



INFORME FINAL

FONDO INVESTIGACION PESQUERA
FIP Nº 2000-15

Evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas





INFORME FINAL

FIP N° 2000-15

**Evaluación de
Merluza de cola y
Merluza de tres aletas**

TOMO 1

· Julio, 2002 ·



REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP

Presidente del Consejo:

Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Evaluación Pesquerías Nacionales:

Jorge Farías Ahumada

Director Ejecutivo:

Guillermo Moreno Paredes



JEFE DE PROYECTO

IGNACIO PAYÁ C.

AUTORES

IGNACIO PAYÁ
PEDRO RUBILAR
HUMBERTO POOL
RENATO CÉSPEDES
HERNÁN REYES
NELSON EHRHARDT
LUIS ADASME
HÉCTOR HIDALGO



RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de los stocks de merluza de cola y merluza de tres aletas ha cobrado gran importancia en los últimos años, ya que estas especies han surgido como recursos alternativos tanto para la pesquería demersal sur austral, que históricamente estuvo orientada a la pesca de merluza del sur y congrio dorado, como para la pesquería de cerco de la zona centro-sur en el caso de la merluza de cola, debido a la disminución de la abundancia del jurel. En la actualidad tanto la pesquería de merluza de cola como de merluza de tres aletas se encuentran declaradas en regímenes de plena explotación y sujetas a cuotas anuales de captura.

Debido a lo anterior, el objetivo general del presente proyecto fue formular un programa de evaluación de stock de los recursos merluza de cola y merluza de tres aletas, teniendo como objetivos específicos: 1) Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks. 2) Proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock y 3) Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos en estudio.

La ejecución del proyecto contempló la revisión de toda la información disponible a nivel nacional e internacional sobre los dos recursos, así como la realización de dos talleres, uno de carácter nacional y el otro internacional.



El primer taller tuvo por objetivo recopilar y analizar la información sobre los antecedentes biológico-pesqueros y de la evaluación de stock y el manejo de estas pesquerías en Chile, de forma tal de identificar las necesidades de investigación para la evaluación de estas pesquerías. Dentro de los aspectos biológicos se revisaron temas como: unidad de stock, mortalidad natural, edad y crecimiento, aspectos de reproducción y relaciones tróficas, etc. La revisión de los modelos de evaluación se realizó siguiendo la lista de chequeo del National Research Council de los Estados Unidos (NRC 1998), lo cual incluyó la revisión de los modelos indirectos de evaluación actualmente en uso, así como los procedimientos y resultados de las evaluaciones hidroacústicas realizadas hasta la fecha. Dentro de los aspectos de manejo se revisaron las diferentes estrategias de explotación y los requerimientos actuales de la administración pesquera, para esto último se contó con la participación de la Subsecretaría de Pesca.

Para tener una visión global de estos recursos y de las pesquerías que operan sobre ellos, se incluyó en el taller la participación de investigadores del INIDEP y de la Universidad de Miami. Esto permitió analizar tanto los antecedentes biológico-pesqueros así como las evaluaciones indirectas y directas de los recursos en el Atlántico.

También se contó con la participación del Sr. Julio Olivares Gerente de Operaciones de EMDEPES, principal empresa pesquera que captura merluza de tres aletas en Chile. El Sr. Olivares aportó significativamente a la comprensión del efecto de las tácticas de operación de las flotas sobre los rendimientos de pesca y de su utilidad como indicadores de la abundancia del recurso.



Las discusiones y análisis del primer taller generaron una lista de hipótesis preliminares para dar cuenta de la falta de conocimiento sobre el ciclo de vida de los recursos. También, se estableció un delineamiento de un programa de investigación a corto y mediano plazo orientado a fortalecer la evaluación de los recursos y mejorar la asesoría para el manejo de estas pesquerías.

El segundo taller, de carácter internacional, tuvo por objetivo recopilar y analizar la información sobre los antecedentes biológico-pesqueros, de la evaluación de stock y el manejo de las pesquerías de merluza de cola y merluza de tres aletas en Chile, en Argentina, en las islas Malvinas/Falkland y en Nueva Zelanda.

