuci3n de la biomasa relativa reflejada por la CPUE. No obstante lo anterior, una reducci3n de la edad media de la captura tambi3n puede ser observada luego de un gran reclutamiento. Desde el a3o 2001, ambas se3ales han mostrado un leve incremento (**Figura 31**).

Un supuesto importante del modelo de CPUE, es que la eficiencia de pesca al interior de una determinada categor3a de buques es invariante en el tiempo, lo cual no parece haber sucedido en la pesquer3a del jurel. El alejamiento de las zonas de pesca motiv3 una mayor eficiencia de la flota v3a la sustituci3n e incorporaci3n de buques m3s grandes, y la incorporaci3n de mejor tecnolog3a de detecci3n. De hecho, a fines de los 90 gran parte de la flota fue equipada con ecosondas EK-60 (A. Sep3lveda INPESCA, com. pers.) y con esto la probabilidad de encuentro deber3a haber mejorado de manera importante.

En relaci3n con las se3ales de abundancia relativa de flotas internacionales, se dispone de la serie de la flota rusa que oper3 en los a3os ochentas y m3s recientemente la flota de China. En este sentido, la serie de CPUE de la Ex Uni3n Sovi3tica muestra que el recurso durante todo el per3odo de operaci3n mostr3 una persistente disminuci3n conforme se supon3a que el recurso estaba en crecimiento producto de buenos reclutamientos ocurridos a mediados de los ochentas (**Figura 32**). Lo anterior aunque parcialmente inconsistente, puede estar relacionado con variaciones inversas en capturabilidad m3s que en abundancia, lo cual suele ser un comportamiento propio de recursos pel3gicos. Por su parte, la CPUE de la flota China muestra un comportamiento contrario a los cambios de la CPUE nacional despu3s del 2002 e incrementando de manera sostenida despu3s del 2003 fuera de la ZEE, lo cual es consistente con el aumento relativo de la biomasa ac3stica en esta regi3n y con ello un elemento que pudiera corroborar la



hip3tesis de cambio en distribuci3n. En efecto, despu3s del 2002 la se1al de biomasa cae significativamente dentro de las 200 mn y comienza el aumento relativo fuera de la ZEE conforme la flota China expande su 1rea de operaci3n hacia el oeste de la distribuci3n (**Figura 33**). Sin embargo, si la CPUE de la flota China refleja los cambios de abundancia, es propicio destacar que el aumento de los 3ltimos a1os lo ha logrado a costa de una significativa expansi3n del 1rea, lo cual pudiera ser interpretado contrariamente como mayor esfuerzo de b3squeda para lograr las mismas capturas y por ende variaciones en capturabilidad.

En base a lo anterior, es que en el proceso de evaluaci3n de stock la CPUE ha sido parcialmente omitida del an1lisis, producto de los notables cambios de eficiencia de la flota y capturabilidad del recurso en respuesta a la gran distribuci3n espacial que tiene este respecto de la flota. Esto amerita una profunda revisi3n y an1lisis antes de considerar la CPUE como 3ndice de abundancia v/s disponibilidad, al menos en pesquer3as como el jurel.

5.1.5 Cruceros hidroac3sticos y de densidad de huevos en la zona centro-sur de Chile

Los cruceros de evaluaci3n hidroac3stica del jurel en la zona centro sur han sido desarrollados por IFOP desde 1997 e INPESCA desde el 2002, siguiendo distintos dise1os de muestreo. La serie de IFOP es la que ha sido empleada para prop3sitos de ajuste del modelo de evaluaci3n y han sido desarrollados sobre una base estandarizada desde 1997 con el prop3sito de contar con un 3ndice comparable en el tiempo; esto es, se ejecutan en el mismo per3odo del a1o y con igual dise1o metodol3gico. Estos cruceros se efectuaron hasta el a1o 2002 en el per3odo mayo-junio y desde 32°40' S hasta 40° S, desde la costa hasta el l3mite de la ZEE. Sin embargo, desde el a1o 2003 se extendieron hasta las 400 millas n1uticas y hasta 43°S; en el 2006 se extendi3 incluso hasta 500 mn frente a Chilo3. Estos cruceros fueron iniciados bajo el supuesto que durante el oto1o la



mayor concentraci3n del jurel se encuentra dentro de la ZEE con prop3sito de alimentaci3n (Serra, 1991; Quiñones *et al.*, 1997).

Los resultados de los cruceros mostraron un aumento de la biomasa en la zona centro sur entre 1999 y 2000 seg3n C3rdova *et al.* (2001). Seg3n estos autores, este aumento de biomasa se explicar3a esencialmente por dos factores: el primero por un aumento en n3mero de un 20% y segundo, por crecimiento som3tico, crecimiento que es sugerido por el desplazamiento de la talla modal de 24 a 26 cm LH. La mayor estimaci3n de biomasa fue en el 2001 y fue de 5.95 millones de t, cifra ligeramente mayor a la del año anterior (5.6 millones t). Desde el 2002 (C3rdova *et al.*, 2002 y 2003) muestra una fuerte disminuci3n en la zona costera hasta las 200 mn.

Debido a la menor abundancia del jurel durante el primer semestre del 2002 dentro de la ZEE, la flota aument3 su operaci3n afuera de ella y principalmente al sur de 40°S (ver p3rrafo 2.2), obteniendo buenos resultados de captura. Esta situaci3n determin3 que desde el año 2003 los cruceros de prospecci3n ac3stica se extendieran fuera de la ZEE, detect3ndose importantes concentraciones de jurel entre las 200 y 400 mn y al sur de 40° LS. Esto determin3 que esta cobertura espacial se repitiera desde el 2004 y hasta el 2008, alcanzando hasta las 500 mn en el 2008, cruceros que confirmaron la existencia de una concentraci3n importante de jurel en esta zona durante este per3odo del año (C3rdova *et al.*, 2005 y 2006). Si bien no constituye una sorpresa la existencia de jurel fuera de la ZEE durante este per3odo del año s3 lo fue la cantidad detectada de acuerdo con el supuesto inicial (señalado en el primer p3rrafo), cabiendo destacar que la distribuci3n del recurso en el 3rea prospectada por los cruceros de los años anteriores, que en general cubr3an hasta 40°S, tampoco lo sugiri3. Es importante resaltar que esta situaci3n se mantiene para el 3rea entre el l3mite norte del crucero y aproximadamente los 40° S, que era el l3mite sur de la zona prospectada en los años anteriores al 2002. Para el año 2008 la biomasa estimada por ac3stica disminuye abruptamente a niveles muy



bajos. La biomasa total estimada disminuye por un factor de 6 con respecto al 2007, desde 3 millones de t a 0.5 millones de toneladas.

Los resultados de la hidroacústica, la dificultad presentada por la flota pesquera durante el segundo trimestre del 2003 para capturar jurel dentro de las 200 mn y el hecho que extendiera su operaci3n hasta las 700 - 800 mn de la costa en los últimos años, hizo pensar primero en la hipótesis de un cambio en la distribuci3n espacial del jurel, el que habría disminuido su disponibilidad en la zona costera para aumentar afuera de la ZEE. También se planteó que el jurel estaría migrando de manera anticipada de la franja costera de 200 mn (com. pers. J. C3rdova), comportamiento que se registraba a partir de agosto o septiembre en años anteriores y est3 asociado con la migraci3n hacia el 3rea de desove. En definitiva, para probar ambas tesis se realiz3 un crucero de evaluaci3n hidroacústica en marzo del 2006, el cual si bien estim3 una biomasa de jurel mayor (1.16 mill. t.; C3rdova *et al.*, 2006), no alcanz3 las cifras esperadas de acuerdo a lo estimado hasta el 2001-2002. Este resultado debilit3 fuertemente la tesis del cambio de distribuci3n y la de la salida anticipada del recurso de la zona costera de 200 mn.

Como se seÑal3 antes, los cruceros realizados antes del 2003 se extendían hasta aproximadamente 40° S y hasta las 200 mn. Resulta que la presencia de las concentraciones importantes de jurel detectadas desde el 2003 se localizan al sur de este límite y afuera de las 200 mn, por lo que resultaba improbable haber detectado antes la concentraci3n de jurel en esta zona. Por otra parte, la zona al sur de 40° S y al oeste del límite de la ZEE, donde se detect3 la alta concentraci3n de jurel, coincide con la zona de pesca de la flota de la ex – URSS durante esta estaci3n del aÑo y que en la 3poca reproductiva se traslada al norte de 40° S (Parrish, 1989). Este antecedente, m3s el nuevo aportado por los cruceros de prospecci3n hidroacústica desde el 2003, sugieren la existencia de una disponibilidad permanente del recurso en ella durante esta estaci3n del aÑo. Esto asimismo significa que el patr3n



migratorio del jurel entre las zona de desove y alimentaci3n descrito por Serra (1991), se debe extender para incluir tambi3n esta zona en la migraci3n tr3fica del jurel.

Para efecto de calibraci3n del modelo de evaluaci3n de stock la biomasa hidroac3stica se considera un 3ndice relativo. Esto se sustenta debido a que el 3rea prospectada por la hidroac3stica (zona hist3rica) es menor que el 3rea de distribuci3n del stock y por tanto no representa una estimaci3n de la biomasa total del jurel sino una fracci3n de ella. Asimismo, existen antecedentes que sugiere que el jurel se concentra principalmente a lo largo de la zona costera en el per3odo oto3o-invierno (Serra, 1991; Qui3ones *et al.*, 1997) y particularmente frente a la zona centro sur. Un problema que puede surgir es que pueden producirse cambios en la distribuci3n del recurso, lo que afectaría la biomasa disponible a la prospecci3n hidroac3stica en la zona de estudio original y que podr3a ser interpretado como cambio en la abundancia sin serlo realmente.

Por otro lado y en relaci3n con los cruceros de huevos y larvas desarrollados en esta misma 3rea, se destaca que la biomasa desovante del jurel se ha estimado de manera independiente de la pesquer3a con el "M3todo Diario de Producci3n de Huevos" (MDPH), en el marco de los proyectos FIP "Condici3n biol3gica del jurel en Alta Mar", conducido por INPESCA en el 3rea frente a la zona centro sur (32°-39°S) y hasta los 92°W. Se cuentan con estimaciones de la biomasa desovante para los a3os 1999-2001 y 2003-2007, siendo este 3ltimo a3o el m3s bajo de la serie con un promedio en torno a las 500 mil toneladas. La serie muestra una acentuada y sostenida reducci3n en el per3odo de an3lisis que no es f3cil explicar. En el per3odo 1999-2001 la biomasa estimada por el MPDPH promedio fue de 5,2 millones de toneladas y al 2003-2007 cae a un promedio de 2,0 millones de toneladas, lo que significa una reducci3n del 59% y es similar a las variaciones de biomasa observadas en los cruceros ac3sticos (**Figura 34**).



5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO No. 2: “Revisar y analizar los antecedentes e informaci3n biol3gica y oceanogr3fica disponible que permita formular un modelo conceptual de historia de vida y de la din3mica poblacional del jurel en su rango de distribuci3n geogr3fica en el Pacífico Sur”

En este objetivo se describen primero los principales aspectos oceanogr3ficos asociados con la distribuci3n del jurel y su pesquería, seguidos de una descripci3n y an3lisis de los par3metros biol3gicos del jurel y en tercer t3rmino, los antecedentes que han permitido formular las hip3tesis relativas a la estructura poblacional del jurel en el Pacífico Sur.

5.2.1 Aspectos oceanogr3ficos asociados con la pesquería del jurel

La variabilidad ambiental en el Pacífico Suroriental puede ser explicada principalmente por fluctuaciones intra-anales asociadas a la estacionalidad de la surgencia costera (Leth & Shaffer 2001, Rutland *et al.* 2002), variaciones inter-anales relacionadas con eventos El Niño/La Niña dynamics (alternancia de eventos cálidos y fríos) (Shaffer *et al.* 1999, Hormazábal *et al.* 2001, Escribano *et al.* 2004), y la variabilidad climática-oceanogr3fica decadal (Klyashtorin 1998, McFarlane *et al.* 2000, Yáñez *et al.* 2002). Estas fluctuaciones en las condiciones del ambiente, a diferentes escalas de variabilidad, pueden causar cambios significativos en los niveles de abundancia de recursos pesqueros. También se ha sugerido que estructuras de mesoescala como remolinos, meandros, filamentos y frentes pueden tener un efecto importante en determinar la distribuci3n y abundancia del jurel (Barbieri *et al.* 2004, Hormazábal *et al.* submitted), como ha sido establecido para otras pesquerías en el mundo (Nakatoka *et al.*, 2000).



Desde el punto de vista de la evaluaci3n de stock, el ambiente puede constituir un efecto detonador de importantes procesos poblacionales como el reclutamiento. En Chile, algunos intentos se han realizado para establecer una asociaci3n entre el ambiente y el reclutamiento de peces pel3gicos. Por ejemplo, para la sardina com3n de la regi3n centro-sur de Chile, Cubillos & Arcos (2002) muestran una relaci3n significativa y negativa entre el reclutamiento y las anomal3as de TSM durante el per3odo prerrecluta.

Por su parte, para el caso del jurel en Chile centro-sur, Cubillos *et al.* (2003) muestran, bajo el supuesto de la existencia de una relaci3n entre la TSM en el per3odo de desove y el reclutamiento, una correlaci3n espacial significativa ($r > |0.468|$, $p < 0.05$) para la regi3n entre 34°S-40°S y 80°W-90°W, coincidente con la distribuci3n espacial del desove (**Figuras 35 y 36**), sugiriendo que 3ndices ambientales como la TSM en la estaci3n de desove tienen el potencial de ser incorporados en modelos de evaluaci3n de stock y manejo pesquero. De igual manera, Arcos *et al.* (2001, 2004) determinan, para el 3rea de pesca de Chile central y centro-sur, la existencia de una fuerte asociaci3n ($r > 0,5$) entre la posici3n de la isoterma de 15° °C y la proporci3n de ejemplares de tama3o menor a los 26 cm en las capturas, siendo particularmente coincidente durante los eventos c3ldos El Ni3o (**Figura 37**), situaci3n similar a lo informado por Sep3lveda *et al.* (2003) para la isoterma de 16°C obteniendo un coeficiente de determinaci3n de 0,47 entre reclutas y la variaci3n meridional de la isoterma de 16°C (**Figura 38**); no obstante estos 3ltimos autores sostienen que, si bien este tipo de relaciones son auspiciosas, el que existan no-linealidades en la relaci3n y el reconocimiento de los variados procesos que ocurren desde el nacimiento de una clase anual hasta que esta recluta a la pesquer3a (2 a3os) hace complejo que el reclutamiento pueda ser predicho, en especial a niveles por sobre los 50x10⁹ individuos.



5.2.2 Parámetros biológicos del jurel

a) Lecturas de Edad

De acuerdo con los resultados encontrados por Cubillos *et al.* (1998), los otolitos utilizados para la interpretaci3n y asignaci3n de edad, provenían de jureles de talla entre 22 y 47 cm de longitud horquilla, con edades estimadas entre 1 y 11 años. La distribuci3n de la edad que se obtuvo a partir fue muy similar a la lograda con otolitos enteros, mostrando mayor variaci3n en las edades extremas. El rango de edad observado en las cuatro combinaciones (método-lector) fue prácticamente igual (9 años), exceptuando el lector 2 que al analizar otolitos seccionados asignó la edad 1 a dos de sus observaciones. Las edades promedio fluctuaron entre 5,3 y 5,9 años con varianzas muy similares (**Figura 39**).

En relaci3n con el sesgo, las comparaciones de las lecturas obtenidas con la aplicaci3n de cada metodologí a se presentan en las **Tablas 14 y 15** en relaci3n con el lector 1 que fue el más experimentado en la determinaci3n de edad en otolitos de jurel (personal de IFOP). La distribuci3n de las lecturas efectuadas por el lector 2 en otolito entero, con menos experiencia en lectura de otolitos de jurel, sugiere que éste sobrestima la edad, en tanto que en las otras comparaciones no se evidencia un sesgo importante.

Tanto con el porcentaje de error promedio (APE) como con el coeficiente de variaci3n (CV) se llega a conclusiones similares respecto al lector que presenta la mayor precisi3n al asignar la edad en jurel. En ambos métodos el lector 2, que corresponde a la misma persona, presentó el mayor CV, lo cual se relaciona con la baja experiencia de este lector en la asignaci3n de edad en jurel (**Tabla 16**). Se comparó entre métodos a los dos lectores más experimentados. Los resultados indican que al analizar el otolito entero los lectores presentaron una mayor



precisi3n entre ellos (CV = 9,9%), que al observar cortes de otolito (CV =12,8). Al comparar entre m3todos este 3ndice fue de un 10,1% (**Tabla 17**).

En dicho trabajo, el an3lisis de consistencia de marcas hialinas revel3 que las primeras tres a cuatro marcas hialinas son muy imprecisas, y probablemente no relacionadas con un anillo verdadero. A su vez, bajo el supuesto de que la tercera lectura de los otolitos realizadas por el lector 1 est3 identificando, en promedio, las marcas hialinas m3s n3tidas y marcadas, entonces se puede asignar una edad equivalente a los radios promedio seg3n los radios promedio a la edad, que comunicado algunos autores para *T. murphyi* mediante la t3cnica de lectura en otolitos enteros (**Tabla 18**). El m3todo de lectura en otolitos enteros utilizado por Gili *et al.* (1995) y Alegr3a *et al.* (1995) identifican la marca n3 4 como el primer anillo verdadero y la marca n3 6 como el segundo anillo anual verdadero, para posteriormente identificar como anillo anual todas las marcas hialinas siguientes. En el caso de Shcherbich (1991), su primera edad es coincidente con la 43 marca hialina, para posteriormente ser semejante a la de Kochkin (1994).

En realidad el n3mero de anillos o marcas supernumerarias es variable, incluso antes del primer anillo identificado como anual. Los anillos anujales se distinguen de las marcas por ser anillos o bandas plenamente visibles, con caracter3sticas de nitidez, grosor y de continuidad alrededor de la estructura del otolito. La validez de la formaci3n de los anillos anuales se basa en el an3lisis del borde del otolito, que demuestra la formaci3n de un anillo anual Aguayo *et al.*, 1981; Alegr3a *et al.*, 1995; Serra and Gili, 1995). La formaci3n de anillos anuales fue tambi3n comprobada con el an3lisis de anillos diarios, an3lisis que confirm3 la identificaci3n de los primeros dos anillos (Alegr3a *et al.*, 1995). Por otra parte, resultados preliminares de una revisi3n en IFOP, comparando la lectura de otolitos enteros con cortes transversales de los otolitos y “tostados” mostraron buena consistencia entre las dos t3cnicas de lectura para peces entre 5 y 9 a3os (**Tabla 15c**), lo que corrobora



la identificaci3n de los primeros. Estos resultados preliminares tambi3n muestra una diferencia en la lectura de ambos m3todos en las edades mayores, donde la lectura con otolitos enteros subestimar3an en aproximadamente un a3o las edades en los ejemplares m3s viejos. Sin embargo el efecto de esta subestimaci3n en la evaluaci3n de stock no ser3a importante, por estar estas edades poco representadas en las capturas y adem3s se confunden posteriormente en la matriz de captura-edad en el grupo de edad 12 (12+).

La bondad de las lecturas de edad por IFOP es demostrada tambi3n por la evidencia de clases anuales fuertes. Estas pueden ser seguidas con facilidad en la matriz de captura-edad a trav3s de los a3os, lo que ha sido hecho con las clases anuales excepcionalmente grandes de 1983 y 1984.

De esta forma se puede sostener que el otolito de jurel presenta una estructura anular compleja, ya que presentan anillos supernumerarios y bandas de anillos (Morales-Nin 1987, Kerstan 1995), las revisiones hechas dan una base razonable que las edades est3n bien estimadas.

b) Crecimiento en longitud

Cubillos *et al.* (1998) compil3 un conjunto de 22 par3metros de crecimiento en longitud disponibles para el jurel (**Tabla 19**). Sobre la base de una lectura cr3tica, fueron seleccionados solamente 8 estudios, cuyas longitudes promedio a la edad se comparan en la **Tabla 20**. Se observa que existe una secuencia de tallas medias a la edad consistentes, pero su posici3n depende de la interpretaci3n de los primeros anillos anuales de crecimiento y de la adecuada representaci3n de las edades de la poblaci3n en la muestra, lo que tiene tambi3n un fuerte efecto en la estimaci3n de los par3metros de crecimiento. Para compara el desempe3o del crecimiento, se utiliz3 los par3metros obtenidos por MIX para explicar la



composici3n por tallas anuales de jurel en diferentes zonas del Pacífico Sur (ver Arcos *et al.* 1998). La correlaci3n estadística se muestra en la **Figura 40**, donde se resume tambi3n el índice de desempeño del crecimiento promedio ($\bar{\phi}' = 2,722$). La longitud asint3tica mediana es de 74,3 cm de longitud horquilla, lo que permite una estimaci3n de $K = 0,095 \text{ a}\tilde{n}o^{-1}$. En los estudios de crecimiento disponibles (**Tabla 19**), los parámetros de Gili *et al.* (1995) es comparable a estos valores, i.e. $L_{\infty} = 70,8 \text{ cm LH}$ y $K = 0,094 \text{ a}\tilde{n}o^{-1}$. Una comparaci3n de los parámetros de crecimiento con otros representantes del género *Trachurus* (**Figura 41**), revela que el jurel *T. murphy* tiene un mejor desempeño en el crecimiento que sus equivalentes ecol3gicos (Cubillos y Arancibia 1995).

De este modo se puede indicar que el jurel es una especie de crecimiento lento y que puede llegar a ser muy longevo. Las edades máximas determinadas para el Pacífico sur oriental por investigadores chilenos y rusos es de 19-20 años (V. Bocic, com. pers.; ver Arcos *et al.* 1998). A su vez, el índice del desempeño del crecimiento indica que el jurel crece mejor que sus equivalentes ecol3gicos de aguas oligotr3ficas, con un índice de desempeño del crecimiento alto (Cubillos y Arancibia, 1995). El crecimiento en longitud de jurel es bien descrito por el conjunto de parámetros que estimó Gili *et al.* (1995), cuyas tallas promedio a la edad dan cuenta de la estructura de edad resuelta mediante el análisis de la composici3n por tallas en las capturas.

c) **Madurez sexual**

El jurel es una especie heterossexual, sin dimorfismo sexual visible o evidente. Es un desovador parcial con fecundidad indeterminada; se determina la fecundidad de la tanda y en sentido estricto el número de veces que desova cada individuo de la poblaci3n durante el período de reproducci3n es desconocido. Muchos trabajos han sido realizados para describir la talla de primera madurez y estos est3n resumidos en



la **Tabla 21**. Al menos dos problemas pueden ser identificados en los trabajos desarrollados: uno es la confusi3n con el concepto de primera madurez (LM) y el segundo las dificultades pr3cticas para obtener una ojiva de madurez representativa de la poblaci3n. Los trabajos contenidos en la **Tabla 21** muestran que la longitud de primera madurez varía entre 21 y 39 cm LH. La pregunta es entonces ¿ Que es lo que se entiende por primera madurez?. El jurel m3s peque1o que ha sido registrado como maduro sexualmente es de 21-22 cm LH (Serra, 1991; Oyarzún et al., 1998; Oliva, 2004) y todos los peces mayores de 29 cm LH son adultos y han desovado al menos una vez. De acuerdo con Adrianov (1987; in Arcos and Grechina, 1994) jureles de 23 cm LH fueron encontrados maduros y describen que la maduraci3n masiva de los jureles se produce entre 23 y 27 cm LH.

La conclusi3n es que muchos autores se refieren como primera madurez un estado en el cual el proceso de maduraci3n se est3 iniciando, es decir los ejemplares m3s peque1os registrados en proceso de maduraci3n. Por otra parte las tallas de primera madurez de 36 cm LH exceden la talla de 29-30 cm en la cual todos los peces han sido registrados maduros. El problema parece ser la gran distribuci3n geogr3fica del jurel y su distribuci3n diferenciada por talla (edad), que se dispersa alejado de la zona costera para desovar y por tanto existen dificultades pr3cticas para obtener muestras representativas de la poblaci3n para estimar las proporciones a la talla (o edad) en la cual los jureles est3n desovando. Por tanto para producir la ojiva de madurez se consider3 que los peces comienzan a desovar en 23 cm LH con edad 3; que el 50% ocurre a talla de 25 cm con edad 4; y que la mayoría de los peces a la talla de 29 cm y edad 5 desovaban; que todos los peces desovan a los 30 cm. El criterio de la talla del 50% fue tomado de Adrianov (op. cit.) y corresponde a la media entre 23 y 27 cm LH. La ojiva elaborada de esta manera calza bien con la de Oliva (2004) para peces muestreados en la zona norte y centro-sur de Chile pero adolece de la representatividad de las proporciones a la talla de peces maduros (**Tabla 21B**).



Sobre la base descrita y considerando la longitud media de los grupos de edad representados en la captura (no la edad a la talla de la función de crecimiento) la ojiva de madurez sexual (**Tabla 21C**) indica que peces sobre los 6 años están completamente maduros, y la edad de 4 años es la de primera madurez sexual. Un problema de esta ojiva es el desconocimiento que existe en el jurel sobre la proporción a la edad de los ejemplares que desovan. Todos los trabajos hechos tienen base en la talla.

Si la talla media de primera madurez sexual se compara con la longitud asintótica comunicada por Gili *et al.* (1995), i.e. $L_{\infty} = 70,8$ cm LH, entonces la razón $L_m/L_{\infty} = 0,35$. Esta razón es muy baja comparada con la de otros teleósteos (Pauly 1984, Froese y Binohlan, 2000, Jensen 1996), sin embargo para el jurel de California también se ha descrito que maduran a edad temprana, incluso se registran individuos maduros a edad 1 (aproximadamente 23 cm LH) (Nebenzahl, 1997). En consecuencia, el jurel es una especie que tiene una madurez temprana comparada con otras especies pelágicas (Beverton, 1963) y otros teleósteos.

d) Mortalidad natural

La aplicación del modelo empírico de Pauly (1980), genera estimaciones promedio de mortalidad natural fluctuaron entre 0,16 ($\sim 0,2$ año⁻¹) y 0,26 ($\sim 0,3$ año⁻¹), con un límite superior de confianza de hasta 0,53 año⁻¹ (**Tabla 22b**). Serra (1996) estima M usando también el método de Pauly y considera para ello las funciones de crecimiento de Kochkin (1994) y Gili et al (1995; in Alegría et al., 1995) y las temperaturas de la zona centro-sur de Chile. La temperatura considerada fue la de la profundidad en la cual se encontraban los jureles en los cruceros realizados entre 1991 y 1994 (Serra et al., 1994a y 1994b; en Serra 1996). Los valores de la mediana y los máximos fueron usados en los cálculos y el valor final adoptado fue



el valor medio y es $M = 0.23$. Este valor ha sido usado por IFOP en la evaluaci3n de stock del jurel.

Si se aplica el m3todo de Hoenig (Quinn and Deriso, 1999) M se estima en 0.23 y 0.22 con longevidades de 19 y 20 a1os. Mientras que con el m3todo de Alverson-Carney (Quinn and Deriso, 1999) el de M con los valores de K de las dos funciones de crecimientos indicadas arriba y una edad m3xima de 20 a1os es de 0.25 y 0.27 respectivamente. Es importante decir que este m3todo es muy sensible a los valores de K y de la edad m3xima. Con una edad m3xima de 22 a1os, que es factible que exista puesto que las especies del g3nero *Trachurus* se describen como longevas alcanzando edades hasta 30 a1os, el valor de M cambia a 0.22 y 0.24.

Otras estimaciones basadas en m3todos de curvas de capturas pueden ser consultadas en Arcos *et al.* (1998). En este trabajo, la estimaci3n de la mortalidad natural basada en los datos del B/I Academic Knipovich revel3 que la mortalidad natural m3s veros3mil fue de 0,3 a1o⁻¹ (**Tabla 23, Figura 42**). Por 3ltimo, la transformaci3n a edad y posterior an3lisis de curva de captura revela un cuadro diferente (**Tabla 24**), con valores de mortalidad natural bajos aunque con amplios l3mites de confianza.

Del an3lisis de los par3metros de crecimiento y madurez sexual, se desprende que el jurel es una especie de crecimiento lento, longevo y con madurez temprana, y considerando esto como fuente de incertidumbre (Vetter, 1988; Pascual e Iribarne, 1993) se ha recomendado una tasa de mortalidad natural en el rango 0,2 - 0,3 a1o⁻¹.



5.2.3 Hip3tesis de la estructura poblacional del jurel

Sin perjuicio de los avances y evidencias entregadas, el documento denominado "Research and management of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) exploited in the South East Pacific Ocean" (SUBPESCA, 2007) resume los principales elementos que sustentan la hip3tesis de trabajo Chilena y otras derivadas cuyos principales elementos se presentan a continuaci3n. Todos los trabajos presentados y detalles del reporte se encuentran en el sitio WEB de la organizaci3n (www.southpacificrfmo.org).

a) Unidad de stock del jurel frente a Chile dentro y fuera de la ZEE

Esta es la hip3tesis base empleada para la evaluaci3n del stock y el manejo de la pesquería del jurel frente a Chile y que fue propuesta en el taller FAO-ORPS. Los elementos que la sustentan son diversos, destacándose que los estudios dirigidos a identificar unidades de stock del recurso jurel en aguas chilenas comenz3 en los años 90 mediante estudios sobre patrones de vida, morfométricos, merísticos, parasitol3gicos y genéticos (Serra, 1991; George-Nascimento & Arancibia, 1992; Arancibia *et al.*, 1994; George-Nascimento *et al.*, 1994; Aldana *et al.*, 1995; Hernándeiz *et al.*, 1998; Oliva, 1999; George-Nascimento, 2000), así como también a través de estudios de variabilidad genética (Alay *et al.*, 1994; Galleguillos & Torres, 1988; Astorga & Galleguillos, 1998; Galleguillos *et al.*, 1998; Poulin *et al.*, 2004; Cárdenas *et al.*, 2005). Tales estudios han permitido concluir que, al menos para el área de operaci3n actual e histórica de la flota nacional y de la flota extranjera en la zona adyacente a la ZEE, la pesquería est3 sustentada por un único stock, denominado "stock chileno del jurel" el cual se extendería al menos hasta los 110 °W (**Figura 43**).



Una evidencia complementaria que confirma el resultado de los estudios anteriores, la constituye la informaci3n del muestreo de tallas de las capturas realizadas entre 1979 y 1991 por la flota chilena y la flota de la ex - URSS, que no s3lo demuestran las mismas composiciones de tallas, sino tambi3n el paso de los importantes reclutamientos que ingresaron a la pesquer3a los a3os 1982, 1986 y 1987 (indicado en flechas). Similar an3lisis se deduce de las composiciones de tama3os registrados en la zona norte de Chile para igual per3odo, corroborando la existencia de una unidad de stock frente a las costas de Chile y su proyecci3n mar abierto mas all3 de la ZEE (**Figuras 44, 45 y 46**).

Por otra parte y como consecuencia de los cambios en disponibilidad del recurso, la pesquer3a del jurel desarrollada por la flota chilena frente a la zona de desove (33°-40°S) presenta una marcada estacionalidad en las capturas, mostrando un incremento durante el per3odo oto3o-invierno, seguido de una posterior baja durante el per3odo de primavera que se prolonga hasta el verano del siguiente a3o (Arancibia & Cubillos, 1993) (**Figura 47**). Este marcado patr3n estacional est3 asociado al comportamiento migratorio de la especie durante los per3odos de desove y engorda. En efecto, Serra (1991) postula que *Trachurus murphyi* se agrega en grandes card3menes en la franja costera del Océano Pacífico Suroriental, entre los paralelos 32°-40°S, durante el per3odo oto3o-invierno, con el prop3sito de alimentarse (per3odo de engorda) y cuya dieta principal son eufausidos en el sector costero y copépodos en el mar abierto. A esta inmigraci3n hacia las costas de Chile le sigue una emigraci3n reproductiva hacia el mar abierto durante el per3odo primavera-verano, cuyo desove se inicia dentro de la ZEE chilena y culmina en áreas de alta mar (Serra, 1991; Grechina, 1992; Elizarov *et al.*, 1992), situaci3n que concuerda con lo se3alado por Serra *et al.* (1979) y por Arancibia & Cubillos (1993). Andrianov (1994) y Grechina *et al.* (1994) tambi3n se3alan que el jurel migra con prop3ósitos reproductivos hacia el noroeste y oeste a partir de octubre, y que su área principal de desove se encuentra entre los



meridianos 78°W y 105°W y entre los paralelos 38°S y 42°S, estando estos límites determinados por la posici3n que tome la isoterma de 16°C (Dejnik & Nevinskiy, 1994; Grechina *et al.*, 1994).

Este marcado patr3n estacional, reflejado por cambios en disponibilidad del recurso dentro y fuera de la ZEE y que condiciona la operaci3n de la flota chilena, ha sido tambi3n informado por Corten (2007), que señaala que la flota holandesa operando en el 3rea de alta mar aledaña a la ZEE chilena durante el año 2005 concentr3 su operaci3n durante el primer semestre en zonas adyacentes a la ZEE (jurel en alimentaci3n cerca de la costa), mientras que en el segundo semestre concentra sus capturas en zonas m3s apartadas de la costa, en respuesta al proceso reproductivo que realiza el jurel chileno mar afuera (**Figura 48**). Los procesos de inmigraci3n a la ZEE chilena y de emigraci3n fuera de ella, descritos precedentemente, no s3lo confirman la existencia de una unidad de stock, sino que otorga al jurel chileno la característica de un stock transzonal.

De igual forma, la informaci3n de la composici3n de las capturas muestra que el jurel chileno presenta una marcada segregaci3n por tamaños y edades a lo largo de la costa: mientras en la zona norte las capturas est3n constituidas principalmente de ejemplares inmaduros, hacia el sur de la distribuci3n o Convergencia Sub-ant3rtica (35°S y 40°S) existe una mayor representatividad de los ejemplares m3s grandes del stock (**Figura 49**). Con esta evidencia, Arcos *et al.* (2001) postulan que en la zona norte, preferentemente al interior de la ZEE, se ubica el 3rea principal de crianza del recurso, en tanto que la zona centro-sur, incluyendo la proyecci3n oce3nica fuera de la ZEE, constituye un 3rea de alimentaci3n y desove (**Figura 50**). Estudios m3s recientes proporcionados por Nesterov (2007) fortalecen dicha afirmaci3n, en cuanto a que las zonas con mayor predominio de individuos de 1 año de vida se ubican hacia el norte de los 30° S, lo que si bien representa informaci3n parcial recolectada fuera de la ZEE, permite



plantear que el grueso de la concentraci3n de pre-reclutas (1 a1o de edad) se extendería hacia el interior y norte de la ZEE chilena, como lo sugiere la continuidad de la distribuci3n entregada en la **Figura 51**.

b) Unidad de stock del jurel frente a Perú

Algunos estudios han sugerido la existencia de un stock peruano independiente al stock chileno (**Figura 52**). Esta hipótesis que es complementaria con la hipótesis de base ha sido planteada en base a la estacionalidad de las capturas, la composici3n de tallas de las capturas y estudios parasitarios que muestran diferencias significativas entre el jurel que se captura de Callao (Perú) al norte, y el jurel que se captura en el norte de Chile (Oliva, 1999). Los estudios reproductivos de Flores y Santander (1983) identificaron la principal zona de desove en el sur de Perú extendido entre los 16°00'S a 18°30'S. Similar evidencia lo reporta Nesterov (2007), en cuanto a que cruceros científicos de la Federaci3n Rusa (**Figura 53**) realizados entre el 2002 y 2003 habrían identificado una zona de desove principal frente a Chile central entre 85°W y 90°W, y otro secundario en la zona sur del Perú.

Más recientemente, Espinoza *et al* (2008) destaca lo anteriormente dicho en cuanto a que la pesquería del jurel en el Perú está representada por todos los tamaños de peces de la poblaci3n y con una tendencia a que los ejemplares mas pequeños de esta se registran en la zona sur del Perú (**Figura 54**), particularmente los años mas recientes en los cuales la pesquería se ha desplazado de Callao al Sur (**Figura 55**). Esto significa que existe un cierto grado de mezcla e interacci3n con el stock Chileno y cuyos límites están confundidos entre la zona norte de Chile y Sur del Perú.



c) Unidad de stock del jurel Chile-Perú

Esta hipótesis fue planteada en el seno del taller FAO-ORPS y favorablemente acogida por cuanto se reconoce que los principales procesos de la población reflejados en las composiciones de tallas del Perú han sido observados a lo largo de la costa Chilena, particularmente en cuanto a ciertas composiciones modales de tallas de las capturas que se repiten en Perú y Chile (**Figura 56**). En efecto, Espinoza *et al* (2008) indica que a juzgar por las composiciones de tallas de las capturas anuales del Perú, los años 1998 y 2005 se habría registrado el ingreso de buenos reclutamientos (**Figura 57**), lo cual coincide pero en distinta magnitud con lo registrado en la pesquería Chilena, particularmente en la zona centro sur.

Otros elementos que sustentan esta hipótesis son los proporcionados por Ñiquen *et al* (2008) y que se relacionan con cambios de largo plazo en las biomásas acústicas estimadas en Chile y Perú. De acuerdo con Ñiquen (op cit), durante la década de los ochentas y mitad de los noventas predominaron niveles de biomásas del orden de 4 millones de toneladas en promedio las que luego de un período de transición, la población se ajustó a valores significativamente mas bajos en torno a 500 mil toneladas (**Figura 58**), situación que también se traduce en la reducción del área de distribución del recurso en la zona Sur del Perú-Norte de Chile (**Figura 59**). De acuerdo con esto, el modelo de población propuesto reconocería la principal zona de crianza o juveniles en la zona sur del Perú y Norte de Chile, con los adultos distribuidos hacia los extremos de su distribución, es decir, de Callao al norte y de Antofagasta al sur.

d) El jurel como super-población

Esta hipótesis ha sido planteada por Grechina *et al* (2008) y extiende y generaliza la hipótesis del stock Chile-Perú a una escala espacial dominada por la



distribuci3n del jurel en el Pacífico Sur. Esta hip3tesis sugiere que toda la distribuci3n del jurel en el Pacífico Sur constituye una unidad de stock autosustentada, donde las unidades poblacionales locales se encuentran conectadas y relacionadas en el tiempo y espacio.

Los elementos que sostienen esta hip3tesis son en su mayoría de autores Rusos, basada en observaciones derivadas de la operaci3n de la flota Rusa y muestreos biol3gicos recopilados entre 1979 y 1991. Un importante resultado es la propuesta de un esquema generalizado de migraciones, principalmente oceánicas, del jurel durante su ciclo de vida (Elizarov *et al.*, 1992; Grechina, 1998). Este indica que en el sector oriental del área de distribuci3n habitan individuos de menor tamaño y edad que en el sector occidental. Los peces maduros, de 3 años y más de edad, crecen mientras migran en direcci3n general oeste, para prácticamente no regresar. En general, las migraciones del jurel pueden ser caracterizadas como progresivas (en direcci3n N-S-SW en la regi3n pr3xima a las costas de Sudamérica y E-W en la regi3n oceánica frente Chile centro-sur) y en espiral (cada círculo corresponde a un ciclo anual) y las que quedan condicionadas por las peculiaridades de la distribuci3n de las agregaciones en las temporadas anuales de engorda y desove (**Figura 60**).

El análisis de las estructuras anuales de tamaños del jurel, en capturas realizadas en diferentes subáreas del Pacífico Sur en las décadas 80-90 y de la distribuci3n espacial de los individuos juveniles (hasta los 20 cm de LH) en la regi3n del Pacífico Sur-oriental permite establecer claramente que las mayores concentraciones de los peces juveniles y, con una mayor frecuencia, se encuentran en aguas oceánicas adyacentes a las costas del norte de Chile y sur del Perú (Sepúlveda *et al.*, 1998; Dioses, 2007) (**Figura 61**).



De esta forma, al interior de la ZEE del norte de Chile y sur del Per3 se desarrolla la parte m3s vulnerable de la poblaci3n del jurel, que corresponde a la 3nica zona confirmada dentro de toda 3rea de distribuci3n que posee las mayores concentraciones de ejemplares prerreclutas y juveniles. En complemento a lo propuestos por Arcos *et al* (2002), Grechina *et al* (2008) propone un esquema conceptual de la formaci3n de la zona de crianza de jurel del desove oce3nico y su interacci3n con las zonas de engorda en 3reas de operaci3n de las flotas peruana y chilena (**Figura 62**).

Las investigaciones recopiladas permiten proponer que dentro del “Cintur3n de Jurel” habita una sola “superpoblaci3n del jurel” no obstante existen tres poblaciones (stock) aislados espacialmente que constituyen zonas de explotaci3n: en zona costera del Per3; frente las costas de Chile y en las aguas abiertas del Pacífico Sur. El concepto de una super-poblaci3n se explica porque dentro de la distribuci3n est3n presentes los peces en todas etapas de su ciclo de vida. Consecuente con lo anterior, se propone una estructura poblacional del recurso de jurel compuesta por cuatro subpoblaciones (**Figura 63**):

“*Subpoblaci3n Juvenil*”; habita dentro del “3rea de crianza”, entre 15°S-28°S y dentro de las primeras 200 mn. Se caracteriza por el predominio de los peces juveniles (menores de 4 a3os) hasta alcanzar su madurez sexual, y que son el resultado de desoves oce3nicos ocurridos en la subdivisi3n sur del Pacífico Suroriental (principal) y de aguas adyacentes del l3mite de ZEE del Per3 (secundario). Estos reclutas son la base y aporte hacia zonas con las concentraciones de adultos en direcciones Norte (hacia el Per3) y Sur-Suroeste (hacia Chile centro-sur y aguas oce3nicas adyacentes a la ZEE de Chile).



“*Subpoblaci3n Norte*”; del Pacífico Suroriental, habita en las aguas costeras y oceánicas del Perú hasta las 350 mn dependiendo de estaci3n del ańo. Aquí predominan los peces adultos entre los 25 y 40 cm de LT que en cierta fracci3n durante el período de desove realizarían migraciones en direcci3n Sur-Suroeste a lo largo del borde oriental de rama oceánica de Corriente Humboldt que se ubica hacia el límite de la ZEE del Perú y norte de Chile. Gretchina *et al* (2008) sugiere que una fracci3n de estos pulsos migratorios emigran hacia sectores oceánicos de la subdivisi3n sur del Pacífico Suroriental donde terminan su proceso de desove junto con los peces emigrantes de las regiones pr3ximas a las costas de Chile centro-sur, para posteriormente no volver hacia las zonas de su origen. Sin embargo, esto último carece de mayores observaciones y estudios concretos que lo permitan ratificar.

“*Subpoblaci3n Sur*”; del Pacífico Suroriental representa la zona de actividad pesquera mas importante de la flota Chile centro-sur y flotas internacionales entre 30°S-48°S y desde las costas de Chile hasta los 105°W-120°W. En las capturas predominan los peces adultos cuyos patrones de migraci3n ya han sido descritos, caracterizado además por el progresivo aumento de los tamańos promedios de los peces del Este hacia el Oeste y Suroeste del Pacífico Suroriental.

“*Pseudopoblaci3n Suroccidental*”; del Pacífico Suroccidental habita en aguas oceánicas entre 32°S-48°W desde 105°W-120°W hasta las costas de Nueva Zelanda y Tasmania. En las capturas predominan los peces adultos, mayores a los 30-35 cm en sector Este y mayores a los 45-50 cm de LH en sector extremo Oeste de la regi3n. Esta zona está conformada exclusivamente por los peces “emigrantes” de la “subpoblaci3n sur” y los cuales pasando el meridiano 120°W (en promedio) prácticamente no volverían más hacia los sectores orientales de la regi3n.



5.3 OBJETIVO ESPECÍFICO No. 3: “Formular e implementar un modelo de evaluaci3n del stock de jurel”.

Sin perjuicio de la validez de las hipótesis complementarias antes planteadas, en este trabajo se evalúan los cambios en abundancia del jurel bajo la hipótesis base que el recurso explotado frente a Chile y su proyecci3n desde la costa hasta los 120 ° W constituye una unidad de stock. En este sentido y conforme a la metodología y escenarios propuestos, en adelante se entenderá como modelo base aquel que considera que las variaciones negativas de las biomazas de cruceros responden a cambios en distribuci3n de la poblaci3n frente a la zona centro-sur de Chile en los últimos años.

Durante el desarrollo de este proyecto fue llevado a cabo un importante taller de evaluaci3n de stock con la participaci3n de dos destacados especialistas en esta materia; Dr. James Ianelli del NMFS y Dr. Mark Maunder de la CIAT. El reporte del taller se entrega en ANEXOS y determinaron en gran medida las mejoras y escenarios considerados en el análisis que sigue. Este taller permitió generar un catastro de informaci3n relevante para la evaluaci3n de stock que se resume en la **Tabla 25**.

En este sentido, el desarrollo de este objetivo se basa en una evaluaci3n de las principales fuentes de incertidumbre y se relaciona con los supuestos que en definitiva determinan cualquier evaluaci3n de stock. Para tal efecto se realiza un análisis de 33 escenarios de evaluaci3n de stock en base a diversas hipótesis de procesos, relaciones funcionales intermedias e informaci3n considerada. Seguido de esto, se analiza el desempeño de modelos estructuralmente diferentes en cuanto a la relaci3n de mortalidades por pesca (tipo Gulland o Pope) y en cuanto al nivel de agregaci3n de la informaci3n de composici3n de edades/tallas de las capturas. Como plataforma de trabajo base se emplea MATLAB 6.5, sin perjuicio



de similares corridas de modelos en SS2 y en ADMB ejecutadas tanto en el CHJMSAW como en tareas intersesionesales.

5.3.1 Enfoque de evaluaci3n del jurel y ajuste del modelo base

Previo al an3lisis que sigue a continuaci3n y con el objeto de optimizar el procesamiento de la informaci3n y del ajuste de los escenarios considerados, se dise1n3 una matriz de control de opciones donde el c3digo fuente escrito en MATLAB, gener3 un bucle y ajust3 los par3metros del modelo conforme a las distintas opciones indicadas en la matriz de control que se detalla en la **Tabla 26**. Aqu3, la opci3n 1 modifica las opciones del modelo en cuanto a las hip3tesis de contracci3n/distribuci3n del recurso; las opciones 2 a 4 introduce cambios en los supuestos de selectividad (log3stico v/s tipo domo), las opciones 5 a 12 modifican el nivel de importancia de la informaci3n v3a el coeficiente de variaci3n de las se1ales de abundancia relativa o los tama1os de muestras para las proporciones de captura a la edad; las opciones de 13 - 15 y de 17 - 19 y 22 controlan los cambios de hip3tesis de procesos; las opciones 16, 20-21 y 23-25 integran/excluyen nueva informaci3n.

Sin perjuicio del resto de los an3lisis de escenarios de evaluaci3n que se entregan mas adelante, se entregan los resultados del ajuste del modelo base a los 3ndices de abundancia que se resumen en la **Figura 64**, los que con excepci3n de la serie de biomasa desovante estimada por MDPH, el modelo reproduce adecuadamente las se1ales de biomasa ac3stica y CPUE y parece ser muy sensible al valor de la biomasa ac3stica del a1o 2008. En este mismo sentido y si bien la serie de la biomasa desovante estimada por MDPH parece consistente respecto de la disminuci3n de la se1al ac3stica, la pendiente es demasiado fuerte, no se explica por mortalidad y no se refleja en las variaciones observadas en las composiciones de edades de la captura de la flota centro sur. Al respecto, las



variaciones en las composiciones de edades de las capturas son reproducidas por el modelo de manera adecuada y capturan la fuerza de las principales clases anuales que pasaron por la pesquería. Sin perjuicio de esto, en general se observa que existe menor nivel de ajuste del modelo en los grupos de individuos incompletamente reclutados a la pesquería, lo cual obedecería entre otros factores a la variabilidad de los efectos selectivos y al error inherente en la informaci3n. **(Figuras 65, 66, y 67).**

En este sentido, la informaci3n de captura a la edad del crucero indica que el a3o 2007 hubo un importante cambio hacia ejemplares m3s longevos, de manera similar a lo registrado en la captura de la flota centro sur para el mismo perío3o del a3o. La informaci3n preliminar del 2008 indica que la moda en las capturas estuvo en torno los 6 a3os de edad y es lo que de cuerdo con el modelo en los cruceros se debiera registrar. Para el 2007 la estructura de edad de los cruceros present3 baja presencia de ejemplares menores a 7 a3os en contradicci3n a lo abrevado en las capturas centro-sur, situaci3n que genera cierto grado de conflicto en el ajuste del modelo el que finalmente producto del nivel de ponderaci3n en la funci3n objetivo, recoge de mejor forma la se3al de la pesquería.

Cabe destacar que la se3al de biomasa acústica es tratada m3s adelante en base a diferentes hip3tesis y modelos alternativos. La se3al de biomasa acústica es ajustada y describe la tendencia a la reducci3n poblacional, lo cual tambi3n es reflejado por la CPUE en el perío3o previo a la caída en la biomasa acústica 1995-2002. Cabe se3alar que con posterioridad de esta fecha el índice de CPUE es omitido debido al efecto en el r3gimen de operaci3n de la flota producto de la entrada en vigencia de la ley de límites m3ximos de captura por armador (LMCA), tema discutido antes en el párrafo correspondiente.



Tambi3n se puede destacar la bondad del ajuste del modelo a la informaci3n de composici3n de edades de las capturas en la zona norte y centro-sur, y de este como producto derivado la edad media de las capturas. En la zona norte, la edad media de las capturas se redujo de manera sostenida desde inicios de la pesquería hasta fines de los noventa, situaci3n que un tanto mas amortiguada tambi3n se reflej3 en las composiciones de edades de la zona centro-sur (**Figura 68**).

La bondad del ajuste del modelo es evaluada a trav3s del comportamiento de los residuales y de gr3ficos cuanti-cuantil (qq-plot) de las estructuras de edad de las capturas, estos 3ltimos 3tiles para determinar de manera r3pida si las dos muestras analizadas provienen de la misma distribuci3n. El ajuste del modelo para los datos de la zona norte muestra normalidad de los residuales y con mayor variabilidad a partir de la d3cada de los noventa que coincide con el perío do de las mayores variaciones poblacionales del jurel. A nivel de la edad se observa que dicha variabilidad disminuye hacia los ejemplares mas adultos por sobre los 5 ańos de edad, los que precisamente son menos representativos en las capturas (**Figura 69**). El gr3fico qq-plot muestra en general que los cuantiles se distribuyen en torno de la lnea esperada lo que indica que ambas variables provienen de una distribuci3n com3n (**Figura 70**). Por su parte, la informaci3n de edades de las capturas de la zona centro sur con menor variaci3n muestra normalidad de los residuales y mayor heterogeneidad en relaci3n con los grupos de edad y ańos analizados, lo cual se corrobora en el mejor desempeńo de los gr3ficos qq-plot presentados en la (**Figura 71 y 72**). En relaci3n con los residuales de los indices de abundancia, de la **Figura 73** destaca que solo la seńal de los cruceros MPH presenta una tendencia significativa e indica que al menos para esta pieza de informaci3n el modelo de observaci3n pudiera estar mal formulado, lo que de alguna manera ha sido "compensado" con un alto nivel de error ante la imposibilidad de comprender de mejor forma el proceso que gatill3 la dr3stica reducci3n antes seńalada.



5.3.2 Evaluaci3n del stock bajo incertidumbre de procesos e informaci3n

5.3.2.1 Modelo biomasa desovante-reclutas

Los supuestos en cuanto a las relaciones funcionales de los reclutamientos generan variaciones en la biomasa y status. En el proceso de evaluaci3n de stock, el modelo de error de proceso supone que los estimados de reclutas son variaciones estoc3sticas de una funci3n stock-recluta conocida.

Al respecto, se probaron las dos hip3tesis de trabajo (contracci3n v/s distribuci3n) bajo dos modelos stock-recluta. Los resultados indican que en general, una poblaci3n dominada por un modelo BD&R Ricker es m3s productiva respecto del modelo BD&R Beverton Holt, lo que es consistente con la teor3a (**Tabla 27**). Si bien las biomasa desovantes estimadas para el 2008 en ambas hip3tesis favorecen al modelo BD&R Ricker, el status del recurso parece ser independiente del modelo elegido. La biomasa desovante m3s reciente respecto de la virginal (equilibrio o din3mica) bajo la hip3tesis de cambio en distribuci3n se3ala que la poblaci3n actual se ubica en torno a 0,28 para el caso Ricker y bajo 0,24 para el caso Beverton-Holt, nivel muy inferior al recomendado de 0,4. Por su parte, la hip3tesis de contracci3n indica, para ambos casos, una condici3n de agotamiento del stock, con una biomasa desovante menor a 600 mil toneladas (**Tabla 27**).

El an3lisis anterior indica que el M3ximo Rendimiento Sostenido (MRS) para un proceso de stock-reclutamiento tipo Ricker se ubica por sobre los 2 millones de toneladas, en tanto que la misma situaci3n para un modelo Beverton-Holt el MRS es del orden de las 1,8 millones de toneladas. Si bien no existen evidencias cient3ficas para apoyar una relaci3n funcional tipo Ricker, la respuesta en verosimilitud sugiere una leve inclinaci3n a favor de este modelo. Serra y Canales (2008) emplearon este 3ltimo escenario bajo dos reg3menes de productividad y



señalaron, que desde inicio de los noventas la poblaci3n se ubica en un estado de baja productividad por lo cual el MRS estimado para dicha condici3n est3 en el orden de las 800 mil toneladas. Desde el punto de vista conceptual, una relaci3n funcional de este tipo (B&H) aparece como m3s probable que la de Ricker, donde la capacidad de carga del ambiente pone un l3mite al reclutamiento. Ambos modelos se muestran en la **Figura 74**.

Adem3s de lo anterior, bien se sabe que el modelo de Ricker se sustenta en evidencias de depredaci3n formulada especialmente en especies voraces como el salm3n y algunos g3lidos, y que no es el caso del jurel cuya principal dieta son los euf3usidos (Miranda et al, 1998; Medina y Arancibia, 2002; entro otros). Cabe señalar que la segregaci3n espacial de tamaños no se relaciona con procesos tr3ficos, sino obedece esencialmente a que en la zona centro sur predominan los individuos adultos que asisten el proceso de desove, mientras los juveniles se distribuyen en toda el 3rea de la pesquer3a.

En adelante y siguiendo la condici3n actual de la poblaci3n, los an3lisis relativos a las variaciones en biomاسas ser3n realizados en base al modelo Beverton-Holt, no obstante en el cap3tulo asociado con proyecciones de capturas en el largo plazo, se volver3 a evaluar el impacto respecto de los reclutamientos promedios de los 3ltimos años (Serra y Canales, 2008).

5.3.2.2 Sobre los supuestos

En la **Figura 75 y 76** se presentan las trayectorias de biomاسas desovante y reclutamientos en funci3n de cada escenario. La respuesta de los diferentes escenarios es notablemente robusta; para el 2008 todos los casos indican que la poblaci3n desovante se ubica bajo los 5,2 millones de toneladas. El escenario con menor valor de biomasa 2008 es el #19 con 532 mil toneladas, el cual considera



dos series de biomasa acústica independientes y proporcionales con la biomasa, y el mayor es el #3 con 5,2 millones toneladas que resulta de excluir del análisis la serie de biomasa acústica. La biomasa desovante promedio en el 2008 de todos los escenarios es de 2,9 millones de toneladas. Por su parte, los reclutamientos según escenario indican de manera consistente que los máximos registros se observaron para los años 1984-1986. Después de estos años, los reclutamientos variaron en torno a un nivel más bajo hasta fines de los noventa, para manifestar una tendencia decreciente hasta el año más reciente.

a) Pendiente h y coeficiente de variación del modelo S&R

La pendiente del modelo Beverton&Holt determina la productividad del recurso. Un valor de h elevado genera mayor producción biológica e independencia en los reclutamientos respecto del stock desovante, es decir, reclutamientos relativamente constantes del stock para un gran rango de variación de biomasa.

Los resultados muestran proporcionalidad entre la biomasa desovante y el valor del parámetro h asumido (casos #11, 12 y 13). En el caso $h=0,5$ la biomasa se estima en 2,8 millones y cuando se fija $h=0,9$ esta se estima en 3,4 millones de toneladas (**Tabla 28**). El valor de máxima verosimilitud de h fue 0,95 con un valor de biomasa en torno a 3,2 millones de toneladas. El valor de $-\log$ -verosimilitud indica que habría alguna preferencia por valores elevados de h , es decir, los reclutamientos varían de manera aleatoria en torno a un promedio con poca relación con el tamaño del stock desovante. En la **Figura 77** se presenta la distribución posterior del parámetro h e indica que la probabilidad que este sea mayor a $h>1$ es 0,29. Un valor mayor a $h=1.0$ significa que existe una relación B&H inversa entre reclutas y desovantes, es decir, los reclutas aumentan exponencialmente cuando la biomasa cae por debajo de un valor de biomasa



l3mite y tiende a cero. Este resultado es poco realista y se deber3a a que en el modelo de estimaci3n no fue considerado el par valor (0,0).

Por su parte, manteniendo fijo el modelo de reclutamiento y su pendiente, se obtiene que al reducir el error de proceso a $CV=0,3$ (#8) la biomasa desovante 2008 se eleva a 5,1 millones de toneladas, lo cual se debe a que el modelo resta importancia a las fuerzas de las clases anuales impl3citas en los datos de captura a la edad en los a3os m3s recientes, ubicando el valor de reclutamiento m3s pr3ximo al valor esperado del modelo. En la **Figura 78** se observa que mientras el escenario #1 (base) sugiere una tendencia a la baja en los reclutamientos, el escenario #8 los mantiene en torno a un valor esperado del modelo BD&R y que sobre-estima los reclutamientos respecto de la tendencia decreciente de los a3os m3s recientes.

b) Mortalidad natural (M)

Cambios en el valor de M o su estimaci3n en el modelo producen impactos en la biomasa del 2008 (**Tabla 28**). Un valor de $M=0,3$ (#9) genera un valor de 4,2 millones de toneladas con igual valor de verosimilitud respecto del escenario base cuyo valor de biomasa es 3,16 millones de toneladas. Por su parte, la mediana de los valores de M estimados en el proceso de ajuste del modelo de evaluaci3n fue de $M=0,25$ con rango de credibilidad al 95% entre 0,16 y 0,38 (**Figura 79**). El valor de biomasa generado con esta mortalidad fue 3,5 millones de toneladas y al igual que el caso anterior, el valor de verosimilitud fue similar a los otros casos analizados. Lo anterior indica que distintos estados de la naturaleza generan igual probabilidad de observarlos, y por ende se concluye que si bien la informaci3n empleada no permite establecer un valor de M preciso, nos permite conocer la regi3n en la cual se ubica. Este tema ser3 materia de an3lisis en las proyecciones del stock. La **Figura 80** muestra la diferencia en la estimaci3n de la BD con ambos valores de M.



c) Madurez sexual

Un escenario de madurez sexual mas tardía (#34) genera valores de biomasa desovantes menores al resto de los otros casos, producto del desplazamiento de la curva de madurez hacia ejemplares mayores los que son menos abundantes en la poblaci3n. Sin perjuicio de esto, en este escenario la raz3n de biomasa desovante respecto de referentes virginales est3n por debajo del 20% indicando con ello una situaci3n ca3tica de la poblaci3n. Sin embargo y a nivel de contraste de hip3tesis, este escenario genera un valor de log-verosimilitud mucho mayor al escenario base (70 puntos) indicando con ello que, condicionado al modelo que explica los datos, hay evidencias en contra del la hip3tesis de madurez tardía.

d) Selectividad

La selectividad refleja la forma en que la explotaci3n impacta a la poblaci3n en sus distintos grupos de edad. En la evaluaci3n de stock se asumen relaciones funcionales que en pocos casos han podido ser validadas. En el jurel se ha supuesto que en la zona norte existe un efecto de escape de ejemplares adultos hacia la zona centro-sur, lo cual se ha deducido a partir del examen de las composiciones de edades en las capturas de las diferentes pesquerías que muestran una distribuci3n diferenciada de las tallas y edades, distribuyéndose los de mayor talla y edad hacia el sur. Para la zona centro-sur se ha supuesto que predomina un efecto logístico tanto en la flota como en los cruceros acústicos, pero se tienen dudas si existe escape o no de los ejemplares más longevos. Se analizan cuatro escenarios de selectividad que incluyen tanto a la flota como a los cruceros de evaluaci3n hidroacústica (ver **Tabla 28**).



Los resultados muestran que las variaciones en biomasa desovante fluctúan entre 2,9 millones de toneladas, para el caso en el cual el crucero asume un patr3n selectivo tipo domo (#16), y 3,5 millones de toneladas cuando la flota centro-sur tiene selectividad tipo domo (#14). De los cuatro casos analizados, incluyendo el escenario base, se tiene que la mejor respuesta en verosimilitud corresponde a este 3ltimo caso. Sin perjuicio de esto, se observa que en ambos casos, han existido cambios importantes en la selectividad de la flota en los bloques de ańos identificados. La **Figura 81a y 81b** muestra que al inicio de la pesquería centro sur los ejemplares mayores a 9 ańos estaban menos disponibles, quizás por el menor radio de operaci3n de la flota. Durante gran parte de los 90s, la edad de primera captura se reduce significativamente (4 ańos) y se mantiene el escape a partir de los 9 ańos. M3s recientemente, probablemente por la carencia de reclutas se orienta la selectividad a peces m3s adultos (7 ańos de edad) con un escape por sobre los 8 ańos de manera m3s gradual.

La **Figura 82** muestra que el supuesto de selectividad tipo domo ya sea en la flota centro sur (#14) o en todas las flotas (#17) generan los mayores estimados de biomasa desovante y reclutamientos particularmente hacia fines de los ochenta e inicios de los noventas. El mayor nivel de stock se debe a que el escape a la explotaci3n de ejemplares adultos es mayor en el segmento de edades 4+. Los reclutamientos altos en estos escenarios suceden los ańos 1986-1987 y explican los mayores niveles de biomasa desovantes los ańos 1990-1991.

e) Procesos espaciales

Serra y Canales (2007) formularon dos hip3tesis en relaci3n con los cambios observados en las biomasa ac3sticas: cambios en distribuci3n del stock o contracci3n de la distribuci3n espacial de la misma por disminuci3n de la biomasa, las cuales han sido levemente modificadas en cuanto a su formulaci3n matem3tica.



Se considera como escenarios base el relativo a cambios en distribuci3n (#1) y se le compara en relaci3n al proceso de contracci3n (#26) y variantes indicadas entre los escenarios #18 y #23. Los resultados se~alan variaciones que van desde las 500 mil toneladas en el escenario #18 (hiper-reducci3n dentro de las 200 mn para toda la serie acústica desde 1997) a 2,3 millones de toneladas obtenidas en el escenario #22 (proporcionalidad de biomasa en los rangos 0-200; 200-400 mn excluyéndose el dato 2008 dentro de las 200 mn).

Los resultados obtenidos son muy sensibles al crucero 2008, dato que en general provoca estimaciones de biomasa mäs bajas (**Tabla 28**). Exceptuando el escenario #21, la hip3tesis de contracci3n con sus modificaciones se~ala una condici3n depauperada o de agotamiento para la poblaci3n del jurel (#18, #20, #23, #26) en las cuales la biomasa desovante se estima menor a las 660 mil toneladas. Sin perjuicio a que no es factible realizar deducciones basados en el valor de la funci3n de $-\log$ verosimilitud debido a que no en todos los casos se mantiene el nümero de parámetros o base de informaci3n, las gráficas indican que los escenarios base #1 y #26 son los que de mejor forma se ajustan a la informaci3n (**Figura 83**).

Cabe destacar los escenarios #20 y #23 que incorporan tendencias complementarias en los coeficientes de proporcionalidad de la biomasa estimada por el modelo de evaluaci3n con la biomasa estimada por acústica dentro y fuera de la ZEE. Estos escenarios reflejan de mejor forma las tendencias de la informaci3n respecto de los escenarios sugeridos en el taller de evaluaci3n de stock del jurel (CHJMSAW) (#18 y #19) (**Figura 83**). Los coeficientes de proporcionalidad inicial estimada dentro de las 200 mn fue de 0,76 el a~o 1997, la cual habría disminuido exponencialmente a 0,03 al a~o 2008. Complementariamente, la capturabilidad del recurso fuera de la ZEE (200-400 mn)



se habr3a incrementado exponencialmente en casi 40 veces en el per3odo 2002-2008 (**Figura 84**).

f) Condici3n de la poblaci3n inicial

Se evaluaron los impactos que pudieran tener en las estimaciones de biomasa, los diferentes supuestos formulados en relaci3n con la poblaci3n en 1975. En estos a3os solo se dispone de informaci3n de composici3n de capturas lo que no nos permite establecer los niveles de la poblaci3n con mayor confianza.

Los escenarios #24 y #25 consideran lo anterior en cuanto a definir la estructura de edades y los par3metros de la relaci3n BD&R. Suponer que solo la estructura de edades de la poblaci3n 1975 estaba en equilibrio (#24) genera una biomasa al 2008 de 3,2 millones de toneladas. Por el otro lado, suponer una condici3n virginal inicial condiciona la estimaci3n de los par3metros del modelo BD&R y determina una biomasa desovante 2008 menor y de 2,4 millones de toneladas (#25). Las trayectorias de las estimaciones de BD y reclutamiento se muestran en la **Figura 85**. Se observa que todas reproducen el crecimiento del stock y que convergen a valores similares hacia el 2008. De esta forma, la respuesta en verosimilitud se inclina a favor de este 3ltimo caso aunque con poca fuerza estadística, lo que en definitiva no es significativamente diferente del caso base.

g) Importancia de la informaci3n. Hiper-priors

Una materia que puede ser de controversia es el nivel de importancia que le son asignadas a las distintas piezas de informaci3n de estructura de edad. Mientras investigadores del NIWA (Nueva Zelanda) prefieren tama3os de muestra efectivos menores a 50 (C. Francis, com. pers.), cient3ficos de NOAA emplean tama3os de muestra en orden de cientos (J. Ianelli, com pers). Serra y Canales (2008)



establecieron tama1os muestrales considerando su relaci3n respecto de distintos niveles de error, y de igual forma, los valores de coeficiente de variaci3n para los 3ndices de abundancia fueron tomados a partir de las desviaciones de los residuos logar3tmicos obtenidos por el modelo.

En el presente an3lisis se analiza de manera individual el efecto de las distintas fuentes de informaci3n en las estimaciones poblacionales. La metodolog3a consiste en que la informaci3n de composiciones de edades de capturas e 3ndices de abundancias es eliminada del ajuste, y se mide el efecto en las variaciones en la biomasa desovante y los reclutamientos.

En general se obtiene que, eliminando cualquier 3ndice de biomasa relativa (CPUE, Ac3stica o MDPH), las biombras estimadas al 2008 sufren mayor impacto relativo respecto de prescindir de las composiciones de edades de las capturas (**Tabla 28**). En general, omitir 3ndices de abundancia genera mayores estimados de biomasa. El mayor impacto se consigue al eliminar toda la serie de biomasa ac3stica (#3), lo que genera una biomasa desovante al 2008 de 5,2 millones de toneladas que es mayor en un 64% al escenario base, en tanto que el menor impacto se genera al omitir la se1al de CPUE, lo cual revela la baja importancia que tiene este 3ndice en el modelo de estimaci3n.

Por el otro lado, la biomasa mas baja (2,3 millones de ton) se obtiene al prescindir de la composici3n de edades de la flota norte (#5), lo cual es equivalente a realizar un modelo agregado sin diferenciar efectos selectivos entre flotas, pero donde la composici3n de edades de la captura centro sur supone representa la estructura de edades de toda la pesquer3a.

Particular interpretaci3n se debe realizar en el caso donde se omite la composici3n de capturas de la zona centro sur (#6) y se le asimila un efecto selectivo igual al



del crucero acústico. En este escenario, la biomasa inicial (1975) es la máxima obtenida y se debe exclusivamente al efecto selectivo del crucero que previo al 2005, señala que el 50% de retención se obtiene a una edad de 3,5 años y al 100% a los 5 años de edad (**Figura 86**). Esto determina que los reclutamientos para los 5 primeros años sean mayores al resto de los escenarios. De igual forma y aunque en menor grado, este caso recoge la variabilidad histórica de los reclutamientos, lo cual indica que la composición de capturas de la zona norte es consistente en dinámica con la zona centro-sur, aunque también hay que considerar el efecto de la estructura de las biombras estimadas por cruceros acústicos para su período de influencia.

h) Incorporación de nuevas series de índices de abundancias y uso de biomasa acústica estimada por INPESCA

Se probaron nuevas series de índices de abundancia relativa como son la CPUE extendida de la flota Chilena centro-sur 1981-2002, la serie de CPUE rusa de los años ochentas y la CPUE de la flota China de los años más recientes. Además, se evaluó la respuesta del modelo al cambio de la señal acústica de IFOP por la de INPESCA cuyo resumen se muestra en la **Figura 87** y **Tabla 28**. Estos escenarios corresponden a #28, y del #30 al #33 e indican que incorporar todas las series de CPUE (#30) producen valores de biomasa levemente mayores respecto del modelo base, y que excluir de estas solo la CPUE centro sur extendida (#31) produce valores similares al modelo que considera la señal acústica de biombras de INPESCA (#28) (en torno a 4,2 millones de toneladas de desovantes al 2008). Lo anterior es producto de la tendencia al aumento que presenta la CPUE China los últimos años y que en magnitud es similar al escenario de considerar un valor de $M=0,3$ (#9). En este mismo escenario, el menor valor de biomasa (2,4 millones de ton) se obtiene precisamente cuando se excluye la señal de CPUE de la flota China (#32).



Menci3n especial merece el escenario del probable subreporte de caballa, el que habr3a aumentado en promedio los desembarques de jurel en 400 mil toneladas en el per3odo 2001-2007. Esto corresponde al escenario #27 y genera un aumento de la biomasa en ese per3odo que se traduce al 2008 en 3,6 millones de toneladas, cifra similar al que se obtiene al sustituir la se1al ac3stica (#28). Esto se explica porque el nivel de la poblaci3n debi3 haber sido mayor para poder sustentar ese nivel de subreporte, y de paso explicar los cambios observados en los 3ndices relativos de abundancia y composici3n de edades de las capturas. En este escenario, la funci3n de verosimilitud mantiene el mismo valor del modelo base.

i) Error de lectura de edades y sub-reporte de las capturas

Existe un error de lectura de edades en las matrices de capturas como un fen3meno natural y esperable en todo proceso de observaci3n. La cuesti3n es que este nivel de error sea lo suficientemente reducido o de bajo nivel relativo como para que no intervenga de manera significativa en los resultados de una evaluaci3n de stock.

En este an3lisis se simul3 una matriz de error supuesta de distribuci3n normal (ver **Tabla 29**) la que fue incorporada en la evaluaci3n de stock conforme a lo descrito en metodolog3a. El resultado en cuesti3n se resume en el escenario #29 e indica que para el a1o mas reciente el valor de la biomasa desovante es significativamente mas bajo respecto de la situaci3n base (#1). La biomasa estimada se ubica en torno a 2,4 millones de toneladas que es un 23% menor de la biomasa estimada en el modelo base. El menor valor de biomasa se registra en todos los a1os sin perjuicio que mantiene la misma tendencia que el modelo base, resultado que concuerda con los resultados obtenidos por Reeves (2003). Otro



hecho destacable es que este escenario genera reclutamientos con mayor variabilidad respecto del modelo base, sin perjuicio que se verifican con mayor intensidad general los a1os con grandes clases anuales como 1986-87, 1998, 2000 y 2005 (**Figura 88**).

j) An1lisis retrospectivo

Otro ejercicio interesante es evaluar el impacto que tienen los a1os m1s recientes en la incertidumbre de los estimados de abundancia lo cual a menudo es evaluado a trav1s de un an1lisis retrospectivo. Un an1lisis retrospectivo est1 orientado a evaluar el nivel de sobre o sub estimaci3n del modelo en los a1os m1s recientes, y si esto es un hecho sistem1tico o err1tico como respuesta al grado de dependencia de los 1ltimos a1os/datos de la serie. Para este prop3sito, fueron excluidos sistem1ticamente los 1ltimos a1os hasta llegar al 2003 y para cada nuevo set de datos, el modelo base fue ajustado nuevamente. Los resultados se resumen en la **Figura 89**, de la cual destaca que el modelo no presenta tendencia sistem1tica de sub o sobre estimar la biomasa y reclutamientos en los a1os m1s recientes, sino un desempe1o m1s bi1n err1tico y particularmente influenciado por los 1ltimos a1os de informaci3n. La evaluaci3n con datos al 2008 est1 influenciada por el crucero ac1stico del mismo a1o, esto deducido de la trayectoria de biomasa que incrementa su pendiente a la baja respecto de datos hasta el 2007. Por su parte, de los reclutamientos se destaca que solo en la 1ltima evaluaci3n la tendencia a la baja en los reclutamientos es m1s evidente, y que en todos los casos se destaca la aparente buena clase anual reclutada el 2005 adem1s de los grandes reclutamientos ocurridos durante los ochentas.



5.3.3 Evaluaci3n de stock con modelos agregados a la edad pero de diferente estructura de mortalidad e informaci3n de composici3n de las capturas

Se analiz3 el desempe1o de un modelo alternativo agregado en el cual no se discriminan flotas y es ajustado alternativamente ya sea a la informaci3n de composici3n de tallas de las capturas (fuente: INPESCA) o a la composici3n de edades (fuente: IFOP). Este modelo adem1s fue alternado en la estructura del proceso de sobrevivencia ya sea con la aproximaci3n Pope (modeloU) o con mortalidad total tipo Gulland (modeloF). Este 1ltimo considera como referente el propuesto por INPESCA y difiere en cuanto al valor de mortalidad natural empleado ($M=0,23$) y a la modelaci3n de la selectividad que sigue una formulaci3n funcional log1stica por bloques de a1os como la empleada por IFOP. Adem1s de esto, y conforme al modelo de INPESCA, la evaluaci3n se inicia a partir de 1982 y no se incluyen las composiciones de tallas o edades de los cruceros y su selectividad es supuesta similar al de la flota. Se consideraron adem1s los mismos supuestos en cuanto a la condici3n inicial y desviaciones est1ndar en las funciones de verosimilitud, y que en la estructura de la funci3n multinomial de las composiciones de tallas de las capturas le fue asignado un tama1o de muestra efectivo de $n=100$ y en edades $n=150$. Adem1s de esto, se emplea un 1nico vector de pesos medios a la edad estimado a partir del modelo de crecimiento en edad y la relaci3n talla-peso.

Un ejemplo de los ajustes de los modelos a composiciones de edad y talla de las capturas se presentan entre las **Figuras 90 y 97**. En general, la calidad de estos ajustes en las composiciones de tallas y edades de la captura es mejor respecto de los 1ndices de abundancia de ac1stica y MPH, lo cual se debe a que en la funci3n de densidad tipo log-normal empleada se asumieron altos niveles de error expresados en coeficientes de variaci3n de $cv=0,4$ y $cv=0,7$, respectivamente. En t1rminos comparativos, el modelo que considera la composici3n de edad (medades) de las capturas ajust3 de mejor forma las se1ales en casi todos los



índices empleados, y cuyo detalle se entrega en la **Tabla 30**. según se deriva de los valores de la contribuci3n marginal a la log-verosimilitud.

En relaci3n con las variables poblacionales, los resultados muestran que en general entre modelos analizados no se observan diferencias tanto en las tendencias de la poblaci3n como entre estructuras de modelos, pero si del empleo de las composiciones de edades o tallas empleadas en la modelaci3n. De acuerdo con la trayectoria de la abundancia total (**Figura 98**), la informaci3n en tallas produce en general estimados de abundancia menores respecto de la informaci3n de edad de las capturas. Comparativamente con el modelo base (en edades tipo U), los modelos en edad tipo F o tipo U agregados tienen mayor similitud que si se consideran los aplicados a la informaci3n de tallas. Particularmente los últimos 4 años de evaluaci3n, los modelos basados en tallas subestiman de manera importante la poblaci3n si se considera como referente el modelo base.

A nivel de reclutamientos (**Figura 99**), los modelos reproducen en menor o mayor grado las fluctuaciones de las clases anuales, particularmente en aquellos años identificados de ingreso de buenas clases anuales como las registrada a mediados de los ochentas y fines de los noventa. Sin embargo, la informaci3n de tallas genera mayor variabilidad en los reclutamientos respecto de la data en edad. Cabe destacar que el modelo que emplea informaci3n de edades sugiere que el 2005 hubo una buena clase anual, la cual no se advierte de la modelaci3n a la informaci3n de composici3n de tallas. Sin perjuicio de ello, para los 6 últimos años todos los modelos advierten la drástica reducci3n de los reclutamientos.

Como consecuencia de lo anterior, los niveles de biomasa total de individuos 2+ resultan significativamente menor en el modelo basado en tallas respecto del modelo basado en edades (**Figura 100**), con valores para el 2007 en torno a 7,5 millones de toneladas en los modelos basados edad y 3,2 millones en los modelos



basados en tallas. Los modelos (F y U) agregado en edad siguen muy de cerca las tendencias y valores de las biomazas registradas por el modelo base desde 1993 al 2007, en tanto que hacia atrás los estimados de biomazas son menores respecto del modelo base.

Las diferencias en los niveles estimados por uno u otro modelo se deberían a los efectos selectivos y mortalidad por pesca, estas ultimas mayores en el modelo basado en tallas respecto del basado en edades. Los resultados muestran que a inicios de la serie y hasta inicios de los noventa, la explotaci3n segun el modelo m-tallas estuvo orientada a ejemplares mas jóvenes respecto del modelo m-edades y significa que a igual mortalidad por pesca, este último modelo genera mayor sobrevivencia. En efecto y con independencia del modelo, hasta la primera mitad de los noventa predominó una explotaci3n orientada a ejemplares adultos por sobre los 6 años de edad, situaci3n que se revierte significativamente con la reducci3n poblacional ocurrida en este mismo período. A partir de la segunda mitad de los noventa la flota concentró su esfuerzo sobre ejemplares más jóvenes y en donde ambos modelos no presentan grandes discrepancia en cuanto a la selectividad. Sin embargo y con una poblaci3n de menor magnitud en el modelo m-tallas, la mortalidad por pesca 2+ que habría soportado el stock en este período es mayor respecto del modelo m- edades (**Figura 101**).

Como corolario de lo anterior, se puede indicar que la estructura de la mortalidad por pesca en este tipo de modelos, es decir, desagregada por flotas (modelo base) v/s informaci3n agregada con aproximaci3n tipo-F o tipo-U, no es determinante en la evaluaci3n de stock, sino la composici3n de la captura que sea analizada. En este ejercicio y bajo el mismo esquema de modelaci3n y solo alternando informaci3n de la estructura de las capturas, se obtienen resultados muy diferentes, siendo los mas pesimistas (o bajos) los que consideran la composici3n de tallas de las capturas.



5.4 OBJETIVO ESPECÍFICO No 4: “Establecer un diagnóstico del recurso y analizar las consecuencias para la poblaci3n ante posibles incrementos en las tasas de capturas y cuotas de pesca”.

5.4.1 Cambios en los niveles de abundancia y su relaci3n con la pesca

El resumen presentado en la **Tabla 31** integra los indicadores relevantes de la evaluaci3n para establecer la condici3n del stock. La segunda columna $BD_{F=0}$ corresponde a la biomasa desovante virginal en equilibrio de largo plazo obtenida de aplicar el modelo BD&R y un análisis de rendimiento por recluta. De este mismo análisis se derivan la biomasa que genera el M3ximo Rendimiento Sostenido (BD_{MRS}), el valor del M3ximo Rendimiento Sostenido (MRS), la reducci3n de la biomasa relativa a la biomasa desovante en equilibrio ($BD/BD_{F=0}$) y respecto de la biomasa que en el mismo per3odo hubiera existido sin pesca (BD/BD_0), identificado generalmente como “raz3n de potencial desovante” o raz3n de BD. Tambi3n se entregan los valores de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas promedio 2006-08 y sus referentes F_{MRS} , $F_{40\%}$ y $F_{20\%}$.

Si se considerara que todos los escenarios evaluados pudieran ser probables, se tiene que en promedio la biomasa desovante m3xima de este stock bajo condiciones de equilibrio y sin explotaci3n podr3a bordear los 18,5 millones de toneladas y que la biomasa que genera el MRS se ubica a un 32% de esta. Este nivel de reducci3n podr3a ser considerado como punto biol3gico de referencia espec3fico del jurel y se ubica en el rango recomendable 0,3 – 0,4 propuesto por Mace y Sissenwine (1993), nivel muy por sobre el promedio actual de $BD_{2008}/BD_{F=0} = 0,15$, y que es signo de condici3n de sobrepesca si se asume que bajo el 20% la producci3n poblacional decae significativamente. Un valor ligeramente mayor ($BD_{2008}/BD_0 = 21\%$) se obtiene al considerar la din3mica de los reclutamientos y la biomasa que hubiera existido sin pesca pero a3n en torno a la regi3n cr3tica (**Tabla 31**). Otro referente tradicionalmente empleado ha sido la



mortalidad $F_{40\%}$ y aquella que genera el MRS (F_{MRS}), que en este caso indican en casi la totalidad de los escenarios analizados que los valores de mortalidad por pesca de los 3 a5os superan los valores de referencia en relaciones de $F/F_{40\%} = 1,37$ y $F/F_{MRS} = 1,26$, y estando por sobre 30% del umbral de colapso dado por $F_{20\%}$ ($F/F_{20\%}$). En este sentido, solo dos escenarios de los evaluados ubicaron la mortalidad por pesca en valores tolerables, y corresponden al escenario #9 ($M=0,3$) y al escenario #3 que significa excluir la se5al ac3stica de la evaluaci3n.

Cabe destacar la significativa homogeneidad que tiene el valor de MRS para casi todos los casos analizados en torno a las 1,8 millones de toneladas ($cv=0,08$), lo cual se debe por una parte, a que los reclutamientos promedios hist3ricos mostraron baja variabilidad ($cv=0,11$) entre escenarios y por otra, patrones de explotaci3n que entre escenarios y al menos para los 3 a5os no parecen tener grandes diferencias. El MRS puede ser considerado como referente de explotaci3n bajo condiciones promedio de largo plazo, pero m3s 3til resulta su valor relativo a la biomasa desovante que lo produce (BD_{MRS}), lo que puede generar una gu3a pr3ctica de explotaci3n para tener en cuenta. De acuerdo con esto, como referente la captura sobre la biomasa desovante debiera ser establecida en torno al $MRS/BD_{MRS} = 0,30$, medida que es la mitad de la condici3n actual estimada en promedio cercana al $Y_{2006-08}/BD_{2006-08} = 0,57$. En t3rminos de la biomasa desovante actual, este an3lisis indica que al 2008 en promedio esta no superar3a en promedio los 3 millones de toneladas.

Sin perjuicio de lo anterior, en lo que sigue del documento se consideran como referentes dos valores de mortalidad natural probables (caso #1 y #9) y cuyos indicadores poblacionales y de la explotaci3n se resumen en las **Tablas 32 y 33**. De acuerdo con esto, la biomasa total del jurel a inicios del 2008 podr3a ubicarse entre 6,1 millones y 8,3 millones de toneladas. Por su parte, la biomasa desovante



estimada a mediados de octubre del 2008 se ubicar3a entre 3,1 millones (con $M=0.23$) y 4,2 millones de toneladas (con $M=0.3$).

En el caso base, las tasas de explotaci3n sobre la poblaci3n inicial total han superado el 21% durante los 3ltimos 3 a3os, que se reduce a un 16% si se considera el escenario #9. En la **Figuras 103 y 104** se muestra la evoluci3n de la abundancia y destaca que el crecimiento de la poblaci3n llega al m3ximo el a3o 1986 como consecuencia del ingreso de fuertes clases anuales. Posteriormente, el stock del jurel decae como consecuencia del ajuste en la escala de los reclutamientos y el aumento en los desembarques, llegando a su nivel m3s bajo el a3o 1998. La reducci3n de las capturas impuestas por la autoridad junto con el ingreso de los 3ltimos buenos reclutamientos ocurridos en este per3odo, permitieron que la poblaci3n adulta del jurel se recuperara parcialmente hasta el 2002; desde este a3o inicia una reducci3n sostenida, explicada por la reducci3n en los reclutamientos y la pesca. Consecuente con esto, la biomasa total y la desovante muestran tendencia decreciente hasta el 2008.

Las variaciones de las tasas de explotaci3n y de mortalidad por pesca para las edades 1+ y 4+ (stock adulto) se muestran en las **Figuras 105 y 106** para el escenario base. Despu3s del m3ximo en torno al a3o 1997 disminuye abruptamente hacia el 2000, para mantener una tendencia creciente en adelante. El nivel en este per3odo es mayor al anterior a 1995, per3odo en que se produjo el crecimiento del stock. Los resultados indican que la biomasa total los 3ltimos 2 a3os oscila entre 6 millones y 9 millones dependiendo del escenario de M (**Tablas 32 y 33**). En t3rminos de explotaci3n, la captura total 2007-2008 ha removido en promedio entre el 16% y 25% de la biomasa total a inicios de a3o.

En t3rminos de la incertidumbre generada del ajuste estad3stico, la distribuci3n *a posteriori* de la biomasa desovante para tres escenarios de referencia (**Figura**



107) indica que existe una significativa superposici3n y por ende se puede concluir que no hay diferencias significativas en las biomazas 2008 estimados en estos escenarios. En el caso base #1 se tiene un IC al 95% entre 1,5 millones y 5,7 millones de toneladas con un $cv=0,30$, mientras el caso #9 entrega como resultado un IC entre 2,1 millones y 7,5 millones de toneladas con igual cv .

5.4.2 Puntos biol3gicos de referencia

Antes de destac3 que un valor referente de explotaci3n es propender llevar la biomasa desovante del jurel a valores en torno al 0,3 – 0,4 de la biomasa desovante virgen, punto en donde se registra el m3ximo nivel de producci3n dada por el MRS. Adem3s de esto, se indic3 que una tasa de explotaci3n de referencia respecto de la biomasa desovante debiera ser en el orden del 30%. Como biomasa objetivo se estima una poblaci3n desovante entre 5,5, y 7,5 millones de toneladas (30%-40% de B_o) y como valor l3mite una biomasa de 3,7 millones de toneladas (20% de B_o). Si se considera esto, ante una biomasa estimada bajo los 3 millones de toneladas de desovante la condici3n actual del jurel se ubicar3a m3s pr3xima al valor l3mite que al objetivo de conservaci3n de largo plazo.

En relaci3n con la mortalidad por pesca sucede lo mismo, por cuanto en los 3ltimos 4 a3os la mortalidad por pesca de los ejemplares completamente reclutados a la pesquer3a ha superado en mas de un 50% los referentes $F_{40\%}$ y F_{MRS} , y concentrada en edades adultas sobre los 7 a3os de edad. A nivel particular y dependiendo del nivel de mortalidad natural el escenario puede variar. La mortalidad por pesca en el per3odo 2006-2008 en el caso base #1 fue de 0,42 y 0,32 en el caso con $M=0,3$ (#9). Como ya se mencionara, en el escenario base la mortalidad por pesca supera en un 37% el criterio $F_{40\%}$ y en un 26% el valor F_{MRS} (**Figura 108**) en tanto que en el escenario #9 la situaci3n es mas optimista, dado que el nivel de mortalidad por pesca es similar al criterio $F_{40\%}=0,41$ y lejos del umbral $F_{20\%}$.



Cabe aqu3 una explicaci3n conceptual, y es el hecho que a mayor mortalidad natural la biomasa es mayor y menos dependiente de las capturas. Una gran biomasa puede caer por reclutamientos y llegar por ejemplo bajo el 30% de B_0 , pero la raz3n de mortalidad por pesca y el RPD dinámico podr3an sugerir una condici3n relativa mejorada. Aqu3 la estimaci3n de un F_{PBR} es en base a reclutas y de ah3 la explicaci3n anterior.

5.4.3 Excedentes productivos (EP)

Quinn y Deriso (1999) definen como excedente productivo el volumen de desembarque que podr3a ser tomado en un a3o determinado dejando al stock en equilibrio. En otras palabras, si la captura remueve todo el excedente se genera una poblaci3n en magnitud estable. En este an3lisis, el excedente productivo responde a la suma entre la diferencia en biomاسas totales entre dos a3os consecutivos m3s los desembarques.

En el caso del jurel, los EP fueron estimados considerando los resultados obtenidos de los dos escenarios en an3lisis (# 1y 9) y se muestran en las **Figuras 109 y 110**. Entre 1975 y 1987 los EP sobrepasan de manera importante los desembarques, lo que permite el crecimiento del stock. Entre 1989 y 1997 ocurre lo opuesto provocando la disminuci3n del stock; y desde el 2002 nuevamente son superados, lo que explica la nueva disminuci3n del stock que se ha mantenido hasta los a3os m3s recientes.

5.4.4 Raz3n de biomasa desovante (3 Raz3n de potencial desovante)

La raz3n de biomasa desovante potencial (RPD) es usada para evaluar el status del stock de jurel. La ecuaci3n que define esta raz3n viene dada por la raz3n entre



la biomasa desovante en cualquier instante de tiempo (t) y la biomasa desovante que habr3a habido sin pesca. La RPD ha sido empleada para evaluar la situaci3n del stock desovante respecto a su punto biol3gico objetivo, seleccionado para cautelar la capacidad reproductiva del stock. Varios estudios (Clark 1991, Francis 1993, Thompson 1993, Mace 1994) sugieren que se pueden producir rendimientos promedios equivalentes al M3ximo Rendimiento Sostenido cuando el RPD se encuentra en el rango 0,3 – 0,5, y que muchas pesquer3as no pueden generar producci3n sostenida si el RPD se ubica por debajo de 0,2.

En la **Figura 111** se muestran las trayectorias de tres escenarios de evaluaci3n del jurel, los que indican una tendencia decreciente desde el 2004 en todos estos. El escenario #9 (con $M=0,3$) indica que la raz3n de potencial se ha reducido a un 35% de la condici3n virginal, lo cual es la situaci3n mas optimista si se considera el caso base #1, en el cual la raz3n de potencial reproductivo indica que la poblaci3n se ha reducido a un 24% de la condici3n sin pesca. La distribuci3n *a posteriori* de la raz3n de potencial reproductivo en el caso #9 muestra que la probabilidad que la biomasa desovante se ubique bajo el 40% B_0 es $p=0,71$, mientras que para los escenarios base (#1) y #14 esta probabilidad aumenta a $p=0,99$ (**Figura 112**).

Otro indicador similar es el que se deriva de la biomasa virginal de largo plazo, el cual corresponde a la biomasa desovante esperada sin explotaci3n para reclutamientos predichos por el modelo de B&H. Esto fue indicado antes y se tiene que en general la condici3n de disminuci3n del jurel podr3a ser de mayor consideraci3n, esto si se considera que en el escenario #1 la biomasa respecto de la virginal es un 17% y en el escenario #9 ($M=0,3$) es de un 24%. Si se consideran estos niveles como referentes, se tiene que el jurel se encontrar3a cercano a la BD cr3tica (20%) y por tanto de ingresar a una zona de colapso.



De aqu3 cabe indicar las ventajas y desventajas de este tipo de indicadores. La raz3n de potencial desovante (RPD) se hace cargo de las fluctuaciones poblacionales de corto plazo y los reclutamientos se suponen no dependientes de la biomasa desovante, lo cual puede llevar a la idea de condiciones promisorias para el jurel (ej >80%) si su poblaci3n disminuyera por causas naturales (ej a un 20% de B_0) y la pesca se redujera. Por su parte, la raz3n respecto de la biomasa virginal de equilibrio depende del modelo S&R generado de la propia informaci3n post-evaluaci3n y del valor asint3tico que toma el reclutamiento cuando la biomasa desovante es grande. En cualquiera de los dos casos, la condici3n del jurel es de alarmante preocupaci3n, pudiendo ser incluso menor al 20% de la condici3n sin pesca.

5.4.5 Diagn3stico del recurso

De acuerdo con los resultados de la evaluaci3n de stock, el recurso jurel se encuentra en condici3n de sobrepesca determinado por niveles de mortalidad que en los 3ltimos a3os han impedido el crecimiento poblaci3n y han acentuado la ca3a de la poblaci3n producto de la tendencia a la baja que han mostrado los reclutamientos los 3ltimos 10 a3os. Lo anterior se ve corroborado en cuanto a que los niveles de desembarques actuales superan los excedentes de la poblaci3n en los casos mas optimistas, y la raz3n de potencial reproductivo ha disminuido sostenidamente a valores cr3ticos. Su condici3n actual es incierta pero se podr3a ubicar en torno al 20% de la condici3n virginal si se consideran las fuentes de incertidumbre de procesos e informaci3n considerados en este trabajo.



Los elementos más claros de esta situación son:

- Una drástica reducción de la población dentro de la ZEE, desaparición de zonas tradicionales de pesca y una operación de pesca actual incapaz de lograr la cuota de captura autorizada
- Condiciones ambientales normales que reducen las evidencias de cambios en distribución por el ambiente
- Sostenida reducción en la participación de reclutas al stock desovante constituido por animales menor a los 5 años en la zona centro sur
- Envejecimiento de las últimas cohortes importantes que se traduce con el aumento de la talla promedio a costa de bajos rendimientos.

En conclusión, la situación del jurel muestra signos de empeoramiento, encontrándose fuera de límites precautorios. Los resultados indican que los niveles de captura registrados, que marcan una tendencia creciente y el escenario de reclutamientos bajos estimados para los últimos años, entregan una perspectiva pesimista sobre la condición del recurso y una clara amenaza para la sustentabilidad de la pesquería en el corto y mediano plazo.

5.4.6 Análisis de estrategias de explotación

Consecuente con la metodología propuesta, se simula el desempeño que podría tener el stock en el mediano plazo, definido por los próximos 6 años, frente a distintos niveles y estrategias de explotación. Las estrategias elegidas son de captura constante y tasa de explotación constante, esta última medida en relación con la biomasa total 2+. Aquí se considera como criterio de decisión el desempeño de la razón de potencial reproductivo dado por BD/BD_0 .



Para estos y en todos los casos se supuso que la zona norte del pa3s explica el 10% de las capturas totales. En un primer an3lisis determinista se consideran 5 de los 34 casos analizados, los cuales fueron seleccionados en base a sus procesos y supuestos. La idea fue recoger una fuente importante de incertidumbre y que dice relaci3n con valores distintos en mortalidad natural, forma funcional del patr3n de explotaci3n (selectividad), pendiente en el origen del modelo S&R y supuestos de contracci3n o distribuci3n de la poblaci3n. Los casos considerados correspondieron a:

- i. Escenario base #1 que considera cambio en distribuci3n poblacional con modelo S&R Beverton-Holt. La biomasa desovante 2008 estimada fue de 3,2 millones de ton.
- ii. Escenario #9 es igual al Escenario #1 pero con valor de $M=0,3$. La biomasa desovante 2008 estimada fue de 4,2 millones de ton.
- iii. Escenario #13 es igual al Escenario #1 pero con h estimado. La biomasa desovante 2008 estimada fue de 3,5 millones de ton.
- iv. Escenario #14 que corresponde al Escenario #1 pero con selectividad de la flota centro sur tipo domo.asim3trico La biomasa desovante 2008 estimada fue de 3,5 millones de ton.
- v. Escenario #26 que considera la hip3tesis de contracci3n poblacional. La biomasa desovante 2008 estimada fue de 560 mil toneladas.

La **Figura 113** muestra los escenarios de reclutamientos a considerar. El escenario de reclutamientos promedios de los 3ltimos 20 a3os supone que se va a recuperar, en cambio el promedio de los 3ltimos 5 a3os supone que se va a mantener en un nivel m3s bajo y es coherente con su condici3n actual.

En relaci3n con la estrategia de captura constante, en las **Figuras 114, 115 y 116** se entrega el perfil de las biomazas proyectadas para los 5 escenarios



considerados. Si se considera un escenario probable, el cual correspondería a esperar reclutamientos bajos en el mediano plazo, se advierte que en todos los casos analizados el valor esperado de la biomasa desovante al 2014 aumenta con capturas menores a 1 millón de toneladas, exceptuando en el escenario de contracción de la distribución, el cual indica que la biomasa no se recuperará. En los otros dos casos más optimistas (reclutamiento medio 20 últimos años o modelo B&H), el valor esperado de la biomasa en el mediano plazo tiende a crecer con capturas menores a 1,2 millones de toneladas y se recupera con capturas menores a 1 millón de toneladas. Aquí el concepto de recuperación es recuperar el nivel de BD del período 2002-2004. Cabe señalar que en el caso #26 (hipótesis de contracción de la población) la biomasa tiende a crecer solo bajo el escenario de reclutas promedio de los 20 últimos años con capturas totales en el orden de las 600 mil toneladas.

Por su parte, la estrategia de tasas de explotación constante (**Figuras 117, 118 y 119**) señala que en el escenario de menores reclutamientos (promedio últimos 5 años), la biomasa debiera recuperar niveles similares a los del 2004 con tasas de explotación menores a 0,15, exceptuando los escenarios de contracción poblacional (#26) y el escenario 9 ($M=0.3$). En los escenarios de reclutamientos más optimistas (promedio 20 años y modelo B&H), la biomasa desovante tiende a crecer con tasas de explotación iguales y menores al 16%; se recupera al 2013 con tasas de explotación entre el 10 y 12%, dependiendo del escenario. No recupera niveles de BD del período 2002-2004 con el escenario 26 (hipótesis de contracción). Llama la atención que el escenario 9 requiere de tasas de explotación más bajas para tender a la recuperación de la BD.

En las **Figuras 120 y 121** se presenta el perfil de las capturas para algunos escenarios de tasas de explotación, de las cuales se destaca que en general, solo tasas en torno a 0,25 de la biomasa total permitirían mantener los niveles actuales



de desembarques, con el compromiso de reducci3n poblacional antes mencionado, exceptuando el escenario #26 que como fuera se1alado, corresponde a una situaci3n de agotamiento del stock de jurel. Desde la perspectiva de un punto biol3gico de referencia, como es el 40% de la biomasa desovante, en las **Tabla 34 y 35** se entregan los detalles de la respuesta poblacional esperada frente a niveles específcos de captura y tasas de explotaci3n.

El análisis también muestra que el escenario #9 ($M=0,3$) permite mayor nivel de captura que el escenario base (#1) y los restantes. El escenario 26 no presenta recuperaci3n para ninguno de los niveles de captura examinados. Considerando el escenario más precautorio (**Tabla 34**) de reclutamientos futuros, se tiene que en promedio, para un régimen de capturas constantes menores de 1 millón de toneladas, la poblaci3n desovante podrí llegar en 5 años plazos cerca del 40% de su condici3n sin explotaci3n. Reclutamientos esperados mayores generan mejores expectativas en las capturas. En definitiva, la perspectiva de recuperaci3n es dependiente del escenario de reclutamientos utilizados.

Por el otro lado, la política de tasas de explotaci3n constante (**Tabla 35**) corrobora lo anterior en cuanto a que para el escenario más conservador y apuntando a un objetivo del 40% de la biomasa virgen, las tasas de explotaci3n adecuadas para el recurso se ubican entre un 0,13 y 0,16 de la biomasa inicial total. En este mismo caso, aún la hipótesis de contracci3n poblacional admite recuperaci3n bajo la política de tasa de explotaci3n constante, claro está, a costo de capturas entre 200 mil y 300 mil toneladas. Esta estrategia también destaca por su robustez ya que, independiente del escenario de biomasa 2008 o reclutamiento considerado, las tasas de explotaci3n recomendables para este recurso son convergentes.



Los valores antes mencionados corresponden a la mediana de la distribuci3n que considera el 50% de probabilidad acumulada, sin embargo, como medida precautoria de manejo se recomienda el 10% de probabilidad o riesgo de alg3n evento indeseado. En este sentido, el an3lisis de incertidumbre de las estrategias antes analizadas se resumen en las **Tablas 36 y 37**, las cuales entregan niveles de riesgo de mediano plazo referidos con ciertos objetivos o umbrales l3mites como son: reducir la biomasa desovante bajo el criterio de colapso 20% de B_0 , reducir la biomasa bajo el objetivo de manejo 40% de B_0 , y reducir la biomasa desovante bajo la biomasa actual. No se incluye el an3lisis basado en reclutamientos del modelo B&H por similitud con el promedio hist3rico.

La estrategia de captura constante revela que, si el reclutamiento de los pr3ximos a3os es bajo y similar al promedio de los 3ltimos 5 a3os, el riesgo de reducir la poblaci3n bajo el 40% B_0 es alto (i.e $>10\%$) si las capturas sobrepasan el mill3n de toneladas. Los escenarios #1 y #14 muestran que las capturas recomendables hasta el 2013 debieran ser inferiores a las 800 mil toneladas, en tanto que si la mortalidad natural fuese mayor (#9) el l3mite de captura de bajo riesgo es inferior a 1 mill3n de toneladas. Si el escenario de bajos reclutamientos se verifica en los pr3ximos a3os, el riesgo de reducir la poblaci3n de jurel es mayor a $p=0,10$ si las capturas superan las 800 mil toneladas, en tanto que el riesgo de colapso (ie $< 20\% B_0$) pudiera ser de consideraci3n con capturas superiores a 1 mill3n de toneladas. Mejores expectativas se logran si los reclutamientos futuros en promedio fueran mayores (ej. promedio de los 20 3ltimos a3os), lo cual si bien es una situaci3n optimista, resulta poco precautorio frente a la condici3n actual del stock.

Por su parte, el an3lisis de tasas de explotaci3n revela que existe una fuerte gradiente en las probabilidades en el rango de tasas de explotaci3n 0,13 - 0,16. Con reclutamientos promedios bajos, el riesgo de no lograr el objetivo de manejo



es pr3cticamente cierto con tasas de explotaci3n iguales o mayores a 0,16, incluyendo el escenario de M mayor (#9). Anteriormente se se1al3 que la pesquería en los últimos a1os ha tenido tasas de explotaci3n en torno a 0,17 (caso #9) y 0,23 (caso base #1) respecto de la biomasa total a inicios de a1o, lo cual es insostenible si se considera como referente este an3lisis. El escenario de bajos reclutamientos indica que una probabilidad de $p=0,1$ de reducir la biomasa bajo 40% B_0 se obtiene con una tasa de 0,14 (app). Dado los niveles actuales de biomasa, una tasa de explotaci3n de esta magnitud se traduce en capturas en torno a las 850 mil toneladas si se considera como valor m3s pr3ximo al esperado, el escenario base.

Al igual que en el an3lisis determinista, las proyecciones bajo incertidumbre originan que el escenario con mayor mortalidad natural (#9) sea m3s sensible a incrementos en explotaci3n. En efecto, a mayor mortalidad natural se tiene que para un mismo nivel de riesgo, el nivel de la estrategia de captura debe ser menor. Por ejemplo, una tasa de explotaci3n de 0,16 genera un riesgo de $p=0,348$ de reducir la biomasa desovante en el escenario $M=0,23$ (#1), y un riesgo de $p=0,857$ en el escenario $M=0,3$ (#9) (**Tabla 37**). Vale decir, un mayor valor de mortalidad natural dada las actuales condiciones del recurso, genera menor expectativas en cuanto a la respuesta de la poblaci3n frente a la pesca. En ambos casos se tiene que los valores m3s restrictivos corresponden a evitar que la poblaci3n disminuya en los pr3ximos 5 a1os, lo cual indica que la reducci3n de la poblaci3n en el mediano plazo tiene mayor probabilidad que suceda respecto de vulnerar objetivos biol3gicos de referencia y l3mites de conservaci3n. De mantenerse niveles de capturas como los registrados en los a1os 2007 y 2008, el riesgo de caer por debajo del 20% de B_0 es alto y podría generar el colapso de la pesquería por merma en la biomasa de jurel.



6. DISCUSI3N

Desde mediados de los noventa la evaluaci3n de stock del jurel ha venido siendo desarrollada por dos instituciones independientes: IFOP por encargo de Subsecretaría de Pesca e INPESCA, en respuesta a la demanda de la industria pesquera que representa. Los esquemas de modelaci3n son distintos y con el objeto de aunar criterios y opiniones relativas a la informaci3n empleada en los modelos de evaluaci3n, los supuestos y criterios, así como la interpretaci3n de resultados, el presente estudio propici3 por primera vez el intercambio de informaci3n y metodologías con el objetivo de consensuar un enfoque de evaluaci3n el stock de jurel a nivel Subregional

La primera etapa del proyecto consider3 solo la revisi3n y crítica de la informaci3n de entrada a los modelos de evaluaci3n. Tanto las composiciones de edades y tallas de las capturas mostraron coherencias en cuanto a representar los principales sucesos ocurridos en la poblaci3n, como el período de crecimiento a fines de los ochentas que fácilmente se deduce del avance de dos clases anuales fuertes que pasaron por la pesquería, el efecto de la pesca y la juvenilizaci3n del stock a fines de los noventa, el ajuste de la tasa de explotaci3n y con ello la parcial recuperaci3n del stock seguido de una nueva declinaci3n registrada en la presente década. Un análisis comparativo en las composiciones de tallas de las capturas centro-sur de IFOP e INPESCA permiti3 ratificar la significativa similitud de estas fuentes de informaci3n, y con menor aceptaci3n las de la flota rusa e IFOP durante los años ochentas.

Otros índices relevantes fueron discutidos en cuanto a su interpretaci3n, particularmente la serie de biomasa desovante estimada por MPH donde su drástica reducci3n 2001-2003 no guarda relaci3n con lo observado en la



pesquería; asimismo la propia seña de biomasa acústica y su rápida declinaci3n dentro de la ZEE desde el 2002, esto como respuesta ya sea por cambios en distribuci3n del recurso debido a fenómenos ambientales y/o por efectos directos de la pesca, la cual en el mismo tiempo se intensifica en el mismo período por la actividad de flotas extranjeras que han operado fuera de la ZEE. En este sentido, al menos dos son las hipótesis que explicarían lo anterior pero que deben ser investigadas con mejores antecedentes, y estas son: (1) que hubo un acentuado alejamiento de la zona de desove hacia el Oeste fuera del alcance de los cruceros, y (2) que ha existido una sistemática disminuci3n de la actividad reproductiva (desove) en cierta fracci3n en la poblaci3n (*Roa com. pers.*).

Por su parte, la CPUE derivada de la actividad de pesca de la flota se estima ha estado influenciada primero por la regulaci3n del esfuerzo pesquero desde la crisis de la pesquería en 1997 y por los cambios en los regímenes de operaci3n después de la entrada en vigencia de la Ley de LMCA el 2002. Entre 1995 y hasta el 2002, este indicador parece recoger de buena forma los sucesos vividos en la pesquería y recogidos también por la seña acústica. Previo a 1995, no es fácil interpretar los cambios en CPUE producto de la expansi3n del área de la pesquería y de una flota sobredimensionada que competía en carrera olímpica cuyos efectos de ineficiencia pudieron ser de consideraci3n. Al respecto, se destaca el trabajo realizado por Caballero y Aranís (2005) y modificados por Canales *et al* (2008) en cuanto a corregir la seña de CPUE estándar por el factor de probabilidad de pesca interpretado como medida de eficiencia.

Como parte del ejercicio de este proyecto, fue llevado a cabo un importante taller internacional de evaluaci3n de stock denominado CHJMSAW con la participaci3n de dos importantes especialistas en evaluaci3n de Stock a nivel internacional. Sus observaciones y estilo de trabajo fueron importantes para el posterior desarrollo del trabajo. De las observaciones más notables son sus sugerencias en cuanto a



explorar otras opciones de modelaci3n de las hip3tesis de contracci3n/distribuci3n del recurso, y realizar un mayor an3lisis de sensibilidad y/o escenarios de evaluaci3n incorporando la incertidumbre por desconocimiento de procesos importantes. Entre ellos destacan la incorporaci3n de fuentes de error en las matrices de capturas a la edad, la incorporaci3n de mayores series de 3ndices como el de la flota rusa de los a3os ochentas y la flota China de a3os m3s reciente, y la incorporaci3n de datos de sub-reporte como podr3a sugerir las capturas de caballa. Sin perjuicio que los especialistas ejecutaran sus modelos con informaci3n Chilena en plataformas distintas como SS2 y AMAK, se pudo constatar que las tendencias poblacionales y niveles poblacionales resultantes fueron similares a los estimados en Chile, particularmente con los del modelo de IFOP. Esto indica que el peso de las tendencias poblacionales estimadas est3n fuertemente determinadas por la informaci3n empleada por sobre el esquema de modelaci3n y las hip3tesis/supuestos considerados . Esto 3ltimo es en teor3a un objetivo deseable desde la perspectiva de la modelaci3n estadística de datos.

De igual forma y reconociendo que el objetivo de proponer una nueva hip3tesis de estructura poblacional del jurel en el OPS es necesariamente materia de un proyecto espec3fico, las distintas piezas de informaci3n permiten considerarla existencia de al menos 2 hip3tesis razonables en cuanto a la estructura de la poblaci3n: la primera que es la de base que existe un stock transzonal frente a Chile (dentro y fuera de la ZEE), y la segunda, que este stock tambi3n cubre la ZEE del Per3. Sin embargo, los mecanismos por los cuales los individuos adultos migrar3an desde Per3 hacia el Sur de Chile no son f3ciles de demostrar de manera emp3rica. De hecho, en la zona norte de Chile no se ha observado el desplazamiento masivo de grupos de peces adultos en sentido sur; sur-oeste como lo sugiere la propuesta de Grechina *et al* (2008). La existencia de adultos localmente residentes en aguas del Per3 y la disminuci3n de tama3os de los peces del norte de Per3 al sur, supone que la zona de crianza y juveniles mas



importante su ubica en el norte de Chile y Sur del Per3. Una idea similar en el caso del stock Chileno ha sido planteado en el modelo ontogen3tico de Arcos *et al* (2001). Sin embargo, de acuerdo con Arcos *et al* (1997), la presencia de ejemplares menores de 20 cm se registran en toda la distribuci3n del jurel sin sugerir la concentraci3n de juveniles en una zona particular que sustente la tesis de la zona de crianza. En definitiva, estas son preguntas abiertas que solo un adecuado programa de investigaci3n puede dilucidar.

En este sentido, la din3mica de las pesquer3as y la basta distribuci3n del jurel en el OPS sugieren propender a un esquema de modelaci3n espacialmente expl3cito en donde las hip3tesis de migraci3n-emigraci3n entre 3reas sean base de an3lisis e investigaci3n. Lo anterior se refuerza por la evidente migraci3n ontog3nica norte-sur de este recurso y de los desplazamientos dentro y fuera de la ZEE como parte de un proceso reproductivo y tr3fico conocido. Esto 3ltimo se ha supuesto constante a trav3s del tiempo pero cabe investigar a trav3s de los v3nculos oceanogr3ficos si existen patrones o tendencias inter-decadales, m3s cuando el a3o 2002 constituye un punto de inflexi3n en cuanto a la distribuci3n espacial de este recurso como respuesta al ambiente, la sobre-explotaci3n o ambos.

En materia de la evaluaci3n de stock, tanto las sugerencias de especialistas nacionales como los propios resultados obtenidos en el CHJMSAW indican que la plataforma de trabajo no es relevante siempre que esta sea apropiada para resolver problemas convexos (es decir, no-lineales) de significativa magnitud (e.j. m3s de 100 par3metros). En virtud de esto y por razones pr3cticas el trabajo de modelamiento fue llevado a cabo en MATLAB con el cual el equipo tiene tanta experiencia como el uso de ADMB. El an3lisis de evaluaci3n de stock centrado en el modelo base de cambio en distribuci3n del recurso pero sin procesos espaciales expl3citos, permiti3 evaluar la sensibilidad del modelo frente a 34 distintos escenarios los que representan diferentes supuestos, tanto de procesos como de



observación. En general se obtuvo que la biomasa desovante del jurel para el año más reciente es menor a 5 millones de toneladas, con un promedio de 2,9 millones de toneladas y que su tendencia es decreciente en los últimos 8 años. Los reclutamientos presentan también una tendencia a la disminución en los últimos 5 años.

La hipótesis de cambio en distribución del recurso es la que todavía entrega estimaciones de biomasa compatibles con el desarrollo de la pesquería. La hipótesis de contracción del stock indica una situación de un recurso jurel agotado con una biomasa desovante del orden de 0,5 millones de toneladas, lo que constituye una situación catastrófica para la pesquería y probablemente menos cierta.

El análisis también pudo evaluar la consistencia en las composiciones de edades de las capturas de la zona norte y centro sur, en cuanto a los principales hitos de la dinámica del jurel y de paso dar mayor fuerza al vínculo dinámico entre la zona norte y centro-sur de Chile. Es decir, en aquel escenario en el cual no fue considerada la composición de edades de la captura centro-sur, el modelo reprodujo aunque con mayor variabilidad los buenos reclutamientos ocurridos a fines ochentas y fines de los noventas y el patrón general histórico de reclutamiento. Es decir, la estructura de la captura de la zona norte contiene la información sobre la dinámica del stock que resulta con la información completa.

Por otro lado, el omitir del análisis alguno de los índices de abundancia genera el aumento en las estimaciones de biomasa y particularmente del período más reciente y se ratifica que la biomasa acústica es el índice que tiene la mayor preponderancia en los resultados de la evaluación del jurel, mientras la biomasa estimada por MDPH está condicionada a un alto nivel de incertidumbre. De todos estos índices, el más relevante en cuanto a los valores de biomasa son los



cruceros acústicos, y el menos impactante result3 ser la CPUE de la flota centro-sur, probablemente por ser muy coherente con los cambios registrados en la poblaci3n entre 1995 y el 2002. En este mismo sentido cabe destacar que la inclusi3n de las series de CPUE de flotas distantes como China y Rusia no tuvieron impacto en la evaluaci3n de stock, y si bien no fueron bien ajustadas por el modelo de evaluaci3n, estas podrían volver a ser re-analizadas bajo hip3tesis de procesos alternativos a los aqu3 estudiados (modelos estructuralmente distintos)

Algunos análisis fueron realizados en cuanto al supuesto de selectividad, ocasi3n en la cual se pudo proponer un modelo de patr3n de explotaci3n tipo domo-asimétrico el cual identifica edades intermedias como completamente reclutadas y potencialmente un grado de escape en las mayores, situaci3n que en definitiva y como era esperable, gener3 estimados de biomasa un poco mayores respecto del modelo base que utiliza un modelo logístico, particularmente en los ańos iniciales pero menos impactantes en los ańos mas recientes. Tambi3n fue realizado un análisis tendiente a medir el impacto en la evaluaci3n de stock, el hecho de considerar una matriz te3rica de error de lectura de edades. Esto gener3 estimados de biomasa significativamente menores respecto del modelo base y corrobora el resultado obtenido por Reeves (2003) en un análisis de simulaci3n. La matriz de error actúa sobre los estimados del modelo de manera que altera la distribuci3n de los individuos en las distintas clases anuales de la captura. Esto amerita un análisis formal de evaluaci3n del error de lectura en los laboratorios de edad-crecimiento nacionales.

Otro resultado particular se obtuvo de las hip3tesis relacionadas con el modelo stock-recluta. El escenario de un modelo tipo Beverton-Holt puede tener mayor aceptaci3n biol3gica dado que las evidencias basadas en la dieta de este recurso descartan el canibalismo de juveniles que pudiera apoyar el modelo de Ricker. Los



resultados de la biomasa desovante del ultimo a1o estuvieron influenciado positivamente con variaciones en la pendiente de la relaci3n BD&R, pero mas fuertemente con el nivel de error de los desv1os anuales, los que al ser reducidos provocan que los reclutamientos mas recientes se aproximen a la curva te3rica y con ello generan artificialmente reclutamientos mas fuertes en contraposici3n de los pudieran sugerir la composici3n de edades/tallas de las capturas. Cabe se1alar que para los reclutamientos estimados para los 34 escenarios presentaron mayor variabilidad inter-anual que inter-escenarios, es decir, pareciera existir un valor promedio de reclutas robusto e independiente del escenario de evaluaci3n que se realice. Como resultado de lo anterior, los valores del M3ximo Rendimiento Sostenido tuvieron m1nima variabilidad y se estimaron en torno a las 1,8 millones de toneladas.

Cabe destacar que al considerar en la evaluaci3n de stock un escenario de madurez sexual mas tard1a, se registr3 una condici3n de una poblaci3n mucho mas deteriorada respecto del escenario base, pero igualmente se obtuvo una p3rdida significativa en la funci3n verosimilitud. Esto 3ltimo indica que dicho escenario genera un menor ajuste del modelo a los 1ndices de abundancia relativa como es el caso de la biomasa desovante estimada a trav3s de MPH. Cabe recordar que la poblaci3n del jurel ha disminuido de manera importante producto tambi3n de la ca1da en los reclutamientos, lo que no participan en una ojiva de madurez mas tard1a. Adem3s, se debe considerar que estudios del jurel en el hemisferio han demostrado que este recurso es at1pico en cuanto a la raz3n entre longevidad y edad de madurez sexual, por lo cual y considerando lo aqu1 establecido, es probable que la hip3tesis de madurez mas tard1a del jurel tenga pocas evidencias que la sustenten.



Se realiz3 un interesante ejercicio de comparaci3n de modelos alternativos estructurados en edades pero agregados entre flotas y evaluados con datos de edades y/o tallas de las capturas. Se prob3 el desempe1o del modelo agregado a nivel nacional pero con din1micas de sobrevivencia distintas; ya sea tipo Pope (tipo U) o tipo Gulland (tipo F), a los cuales se los evalu3 frente a composiciones de capturas en tallas o de edades. La respuesta encontrada entre estructuras de modelos de sobrevivencia fue despreciable, pero m1s determinante el tipo de informaci3n de composici3n de la captura. Los modelos que empelaron informaci3n de tallas generaron estimados de biomasa y abundancias significativamente menores respecto de los modelos que consideraron informaci3n de edad de las capturas, lo cual se deber1a a que en las edades m1s adultas, un gran rango de edades puede estar representado por un peque1o intervalo de tallas, el que en definitiva soporta el grueso de la mortalidad por pesca generando con esto menor sobrevivencia. Esto es una problem1tica asociada con la sobreposici3n de tallas en los grupos de edades m1s avanzadas dado el patr3n de crecimiento del jurel y cuya transformaci3n edad a talla es necesario seguir investigando.

Parte de las recomendaciones del taller CHJMSAW indica la preferencia por un modelo en edades y aqu1 pudiera estar la explicaci3n. Las cohortes suelen crecer a ritmos distintos y en ciertos per1odos, estos ritmos de crecimiento determinan cambios importantes en los patrones de crecimiento individual (Stokesbury *et al*, 1999; Moromoto, 2003; Villamor *et al*, 2004; entre otros). En este mismo esquema, y comparativamente con el modelo base desagregado por flotas, los resultados mostraron significativa similitud en tendencia y nivel, lo cual se explicari1a por el mayor peso de la pesquer1a de la zona centro sur respecto de la zona norte, en t3rminos de niveles de captura y de una estructura de edad o tallas m1s completa. No obstante esto, un modelo desagregado por flotas permite evaluar de mejor



forma los impactos de incrementos de mortalidad local en zonas específicas brindando mayores alternativas al manejo espacialmente explícito.

Lo anterior sugiere que, mientras la problemática asociada a la variabilidad del crecimiento inter-anual no sea tratada adecuadamente, se hace preferible el uso de modelos que consideren la dinámica entre flotas y composiciones de edades de las capturas. También se estima que estos debieran estar basados en la aproximación de la sobrevivencia tipo U-Pope, con el objeto de reducir la sobreparametrización y autocorrelación de parámetros que es inherente en un modelo tipo F-Gulland de mayor magnitud.

En cuanto a la evaluación de stock, se debe indicar que el jurel es un recurso complejo para evaluar debido a su dinámica poblacional, que además de ser propia de un pez pelágico, presenta características distintivas por ser un pez nerítico y pelágico; por la gran distribución geográfica del stock en relación con el área de las pesquerías y las diferentes pesquerías que lo explotan. La gran distribución del stock impone dificultades prácticas para obtener estimaciones de su biomasa independientes de la pesquería.

En términos históricos, los cambios en la biomasa del stock de jurel durante los setentas y ochentas estuvo principalmente determinada por la trayectoria ascendente de los reclutamientos y del crecimiento somático, situación que generó superávit de excedentes productivos y posibilitó el crecimiento del stock. Desde 1987 los reclutamientos caen bruscamente a un nivel bajo mientras que los desembarques aumentan en un 88% entre 1985 y 1991, lo cual produce un proceso de sobrepesca y aceleró la disminución de la abundancia hacia fines de los noventas. Durante este período la población desovante habría alcanzado niveles menores de 20%. Posteriormente y producto de la regulación de la pesquería y de un aumento relativo de los reclutamientos, el stock vuelve a crecer



hasta el 2000-2001 y la biomasa desovante hasta el 2003, para luego declinar hasta el presente producto de la reducci3n en los reclutamientos y capturas, las que sin mayor incremento superaron los excedentes productivos.

En la evaluaci3n anterior (Canales y Serra, 2008) se presentaron los resultados de dos hip3tesis (cambio de distribuci3n v/s contracci3n de la abundancia). Estas dos hip3tesis se mantienen en la actual evaluaci3n pero adicionalmente se decidi3 explorar diferentes factores de incertidumbre. Una conclusi3n importante es que en todos los caso se muestra que la biomasa total y desovante disminuye desde el 2002, esto gatillado por la disminuci3n de los reclutamientos y niveles creciente de las capturas registradas fuera de la ZEE. En aquellos escenarios donde se modelan supuestos frente a la hip3tesis de contracci3n, resultan biombras parentales del orden de 0,5 millones de toneladas que es menor a una biomasa l3mite (umbral) del 20% y significa una condici3n catastr3fica del stock. Se estima que este resultado es demasiado extremo y no representaría la condici3n del stock, como tambi3n merecen dudas los escenarios elegidos (escenario base o #1 y el #9) que podr3an sobre-estimar la condici3n del recurso, ya que estos subestiman la pendiente decreciente de la biomasa estimada por cruceros ac3sticos y por tanto de la disminuci3n del stock en la evaluaci3n.

La cobertura espacial de los cruceros ac3sticos entre 1997 y 2002 representa aproximadamente un 60% de su cobertura en los a3os siguientes y hasta el 2007 y 2008. Esto da base a pensar que la pendiente de decrecimiento de las biombras estimadas por ac3stica (0 a 400 mn) y sugerida por los datos pudiera representar una subestimaci3n de la disminuci3n de la abundancia del jurel por este índice, puesto que si las evaluaciones anteriores hubieran prospectado el área actual, las estimaciones para estos a3os podr3a haber sido mayor. Por tanto si bien los escenarios analizado representan condiciones extremas entregan resultados optimistas de la condici3n del stock y que sobreestimar3an su condici3n real.



Otro antecedente que da sustento a esta afirmaci3n es el resultado de la propia pesquería nacional. La cuota fijada para el 2007 no fue cumplida (80% de ella) y el mismo resultado se espera para el 2008 (60% de la cuota fijada), lo cual entreo otros aspectos se deben a que las cuotas de capturas en general han superado los niveles biológicamente recomendables (CTP). Durante la 6ª Reuni3n del Grupo de Trabajo Científico de la ORP, delegados de la república Popular China y de la Uni3n Europea indicaron que durante este ańo (2008) estas flotas tuvieron mayor dificultad para encontrar pesca y que la captura total del ańo sería menor que la del ańo pasado no obstante haber explorado la alta mar hasta aproximadamente 110° W. Estos antecedentes refuerzan el planteamiento anterior sobre la condici3n real del stock y deben ser considerados para la decisi3n final de fijar una captura total permisible para el jurel.

La sobre-explotaci3n del jurel está demostrada no solo por altas tasas de explotaci3n y que las capturas sobrepasan los excedentes productivos, sino que tambi3n por la disminuci3n de la biomasa y que esta se acerca peligrosamente al umbral del 20%. Muchos escenarios indican esta condici3n y otros estn aún por debajo. Un aspecto que debe ser considerado por su efecto en el corto plazo del stock son los bajos reclutamientos desde el 2003. Un antecedente que apoya la posibilidad de menores reclutamientos es el debilitamiento de las edades menores (2 - 4) en la estructura de edad de la captura y en la biomasa estimada por el crucero de hidroacústica. A pesar de la circularidad de esta informaci3n, puesto que las estructuras de edades de la captura y del crucero influyen en la estimaci3n de los reclutamientos, es informaci3n que proviene de la pesquería y del stock y es por tanto necesario sopesar.

El análisis de equilibrio de largo plazo mostr3 que el Máximo Rendimiento Sostenido se ubicaría en torno a 1,8 millones de toneladas, y este valor se obtiene cuando la biomasa desovante se ha reducido entre un 26% y 33% de la biomasa virginal (valor esperado del 32%). Similar valor fue encontrado por Cubillos *et al* (2002), quienes



determinaron que el MRS (en torno a 2 millones de toneladas) se obtiene cuando la biomasa desovante se ha reducido a un 21% y 36%. De acuerdo con esto, el manejo del jurel podr3a ser orientado a mantener valores de reducci3n de la poblaci3n entre un 30%-40%. La biomasa l3mite (20% de la virginal) se estimar3a en torno a 3,6 millones de toneladas y es superior al estimado de biomasa actual, lo cual es un antecedente preocupante que debe ser considerado.

Finalmente se desarroll3 un an3lisis de simulaci3n con el objeto de evaluar la respuesta de la poblaci3n futura ante distintas estrategias de explotaci3n. En todos los casos analizados para los actuales niveles de capturas se observa que la tendencia de corto plazo de la biomasa es a reducirse a3n m3s, y que solo capturas bajo un mill3n de toneladas se podr3a registrar un aumento de la biomasa desovante en los pr3ximos 5 a3os. Se pudo evaluar que en general, dada las actuales condiciones de la poblaci3n, los escenarios de reclutamientos son relevantes ante lo cual se hace recomendable suponer que los bajos reclutamientos se mantendr3n en el corto plazo. El an3lisis de riesgo indic3 que la probabilidad de reducir la poblaci3n bajo el 40%Bo en el escenario mas optimista ($M=0,3$) es cercana al 10% si las capturas futuras se fijan en torno a un mill3n de toneladas, y que frente a la pol3tica de tasa de explotaci3n constante, un nivel adecuado debiera ser fijado en torno al 14% de la biomasa total, lo cual y considerando la condici3n actual genera una captura de corto plazo cercana a las 850 mil toneladas a nivel subregional.

As3, el jurel atraviesa quiz3s por una de las etapas de m3s bajos niveles poblacionales en su historia, ante lo cual solo dr3sticas medidas de reducci3n de las capturas son compatibles con la recuperaci3n de la poblaci3n de este importante recurso pesquero.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en el proyecto y de los an3lisis realizados se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- **Sobre la informaci3n empleada para la evaluaci3n de stock**

La informaci3n empleada en la evaluaci3n de stock del jurel constituye la serie m3s extensa y voluminosa del Pac3fico-Sur Oriental, destac3ndose particularmente las composiciones de edades/tallas de las capturas que reflejan de buena manera los procesos fundamentales de reclutamientos, crecimiento y mortalidad por pesca. Adem3s de esto, se concluye que el seguimiento de la pesquer3a del jurel y su estacionalidad han permitido identificar con claridad los procesos de migraci3n reproductiva y tr3fica. Una conclusi3n relevante es que tanto IFOP como INPESCA con dise1os de muestreo independientes, presentan significativa similitud en las composiciones de tallas en la pesquer3a centro-sur

Sin perjuicio de esto, la extensa distribuci3n del jurel en el OPS respecto del 3rea cubierta por las pesquer3as y los estudios para estimar biomاسas de manera independiente de la pesquer3a, genera gran incertidumbre en la interpretaci3n de los principales 3ndices de abundancia y sus variaciones en el tiempo. Cabe aqu3 destacar los cambios de CPUE durante los per3odos de variaci3n en los r3gimenes de operaci3n de la flota, las variaciones de biomاسas estimadas por ac3sticas y por MPH como proceso asociado a cambios en distribuci3n/contracci3n de la poblaci3n, y en general la b3squeda y mejora de indicadores de abundancia complementarios que consideren de manera expl3cita las variaciones de la poblaci3n en el alta mar y el ambiente. Por ello se requiere de investigaci3n permanente que permita mejorar el conocimiento de estos procesos poblacionales poco comprendidos



En tal sentido y respecto del principal índice de abundancia que es la serie de biomasa acústica, es necesario realizar un análisis que permita identificar el mejor diseño de muestreo para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos tanto por IFOP como INPESCA. Además de esto, la serie de biomasa desovante estimada por MDPH debe ser tratada y re-analizada con el objeto de evaluar las causas de su drástica disminución y los factores que la podrían explicar.

Del análisis realizado se concluye que el índice más determinante en la evaluación de stock del jurel es la biomasa acústica, en tanto que la CPUE es el que menos impacto tiene en las estimaciones de biomasa de los años mas recientes.

Se concluye que el error de lectura de edades es un componente importante en la evaluación de stock ya que produce estimados de biomasa desovante menores respecto de la situación nula. Esto hace recomendable establecer un programa de trabajo en los laboratorios de edad a nivel nacional que permitan precisar de manera particular las medidas de error de lecturas de otolitos.

- **Sobre la estructura poblacional del jurel en el OPS**

Existen algunas evidencias mas recientes que podrían complementar y extender la hipótesis de trabajo inicial de una unidad de stock transzonal del jurel frente a las costas de Chile. Patrones en la dinámica de las composiciones de tamaños y cambios de mediana escala en las pesquerías de Chile y Perú podrían sugerir esto. La propuesta es una única población donde la zona de juveniles se ubica en el sur del Perú y norte de Chile y genera la reserva de individuos pre-desovantes que mas tarde se desplazan al norte y sur de esta área. En este sentido, en la medida que se puedan probar la existencia de niveles de mezcla importante de



adultos del norte del Per3 y centro-sur de Chile se puede sustentar de mejor forma la unidad de stock, en cambio si solo se demuestra una zona com3n de crianza y juveniles, se podr3a fortalecer la hip3tesis de dos unidades de stock independientes con un 3rea com3n de pre-desovantes.

Mientras este problema se aclara, en este estudio se trabaj3 sobre el concepto de un stock frente a Chile, dentro y fuera de la ZEE, concepto utilizado en todas las evaluaciones realizadas en el pa3 y base para el manejo de las pesquer3as que lo explotan.

- **Sobre la modelaci3n y evaluaci3n de stock**

La evaluaci3n de stock est3 sujeta a incertidumbre de procesos y supuestos que deben ser permanentemente considerados sin exclusi3n. En este sentido, una conclusi3n importante es que independiente de los supuestos de procesos e informaci3n, as3 como de la estructura de mortalidad empleada, las variaciones poblacionales son robustas frente a estos escenarios no obstante las mejoras que deben ser incorporadas en las fuentes de informaci3n. Mayor incertidumbre existe en los niveles de la biomasa desovante, la cual dependiendo del supuesto o escenario y excluyendo los casos catastr3ficos, podr3a fluctuar entre 2 millones y 5 millones de toneladas el a3o 2008.

Por otra parte, la din3mica de sobrevivencia modelada ya sea con la aproximaci3n de Pope o mortalidad por pesca de Gulland (F) no genera mayores diferencias en la evaluaci3n de stock del jurel. Mayor impacto tiene el uso de composiciones de tallas de las capturas, las que producen mayores niveles de mortalidad y estimados de biomasa desovante menores respecto del modelo que emplea informaci3n de edad. Dado que esto se debe principalmente al efecto de mortalidad agrupada sobre varias clases anuales que la informaci3n de tallas no



puede discriminar, se concluye que existiendo composiciones de edades de las capturas en el Pa3s, la evaluaci3n de stock debiera preferirlas por sobre las composiciones de tallas. Adem3s de esto y por la naturaleza convexa (no-lineal) en este tipo de modelos frente a la tendencia de correlaci3n de par3metros, y dada la significativa homogeneidad de resultados obtenidos entre una aproximaci3n tipo U-Pope o F-Gulland, se concluye que es preferible el uso de modelos con la primera de estas aproximaciones (U-Pope) por parsimonia, pues reduce significativamente la cantidad de par3metros por resolver.

De igual modo se concluye que la evaluaci3n de stock realizada con un modelo que no diferencia flotas no presenta discrepancias en los estimados de biomasa respecto del modelo que si las considera. Sin embargo, esto se explica por el mayor peso de la pesquer3a centro-sur, adem3s se estima que la ventaja de un modelo por flotas es una mejor compresi3n de procesos locales y la evaluaci3n de escenarios de manejo. El des-reclutamiento de individuos mas longevos significa que el uso de un patr3n de explotaci3n con escape tipo “domo-asim3trico” para las flotas que operan frente a la zona centro sur dentro y fuera de la ZEE es una mejor soluci3n. Mejor a3n, es propender a un modelamiento espacialmente expl3cito como tarea inmediata que debiera ser continuada.

Se concluye que solo la validez de la hip3tesis de cambios en distribuci3n espacial del recurso permitir3a el desarrollo de la pesquer3a en los pr3ximos a3os, en tanto que la hip3tesis de contracci3n poblacional genera una situaci3n catastr3fica de la poblaci3n, la que se acent3a a3n m3s al considerar el resultado de la biomasa ac3stica del 2008



- **Sobre el status del recurso, perspectivas y niveles de capturas recomendables**

Se concluye que la poblaci3n del jurel present3 tres importantes per3odos de cambios en su abundancia; el primero hasta fines de los ochentas caracterizado por el crecimiento de la poblaci3n provocado por grandes reclutamientos que culmina con una poblaci3n desovante mayor a 17 millones de toneladas en 1990; el segundo hasta fines de los noventa con err3ticos y bajos niveles de reclutamientos que generan la disminuci3n de la poblaci3n, acentuada adem3s por la pesca que termina en una condici3n de sobre-explotaci3n y una biomasa desovante reducida bajo los 4 millones de toneladas, y tercero; un aumento leve de la biomasa producto de un par de reclutamientos exitosos a fines de los noventas seguido de una notable tendencia a la baja que se mantiene hasta el a3o mas reciente, lo cual ha provocado la nueva reducci3n de la poblaci3n, acentuada adem3s por el incremento de pesca de flotas extranjeras operando fuera de la ZEE. La biomasa desovante para el 2008 se estima en promedio inferior a 3 millones de toneladas.

Se concluye que la estimaci3n de reducci3n de la poblaci3n es robusta frente a las fuentes de incertidumbre e indica en general una situaci3n bajo el 32% de la poblaci3n original. De igual forma, la estimaci3n de M3ximo Rendimiento Sostenido (MRS) del jurel se ubica en torno a 1,8 millones de toneladas y es poco sensible entre escenarios de evaluaci3n.

La biomasa desovante que genera el MRS se estima en torno a 33% de la biomasa desovante virginal de equilibrio con lo cual se concluye que un objetivo de manejo para esta poblaci3n podr3a ser llevar la biomasa el rango 30%-40% de la biomasa desovante virginal de equilibrio de largo plazo. En este sentido, se concluye que como valor l3mite se debiera considerar un 20% de $B_{F=0}$ que se



traduce en un valor absoluto cercano 3,6 millones de toneladas, lo cual es mayor al valor promedio de biomasa estimada para el a1o mas reciente.

Se determin3 que existe una disminuci3n de la poblaci3n en el per3odo m3s reciente, la que se ha debido a similar tendencia en los reclutamientos y el aumento de las capturas, principalmente a las flotas extranjeras que operan fuera de la ZEE. De acuerdo con lo anterior, y avalado adem3s por excedentes productivos por debajo de los desembarques, mortalidad por pesca que supera las recomendables, y la escasez general del recurso en su 3rea de distribuci3n, se concluye que el stock del jurel se encuentra en estado de sobre-explotaci3n con tendencias poco auspiciosas no mediar el ajuste significativos de las capturas y/o repunte de los reclutamientos.

En este sentido, el an3lisis de estrategias de explotaci3n indica que capturas constantes en torno a un mill3n de toneladas no permiten la recuperaci3n de la poblaci3n en el mediano plazo, y dada la tendencia negativa de los reclutamientos, es recomendable el uso de una pol3tica de tasas de explotaci3n constantes, con lo cual se asegura que las capturas sean coherentes con las variaciones y niveles de la poblaci3n. As3 y en el mejor de los escenarios, tasas de explotaci3n en torno al 14% de la biomasa total permitir3a la recuperaci3n de la poblaci3n en 6 a1os siempre que el nivel de captura inicial de referencia se ajuste bajo las 850 mil toneladas.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Alay, F., Gonzáles, F., Gavilán, J., Cabello, J., Chávez, R., 1994. Informe Final. Sección 3: Genética. En Proyecto FIP 1994-19 Unidades de stock en el recurso jurel de la I a la XI Regiones.
- Aldana, M., Oyarzún, J., George-Nascimento, M. 1995. *Ceratothoa gaudichaudii* y *C. Trigococephala* (Isopoda: Cymothoidae) como indicadores poblacionales del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Pices: Carangidae) frente a Chile. *Biología Pesquera* (Chile) 24, 17-21.
- Abramov, A.A. & A.N. Kotlyar. 1980. Some biological features of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Journal of Ichthyology*, 80: 25-31.
- Aguayo, M., A. Estay y V. Ojeda. 1981. Determinación de edad y crecimiento de jurel (*Trachurus murphyi*) en las zonas de Arica - Coquimbo y Talcahuano. Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 88 p.
- Alegría, V., J. Oliva, H. Robotham, H. Miranda, G. Böhm, L. Caballero, D. Boré, U. Parker, V. Baros, S. Peña, G. Claramunt, G. Herrera, C. Padilla, P. Pizarro, M. Medina, H. Arancibia, M. Araya, L. Cubillos, R. Gili, D. Garland, H. Hidalgo & M. Oliva. 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Informes Técnicos FIP-IT/93-17, 221 p. (www.fip.cl).
- Andrianov, D.P., 1985. Study on the reproduction of Peruvian scad, *Trachurus murphyi* (Carangidae), of the Peruvian Shelf. *J. Ichthyol.* 25(2):32-40.
- Andrianov, D.P., L.A. Lisovenko, A.N. Kotlyar and A.A. Abramov, 1990. Data on reproduction of some near-bottom fishes of the Nazca and Sala y Gomez Submarine Ridges. *Trudy Inst. Okeanol.* 125:58-96.



- Aracena, O., R. Alarcón, S. Collado, I. López, & D. Arriagada. 1998. Aspectos reproductivos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) de la pesquería de cerco de la Octava Región, Chile, 1994-1995. In: Arcos, D. (ed.). Biología y Ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile: 101-114.
- Aranis, A. 1981. Aspectos biológico-pesqueros de las capturas cerqueras industriales de jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona norte de Chile (1978 a primer semestre de 1981). Tesis Biología Marina, Universidad de Concepción, 107 p.
- Aranis, A., L. Caballero, G. Böhm, C. Martínez, M. Nilo, V. Bocic, E. Palta, T. Canales, A. López, H. Hidalgo, G. Muñoz, C. Toledo, F. Cerna y Z. Young. 2004. "Investigación situación pesquería pelágica Zona Centro-Sur 2003". Informe Final. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq., Valparaíso, Chile. 166 p.+ Anexos.
- Arancibia & Cubillos, 1993. Análisis de la pesquería industrial regional de cerco, dinámica poblacional y situación del recurso jurel, *Trachurus murphyi*. Doc. Tec. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Vol. 2. Núm. 1. 23 pp + figuras.
- Arancibia, H., L. Cubillos, L. Vilugrón, D, Arcos. 1994. Dinámica poblacional del jurel, *Trachurus murphyi*, y análisis de la pesquería industrial de cerco de la zona centro-sur, Chile (1993). Doc. Tec. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Vol. 3, Núm. 26 pp.
- Araya, M., M. Medina y H. Arancibia. 1993. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* de la zona centro-sur de Chile mediante el método de lectura de los microincrementos diarios de los otolitos y confección de claves talla/edad. Informe final. Universidad Arturo Prat/Instituto de Investigación Pesquera VIII Región, 40 p. + 24 figs. + 15 tablas.