En el taller internacional se presentó la lista de hipótesis y sus fundamentos, las cuales fueron analizadas y adecuadas en función del conocimiento y discusión aportada por los expertos extranjeros, lográndose una lista de hipótesis específicas para cada recurso.

La discusión sobre las similitudes y las diferencias entre los procesos dinámicos de los recursos en los diferentes países así como los métodos de evaluación de la abundancia, tanto directos como indirectos, permitieron identificar las modificaciones necesarias al programa de evaluación de stock generado en el primer taller. Se consideró necesario mantener la división entre necesidades de investigación de corto plazo (5 años), orientadas a fortalecer los procedimientos actuales de evaluación de stock, y los requerimientos de investigación de más largo plazo, que tienen por finalidad reconocer la naturaleza multiespecífica y multi-pesquerías de la explotación de los recursos. La naturaleza multiespecífica surge de la interacción depredador –presa entre los diferentes recursos, mientras que la



característica multi-pesquería emerge por las diferentes flotas o artes de pesca que vulneran las diferentes etapas del ciclo de vida de los recursos.

El programa de evaluación de corto plazo para merluza de cola considera un enfoque monoespecífico, que emplea un modelo estadístico de captura a la edad estratificado por flota que integra índices de abundancia provenientes de las capturas comerciales y de las evaluaciones directas (**Cuadro 1**). Para fortalecer esta evaluación el programa de investigación de corto plazo está diseñado para mejorar los datos y parámetros empleados por el modelo con énfasis en los índices de abundancia basados en la CPUE comercial y las evaluaciones hidroacústicas del stock.

Para la merluza de tres aletas, el modelo de evaluación estima la abundancia de la fracción del stock que ingresa a desovar a Chile desde el océano Atlántico (**Cuadro 1**). Para mejorar este procedimiento de evaluación se debe determinar el número de unidades de stock en el cono sur de América y el grado de mezcla entre ellas, así como profundizar en la dinámica de la capturabilidad a través de la migración reproductiva y en las evaluaciones directas del stock desovante.

En el mediano y largo plazo se deben implementar sistemas de recopilación y monitoreo de los contenidos estomacales, desarrollar modelos de evaluación multiespecíficos, revisar los puntos biológicos de referencia y el impacto de diferentes medidas de administración sobre el complejo multiespecífico. También, se deben estudiar desde los primeros estadios del desarrollo hasta la fase de pre-reclutas y analizar el posible impacto del ambiente sobre la supervivencia de estos estadios y en la fuerza de los reclutamientos a la pesquería (**Cuadro 2**).



Cuadro 1. Plan de investigación de corto plazo

Merluza de cola

- Revisión de índice de abundancia relativa basado en la CPUE de cerco y desarrollo de arrastre de media agua o fondo en la zona centro-sur, teniendo en consideración posibles cambios en la capturabilidad y disponibilidad del recurso y su relación con variables ambientales. Problema de la cuota anual y del límite máximo de captura por armador (LMCA).
- Desarrollo de un índice de abundancia relativa basado en la CPUE de un grupo seleccionado de barcos arrastreros fábrica de la zona sur-austral.
- Generar índices independientes de la abundancia relativa de los reclutamientos y del stock desovante mediante técnicas hidroacústicas u otros.
- Mapeo espacio-temporal de estructuras de tallas del stock..
- Estimación *in situ* de fuerza de blanco empleando los peces *in situ* las capturas de cerco.
- Revisión de la mortalidad natural local, considerando que la disminución de la abundancia de merluza del sur y otros depredadores pueda haber relajado la mortalidad por depredación.
- Analizar la información histórica disponible y la factibilidad de desarrollar un estimador de los descartes.
- Desarrollar un procedimiento para evaluar el impacto de largo plazo de las medidas de administración adoptadas para corto plazo. Puntos de referencia dinámicos y simulación de efectos de diferentes patrones de explotación.
- Revisar las estrategias de recuperación (tiempo y cantidad) y sustentabilidad.
- Considerar un programa de investigación conjunto IFOP – INIDEP – FIFD - NIWA, con especial referencia al comportamiento migratorio de la especie y la unidad de stock.