- Araya, M., Cubillos, L. 2002. El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana* 66(2):161-179.
- Arcos, D., Cubillos, L., Nuñez, S., 2001. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-1998 effects off Chile. *Progress in Ocenography* 49, 597-617.
- Arcos, D., Cubillos, S, Sepúlveda, O., Grechina, A., Peña, H., Alarcón, R., Hernández, A., Miranda, L., Vilugrón, L. 1995. Evaluación del stock de jurel a nivel Subregional. Informe Final. FIP 95-09, 219 pp.
- Arcos, D.F. 1987. Seasonal and short time scale variability in copepod abundante and species composition in an upwelling area off Concepción coast, Chile. Ph.D. Thesis Dissertation, State University of New Cork, Stony Brook, 203 pages.
- Arcos, D.F., & Grechina, A. 1994. Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. Concepción, Chile: Editorial Aníbal Pinto, 203 pp.
- Arcos, D.F. 1998. Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Concepción, Chile: Editorial Aníbal Pinto, 212 pp.
- Arcos, D., L. Cubillos, A. Sepúlveda, A. Grechina, H. peña, R. Alarcón, A. Hernández, L. Miranda, L. Vilugrón. 1998. Evaluación del stock de jurel a nivel subregional. Informes Técnicos FIP-IT/95-09, 219 p.
- Arcos, D., L. Cubillos & S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas de la zona centro-sur de Chile, pág: 153-177. En: S. Avaria, J. Carrasco, J. Rutland y E. Yáñez (eds). *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile*. CONA, Valparaíso, Chile.
- Astorga M. y R. Galleguillos. 1998. Divergencia genética de jureles del género *Trachurus* desde el Pacífico noroeste y sureste. *Revista de Biología Marina* Vol 33 N°1: 155-161.



- Bailey, K. 1989. Description and surface distribution of juvenile Peruvian jack mackerel, *Trachurus murphyi*, Nichols from the subtropical Convergence Zone of Central South Pacific. Fishery Bulletin, U.S., 87, 273-278.
- Ben Salem, M. & M.H. Ktari. 1991. Classification phénétique par analyse des correspondences des espèces du genre *Trachurus* Rafinesque, 1810 (Poissons, Carangidae). Oceanologica Acta, 14(6): 599-603.
- Bernal P, F Robles & O Rojas. 1983. Variabilidad física y biológica de la región meridional del sistema de corrientes Chile-Perú. En: Sharp G & J Csirke (eds). Actas de consultas de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos. FAC Informes de Pesca (291) 3: 683-711. San José, Costa Rica.
- Bernal, C. A. Aranís, C. Martínez, C. Canales. 2008. Catch size compositions for jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile (1975-2006). Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)- Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Becker, R., J. Chambers, and A. Wilks. 1988. The new S language. A programming environment for data analysis and graphics. Wadsworth & brooks/cole advanced books & software. Pacific grove California.
- Beverton, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 154:44-67.
- Beamish, R. and E. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 982-983.
- Blanco, J.L., A.C. Thomas, M.E Carr & P.T. Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic condition in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106: 11451-11467.



- Bocic, V, R. Gili, V. Ojeda. Colaboradores: R. Aravena y L. Mu1oz. Revisi3n de los procesos y data b1sica empleada para determinar la estructura de edad en jurel. 1999. En: An1lisis Data Biol3gica de Jurel. Informe de Avance. Documento Interno Unidad de Edad y Crecimiento. IFOP. 47 p.
- Braun M. y V. Valenzuela. 2008. Seasonal distribution and abundance of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) eggs and larvae off northern Chile 1981-2007. Instituto de Fomento Pesquero. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Caballero, L. y A. Aran1s. 2005. Estandarizaci3n de la CPUE de jurel flota industrial zona centro-sur, 1981-2004. Informe T1cnico Interno PCS 01-2005, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valpara1so, Chile. 14 pp.
- Campana, S. 1997. Use of radiocarbon from nuclear fallout as a dated marker in the otoliths of haddock, *Melanogrammus aeglefinus*. Marine Ecology Progress Series 15, 49-56.
- Campana, S. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology 59, 197-242.
- Campana, S. 2007. Informe Final Estudio Validaci3n Edad de Jurel y Merluza com1n mediante el uso de ^{14}C . En: Actualizaci3n y perfeccionamiento de metodolog1as cient1ficas de determinaci3n de edad en peces para la sustentabilidad de los recursos pesqueros nacionales 05CN11IPT-16. Segundo informe de avance INNOVA – CHILE - IFOP. Ap1ndice 3.
- Campana, S. and Jones C. 1998. Radiocarbon from nuclear testing applied to age validation of black drum, *Pogonias cromis*. Fishery Bulletin, U.S. 96, 185-192.



- Cárdenas, L., Hernández, C., Poulin, E., Magoulas, A., Kornfield, I., Ojeda, P., 2005. Origin, diversification, and historical biogeography of the genus *Trachurus* (Perciformes: Carangidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 35, 496-507.
- Canales C and R. Serra, 2008. Updated Status of the Chilean Jack Mackerel Stock. Technical Summary. Document SPRFMO-V-SWG. Fifth International Consultations on the Establishment of the South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO). Guayaquil, March 2008.
- Canales, C., L. Caballero y A. Aranís. 2008. Catch per Unit Effort of 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. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Canales, C. y R. Serra. 2008. Chilean jack mackerel stock assessment model. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Canales, C. & R. Serra. 2008. Updated Status of the Chilean Jack Mackerel Stock. (presented in 5th Conference SPRFMO, Guayaquil 2008). Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Castillo, G., y A. Arrizaga. 1987. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) en aguas de Chile Central. *Biol. Pesq.* 16:19-33.
- Castillo, J. 2008. Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) spatial distribution and seasonal acoustic biomass estimated in north of Chile. 1981 - 1990. Instituto de Fomento Pesquero. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.



- Chang, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 39: 1209-1210.
- Chaigneau A. & O. Pizarro. 2005. Eddy characteristics in the eastern South Pacific. *Journal of Geophysical Research*, 110, doi:10.1029/2004JC002815.
- Chaigneau, A. & O. Pizarro. 2005: Mean surface circulation and mesoscale turbulent flow characteristics in the eastern South Pacific from satellite tracked drifters. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, No. C5, C05014, 10.1029/2004JC002628.
- Chaigneau, A. & O. Pizarro. 2005: Surface circulation and fronts of the South Pacific Ocean, east of 120°W. *Geophysical Research Letters*, 32, L08605 10.1029/ 2004GL022070.
- Chernyshkov, P., E. Timokhin, A. Glubokov. 2008. Inter-annual and seasonal variability of oceanological conditions in the Southern Pacific Ocean in connection with the pelagic ecosystem structure. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Chirichigno, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Informes, 44: 1-387.
- Chirichingo, N., W. Fischer y C. Nauen. 1982 Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte II- Pacífico centro y suroriental. Roma: FAO/PNUD. INFOPECA. 1-588.
- Córdova, J., R. Bahamonde and V. Catasti. 2008. Jack Mackerel (*Trachurus Murphyi*, Nichols, 1920) acoustic survey in the central coast of Chile Instituto de Fomento Pesquero – IFOP- Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.



- Corten, A., 2007. Scientific research for distant water operations of the EU pelagic fleet. Presented In: The jack mackerel fishery in the South Pacific Meeting. March 22, 2007, Talcahuano, Chile
- Corten, A. 2008. The fishery for jack mackerel in the Eastern Central Pacific by Dutch trawlers in 2007. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Cubillos, L. 1994. Estimating the parameters of the stock-recruitment model of Ricker from a yield-per-recruit model in data limited situations. Fisheries Research 20:229-242
- Cubillos, L., R. Alarcón, L. Vilugrón, A. Sepúlveda, M. George-Nascimento, M. Araya, M. Medina, J. Zambrano, M. Guzman, L. Martinez, J. Peñailillo, R. Gili, Z. Young, V. Alegria, V. Bocic, L. Muñoz y L. Cid. 1998. Validación de los métodos aplicados en la determinación de edad y crecimiento y determinación de la mortalidad del jurel en la zona centro sur. Informe Final Proyecto FIP 95-10, 170 p.
- Cubillos, L. y A.S. Grechina. 1998. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. In: D. Arcos (Ed.), Biología y ecología del jurel en aguas chilenas, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, p. 151-161.
- Cubillos, L., 2000. Análisis talla-estructurado de los cambios de abundancia de jurel entre 1975 y 2000. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 9(2):1-47.
- Cubillos, L., 2001. Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación en el 2002. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 10(2):1-35.



- Cubillos L. & D. Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997–1998 El Niño. *Aquat. Living Resour.* 15: 87–94.
- Cubillos L., A. Hernández, A. Sepúlveda, D. Arcos. 2002. Equilibrium yield-curve analysis through an analytic age-structured production model: A sensitivity study for the Chilean jack mackerel fishery. *Fisheries Research* 54 (2002) 395-407.
- Cubillos, L., S. Núñez & D. Arcos. 2003. Relating Chilean jack Mackerel recruitment to sea surface temperature (SST): looping for spatial spawning pattern and SST indexes. *Globec Special Contribution N°6*. Report of the 2nd Meeting of the SPACC/IOC Study Group on “Use the environmental indices in the Management of the pelagic fish population”. P: 73-84.
- Cubillos, L. y H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi*. In: C. Bas, J.J. Castro y J. Ma. Lorenzo (Eds.), *International symposium on middle-sized pelagic fish*, *Scientia Marina* 59(3-4):647-652.
- Cubillos, L., R. Alarc3n, L. Vilugr3n, A. Sepúlveda, M. George-Nascimento, M. Araya, M. Medina, J. Zambrano, M. Guzmán, L. Martínez, J. Peñailillo, R. Gili, Z. Young, V. Alegría, V. Bocic, L. Muñoz, L. Cid. 1998. Validaci3n de los métodos aplicados en la estimaci3n de edad y crecimiento, y determinaci3n de la mortalidad en jurel en la zona centro-sur. *Informes Técnicos FIP-IT/95-10*, 81 p. + anexos.
- Cubillos, L., C. Gatica, R. Serra. 2008. Short review of natural mortality and size at first maturity on jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeastern Pacific. Universidad de Concepci3n, Instituto de Investigaci3n Pesquera e IFOP-Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.



- Dejnik T.V, M. M. Nevinskiy, G. Z. Galaktionov, A. A. Nesterov & G. P. Rudometkina. 1994. Estimaci3n de la fraccipon desovante del stock de jurel segun estudios de ictioplancton. In: D. Arcos y A. Greshina (Eds). *Biologfa y pesca comercial del jurel en el Pacfifico Sur*, pag. 161-166.
- Deriso, R.B., Quinn II, T.J., Neal, P.R., 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:815-824.
- Dioses, T., V.H. Alarc3n, M.H. Nakama & A. Echeverrfa. 1989. Desarrollo ovocitario, fecundidad parcial y distribuci3n vertical de los card6menes en desove del jurel *Trachurus murphyi* (N). *Revista de la Comisi3n Permanente del Pacfifico Sur*, 287-294.
- Doubleday, W.G., 1976. A least squares approach to analyzing catch at age data. *Int. Comm. Northw. Atl. Fish. Res. Bull.* 12:69-81.
- Elizarov, A.A., A.S. Grechina, B.N. Kotenev & A.N. Kuzetsov. 1993. Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *Journal of Ichthyology*, 33(3): 86-104.
- Escribano, R., G. Daneri, L. Farfas, V. A. Gallardo, H.E. Gonz6lez, D. Gutierrez, C. Lange, C. E. Morales, O. Pizarro, O. Ulloa & M. Braun. 2004. Biological and chemical consequences of the 1997–1998 El Ni3o in the Chilean coastal upwelling system: a synthesis. *Deep-Sea Research II* 51 (2004) 2389–2411.
- Espinoza E., M. Niquen y R. Flores. 2008. Changes in the latitudinal and longitudinal distribution of the aggregations of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Peruvian sea during 1996-2007. Instituto del Mar del Per6 (IMARPE) – Per6. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.



- Evseenko, S., 1987. Reproduction of Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the Southern Pacific. J. Ichthyol. 27 (3), 151-160.
- Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish. Biol. 36: 883-902.
- Froese, R. & C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology, 56:758-773.
- Fournier, D. & C.P. Archibald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39: 1195-1207.
- Galleguillos, R., Montoya, M., Quiñones, R. 1998. Tipificaci3n gen3tica de poblaciones de *Trachurus symmetricus* (jurel) mediante PCR. En: Proyecto FIP 1996-15 Migraci3n de jurel desde y hacia la ZEE de Chile Central. 256 pp.
- Galleguillos, R., Torres, A. 1988. Identificaci3n de unidades poblacionales pel3gicas. Tercera etapa. Informe final. Subsecretar3a de Pesca. 67 p
- Garcia, C. 2008. Maximum sustainable yield (MYS) and optimum effort of fishing of jack and pacific mackerel (*Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus*) in Per3 (1997-2006). Instituto del Mar del Per3 (IMARPE) – Per3. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Gavaris. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size. CAFSAC Res. Doc. 88/29.
- George, M.R. 1995. Aspects of the reproductive cycle of southern Pacific jack mackerel, *Trachurus murphyi* Nichols, 1920, off northern coast of Chile. ICES C.M. 1995/H30: 12 p.



- George-Nascimento, M. 2000. Geographical variations in the jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* populations in the southeastern Pacific Ocean as evidenced from the associated parasite communities. *The Journal of Parasitology*. 86 (5), 929-32.
- George-Nascimento, M., Arancibia, H., 1992. Stock ecol3gicos del jurel (*Trachurus symmetricus Murphyi*, Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparaci3n de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural* 65, 453-470.
- George-Nascimento, M., Arancibia, H., Labrín, A., 1994. Informe Final. Secci3n 2: Parasitofauna. En Proyecto FIP 1994-19 Unidades de stock en el recurso jurel de la I a la XI Regiones.
- Gili, R., L. Cid, V. Bocic, V. Alegría, H. Miranda & H. Torres. 1995. Determinaci3n de la estructura de edad del recurso jurel. In: Estudio biol3gico pesquero sobre el recurso jurel en la zona centro-sur, V a IX Regiones. Informes T3cnicos FIP/IT-93-18.
- Grechina, A, S. Nuñez y A. Sepulveda, 2006. Estado del conocimiento sobre la distribuci3n del jurel fuera de la ZEE frente a Chile y Perú. Instituto de Investigaci3n Pesquera. Presentado en: Taller Científico sobre el jurel en el pacífico Sur, Comisi3n Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Santiago, Chile, agosto del 2006.
- Grechina, A. 1992. Historia de investigaci3n y aspectos b3sicos de la ecología del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en alta mar del Pacifico Sur. En: H. Arancibia y L. Cubillos (eds). Documento T3cnico. Instituto de Investigaci3n Pesquera, Talcahuano, 1(2):1-47.



- Grechina, A.S. 1998. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en alta mar del Pacífico Sur. En Arcos, D (ed). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 11-34 pp.
- Grechina, A.S., S. Núñez, & D. Arcos. 1998. Biología reproductiva del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el Pacífico sur. In: D. Arcos (Ed.), Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, p. 77-79
- Grechina, A., C. González, S. Núñez & A. Sepúlveda. 2008. Aspectos Oceanográficos, Pesquerías y Patrones Migratorios del Jurel en el Pacífico Sur. Instituto de Investigación Pesquera. Casiila 350, Talcahuano-Chile.
- Gulland, J. 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report. ICES C.M. Doc. 3 (Mimeo).
- Gutiérrez, M., A. Bertrand, M. Ballón, P. Espinoza, A. Alegre and F. Gerlotto. Distribution changes and interactions of Jack Mackerel off Peru as observed using acoustics (1983-2006). TASA- Perú, IRD – France, IMARPE-Perú. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Hernández, A., Sepúlveda, A., 1998. Análisis del esfuerzo y rendimientos de pesca de la pesquería del jurel en la zona centro sur de Chile entre 1987 y 1995. En: Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano. Chile. 216 pp.
- Hernández, A., Sepúlveda, A., Miranda, L., 1998. Morfometría y merística del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) a lo largo de Chile. En Arcos, D (ed). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 47-63 pp.



- Hilborn R, Maunder M, Parma A, Ernst B, Payne J, Starr P. 2003. Coleraine: A Generalized Age-Structured Stock Assessment Model: User's Manual Version 2.0. Technical Report. School of Aquatic and Fishery Science, Fisheries Research Institute, Washington University [Rep. Fish. Res. Inst. Wash. Univ.], [np].
- Hilborn, R. 1990. Determination of fish movement patterns from tag recoveries using maximum likelihood estimators. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47:635-643.
- Hoyle S.D and M.Maunders., 2005. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2004 and outlook for 2005. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assessment Report*, 4: 1-100.
- Hormazábal, S., G. Shaffer, J. Letelier & O. Ulloa. 2001. Local and remote forcing of sea surface temperature in the coastal upwelling system off Chile. *Journal of Geophysical Research*, 106, 16657-16672.
- Hormazábal, S. Núñez, D. Arcos, F. Gómez & G. Yuras. Mesoscale eddies and jack mackerel (*Trachurus murphy*) distribution in the eastern South Pacific. (MS submitted).
- Ianelli J, Lamberson RH (2003) Introduction to special issue: Modeling in fisheries science, past, present and future. *Natural Resource Modeling* 16, 337-340.
- INPESCA, 1990. Análisis de la pesquería pelágica regional zona centro-sur, "Estado de situación del recurso". Doc. Tec. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Chile. 17 pp.
- INPESCA, 1991. Análisis de la pesquería cerquera industrial, estado de situación actual del recurso jurel y captura total permisible para 1992. Doc. Tec. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Chile. 26 pp.



- INPESCA, 1998. Situación de la pesquería del recurso jurel en la zona centro-sur de Chile. Doc. Tec. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, Chile. 16 pp.
- Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:820-822.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. *J. Fish. Res. Board of Can.* 34: 317 - 324.
- Kaiser, C.E. 1973. Gonadal maturation and fecundity of horse mackerel *Trachurus murphyi* (Nichols) off coast of Chile. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102: 101-108.
- Kerstan. M. 1995. Ages and growth rates of agulhas bank horse mackerel *Trachurus trachurus capensis* -comparison of otolith ageing and length frequency analyses. *S. Afr. J. mar. Sci.* 15 : 137-156
- Kochkin, P.N. 1994. Age Determination and Estimate of Growth Rate for the Peruvian Jack Mackerels, *Trachurus symmetricus murphyi*. *J. of Ichthyology* 34(3) : 39-50.
- Konchina, G.V. (1983). The Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, a facultative predator in the coastal upwelling ecosystem. *Journal of Ichthyology* 20(5):46-59.
- Klyashtorin, L. 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.* 37:115-125.
- Lai,H-L., 1987. Optimun allocation for estimating age composition using age-length key. *Fish. Bull.* Vol 85, N 2.
- Lai,H-L., 1993. Optimal sampling design for using the age - length key to estimate age composition of a fish population. *Fish. Bull.* 9 (2).



- Lasker, R. 1985. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish. Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. U.S. Sep. Commer., NOAA Tech Rep. NMFS 36, 99p.
- Leth, O. 2000. Ocean Circulation In The Eastern South Pacific: An Observational And Numerical Modelling Study, Tesis para optar al grado de Ph. D. en Oceanografía University of Copenhagen.
- Leth, O. & G. Shaffer. 2001. A Numerical Study of the Seasonal Variability in the Circulation off Central Chile. *J. Geophysical Res.*, vol. 106, no. C10, 22,229 – 22,248, October
- Maunder MN., Starr PJ, Hilborn R. 2000. A Bayesian analysis to estimate loss in squid catch due to the implementation of a sea lion population management plan. *Marine Mammal Science* 16, 413-426.
- Maunder MN, Watters GM. 2003. A-Scala: An age-structured statistical catch-at-length analysis for assessing tuna stocks in the Eastern pacific ocean. *Bulletin. Inter-American Tropical Tuna Commission* 22, 435-437.
- McAllister, M. & J. Ianelli. 1997. Bayesian stock assessment using catch-age data and the sampling-importance resampling algorithm. *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.*, 54: 284-300.
- McCullagh, P. and Nelder, J. 1989. *Generalized linear models*. Chapman and hall. London. 511 pp.
- McDonald, P.D.M. y T.J. Pitcher. 1979. Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method for analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Board Can.* 36:987-1001.



- MEDINA, Marianela y ARANCIBIA, Hugo. Dinámica trófica del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el norte de Chile. Investig. mar. [online]. 2002, vol. 30, no. 1 [citado 2009-06-04], pp. 45-55
- Miranda, L., A. Hernández, A. Sepúlveda & M. Landaeta. 1998. Alimentación del jurel y análisis de la selectividad en la zona centro-sur de Chile. En: D. Arcos (ed.) Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano- Chile: 173-187.
- Morimoto Haruyuki 2003. Age and growth of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* in Tosa Bay, south-western Japan during a period of declining stock size. Fisheries Science 2003; 69: 745–754.
- Morales-Nin B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. Inf. Técn. Inv. Pesq. 143. 30p
- McFarlane, G., J. King & R. Beamish. 2000. Have there been recent changes in climate? Ask the fish. Progress in Oceanography 47:147-169.
- Nakata, H., Kimura, S., Okazaki, Y. and Kasai, A. 2000. Implications of meso-scale eddies caused by frontal disturbances of the Kuroshio Current for anchovy recruitment. ICES J. Mar. Sci. 57: 143-152.
- Nebenzahl, D.A. 1997. Age , growth and population structure of jack Mackerel (*Trachurus symmetricus*) from the Northeastern Pacific ocean. Ms. Thesis. San Francisco State University. USA.
- Nekrasov, V.V. 1994. Edad y ritmo de crecimiento. En: Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. 1994. D. Arcos y A.S. Grechina (Eds.). Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile: 43-45.



- Nazarov, N.A., Nesterov, A.A., 1990. Jack mackerel *Trachurus murphyi* in the southwestern part of the Pacific Ocean. Sumaries of papers of the All-Union Conference. Reserve food biological resources of the open ocean and USSR seas. Kaliningrad. March 10-22, 1990, 131-133. (In Russian).
- Nesterov. A.A., V.N. Chur, F.V. Kolomeyko, 2007 . Russian fishery and researches in the Southern Pacific Ocean in 1978-1991 and 2002-2003. Presented In: The jack mackerel fishery in the South Pacific Meeting. March 22, 2007, Talcahuano, Chile. Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO), Kaliningrad, Russia
- Núñez, S., J. Letelier, D. Donoso, A. Sepúlveda & D. Arcos. 2004. Relating spatial distribution of Chilean Jack mackerel eggs and environmental factors in the oceanic waters off Chile. Pan Ocean Remote Sensing Conference – 2004. Remote Sensing of Oceans, Coasts and the Atmosphere: Developments and Applications. J. Stuardo, A. Valdenegro, R. Abarca & S. Torres (eds.). Vol. II. Gayana 68(2): 444-449.
- Núñez, S., S. Hormazábal, F. Gómez, J. Letelier & A. Sepúlveda. 2006. Some evidences of physical-biological coupling between Jack mackerel larvae and mesoscale structures off central Chile. The Humboldt Current system International Conference. Lima, Perú, Nov. 27 – Dec 1, 2006.
- Núñez S., S. Vásquez, P. Ruiz & A. Sepúlveda. 2008. Distribution of early developmental stages of jack mackerel in the Southeastern Pacific ocean. Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) – Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Ñiquen, M.A. y C.L. Peña. 2008. Distribution and Concentration of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) related to oceanographical features between north Peru



to north Chile. Instituto del Mar del Per3 (IMARPE) – Per3. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.

Ñiquen, M. 2008. Program Bio-oceanographic Research of Resources Jack mackerel and Pacific mackerel in Per3. Instituto del Mar del Per3 (IMARPE)-Per3. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.

Ojeda, V., F. Cerna, V. Bocic, L. Mu3oz. Colaboradores: O. Guzm3n, C. Brito, A. L3pez, J. Olivares, R. Bravo, H. Hidalgo, J. Carrasco, M. Gonz3lez, M. Nilo. 2006. Actualizaci3n y perfeccionamiento de metodolog3as cient3ficas de determinaci3n de edad en peces para la sustentabilidad de los recursos pesqueros nacionales 05CN11IPT-16. Primer informe de avance INNOVA – CHILE - IFOP.

Ojeda, V., V. Bocic y L. Mu3oz. 2008. Methodology employed for age determination in Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*). Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.

Oliva, J. 2004. ¿Existen diferencias en el tama3o de primera madurez sexual y en la fecundidad del jurel capturado en la zona norte respecto a la zona centro-sur de Chile? In: Res3menes XXIV Congreso de Ciencias del Mar, Coquimbo, Universidad Cat3lica del Norte, p.164.

Oyarz3n, C., J. Chong & M. Malague3o. 1998. Fenolog3a reproductiva en el jurel, *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) (Perciformes, Carangidae) en el 3rea de Talcahuano-Chile: 1982-1984. In: D. Arcos (Ed.), Biolog3a y ecolog3a del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigaci3n Pesquera, Talcahuano, Chile, p. 67-75



- Oliva, M. 1999. Metazoan parasites of the jack mackerel *Trachurus murphyi* (Teleostei, Carangidae) in a latitudinal gradient from South America (Chile and Perú). *Parasites*, 6: 223-230.
- Oyarzún, C., J. Chong & M. Malagueño. 1998. Fenología reproductiva en el jurel, *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) (Perciformes, Carangidae) en el área de Talcahuano-Chile: 1982-1984. En: Arcos, D. (ed.), *Biología y ecología del jurel en aguas chilenas*, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, Chile, 67-75.
- Pascual, M.A. y O.O. Iribarne. 1993. How good are empirical predictions of natural mortality? *Fisheries Research*, 16:17-24.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature of 175 fish stocks. *J. Coun. Int. Explor. Mer* 39(2):175-192.
- Pauly, D. 1984. A mechanism for the juvenile-to-adult transition in fishes. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer*, 41: 280-284.
- Pauly, D. y J.L. Munro. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1):21.
- Pavez, P. y E. Saa. 1978. Determinación de edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Investigaciones Marinas* 6(6):89-100.
- Penney, A. 2008. An overview of the New Zealand jack mackerel fishery: catch composition, catch trends, seasonality and length-frequency composition. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Perterson, W.T, D.F. Arcos, G. McManus, H. Dam, D. Bellantoni, t: Johnson & P. Tiselius. 1988. The nearshore zone during coastal upwelling: daily variability



and coupling between primary and secondary production oss central Chile. *Progress in Oceanography*, 20:1-40.

Pienaar L. and W. Ricker, 1968. Estimating mean weight from length statistic. *J. Fish. Res. Board of Can.* 25: 2743 - 2747.

Pizarro, O., S. Hormazabal, A. Gonz3lez & E. Y3nez. 1994. Coastal wind, sea level and temperature variability in the north of Chile. *Investigaciones Marinas*, 22:85-101.

Pope & Shepherd, 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data. *J. Cons, int. Explor. Mer*, 40: 176-184.

Poulin, E. L. Cardenas, C.E. Hern3ndez, I. Kornfield & F.P. Ojeda. 2004. Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerels using mitochondrial DNA sequence. *Journal of Fish Biology*, 65: 1160-1164.

Quinn, T. J. and R. B. Deriso. 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press. 542 p.

Qui3ones, R., R. Serra, S. N3ñez, H. Arancibia, J. C3rdova y F. Bustos. 1997. Relaci3n espacial entre el jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y sus presas en la zona centro-sur de Chile. En: E. Tarife3o (ed.). *Gesti3n de Sistemas Oceanogr3ficos del Pac3fico Oriental*. Comisi3n Oceanogr3fica Intergubernamental de la UNESCO. IOC/INF-1046, 432 pp.

Reeves, S., 2003. A simulation study of the implications of age-reading errors for stock assessment and management advice. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 314–328. 2003.

Rickther, V.A. y V.N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populatios. *ICNAF Res. Doc.*, 76/VI/8, 12 p.



- Ricker W., 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- Robotham, H., 1994. Revisi3n de los procedimientos estadísticos de muestreo para otolitos conducente a la elaboraci3n de claves talla edad y matrices de captura. En: Informe Técnic: Estandarizaci3n de métodos para la determinaci3n de la edad y crecimiento de anchoveta, sardina, jurel y merluza. Segundo Taller IFOP-IMARPE, junio, Iquique.
- Robotham, H.; Z. Young; J. Saavedra. 2006. Colaboradores: F. Cerna, V. Bocic, A. L3pez, C. Machuca. Diseños de muestreo para estimar la captura en número a la edad y determinaci3n de tamaño de muestra para las claves edad-talla de anchoveta, sardina común y jurel. Informe Interno Instituto de Fomento Pesquero.
- Ruiz, P., A. Sepúlveda, L. Cubillos, C. Oyarzún, J. Chong. 2008. Reproductive Parameters and Spawning Biomass of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*), in 1999-2006, determined by The Daily Egg Production Method. Instituto de Investigaci3n pesquera (INPESCA), Universidad de Concepci3n, Chile. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Rutllant, J. & V. Montecino. 2002. Multiscale upwelling forcing cycles and biological response off north-central Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 75:217-231.
- Sepúlveda, A., Páramo, J., Peña, H. 2002. Evaluaci3n acústica de focos de abundancia de jurel, 2002. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 10(1):1-17.
- Sepúlveda, A., L. Cubillos & D. Arcos. 2003. Pesquerías pelágicas chilenas: Una síntesis sobre la incertidumbre biológica. Págs: 91-107. En: E. Yáñez (Ed.) Actividad pesquera y acuicultura en Chile. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso, Chile.



- Sepúlveda, A., Alarcón, R, y C. González. 2004. Evaluación de la biomasa de jurel con embarcaciones de la flota pesquera, 2004. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 13(7):1-42.
- Sepúlveda, A., y otros autores. 2004. Condición biológica del jurel en alta mar, año 2003. Informe Final Proyecto FIP2002-12, Fondo de Investigación Pesquera.
- Sepúlveda, A., 2005. Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación para el 2006. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 14(1):1-30.
- Sepúlveda, A., Alarcón, R, y C. González. 2006. Evaluación de la biomasa de jurel con embarcaciones de la flota pesquera, 2005. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 14(5): 1-52.
- Sepúlveda, A., 2006. Situación del stock de jurel y perspectivas de su explotación para el 2007. Doc. Téc. Inst. Invest. Pesq. (IIP), Talcahuano, 15(1):1-33.
- Sepúlveda, A. & C. Gatica. 2008. Stock assessment to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) available to Chilean fleet in southeaster Pacific. Departamento de Pesquerías, Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Avenida Colón 2780, Talcahuano. Chile
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, Invest. Pesq. (Chile), 36:67-83.
- Serra, R., Rojas, O., Aguayo, M., Inostroza, M., Cañón, J., 1979. Jurel In: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces I. CORFO-IFOP, 36 pp.
- Serra, R. 1993. Investigación Evaluación de stock y CTP de jurel, 1994. Informe Final. IFOP/SUBPESCA.



- Serra, R., C. Canales and L. Caballero. 2005. Investigación Evaluación de stock y CTP de jurel, 2005. Informe Final. IFOP/SUBPESCA. 43 p. +anexos.
- Serra, J.R y C. Canales, 2007. Evaluación y Captura Total Permissible de Jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) Sub Regional, 2008. Pre-Informe Final, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 85 pp.
- Serra R. & A. Glubocov. 2008. Population structure of the Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi*, in the South Pacific Ocean: full proposal for discussion for an international joint research. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Serra, R., R. Galleguillos, M. Oliva, C. Canales and L. Cubillos. 2008. Stock Structure of the Chilean Jack Mackerel, *Trachurus Murphyi* in the South Pacific Ocean: A Synthesis. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile; Universidad de Concepción, Concepción, Chile; Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile.
- Shaffer, G., S. Hormazábal, O. Pizarro & S. Salinas. 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature over the slope of central Chile. Journal Geophysical Research, 104, C12, 29,951-29,961.
- Shcherbich, L.V. 1991. Aging methods for Pacific horse mackerel in the Subarea of Chile, En: Fishery-ecological researches in the South Pacific Ocean, Collection of Scientific Papers. Kaliningrado, 1991, AtlanNIRO, pp 35-52 (en ruso).
- Soldat V.T., F.V. Kolomeiko, A.I. Glubokov, A.A. Nesterov, P.P. Chernyshkov, E.N. Timokhin. 2008. Jack mackerel (*Trachurus murphyi*) distribution peculiarities in the high seas of the south pacific in relation to the population structure. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.



- Sokolov, V.A., & Kuznetsov, A.N. 1994. Historia de la investigaci3n pesquera industrial en el Océano Pacífico Suroriental. In. D. Arcos, & A. Grechina (Eds.), *Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur* (pp. 13-17). Concepción, Chile. Editorial Aníbal Pinto.
- Southward, G. 1976. Sampling landings of halibut for age composition *Int. Halibut Comm. Sci. Rep.* 58; 31 p.
- Stepien, C.A. & R.H. Rosenblatt. 1996. Genetic divergence in antitropical pelagic marine fishes (*Trachurus*, *Merluccius* and *Scomber*) between North and South America. *Copeia*, 1996(3) 586-598.
- Stefansson, G. 1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM y delta approaches. *Ices Journal of Marine Science*, 53: 577 – 588 pp.
- Stokesburya Kevin D.E., Robert J. Foy & Brenda L. Norcross. 1999. Spatial and temporal variability in juvenile Pacific herring, *Clupea pallasii*, growth in Prince William Sound, Alaska. *Fisheries Science* 2003; 69: 745–754
- Strub, P., I. Mesías, V. Montecino, J. Ruttlant & S. Salinas. 1998. Coastal ocean circulation off western South America coastal segment. In: Brink KH and AR Robinson (Eds.) *The Global Coastal Ocean. The Sea 11*: 273-313. Wiley and Sons, Inc. New York. NY.
- SUBPESCA. 2008. Research and management of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) exploited in the South East Pacific Ocean. Government of Chile, Undersecretariat for Fisheries. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Taylor, P.R. (2002). Stock structure and population biology of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2002/21*. 78 p.



- Tomczak, M. and J. S. Godfrey (1994): Regional Oceanography: an Introduction Pergamon, Oxford, 442 pp.
- Vasilyev, D. and A. Glubokov. 2008. Preliminary estimation of current state of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) stock in the high seas of the South East Pacific. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Vetter, E.F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. Fish. Bull., 86:25-43.
- Villamor B., P. Abaunza, y C. Fariña, 2004. Growth variability of mackerel (*Scomber scombrus*) off north and northwest Spain and a comparative review of the growth patterns in the northeast Atlantic. Fisheries Research 69 (2004) 107–121.
- Wolter, K. 1985. Introduction to variance estimation. Springer – Verlag. 427 pp.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, C. Silva, J. Castillo, K. Nieto, G. Böhm, F. Gómez & J. Córdova. 2002. Climate variability and pelagic fisheries in the South-Eastern Pacific. Globec International Newsletter, Vol. 8, Nº2:18-19.
- Young, Z., J.C. Saavedra, H. Miranda; L. Caballero, A. Aranís y M. González. 2003. Estimación de Tamaños de Muestra en la Pesquería Pelágica, Zona Centro-Sur. Proyecto: Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2002. Documento Técnico, IFOP – SUBPESCA. 21 p + Anexo.
- Zhang M. and X. Wang. 2008. Genetic variation on mtDNA Cytb sequence of three populations of Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi* from the Southern Pacific. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.
- Zhang, M., X. Zou, Y. Zhou. 2008. Report of data collection on Jack mackerel in South-East Pacific. Shanghai Ocean University, China. Presentado en: Taller sobre el Jurel, FAO-Santiago, Julio 2008.

FIGURAS

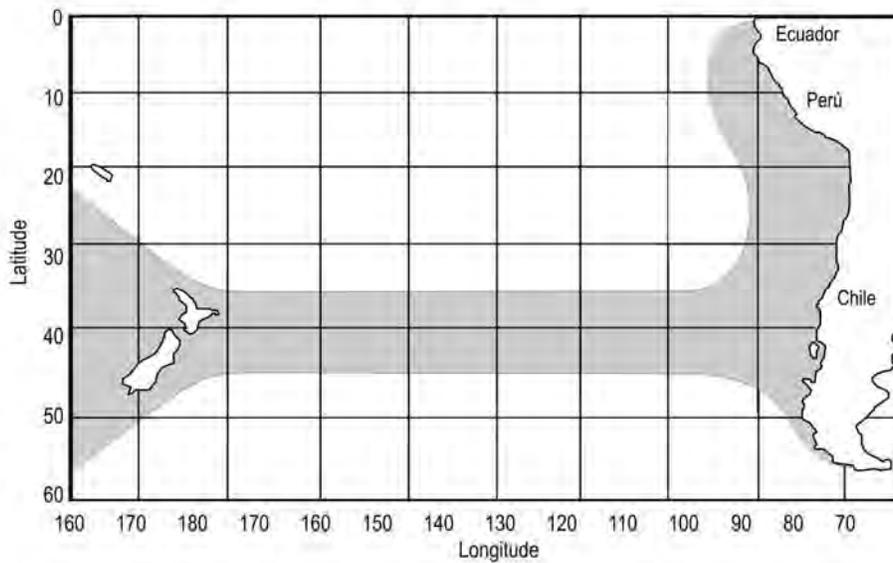


Figura 1. Distribuci3n del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Pac3fico Sur.

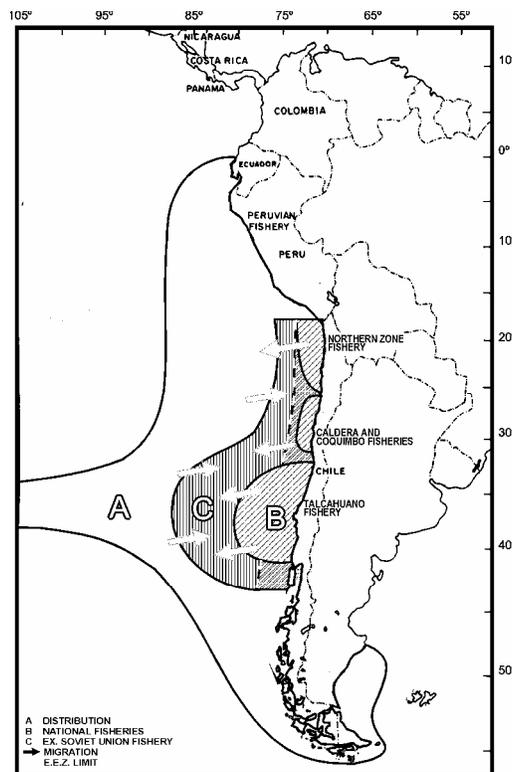


Figura 2. Distribuci3n espacial del jurel (*Trachurus murphyi*) y sus pesquer3as en el Pac3fico Sur (Serra, 1991). El 3rea de la ex - URSS (C) es ahora zona de flotas internacionales

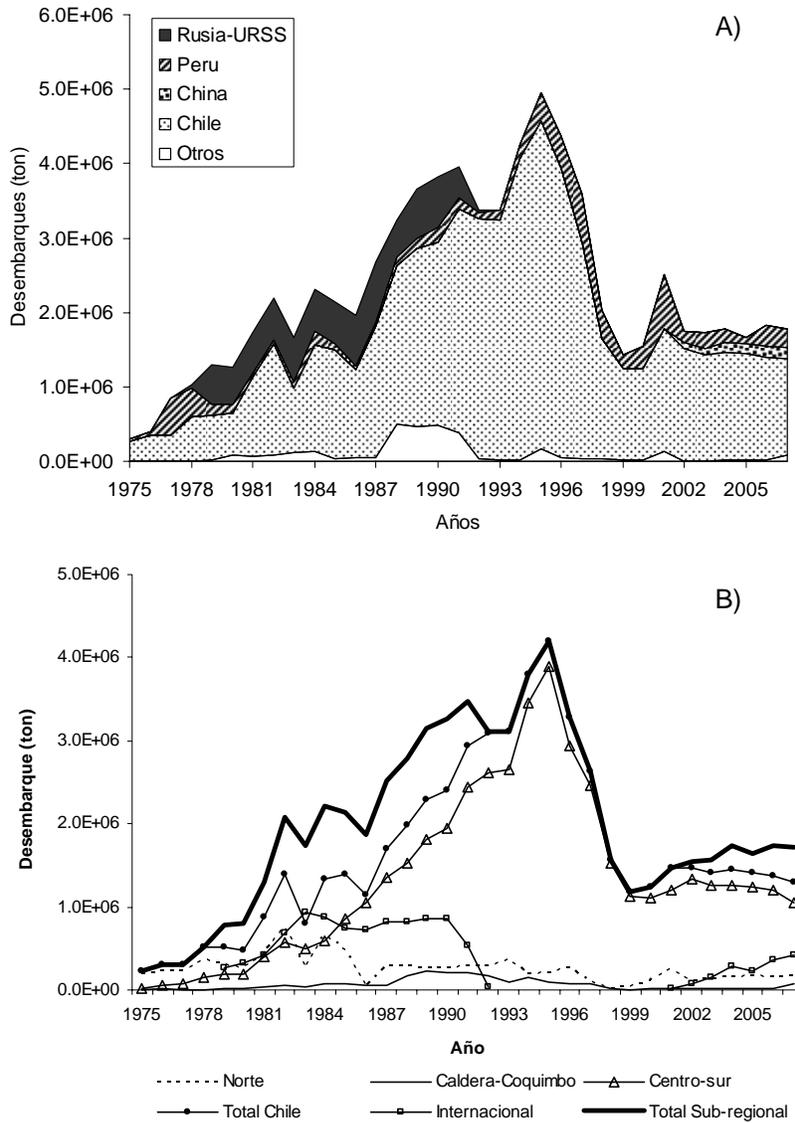


Figura 3. Evoluci3n de los desembarques del jurel Chileno en el Pacífico Sur Este FAO 87 entre 1975 y 2007 (A), y desembarques del jurel por pesquería, total nacional y Subregional (dentro y fuera de la ZEE Chilena) (B).

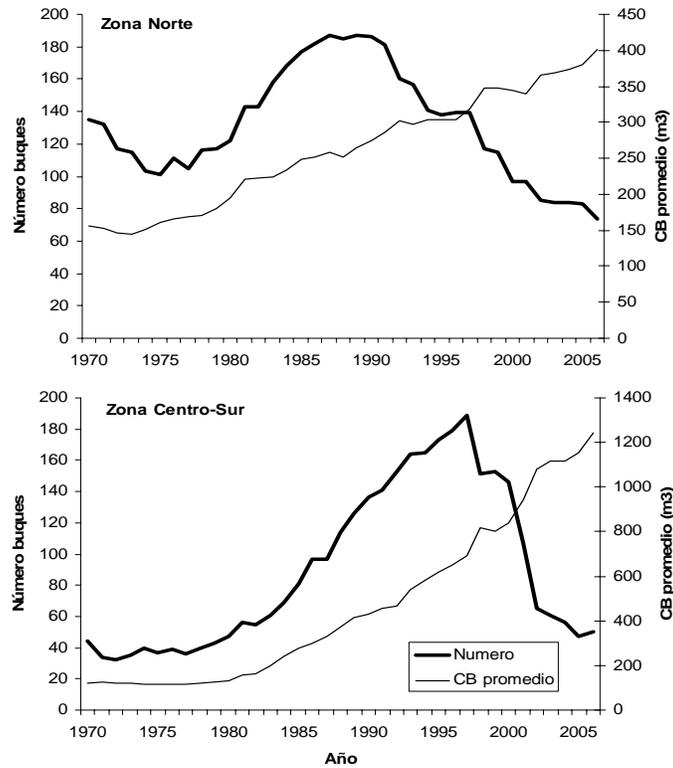


Figura 4. Evoluci3n de la flota de la pesquería zona norte y zona centro sur entre 1970 y 2006. CB es capacidad de bodega en metros cúbicos.

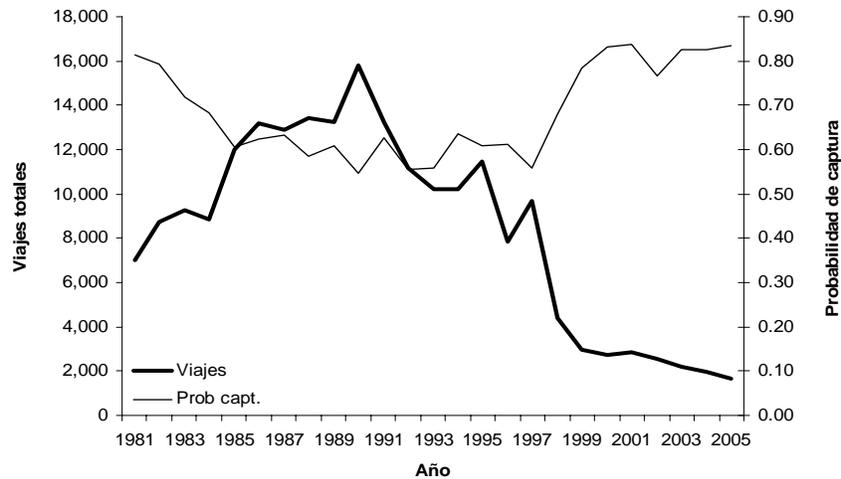


Figura 5. Indicadores del régimen de operaci3n de la flota pesquera industrial de la pesquería pelágica centro sur.

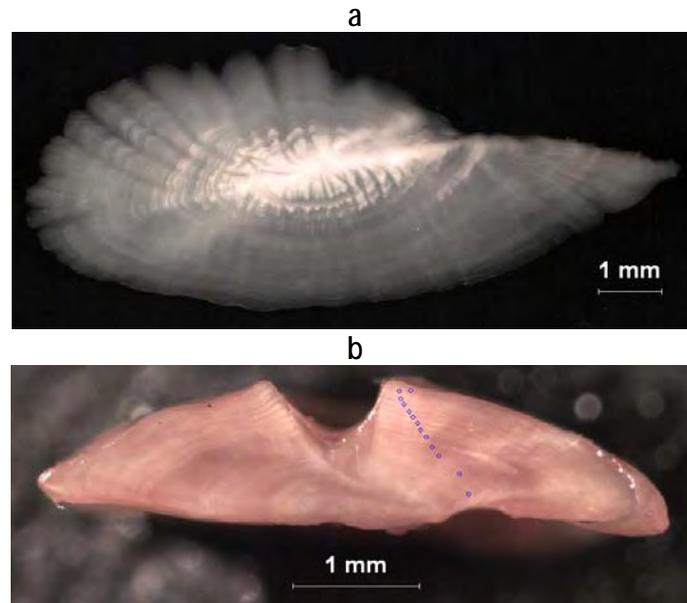


Figura 6. Otolitos de jurel (a) otolito entero (b) Secci3n transversal del otolito derecho.

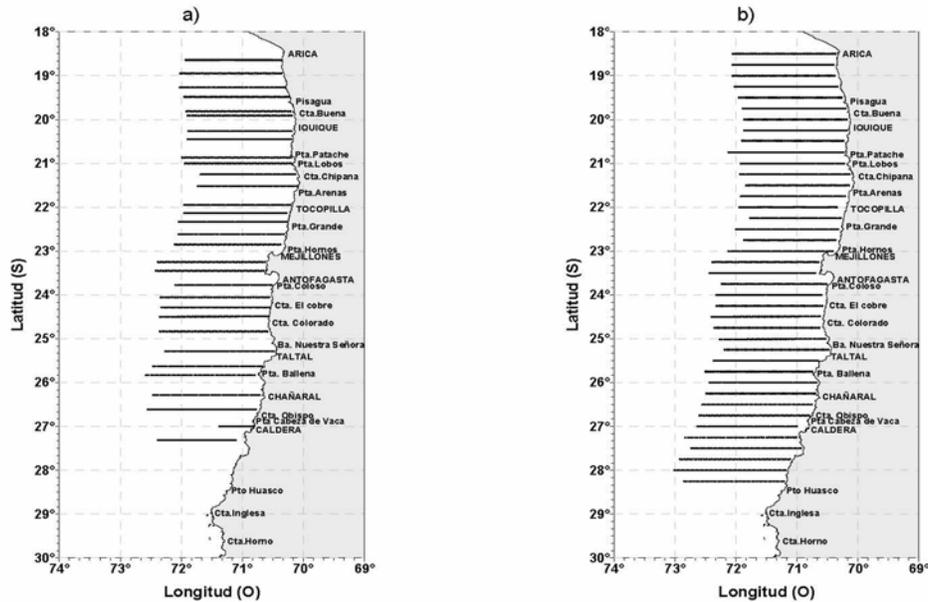


Figura 7. Dise1o ac3stico aplicado en la zona norte de Chile entre 1981-1982 (a: muestreo aleatorio) y a1os posteriores (b: dise1o sistem3tico) (Fuente: Castillo, 2008).

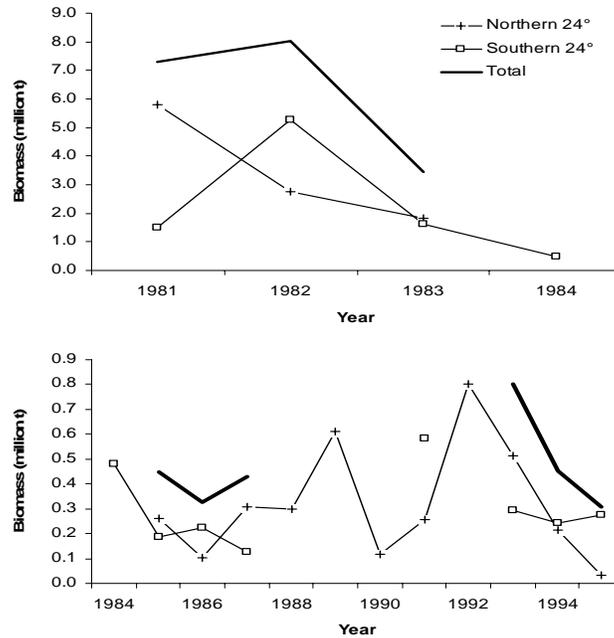
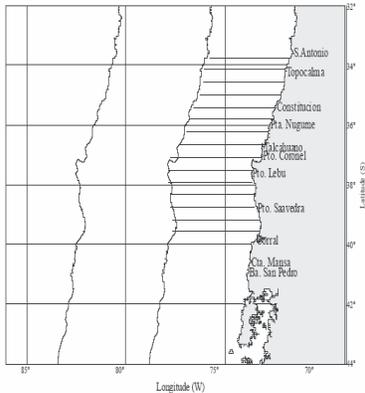
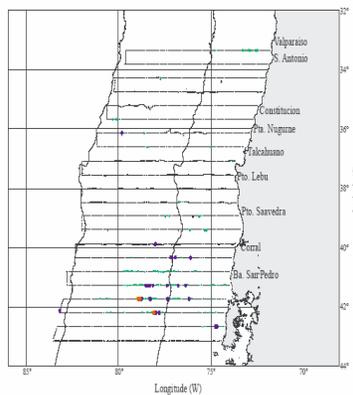


Figura 8. Biomasa acústica estacional del jurel estimado en la zona norte de Chile 1981-1995. (Fuente: Castillo, 2008).

a) Acoustic survey 1997-2002



b) Acoustic exploration 2003-2007



c) Acoustic survey 2003-2007



Figura 9. Grilla del track de navegaci3n aplicado en los cruceros acústicos realizados por IFOP (Fuente: C3rdova et al, 2008).

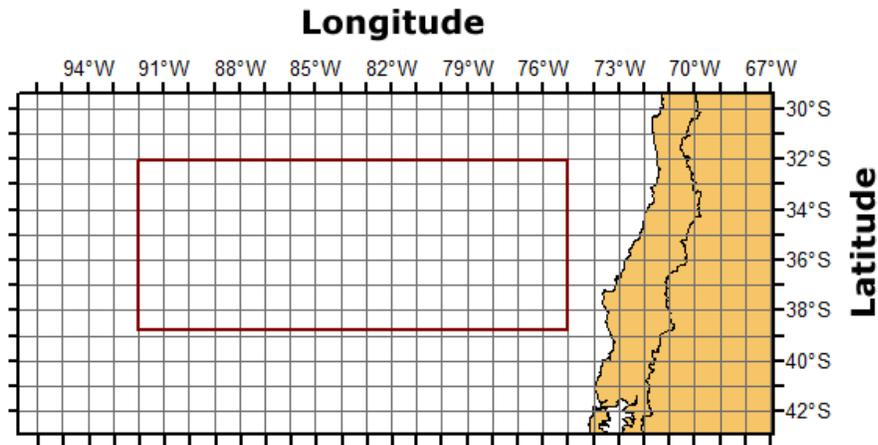


Figura 10. Area de estudio cubierta en los proyectos FIP “Condiciones biológicas del Jurel en Alta Mar” realizadas por INPESCA en el periodo 1999-2006 (Fuente: Sepúlveda et al, 2008).

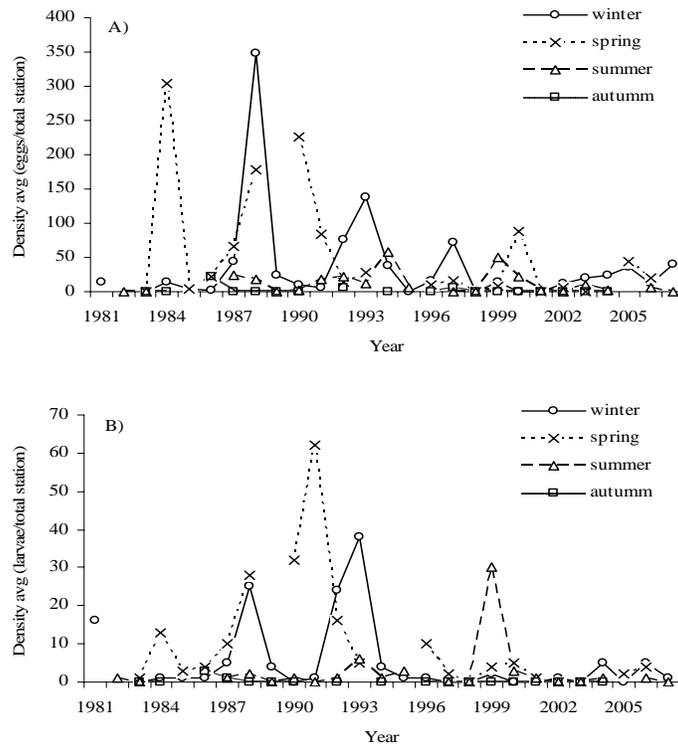


Figura 11. Abundancia estacional de huevos (a) y larvas (b) de jurel, *Trachurus murphyi*. 1981 – 2007 (Fuente: Braun et al, 2008).

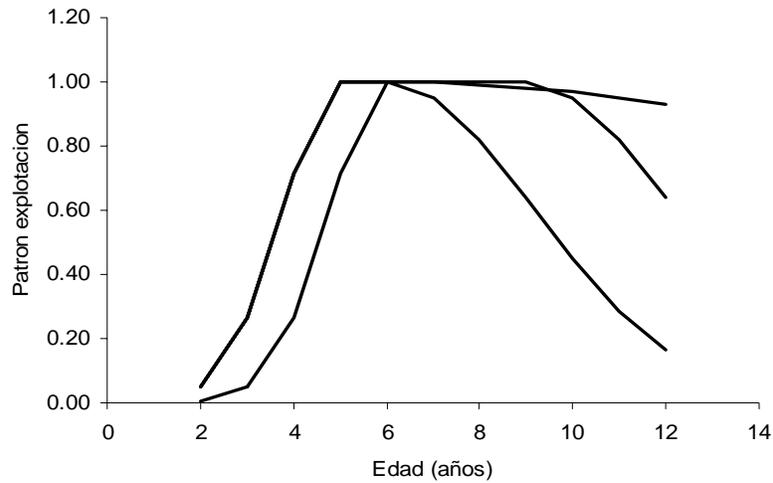


Figura 12. Algunas formas funcionales del modelo de patr3n de explotaci3n de jurel utilizado.

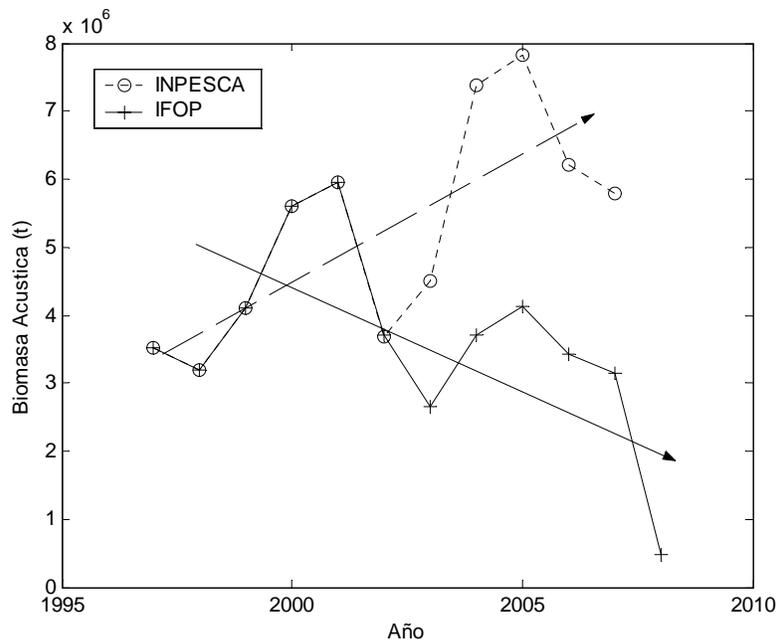


Figura 13. Series y tendencias de biomasa ac3stica total estimadas por INPESCA (2002-2007) e IFOP (1997-2008).

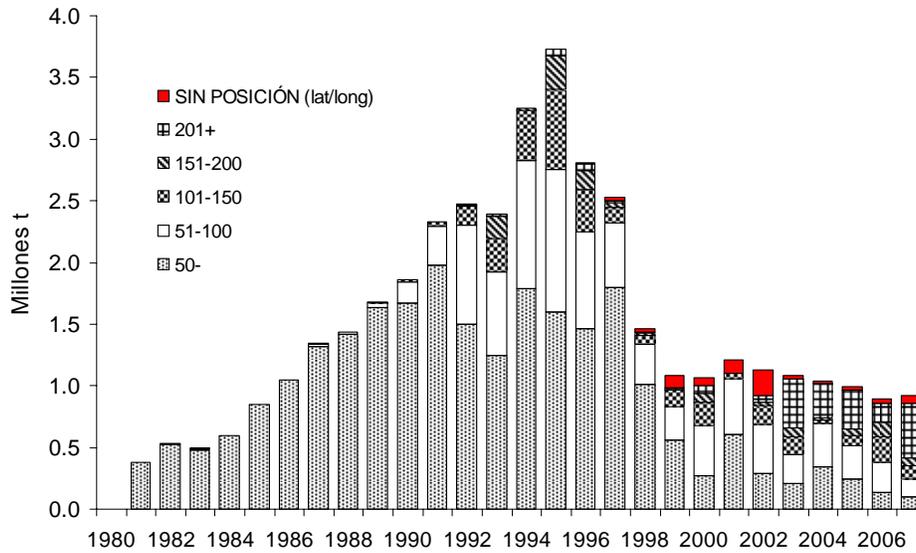


Figura 14. Distribuci3n longitudinal de las capturas de jurel seg3n millas de la costa para el periodo 1981 – 2007.

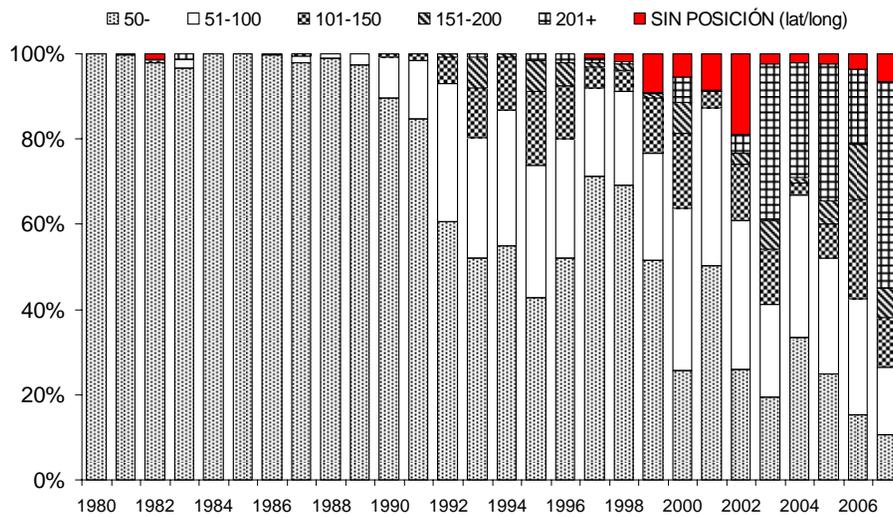


Figura 14. (Continuaci3n) Distribuci3n longitudinal de las capturas de jurel seg3n millas de la costa para el periodo 1981 – 2007.

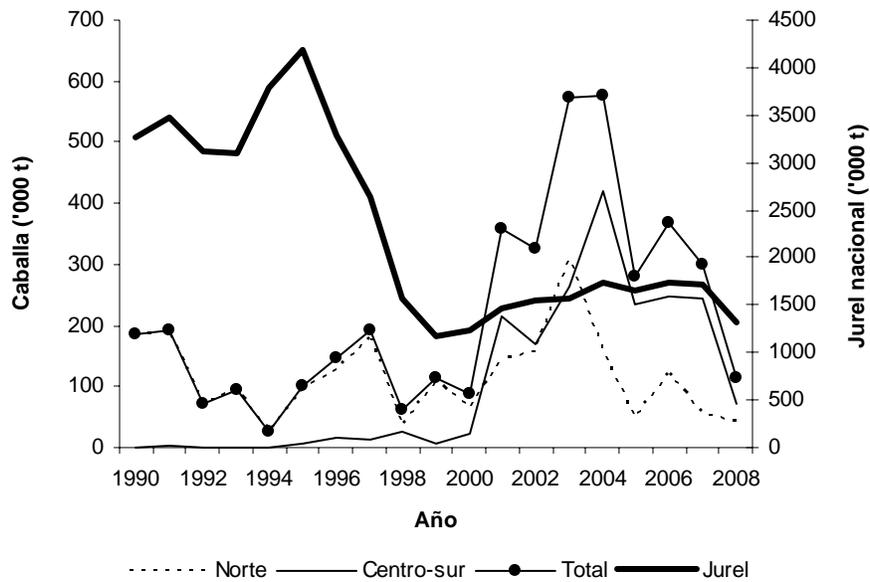


Figura 15. Desembarques de jurel y caballa por pesquería y total nacional 1990-2008 (preliminar).

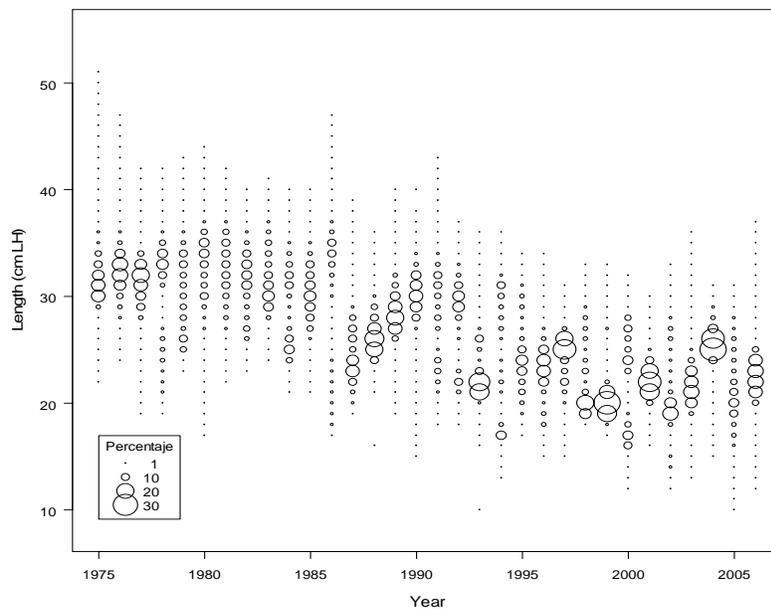


Figura 16. Composiciones de tamaños de las capturas del jurel en la zona norte 1975-2006 (Fuente: Bernal *et al*, 2008).

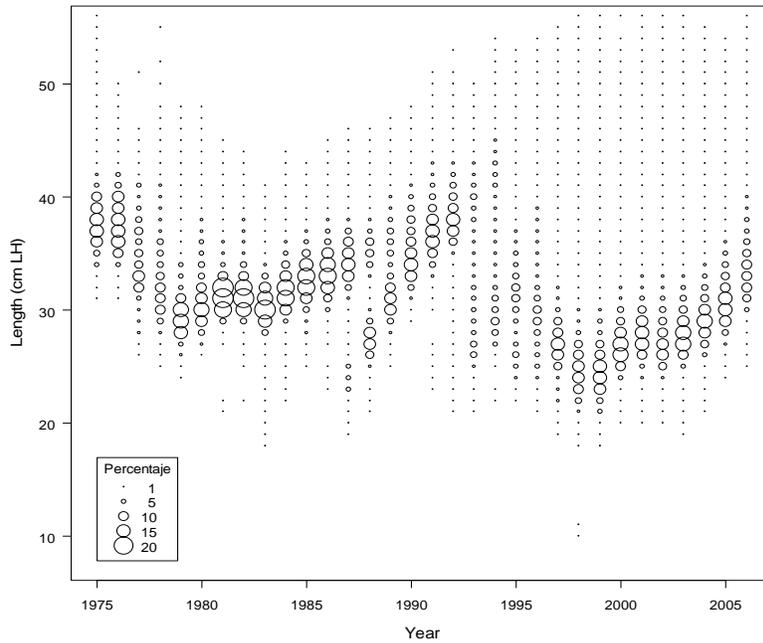


Figura 17. Composiciones de tamaños de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1975-2006 (Fuente: Bernal *et al*, 2008).

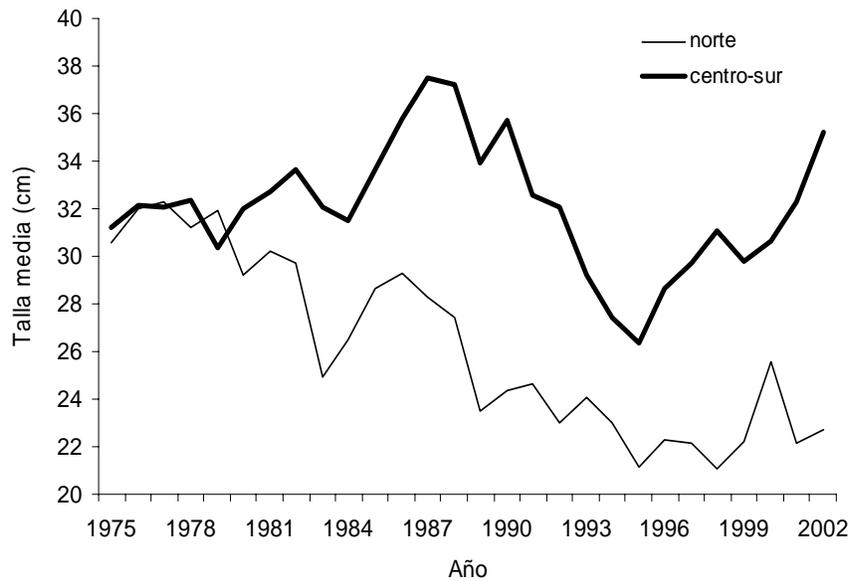


Figura 18. Tallas medias registradas en los muestreos de longitud del jurel 1975-2006 (Fuente: IFOP).

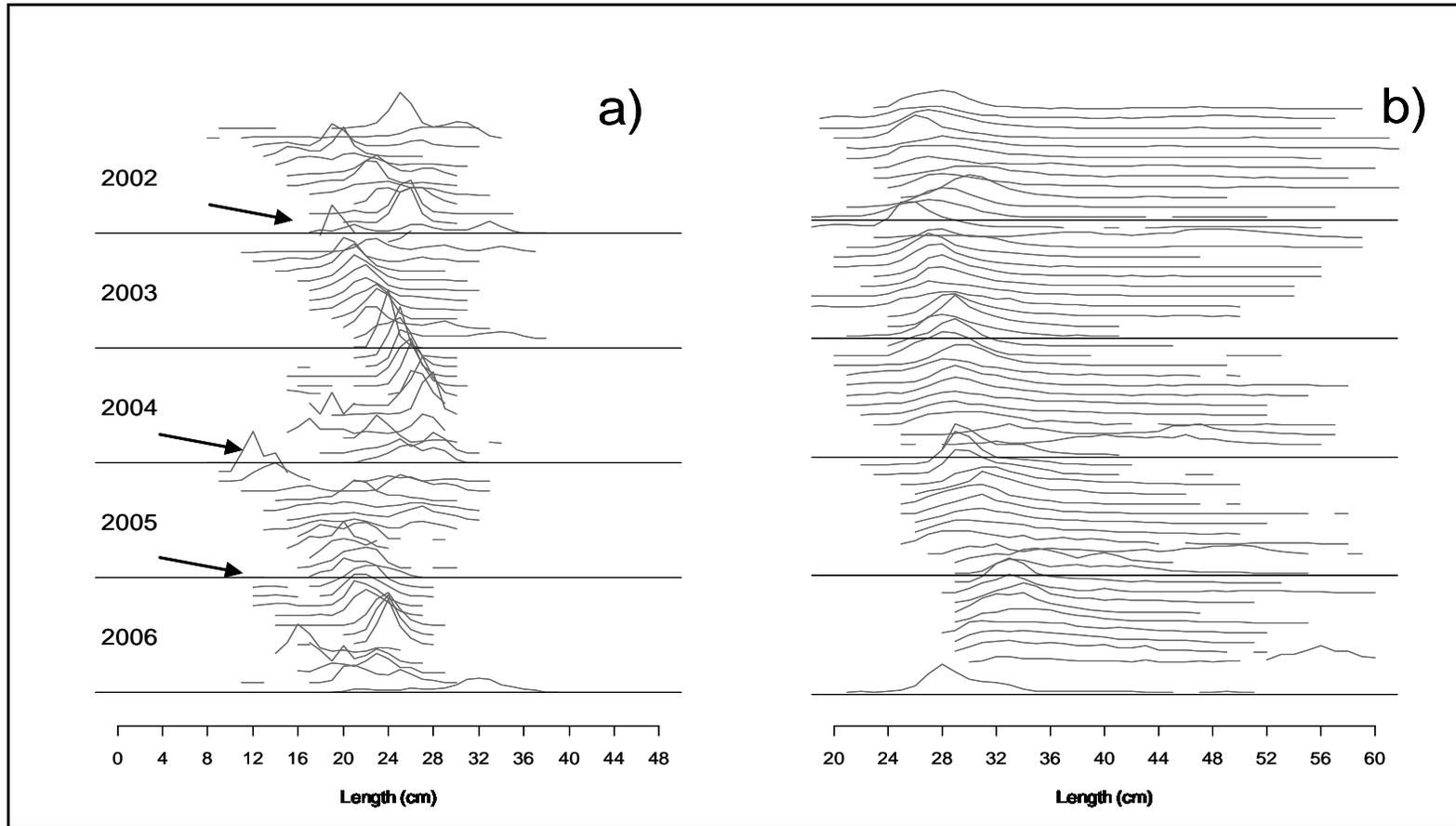


Figura 19. Estructuras de tallas mensuales, a) Zona norte (Arica –Antofagasta), y b) Zona centro-sur (San Antonio- Corral), periodo 2002-2006 (Fuente: IFOP).

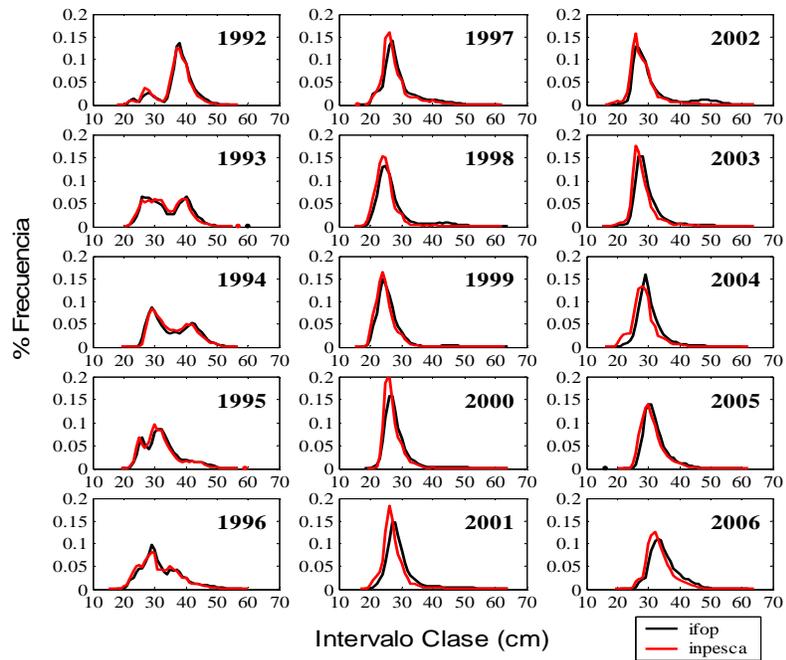


Figura 20. Estructuras de tama1o zona centro-sur de Chile entre Ifop e Inpesca (1992-2006).

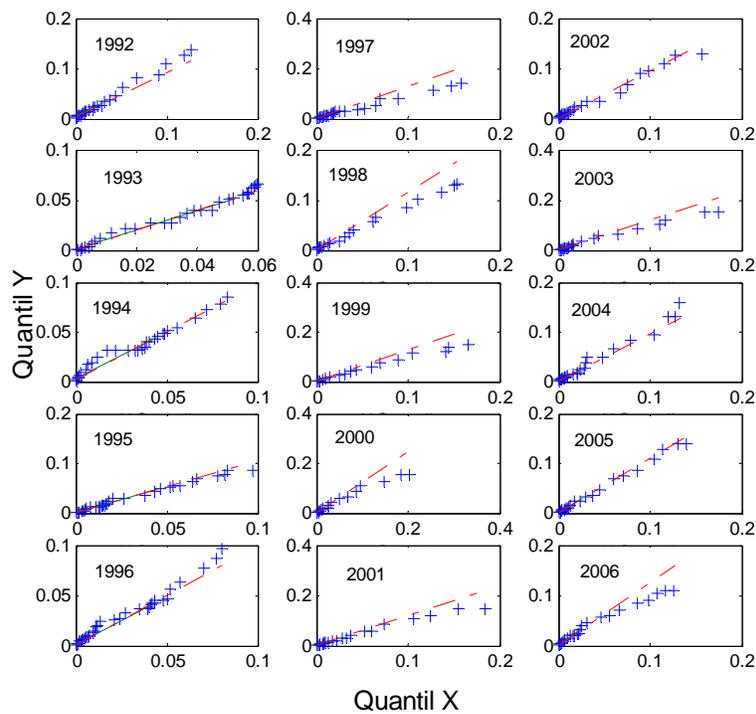


Figura 21. Gr1ficos qq-plot para las estructuras de tama1o IFOP e Inpesca.

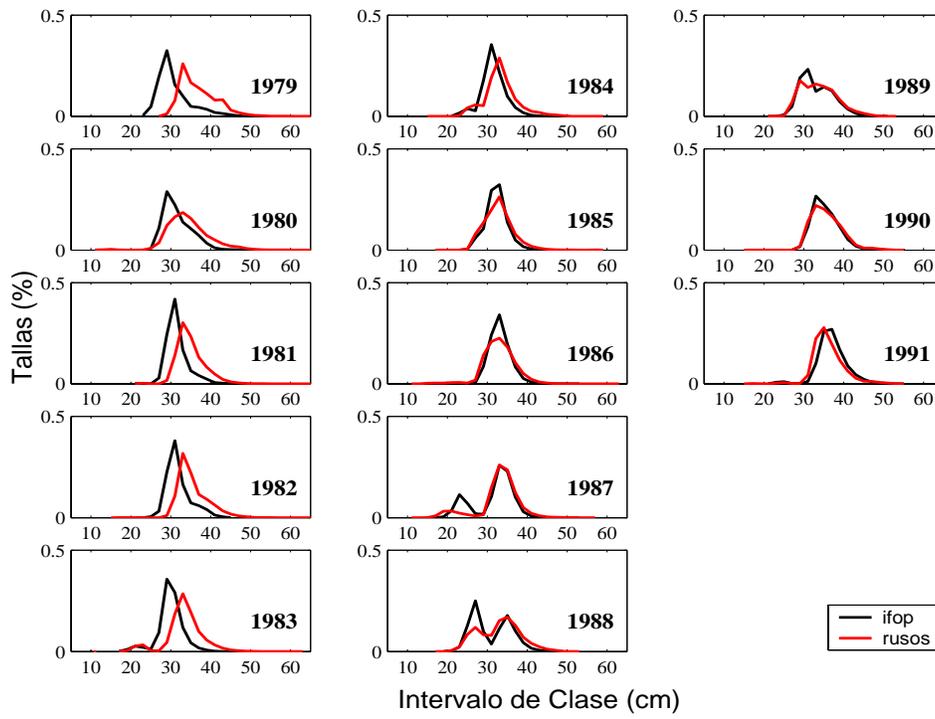


Figura 22. Estructuras de tama1o zona centro-sur de Chile entre Ifop y Flota rusa (1979-1981).

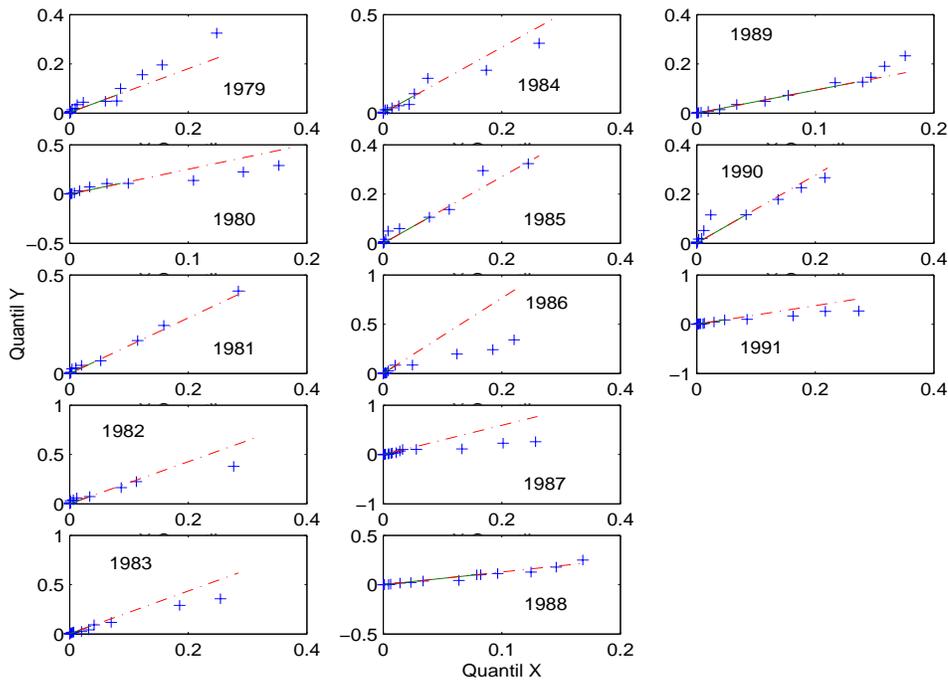


Figura 23. Gr1ficos qq-plot para las estructuras de tama1o IFOP y Flota ex URSS.

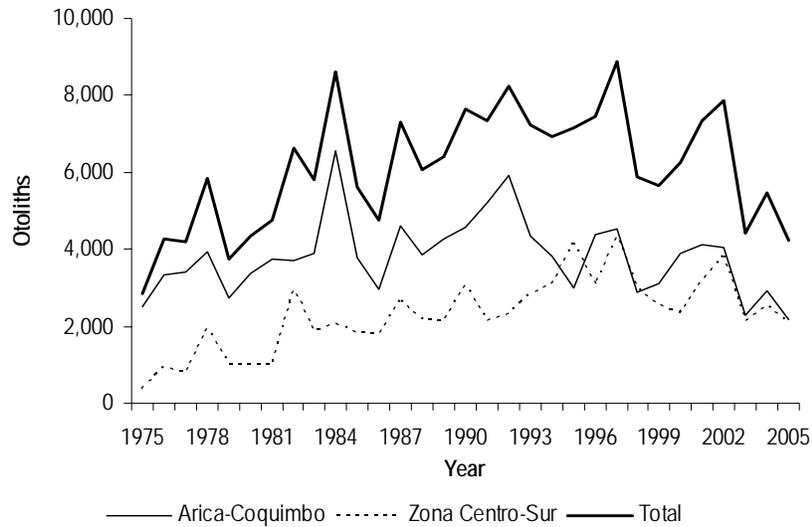


Figura 24. N3mero de otolitos de jurel leídos entre 1975 y el 2005 (Fuente: Ojeda et al, 2008).

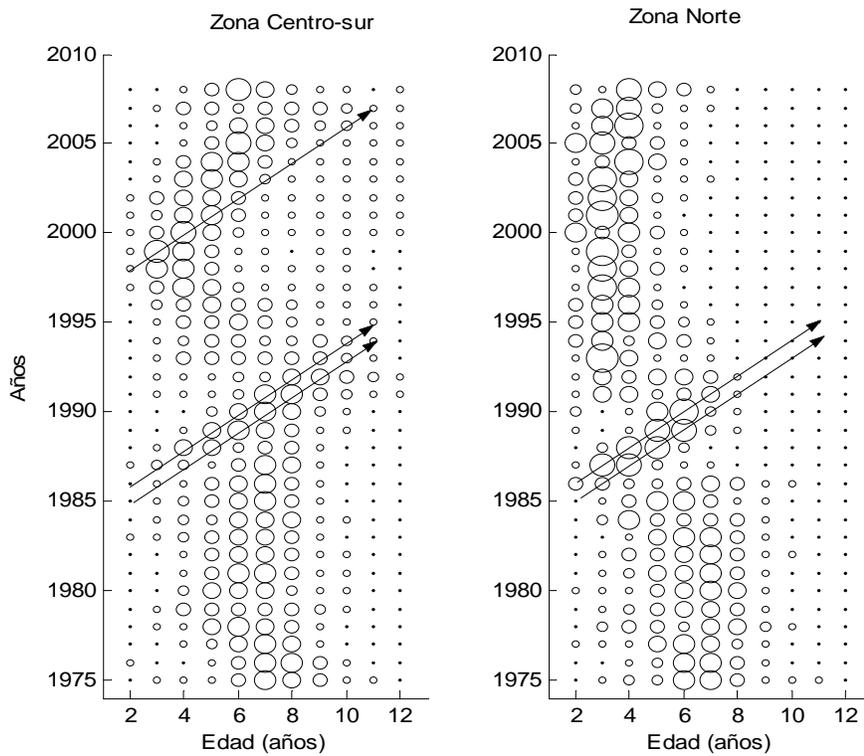


Figura 25. Composici3n de edades de la captura de Jurel entre 1987 y 2008 (preliminar). En flechas se indican el paso de reclutamientos fuertes.

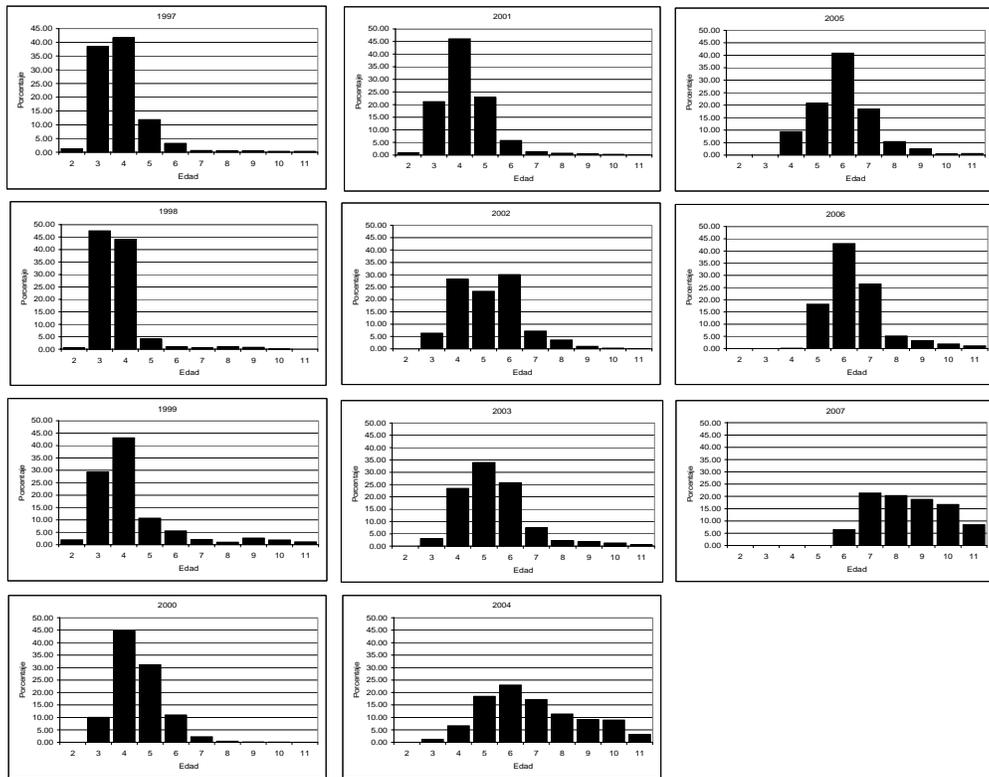


Figura 26. Composición relativa de las edades en la abundancia estimada en los cruceros de evaluación hidroacústica entre 1997 y 2007.

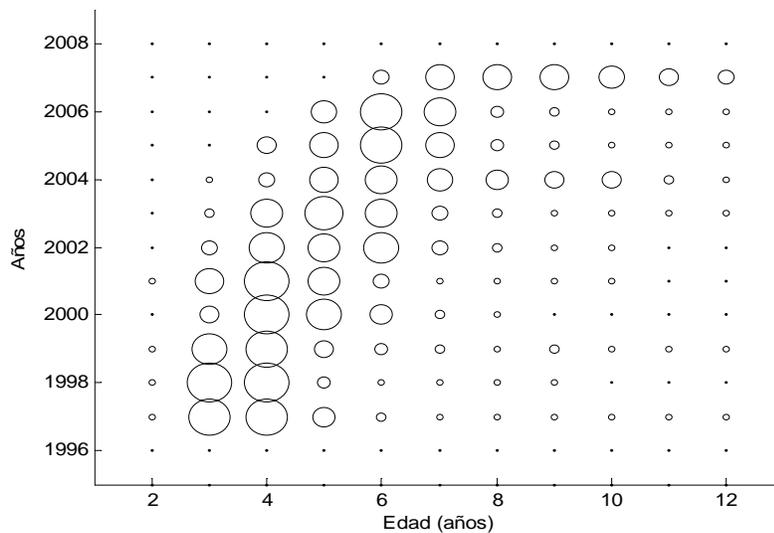


Figura 27. Composición relativa de las edades en la abundancia estimada en los cruceros acústicos entre 1997 y 2007.

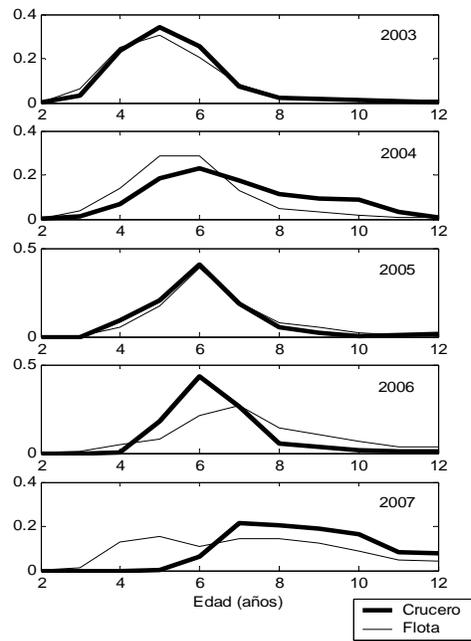


Figura 28. Comparaci3n de la estructura de edad en la pesquer#a centro sur con el crucero de hidroac#stica para los a#os 2003 a 2007.

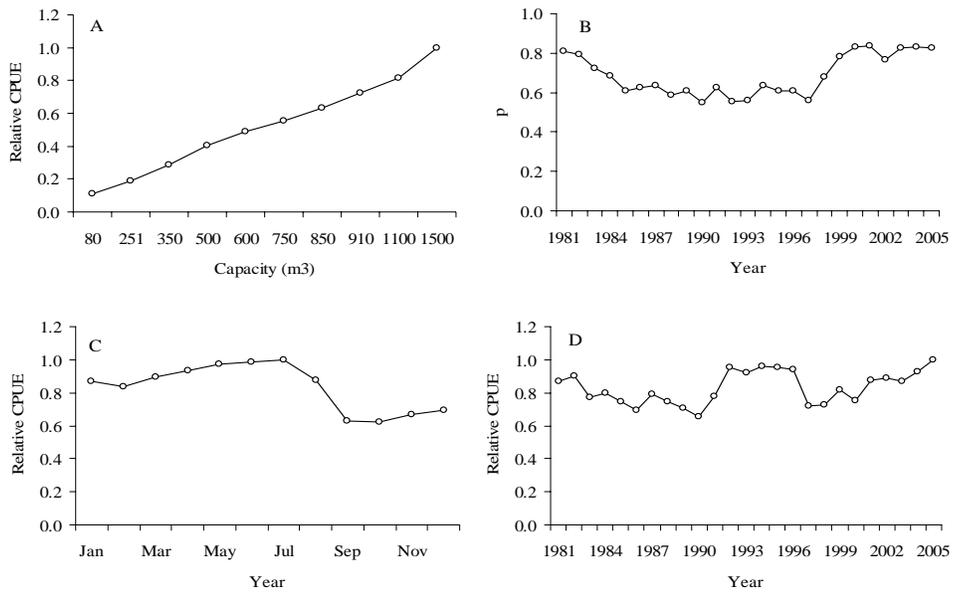


Figura 29. Efectos principales del modelo GLM aplicados a la informaci3n de CPUE del jurel. a) Capacidad de bodega, b) #xito de captura, c) mes, d) A#os. Fuente: Canales et al (2008).

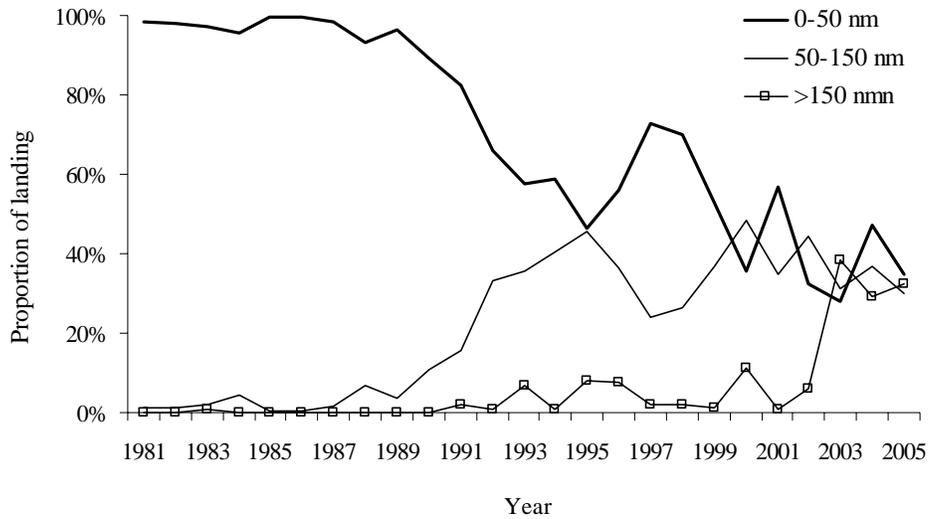


Figura 30. Proporción anual de las capturas de jurel según distancia desde la costa. (Fuente: Canales et al, 2008).

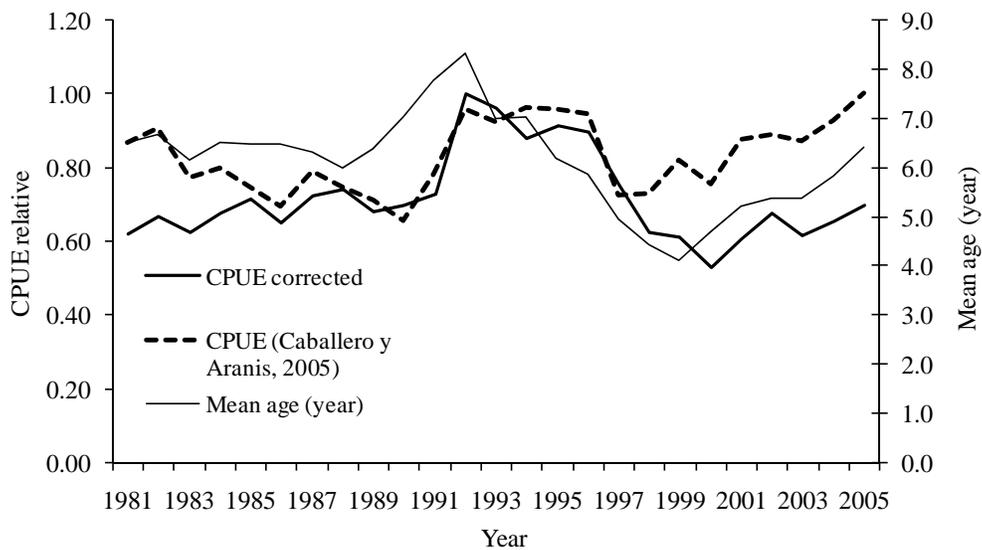


Figura 31. Evoluci3n de la CPUE relativa y edad media de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1981-2005. Fuente: Canales et al (2008).

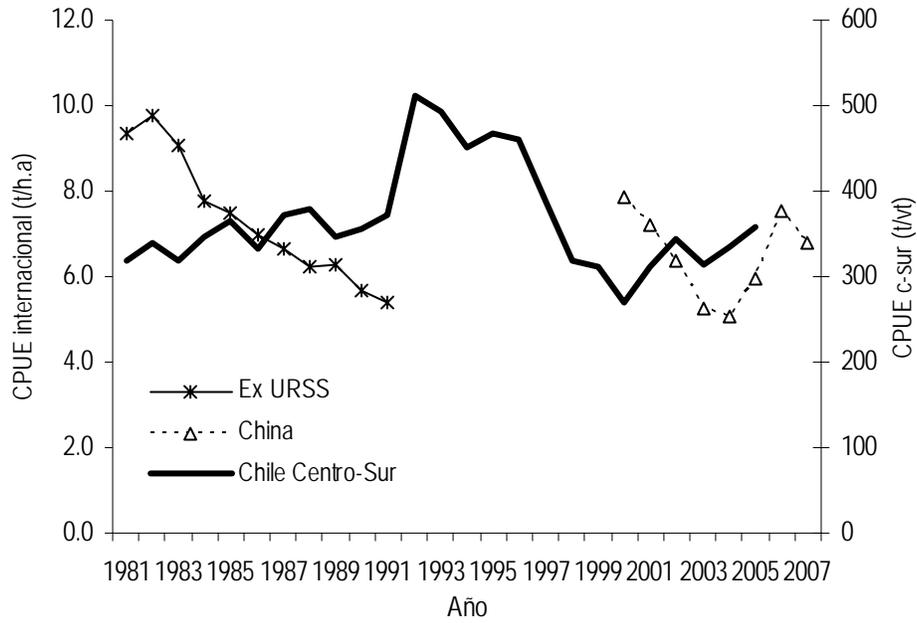


Figura 32. Captura por unidad de esfuerzo de las flotas que han operado sobre al jurel frente a la zona centro-sur.

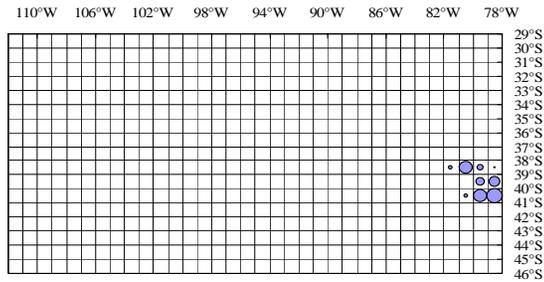


图4 2000年生产位置

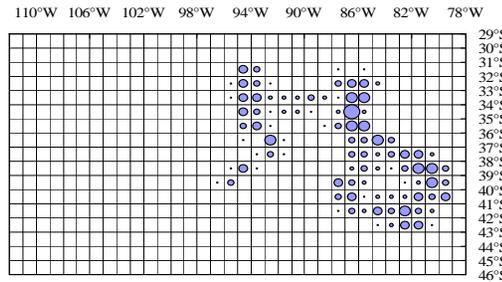


图7 2003年生产位置

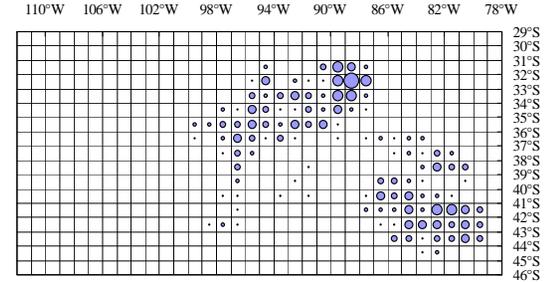


图10 2006年生产位置

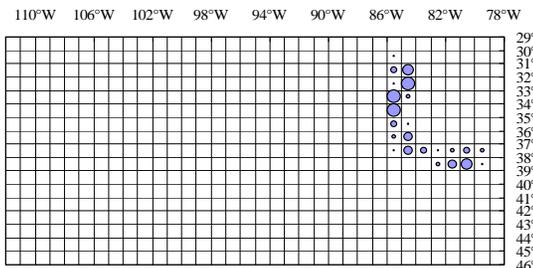


图5 2001年生产位置

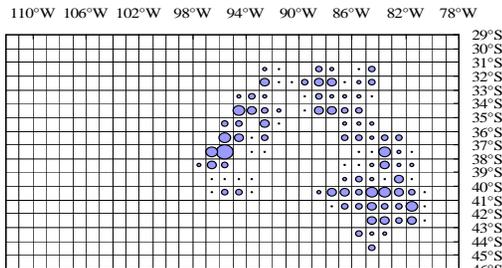


图8 2004年生产位置

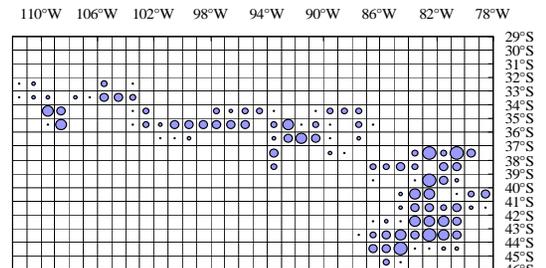


图11 2007年生产位置

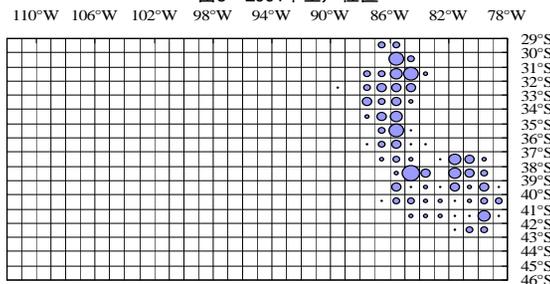


图6 2002年生产位置

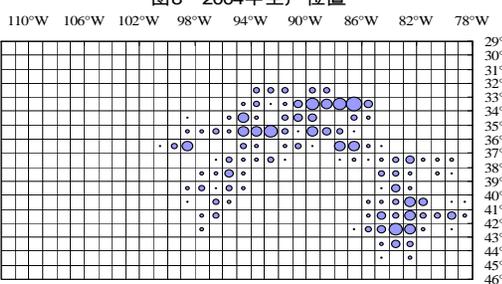


图9 2005年生产位置

Figura 33. Distribuci3n espacial de las capturas de jurel reportadas por la flota China 2000-2007 (Fuente: Zhang y Zhou, 2008).

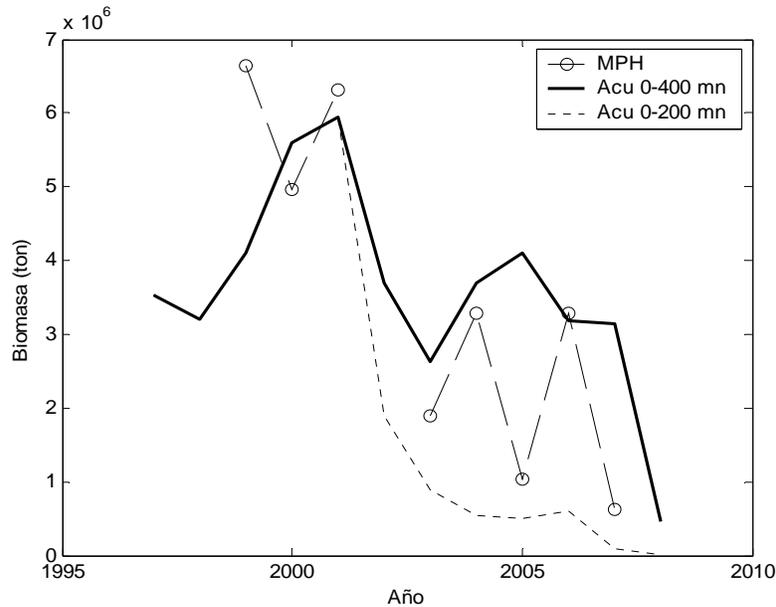


Figura 34. Biomasa desovante del jurel estimada por MPH y biomasa acústica estimada en dos rangos de distribución frente a la zona centro-sur del jurel.

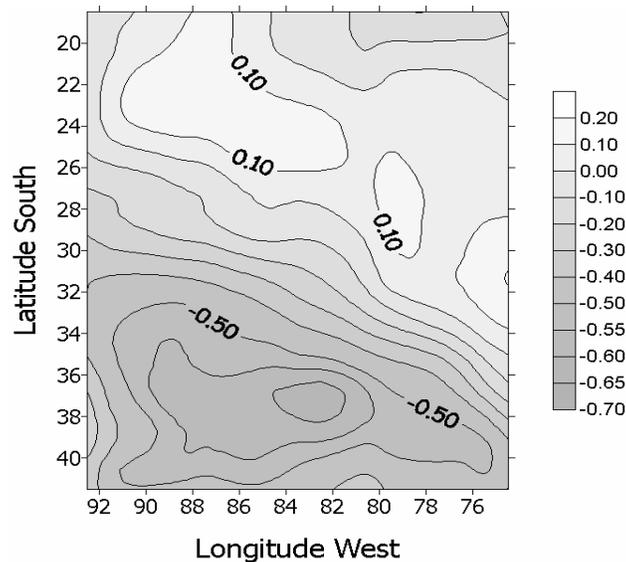


Figura 35. Correlación espacial entre el reclutamiento de jurel y la TSM durante el máximo de desove (Noviembre). Áreas con valores absolutos de correlación mayores a $|0.468|$ son significativos a un valor $p \leq 0.05$ (g.l. = 16). (Cubillos, L., S. Núñez & D. Arcos, 2003).

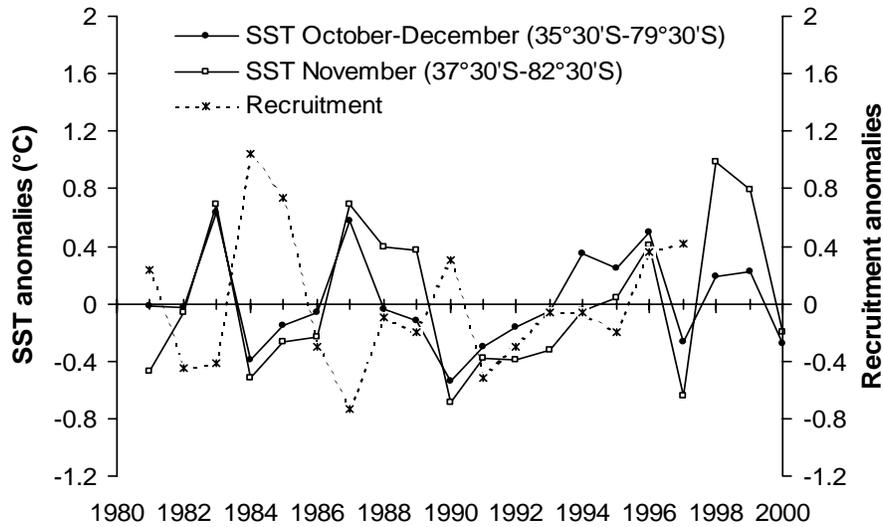


Figura 36. Anomalías de TSM a la correlaci3n m3s alta para el per3odo y m3ximo de desove de jurel frente a Chile centro-sur, y las anomalías de los valores de reclutamiento de jurel log-transformados. (Cubillos, L., S. N3ñez & D. Arcos, 2003).

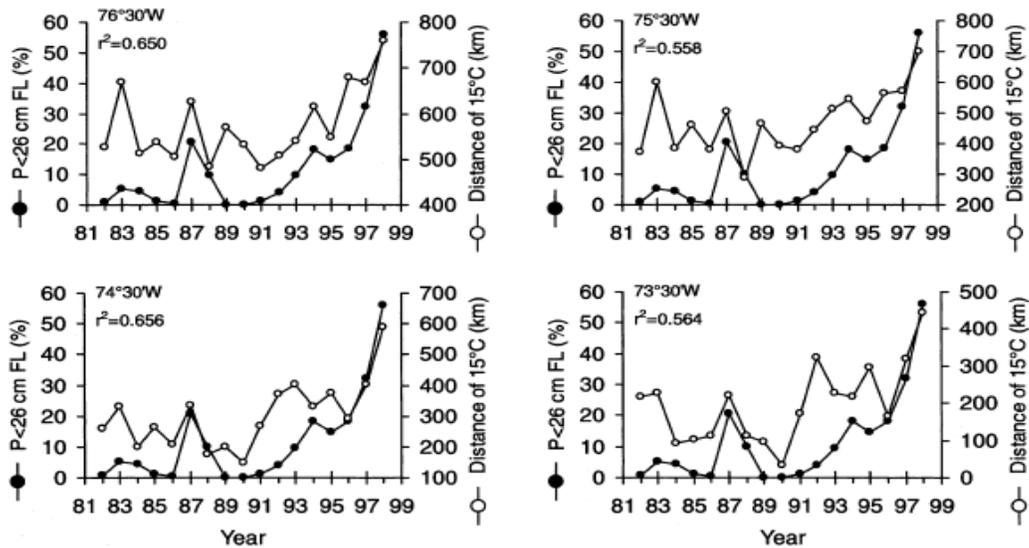


Figura 37. Relaciones entre la proporci3n de ejemplares menores a 26 cm LH y el desplazamiento meridional (hacia el sur de los 34°S) de la isoterma de 15°C en Chile centro-sur. (Arcos, D., L. Cubillos & S. N3ñez, 2001).

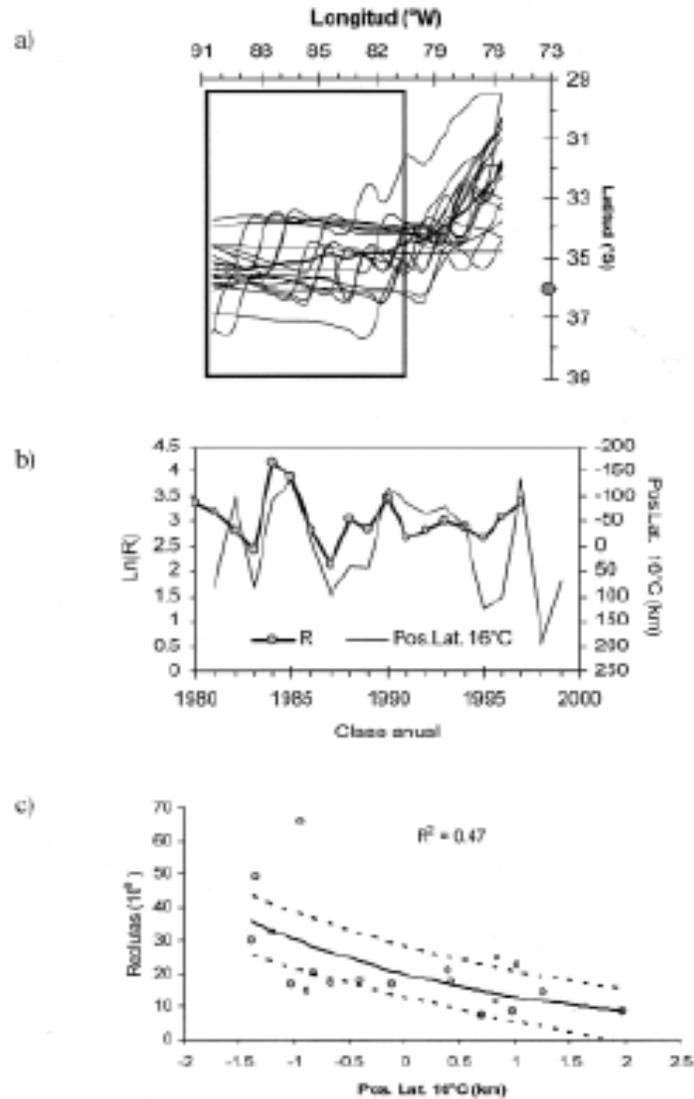


Figura 38. a) Variación interanual de la posición media de la isoterma de 16°C durante la época de desove de jurel (noviembre de 1981-2000), b) Relación entre la posición latitudinal de la isoterma de 16°C y las clases anuales de jurel, c) ajuste no lineal de la relación entre el reclutamiento y el cambio latitudinal de la isoterma de 16°C (línea segmentada= límites de confianza de 95%). (Sepúlveda, A., L. Cubillos & D. Arcos, 2003).

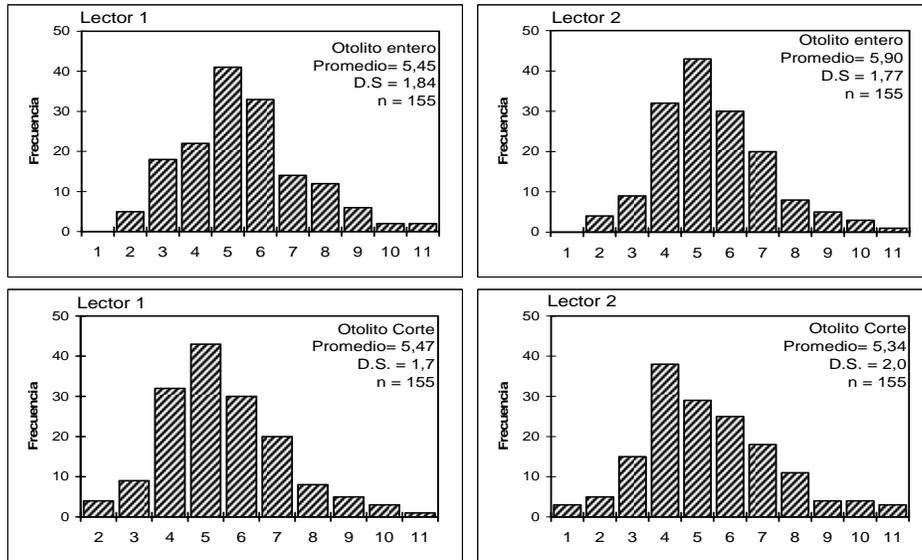


Figura 39. Distribuci3n de edades de jurel estimadas en otolitos (entero y seccionado), por lector (Fuente: Cubillos et al., 1998).

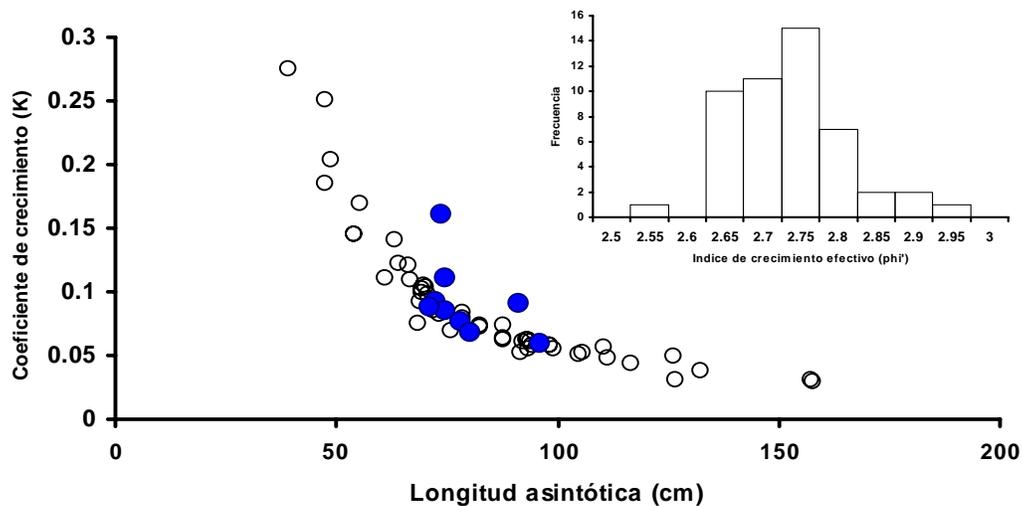


Figura 40. Relaci3n entre los par3metros de crecimiento de von Bertalanffy disponibles de jurel. Los puntos blancos representan los par3metros de crecimiento estimados mediante MIX para explicar la longitud media a la edad en la composici3n por tallas (Fuente: Arcos et al. 1998), y los puntos azules representan los par3metros de los estudios de crecimiento seleccionados. El inserto representa la distribuci3n de frecuencia del 3ndice de desempe1o del crecimiento (promedio = 2,722).

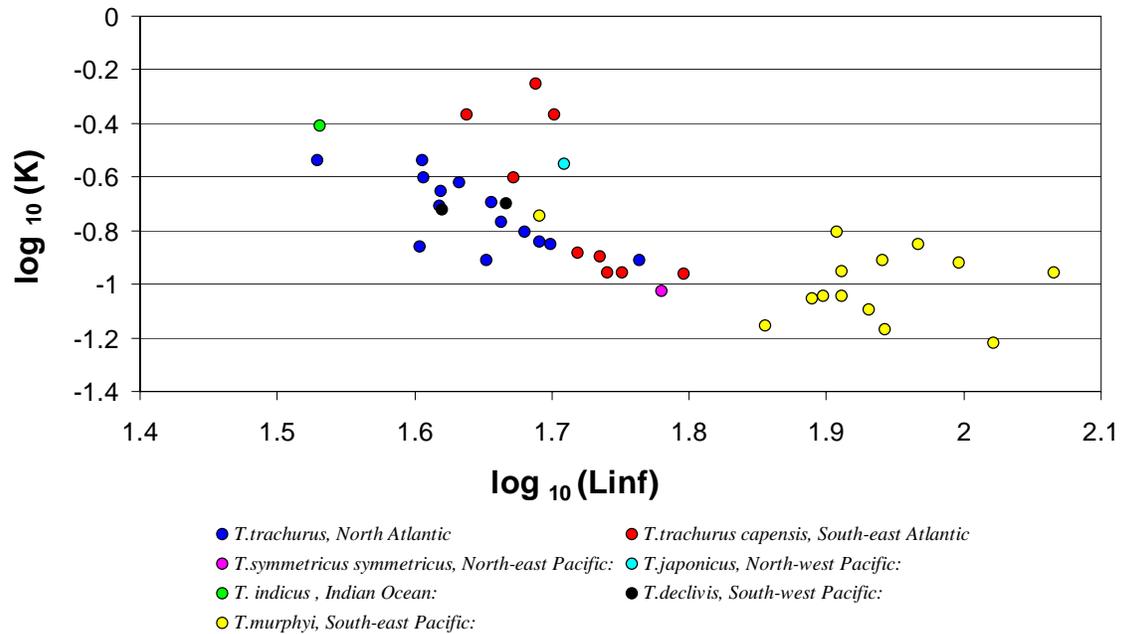


Figura 41. Comparaci3n de los par3metros de crecimiento de jurel con otros representantes del g3nero en el mundo (Fuente: Cubillos y Arancibia 1995).

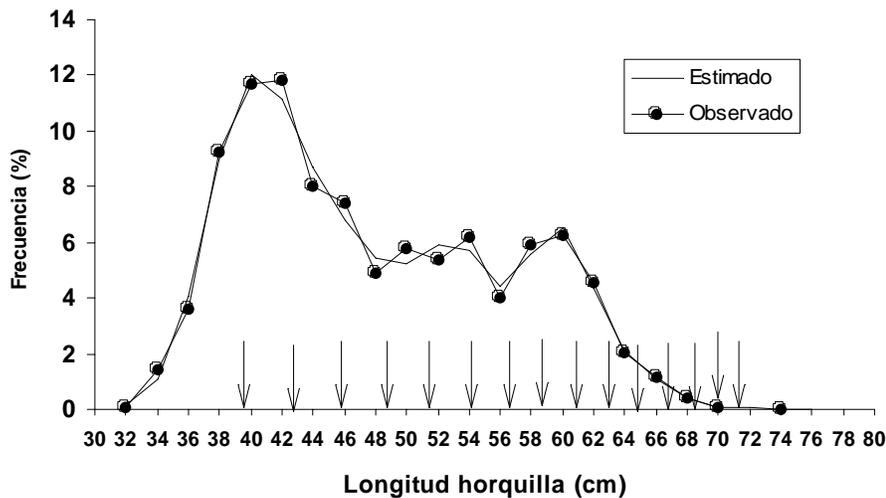


Figura 42. Distribuci3n de frecuencia de jurel obtenida por el B/I Academic Knipovich sobre la plataforma continental de Chile en 1973 (datos de Nekrasov, 1994). La frecuencia estimada corresponde al modelo utilizado para estimar la tasa de mortalidad natural de acuerdo con los par3metros de Nekrasov (1987). Las flechas indican la longitud promedio de cada grupo de edad presente en los datos (Fuente: Arcos et al. 1998).

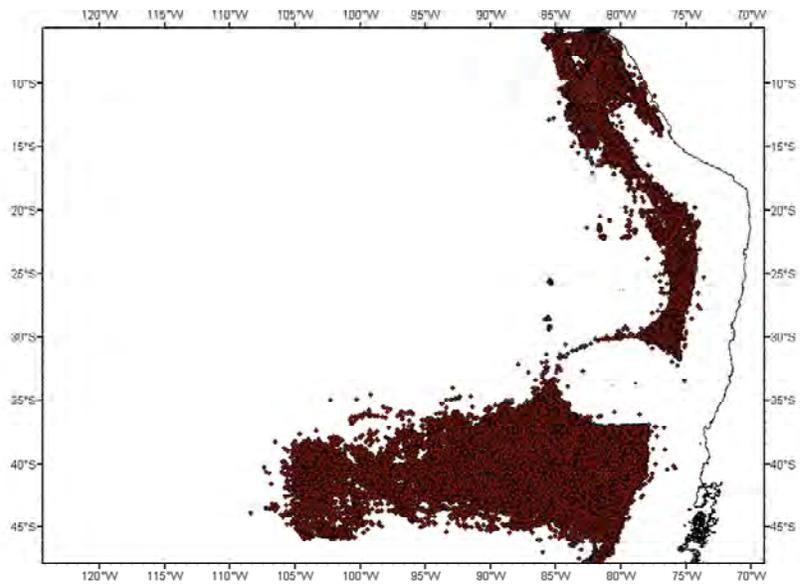


Figura 43. Distribuci3n espacial de los lances de pesca de la flota m1s representativa de la ex URSS entre 1986-1991. (Fuente: Grechina, 2006).

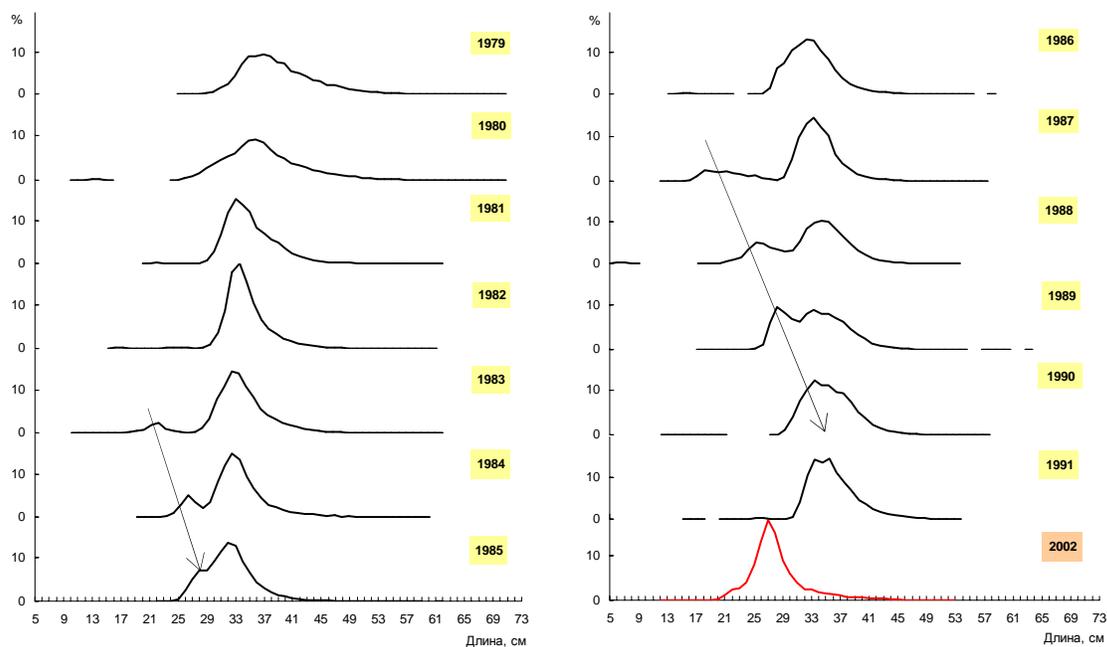


Figura 44. Composici3n de tama1os de las capturas de la flota ex - URSS que oper3 fuera de la ZEE entre 1979 y 1991, y de la Federaci3n Rusa durante el 2002 (Fuente: Nesterov, 2007).

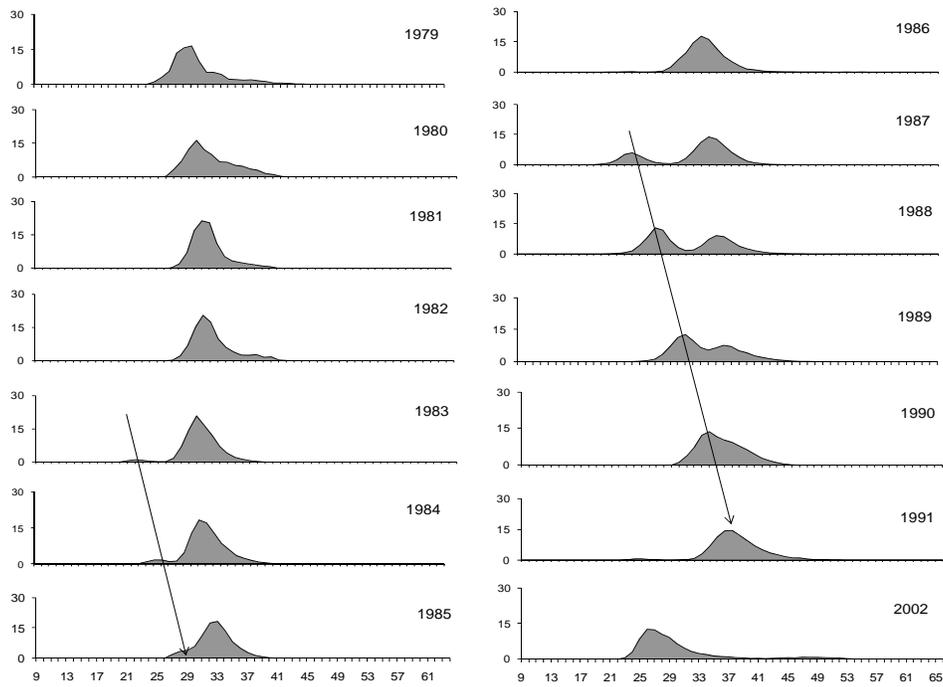


Figura 45. Composici3n de tama1os de las capturas de la flota Chilena que oper3 dentro de la ZEE en la Zona Centro-Sur entre 1979 y 1991, y el a1o 2002 (Fuente: IFOP).

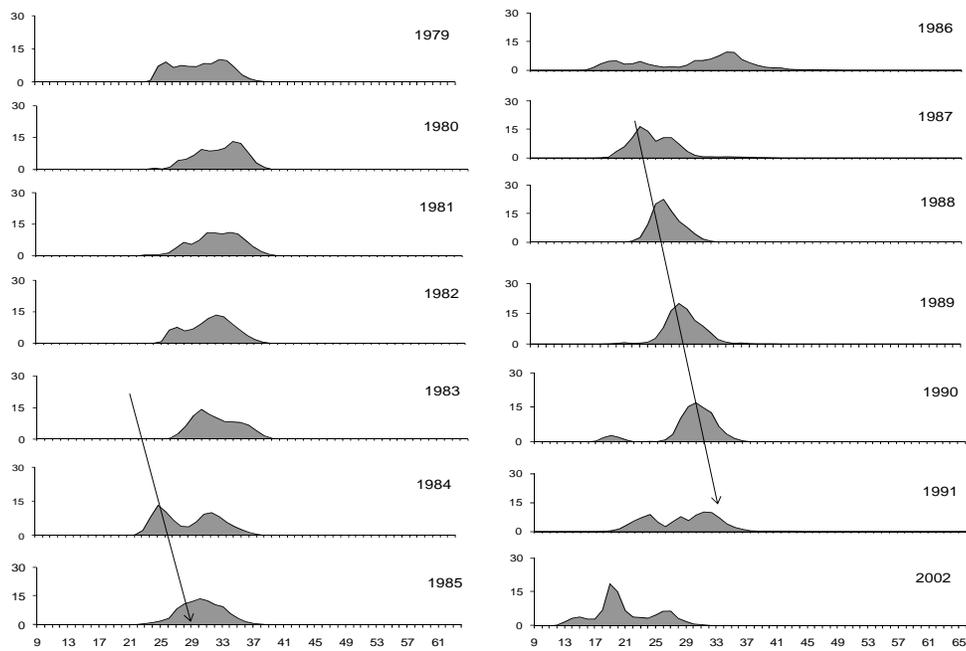


Figura 46. Composici3n de tama1os de las capturas de la flota Chilena que oper3 dentro de la ZEE en la Zona Norte entre 1979 y 1991, y el a1o 2002 (Fuente: IFOP).

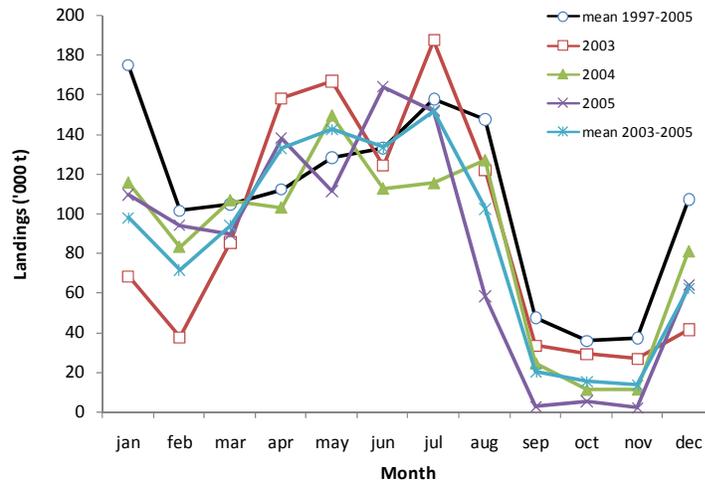


Figura 47. Estacionalidad de los desembarques de jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona 35°S - 40°S (Fuente: SUBPESCA, 2007).

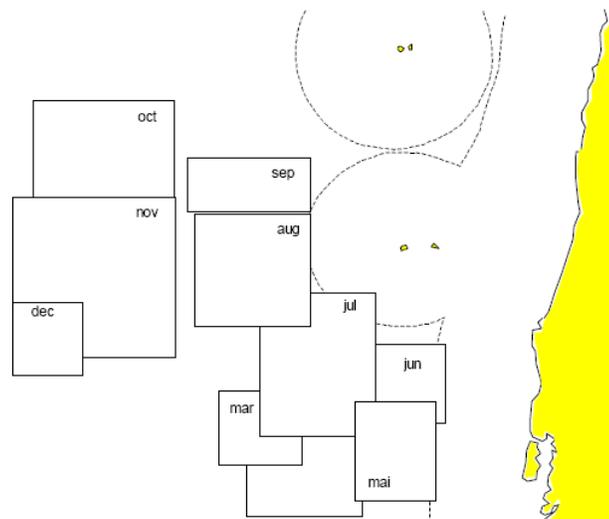


Figura 48. Áreas de operaci3n mensual de la flota Holandesa que captur3 Jurel durante el 2005 (Fuente: Ad Corten, 2007).

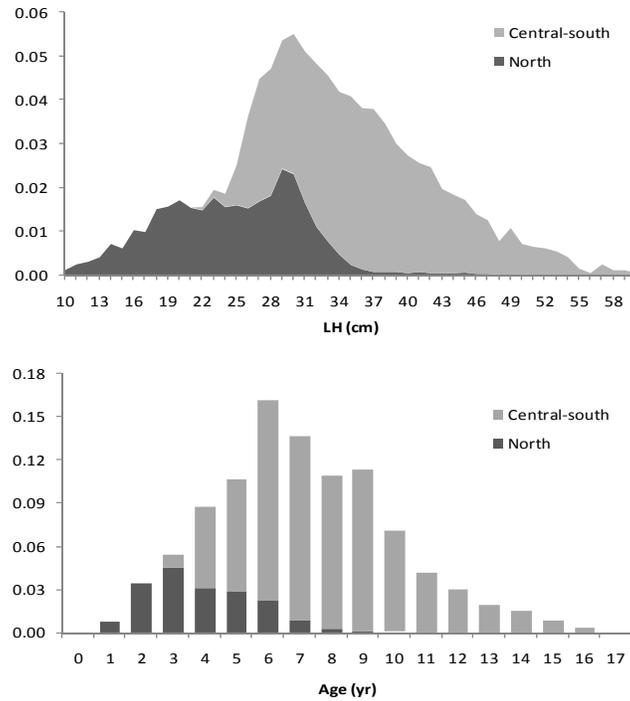


Figura 49. Composici3n de tallas y edades de las capturas de jurel chileno (Fuente: SUBPESCA, 2007)



Figura 50. Modelo de historia de vida del jurel propuesta por Arcos et al. (2001).

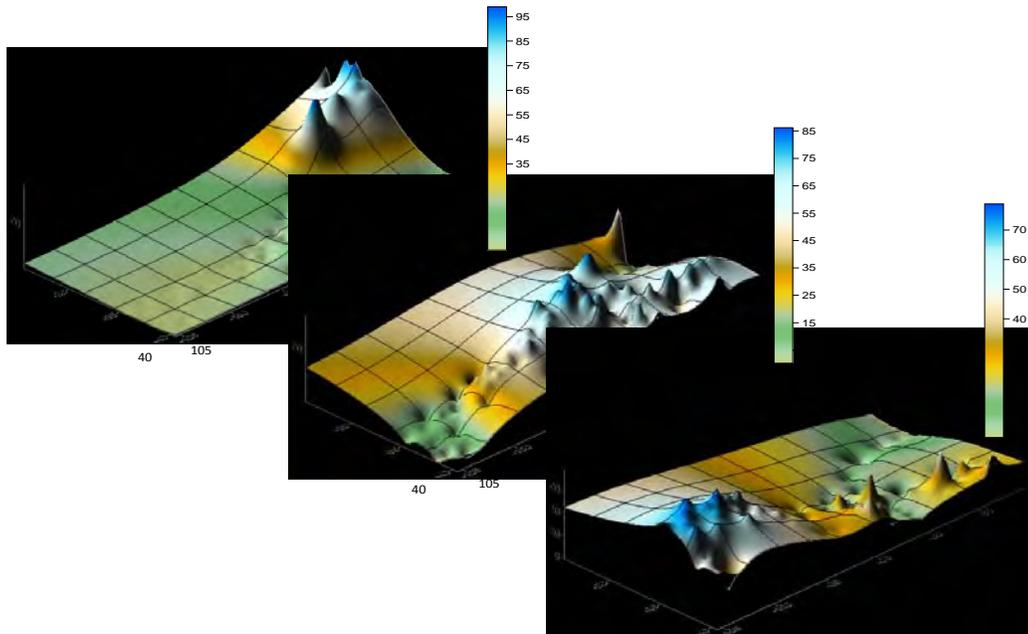


Figura 51. Distribuci3n espacial de la abundancia del jurel 2002-2003 entre 1 y 3 a1os de vida por fuera de la ZEE (Fuente: Nesterov, 2007).

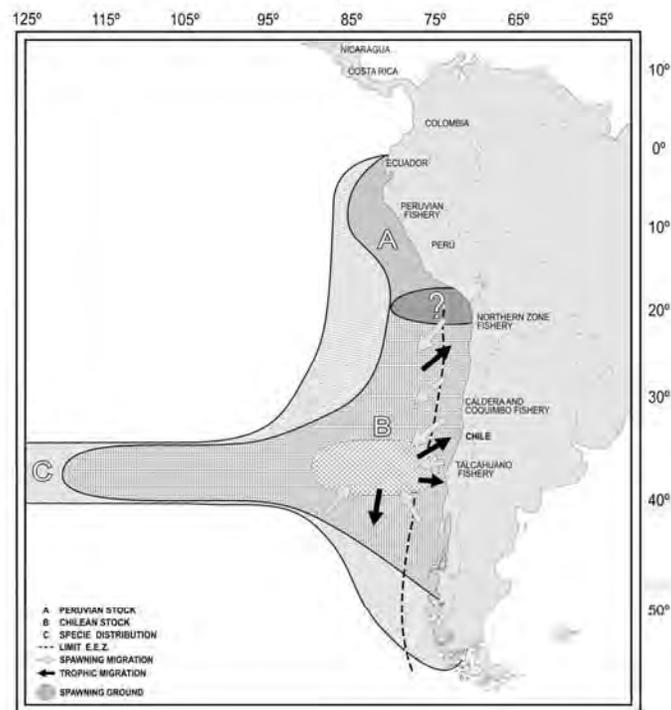


Figura 52. Distribuci3n de la unidad de stock del jurel chileno propuesta por Serra (1991) modificado.

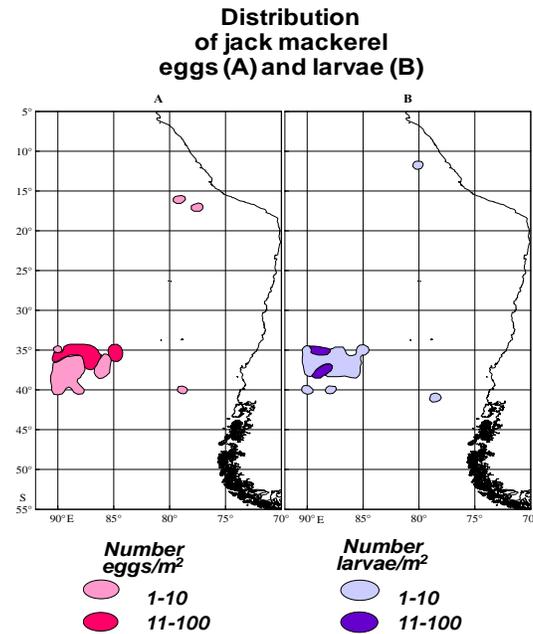


Figura 53. Zonas de desove (huevo y larvas) del Jurel identificadas por cruceros de la Federaci3n Rusa entre el 2002 y 2003 (Fuente: Nesterov, 2007).

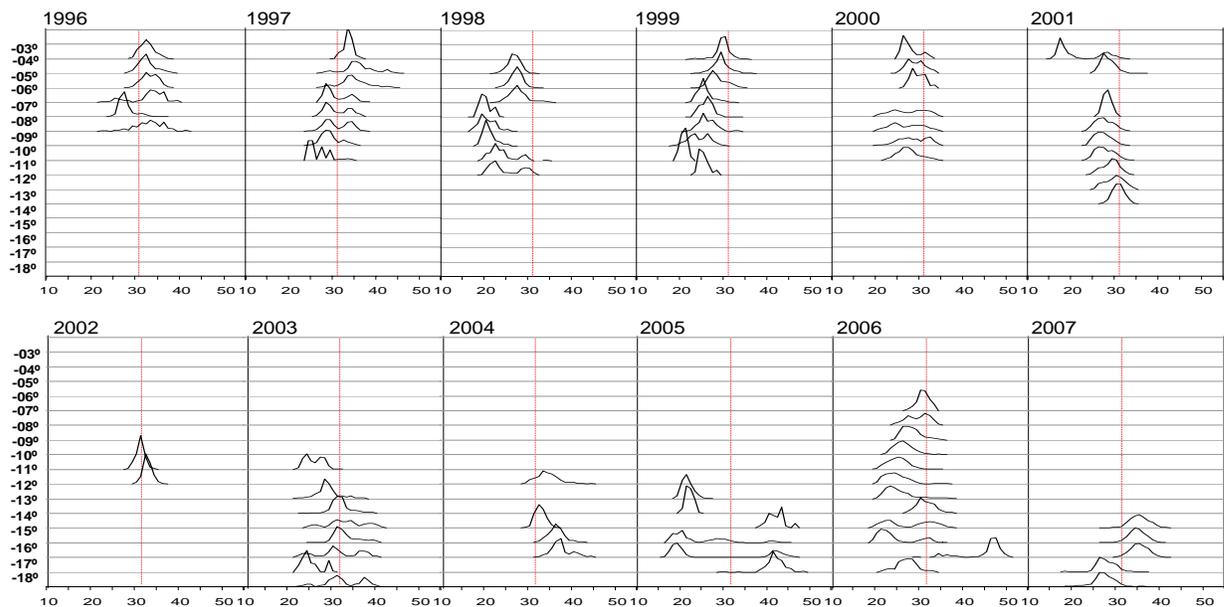


Figura 54. Distribuci3n latitudinal de las composiciones de talla del jurel en Per3 1996 – 2007. (Fuente: Espinoza, *et al*, 2008).