- Revisar los parámetros biológicos (validación de edad y crecimiento, reproducción, etc.) en conjunto con INIDEP- FIFD – NIWA.
- Estudiar la medida de respuesta del modelo de evaluación a: conductas compensatorias del reclutamiento, descartes, índice de calibración y patrón de explotación.
- Analizar el desempeño de los índices de sustentabilidad del recurso.
- Modelo de asignación por flota de la captura total permisible.

Merluza de tres aletas

- Unidad de stock y mezcla entre stocks.
- Estimación acústica de la abundancia al ingreso y salida del pulso migratorio con la estimación experimental de q entre e intra años.
- Generar información reproductiva (fecundidad total y estimación indirecta de la fecundidad desde los pesos de gónadas y sus estados de madurez, evaluar estadísticamente su utilidad).
- Diseñar e implementar un programa de investigación conjunto IFOP – INIDEP- FIFD, con especial referencia al comportamiento migratorio de la especie.
- Realizar un programa de trabajo en conjunto con INIDEP- FIFD –NIWA, para actualizar los parámetros biológicos (validación de edad y crecimiento, reproducción, etc.).
- Efecto de cambios tecnológicos y/o operativos sobre la CPUE (esfuerzo).
- Desarrollo de un modelo de migración (considerar dinámica de fluidos) que considere aspectos dinámicos de la pesca y/o del ambiente.
- Estimación de la abundancia y área de distribución de los individuos juveniles.



Cuadro 2. Plan de investigación de mediano y largo plazo

Evaluación multiespecífica

- Desarrollo de un modelo de evaluación multiespecífico.
- CPUE como índice y el efecto de la intencionalidad (mercado) en la operación de la flota.
- Mecanismo de reclutamiento y de huevos y larvas de acuerdo a propiedades físicas del ambiente (hipótesis relacionadas).
- Puntos biológicos de referencia multiespecíficos.
- Dinámica de la capturabilidad (q). Concentraciones antes, durante y después del desove.

Mecanismos de administración multiespecífico

- Impactos sobre mecanismos de administración de tipo interactivo entre especies-pesquerías. Como incorporar esta problemática en el mecanismo de administración.
- Cuantificación y dimensionamiento de la utilización de biomazas demersales y/o pelágicas bajo contextos interactivos multiespecíficos de las estrategias de administración (relación entre biomazas explotadas y excedentes de biomasa).
- Investigación sobre valor socio-económico del complejo multiespecífico bajo los diferentes esquemas de administración.

Estado de agotamiento de los recursos

- Evolución histórica de la contribución a la capacidad de carga del sistema multiespecífico en estudio. (desarrollo de los stocks en forma conjunta, en la capacidad de carga del ambiente).



ÍNDICE GENERAL

TOMO 1

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	i
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE ANEXOS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4. METODOLOGÍA	5
4.1 Estructuración metodológica general	5
4.2 Metodología por objetivo	5
4.2.1 Objetivo específico 1: Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks.	5
4.2.1.1 Ciclo de vida	6
4.2.1.2 Caracterización oceanográfica de la zona de estudio	7
4.2.1.3 Aspectos reproductivos.....	7
4.2.1.4 Edad y crecimiento	7
4.2.1.5 Lista de chequeo para la evaluación de stock del National Research Council.....	8
4.2.2 Objetivo específico 2: Proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock.	8



4.2.3	Objetivo específico 3: Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos	9
5.	RESULTADOS	11
5.1.1	Objetivo específico 1: Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks.....	12
5.1.1	Lista de hipótesis de trabajo:	12
5.1.1.1	Lista de hipótesis de trabajo para merluza de cola.....	12
5.1.1.2	Lista de hipótesis de trabajo para merluza de tres aletas.....	29