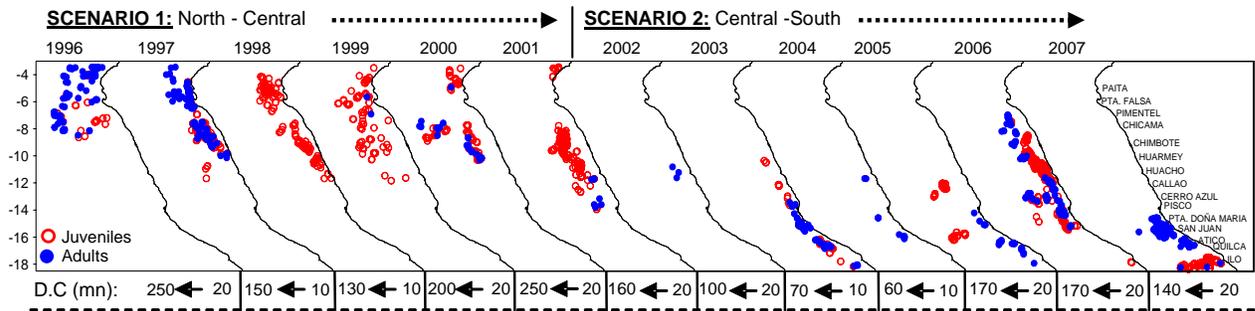


Figura 55. Distribuci3n espacial y temporal de lances de pesca del jurel en Per3 1996 – 2007. (Fuente: Espinoza, *et al*, 2008)

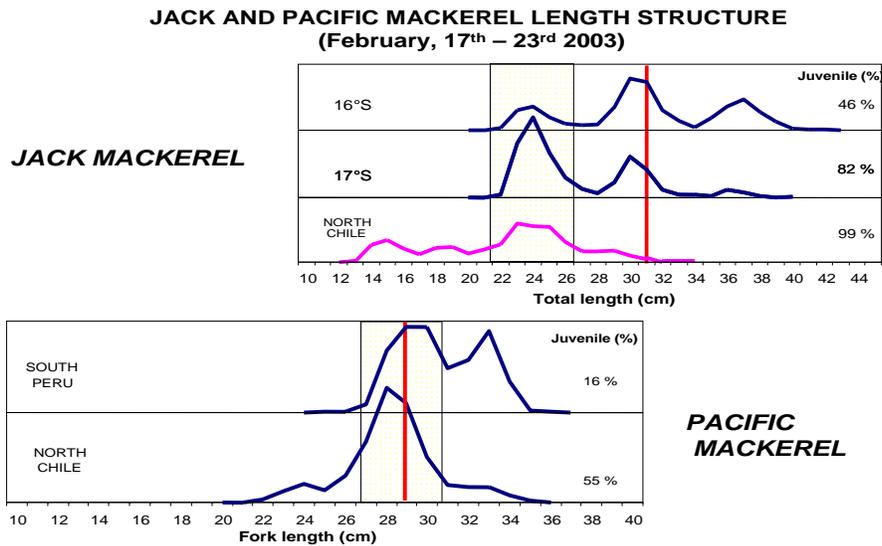


Figura 56. Composiciones de tallas de las capturas de jurel (jack mackerel) y caballa (pacific mackerel) en el Per3 y norte de Chile durante 2003. (Fuente: Ñiquen et al, 2008).

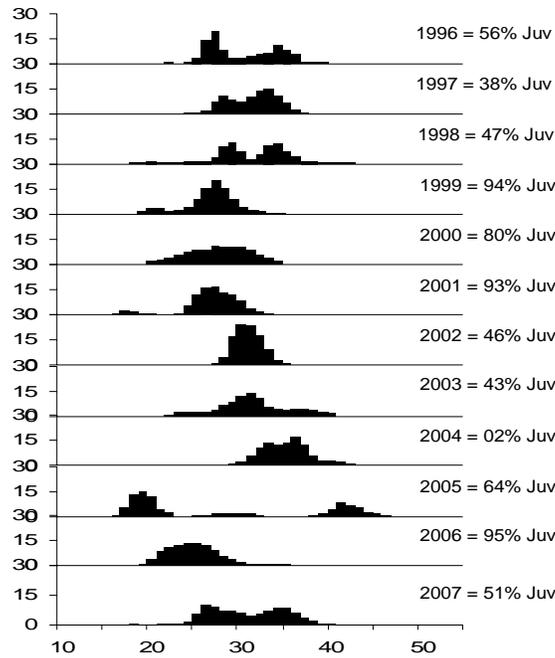


Figura 57. Composiciones de tallas (longitud total en cm) de las capturas de jurel registradas en el Perú, agrupadas en año biológico (Espinoza, et al, 2008).

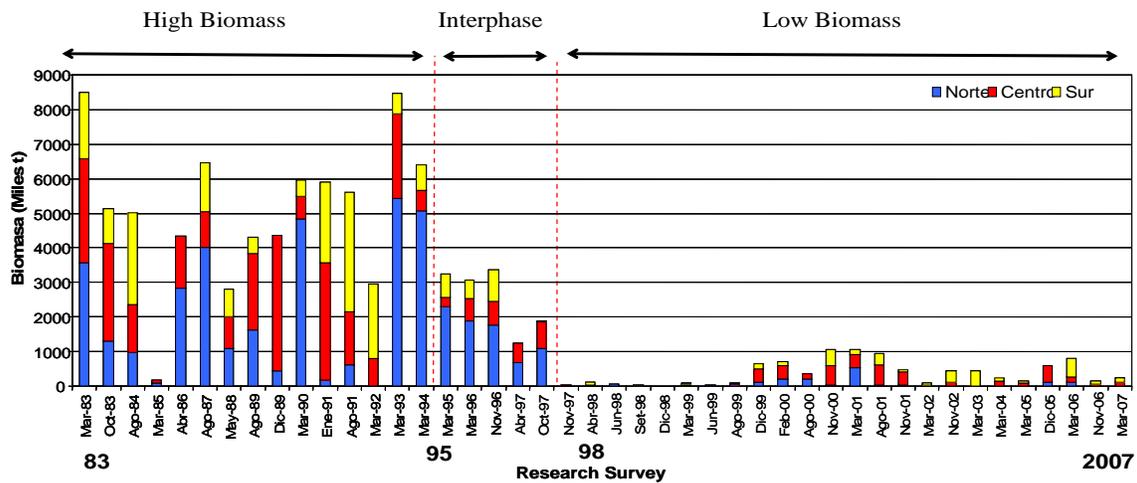


Figura 58. Biomasa del jurel en el Perú estimado en cruceros acústicos realizados entre 1983 y 2007 (Fuente: Ñiquen et al, 2008).

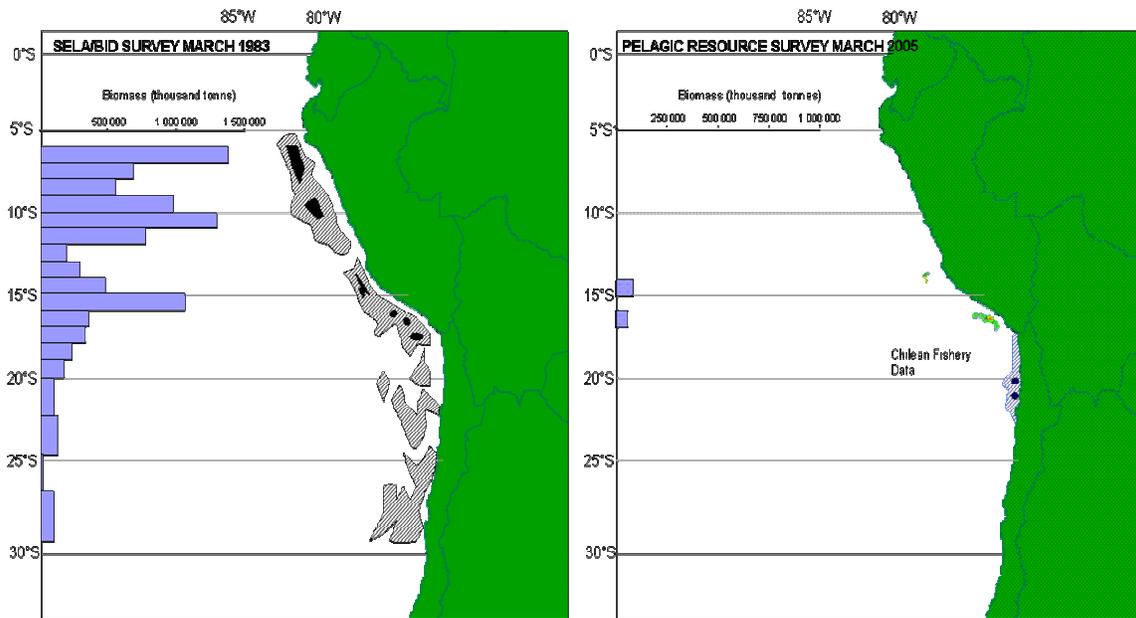


Figura 59. Distribuci3n y biomasa jurel en el Per3 estimada en cruceros ac3sticos realizados en marzo de 1983 y 2005 (Fuente: Ñiquen et al, 2008).

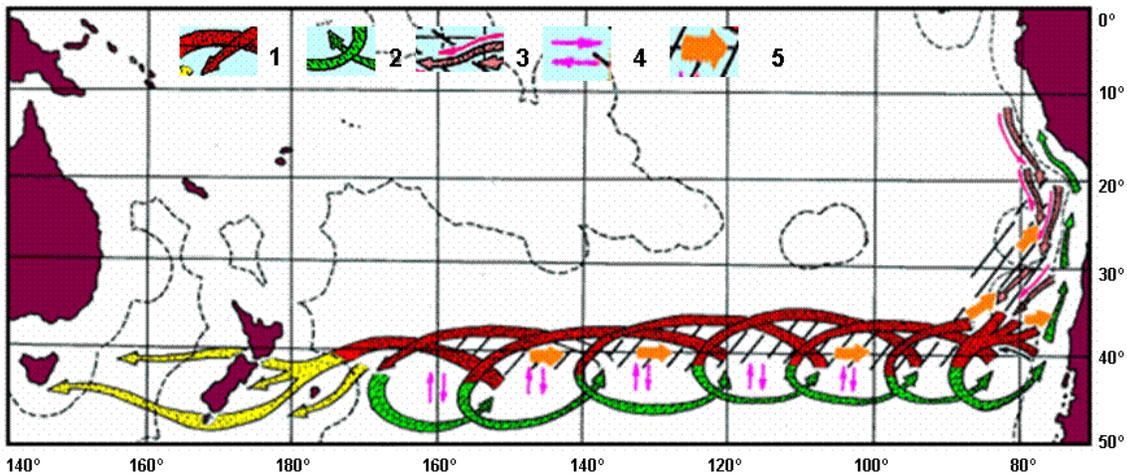


Figura 60. Esquema generalizado de migraciones oce3nicas de jurel en el Oce3no Pacífico Sur durante su ciclo de vida. 1 – peces adultos desovantes; 2 – peces adultos en engorda; 3 – peces juveniles hasta 2-3 años de edad; 4 - peces adultos entre zonas de desove y engorda; 5 – distribuci3n y migraci3n de alevines y juveniles de hasta un año de edad (Elizarov et al., 1992)(Fuente: Grechina et al, 2008).

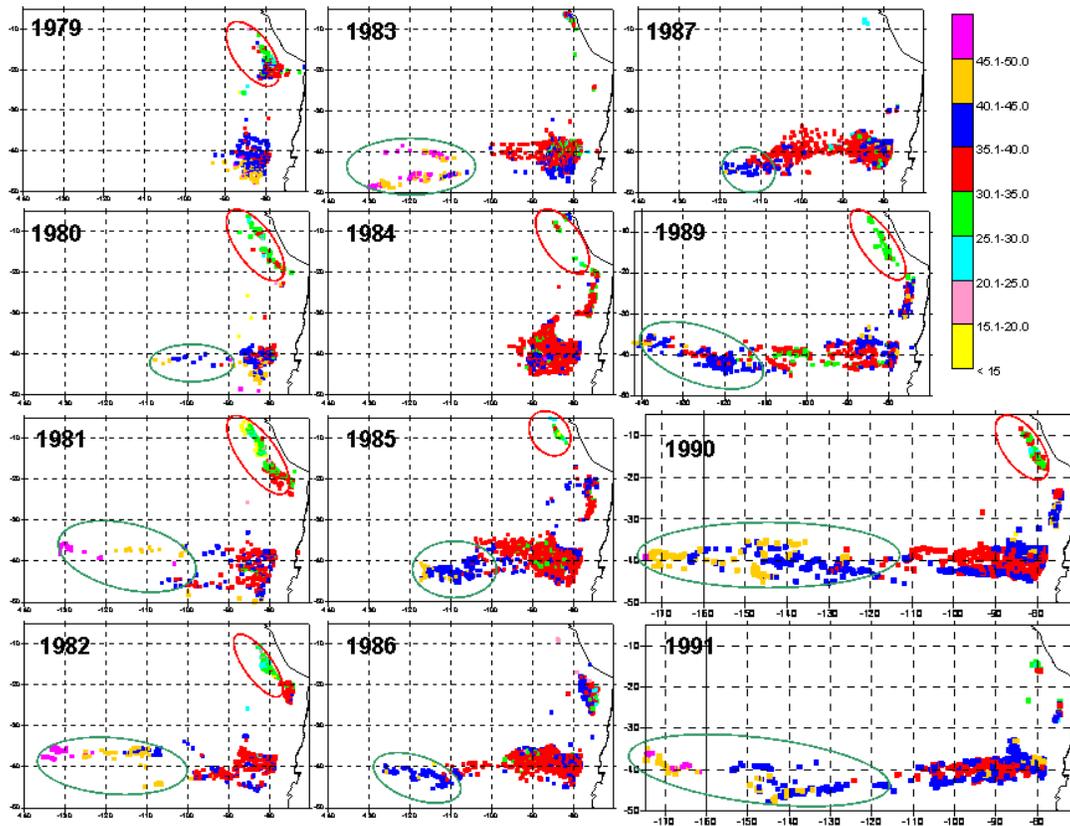


Figura 61. Distribuci3n espacial del jurel por tama1o promedio en lances de pesca de la flota de investigaci3n de la ex URSS, 1979-1991 (modificado Sep3lveda et al., 1998). C3rculos rojos marcan 3reas con predominio de los peces de tallas menores a 30 cm y c3rculos verdes – mayores a 35 cm de LH (Fuente: Grechina et al, 2008).

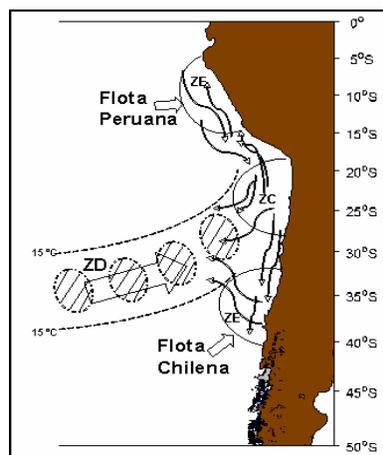


Figura 62. Esquema conceptual de la formaci3n de la zona de crianza (ZC) de jurel del desove oce3nico (ZD) y su interacci3n con las zonas de engorda (ZE) en 3reas de operaci3n de las flotas peruana y chilena (Fuente: Grechina, 2008).

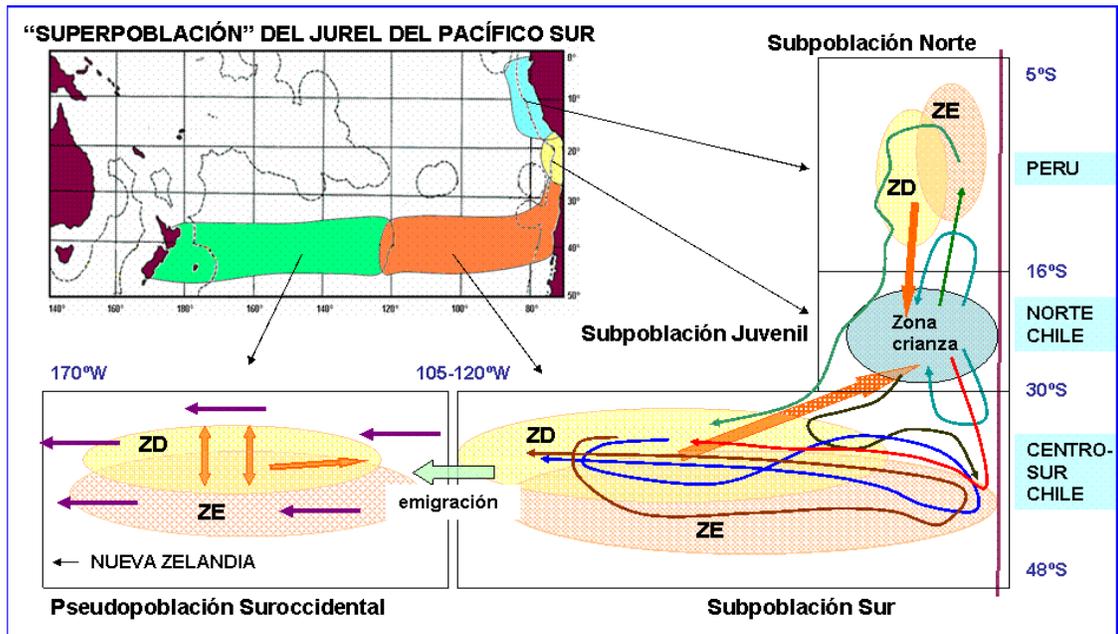


Figura 63. Esquema conceptual de estructura poblacional y rutas migratorias entre subpoblaciones dentro del área de distribución de superpoblación del jurel en el Pacífico Sur. ZD – zonas de desove; ZE – zonas de engorda; flechas naranjas – dirección de desplazamiento de juveniles en primer año de edad. (Fuente: Grechina *et al*, 2008).

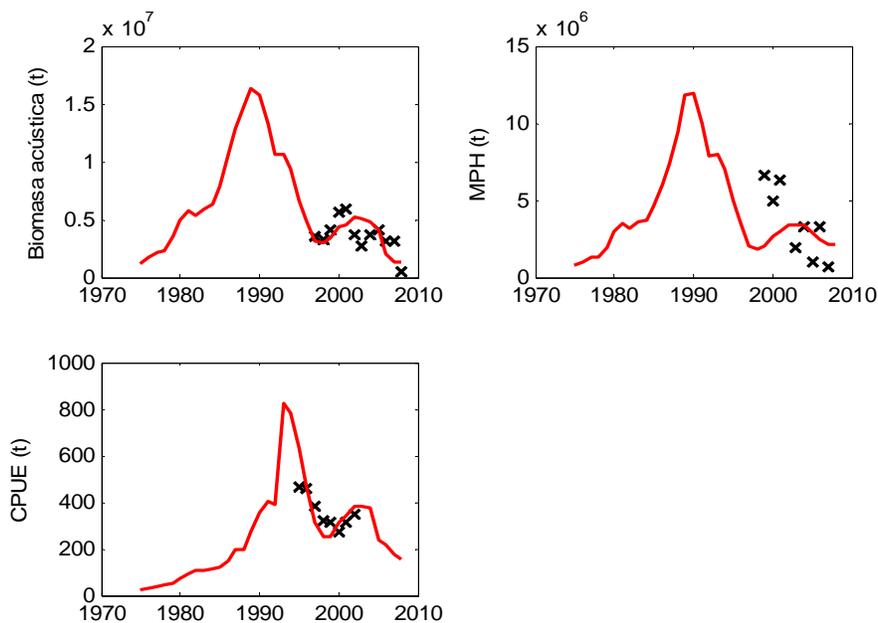


Figura 64. Índices de abundancia del jurel observados (cruces) y predichos (línea); Biomasa acústica, Biomasa crucero, MDPH y CPUE zona centro-sur.

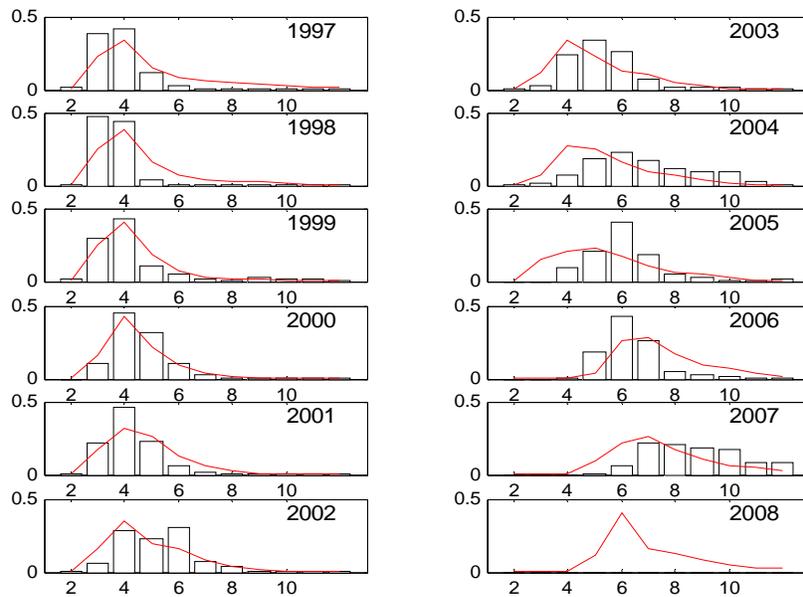


Figura 65. Composici3n de edades de los cruceros ac3sticos observados (barras) y predichos (l3neas).

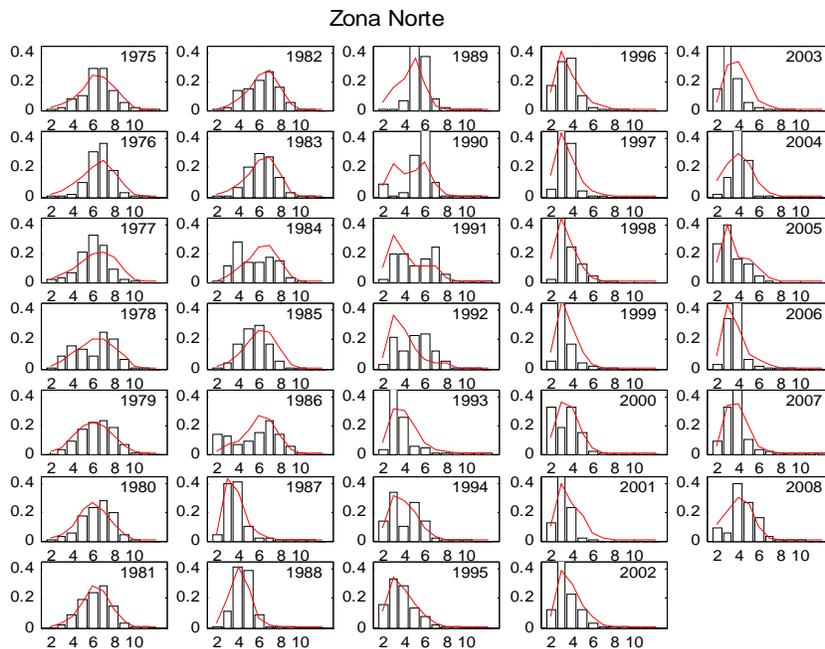


Figura 66. Composici3n de edades de las capturas en la zona norte de Chile observadas (barras) y predichos (l3neas).

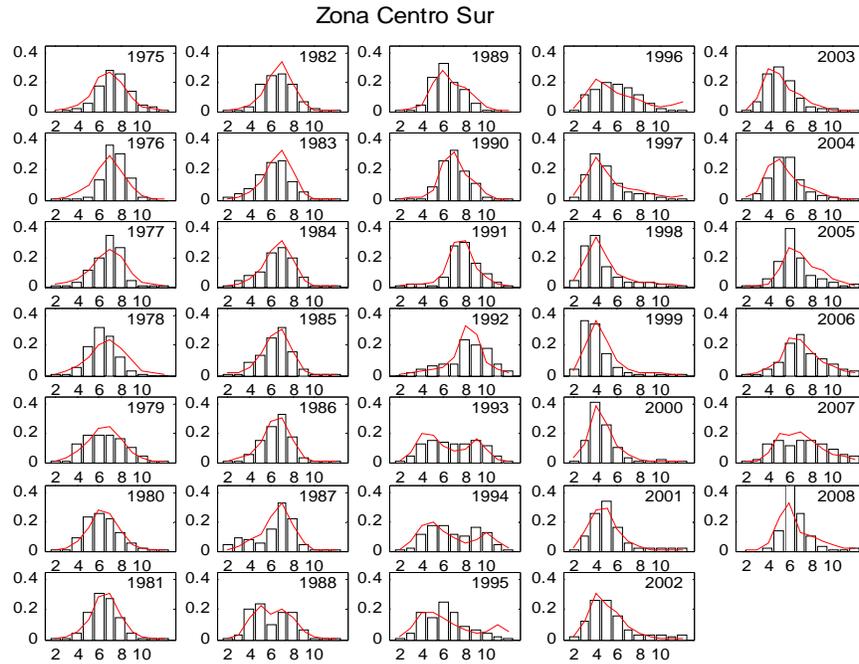


Figura 67. Composici3n de edades de las capturas en la zona centro-sur de Chile observadas (barras) y predichos (lneas).

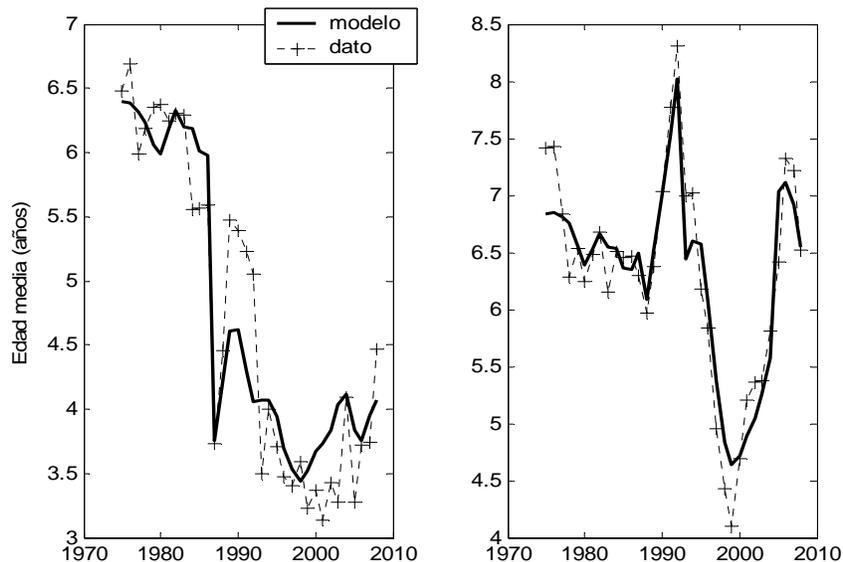


Figura 68. Edad media observada y estimada por el modelo de evaluaci3n del jurel. Izquierda: zona norte; Derecha: zona centro-sur.

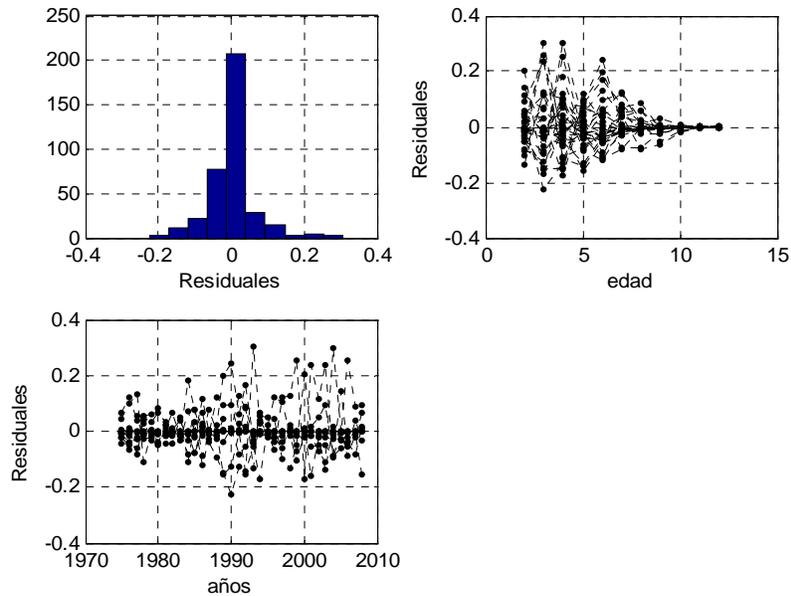


Figura 69. Residuales del ajuste de las proporciones de edad de las capturas de jurel en la zona norte.

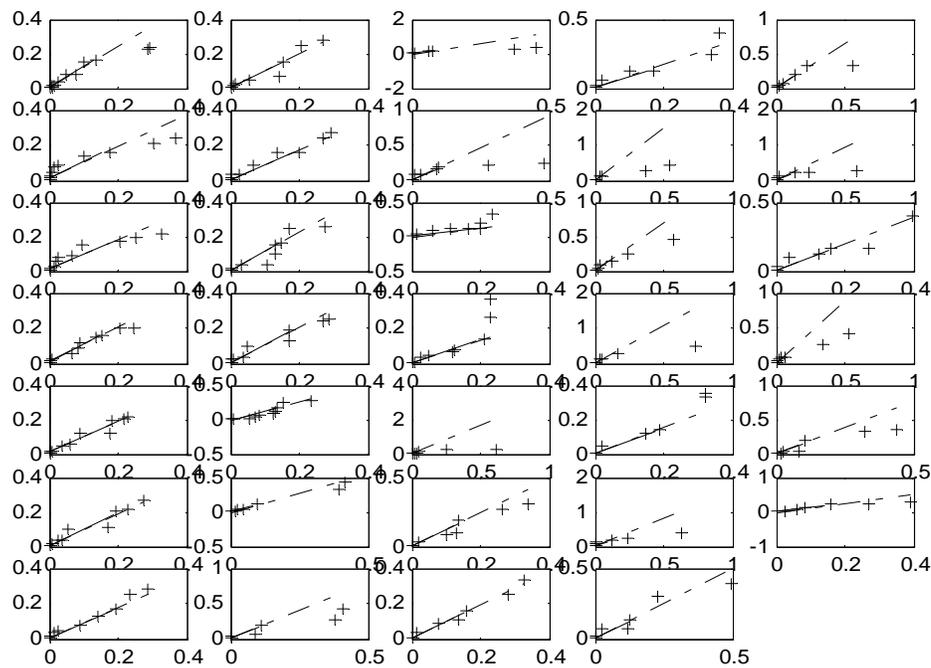


Figura 70. Graficos cuantil-cuantil de las proporciones de edad de las capturas de jurel observadas y predichas por en modelo en la zona norte. Cada celda es un año y se leen de izquierda a derecha.

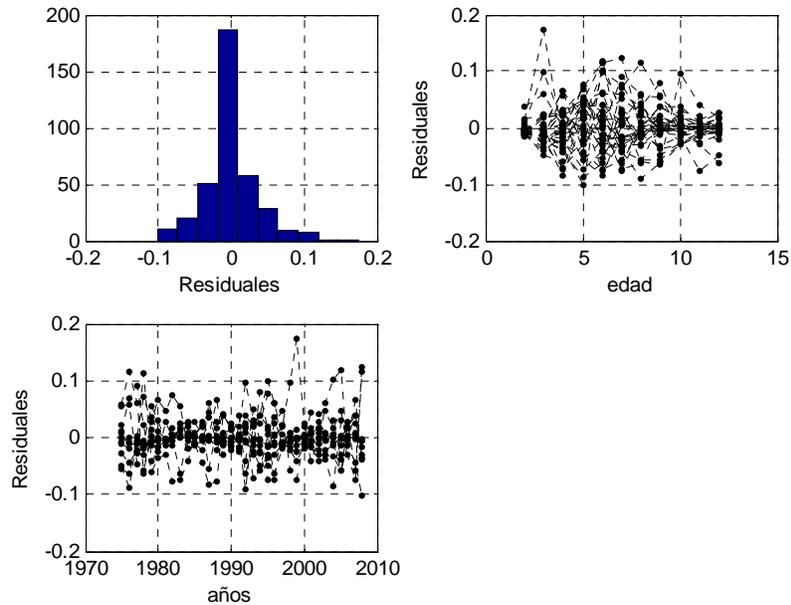


Figura 71. Residuales del ajuste de las proporciones de edad de las capturas de jurel en la zona centro-sur.

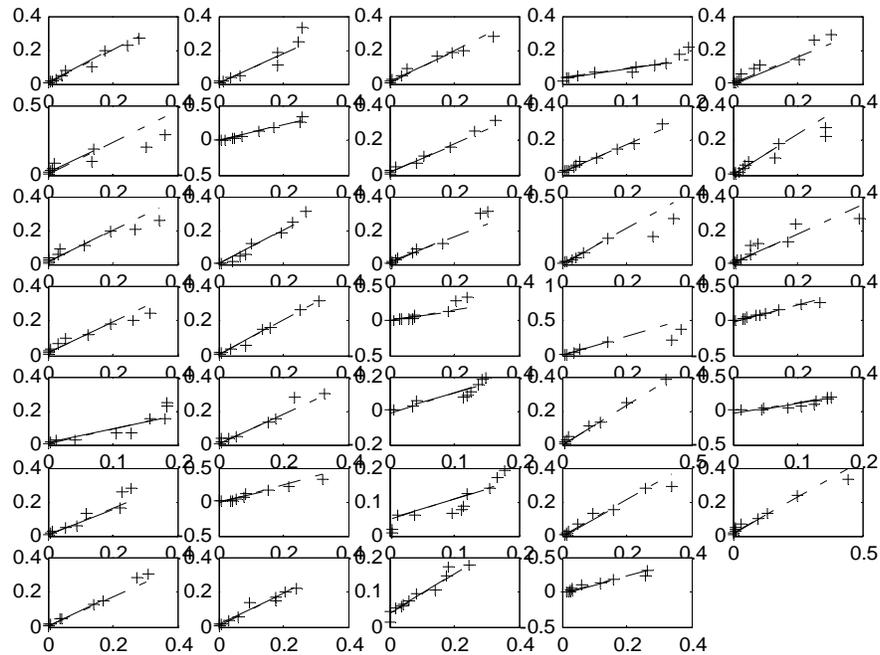


Figura 72. Graficos cuantil-cuantil de las proporciones de edad de las capturas de jurel observadas y predichas por en modelo en la centro-sur. Cada celda es un a1o y se leen de izquierda a derecha.

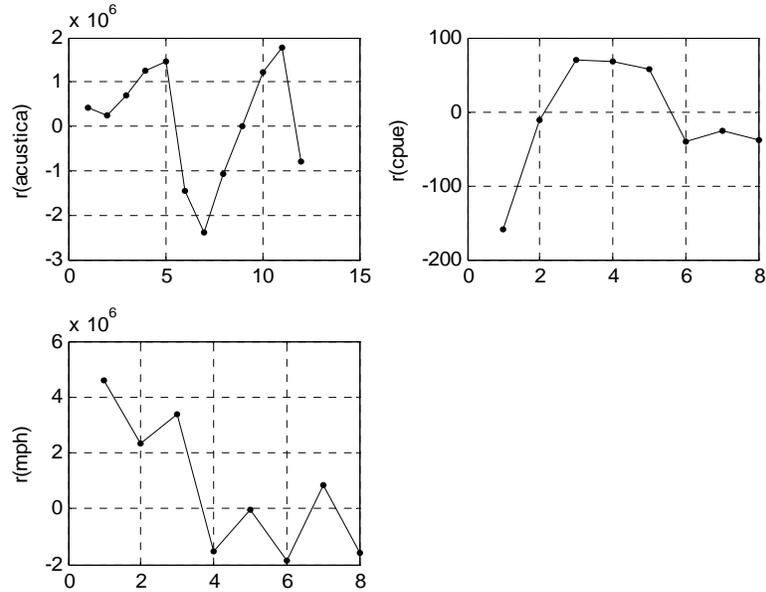


Figura 73. Residuales del ajuste de los indices de abundancia relativa empleados en la evaluaci3n de stock del jurel.

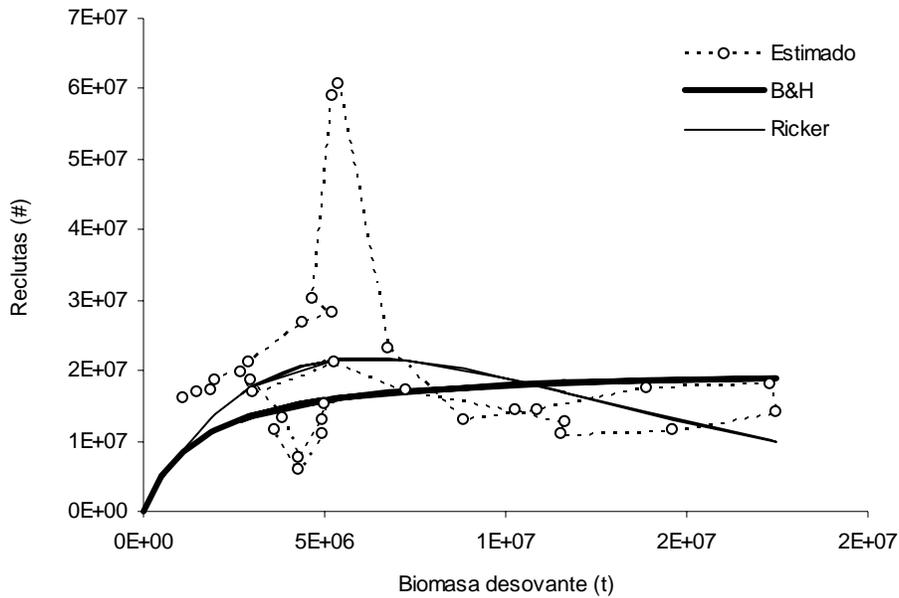


Figura 74. Relaci3n stock-recluta del jurel.

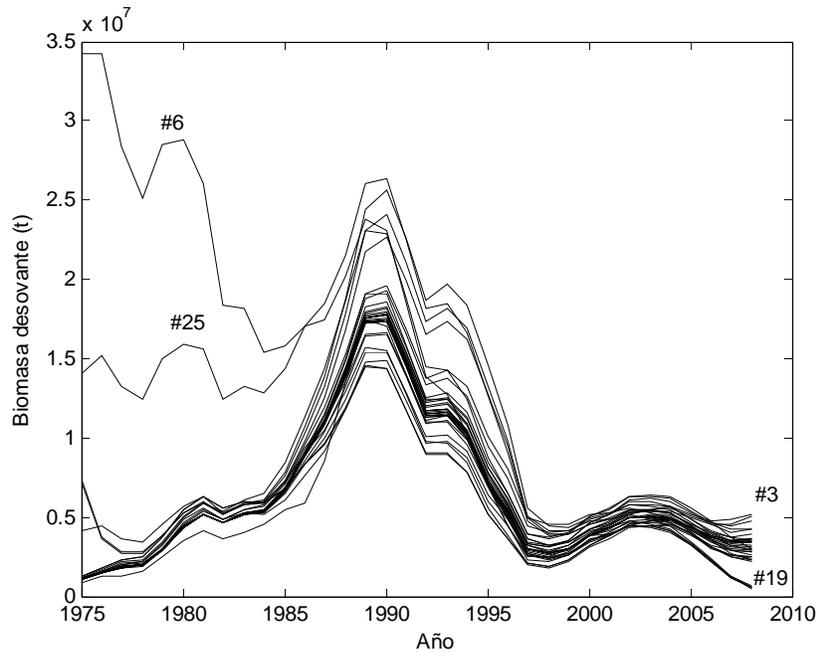


Figura 75. Trayectorias de biomasa desovante del jurel de acuerdo a 26 escenarios de evaluaci3n de stock.

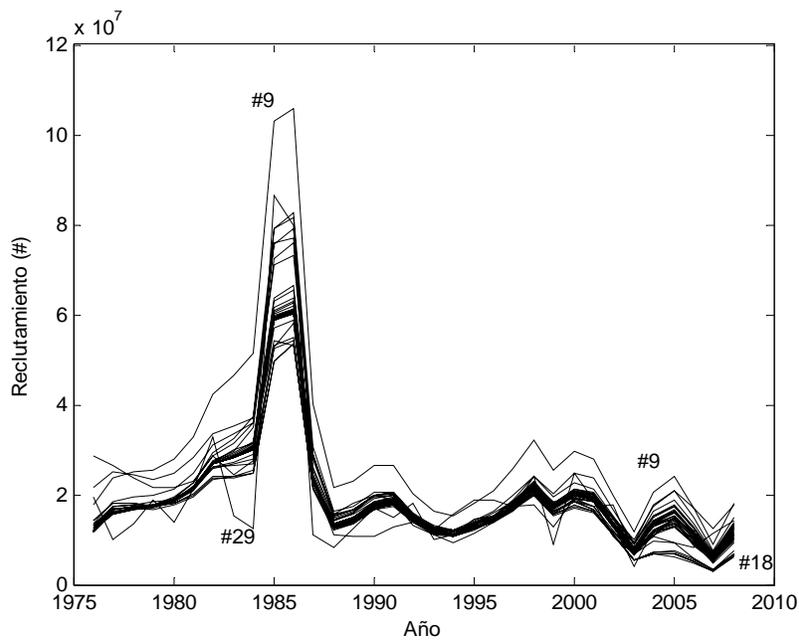


Figura 76. Trayectorias de biomasa desovante del jurel de acuerdo a 26 escenarios de evaluaci3n de stock.

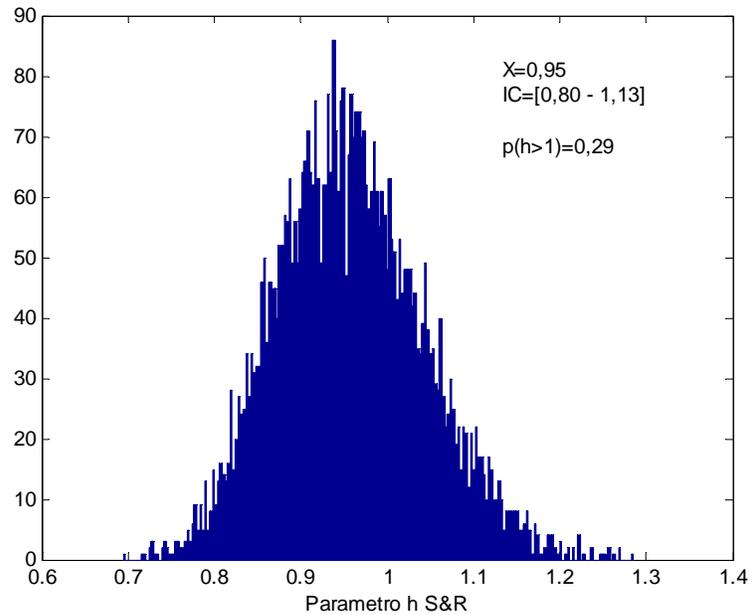


Figura 77. Distribuci3n de probabilidades *a posteriori* del par3metro h de la relaci3n S&R del jurel.

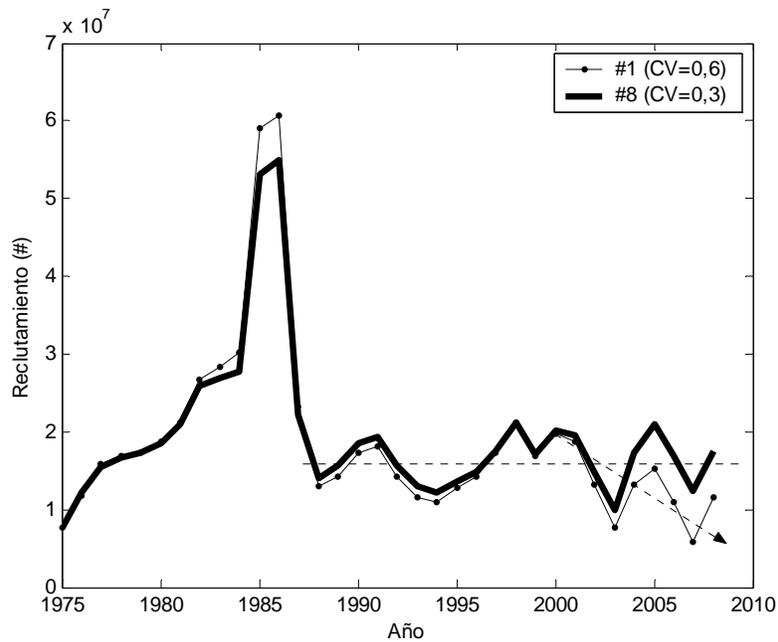


Figura 78. Reclutamientos del jurel estimados segun dos escenarios de coeficientes de variaci3n en el modelo de error de proceso.

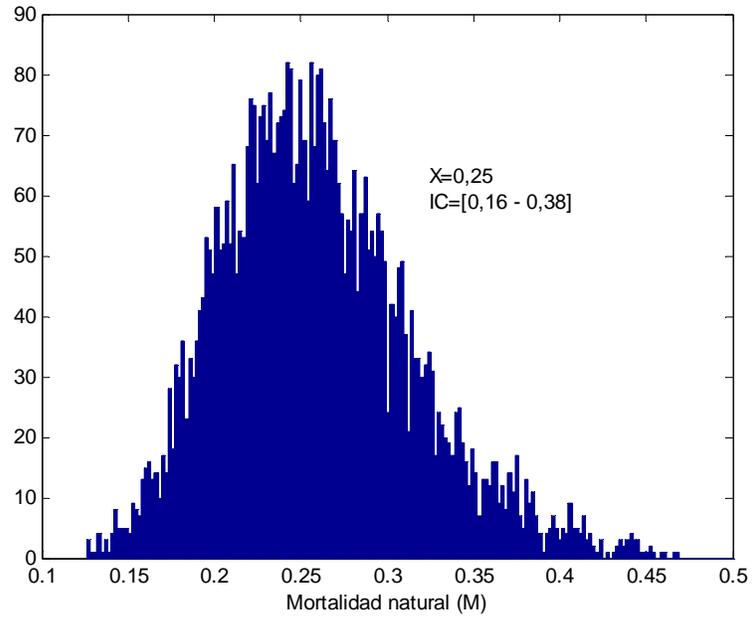


Figura 79. Distribuci3n de probabilidades *a posteriori* de la mortalidad natural del jurel.

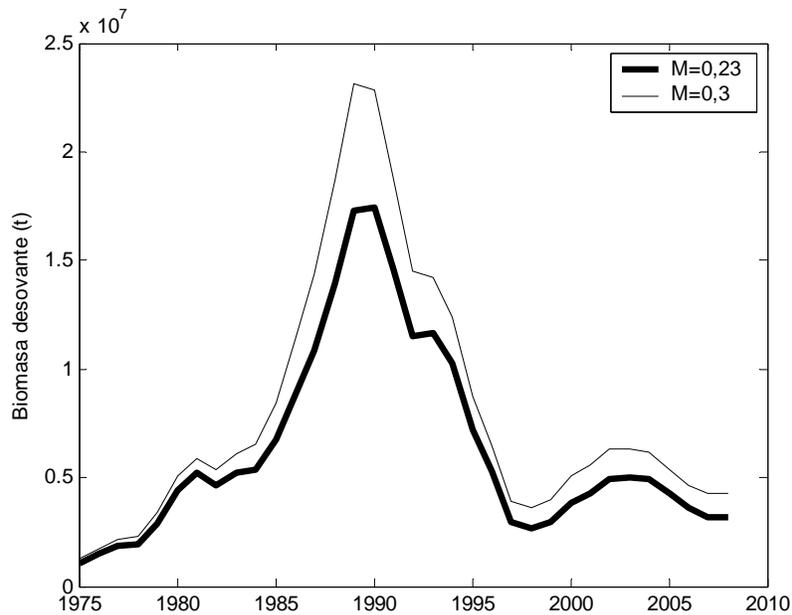
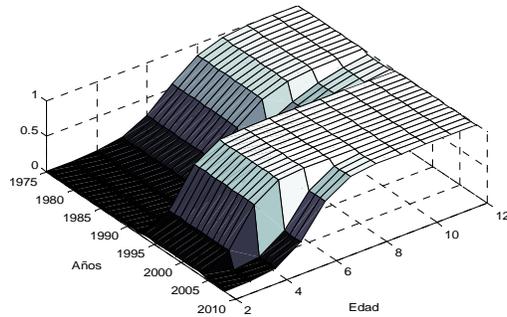


Figura 80. Biomasa desovante del jurel para dos escenarios de mortalidad natural.



A)



B)

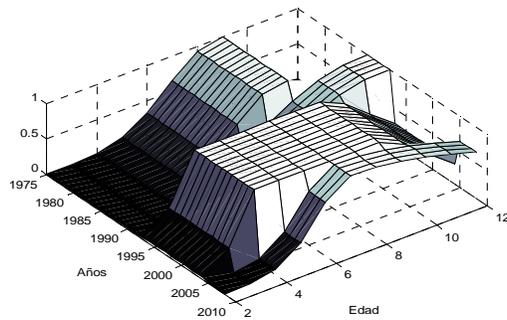


Figura 81. Patrones de explotaci3n de la flota centro sur seg3n escenario; A) caso base #1 y B) caso #14.

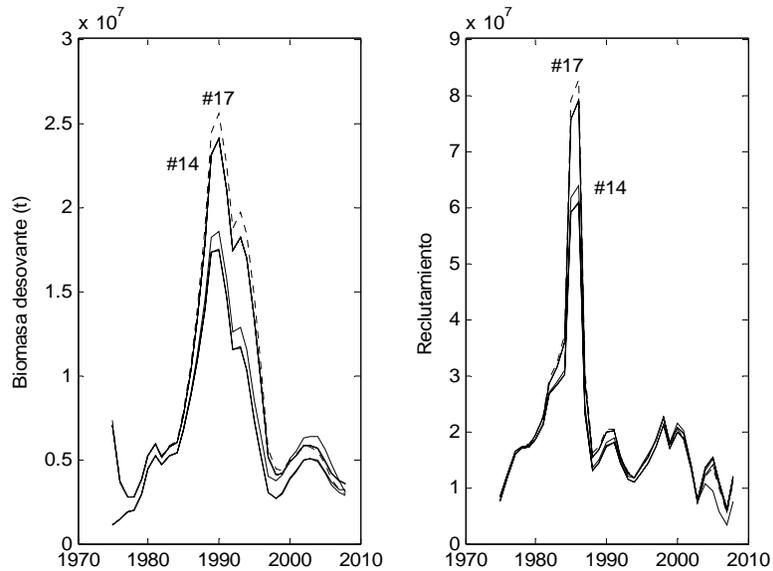


Figura 82. Biomasa desovante y reclutamientos del jurel ante distintos escenarios de cambio en selectividad.

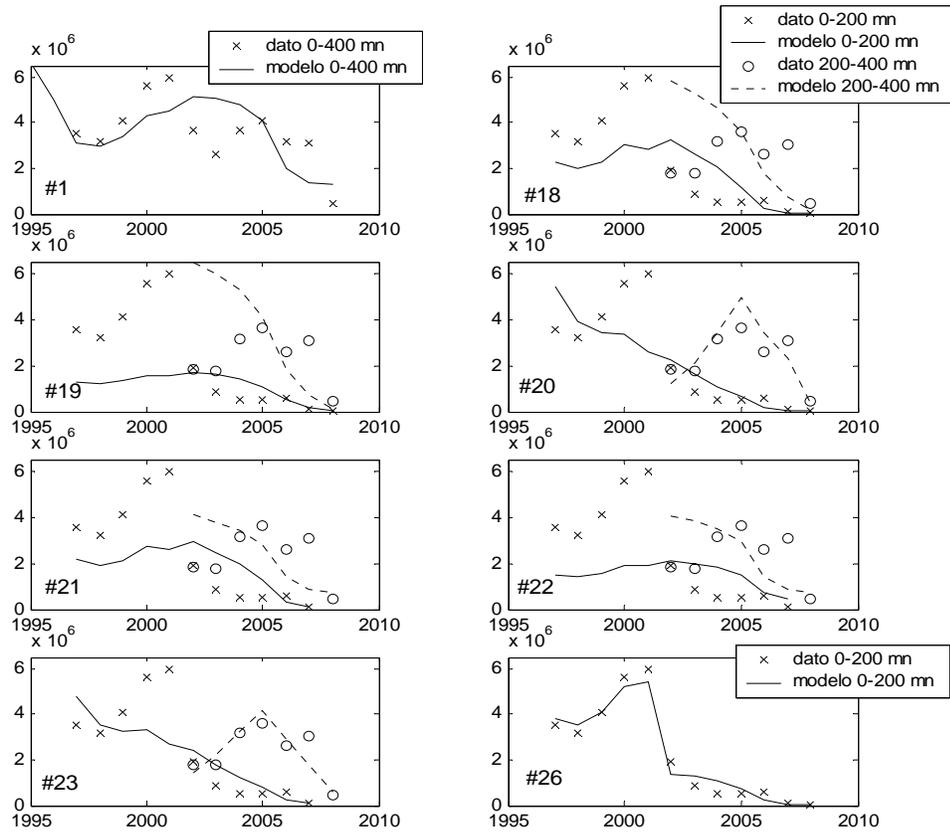


Figura 83. Modelos de las observaciones del proceso espacial en las biomazas estimadas en los cruceros ac3sticos. Seguimiento del signo # se indica el escenario considerado.

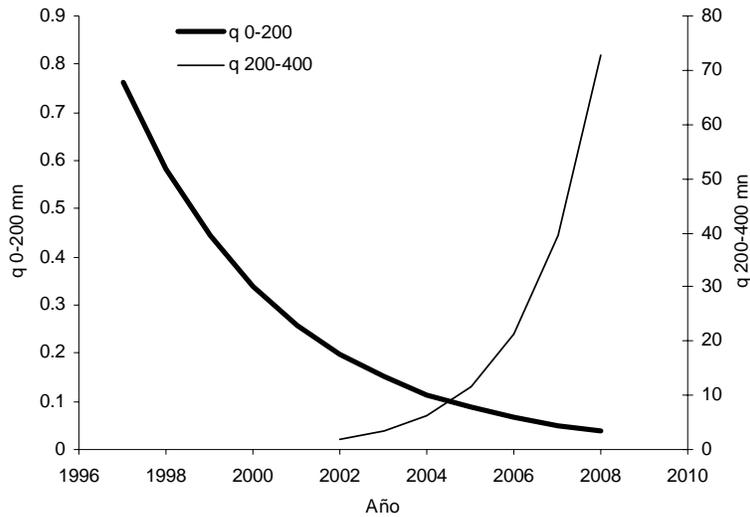


Figura 84. Coeficiente de proporcionalidad del crucero de jurel dentro y fuera de la ZEE.

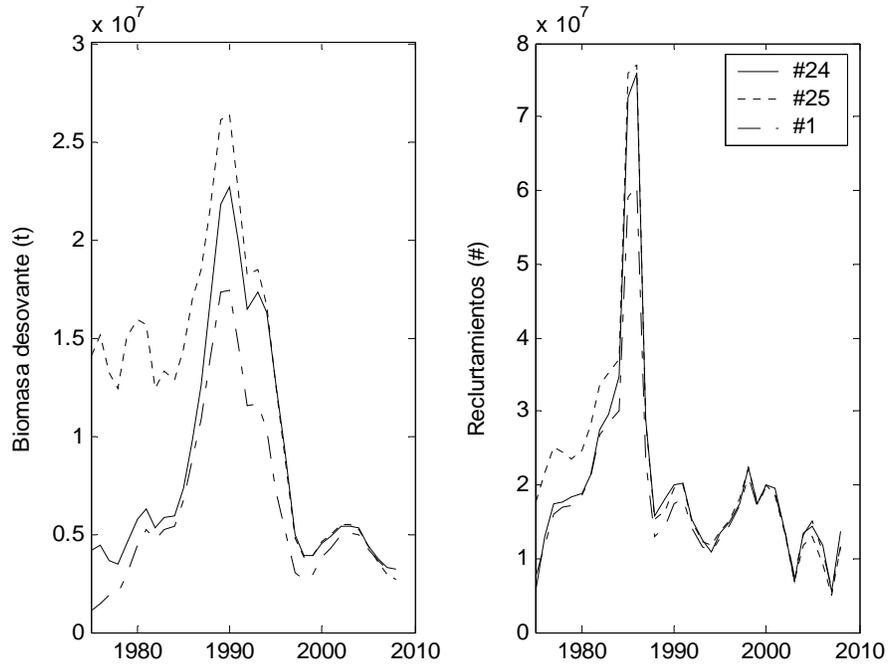


Figura 85. Biomasa desovante y reclutamientos del jurel frente a tres supuestos de la condición inicial de la población (1975)

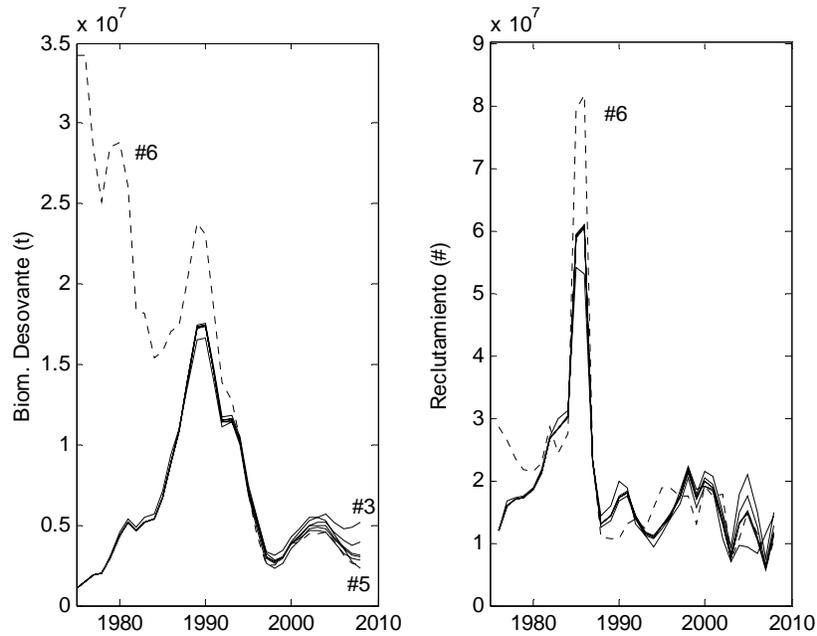


Figura 86. Biomasa desovante (A) y reclutamientos del jurel (B) ante distintos escenarios de exclusión de información relevante.

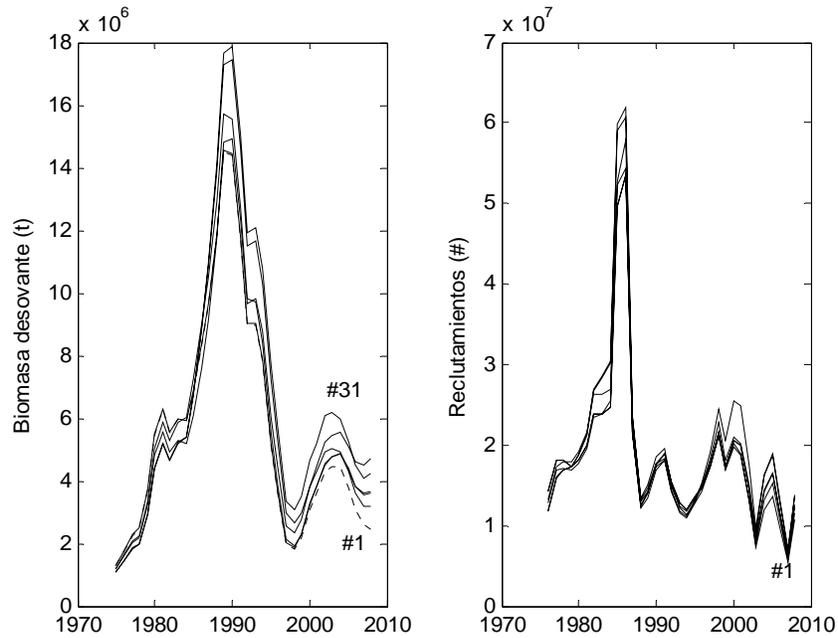


Figura 87. Biomasa desovante y reclutamientos del jurel ante distintos escenarios de nuevas se1ales de abundancia relativa.

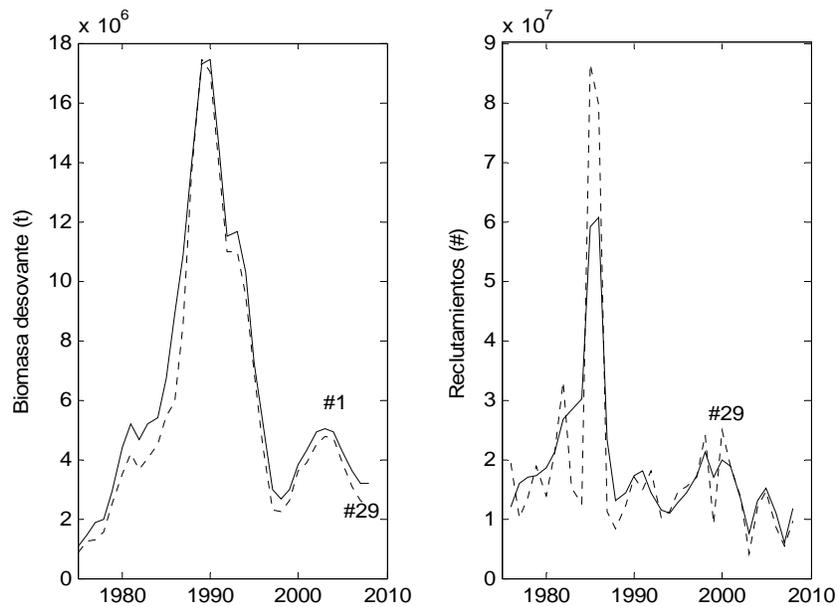


Figura 88. Biomasa desovante (A) y reclutamientos del jurel (B) ante distintos escenarios de error de lectura de edad en las matrices de captura.

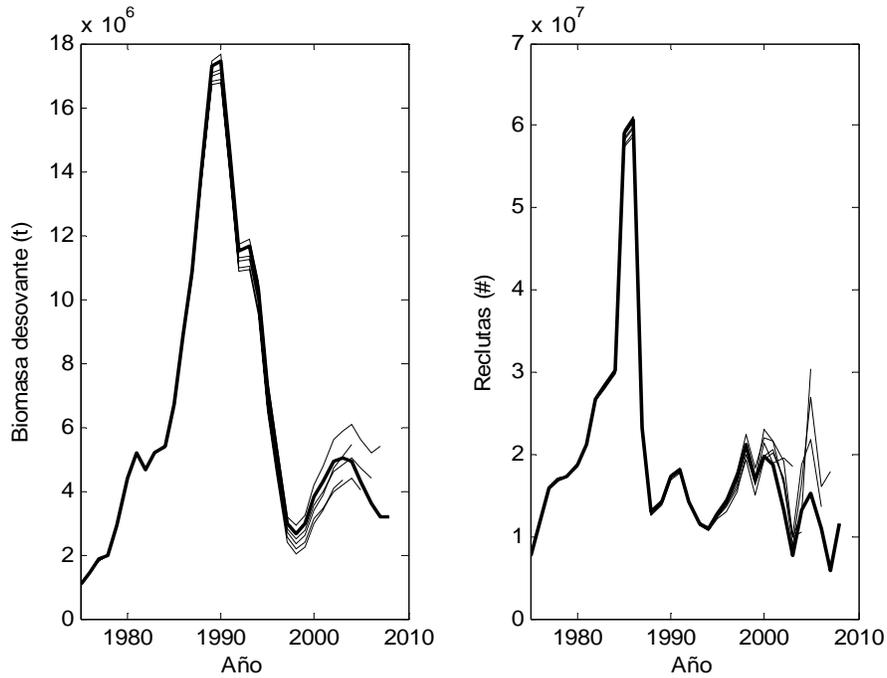


Figura 89. Análisis retrospectivo de la biomasa desovante y reclutamientos del jurel.

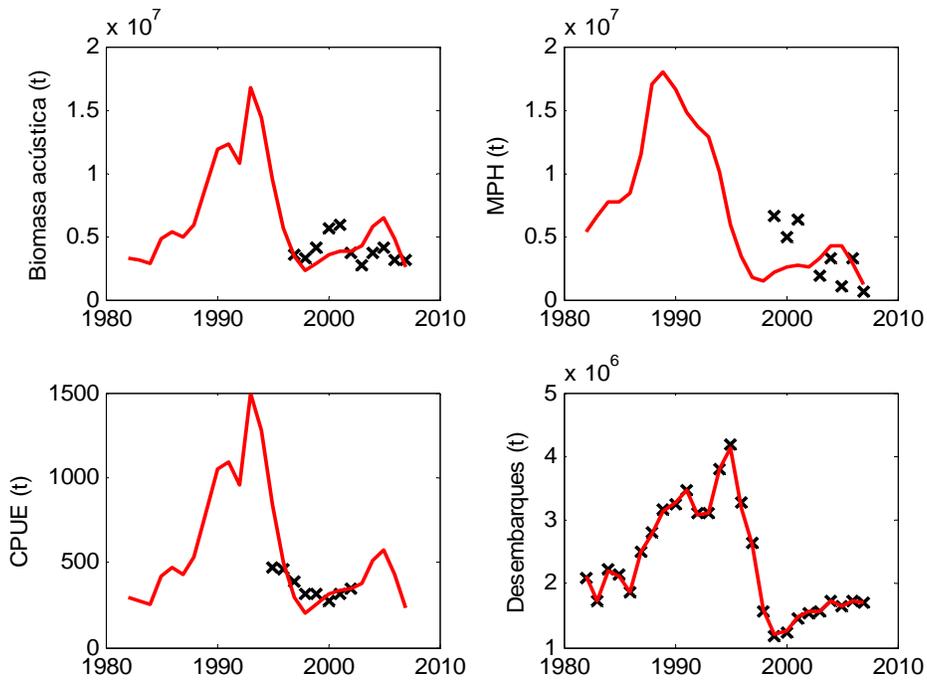


Figura 90. Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de tallas.

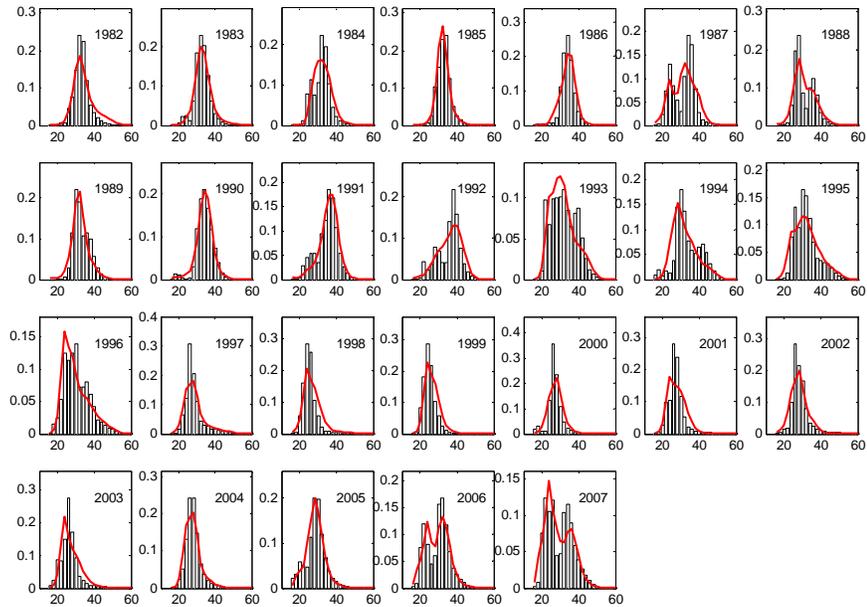


Figura 91. Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de tallas de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de tallas.

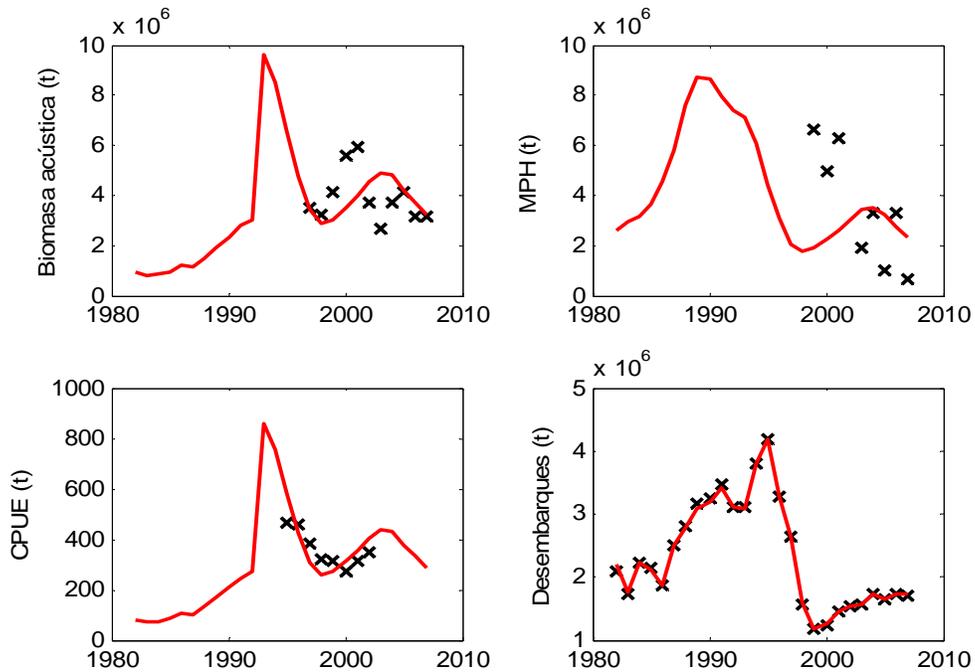


Figura 92. Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de edades.

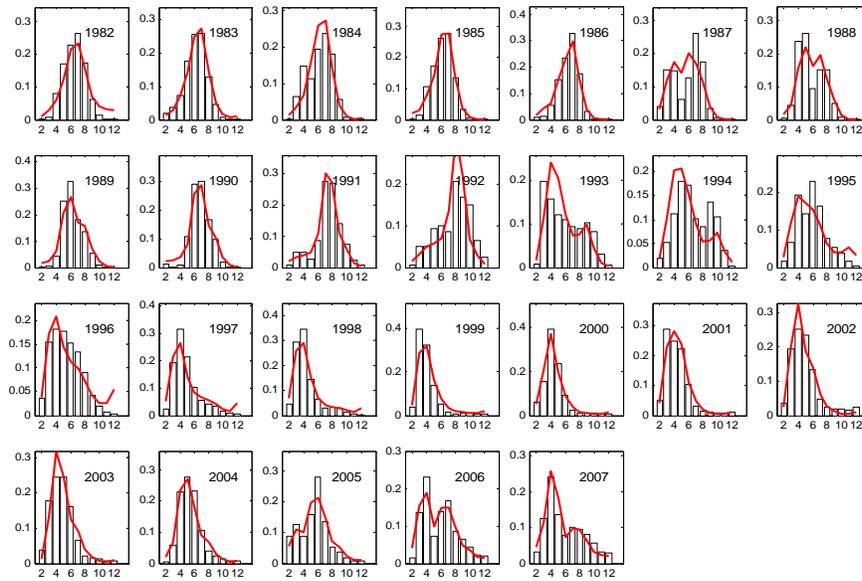


Figura 93. Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de edades de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo F con informaci3n de edades.

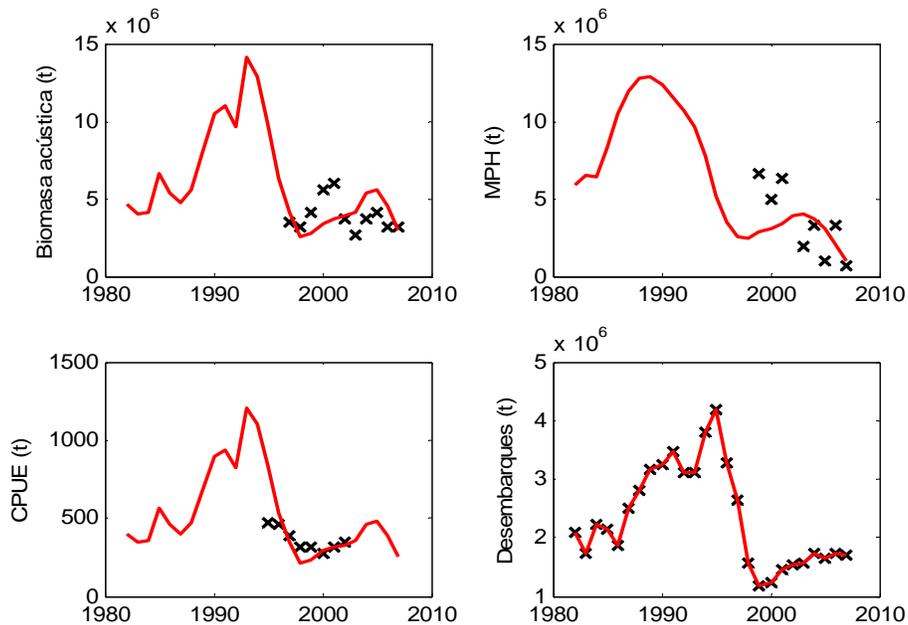


Figura 94. Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo U con informaci3n de tallas.

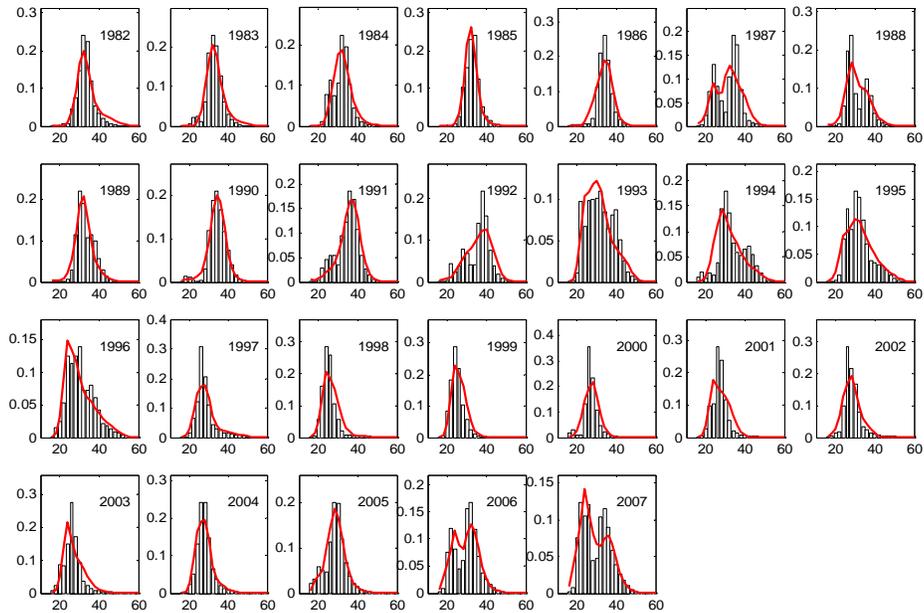


Figura 95. Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de tallas de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo U con informaci3n de tallas.

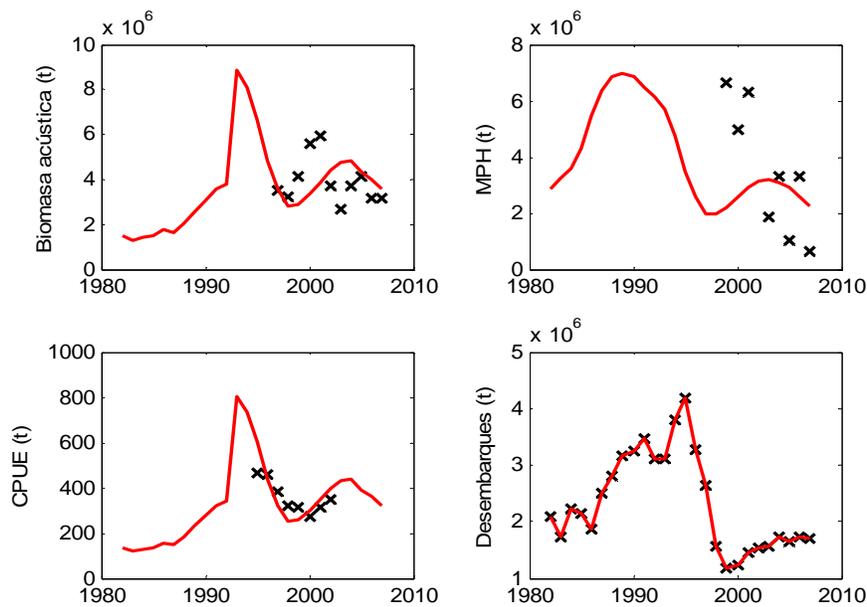


Figura 96. Ajuste del modelo a la informaci3n de cruceros acústicos, MPH, CPUE y desembarques del jurel 1982-2007. Modelo U con informaci3n de edades.

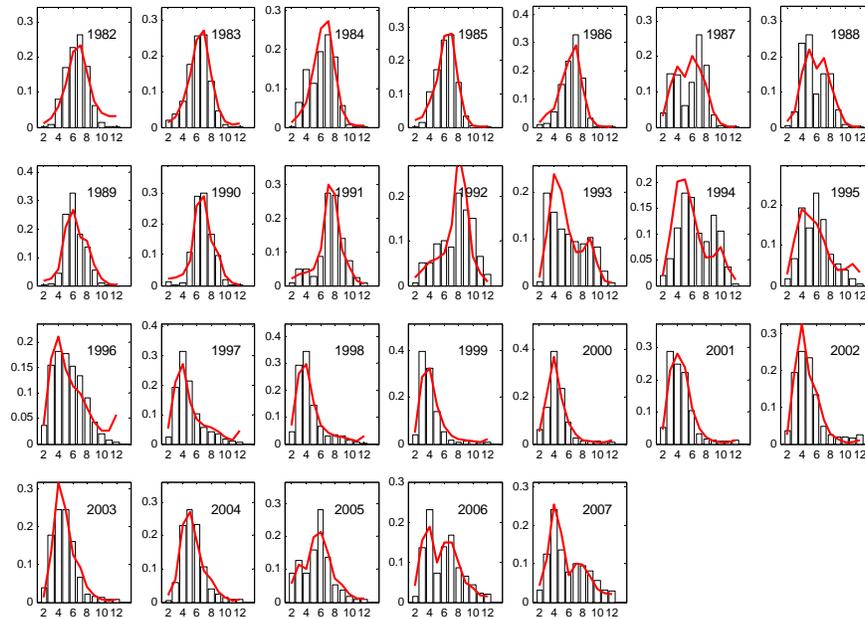


Figura 97. Ajuste del modelo agregado a la informaci3n de composici3n de edades de las capturas del jurel 1982-2007. Modelo U con informaci3n de edades.

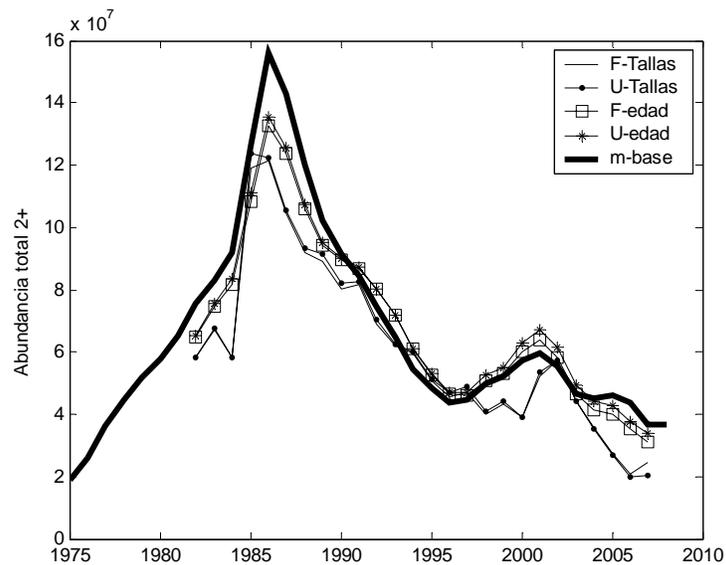


Figura 98. Abundancia total 2+ del jurel estimadas con distintos modelos o informaci3n de estructura de la captura.

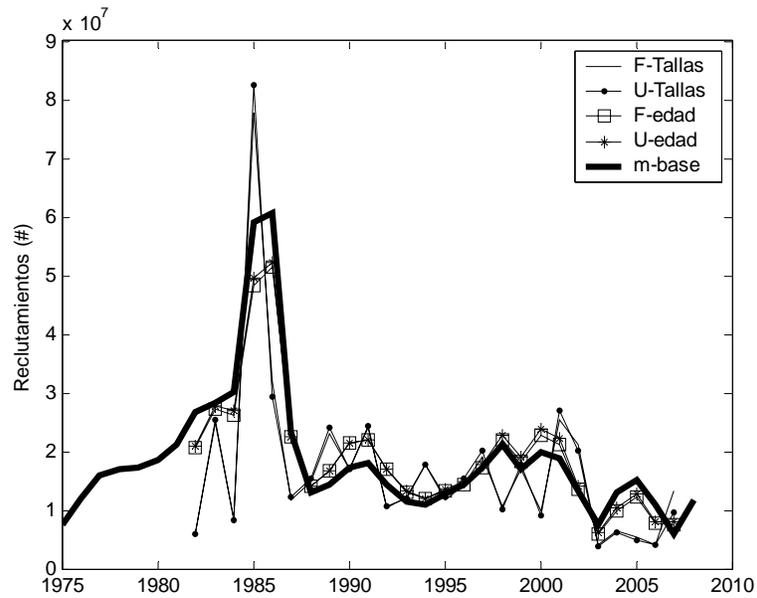


Figura 99. Reclutamientos del jurel estimados con distintos modelos o informaci3n de estructura de la captura.

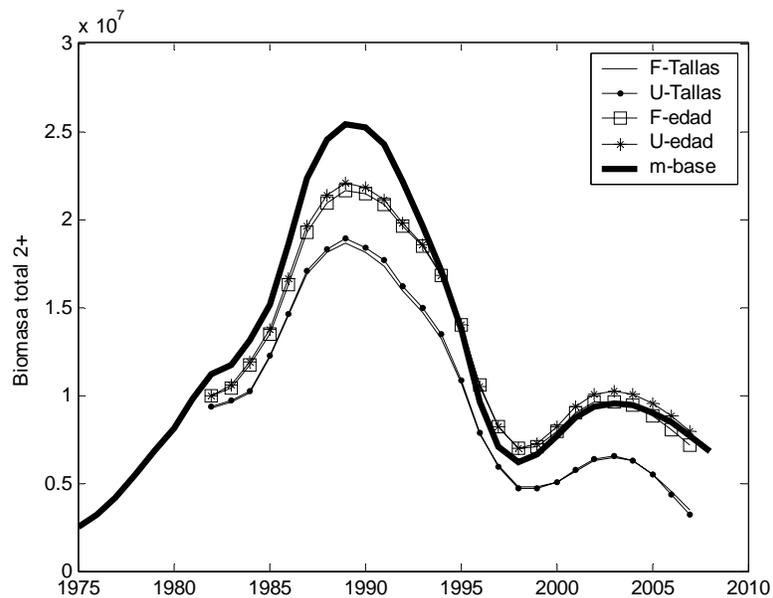


Figura 100. Biomasa total (2+) del jurel estimadas con distintos modelos o informaci3n de estructura de la captura.

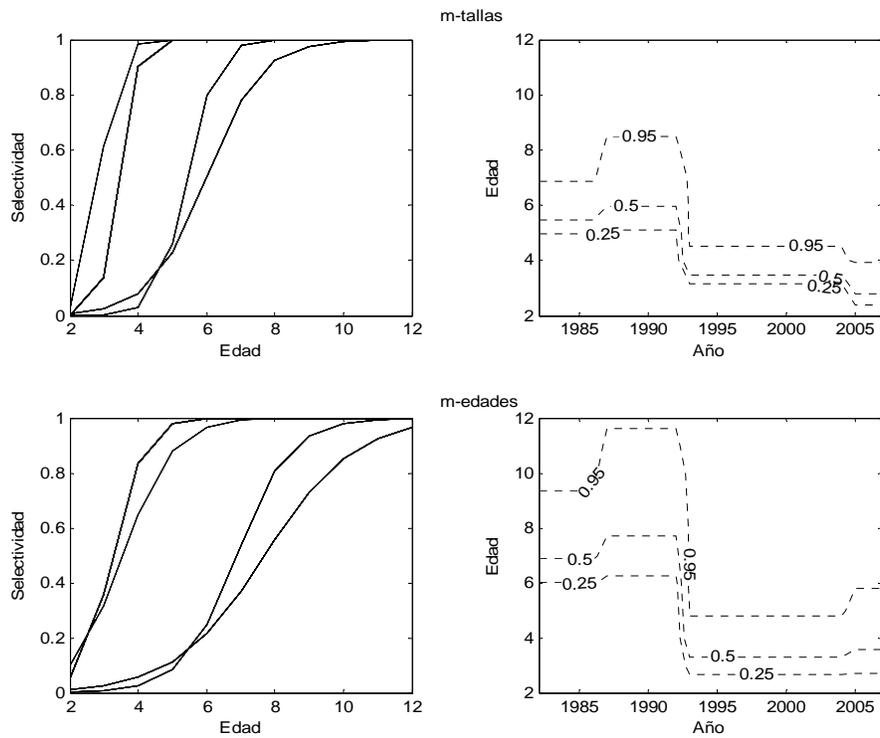


Figura 101. Selectividad de la flota estimadas con distintos modelos o informaci3n de estructura de la captura.

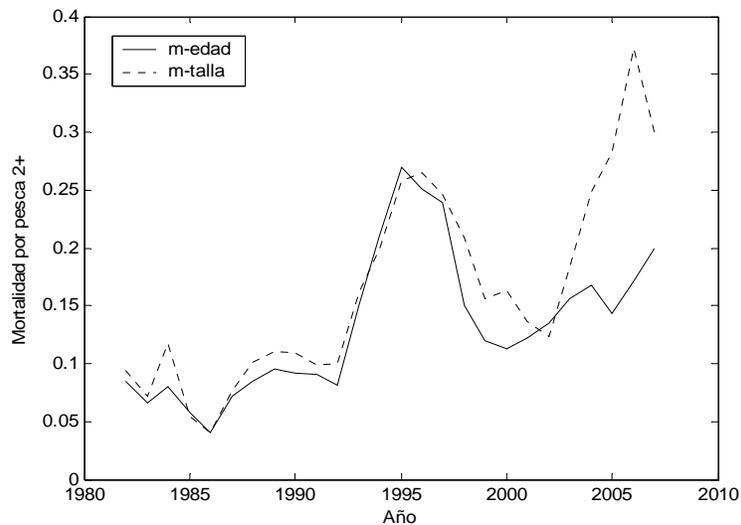


Figura 102. Mortalidad por pesca 2+ del jurel estimadas con distintos modelos o informaci3n de estructura de la captura.

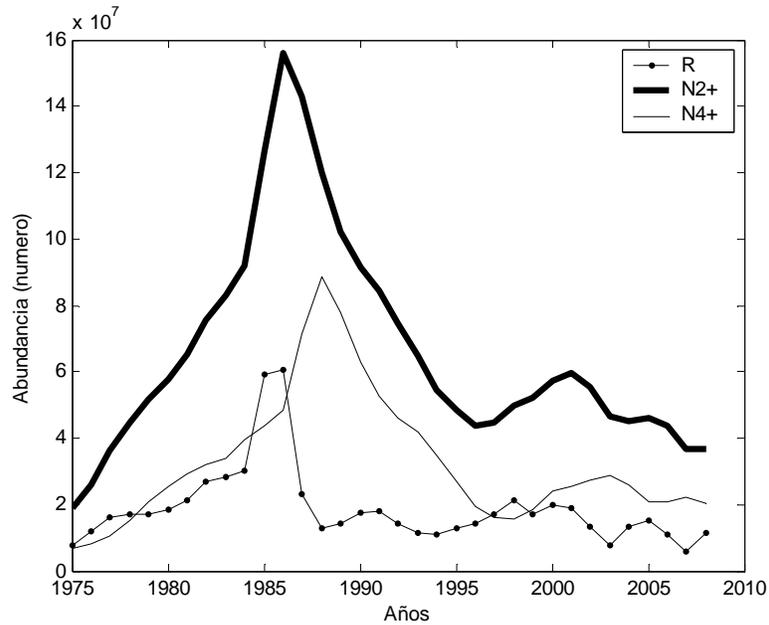


Figura 103. Variaciones de la abundancia del stock total (N2+), adulto (N4+) y reclutamiento (R) del jurel para el escenario 1.

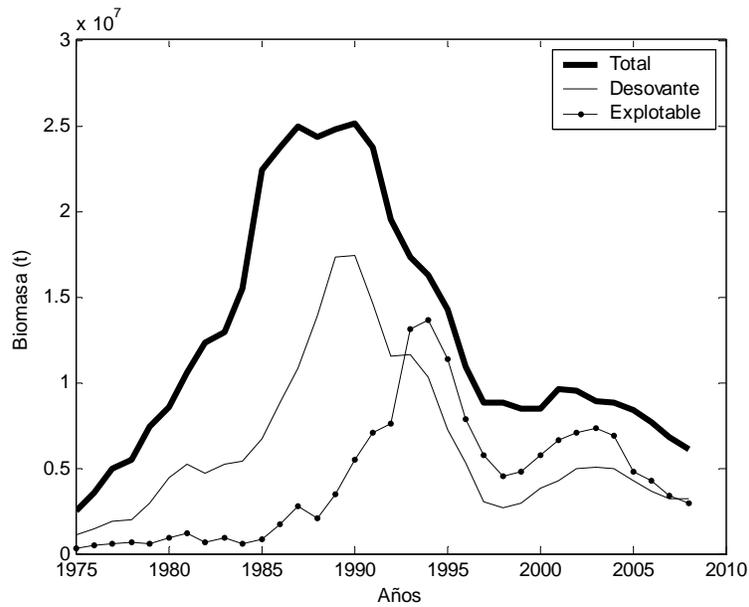


Figura 104. Variaciones de la biomasa del stock total, desovante y explotable del jurel para el escenario 1.

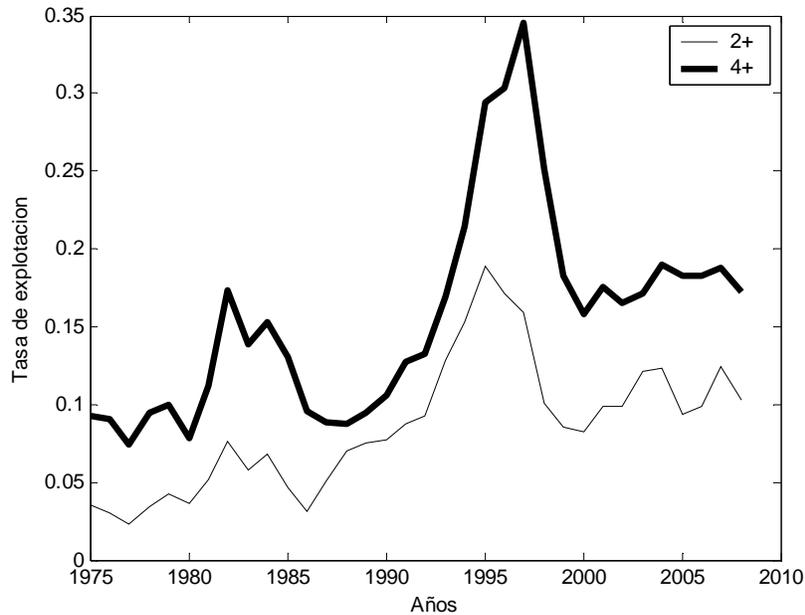


Figura 105. Variaciones de la tasa de explotación sobre el stock total (2+) y adulto (4+) del jurel, según el escenario 1.

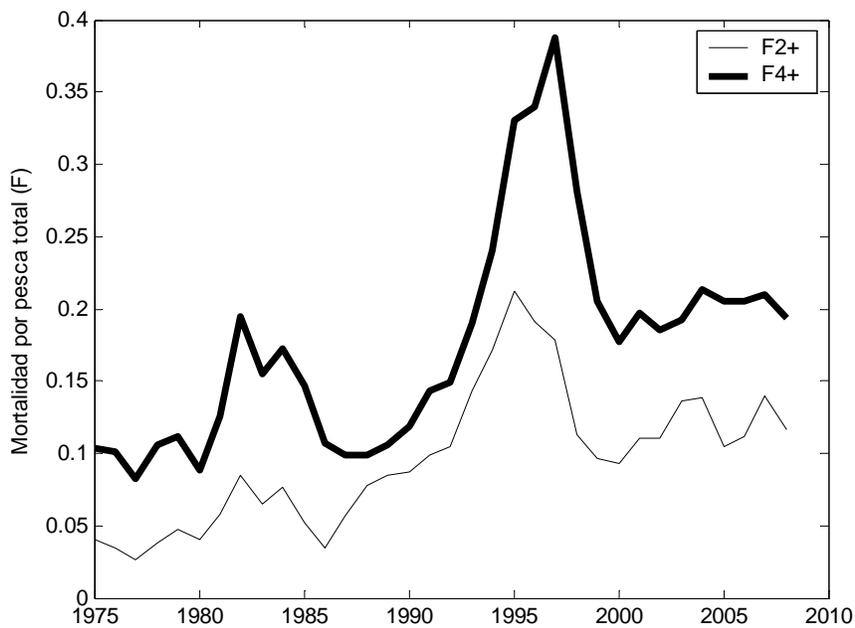


Figura 106. Variaciones de la tasa de mortalidad por pesca sobre el stock total (2+) y adulto (4+) del jurel, según el escenario 1.

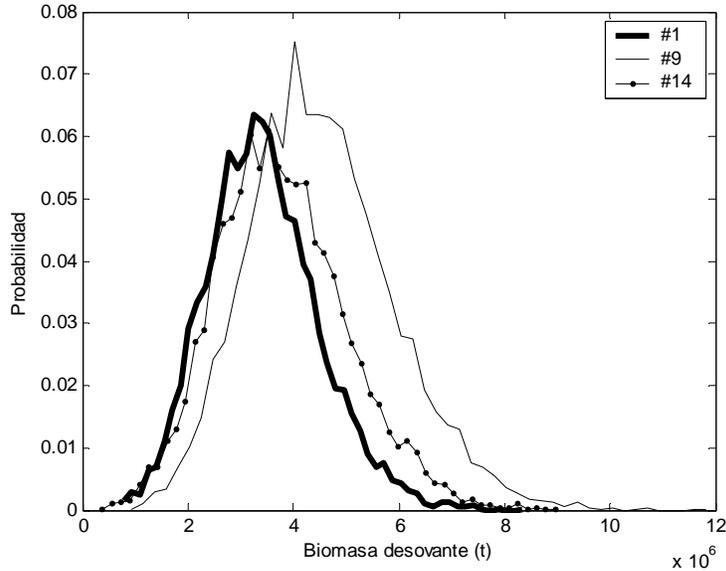


Figura 107. Densidad a posteriori de la Biomasa desovante 2008 para tres escenarios analizados

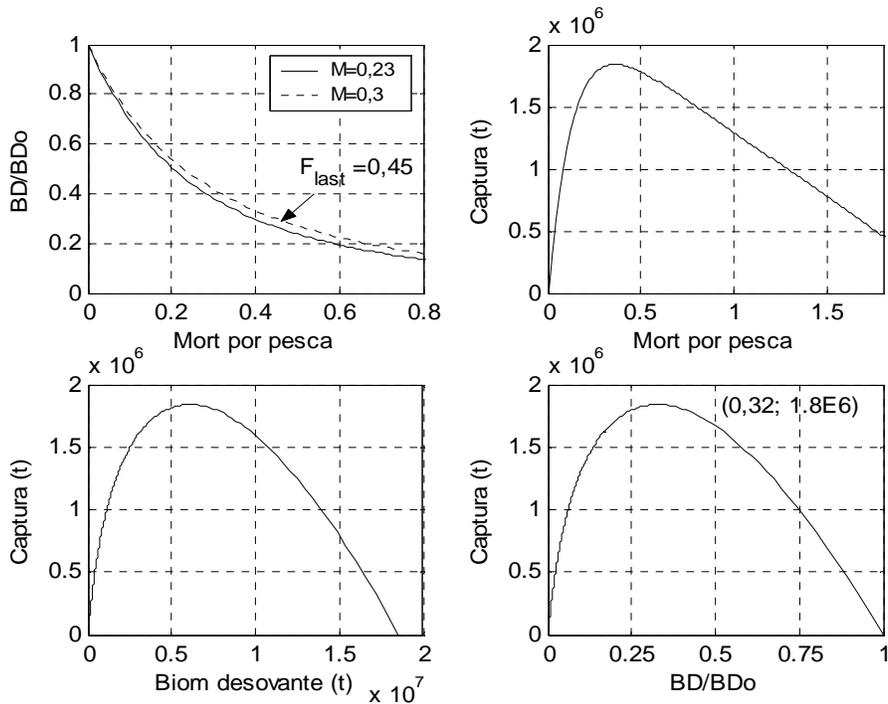


Figura 108. Curvas de producci3n y reducci3n de biomasa desovante de largo plazo del jurel considerando dos escenarios de mortalidad natural. La mortalidad F_{last} considera un promedio del per3odo 2006-2008.

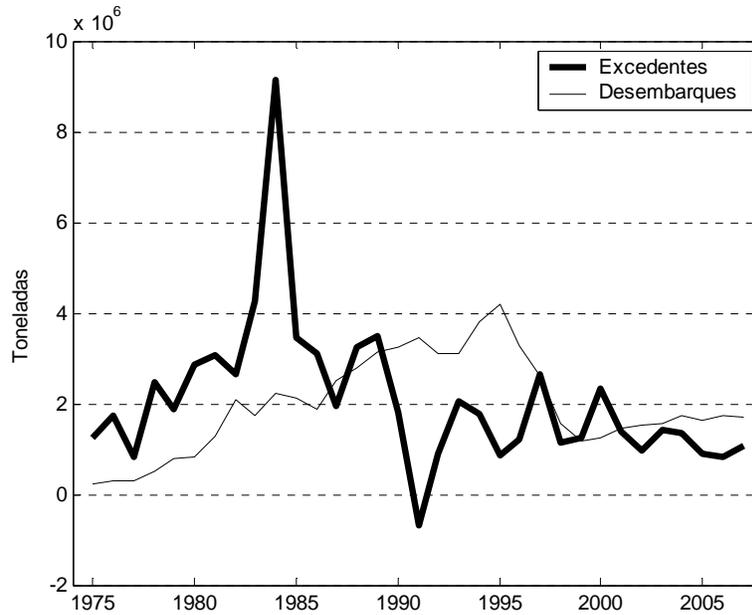


Figura 109. Excedentes productivos y desembarques del jurel de acuerdo con el escenario base (#1).

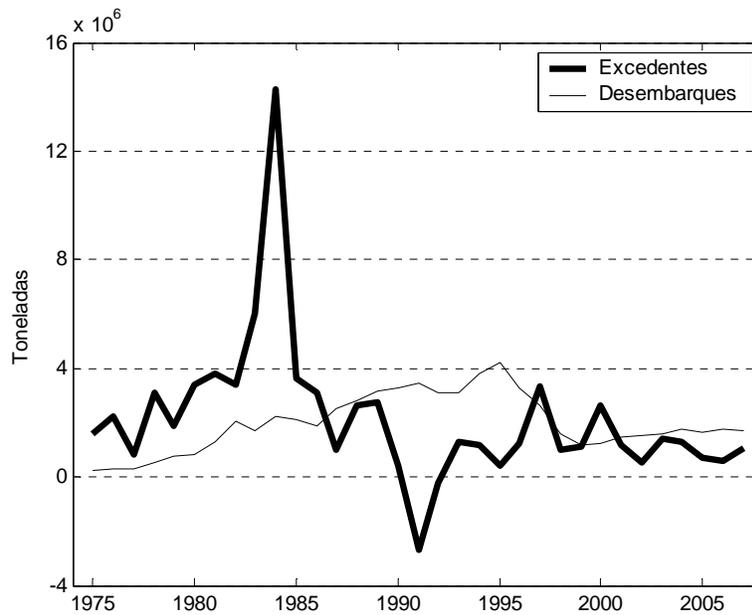


Figura 110. Excedentes productivos y desembarques del jurel de acuerdo con el escenario #9.

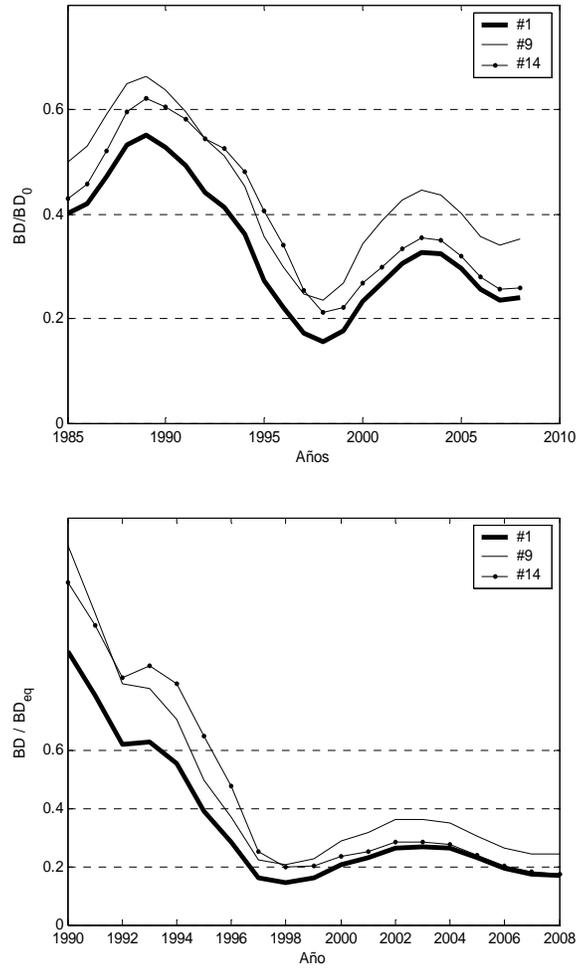


Figura 111. Trayectoria de la raz3n de potencial reproductivo (arriba) y biomasa respecto de la biomasa de equilibrio de largo plazo (abajo) para tres escenarios de evaluaci3n del jurel.

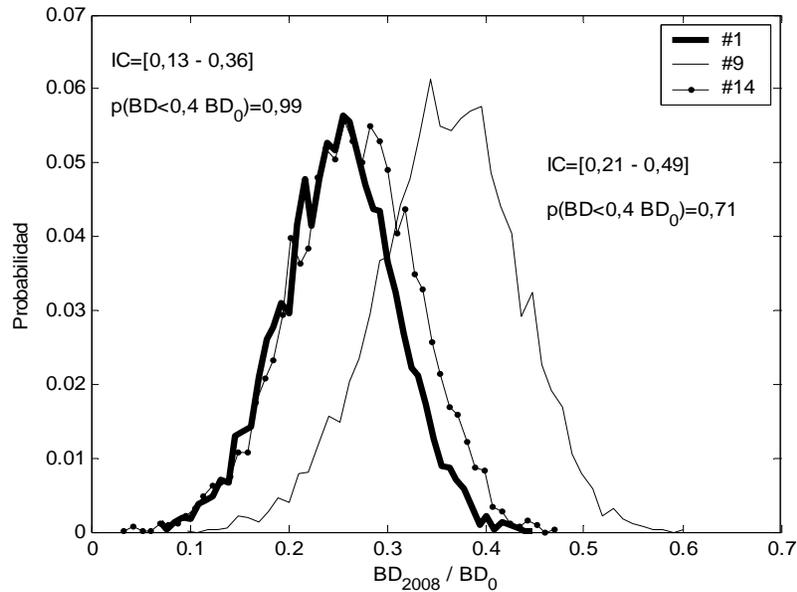


Figura 112. Densidad a posteriori del potencial reproductivo (raz3n de potencial) al 2008 para tres escenarios de evaluaci3n del jurel.

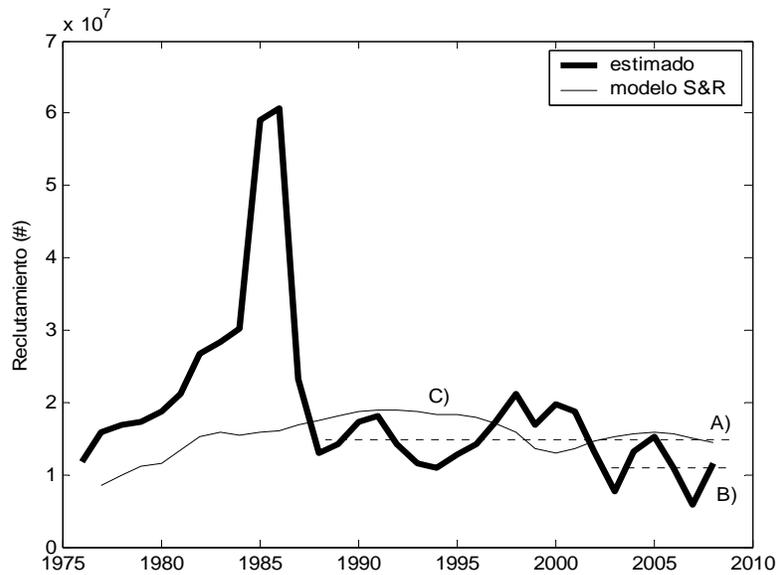


Figura 113. Evoluci3n de los reclutamientos estimados del jurel, los predichos por el modelo S&R y dos escenarios de reclutas promedios.

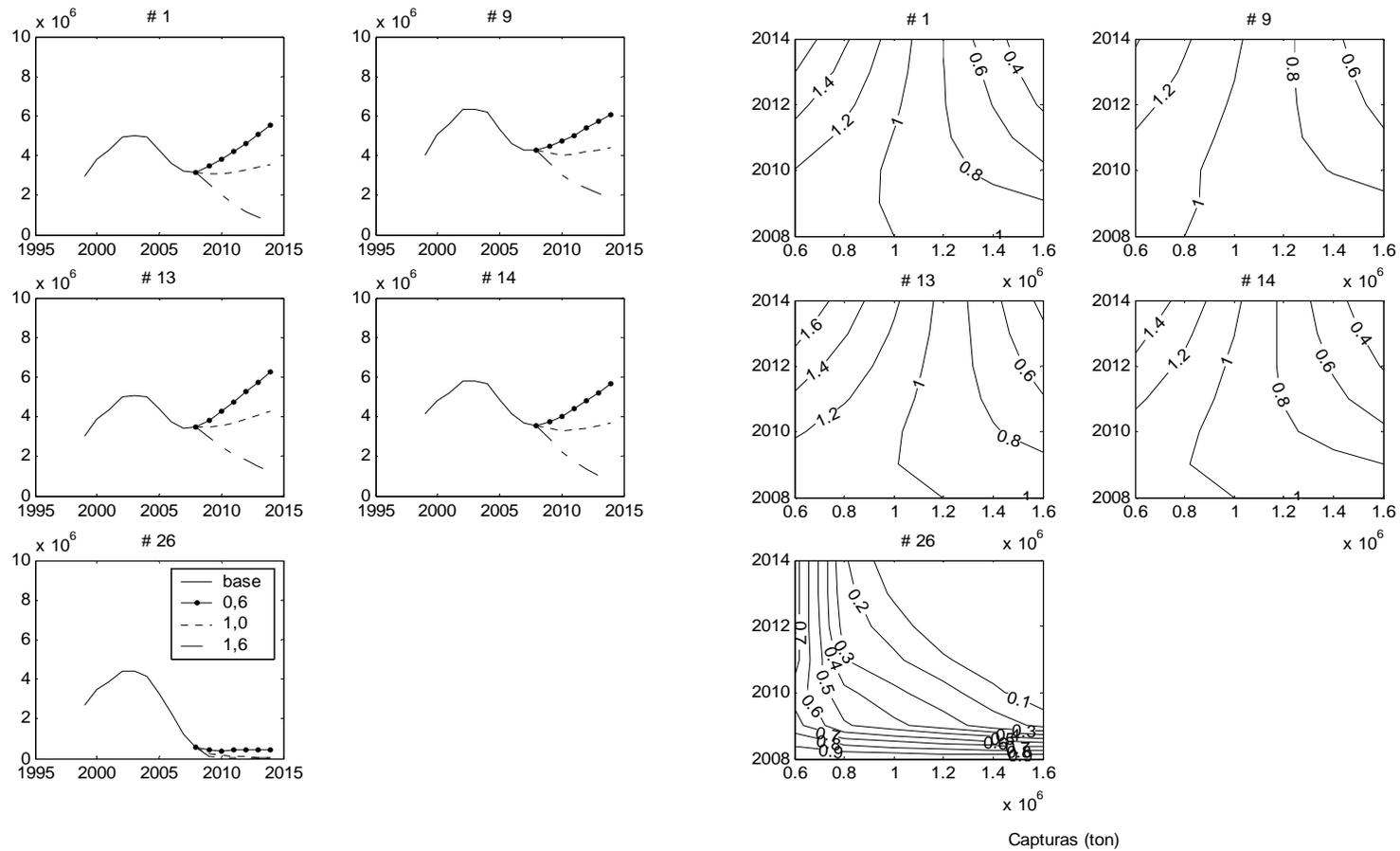


Figura 114. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas según reclutamiento promedio de los 5 últimos años.

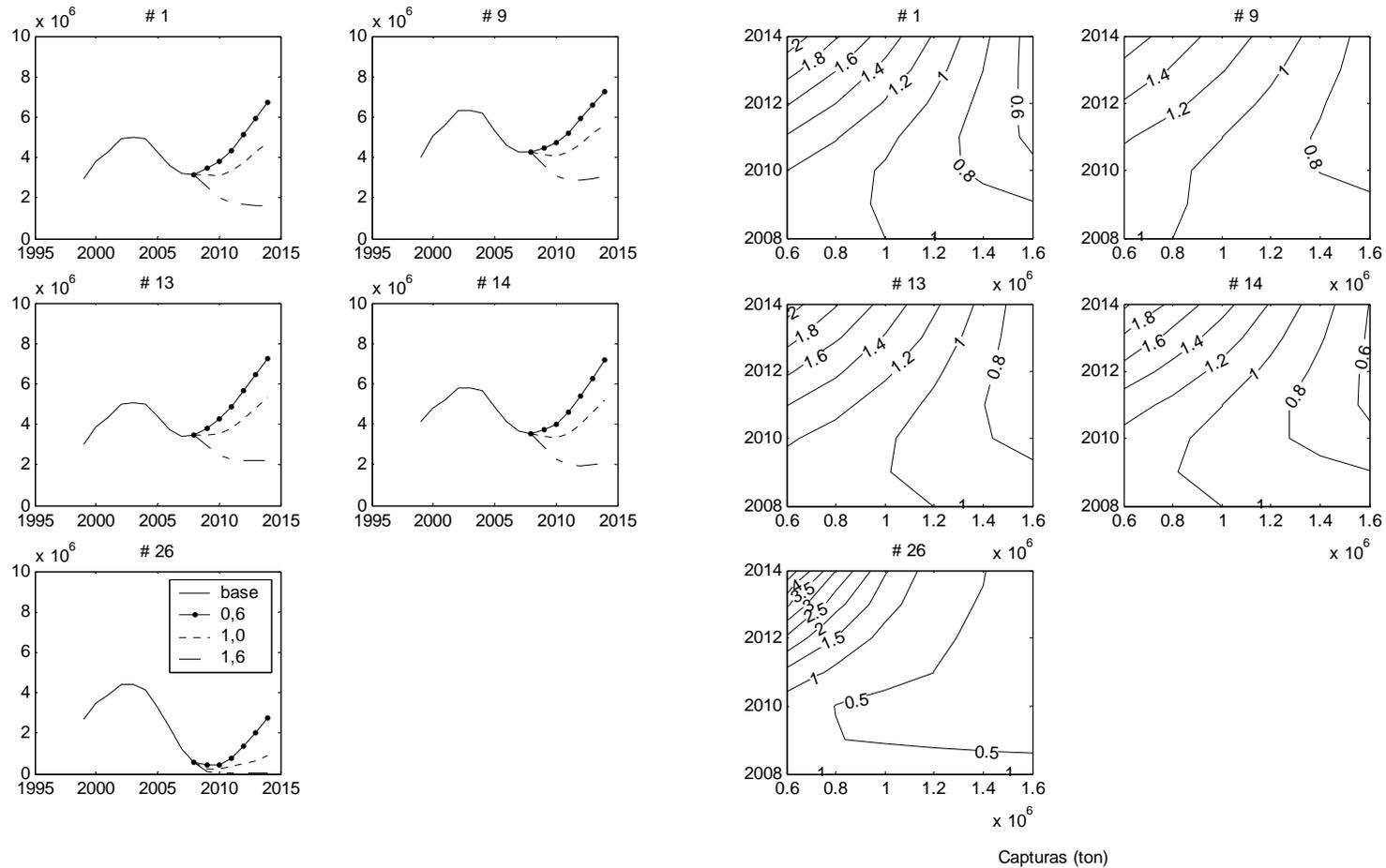


Figura 115. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas según reclutamiento promedio de los 20 últimos años.

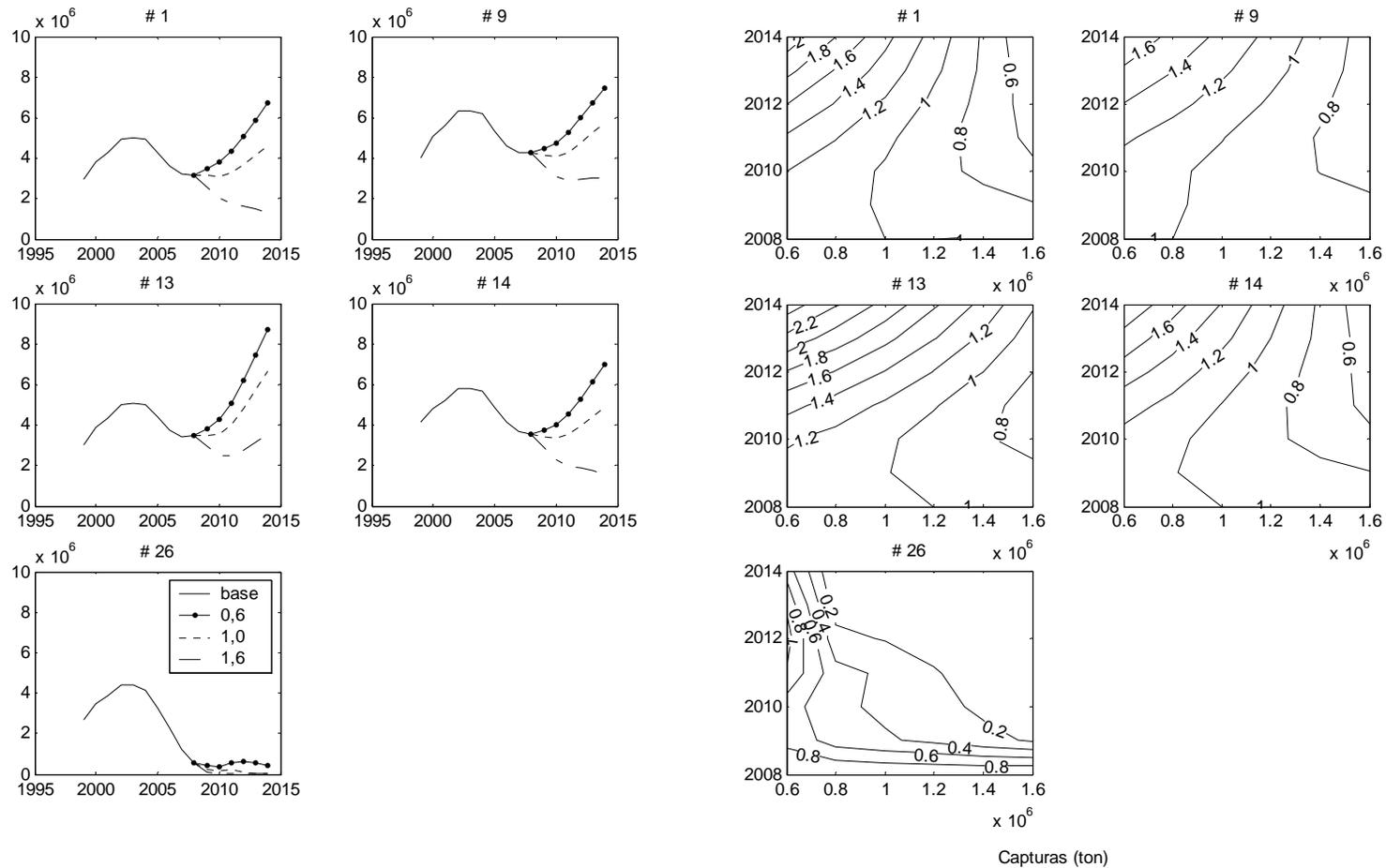


Figura 116. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de capturas según reclutamiento modelo Beverton-Holt.

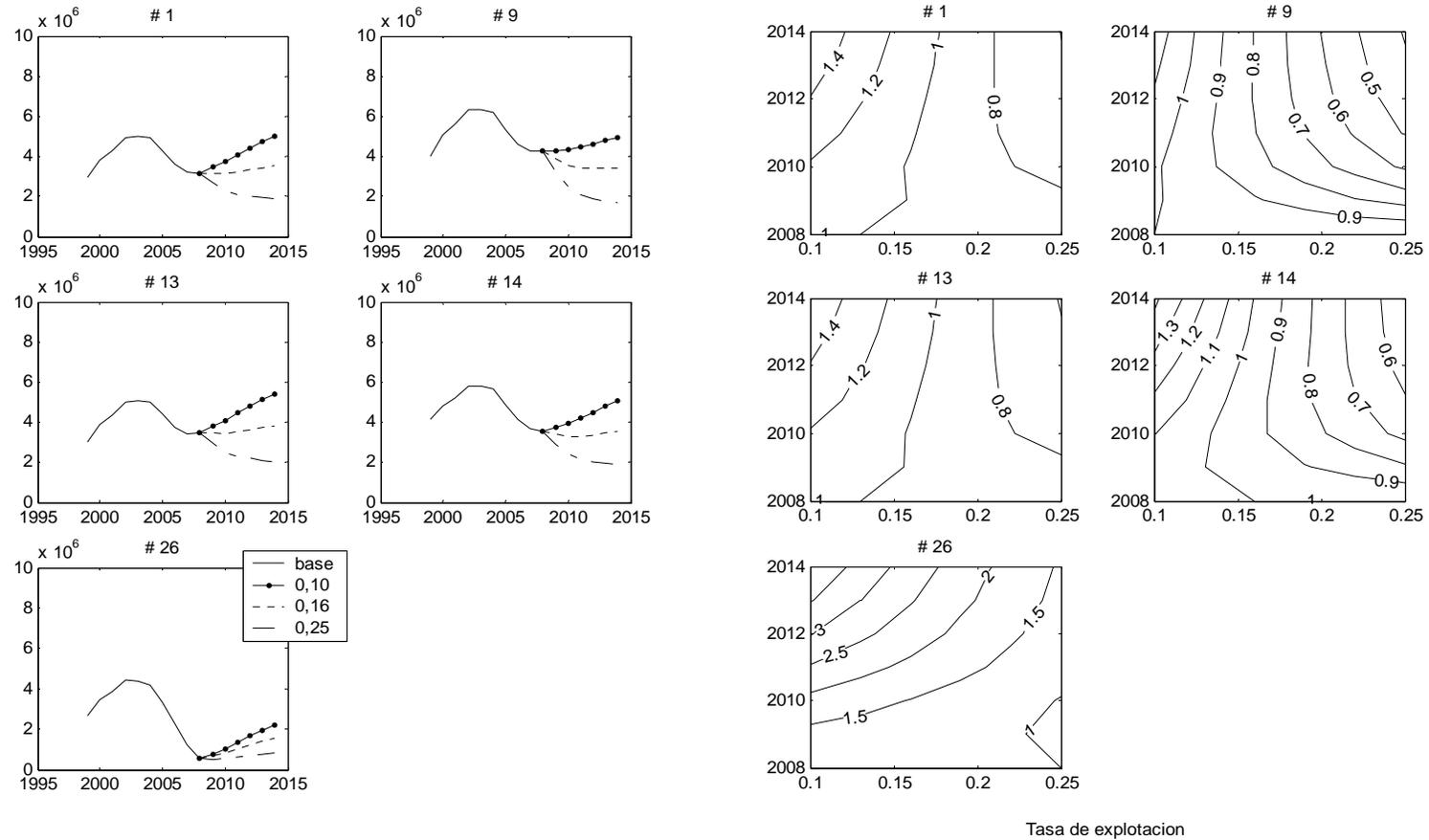


Figura 117. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de tasa de explotaci3n constante segun reclutamiento promedio de los 5 3ltimos a3os.

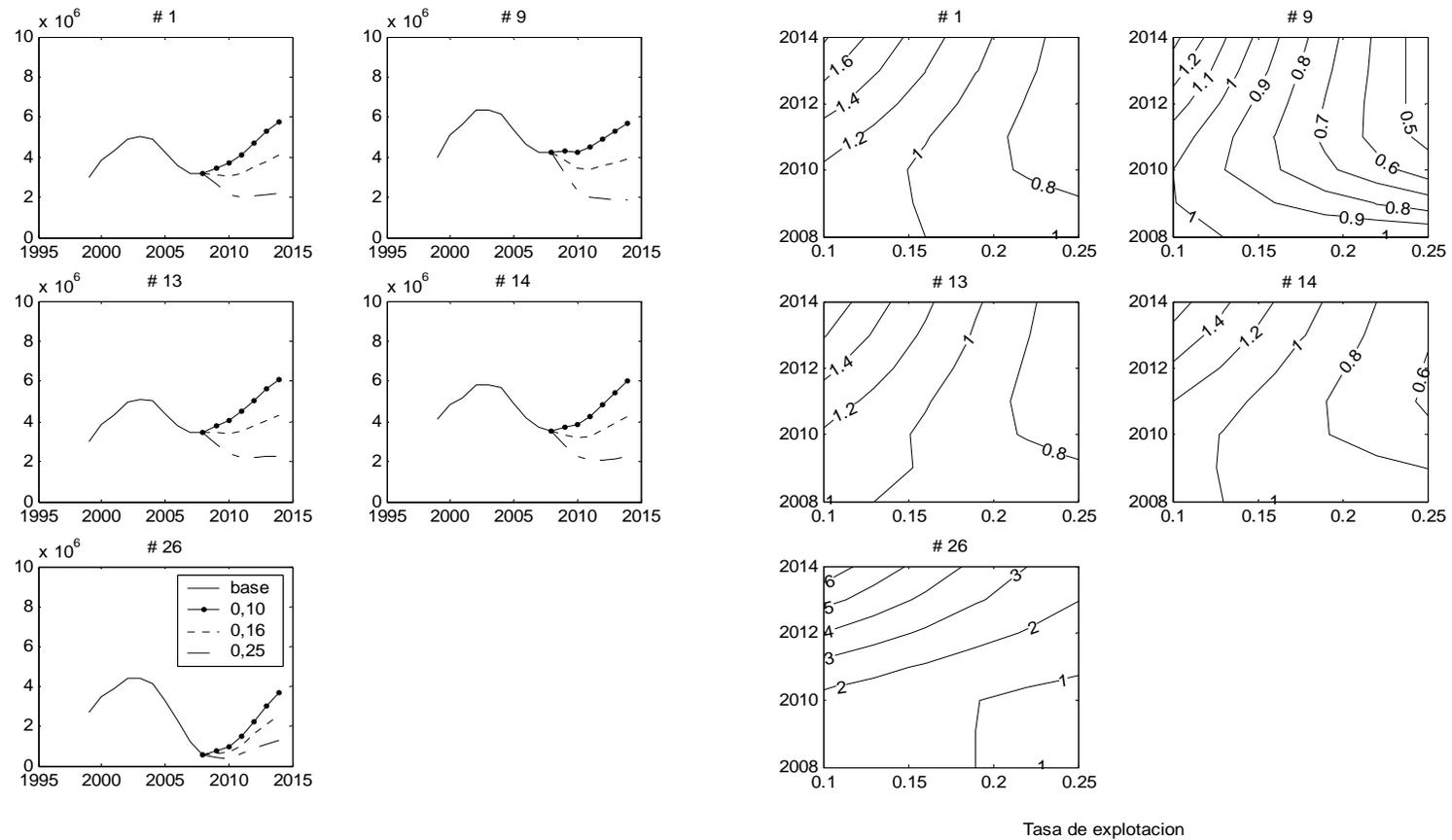


Figura 118. Biomasa desovante proyectada (izquierda) y biomasa relativa respecto del 2008 (derecha) respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n seg3n reclutamiento promedio de los 20 3ltimos a3os.

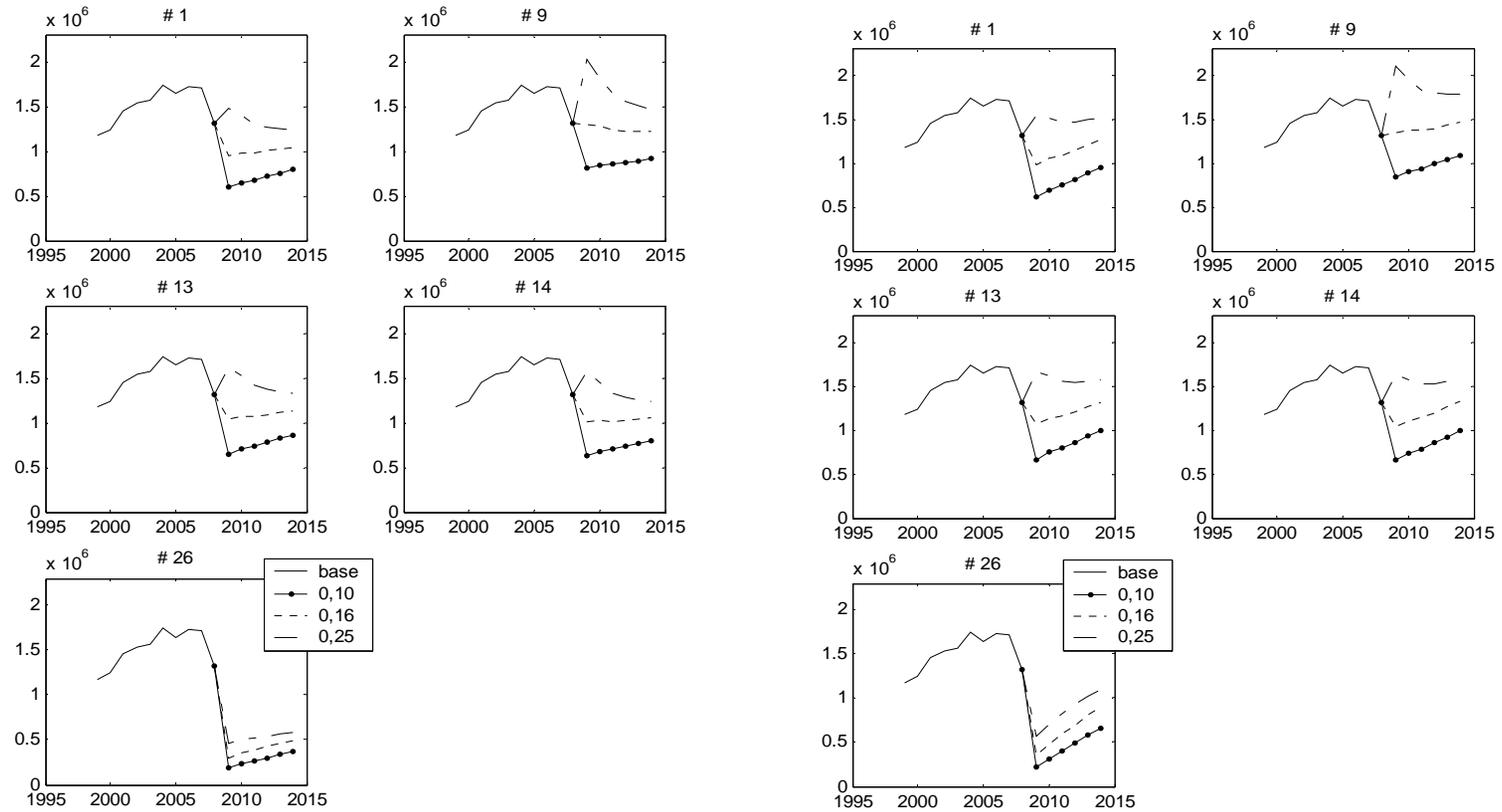


Figura 120. Desembarques proyectados respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n. Izquierda reclutamiento promedio 5 3ltimos a3os; Derecha, reclutamiento promedio 20 3ltimos a3os.

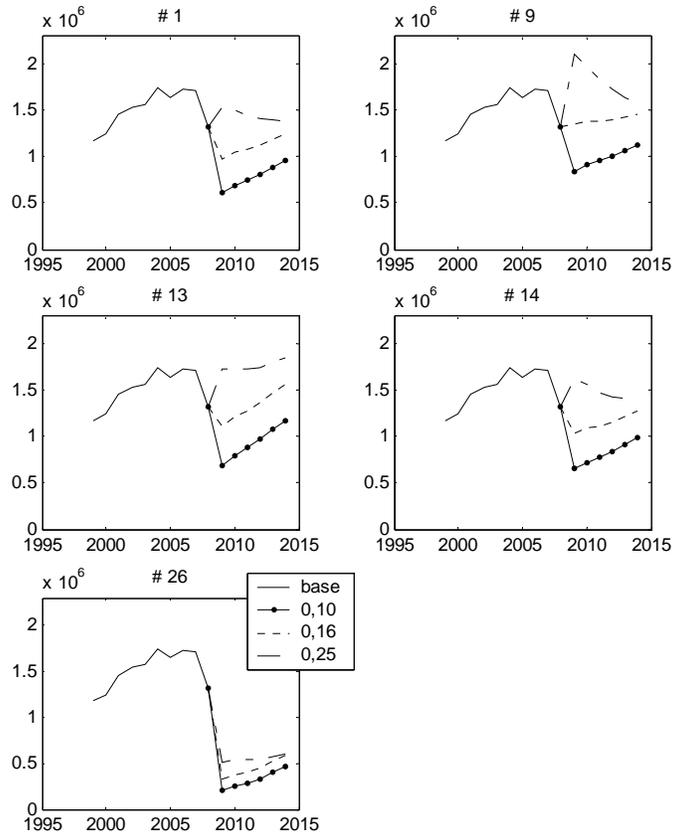


Figura 121. Desembarques proyectados respecto de diferentes escenarios y niveles de tasas de explotaci3n con reclutamiento tipo Beverton-Holt.

T A B L A S



Tabla 1
Capturas de jurel (t) a nivel nacional, internacional (fuera de la ZEE) y sub-regional 1975-2008

Año	Norte	Caldera-Coquimbo	Centro-sur	Total Chile	Internacional	Total Sub-regional
1975	186890	7302	27649	221841		221841
1976	237876	10606	54964	303446		303446
1977	225907	2850	72735	301492		301492
1978	367762	5780	144539	518081		518081
1979	311682	20261	183008	514951	269500	784451
1980	266697	24107	191421	482225	325300	807525
1981	435061	34723	406212	875996	420300	1296296
1982	756484	64099	579722	1400305	679700	2080005
1983	259128	40937	500759	800824	929100	1729924
1984	663695	77226	600684	1341605	877000	2218605
1985	471599	71072	851970	1394641	739100	2133741
1986	42536	51647	1051553	1145736	731200	1876936
1987	280594	61841	1354940	1697375	819042	2516417
1988	278701	174675	1528362	1981738	811713	2793451
1989	265861	221579	1809479	2296919	856910	3153829
1990	258233	203676	1947280	2409189	852363	3261552
1991	282817	207327	2442501	2932645	539816	3472461
1992	285387	173664	2623148	3082199	36320	3118519
1993	359947	87489	2657610	3105046		3105046
1994	197414	148630	3448274	3794318		3794318
1995	211594	97719	3886525	4195838		4195838
1996	264631	74097	2943068	3281796		3281796
1997	88276	80664	2461317	2630257		2630257
1998	19278	11028	1535676	1565982		1565982
1999	44582	5643	1124845	1175070		1175070
2000	107769	27643	1107439	1242851		1242851
2001	244019	11457	1205297	1460773	20090	1460773
2002	108727	24917	1332268	1465912	76261	1542173
2003	142016	17594	1254707	1414318	158199	1572517
2004	157647	21620	1268200	1447467	295493	1742960
2005	165552	11595	1237376	1414523	233575	1648098
2006	154524	20242	1195496	1370262	362146	1732408
2007	170220	70017	1049696	1289933	426234	1716167



Tabla 2
Biomasa acústica estacional del jurel estimado en la zona norte de Chile
(Fuente: Castillo, 2008).

18°25' - 24° S				24° - 30° S					
	Summer	Autumn	Winter	Spring		Summer	Autumn	Winter	Spring
1981		1,415,000	5,808,000	1,312,000	1981		2,766,000	1,483,000	1,695,000
1982			2,767,000		1982			5,275,000	
1983	302,800	2,120,000	1,825,500		1983	113,400		1,638,000	
1984			46,600	99,000	1984			482,300	284,000
1985		303,500	262,000	323,800	1985		122,900	187,000	
1986		29,250	102,400	123,100	1986		160,710	225,525	
1987		276,200	306,000	212,900	1987		78,200	124,800	51,600
1988	154,759	92,700	296,800	133,900	1988				
1989	120,700	111,450	610,000		1989				
1990	215,000	102,430	116,000		1990				
1991	74,000		258,400	242,000	1991			582,480	
1992			803,420		1992				
1993			511,150		1993			292,780	
1994			212,972		1994			241,557	
1995			34,460		1995			274,660	
2006				114,600	2006				
2007				272,600	2007				

Tabla 3
Biomasa y coeficientes de variaci3n obtenida de los cruceros acústicos realizados por IFOP (1997-2007)
(Fuente: C3rdova *et al.*, 2008)

Año	5-200 mn		200-400 mn		Total		Area (mn ²)
	Biomasa (t)	CV	Biomasa (t)	CV	Biomasa (t)	CV	
1997	3. 530. 000	0,07			3. 530. 000	0,07	58.000
1998	3. 200. 000	0,08			3. 200. 000	0,08	47.540
1999	4. 100. 000	0,08			4. 100. 000	0,08	61.317
2000	5. 600. 000	0,12			5. 600. 000	0,12	65.196
2001	5. 970. 000	0,08			5. 970. 000	0,08	52.636
2002	1. 990. 000	0,09			1. 990. 000	0,09	53.496
2003	881. 000	0,27	1. 759. 000	0,10	2. 640. 000	0,11	53.129
2004	540. 000	0,16	3. 380. 000	0,14	3. 920. 000	0,12	66.636
2005	510. 000	0,26	3. 600. 000	0,09	4. 110. 000	0,09	57.226
2006	596. 000	0,29	2. 591. 000	0,22	3. 187. 000	0,18	52.886
2007	91. 000	0,27	3. 049. 000	0,13	3. 140. 000	0,13	35.748
2008(*)	1.500	-	454. 600	-	488.000	-	-

(*) preliminar



Tabla 4
Resumen de los cruceros acústicos realizados por INPESCA con operación de la flota (Fuente: Sepúlveda et al, 2008).

year	Date	area (mn ²)	latitudinal range	extension outside the coast (mn)	biomass (10 ⁶ t)	density (t/mn ²)
2002	26/06 – 18/07	94247	36°00' – 42°00'	5 – 450	3,684	39,1
2004	03/08 – 20/08	137187	32°14' – 39°37'	5 – 670	7,382	53,8
2005	31/07 – 24/08	118797	32°00' – 37°40'	5 – 700	7,811	65,9
2006	08/08 – 30/08	112000	32°00' – 38°20'	5 - 700	6,600	55,2

Tabla 5
Resumen de los parámetros reproductivos y biomasa desovantes estimadas a través de cruceros MPH en la zona centro-sur de Chile (Fuente: Sepúlveda et al, 2008)

Year	W (g)	F (n° oocytes)	S	R (g)	Po (eggs/m ² d ⁻¹)	Study Area (Km ²)	Spawning Area (Km ²)	Area Prop.	Spawning Biomass (t)
1999	191,8	26610*	0,126*	0,433*	65,275	829.607	663.747	0,80	5.723.933
2000	211,0	26069	0,148	0,472	49,163	1.011.802	823.077	0,81	4.688.208
2001	223,7	27150	0,104	0,393	46,217	762.883	600.320	0,79	5.626.963
2003	394,7	39846	0,09	0,480	9,204	871.179	647.968	0,74	1.387.804
2004	412,1	39957	0,194	0,475	27,318	1.385.613	1.054.352	0,76	3.287.439
2005	364,7	40463	0,142	0,466	9,94	1.222.143	773.602	0,63	1.042.706
2006	532,4	48213	0,070	0,490	14,79	1.343.682	682.550	0,51	3.282.628
2007									626.000

(*) Corresponde a un promedio de los años 2000-2001.



Tabla 6

Principales atributos de los modelos de evaluaci3n de stock del jurel empleados en Chile

Item	Modelo IFOP	Modelo INPESCA
Modelo de sobrevivencia	Modelo discreto tipo Pope	Modelo continuo exponencial
Desembarques	Conocidos	Con error (cv=5%)
Mortalidad por pesca	Implicita en el proceso de sobrevivencia	Explícita en vector de parámetros
Estructura de la captura	En edades	En tallas
Estructura de los cruceros	En edades	No considera
Selectividad cruceros	En edades y específico	Similar al de la flota
Selectividad por flotas	Desagregado norte y sur	Agregado nacional
Biomasa acústica	Entre 1997 y 2008 considera proyectos FIP y se suponen proporcional a la biomasa disponible a mitad de año	Entre 1997 y 2001 considera proyectos FIP. Desde el 2002 considera biomasa acústicas estimadas de la flota
CPUE	Centro sur 1995-2002	No considera
Biomasa MPH	Centro sur. Se supone proporcional a la biomasa desovante	Centro sur. Se supone como valor absoluto de biomasa desovante
Años considerados	Desde 1975	Desde 1982
Funci3n de crecimiento y matriz de transformaci3n de edad a talla	No considera	L _{oo} = 70,8 cm K=0,094 t ₀ =-0,896 cv= estimado (<0,08)
Pesos medios	Matriz de pesos medios a la edad por año	Constante entre años a la talla con a=0,000021 b=2,823
Mortalidad natural	M=0,23	M=0,30
Rango de edades	2-12	2-12
Rango de tamaños	No	16 – 60 cm LH

Tabla 7

Tamaños de muestra y coeficientes de variaci3n empleados en el modelo base de evaluaci3n de stock del jurel.

Factor	Valor
Tamaño muestra efectivo composici3n de capturas de la flota	$n_f = 20$ (zona norte) $n_f = 50$ (zona centro-sur)
Tamaño muestra efectivo composici3n de capturas en los cruceros	$n_c = 10$
Desviaci3n log-verosimilitud acústica	$\sigma_1^2 = 0,40$
Desviaci3n log-verosimilitud MPH	$\sigma_2^2 = 0,70$
Desviaci3n log-verosimilitud CPUE	$\sigma_3^2 = 0,15$
Desviaci3n log-verosimilitud Reclutamientos	$\sigma_R^2 = 0,60$
Desviaci3n log-verosimilitud Reclutamientos	$\sigma_R^2 = 0,60$



Tabla 8
Proporci3n de madurez sexual a la talla del jurel.

Edad	Madurez
2	0,00
3	0,04
4	0,50
5	0,96
6	1,00
>6	1,00

Tabla 9
Capturas de jurel (t) reportadas por buques de banderas extranjeras en aguas adyacentes a la ZEE Chilena entre 2001-2007

Año	Rep. Pop. China	Comunidad Europea	Islas Faroe	Korea	Rusia	Vanuatu	Total
2001	20090						20090
2002	76261						76261
2003	94690			2010	7540	53959	158199
2004	131020			7488	62300	94685	295493
2005	143000	6179			7040	77356	233575
2006	160000	62137		10474		129535	362146
2007	140582	123511	38700	10940		112501	426234



Tabla 10

Número de ejemplares medidos en el muestreo de longitud y biológicos del jurel entre 1997 y el 2006 (Fuente: IFOP)

Muestreo de longitud													
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1997	3.452	9.728	3.177	3.327	13.004	27.229	55.545	53.601	421.813	258.831	9.211		858.918
1998	2.815	9.811	597	8.245	2.002	8.364	23.763	57.348	305.661	242.248	13.314		674.168
1999	6.163	19.478	1.032	3.384	13.150	8.825	15.657	79.105	348.360	210.333	8.643		714.130
2000	3.309	21.630	3.052	2.613	41.300	20.864	13.146	37.675	257.197	133.874	27.314		561.974
2001	26.014	304.221	45.108	72.474	25.809	21.543	12.856	34.408	119.012	60.068	1.541	3.166	726.220
2002	6.009	32.693	7.439	20.508	9.397	31.444	60.505	18.930	65.223	16.461	623	3.419	272.651
2003	16.766	54.807	20.979	16.284	7.909	12.022	587	14.874	45.030	10.189		2.824	202.271
2004	1.417	16.911	5.438	11.972	9.983	5.760		5.398	27.457	4.870	89	3.818	93.113
2005	4.634	32.857	4.141	5.705	10.589	1.188		9.340	25.527	2.687		1.835	98.550
2006	7.735	34.078	3.417	2.605	10.342	1.737		5.258	26.709	6.781		2.445	101.107

Muestreo biológico													
Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1997	1.070	1.311	286	692	3.289	10.195	5.020	2.601	6.930	2.746	527		34.667
1998	866	3.416	78	1.525	1.240	4.188	1.113	3.386	10.270	6.700	568		33.350
1999	1.214	1.190	24	980	2.435	3.683	1.146	3.811	10.901	5.830	470		31.684
2000	238	1.819	90	339	4.109	7.403	763	2.366	20.673	5.386	248	36	43.470
2001	84	4.050	1.212	1.040	2.149	8.450	1.267	4.959	26.028	9.012	339	1.430	60.020
2002	547	2.462	1.097	1.248	1.167	10.993	2.944	2.209	16.529	4.321	85	1.338	44.940
2003	2.827	4.403	1.012	1.231	1.845	4.718	79	2.689	13.240	3.398		1.682	37.124
2004	169	2.499	646	633	3.305	2.878		1.484	11.611	970		1.809	26.004
2005	50	2.049	123	545	1.118	728		820	6.147	601		889	13.070
2006	233	1.534	153	538	2.069	860		647	3.586	2.316		763	12.699

1: Arica, 2: Iquique, 3: Tocopilla, 4: Mejillones, 5: Caldera, 6: Coquimbo, 7: San Antonio, 8: Talcahuano, 9: San Vicente, 10: Coronel, 11: Tome, 12: Corral



Tabla 11
Principales estadísticos de estructura tamaños IFOP e Inpesca.

Año	KS	Valor p	Lmed. Ifop (cm)	Lmed. Inpesca (cm)	min Ifop (cm)	Min Inpesca (cm)	Max Ifop (cm)	Max Inpesca (cm)
1992	0,10	0,96	37,2	36,5	20	18	54	57
1993	0,08	1,00	33,9	33,5	21	20	60	57
1994	0,10	0,96	35,7	35,6	21	19	56	57
1995	0,06	1,00	32,6	31,8	19	19	57	59
1996	0,20	0,27	32,1	31,5	18	15	58	60
1997	0,06	1,00	29,2	28,0	16	16	61	62
1998	0,26	0,07	27,5	25,3	15	15	64	63
1999	0,26	0,07	26,3	24,9	17	15	64	64
2000	0,22	0,18	28,6	27,4	18	19	64	64
2001	0,18	0,39	29,7	27,6	18	17	64	64
2002	0,22	0,18	31,1	28,3	17	16	64	64
2003	0,10	0,96	29,8	28,3	15	15	62	64
2004	0,14	0,71	30,6	28,6	19	16	60	62
2005	0,08	1,00	32,3	31,3	16	20	60	62
2006	0,12	0,86	35,2	33,5	21	19	62	64

(KS: estadístico de Kolmogorov-Smirnov)

Tabla 12
Principales estadísticos de estructura tamaños IFOP y flota ex URSS.

Año	KS	Valor p	Lmed. Ifop (cm)	Lmed. Inpesca (cm)	min Ifop (cm)	Min Inpesca (cm)	Max Ifop (cm)	Max Inpesca (cm)
1979	0.133	0.953	30.7	36.8	23	27	53	65
1980	0.433	0.007	31.6	34.4	25	11	53	65
1981	0.300	0.134	31.5	35.0	21	21	49	65
1982	0.433	0.007	31.9	35.5	21	15	49	65
1983	0.367	0.035	29.9	33.4	17	11	45	63
1984	0.300	0.134	31.5	33.3	21	15	49	59
1985	0.367	0.035	32.2	32.8	23	17	51	59
1986	0.400	0.016	33.1	33.0	21	11	3	63
1987	0.267	0.237	31.6	32.9	17	11	5	57
1988	0.200	0.586	31.0	32.9	19	17	49	53
1989	0.167	0.799	33.2	33.8	21	21	51	53
1990	0.233	0.388	35.3	35.7	27	15	55	55
1991	0.233	0.388	37.0	36.1	21	15	55	55

(KS: estadístico de Kolmogorov-Smirnov)



Tabla 13

Captura por unidad de esfuerzo, probabilidad de captura, CPUE corregida y edad media de las capturas del jurel en la zona centro-sur 1981-2005. Fuente: Canales et al (2008).

Year	CPUE (ton/trip)	p	CPUE'	Mean age (year)
1981	258	0.813	318.07	6.485
1982	270	0.792	340.47	6.671
1983	230	0.720	319.43	6.146
1984	237	0.684	346.64	6.503
1985	222	0.607	365.13	6.450
1986	207	0.624	331.81	6.465
1987	235	0.633	371.27	6.293
1988	222	0.586	378.98	5.973
1989	212	0.610	347.10	6.373
1990	195	0.547	356.40	7.027
1991	233	0.626	372.32	7.769
1992	285	0.556	512.28	8.308
1993	275	0.559	491.88	6.993
1994	287	0.637	450.71	7.026
1995	285	0.609	467.99	6.174
1996	281	0.611	460.08	5.840
1997	215	0.559	385.08	4.950
1998	217	0.682	318.92	4.434
1999	244	0.783	311.50	4.104
2000	225	0.830	270.40	4.686
2001	261	0.839	311.18	5.205
2002	264	0.767	344.90	5.368
2003	260	0.825	315.03	5.370
2004	277	0.825	335.51	5.806
2005	298	0.835	357.01	6.413



Tabla 14
Frecuencia de edades de comparaciones pareadas de lectores: otolitos enteros (A) y secciones transversales (B) (Fuente: Cubillos et al. 1998).

A	Lector 2												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1														0
2														2
3			1	1										7
4		2	4	1										7
5				2	4	1								15
6					7	7		1						15
7					2	6	2	1						11
8							1	3						4
9							1	4	1					6
10										1				1
11											1			0
12												1		1
Total	0	0	3	7	13	15	4	9	1	2	0	0		54

Lector 1

B	Lector 2												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1														0
2	1													1
3		1	1	1										3
4			3	7	3									13
5		1		7	3	4		1						16
6				1	3	3	2	1						10
7						1	2	3		1				7
8						1	1							2
9							1							2
10										1				1
11											1			0
12														0
Total	1	2	4	16	9	9	6	5	0	2	1	0		55

Lector 1



Tabla 15

Frecuencia de edades de comparaciones pareadas entre lectores: otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 1) (A); otolito entero (Lector 1) v/s secciones transversales (Lector 2) (B) (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).

		Lector 1 Secciones												
A		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1														0
2		1												2
3			2											8
4				2										7
5					4									14
6						1								12
7							4							4
8								1						6
9									1					1
10										1				0
11											1			1
12												0		0
Total		0	1	3	13	16	10	7	2	2	1	0	0	55

Lector 1 Entero

		Lector 2 Secciones												
B		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1														0
2	1	-												2
3			1											8
4				1										7
5					1									14
6						2								12
7							2							4
8								1						6
9									2					1
10										1				0
11											1			1
12												0		0
Total		1	2	4	16	9	9	6	5	0	2	1	0	55

Lector 1 Entero



Tabla 15 (cont.)

(C) Frecuencia de edades de comparaciones pareadas entre lectores: otolito entero (OE) v/s secciones transversales (SPT) (Fuente: IFOP).

Edad OE	Edad SPT														Total		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		19	
5	3	4															7
6	1	8	2														11
7			3														3
8				7	1												8
9					6	2	1										9
10						3	1			1	1						6
11							1	3	2		1						7
12								1	2	4	1						8
13										2	4	3					9
14												5	2				7
15									1				3	2	1		7
16													2		1		3
17															1		2
18																1	
19																	
Total	4	12	5	7	10	4	5	5	7	7	13	4	3	1	1	87	

Tabla 16

Medidas de precisi3n (%) intralector asignando edad a jurel, a trav3s de los m3todos otolito entero y cortes (Fuente: Cubillos et al., 1998).

M3todo	Lector	APE	CV
Otolito Entero	1	5,40	7,02
	2	6,71	8,74
Otolito Cortes	1	6,03	7,92
	2	6,22	8,19



Tabla 17

Medidas de precisi3n (%) entre lectores asignando edad a jurel, a trav3s de los m3todos otolito entero y cortes (Fuente: Cubillos et al. 1998).

M3todo	Lector	APE	CV
Otolito Entero	1 v/s 2	6,97	9,86
Otolito Corte	1 v/s 2	9,07	12,82
Entero/Corte	1 v/s 1	7,13	10,09

Tabla 18

Distancia n3cleo-marca hialina promedio de la tercera lectura del lector 1, longitud horquilla retrocalculada y edad equivalente asignada seg3n el radio a la edad comunicada por algunos autores (modificada de Cubillos et al., 1998).

N3 de marca	R prom	DE (Rprom)	LH (cm) Retrocal	DE (LH, cm)	Edad equivalente asignada			
					Gili et al. (1995)	Alegr3a et al. (1995)	Shcherbich (1991)	Kochkin (1994)
1	11.4	1.53	2.7	1.54				
2	14.71	1.54	6.1	1.47				
3	17.24	1.75	8.7	1.65				
4	19.96	1.75	11.5	1.73	1	1	1	
5	22.78	1.93	14.4	2.1				1
6	25.55	1.98	17.2	2.34	2	2		
7	28.18	2.11	19.9	2.47			2	2
8	30.91	2.14	22.7	2.54	3	3		
9	33.62	2.36	25.4	3.02	4	4	3	3
10	36.29	2.59	28.2	3.53	5	5	4	4
11	39.03	2.57	31.4	3.56	6	6	5	5
12	42	3.01	35	3.62	7	7	6	6
13	45.33	3.28	38.6	2.76	8	8	7	7
14	49.75	3.3	40.8	3.16	9?	9?	?	?
15	54	2.83	43.1	4.21	?	?	?	?



Tabla 19

Autores que han estudiado el crecimiento en longitud de jurel en el Pacífico-Sur. Se indica el área cubierta por el estudio y/o de obtención de muestras, y la metodología general. El asterisco destaca los parámetros no comunicados por los autores, pero que fueron estimados a partir de los datos talla-edad disponibles por Cubillos et al. (1998).

Nº	Autor	Area de estudio	Metodología general	Loo (LH,cm)	K (año ⁻¹)	to (año)	Φ'
1	Kaiser (1973)	Antofagasta-Valparaíso	Otolitos enteros y combinación de métodos (*)	84,5	0,141	-0,582	3,003
2	Pavez & Saa (1978)	Valparaíso	Otolitos	106,3	0,109	-0,877	3,090
3	Abramov & Kotlyar (1981)	Perú	Otolitos (*)	72,3	0,093	-1,214	2,688
4	Aguayo et al, (1981)	Talcahuano	Otolitos	44,3	0,181	-0,756	2,550
5	Nekrasov (1982)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	74,3	0,086	-2,676	2,676
6	Shevchuk & Chur (1984)	8°S-50°S	Otolitos (*)	90,4	0,115	-1,043	2,973
7	Castillo & Arrizaga (1987)	Talcahuano	Otolitos	65,3	0,074	-2,410	2,499
8	Nekrasov (1987)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	96,0	0,060	-2,617	2,743
9	Nosov et al, (1989)	Aguas oceánicas	Escamas (*)	77,8	0,077	-1,613	2,668
10	Kochkin (1994)	Aguas oceánicas	Otolitos	74,2	0,111	-0,809	2,786
11	Alegría et al. (1995) (a)	Arica-Antofagasta	Otolitos, densidad de microincrementos diarios	78,5	0,154	-0,098	2,977
12	Alegría et al. (1995) (b)	Arica-Antofagasta	Otolitos enteros	53,5	0,111	-1,797	2,502
13	Alegría et al, (1995) (c)	Arica-Antofagasta	Otolitos, cortes transversales	46,4	0,184	-0,945	2,598
14	Cubillos y Grechina (1998)	20°S-50°S-105°W	Análisis de Progresión Modal	75,3	0,144	-0,170	2,912
15	Gili et al. (1995) (a)	Talcahuano	Otolitos enteros, edad actual	79,9	0,068	-2,369	2,637
16	Gili et al. (1995) (b)	Talcahuano	Otolitos, cortes transversales edad actual	70,7	0,088	-2,107	2,644
17	Gili et al. (1995) (c)	Talcahuano	Otolitos enteros, edad retrocalculada	70,8	0,094	-0,896	2,673
18	Gili et al. (1995) (d)	Talcahuano	Otolitos, cortes transversales edad retrocalculada	63,0	0,119	-1,113	2,675
19	Araya et al, (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios	59,0	0,250	0,309	2,940
20	Araya et al, (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios (Loo fijo)	73,7	0,161	0,086	2,942
21	Araya et al, (1993)	Talcahuano	Otolitos, densidad de microincrementos diarios (Loo fijo, Wetherall)	68,1	0,187	0,168	2,939
22	Shcherbich (1991)	?	Otolitos (*)	79,52	0,122	-0,033	2,887



Tabla 20
Comparaci3n de la longitud promedio observada a la edad de jurel en los estudios que fueron seleccionados en el estudio de Cubillos et al. (1998).

Edad (años)	Abramov y Kotlyar (1980)	Nekrasov (1982)	Nekrasov (1987)	Nosov et al. (1989)	Kochkin (1994)	Shcher-bich (1991)	Gili et al. (1995) entero	Gili et al. (1995) corte
1	19,1	17,4	18,2	14,1	13,4	8,2		
2	23,3	23,0	23,3	18,9	20,1	18,3	20,0	19,9
3	27,9	27,7	27,9	23,1	25,6	25,9	25,1	25,8
4	30,8	31,4	31,6	27,2	30,6	31,5	28,7	29,6
5	35,6	34,6	34,5	30,9	35,4	36,7	31,7	32,8
6	38,8	37,4	38,1	34,4	39,2	41,2	34,7	35,7
7	41,4	40,1	41,6	37,6	42,9	45,0	37,6	38,7
8	44,8	42,6	45,5	40,6	46,2	49,1	40,4	41,6
9	47,7	45,6		43,3	49,9	52,5	43,3	44,1
10	49,5	48,4		45,8	51,5	56,3	45,6	47,1
11	51,8	50,8		48,2		60,2	47,1	48,4
12	53,1	52,8		50,4				
13	53,4	54,9		52,4				
14	54,6	56,9		54,3				
15	57,7	58,3		56,0				
16	60,4	59,3		57,6				
17		59,5		59,1				
18		61,0						
19		62,0						
20								



Tabla 21

Estimaciones disponibles para la talla de primera madurez sexual del jurel en diferentes 1reas y periodos (A), proporci3n de madurez sexual a la talla y (B) proporci3n de madurez sexual a la edad

A)

Area	L_m (cm, LH)	Periodo	M3todo	Autor
Aguas costeras frente a Chile	36,0	1963-1964	Macrosc3pico	Kaiser (1973)
Aguas costeras frente a Per3	25,0 ^a	1972-1973	Macrosc3pico, primera madurez	Abramov & Kotlyar (1980)
Zona Norte de Chile, aguas costeras	31,0-32,0	1978-1981	Macrosc3pico, 50% observado	Aranis (1981)
Aguas oce1nicas y costeras frente a Per3	39,0	1972-1973	Macrosc3pico, 50% observado	Andrianov (1985)
Aguas oce1nicas frente a Per3 y Chile	23-27	1980-1983	Microsc3pico?	Andrianov (1990) <i>fide</i> Grechina et al. (1998)
Aguas costeras frente a Talcahuano, Chile	22,3-22,8 ^a	1982-1984	Histolog3a, primera madurez	Oyarz3n et al. (1998)
Aguas costeras frente a Per3	21,3 ^b	1986	Histolog3a, ajuste modelo logistico	Dioses et al. (1989)
Aguas costeras Arica-Mejillones, Chile	21,6	1993-1994	Histolog3a, ajuste modelo logistico	Alegr3a et al. (1995)
Aguas costeras Arica-Mejillones, Chile	23,0	1993-1994	Incremento del IGS entre tallas	Alegr3a et al. (1995)
Aguas costeras, norte de Chile	24,0	1989-1990	Histolog3a, hembra madura m1s peque1a	George (1995)
Aguas costeras, norte de Chile	24,5-25,0	1989-1990	Incremento del IGS entre tallas	George (1995)
Zona Norte de Chile, aguas costeras	23,1	1999-2000	Histolog3a, ajuste modelo logistico	Oliva (2004)
Zona Centro-Sur de Chile, aguas oce1nicas	25,4	1999-2000	Histolog3a, ajuste modelo logistico	Oliva (2004)
Zona Norte y Centro-Sur de Chile	24,3	1999-2000	Histolog3a, ajuste modelo logistico	Oliva (2004)

^aSe refiere a la talla de la primera madurez, no necesariamente al nivel del 50% de hembras maduras
^bSe refiere a la longitud total

B)

LH (cm)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
%Mad.	0	33	38	46	67	83	89	96	96	100	100

C)

Edad (a1o)	1	2	3	4	5	6	>6
%Mad.	0	0	4	50	96	100	100



Tabla 22

Resumen de los descriptores estadísticos para 1000 valores alternativos e igualmente probables de la tasa de mortalidad natural estimada con el modelo empírico de Pauly (1980) y Rickther y Efanov (1976) (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).

a) Pauly (1980)

	Nekrasov (1987)	Nekrasov (1982)	Abramov Kotlyar (1980)	y Nosov (1989)	et al. Kochkin (1994)	Shcher-bich (1991)	Gili et al. (1995) entero	Gili et al. (1995) corte
Rmax	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Promedio	0.16	0.21	0.22	0.19	0.25	0.26	0.18	0.22
Mediana	0.14	0.19	0.20	0.18	0.23	0.24	0.16	0.20
Desv. Estd.	0.09	0.09	0.10	0.08	0.10	0.11	0.08	0.09
CV	0.54	0.42	0.43	0.43	0.42	0.42	0.43	0.42
Percentil 2.5%	0.04	0.09	0.09	0.08	0.11	0.11	0.07	0.09
97.5%	0.37	0.43	0.46	0.40	0.50	0.53	0.36	0.44

b) Rickther y Efanov (1976)

	Nekrasov (1987)	Nekrasov (1982)	Abramov Kotlyar (1980)	y Nosov (1989)	et al. Kochkin (1994)	Shcher-bich (1991)	Gili et al. (1995) entero	Gili et al. (1995) corte
Rmax	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Promedio	0.56	0.62	0.67	0.47	0.55	0.52	0.51	0.56
Mediana	0.57	0.62	0.66	0.47	0.55	0.52	0.51	0.56
Desv. Estd.	0.19	0.10	0.11	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09
CV	0.33	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16
Percentil 2.5%	0.18	0.45	0.46	0.32	0.39	0.36	0.36	0.40
97.5%	0.93	0.82	0.88	0.65	0.74	0.71	0.69	0.75

**Tabla 23**

Resumen de la estimaci3n de la tasa de mortalidad natural (M) en jurel utilizando un m3todo que compara la distribuci3n de frecuencia de tallas observadas a bordo del B/I Academic Knipovich con la distribuci3n de frecuencia estimada a partir de un modelo cuya estructura toma en cuenta los par3metros de crecimiento, la varianza a la edad, la proporci3n a la edad y un coeficiente de capturabilidad. La comparaci3n se realiza mediante el algoritmo Newton minimizando el estadístico A de Schnute & Fournier (1980) (Fuente: Arcos *et al.* 1998).

Autor	Loo (LH, cm)	K (año-1)	t0 (año)	M (año-1)	A
Nekrasov (1987)	96,0	0,060	-2,617	0,33	20,073
Shcherbithch (1991)	79,5	0,123	-0,032	0,30	22,392
Nosov et al. (1989)	77,8	0,077	-1,613	0,25	23,112
Kochkin (1994)	74,2	0,111	-0,809	0,21	24,378
Gili et al. (1995) (a)	79,9	0,068	-2,369	0,15	25,817
Nekrasov (1982)	74,3	0,086	-2,676	0,13	27,682
Abramov & Kotlyar (1980)	72,3	0,093	-1,214	0,12	28,393
Gili et al. (1995) (b)	72,0	0,094	-2,205	0,10	32,263

Tabla 24

Estimaciones de mortalidad natural de jurel segun curvas de captura (Fuente: Cubillos *et al.* 1998).

Modelo de crecimiento	M	Error Estándar	CV (%)	Límites de confianza de 95%
Nekrasov (1987)	0,181	0,074	40,9	[0,010;0,352]
Shcherbich (1991)	0,264	0,105	39,8	[0,017;0,512]
Kochkin (1994)	0,216	0,052	24,1	[0,102;0,330]
Araya et al. (1993)	0,349	0,099	28,4	[0,121;0,578]



Tabla 25
Inventario de datos del jurel para prop3sitos de evaluaci3n de stock generada en el Taller Internacional de Evaluaci3n de Stock de Jurel (CHJMSAW).

		Northern zone		Southern zone	Out EZZ	
		18°25' - 24°S	24°-30°S	>32° - 45°S		
Fishery	length frequency	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1979-1991 (1)(3)	
	weight at size	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007		
	age frequency	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)		
	landings	1975-2007 (4)	1975-2007 (4)	1975-2007 (4)	1979-1991 (1)(4)	
Surveys	<u>Acoustic</u>					
	Seasonal biomass	1981-1995; 2006-2007 (2)	1981-1995 (2)	1997-2007 (2) 1997-2007 (3)	2003-2007 (2) 2003-2007 (3)	
	length frequency			1997-2007 (2)(3)		
	age frequency			1997-2007 (2)(3)		
	<u>Eggs & larvae</u>					
	Spawning Biomasa			1999-2006 (3)	1999-2006 (3)	
	Eggs density.	1981-2007 (2)		1999-2006 (3)	1999-2006 (3)	
	Proportions of stations +	1981-2007 (2)		1999-2006 (3)	1999-2006 (3)	
	length frequency			1999-2006 (3)	1999-2006 (3)	
	age frequency					
					1981-1991 (URSS)	
	Indices	CPUE			1981-2005 (2)	2001-2007 (Chinese)
		Effort			1981-2005 (2)	1981-1991 (URSS)
		<u>Environmental</u>			SST since 1970 (3)	
	Life parameters	Growth	yes	yes	yes	yes
Maturity		yes	yes	yes	yes	
M		yes	yes	yes	yes	

(1) ex Soviet-Union fleet
(2) IFOP
(3) INPESCA
(4)
SERNAPESCA/FAO



Tabla 26
Matriz de control de opciones para los 34 escenarios de evaluaci3n de stock realizados.

option	Item	ESCENARIO																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1	Stock hipotesis	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	7	8	9	6	6	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
2	S. fforte	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3	S. fcsur	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	S. crucero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5	CV cpue	0.15	1000	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
6	CV acus_tot	0.40	0.40	1000	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
7	CV acus 0-200	0.40	0.40	1000	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
8	CV acus_200-400	0.30	0.30	1000	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
9	CV mph	0.70	0.70	1000	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
10	nm C.norte	20	20	20	20	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
11	nm C.csur	50	50	50	50	50	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
12	nm C.acustica	10	10	10	10	10	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	CV Reclutas	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.30	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
14	M	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.30	-1.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
15	h	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	-1.0	-1.0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
16	B 0-200mn (2008)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	1975 stady-state	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	1975 virgin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	S&R model	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	Caballa + jurel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
21	Acustica inpesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	Error en edad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	CPUE cs 1981-2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	CV CPUE rusa	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
25	CV CPUE china	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
26	madurez sexual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Option # 1: cambio espacial
 Option #2-4: dome-shape asimetrico
 Option #16-18: 0 no, 1 si
 Option #19: 1 Beverton&Holt, 0 Ricker
 Option #23: 0 no, 1 si
 6: cambio espacial
 7: contraccion desde 1997
 8: 2 q
 9: 2 q variando
 10: contracci3n desde 2002



Tabla 27

Desempeño de la evaluaci3n de stock bajo dos hip3tesis de relaciones BD&R y dos hip3tesis de cambios poblacionales m3s recientes, de cambio de distribuci3n y de contracci3n.

Indicador	Tipo Ricker		Tipo Beverton-Holt	
	Distribucion	Contraccion	Distribucion	Contraccion
BD ₂₀₀₈ (t)	3,885,200	420,000	3,164,500	558,170
BD _{F=0} (t)	13,836,000	13,755,000	18,573,000	17,294,000
BD _{MRS} (t)	5,901,200	6,037,500	6,077,100	5,748,200
BD _{MRS} /BD _{F=0}	0.427	0.439	0.327	0.332
MRS (t)	2,654,600	2,207,100	1,840,500	1,693,700
MRS/BD _{MRS}	0.450	0.366	0.303	0.295
BD ₂₀₀₈ /BD ₀	0.278	0.040	0.239	0.052
BD ₂₀₀₈ /BD _{F=0}	0.281	0.031	0.170	0.032
F ₂₀₀₆₋₀₈	0.575	>5	0.455	1.221
F/F _{40%}	1.692	>5	1.378	3.701
F/F _{20%}	0.669	>5	0.561	1.508
Y ₂₀₀₆₋₀₈ /BD _{MRS}	0.272	0.266	0.261	0.276
-logLike	4509	4517	4511	4531



Tabla 28
Biomasa desovante 2008, reducci3n de la poblaci3n y valor de la funci3n $-\log$ -verosimilitud para distintos escenarios de evaluaci3n de stock.

Escenario	Descripci3n	BD ₂₀₀₈ ('000 ton)	BD ₂₀₀₈ /BDo	-logLike
1	Modelo base H: cambio distribuci3n	3,165	0.239	4511
2	sin se1al de CPUE centro-sur	3,050	0.230	4504
3	sin se1al de Biomasa Acustica	5,207	0.340	4501
4	sin se1al de Biomasa MPH	3,902	0.279	4505
5	sin composici3n edades C.norte	2,336	0.194	3404
6	sin composici3n edades C.sur	2,515	0.201	1300
7	sin composici3n edades C.crucero	2,821	0.219	4320
8	Coef. Variaci3n desv1os reclutas CVr=0,3	5,113	0.340	4539
9	M=0.3	4,267	0.352	4511
10	M=estimado en el modelo	3,488	0.275	4511
11	h=0.5	2,779	0.217	4522
12	h=0.9	3,393	0.252	4509
13	h=estimado en el modelo	3,467	0.256	4508
14	Selectividad CS tipo domo	3,542	0.258	4504
15	Sin selectividad para el crucero	3,047	0.239	4581
16	Selectividad Crucero tipo domo	2,881	0.223	4511
17	Selectividad flotas tipo domo	2,932	0.224	4503
18	Hiper-reducci3n 0-200 mn desde 1997	509	0.051	4576
19	Proporcionalidad 0-200 mn; 200-400 mn	533	0.052	4612
20	Tendencias en q 0-200 mn; 200-400 mn	553	0.052	4528
21	#18 sin dato 2008 0-200 mn	2,208	0.189	4560
22	#19 sin dato 2008 0-200 mn	2,328	0.192	4558
23	#20 sin dato 2008 0-200 mn	657	0.061	4522
24	Estructura edades 1975 equilibrio	3,212	0.239	4516
25	Estructura edades 1975 virginal	2,632	0.205	4510
26	Modelo base H: contracci3n poblaci3n	558	0.052	4531
27	Subreporte de jurel por caballa	3,644	0.229	4511
28	Uso serie acustica INPESCA	4,239	0.256	4516
29	Error de lectura de edad	2,413	0.192	4628
30	#1 con CPUE centro-sur 81-02, Rusa y China (cv=20%)	3,612	0.258	4604
31	# 30 sin CPUE centro-sur	4,716	0.316	4560
32	#30 sin CPUE China	2,466	0.191	4590
33	#30 sin CPUE Rusa	3,657	0.260	4575
34	madurez sexual tard1a	1,597	0.143	4581



Tabla 29
Probabilidad de error de lectura del jurel simulada

		Edad "verdadera" (años)										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Edad "asignada" (años)	2	0.96	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.04	0.67	0.23	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.17	0.50	0.24	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.23	0.40	0.23	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00
	6	0.00	0.00	0.02	0.24	0.33	0.22	0.11	0.06	0.03	0.02	0.01
	7	0.00	0.00	0.00	0.05	0.23	0.28	0.21	0.12	0.07	0.05	0.03
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.22	0.25	0.19	0.13	0.09	0.07
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.21	0.23	0.20	0.16	0.13
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.19	0.22	0.22	0.20
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.12	0.20	0.24	0.26
	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.22	0.29

Tabla 30
Negativo de log-verosimilitud de las fuentes de informaci3n empleadas en el ajuste de dos modelos agregados independientes con informaci3n de tallas o edades de las capturas

	F-tallas	F-edades	U-tallas	U-edades
Estructura captura.	-6002.3	-7584.3	-6013.2	-7581.7
Acústica	-4.6	-3.1	-4.0	-3.5
CPUE	-15.4	-5.4	-13.5	-5.1
MPH	-5.3	-6.5	-3.6	-5.4
Reclutamientos	-13.2	-8.4	-13.8	-8.2
Desembarques	-15.9	-37.5	-	-



Tabla 31
Indicadores de desempe1o de los diferentes escenarios de evaluaci3n de stock del jurel. La mortalidad por pesca se refiere a los individuos completamente reclutados.

#	BD ₂₀₀₈ (t)	BD _{F=0} (t)	BD _{MRS} (t)	BD _{MRS} /BD _{F=0}	MRS (t)	MRS/BD _{MRS}	BD ₂₀₀₈ /BD ₀	BD ₂₀₀₈ /BD _{F=0}	F ₂₀₀₆₋₀₈	F _{MRS}	F/F _{MRS}	F/F _{40%}	F/F _{20%}	(Y/BD) ₂₀₀₆₋₀₈	-logLike
1	3,164,500	18,573,000	6,077,100	0.327	1,840,500	0.303	0.239	0.170	0.455	0.360	1.263	1.624	0.784	0.417	4511
2	3,050,200	18,449,000	6,068,200	0.329	1,828,800	0.301	0.230	0.165	0.471	0.360	1.309	1.682	0.798	0.432	4504
3	5,206,500	19,478,000	6,363,500	0.327	1,942,500	0.305	0.340	0.267	0.319	0.360	0.885	1.138	0.540	0.253	4501
4	3,901,600	18,885,000	6,209,800	0.329	1,878,500	0.303	0.279	0.207	0.397	0.360	1.102	1.417	0.672	0.338	4505
5	2,335,500	18,307,000	6,037,900	0.330	1,869,300	0.310	0.194	0.128	0.521	0.400	1.303	1.682	0.756	0.564	3404
6	2,515,200	19,290,000	6,769,300	0.351	1,606,200	0.237	0.201	0.130	0.599	0.250	2.395	2.722	1.535	0.524	1300
7	2,820,700	18,438,000	6,159,300	0.334	1,838,100	0.298	0.219	0.153	0.537	0.370	1.451	1.789	0.866	0.467	4320
8	5,113,100	19,597,000	6,288,300	0.321	2,005,200	0.319	0.340	0.261	0.346	0.390	0.887	1.153	0.540	0.258	4539
9	4,266,500	17,533,000	5,699,200	0.325	1,875,600	0.329	0.352	0.243	0.342	0.410	0.833	1.067	0.518	0.309	4511
10	3,488,300	18,062,000	5,851,400	0.324	1,839,200	0.314	0.275	0.193	0.415	0.380	1.091	1.429	0.680	0.378	4511
11	2,778,700	18,626,000	7,231,800	0.388	1,345,100	0.186	0.217	0.149	0.482	0.210	2.294	2.409	1.376	0.474	4522
12	3,393,400	18,681,000	5,210,700	0.279	2,098,500	0.403	0.252	0.182	0.435	0.500	0.871	1.361	0.605	0.388	4509
13	3,467,000	18,713,000	4,852,300	0.259	2,183,900	0.450	0.256	0.185	0.429	0.570	0.753	1.300	0.557	0.380	4508
14	3,542,400	20,431,000	6,462,700	0.316	1,876,900	0.290	0.258	0.173	0.422	0.360	1.173	1.508	0.782	0.372	4504
15	3,046,600	18,550,000	5,882,600	0.317	1,736,200	0.295	0.239	0.164	0.320	0.290	1.104	1.455	0.745	0.433	4581
16	2,880,800	18,454,000	5,938,400	0.322	1,820,700	0.307	0.223	0.156	0.471	0.360	1.307	1.681	0.826	0.458	4511
17	2,932,200	20,498,000	6,608,900	0.322	1,852,000	0.280	0.224	0.143	0.482	0.350	1.378	1.787	0.910	0.450	4503
18	509,490	17,677,000	5,762,300	0.326	1,685,300	0.292	0.051	0.029	1.102	0.330	3.339	4.238	2.119	1.587	4576
19	533,270	17,481,000	5,851,600	0.335	1,695,400	0.290	0.052	0.031	1.265	0.340	3.721	4.686	2.259	2.472	4612
20	553,450	17,319,000	5,659,100	0.327	1,699,600	0.300	0.052	0.032	1.347	0.360	3.742	4.812	2.323	2.382	4528
21	2,208,200	18,647,000	6,209,100	0.333	1,806,700	0.291	0.189	0.118	0.563	0.340	1.657	2.086	1.024	0.597	4560
22	2,327,800	18,336,000	5,983,000	0.326	1,803,300	0.301	0.192	0.127	0.563	0.360	1.563	2.010	0.970	0.566	4558
23	656,770	17,372,000	5,711,300	0.329	1,714,500	0.300	0.061	0.038	1.281	0.370	3.462	4.417	2.100	2.007	4522
24	3,211,800	20,181,000	6,666,900	0.330	1,925,400	0.289	0.239	0.159	0.439	0.340	1.290	1.625	0.812	0.410	4516
25	2,632,000	17,405,000	5,266,600	0.303	1,715,000	0.326	0.205	0.151	0.521	0.410	1.271	1.736	0.854	0.501	4510
26	558,170	17,294,000	5,748,200	0.332	1,693,700	0.295	0.052	0.032	1.221	0.350	3.490	4.362	2.143	2.362	4531
27	3,643,600	19,747,000	6,328,500	0.320	1,954,800	0.309	0.229	0.185	0.446	0.360	1.240	1.595	0.783	0.362	4511
28	3,733,500	18,807,000	6,113,700	0.325	1,865,300	0.305	0.270	0.199	0.396	0.360	1.099	1.414	0.682	0.353	4516
29	2,413,600	18,220,000	6,034,300	0.331	1,804,700	0.299	0.192	0.132	0.563	0.360	1.564	1.942	0.954	0.546	4628
30	3,612,200	18,463,000	5,907,300	0.320	1,879,600	0.318	0.258	0.196	0.419	0.380	1.104	1.446	0.687	0.365	4604
31	4,715,400	19,014,000	5,979,000	0.314	1,929,700	0.323	0.316	0.248	0.332	0.380	0.874	1.186	0.553	0.280	4560
32	2,466,100	17,958,000	5,706,300	0.318	1,827,900	0.320	0.191	0.137	0.560	0.390	1.435	1.930	0.903	0.535	4590
33	3,656,800	18,587,000	6,022,000	0.324	1,872,700	0.311	0.260	0.197	0.415	0.370	1.122	1.431	0.692	0.360	4575
34	1,590,700	14,693,000	3,733,500	0.254	1,823,500	0.488	0.143	0.108	0.422	0.320	1.317	2.007	1.109	0.829	4581
E(x)	2,888,950	18,577,970	6,020,018	0.324	1,827,600	0.306	0.217	0.154	0.572	0.366	1.617	2.064	1.011	0.715	4398



Tabla 32
Indicadores de la poblaci3n de jurel para el escenario base #1.

Año	N2+ (n)	BT (ton)	SD (ton)	N4+ (n)	$u_n=C/N$ (2+)	$u_n=C/N$ (4+)	$u_y=Y/BT$ (1+)	F 2+	F 4+
1975	7,577,800	2,498,700	1,088,000	6,847,900	0.036	0.093	0.089	0.040	0.104
1976	11,867,000	3,518,000	1,465,200	8,304,700	0.030	0.091	0.086	0.034	0.102
1977	15,963,000	4,968,200	1,844,500	10,669,000	0.023	0.074	0.061	0.026	0.083
1978	16,977,000	5,481,700	1,968,200	15,212,000	0.034	0.095	0.095	0.038	0.106
1979	17,291,000	7,430,000	2,899,200	20,793,000	0.042	0.100	0.106	0.047	0.112
1980	18,628,000	8,530,000	4,398,100	25,301,000	0.036	0.079	0.095	0.040	0.088
1981	21,242,000	10,589,000	5,192,500	29,167,000	0.051	0.112	0.122	0.058	0.125
1982	26,702,000	12,360,000	4,661,100	31,949,000	0.076	0.174	0.168	0.085	0.195
1983	28,330,000	12,930,000	5,210,400	33,718,000	0.058	0.138	0.134	0.065	0.155
1984	30,171,000	15,460,000	5,387,100	39,355,000	0.068	0.153	0.144	0.076	0.172
1985	59,039,000	22,372,000	6,735,100	43,604,000	0.047	0.131	0.095	0.053	0.147
1986	60,644,000	23,696,000	8,843,300	48,452,000	0.031	0.096	0.079	0.035	0.108
1987	23,225,000	24,931,000	10,858,000	71,420,000	0.050	0.088	0.101	0.056	0.099
1988	12,919,000	24,358,000	13,905,000	88,660,000	0.070	0.088	0.115	0.078	0.098
1989	14,272,000	24,801,000	17,307,000	77,682,000	0.076	0.095	0.127	0.085	0.106
1990	17,365,000	25,155,000	17,446,000	63,002,000	0.078	0.106	0.130	0.087	0.119
1991	18,130,000	23,688,000	14,615,000	52,767,000	0.088	0.128	0.147	0.098	0.143
1992	14,244,000	19,523,000	11,524,000	46,307,000	0.093	0.133	0.160	0.104	0.149
1993	11,551,000	17,315,000	11,638,000	41,954,000	0.128	0.170	0.179	0.144	0.190
1994	10,958,000	16,268,000	10,287,000	34,752,000	0.153	0.215	0.233	0.171	0.241
1995	12,734,000	14,233,000	7,231,700	27,095,000	0.189	0.295	0.295	0.212	0.330
1996	14,301,000	10,902,000	5,280,000	19,622,000	0.171	0.303	0.301	0.192	0.340
1997	17,231,000	8,847,200	2,996,200	16,323,000	0.159	0.345	0.297	0.178	0.387
1998	21,113,000	8,851,200	2,678,100	15,493,000	0.101	0.251	0.177	0.113	0.282
1999	16,875,000	8,428,200	2,975,200	18,587,000	0.086	0.183	0.139	0.096	0.205
2000	19,804,000	8,501,400	3,838,400	24,007,000	0.082	0.158	0.146	0.092	0.177
2001	18,754,000	9,590,700	4,289,700	25,513,000	0.098	0.176	0.152	0.110	0.197
2002	13,231,000	9,515,300	4,929,500	27,547,000	0.099	0.165	0.162	0.111	0.185
2003	7,614,300	8,943,700	5,001,800	28,719,000	0.121	0.171	0.176	0.136	0.192
2004	13,120,000	8,799,800	4,921,400	26,073,000	0.123	0.190	0.198	0.138	0.214
2005	15,159,000	8,401,200	4,265,000	20,600,000	0.093	0.183	0.196	0.105	0.205
2006	10,947,000	7,665,200	3,607,900	20,752,000	0.099	0.183	0.226	0.111	0.205
2007	5,897,400	6,753,600	3,208,400	22,107,000	0.124	0.188	0.254	0.140	0.210
2008	11,654,000	6,123,600	3,164,500	20,320,000	0.103	0.172	0.215	0.116	0.193



Tabla 33
Indicadores de la poblaci3n de jurel para el escenario #9.

Año	N2+ (n)	BT (ton)	SD (ton)	N4+ (n)	$u_n=C/N$ (2+)	$u_n=C/N$ (4+)	$u_y=Y/BT$ (1+)	F 2+	F 4+
1975	11,446,000	3,326,300	1,299,500	8,651,200	0.025	0.073	0.067	0.029	0.085
1976	17,799,000	4,664,000	1,733,200	10,415,000	0.022	0.072	0.065	0.025	0.084
1977	23,753,000	6,602,100	2,162,600	13,309,000	0.017	0.059	0.046	0.020	0.069
1978	25,073,000	7,120,500	2,288,800	18,899,000	0.025	0.076	0.073	0.029	0.089
1979	25,542,000	9,696,200	3,392,800	25,714,000	0.031	0.081	0.081	0.036	0.094
1980	27,941,000	10,769,000	5,059,200	30,941,000	0.027	0.064	0.075	0.031	0.075
1981	32,716,000	13,369,000	5,917,500	35,157,000	0.038	0.093	0.097	0.044	0.108
1982	42,378,000	15,880,000	5,369,400	38,498,000	0.055	0.144	0.131	0.063	0.168
1983	46,631,000	17,186,000	6,095,100	41,566,000	0.040	0.112	0.101	0.047	0.130
1984	51,338,000	21,488,000	6,506,600	49,902,000	0.046	0.121	0.103	0.054	0.141
1985	103,010,000	33,542,000	8,439,000	57,177,000	0.030	0.100	0.064	0.035	0.116
1986	105,950,000	35,012,000	11,334,000	65,461,000	0.020	0.071	0.054	0.023	0.082
1987	40,264,000	36,259,000	14,340,000	100,820,000	0.033	0.062	0.069	0.038	0.072
1988	21,746,000	34,715,000	18,694,000	126,650,000	0.047	0.061	0.080	0.055	0.071
1989	22,912,000	34,578,000	23,122,000	108,710,000	0.052	0.068	0.091	0.061	0.079
1990	26,492,000	34,169,000	22,848,000	85,817,000	0.055	0.077	0.095	0.064	0.090
1991	26,420,000	31,351,000	18,762,000	70,080,000	0.063	0.096	0.111	0.074	0.111
1992	20,237,000	25,194,000	14,505,000	60,133,000	0.069	0.102	0.124	0.080	0.118
1993	16,249,000	21,851,000	14,242,000	53,029,000	0.099	0.135	0.142	0.115	0.157
1994	15,378,000	20,023,000	12,398,000	43,046,000	0.120	0.175	0.190	0.139	0.203
1995	18,047,000	17,393,000	8,752,800	33,174,000	0.148	0.243	0.241	0.172	0.283
1996	20,924,000	13,611,000	6,492,900	24,293,000	0.130	0.247	0.241	0.150	0.287
1997	25,911,000	11,573,000	3,914,400	20,663,000	0.116	0.275	0.227	0.135	0.320
1998	32,024,000	12,280,000	3,599,600	20,419,000	0.071	0.191	0.128	0.082	0.221
1999	25,440,000	11,689,000	3,984,300	24,892,000	0.060	0.136	0.101	0.070	0.159
2000	29,531,000	11,608,000	5,068,700	32,075,000	0.058	0.118	0.107	0.068	0.137
2001	27,825,000	12,980,000	5,591,800	33,658,000	0.071	0.133	0.113	0.082	0.155
2002	19,817,000	12,671,000	6,333,700	36,101,000	0.072	0.126	0.122	0.083	0.147
2003	11,723,000	11,674,000	6,328,300	37,181,000	0.089	0.132	0.135	0.104	0.154
2004	20,635,000	11,524,000	6,165,600	33,478,000	0.089	0.149	0.151	0.104	0.173
2005	23,963,000	11,071,000	5,358,100	26,436,000	0.066	0.143	0.149	0.077	0.167
2006	17,093,000	10,142,000	4,614,500	27,098,000	0.071	0.140	0.171	0.082	0.163
2007	9,008,400	8,976,600	4,272,000	29,370,000	0.090	0.141	0.191	0.104	0.164
2008	17,980,000	8,310,900	4,266,200	27,094,000	0.073	0.128	0.159	0.084	0.149



Tabla 34
Biomasa desovante relativa respecto de la biomasa desovante 2008 y de la biomasa desovante virginal, ante distintos escenarios de captura constante.

Reclutamientos promedio ultimos 5 a1os						
	Captura					
	600	800	1000	1200	1400	1600
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.605	1.340	1.073	0.803	0.531	0.277
B_{2013}/B_0	0.548	0.457	0.366	0.274	0.181	0.094
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.343	1.176	1.007	0.837	0.666	0.494
B_{2013}/B_0	0.639	0.560	0.479	0.398	0.317	0.235
#13						
B_{2013}/B_{2008}	1.659	1.418	1.175	0.931	0.684	0.434
B_{2013}/B_0	0.578	0.494	0.410	0.325	0.238	0.151
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.476	1.239	1.002	0.763	0.522	0.291
B_{2013}/B_0	0.553	0.464	0.375	0.286	0.196	0.109
#26						
B_{2013}/B_{2008}	0.748	0.234	0.078	0.013	0.000	0.000
B_{2013}/B_0	0.086	0.027	0.009	0.001	0.000	0.000
Reclutamientos promedio ultimos 20 a1os						
	Captura					
	600	800	1000	1200	1400	1600
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.875	1.610	1.342	1.072	0.799	0.521
B_{2013}/B_0	0.586	0.503	0.419	0.335	0.249	0.163
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.548	1.380	1.211	1.041	0.870	0.697
B_{2013}/B_0	0.671	0.599	0.525	0.451	0.377	0.302
#13						
B_{2013}/B_{2008}	1.867	1.626	1.383	1.138	0.891	0.640
B_{2013}/B_0	0.607	0.528	0.450	0.370	0.289	0.208
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.776	1.539	1.300	1.060	0.819	0.575
B_{2013}/B_0	0.598	0.518	0.438	0.357	0.276	0.194
#26						
B_{2013}/B_{2008}	3.583	2.185	1.174	0.672	0.462	0.042
B_{2013}/B_0	0.307	0.187	0.100	0.058	0.040	0.004
Reclutamientos Beverton-Holt						
	Captura					
	600	800	1000	1200	1400	1600
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.857	1.587	1.315	1.040	0.761	0.476
B_{2013}/B_0	0.583	0.499	0.414	0.328	0.240	0.151
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.577	1.406	1.234	1.061	0.885	0.708
B_{2013}/B_0	0.675	0.603	0.530	0.456	0.381	0.305
#13						
B_{2013}/B_{2008}	2.145	1.903	1.659	1.412	1.163	0.910
B_{2013}/B_0	0.639	0.567	0.495	0.421	0.347	0.271
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.730	1.489	1.246	1.001	0.754	0.503
B_{2013}/B_0	0.592	0.510	0.427	0.344	0.259	0.174
#26						
B_{2013}/B_{2008}	0.957	0.107	0.014	0.001	0.000	0.000
B_{2013}/B_0	0.106	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000



Tabla 35

Biomasa desovante relativa respecto de la biomasa desovante 2008 y de la biomasa desovante virginal, ante distintos escenarios de tasa de explotaci3n constante.

Reclutamientos promedio ultimos 5 a1os

	Tasa de explotacion					
	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.491	1.275	1.082	0.907	0.751	0.610
B_{2013}/B_0	0.509	0.435	0.369	0.310	0.256	0.208
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.123	0.950	0.794	0.654	0.527	0.413
B_{2013}/B_0	0.534	0.452	0.378	0.311	0.251	0.197
#13						
B_{2013}/B_{2008}	1.481	1.268	1.076	0.903	0.747	0.608
B_{2013}/B_0	0.517	0.442	0.375	0.315	0.261	0.212
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.350	1.153	0.976	0.817	0.675	0.548
B_{2013}/B_0	0.506	0.432	0.365	0.306	0.253	0.205
#26						
B_{2013}/B_{2008}	3.535	3.011	2.537	2.108	1.721	1.372
B_{2013}/B_0	0.407	0.346	0.292	0.243	0.198	0.158

Reclutamientos promedio ultimos 20 a1os

	Tasa de explotacion					
	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.663	1.422	1.204	1.007	0.829	0.668
B_{2013}/B_0	0.519	0.444	0.376	0.314	0.259	0.209
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.248	1.054	0.879	0.720	0.576	0.446
B_{2013}/B_0	0.541	0.457	0.381	0.312	0.250	0.193
#13						
B_{2013}/B_{2008}	1.614	1.381	1.170	0.980	0.808	0.653
B_{2013}/B_0	0.525	0.449	0.380	0.318	0.263	0.212
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.541	1.315	1.111	0.927	0.762	0.613
B_{2013}/B_0	0.519	0.443	0.374	0.312	0.256	0.206
#26						
B_{2013}/B_{2008}	5.374	4.551	3.796	3.103	2.509	2.013
B_{2013}/B_0	0.460	0.390	0.325	0.266	0.215	0.172

Reclutamientos Beverton-Holt

	Tasa de explotacion					
	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25
#1						
B_{2013}/B_{2008}	1.647	1.407	1.193	1.001	0.832	0.682
B_{2013}/B_0	0.517	0.443	0.376	0.316	0.263	0.216
#9						
B_{2013}/B_{2008}	1.263	1.068	0.894	0.740	0.604	0.485
B_{2013}/B_0	0.542	0.459	0.385	0.319	0.261	0.210
#13						
B_{2013}/B_{2008}	1.790	1.530	1.294	1.082	0.890	0.717
B_{2013}/B_0	0.534	0.456	0.386	0.323	0.265	0.214
#14						
B_{2013}/B_{2008}	1.509	1.287	1.090	0.915	0.761	0.626
B_{2013}/B_0	0.516	0.441	0.374	0.314	0.262	0.216
#26						
B_{2013}/B_{2008}	3.837	3.250	2.732	2.277	1.881	1.540
B_{2013}/B_0	0.415	0.352	0.297	0.248	0.206	0.169



Tabla 36

Riesgo de reducir la biomasa desovante en los pr3ximos 5 a1os respecto de niveles de referencia y distintos escenarios de captura constante.

Reclutamientos promedio ultimos 5 a1os

	Captura					
	600	800	1000	1200	1400	1600
#1						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.070	0.264	0.536	0.764	0.897	0.956
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.002	0.023	0.109	0.273	0.481	0.668
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.015	0.140	0.403	0.651	0.828	0.911
#9						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.008	0.062	0.209	0.437	0.665	0.824
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.000	0.003	0.019	0.078	0.190	0.359
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.038	0.203	0.463	0.686	0.832	0.908
#14						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.072	0.256	0.513	0.745	0.881	0.951
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.003	0.027	0.110	0.257	0.452	0.639
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.022	0.184	0.461	0.704	0.858	0.933

Reclutamientos promedio ultimos 20 a1os

	Captura					
	600	800	1000	1200	1400	1600
#1						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.007	0.086	0.346	0.666	0.866	0.958
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.000	0.001	0.014	0.094	0.285	0.529
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.000	0.000	0.051	0.385	0.714	0.890
#9						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.000	0.004	0.054	0.223	0.509	0.755
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.005	0.044	0.156
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.000	0.003	0.065	0.385	0.708	0.878
#14						
$p(B_{2013}/B_0 < 0,4)$	0.005	0.066	0.282	0.601	0.824	0.940
$p(B_{2013}/B_0 < 0,2)$	0.000	0.001	0.013	0.071	0.223	0.451
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.000	0.000	0.046	0.366	0.724	0.900



Tabla 37

Riesgo de reducir la biomasa desovante en los pr3ximos 5 a1os respecto de niveles de referencia y distintos escenarios de tasa de explotaci3n constante.

Reclutamientos promedio ultimos 5 a1os

	Tasa de explotacion					
	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25
#1						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.000	0.057	0.945	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.215
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.002	0.062	0.348	0.709	0.914	0.984
#9						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.000	0.005	0.945	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.597
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.233	0.594	0.857	0.965	0.994	0.999
#14						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.002	0.077	0.975	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.290
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.023	0.189	0.547	0.811	0.949	0.987

Reclutamientos promedio ultimos 20 a1os

	Tasa de explotacion					
	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25
#1						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.000	0.006	0.939	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.000	0.013	0.152	0.512	0.830	0.961
#9						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.000	0.000	0.944	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.710
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.081	0.370	0.732	0.926	0.986	0.998
#14						
$p(B_{2013}/B_o < 0,4)$	0.000	0.009	0.973	1.000	1.000	1.000
$p(B_{2013}/B_o < 0,2)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.228
$p(B_{2013}/B_{2008} < 1,0)$	0.002	0.049	0.294	0.640	0.877	0.968

ANEXOS

A N E X O 1

**Chilean jack mackerel workshop:
M. Maunder y J. Ianelli**

Chilean jack mackerel workshop

Aug 4th-10th 2008

Mark Maunder and James Ianelli

Background

The authors were invited to participate in the workshop with the main objectives to:

- Review the input information of the Jack Mackerel Stock Assessment.
- Review the Chilean Jack Mackerel stock assessment model
- Assess the stock under different alternatives hypotheses (process, information, etc).
- Determine the status of Chilean Jack Mackerel stock and future prospects.

The agenda for the workshop covered an extensive review of available data on the biology, fisheries, oceanographic, and surveys of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). There was insufficient time during the workshop to determine the status of Chilean Jack Mackerel stock and future prospects. The assessment models need further development before these objectives can be completed. Therefore, this report focuses on recommendations to improve the assessment models.

First the main recommendations are summarized, followed by two sections that show application and some alternative evaluations of the available data. To the extent possible, these results are compared with the work that has been completed at INPESCA and IFOP. The model alternatives developed during the workshop datasets began on the second day as datasets from the IFOP and INPESCA model were made available. Two approaches were developed. One implemented code that is used for a number of Alaska groundfish stocks (AMAK) while another used the much more flexible stock synthesis (SS2) software (Methot 2000). The key difference in their application to jack mackerel being that AMAK allows for non-parametric selectivity specifications while SS2 on the other hand uses a parametric form and AMAK uses annual estimates of weight at age while SS2 assumes that it is constant over time. Both models allow for specification of the continuous form of the catch equation or Pope's approximation. However, during the workshop SS2 used Pope's approximation whereas the AMAK model used the continuous form (Baranof) of the catch equation.

Assessment issues and recommendations

Fishery data

The reported landings appear to have few issues relative to their accuracy. There is the possibility of misclassification/falsification during 1998 to 1999 of around 500,000-800,000 per year. There is also the possibility of discarding when the strong year class entered the fishery and a large number of fish were less than 26cm. However, schools of small fish may have been released before pursuing the net and mortality rates are unknown. Some discussion noted that in the modeling, it might be useful to have periods and/or fisheries where the absolute catch levels were treated as known but with different levels of error. **We recommend** that sensitivities such as this are probably best evaluated by computing different hypothetical time series during periods of under (or over) reporting of the actual catch.

There are a number of issues with how length and age frequency, and weight at size (and age) are compiled and used for the different fisheries. The level of sampling and priorities for age determinations seemed to be quite adequate with apparently significant numbers available for constructing age-length keys in each of the different strata. A request was made to gather a complete set of example data (say for a single year) and work through the calculations of combining length frequency, age, and mean-weight data with fishery landings to arrive at the catch-at-age matrices. Unfortunately, a sample dataset like this was unavailable to work with during the workshop. This issue is particularly important because this exercise is critical in understanding the levels of sampling errors (both in absolute and relative terms) prior to applying them in integrated statistical models. **We recommend that** a high priority be given to working with (preferably all of) the raw data to evaluate levels of sampling error and identify years where the variability may be relatively high or low.

The assessment model input sample sizes (related to the inverse of the variance) for the IFOP model were derived by assuming 5% CV from a simulation applied to the different data sources. This provided some common basis from which to specify differences between datasets but it would be preferable to base these values on actual data and sampling error. The relationship between CVs for proportions was illustrated. **We recommend** that the approach outlined in the previous paragraph be applied

Size composition in the northern region is influenced by more relaxed regulations on size limits whereas in the south-central region the fleet is limited to catching jack mackerel that are 25 cm and larger. This is important in considering demographic shift in apparent size distributions by latitude. This would also be important in considering how fishery (and survey) age and length data should be stratified. The possibility of the northern area being a separate sub-population or being combined with the Peruvian stock should be reconsidered. Too much weight (too high sample size) on the northern area catch-at-age data may overly influence the results. Adding more process error for the northern fishery (e.g. using VPA like assumptions for this fishery: annual changes in age-specific fishing mortality) can be used to down weight the catch-at-age data for the

northern fishery. **We recommend** that analyses that investigate that investigate the influence of the northern fishery catch-at-age data be conducted

In some stock assessment settings, the mean weight measured for fish that are sampled for age determinations are used to provide direct input on annual mean weights-at-age in the fisheries (and surveys). Unfortunately, mean weight information is stored in a separate database from the age-samples and any linkages are lost. **We recommend** that an approach that uses the biological database (where weight-length information is stored) be used with the age-samples and length frequency data. An approach following that of Kimura (1989) and enhanced by Dorn (1992) has been programmed which should work with the existing data. In this approach, strata are identified in which the length-weight data could be included (and categorized) and effectively re-coupled with the age-data at a reasonable level of aggregation. This program also applies an optional bootstrap method which accounts for first-stage sampled landings and tows and at the second stage, the age and length samples collected from the set resulting from the first stage.

The INPESCA fishery age-composition work has progressed from their earlier work and they now have eight years of age data from 1990 to the present. For the intermediate years, an iterative age-length key was used. **We recommend** that age compositions derived from iterated-age length keys be avoided for application within assessment models. Except for issues about changes in growth, it may be preferable to use the length frequency data directly within the assessment model for years when age-length keys are unavailable.

Age compositions between INPESCA and IFOP need to be compared directly. First, **we recommend** comparing data from both agencies in their present state (ensuring that they are both aggregated to the same level, e.g., S-C Chilean zone). Secondly, **we recommend** that the raw data from both agencies be compiled separately, but using an identical approach (such as that described above). This should help determine if any differences are due to sampling and/or ageing methods or differences are due to the applications of age-length keys and stratified catch data or some other factor.

Age-determination errors seem apparent when examining the age compositions relative to the length frequencies. For example, the length frequency data show consistent modal progressions through time and what appear to be clear strong cohorts moving through the fishery over time (Fig. 1). In addition, one workshop participant commented that it was difficult to identify the first 1-3 ages due to juvenile stages not having spawning events or migrations that produce annuli. However, another workshop participant commented that daily ring counts suggest that the annual rings for ages 1 and 2 are accurate. Extensive discussion throughout the week revolved around this and included important issues related to determining the ages of young fish when the marginal increment interpretation is ambiguous. While it the number of annulus at the younger ages is usually very clear, based on the date of capture and the assignment to calendar year, there appears to be a fair amount of variability. For example this variability may explain what seems to be counter intuitive results for catch-age

compositions that are derived from these same length data (Fig. 2). In addition, age data may be problematic for young ages due to limited age-length key samples for small fish. **We recommend** that the ability to evaluate the impact of ageing errors be considered in future assessments. This could be done a number of ways. One would be to develop a better estimate of the ageing imprecision (the one used for the AMAK model configuration below was done quickly to allow an evaluation of the impact). Alternatively, under the stock synthesis software, ageing errors can be specified directly as measures of between-reader comparisons. **We also recommend** that the extent that length data provide different signals relative to the age data be evaluated. This could be done by simply only using length frequency data in the assessment.

Fishery CPUE

There were 3 main CPUE indices discussed at the meeting: S-C Chilean purse-seine fishery, the Russian fishery, and the recent Chinese fishery.

The S-C Chilean CPUE index represented a short study (Caballero and Aranis 2005) that had not been updated with more recent data or further analysis. While any treatment of commercial CPUE data in fisheries stock assessments is fraught with difficulties, the application of purse seine CPUE is particularly problematic. There were very large changes in the fleets average capacity and number of vessels during the period modeled along with significant changes in the distribution of the fleet. Additionally, trip as a measure of effective effort may poorly reflect actual effort since the trip length has increased over time. A more appropriate measure of effort is required that directly measures the search time. While we feel that it is important to track and monitor fleet catch rate characteristics, direct application within the stock assessment model should be treated with caution. For example, in the IFOP model, a high degree of confidence in the CPUE time series is applied since the inter-annual variability of this index is very low compared to acoustic survey work. Although, it should be noted that the CPUE time series shows a strong correspondence to other data included in the model (i.e. catch-at-age). **We recommend** that the S-C Chilean CPUE series, as it presently stands, be excluded from iteratively re-calculating the specified input variances. The point here is that using an integrated model to fit CPUE data may provide undue weight on this series which is unlikely to be proportional to biomass. For example, one suggestion might be to relate the CPUE to abundance as being hyper-stable by applying value of 0.5 in the exponent of predicted survey biomass as a sensitivity. Future work with this fishery CPUE index should include updated information and try to improve on effort measures, to the extent practical. For example, multiple measures of effort could be included in the GLM as explanatory offset variables (e.g. number of trips, days fished, capacity, number of sets) to statistically test which measure is appropriate. Travel time could be removed from the number of days fished if the general area of the fishing ground is known.

The Russian data was taken at face value from published report and shows a steady decline from 1981-1992 with very little interannual variability. The main issue with these data was that the trend was completely inconsistent with model results using other data. If the Russian index is reasonable (i.e., same fleet, appropriately standardized etc)

then this indicates that the dynamics in the offshore areas are different than the coastal area. **We recommend** that hypotheses be developed that explore alternative explanations for these inconsistencies. For example, some model configurations started to become more consistent with these data. The Russian CPUE data may be consistent with an expansion-contraction hypothesis.

The Chinese CPUE data were not included in models developed during the workshop. However, inclusion in a model run conducted after the workshop found that, like the Russian CPUE data, the Chinese CPUE data is inconsistent with the assessment model results. **We recommend** that the Chinese data be evaluated to see if they can be combined with the Russian index to have a longer time-trend for the offshore international fishery. The time series should be used in the evaluation of the expansion-contraction hypothesis.

Alternative indices such as medium scale depletion evaluations using cumulative catch and CPUE (e.g., Delury depletion estimators) might be valuable for validating survey biomass levels.

Biological data

Maturity studies are based on histological and visual examinations and provide estimates of maturity at length. Corresponding age data for individual specimens are apparently unavailable. If jack mackerel are keyed to spawning by age (as opposed to strictly by size), then variability in proportion mature at length can be affected by strong year classes moving through the population. For example, assuming that the age-specific maturity pattern is constant over time can result in a fair degree of variability in proportion mature at length (Fig. 3). In the age-based model (IFOP) the age at 50% maturity is 4 years and the mean length at this age is inconsistent with the length at 50% maturity. It also should be noted that a maturity study using 1999-2000 data by three areas and done to length (Cubillos et al. 2008) was presented and suggested that for jack mackerel, the ratio of $L_{50\%} / L_{\infty}$ is very low (.34 compared to 0.6 for other pelagic species). **We recommend** that the issues and apparent inconsistencies between age at 50% maturity and length at 50% maturity be resolved.

Natural mortality was evaluated using a variety of approaches based on life history theory and empirical relationships. The estimates ranged from 0.18 to 0.35. There is also a large amount of uncertainty in the life history theory and empirical relationships. The IFOP assessment model assumes that $M=0.23$ while the INPESCAL assessment model assumes that $M=0.3$. Both of these values fall in the range of the estimates. Since maturity appears to be at relatively small sizes, a proposal is to use $M = 0.3$. **We recommend** that the assessments be carried out using a range of values for natural mortality. A more thorough evaluation of natural mortality should involve simulation analysis to determine if natural mortality can be estimated based on the model assumptions and data available. If the simulation analysis indicates that natural mortality can be reasonably estimated, then the assessment model should estimate natural mortality. If the resulting estimate of M is not reasonable, then this implies that the assessment model is misspecified.

Acoustic surveys

Adaptive sampling design used by INPESCA since 2003 presented a completely different trend than that of IFOP for the same period. The survey estimates are derived from geostatistical models which allow for irregular transects. The workshop participants discussed this application but could not thoroughly evaluate the relative qualities of the different methods. It is possible that the INPESCA estimates are biased high because the use of sonar and secondary transects reduces the number of zero observations. The INPESCA acoustic surveys also include transects of vessels returning to port, which will be biased high at the start of the transect since they start at the fishing ground. The geostatistical models attempt to deal with the unbalanced sampling, but it is not clear that they fully eliminate all the bias as the observations in the area covered by the secondary transects may influence the abundance estimates outside this area. It is also difficult to compare the IFOP and INPESCA biomass estimates because the surveys have different spatial and temporal coverage. The IFOP survey has a fixed areal coverage (which has expanded over time) while the INPESCA survey changes annually depending on the fish distribution based on information from the fishery. In either case, annual variations in fish distribution may cause annual variations in the fraction of the population that resides outside the survey area. **We recommend** that the technique for conducting the INPESCA and IFOP surveys and the analyses for obtaining estimates be reviewed and evaluated. A simulation analysis should be conducted to determine the bias of the two surveys. Alternative estimators should be developed and tested using the simulation analysis. For example, the INPESCA data could be evaluated using the following approaches

- 1) use current method
- 2) only use primary transects
- 3) Just analyze the secondary transect data and assume that most of the biomass are in these areas
- 4) Combine separate estimates from 1) inside the boxes containing the secondary transects (each box separately), and 2) outside the boxes of secondary transects using just the primary transect data (use all primary transect data including those in the boxes of secondary transects)

We also recommend re-evaluating the use of external covariates (e.g. oceanographic information from general circulation models and prey availability) to help explain estimates in areas where there were no transects.

Due to the limited funding and vessel days available, combining the INPESCA and IFOP surveys, which would require conducting the surveys at the same time, should be considered to increase the spatial coverage of the surveys.

The INPESCA acoustic survey found very different size distributions by zones and this is important for computing regional biomass estimates. This is apparently different from the finding of IFOP where the size distributions are consistent (though this may have been a misunderstanding on our part). Also, INPESCA used the target strength relationship published in Lillo et al. (1996) whereas IFOP updated their relationship each year. **We recommend** that the size distributions of the IFOP and INPESCA acoustic surveys be directly compared by zone.

The INPESCA survey used information from sonar (with detection power out to 3km from either side of the vessel) to develop an adaptive sampling. This information could be used to increase the width of the transect. This is unlikely to greatly increase the spatial coverage of the survey but may reduce the variance of the estimates. The use of sonar data may require line transect estimators similar to those commonly used for marine mammals. The workshop participants noted that this technology is relatively new to this type of application and that methods that describe school characteristics may be formally introduced as a population indicator. Apparently the size of schools have been decreasing as the biomass has decreased.

Sampling for length and age in the acoustic surveys was discussed particularly relative to how target strengths (TS) are applied to validation tows. The key issue that was raised concerns whether the sampling gear (typically a mid-water trawl) is representatively collecting all size groups detected by the echosounder. It is unclear whether the assessment model should be specified as being an availability issue or a gear-selectivity issue. For example, if the echosign is based on small fish that are avoiding capture by the trawl, the assumptions for biomass estimates (from TS) could be biased. In this event, there are two problems: 1) the target strengths may be wrong and that would affect the biomass estimates; 2) the age compositions will poorly represent what was observed from echosign. In the event that the age-pattern observed in the acoustic survey samples are solely due to availability, then the assessment can estimate selectivity appropriately. However, if there are gear-selectivity problems, then all ages should be treated as fully selected (with the remaining issue that the estimates are biased to an unknown degree, to eliminate this issue the acoustics equation should be integrated into model so that the model length frequency can be used for target strength rather than the sample length frequency). Since these issues will be difficult to resolve, **we recommend** that both approaches (constant full selectivity versus estimated selectivity) be evaluated to determine the consequences of this source of uncertainty.

Daily egg production survey

These data were provided with estimates of variances that seemed low (~9% CV). However, some recent work done by scientists at INPESCA provide an alternative analysis with variances on age compositions from these surveys which reveal that the CV (for one year) was about 42%. The latter seems more appropriate given our experience in other parts of the world with this type of data. Also, the lack of fit to these data in the IFOP assessment indicated that the CVs (based on iteratively fitting) were on the order of 70%. The inter-annual variability in these data relative to the dynamics of jack mackerel suggests that the CVs are likely to be quite high. The age data from the samples seems to show some consistency over years and could be useful for estimating recruitment variability. **We recommend** that if these data are included in the assessment model, the CVs should be specified on the order of 40% (or higher). A survey with such high CVs may have limited value in detecting population trends. However, the monitoring aspect of this survey could be valuable particularly relative to spatial distribution of spawning and environmental conditions.

Egg and larval surveys

These surveys had not been included in assessment models explicitly. As with other indices, this survey had spatial coverage that changes over time. It was unclear how best to treat these data other than for improving understanding on spawning distribution and possible stock structure hypothesis. To this end, the paper by Cubillos et al. (2008) was provided to show additional characteristics of spawning distribution. **We recommend** that the egg and larval survey data not be included in the assessment until more analysis of this data has been conducted.

Environmental influences and Oceanographic data

During the workshop it was shown how different the habitats vary and potentially impact the distribution of jack mackerel. **We recommend** that some environmental indices be developed that help define the suitable habitat *within survey areas* so that the effect on survey indices can be evaluated. This might be useful for evaluating the effectiveness of surveys in sampling a population that is responding to the dynamic environment. Alternatively, oceanographic data might be useful to understand the mechanism for offshore migrations, perhaps as losses to the stock (on an episodic basis).

Spatial correlation between sea-surface temperature and recruitment was analyzed extensively and shows some promise for understanding conditions affecting jack mackerel survival through early-life stages. Relative to the assessment, we felt that introducing external indices to improve on estimates of recruitment will be of limited value, particularly since direct observations of pre-recruit (and post recruit) are available through the fishery and survey data. **We recommend** that relationships between recruitment and the environment be continued, but they should not be included in the assessment until the relationships have been shown to hold and that including the relationships improves estimates or future projections.

The large change in biomass and spatial distribution for this stock, which is likely related to environmental conditions, may reflect changes in the biological processes operating on the stock. Therefore, it may be appropriate to restrict the modeling period to a timeframe for which the processes are considered to be reasonably stable. **We recommend** that further analysis be conducted to investigate the impact of changes in biological processes on the assessment results to help determine the most appropriate time frame for the assessment model.

Modeling and Assessment methodology

Table 1 (developed by the workshop participants) lists the inventory of available or potentially available data. Tables 2 and 3 compare the aspects of the IFOP and INPESCA models and relevant data compared to what was done during the workshop and proposed for a future workshop. Table 4 illustrates how different data components were fit in the modeling. To summarize, the following were seen as most important differences:

- IFOP used age composition directly whereas the INPESCA model uses lengths (and an estimate of growth which converts model age compositions to predicted lengths; the CVs of length-at-age are estimated internally). This resulted in INPESCA's model having more variable recruitment that had a slightly different pattern
- The INPESCA model assumed natural mortality is 0.3 whereas IFOP model assumed 0.23
- The INPESCA model was coded in ADMB whereas IFOP model was written in MATLAB. Both are flexible approaches and seemed to have good properties. The ability to extend MATLAB to evaluate the range of scenarios and hypothesis may be limited.
- The INPESCA model only used one fishery whereas the IFOP model split the Northern fishery from the S-C fishery.
- The IFOP model had two configurations with alternative assumptions about fitting the recent acoustic IFOP survey data whereas the INPESCA model used a completely different acoustic survey biomass series for the recent years.
- The INPESCA model assumed that the acoustic survey was a measure of absolute abundance while the IFOP model assumed it was a relative abundance index and estimated the scaling parameter.

During the workshop a number of additional datasets were introduced beyond what had been used in the IFOP and INPESCA models. To provide some illustration of how the different types of data could be used and evaluated, we constructed two sets of somewhat parallel analyses. The sections that follow summarize these exercises and compare with results found from prior models. These results should all be considered as only being illustrative since the normal cross checking and diagnostics on assumptions that would appear in a more complete assessment are omitted due to time constraints.

In particular, the workshop mentioned that the development of a set of rigorous diagnostic checks is needed. **We recommend** that future assessment presentations include explicit evaluations of residual patterns and tables of how critical values change under different model configurations (e.g., -ln likelihood values, number of parameters, etc). Included in this output should be measures of uncertainty on critical management parameters.

Structural model assumptions for the IFOP model were seen as interesting but there was concern about fitting the parameter in the exponent for predicted biomass. The process of contracting stock sizes may be better treated as random. For example, one could envision a future spatial scenario where the true stock size remained constant yet the density of jack mackerel in the coastal zone out to 200m increased significantly. This would be contrary to the structural assumption of the IFOP model but would be consistent with a process-error specified in spatially explicit survey indices.

The spatial distribution of jack mackerel could be evaluated using three alternative hypotheses represented by what component of the acoustic data is used and how the catchability coefficients are estimated.

H1: contraction

0-200 nm $q=aB^b$ all years
200-400 nm $q=c$

H2: change in distribution

0-400 nm $q=c$

H3: random changes in stock distribution

0-400 nm $q=c_1$ $y < 2002$
 $q=c_2$ $y \geq 2002$

OR alternatively

0-200 nm $q=c_1$
200-400 nm $q=c_2$ $y \geq 2002$

The sex information needs to be evaluated to determine if any of the biological processes differ between the sexes. For example, the sex ratio needs to be evaluated over age to look for sex specific fishing or natural mortality differences.

In general **we recommend** that if the aging data is found to be reasonable or if a reasonable ageing error matrix can be developed, and growth is considered to vary annually, catch-at-age data and annual mean weight at age data should be used in the model instead of length-frequency data. **We also recommend** that

- 1) that the data be separated into several fisheries: e.g. a) northern, b) southern inshore, c) southern offshore, and d) Russian/Chinese
- 2) Make at least one fishery or survey have an asymptotic selectivity
- 3) Estimate natural mortality inside the model
- 4) Include an aging error matrix
- 5) If length data is included in the model consider annual or cohort specific growth
- 6) Use a Beverton-Holt stock recruitment relationship unless there is a biological rationale for a Ricker type relationship.
- 7) Calculate sample sizes (or CVs) for the age and length frequency data using a bootstrap/Monte Carlo method based on the sampling design. Estimate a single scaling factor to accommodate the additional process error.
- 8) Include the acoustic survey as a relative index of abundance

Models run using AMAK

This model was configured in a way similar to the IFOP specification. Key differences included the use of non-parametric selectivity form for the fishery and survey age compositions (including control over the degree to which they can be specified as dome-shaped), the ability to incorporate ageing error, and added flexibility to specify a model to appear more like a VPA (without the separability assumption). Minor differences include the use of the Baranof catch equation and the ability to use different

mean weights-at-age for all fisheries and survey types (although these data were unavailable). For the VPA-like models presented below, the number of parameters exceeded 700 which could cause some limitations in certain computing environments.

Data that were added that include the Russian fishery landings and catch-at-age (Fig. 4). For a seasonal evaluation of the Russian fishery, the mean catch-weighted month was examined and showed a slight trend towards the fishery occurring later in the year (Fig. 5).

During the workshop, an array of hypotheses and/or sensitivities was laid out to illustrate how different sensitivities might be evaluated (e.g., Table 5).

An example fit to the age composition data is shown in Fig. 6. Comparison of a VPA-like model with one similar to that of IFOP (3 periods of selectivity in the S-C Chilean fishery) shows a similar pattern of selectivities (Fig. 7). Comparing across the different models shows quite similar abundance levels and uncertainty; however, the decline estimated in the INPESCA model is less than that presented here whereas the initial stock size for the IFOP model is considerable lower for all cases examined (Fig. 8). The reason for the INPESCA model difference has to do with the fact that these models did not use the recent years of INPESCA acoustic survey results and only used that presented by IFOP. Clearly, more investigations are warranted on the impact of the differences observed in the acoustic survey.

Input files and source code for these applications will be made available on request. Additionally, further details on the model specifications (and interpretations) are also available.

Models run under stock synthesis

The Stock Synthesis II software (SS2) was applied to the jack mackerel data set following similar modeling assumptions as used by IFOP and INPESCA. The model was then modified to investigate data and model structure assumptions. The “reference” model was constructed using the following assumptions and the changes from the reference model to implement the sensitivity analyses are described below. The timeframe of the model is 1975 to 2007. The model has three fisheries: the southern, northern, and Russian. It uses only the IFOP acoustic index of abundance. It includes catch-at-age data for the southern and northern fisheries and for the acoustic index of abundance. Catch at-at-length data is included for the southern fishery (INPESCA data) and the Russian fishery. The southern fishery, Russian fishery, and the acoustic index of abundance have asymptotic selectivities and the northern fishery has a dome shape selectivity. The southern fishery selectivity has four time blocks: 1975-1987, 1988-1992, 1993-2004, and 2005-2007 (only three time blocks are defined in SS2, the final time block is represented by the base parameters). The northern fishery selectivity has two time blocks: 1975-1986 and 1987-2007 (only one time block is defined in SS2, the final time block is represented by the base parameters). The parameters estimated in the model include: the parameters of the von Bertalanffy growth model (the length at age 2,

the length at age 12, and the growth rate, K), the two parameters of the linear relationship between the standard deviation of length-at-age and the mean length at age, the logarithm of virgin recruitment, annual recruitment deviates from 1970 to 2006 (the values before 1975 are used to modify the initial numbers at age), initial fishing mortality rates for the southern and northern fisheries, catchability for the acoustic index of abundance (using the analytical MLE formula), parameters of the selectivity curves including parameters for the time blocks (two parameters for each asymptotic selectivity and each associated time block and six parameters for the dome shape selectivity and each associated time block). A Beverton-Holt stock-recruitment model is used with the steepness fixed at 1 (i.e. recruitment is independent of stock size). Other indices of abundance are included in the model (alternative IFOP acoustic indices, southern fishery CPUE, Russian fishery CPUE, northern acoustics, INPESCA acoustics, and egg production) but not used in the objective function except as described below for the sensitivity analysis.

CPUE

The southern fishery CPUE index was included in the model.

Dome

The selectivity for the southern fishery was allowed to be dome shape.

Dome2

The “Dome” model was modified to also allow the Russian fishery selectivity to be dome shape. The acoustic survey is still asymptotic.

InitialConditions

The annual recruitment deviates were estimated starting in 1964 to allow more of the age classes in the initial conditions to be modified.

InitialConditions2

The recruitment offset (from the virgin recruitment) for the recruitment used to generate the initial conditions is estimated

M03

The natural mortality is fixed at 0.3.

Mest

The natural mortality is estimated ($M = 0.52$).

No Russian

The Russian fishery is combined with the southern fishery, the Russian length-frequency data are also eliminated from the model.

No Russian no length

The INPESCA length frequency data for the southern fishery is turned off in the “No Russian” model run

No Russian or north

The Russian and northern fisheries are combined with the southern fishery, the Russian length-frequency and the northern age frequency data are also eliminated from the model.

No age Russian or north

Starting with the model “No Russian or north” the age composition data for the southern fishery is turned off

Short

The model is modified to only cover the period 1997 to 2007.

ShortMage

The “Short” model is modified to include a specified age-specific natural mortality.

0.5	0.5	0.4	0.3	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.25	0.3
	0.35	0.4								

ShortMest

The natural mortality is estimated in the “Short” model.

ShortMageEst

Age specific natural mortality is estimated in the “Short” model. The model was designed to estimate higher M for the young ages. The change points were set at age 2 and 4

Input files and source code for these applications will be made available on request. Additionally, further details on the model specifications (and interpretations) are also available.

Results

The estimated biomass trajectory from the reference model is similar to that estimated by the IFOP model (Figure 9). The model fit to the IFOP acoustic index is poor (Figure 10). The model corresponds better with the southern CPUE index (Figure 11). The model does not correspond well with the Russian and Chinese CPUE index (Figure 12 and 13) or with the INPESCA egg production index (Figure 14). The estimated selectivity is substantially different for the four time blocks used in the southern fishery (Figure 15).

The estimated biomass trajectory is generally insensitive to most of the sensitivity analyses. The biggest differences occurred with dome shape selectivities and different levels of natural mortality. These represent two of the main differences between the IFOP and INPESCA models.

Conclusion

For the large number of models presented, we were struck by how little variability is apparent between estimates of population scale. The main differences occurred with assumptions about dome shape selectivities and different levels of natural mortality. These represent two of the main differences between the IFOP and INPESCA models.

There is still a substantial amount of improvements that should be made to the assessment models. Many of these improvements were identified at the workshop and are listed in this report. Other improvements will be identified by additional analyses and research.

The four main aspects of the stock assessment that require addressing are

- 1) Aging error
- 2) The value of natural mortality
- 3) The choice between dome shape and asymptotic selectivity
- 4) The spatial distribution hypotheses
- 5) Evaluate differences between acoustic biomass estimates presented during the workshop

Stock status and outlook

Given the limited time available during the workshop and failing to have more access to raw data (to better estimate relative sampling variances) it is premature to draw many conclusions regarding stock status.

Figures

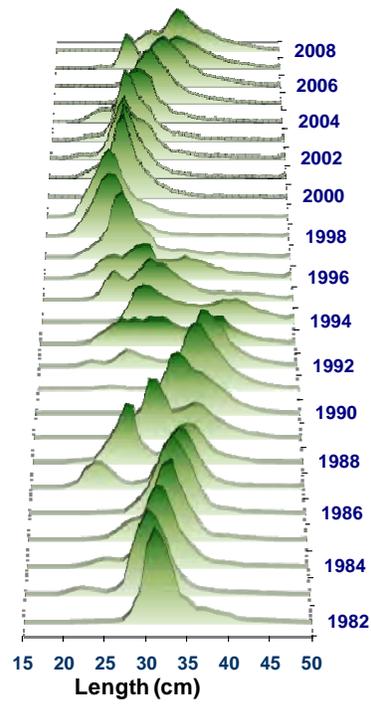


Figure 1. An example of Chilean jack mackerel length frequency data which shows the progression of modes of perhaps highly abundant cohorts over time.

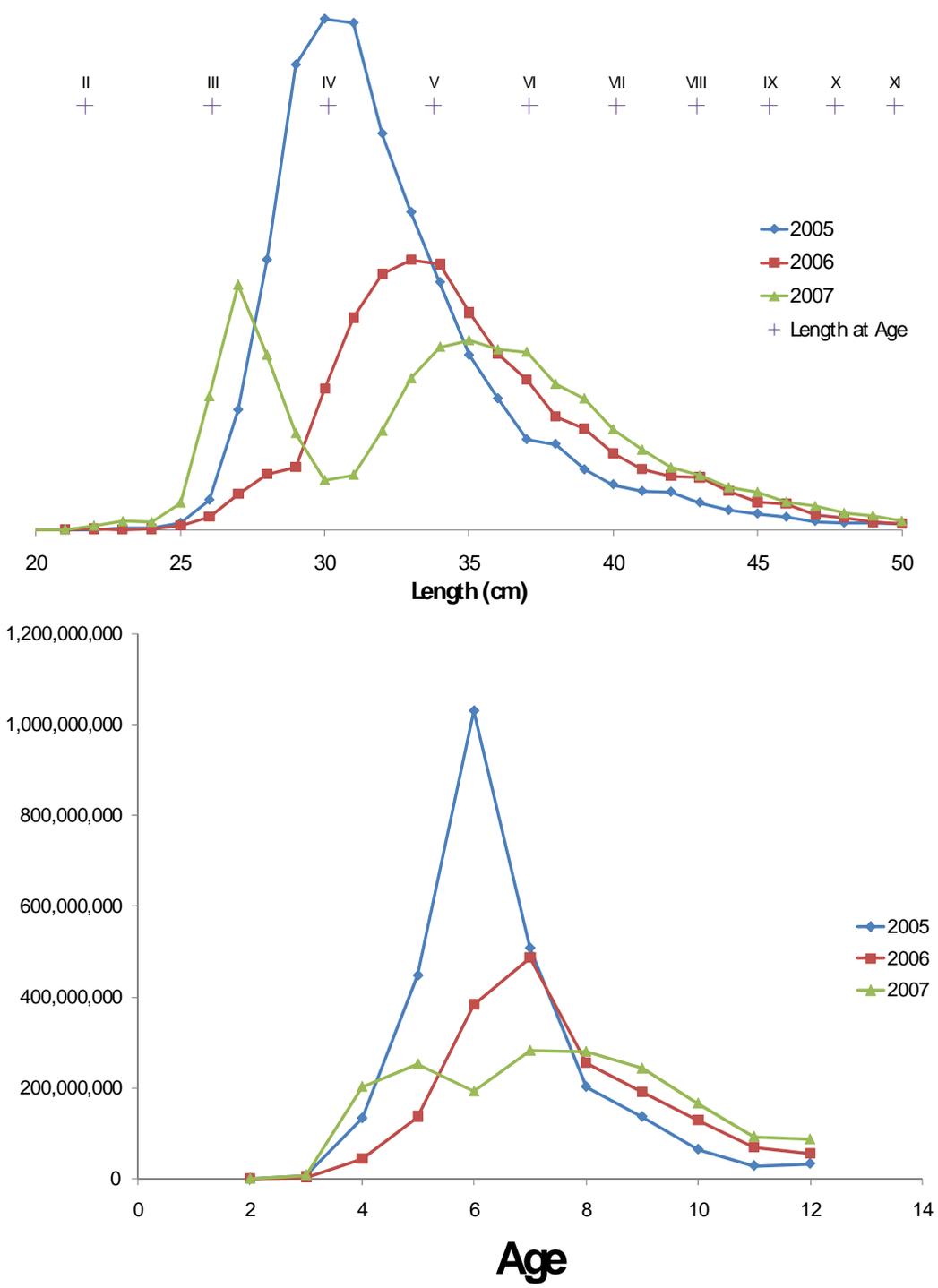


Figure 2. Example years of fishery length frequency data relative to mean lengths at age (crosses and roman numerals; top panel) compared to the age data from those same years of data (bottom panel).

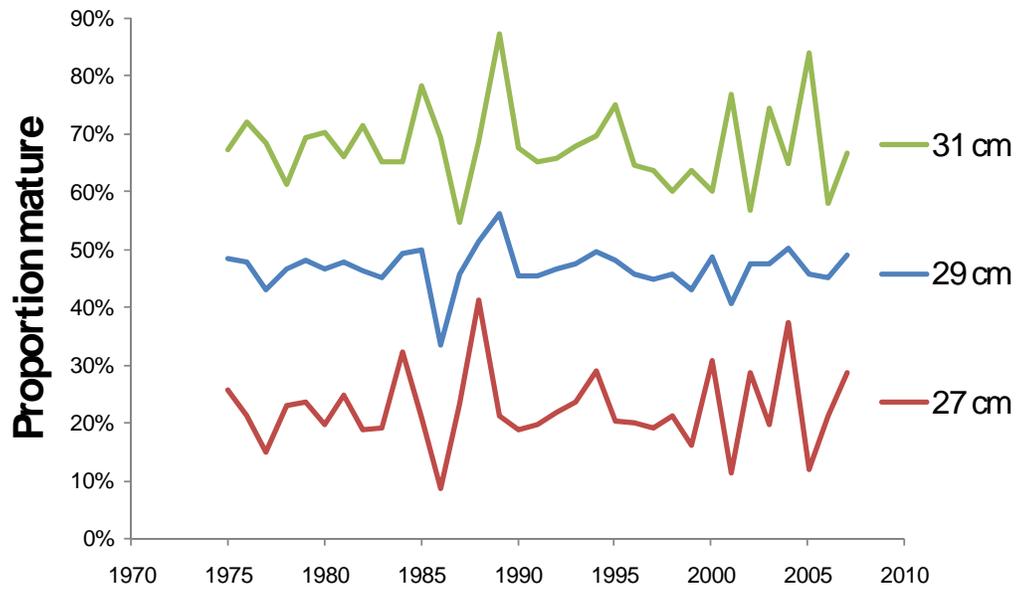


Figure 3. Changes in proportion mature at three different length categories (centered on 27, 29, and 31cm) to show how the assumption of constant proportion-mature at age can affect the observed proportion-mature at length depending on cohort abundance variability.

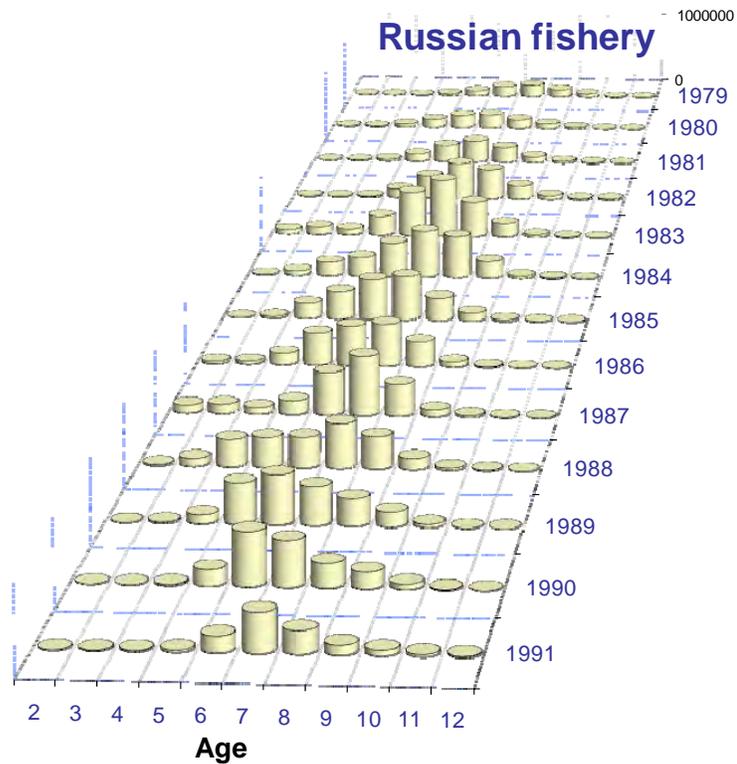
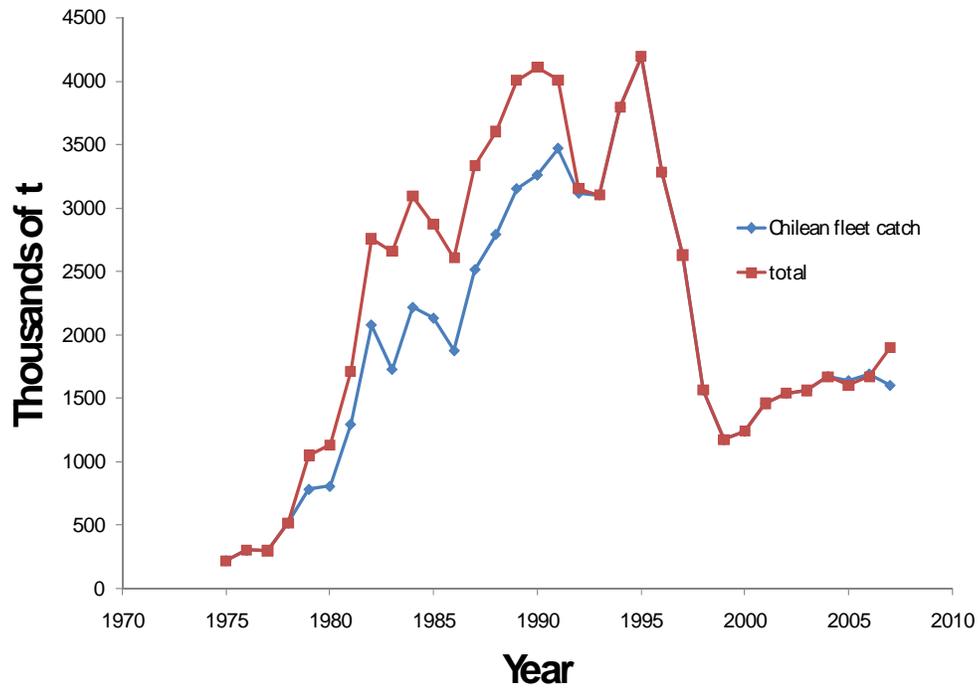


Figure 4. Catch (top panel) and Russian fishery catch-at-age used for configuring alternative AMAK model runs.



Figure 5. Average catch-weighted month of the Russian fishery.

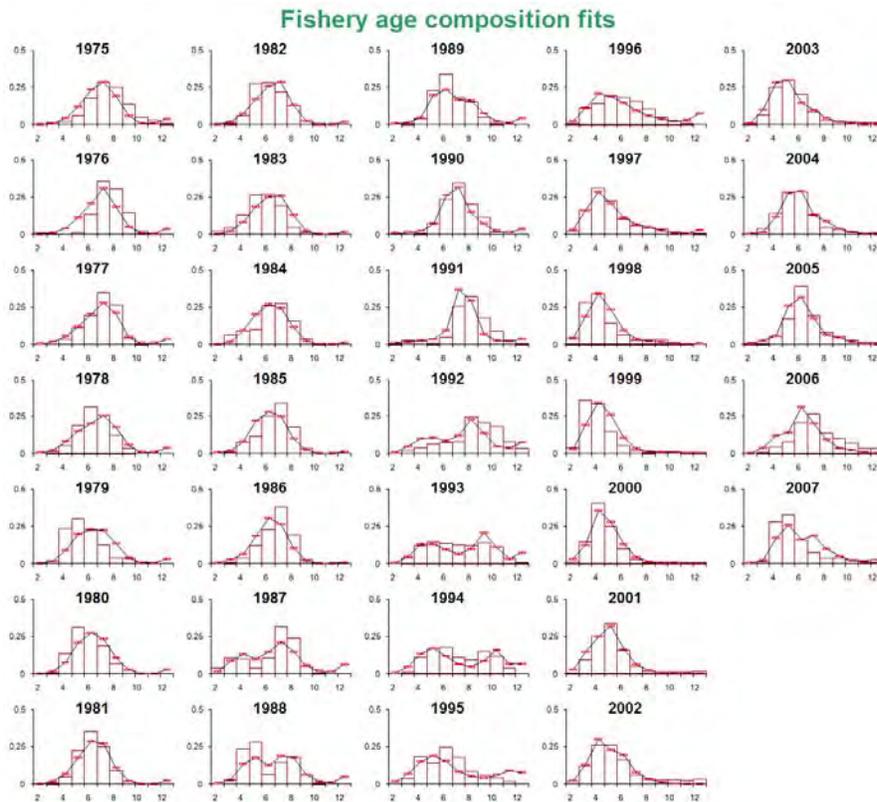


Figure 6. Example fit to the S-C Chilean catch-at-age proportions using the AMAK model (model 8 with Russian fishery included).

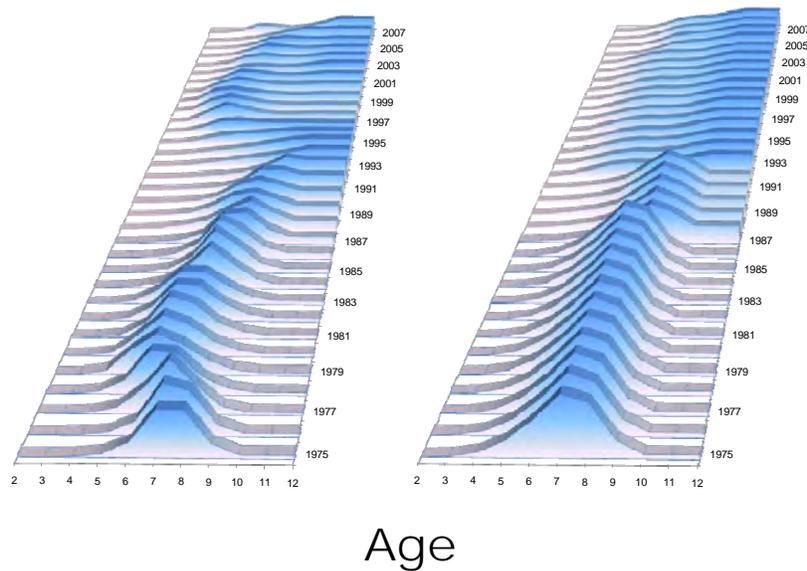


Figure 7. Estimated age-specific partial-recruitment (selectivity) for the VPA-like case (left panel) and the default 3-period case (right panel) for the S-C Chilean fishery.

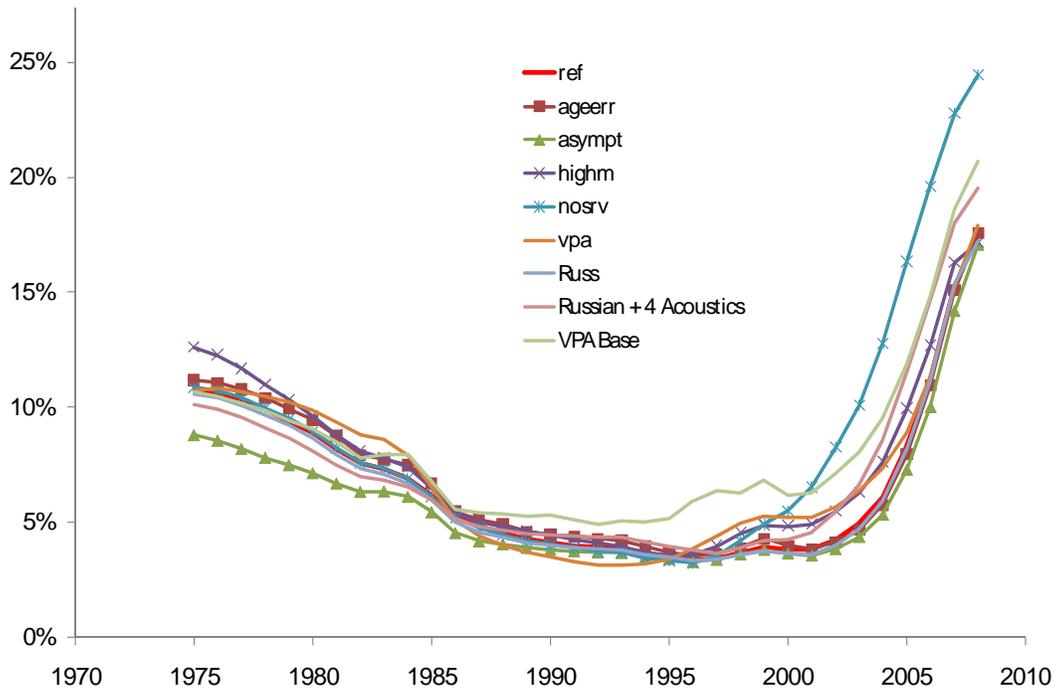
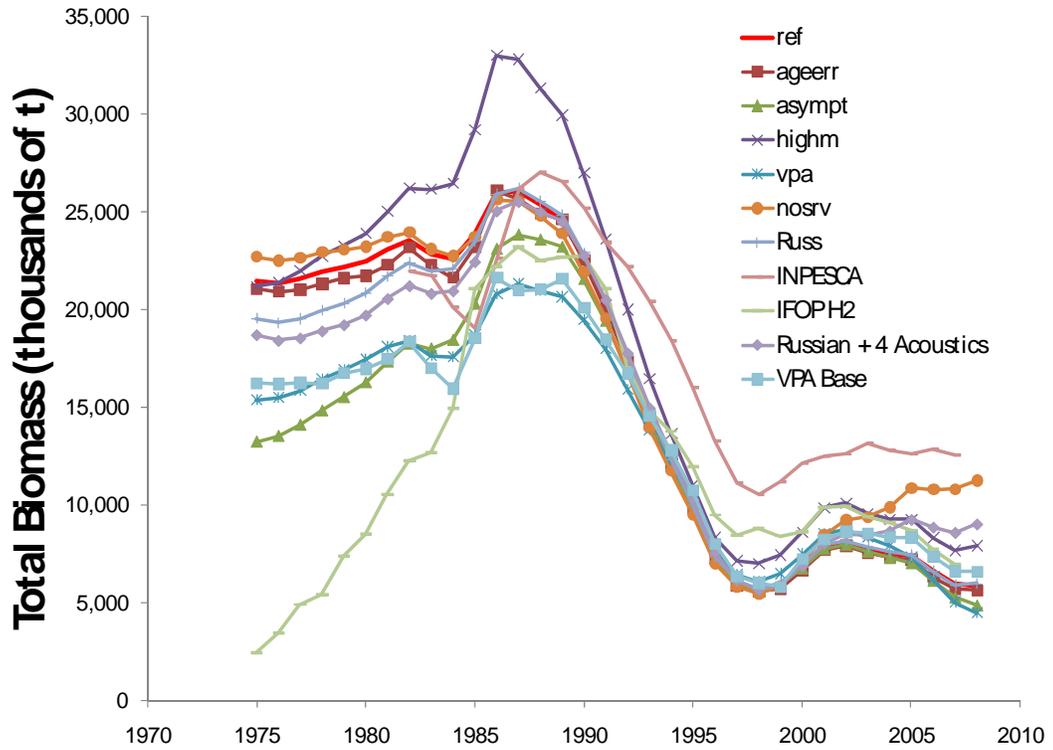


Figure 8. Comparison of total estimated biomass (top panel) and corresponding coefficients of variation (bottom pane) under different AMAK model configurations. Results from the IFOP and INPESCA models are also shown in total biomass panel for contrast.

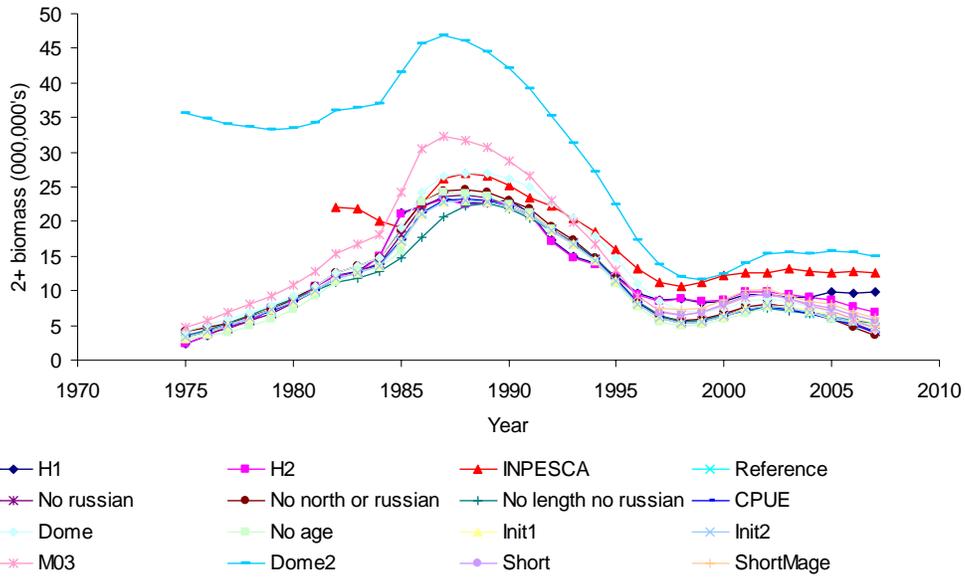


Figure 9. Comparison of total estimated biomass under different SS2 model configurations. Results from the IFOP (H1 and H2) and INPESCA models are also shown for contrast.

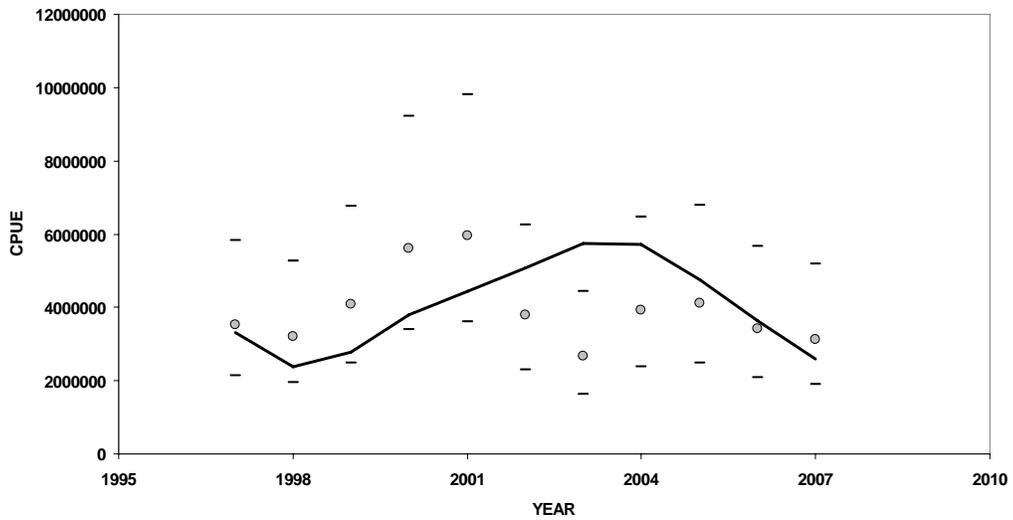


Figure 10. Fit to the IFOP acoustic index of abundance from the SS2 reference case model.

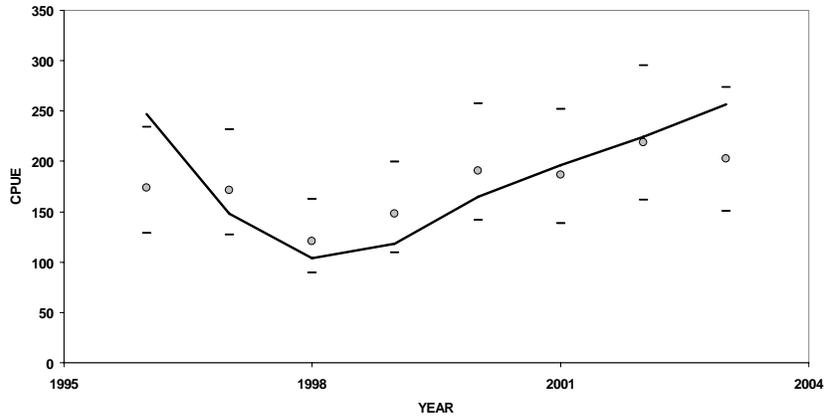


Figure 11. Fit to the southern fishery CPUE acoustic index of abundance from the SS2 reference case model (data not included in likelihood).

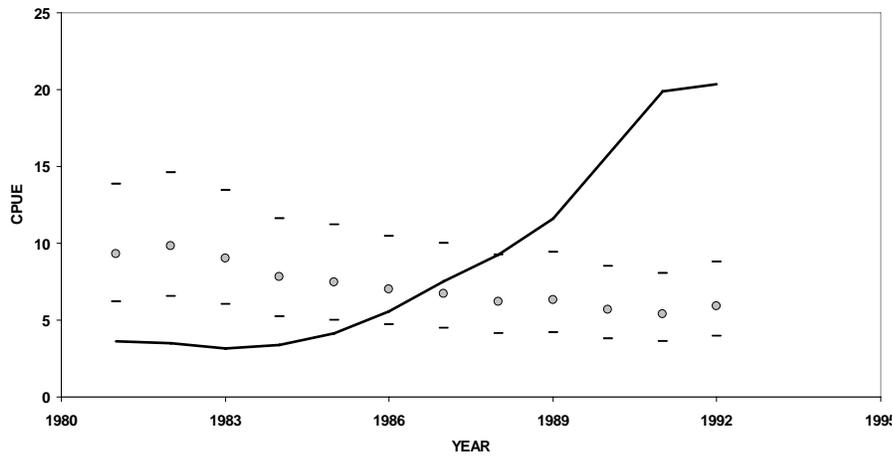


Figure 12. Fit to the Russian CPUE index of abundance from the SS2 reference case model (data not included in likelihood).

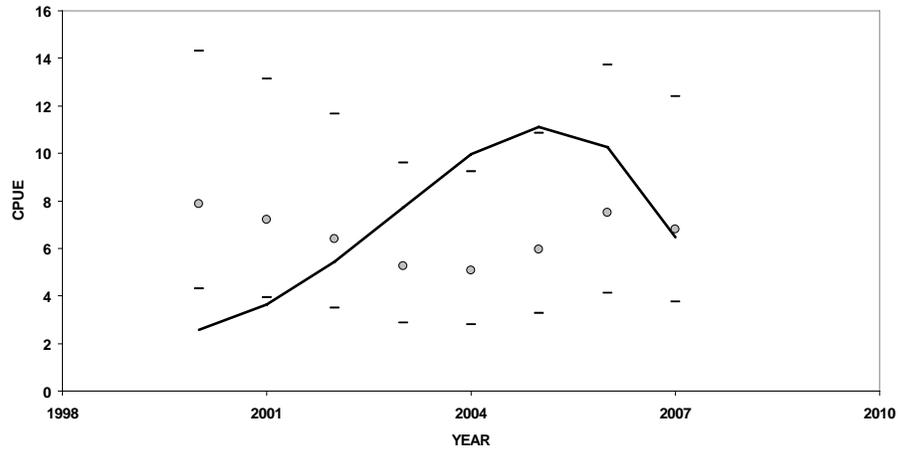


Figure 13. Fit to the Chinese CPUE index of abundance from the SS2 reference case model (data not included in likelihood).

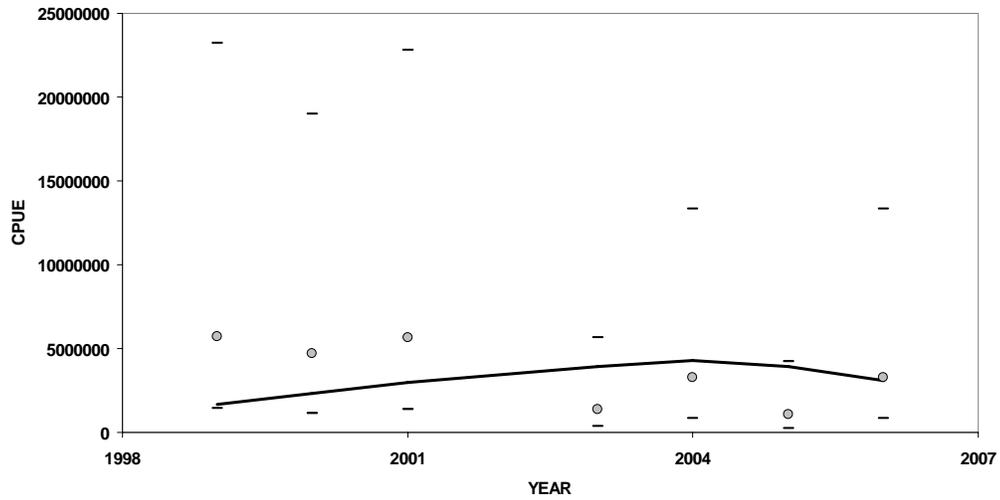


Figure 14. Fit to the INPESCA egg production index of abundance from the SS2 reference case model (data not included in likelihood).

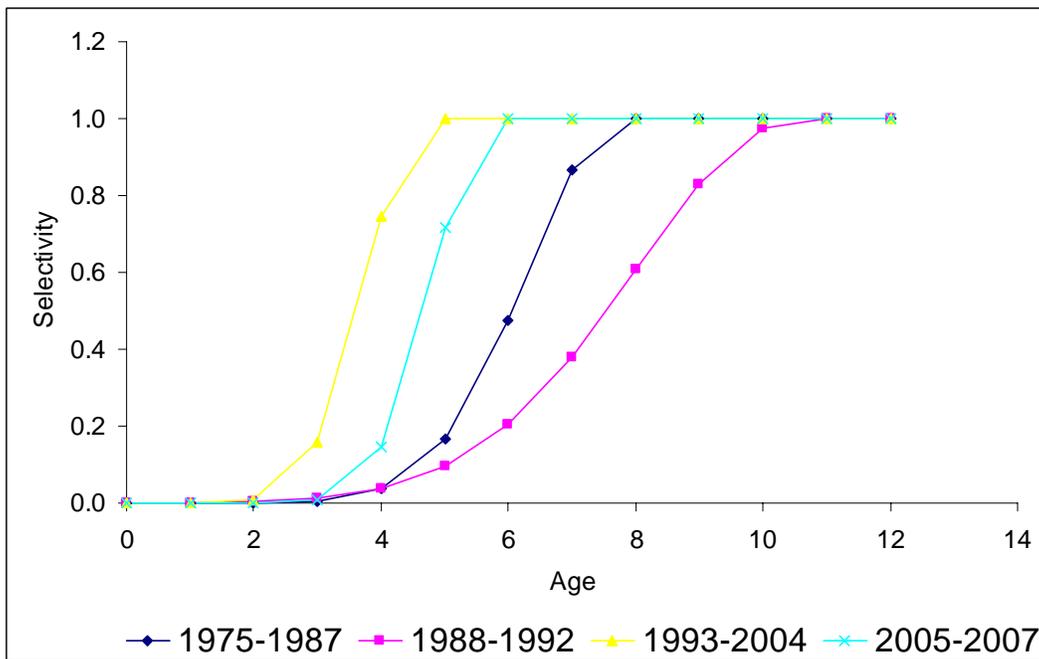


Figure 15. Estimates of selectivity for the southern fishery from the SS2 reference case model.

Tables

Table 1. Data inventory for jack mackerel stock assessment purposes

	Northern zone		Southern zone	Out EZZ
	18°25' - 24°S	24°-30°S	>32°- 45°S	
Fishery				
length frequency	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1979-1991 (1)(3)
weight at size	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007	
age frequency	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	1975-2007 (2)	
landings	1975-2007 (4)	1975-2007 (4)	1975-2007 (4)	1979-1991 (1)(4)
Surveys				
<i>Acoustic</i>				
Seasonal biomass	1981-1995; 2006-2007 (2)	1981-1995 (2)	1997-2007 (2) 1997-2007 (3)	2003-2007 (2) 2003-2007 (3)
length frequency				1997-2007 (2)(3)
age frequency				1997-2007 (2)(3)
<i>Eggs & larvae</i>				
Spawning Biomass			1999-2006 (3)	1999-2006 (3)
Eggs density.	1981-2007 (2)		1999-2006 (3)	1999-2006 (3)
Proportions of stations + length frequency	1981-2007 (2)		1999-2006 (3)	1999-2006 (3)
age frequency			1999-2006 (3)	1999-2006 (3)
Indices				
CPUE			1981-2005 (2)	1981-1991 (URSS) 2001-2007 (Chinese)
Effort			1981-2005 (2)	1981-1991 (URSS)
Environmental			SST since 1970 (3)	
Life history parameters				
Growth	yes	yes	yes	Yes
Maturity	yes	yes	yes	yes
M	yes	yes	yes	yes

(1) ex Soviet-Union fleet

(2) IFOP

(3) INPESCA

(4) SERNAPESCA/FAO

Table 2. Description of stock assessment models employed by IFOP and INPESCA and developments made during the jack mackerel workshop (JAWS) and plans for future analyses (JAWS II).

Model	IFOP	INPESCA	JAWS	JAWS II
Platform	MATLAB 6.5	ADM Builder		
Age-based	Yes	Yes	Yes	yes
Spatially defined?	No	No	no	sensitivity north-south (separated stocks)
By fleet			Yes (north, south, int.)	Inshore-offshore Chilean catch, international fleet
Fleet selectivity by fleet	at age	at age	at age	at age/length?
Constant	Yes	No	Yes	
Variable	No	No	No	
	by years groups	yes/random walk	Yes	
Functional	Yes	No	Yes (double-normal, penalties)	
Smoothing	No	yes	Yes,	
Fishing mortality	half year-Pope aprox.	free parameter		
Catch equation assumption	Pope's aprox.	Baranof	Baranov & Pope	
Acoustic catchability	Constant / hyper-depletion assumption (depends on H)	Yes	Yes, sensitivity. Two H.	As a function of the habitat (environment)
Acoustic selectivity	at age/by years groups	No	Yes, by age	Evaluate relative to TS
Recruitment process error	yes/Ricker	Yes/B&H	Yes	Yes, autocorrelation
Recruitment model		Yes/growth model	B&H, Ricker	To be investigated
Conversion from age to length	No		Yes	Yes

Table 3. Description of stock assessment data used in the IFOP and INPESCA models and developments made during the jack mackerel workshop (JAWS) and plans for future analyses (JAWS II).

Information	IFOP	INPESCA	JAWS	JAWS II
Catch-at-length				
By fleet (zone)	No	Yes	Yes	Yes
Catch-at-age				
By fleet (zone)	Yes	No	Yes	Yes
Landings				
aggregated	No	Yes	No	
by fleet	Yes	No	Yes	
by zone	Yes	No	Yes	
CPUE	Yes	No	C-S Chile, Russian, Chinese	
Natural mortality (M)	0.23	0.3	0.20 – 0.30 and estimated	
Acoustic biomass survey	Proportional	Proportional	Proportional North (prop.). Two q 's. Central-South (2 H) Explore two q 's (INPESCA & IFOP series)	
Length compositions	No	No	Yes	Yes
Age compositions	Yes	No	Yes	
Sampling design	Systematic/survey	Adaptative/fleet		
Estimation approach	Geostatistical	Geostatistical		
Weight-at-age	Yes-annual	Yes (from curve)	Yes	Fitting W-Age
Inter-annual weight variability	Yes	No	Yes/no. Both. Sensitivity	Yes
Spawning biomass survey	Proportional	Absolute		
Sampling design	Systematic/survey	Systematic/survey		
Length compositions	No	No	Yes	
Age compositions	No	No	Yes	
Egg density surveys + stations (proportions)			Yes.	
Density			Yes	

Table 4. Types of data fitting specifications over current and proposed modeling work.

Likelihood	IFOP	INPESCA	JAWS	JAWS II
Catch-at-length	No	Multinomial (n=400)	MN(p,n=??). by zone/fleet. By year.	bootstrap work
Catch-at-age	Multinomial (n<50)	No	MN(p,n=??) by zone/fleet.	
Landings	No	log-N (cv=0,05)	No (Pope)	
Landings with errors			No	Test
CPUE	log-N (cv=0,15)	No	LN(cv=??) south	
Acoustic biomass survey	log-N (cv<0,4)	N (s=??)	LN(cv=??) north LN(cv=??) south	
Spawning biomass survey	log-N (cv=0,8)	N (s=??)	LN(cv=??) south	
Eggs density surveys			LN(cv=??) north LN(cv=??) south	
Survey - age frequency	Multinomial (n=10)	No		
Priors				
Length-at-age variability	No	N(0,06, s=??)	Yes (mean=0,06) N. Bounds.	
Growth function			L_{∞} and k	
Recruitment error	log-N (0; 0,5)	N(0,s=??)	Yes (cv=0,6).LN	
Fishing mortality error	No	N(0; s=??)	Yes (LN)	
Fleet selectivity error	No	N(0; s=??)	Yes (F-LN), smooth	

Table 5. Model configurations developed using the AMAK code during the workshop.

Models	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Name	Reference	VPA-like	Asymptotic	NoSurvey	AgeError	4Surveys	M=0.3	Russian	Base_vpa
Separability	Default	Annual	Default	Default	Default	Default	Default	Default	Annual
Selectivity shape	Default	Default	Asymptotic	Default	Default	Default	Default	Default	Default
Survey	Default	Default	Default	Ignored	Default	Default	Default	Default	Default
Age-errors	None	None	None	None	Yes	None	None	None	None
4-surveys	No	No	No	No	No	Yes	No	Yes	Yes
Natural mortality	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.3	0.23	0.23
Russian Fishery	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes

References

- Caballero, L. and 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.
- Cubillos, L., Gatica, C., and Serra, R. 2008. Short review of natural mortality and size at first maturity on jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeastern Pacific. Workshop Report #9.
- Cubillos, L.C., J. Paramo, P. Ruiz, S. Nunez, and A Sepulveda. 2008. The spatial structure of the oceanic spawning of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off central Chile (1998-2001). Fisheries Research. 90:261-270.
- Dorn, M.W. 1992. Detecting environmental covariates of Pacific whiting *Merluccius productus* growth using a growth-increment regression model. Fish. Bull. 90:260-275.
- Kimura, D.K. 1989. Variability in estimating catch-in-numbers-at-age and its impact on cohort analysis. In R.J. Beamish and G.A. McFarlane (eds.), Effects on ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aq. Sci. 108:57-66.
- Methot, R.D., 2000. Technical Description of the Stock Synthesis Assessment Program. NOAA Tech memo NMFS-NWFSC-43, p. 46.
- Lillo, 1996.
- Peña, H. 2008. *In situ* target-strength measurements of Chilean jack mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) collected with a scientific echosounder installed on a fishing vessel. – ICES Journal of Marine Science 65: 594–604.

A N E X O 2

**Annotated Chilean jack mackerel wokshop:
Agenda**



Chilean Jack Mackerel
Workshop

Annotated Chilean Jack Mackerel Workshop Agenda

Monday 30

Session 1. Opening session

09.00 – 11.00

- Opening ceremony and opening statements
- Election of chairperson and rapporteurs
- Review and approval of the annotated agenda
- Overview of the objectives of the workshop and aspects to be addressed at each session

11.00 – 11.30 Coffee break

Session 2. Jack mackerel stock structure

Introductory conference

11.30h – 12.00h Horse Mackerel Stock Identification Research (EU-project HOM SIR), by Pablo Abaunza- Project coordinator, Spain.

Presentation of papers

<u>Hour</u>	<u>number paper</u>	<u>Title</u>
12.00h	#2.	Distribution of early developmental stages of jack mackerel in the Southeastern Pacific ocean. Sergio Núñez, Sebastián Vásquez, Patricia Ruiz & Aquiles Sepúlveda. Instituto de Investigación pesquera (INPESCA) – Chile.
12.20h	#3.	Genetic variation on mtDNA Cytb sequence of three populations of Chilean jack mackerel, <i>Trachurus murphyi</i> from the Southern Pacific. Min ZHANG•Yong-jiu XU •Cheng-hui WANG.
12.40h	#4.	Changes in the latitudinal and longitudinal distribution of the aggregations of Jack Mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Peruvian sea during 1996-2007. Ericka Espinoza, Miguel Ñiquen y Roberto Flores. Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Perú.
13.00h	#5.	Distribution and Concentration of jack mackerel (<i>trachurus murphyi</i>) related to oceanographical features between north Peru to north Chile. Ñiquen, M.A (mniquen@imarpe.gob.pe) y C.L. Peña. Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Perú.
13.20h	#6.	Inter-annual and seasonal variability of oceanological conditions in the Southern Pacific Ocean in connection with the pelagic ecosystem structure. P.Chernyshkov*, E.Timokhin*, A. Glubokov**.
13.40h	#7.	Jack mackerel (<i>trachurus murphyi</i>) distribution peculiarities in the high seas of the south pacific in relation to the population structure. Soldat V.T., Kolomeiko F.V., Glubokov A.I., Nesterov A.A. ,Chernyshkov P.P., Timokhin E.N.

- 14.00 – 15.30 Lunch
- 15.30h #24. Research and management of Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) exploited in the South East Pacific Ocean. Government of Chile, Undersecretariat for Fisheries.
- 15.45 – 16.15 Discussion Jack mackerel stock structure
- 16.15 – 16.45 Coffee break
- 16.45 – 18.00 Discussion Jack mackerel stock structure (cont'd)
- 18.00 End first day

Information papers

- #1. Seasonal distribution and abundance of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) eggs and larvae off northern Chile 1981-2007 Mauricio Braun (mbraun@ifop.cl) y Vivian Valenzuela. Instituto de Fomento Pesquero.

Tuesday 01

- 09.00 – 11.00
- Review of report of stock structure working hypotheses and discussion of implications for stock assessment
- 11.00 – 11.30 Coffee break

Session 3. Jack mackerel stock assessment data and surveys

Introductory conference

- 11.30h – 12.00h Surveys in species with large spatial distribution, by Tore Stromme- Institute of Marine Research, Norway

Presentation of papers

- | <u>Hour</u> | <u>number paper</u> | <u>Title</u> |
|-------------|---------------------|---|
| 12.00h | #9. | Jack Mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) spatial distribution and seasonal acoustic biomass estimated in north of Chile. 1981 - 1990. Jorge Castillo P. (jcastillo@ifop.cl). Instituto de Fomento Pesquero (Blanco 839, Valparaíso, Chile). |
| 12.20h | #11. | Jack Mackerel (<i>Trachurus Murphyi</i> , Nichols, 1920) acoustic survey in the central coast of Chile José Córdova (jcordova@ifop.cl), Roberto Bahamonde and Victor Catasti. Instituto de Fomento Pesquero – IFOP- Chile. |
| 12.40h | #16. | Distribution changes and interactions of Jack Mackerel off Peru as observed using acoustics (1983-2006). Mariano Gutiérrez (1), Arnaud Bertrand (2), Michael Ballón (2), Pepe Espinoza (3) , Ana Alegre (3) and Francois Gerlotto (4). (1) TASA- Perú, (2) IRD – France, (3) IMARPE-Peru. |

- 13.00h #13. Reproductive Parameters and Spawning Biomass of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*), in 1999-2006, determined by The Daily Egg Production Method. Patricia Ruiz(1), Aquiles Sepúlveda(1), Luis Cubillos(2), Ciro Oyarzun(2), Javier Chong(3). (1) Instituto de Investigación pesquera (INPESCA) - Chile, (2) Universidad de Concepción-Chile.
- 13.20h #15. Report of data collection on Jack mackerel in South-East Pacific. Min Zhang, Xiaorong Zou, Yingqi Zhou* Shanghai Ocean University, China.
- 13.40h #12. Catch size compositions for jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile (1975-2006) Claudio Bernal (cbernal@ifop.cl), Antonio Aranís, Carlos Martínez, Cristian Canales. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)- Chile.
- 14.00 – 15.30 Lunch
- 15.30h #18. The fishery for jack mackerel in the Eastern Central Pacific by Dutch trawlers in 2007. Ad Corten (adcorten@yahoo.co.uk).
- 15.50h #19. An overview of the New Zealand jack mackerel fishery: catch composition, catch trends, seasonality and length-frequency composition. Andrew Penney (andrew.penney@fish.govt.nz) and Paul Taylor.
- 16.10h #10. Catch per Unit Effort of Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*) of the purse seine fishery off south-central Chile (32°10' – 40°10' S) 1981-2005. Cristian Canales (ccanales@ifop.cl), L. Caballero y A. Aranís. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) Chile.
- 16.30 – 17.00 Coffee break
- 17.00h #17. Program Bio-oceanographic Research of resources Jack mackerel and Pacific mackerel in Peru. Miguel Ñiquen Carranza (mniquen@imarpe.gob.pe) Instituto del Mar del Perú (IMARPE)- Perú.
- 18.00 End second day

Information papers

#8. Methodology employed for age determination in Chilean Jack Mackerel (*Trachurus murphyi*). V. Ojeda (vojeda@ifop.cl), V. Bocic y L. Muñoz. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile.

#14. Short review of natural mortality and size at first maturity on jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeastern Pacific Luis Cubillos (1), Claudio Gatica (2), Rodolfo Serra (3). (1) Universidad de Concepción, (2) Instituto de Investigación Pesquera y (3) IFOP-Chile

Wednesday 02

- 09.00 – 11.00 Discussion Jack mackerel stock assessment data and surveys
- 11.00 – 11.30 Coffee break
- 11.30h – 14.00 Discussion Jack mackerel stock assessment data and surveys (cont'd)
- 14.00 – 15.30 Lunch

Session 4. Stock assessment approaches

Introductory conference

15.30h – 16.00h Assessment approaches when spatial distribution adds uncertainty to stock structure, by James Ianelli, NOAA, USA.

16.15 – 16.45 Coffee break

<u>Hour</u>	<u>number paper</u>	<u>Title</u>
16.45h	#20.	Chilean jack mackerel stock assessment model. Cristian Canales (ccanales@ifop.cl) y Rodolfo Serra. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) - Chile.
17.00h	#21.	Maximum sustainable yield (MYS) and optimum effort of fishing of jack and pacific mackerel (<i>Trachurus murphyi</i> , <i>scomber japonicus</i>) in Perú (1997-2006). Christian Garcia (cgarcia@imarpe.gob.pe). Instituto del Mar del Perú (IMARPE) – Perú.
17.20h	#22.	Preliminary estimation of current state of Chilean Jack Mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) stock in the high seas of the South East Pacific. Dmitry Vasilyev and Alexander Glubokov (glubokov@vniro.ru).
18.00		End third day

Information papers

#25. Updated Status of the Chilean Jack Mackerel Stock (presented in 5th Conference SPRFMO, Guayaquil 2008). C. Canales & R. Serra, 2008

Thursday 03

09.00 – 11.00	Discussion Jack mackerel Stock assessment approaches
11.00 – 11.30	Coffee break
11.30h – 14.00	Discussion Jack mackerel Stock assessment approaches (cont'd)
14.00 – 15.30	Lunch

Session 5. Jack mackerel stock structure research programme

15.30h	#23. Population structure of the Chilean jack mackerel, <i>Trachurus murphyi</i> , in the South Pacific Ocean: full proposal for discussion for an international joint research. Rodolfo Serra (Chile) & Alexander Glubocov (Russia)
16.15 – 16.45	Coffee break
16.45 – 18.00	Discussion on Research Programme Proposal Conclusions on Research Programme Proposal
18.00	End fourth day

Friday 04

09.00 – 12.00 Presentation, review and approval of the Report of the Workshop (Rapporteurs)
13.00 – 14.00 Public presentation of the Final Report

A N E X O 3

**Agenda Taller de Difusión
Proyecto FIP N° 2007-23**



ANEXO 3. Agenda Taller de Difusi3n de resultados proyecto FIP N° 2007-23 Revisi3n Metodologías Evaluaci3n del Jurel a nivel Sub regional

Sal3n de conferencias del Instituto de Investigaci3n Pesquera, VIII Regi3n, Talcahuano
Martes 18 de Noviembre del 2008

10h00m – 10h15m	Presentaci3n del proyecto
10h15m – 11h00m	Fuentes de Informaci3n empleada en la evaluaci3n de stock del jurel en Chile (Rodolfo Serra)
11h00m – 11h20m	Cafe
11h20m – 12h00m	Parámetros biol3gicos empleados en la evaluaci3n de stock del jurel en Chile (Luis Cubillos)
12h00m – 13h00m	Oceanografía, migraciones e hip3tesis de la estructura poblacional del jurel en el OPS (Aguiles Sepúlveda)
13h00m – 14h30m	Almuerzo
14h30m – 15h15m	Análisis de modelos de evaluaci3n (Cristian Canales)
15h15m – 15h35m	Cafecito
15h35m – 16h15m	Diagn3stico del recurso y estrategias de explotaci3n (Cristian Canales)
16h15m – 17h00m	Conclusiones y clausura

A N E X O 4

**Plan detallado de HH ejecutadas
Proyecto FIP N° 2007-23**

**ANEXO 4. Plan detallado de HH ejecutadas durante el proyecto FIP 2007-23****Objetivo General****Instituto de Fomento Pesquero**

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Cristian Canales	20	20	60	80	20	200
Rodolfo Serra	20	20	80	20	60	200
Carlos Martinez	0	0	51	0	13	64
Antonio Aranis	0	13	38	0	13	64
Leonardo Caballero	0	40	24	0	16	80
José Córdoba	0	16	16	0	0	32
Juan Carlos Quiroz	0	48	48	48	16	160
Mariella Canales	0	0	112	32	16	160
Victor Bocic	0	26	6	0	0	32

Instituto de Investigaci3n Pesquera

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informe	Total
Aquiles Sepúlveda	23	11	23	23	34	113
Claudio Gatica M	22	11	22	22	33	111
Sergio Nuñez	19	58	10	0	10	96
Mario Aguayo	18	54	9	0	9	90
Jose Giacaman S	18	54	9	0	9	90
Marcos Arteaga	16	48	8	0	8	80
Ruben Alarcon	12	37	6	0	6	62
Carlos Gonzales A	11	34	6	0	6	57
Lidia Vilugron	11	34	6	0	6	57

Consultor Independiente

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Luis Cubillos	0	40	60	80	20	200



Objetivo Específico 1

Instituto de Fomento Pesquero

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Cristian Canales	5	10	20	0	5	40
Rodolfo Serra	5	10	20	0	5	40
Carlos Martinez	0	0	30	0	2	32
Antonio Aranís	0	5	25	0	2	32
Leonardo Caballero	0	18	10	10	2	40
José Cordoba	0	10	22	0	0	32
Juan Carlos Quiroz	0	0	10	2	20	32
Mariella Canales	0	0	10	2	20	32
Victor Bocic	0	10	20	0	2	32

Instituto de Investigaci3n Pesquera

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informe	Total
Aquiles Sepúlveda O.	3	2	3	3	5	17
Claudio Gatica M	3	2	3	3	5	17
Sergio Nuñez	10	29	5	0	5	48
Mario Aguayo	9	27	5	0	5	45
Jose Giacaman S	9	27	5	0	5	45
Marcos Arteaga	8	24	4	0	4	40
Ruben Alarcon	6	19	3	0	3	31
Carlos Gonzales A	6	17	3	0	3	29
Lidia Vilugron	6	17	3	0	3	29

Consultor Independiente

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Luis Cubillos	0	10	10	10	5	35



Objetivo Específico 2

Instituto de Fomento Pesquero

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Cristian Canales	5	10	20	0	5	40
Rodolfo Serra	5	10	20	0	5	40
Carlos Martinez	0	0	30	0	2	32
Antonio Aranís	0	5	25	0	2	32
Leonardo Caballero	0	18	10	10	2	40
José Cordoba	0	0	0	0	0	0
Juan Carlos Quiroz	0	0	10	2	20	32
Mariella Canales	0	0	10	2	20	32
Victor Bocic	0	0	0	0	0	0

Instituto de Investigaci3n Pesquera

	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informe	Total
Aquiles Sepúlveda O.	3	2	3	3	5	17
Claudio Gatica M	3	2	3	3	5	17
Sergio Nuñez	10	29	5	0	5	48
Mario Aguayo	9	27	5	0	5	45
Jose Giacaman S	9	27	5	0	5	45
Marcos Arteaga	8	24	4	0	4	40
Ruben Alarcon	6	19	3	0	3	31
Carlos Gonzales A	6	17	3	0	3	29
Lidia Vilugron	6	17	3	0	3	29

Consultor Independiente

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Luis Cubillos	0	10	20	20	5	55



Objetivo Específico 3

Instituto de Fomento Pesquero

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Cristian Canales	5	10	20	0	5	40
Rodolfo Serra	5	10	20	0	5	40
Carlos Martinez	0	0	0	0	0	0
Antonio Aranís	0	0	0	0	0	0
Leonardo Caballero	0	0	0	0	0	0
José Cordoba	0	0	0	0	0	0
Juan Carlos Quiroz	0	0	10	2	20	32
Mariella Canales	0	0	10	2	20	32
Victor Bocic	0	0	0	0	0	0

Instituto de Investigaci3n Pesquera

	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informe	Total
Aquiles Sepúlveda O.	8	4	8	8	12	40
Claudio Gatica M	8	4	8	8	12	40
Sergio Nuñez	0	0	0	0	0	0
Mario Aguayo	0	0	0	0	0	0
Jose Giacaman S	0	0	0	0	0	0
Marcos Arteaga	0	0	0	0	0	0
Ruben Alarcon	0	0	0	0	0	0
Carlos Gonzales A	0	0	0	0	0	0
Lidia Vilugron	0	0	0	0	0	0

Consultor Independiente

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Luis Cubillos	0	10	20	30	5	65



Objetivo Específico 4

Instituto de Fomento Pesquero

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Cristian Canales	5	15	20	30	10	80
Rodolfo Serra	5	15	40	10	10	80
Carlos Martinez	0	0	0	0	0	0
Antonio Aranís	0	0	0	0	0	0
Leonardo Caballero	0	0	0	0	0	0
José Cordoba	0	0	0	0	0	0
Juan Carlos Quiroz	0	4	20	10	30	64
Mariella Canales	0	4	20	10	30	64
Victor Botic	0	0	0	0	0	0

Instituto de Investigaci3n Pesquera

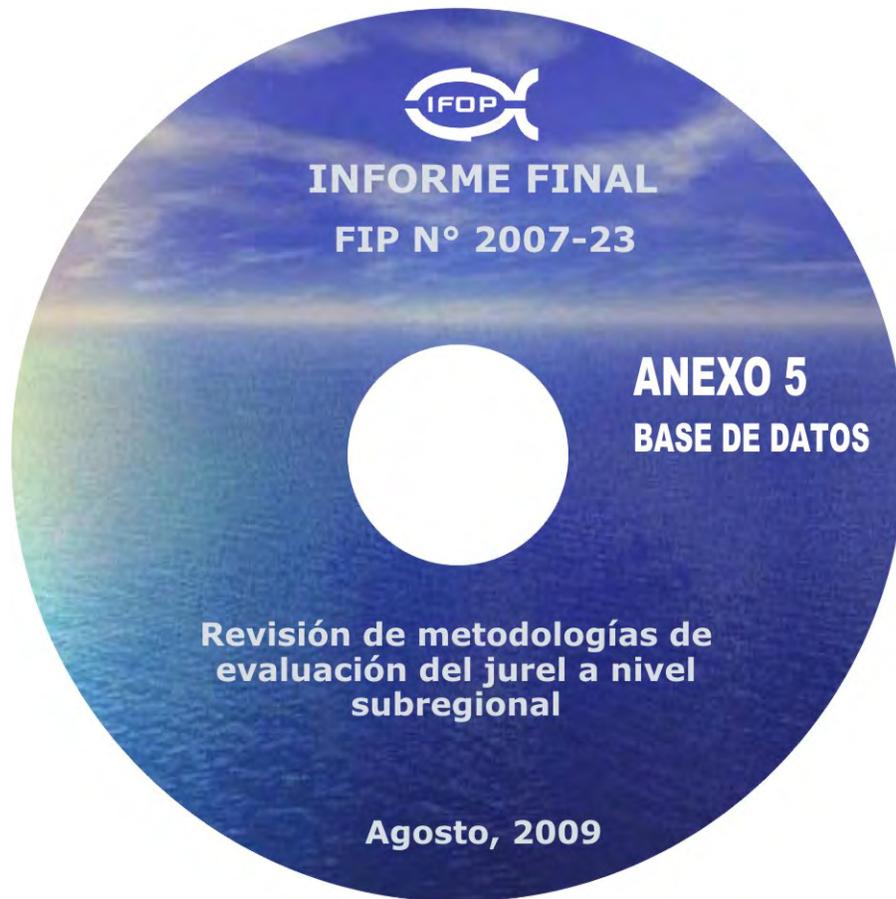
	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informe	Total
Aquiles Sepúlveda O.	8	4	8	8	12	40
Claudio Gatica M	8	4	8	8	12	39
Sergio Nuñez	0	0	0	0	0	0
Mario Aguayo	0	0	0	0	0	0
Jose Giacaman S	0	0	0	0	0	0
Marcos Arteaga	0	0	0	0	0	0
Ruben Alarcon	0	0	0	0	0	0
Carlos Gonzales A	0	0	0	0	0	0
Lidia Vilugron	0	0	0	0	0	0

Consultor Independiente

Personal	Gesti3n	Análisis datos	Discusi3n	Modelaci3n	Informes	Total
Luis Cubillos	0	10	10	20	5	45

ANEXO 5

**CD contiene:
Base de datos
Proyecto FIP N° 2007-23**





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Unidad de Ediciones y Producción
Blanco 839, Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl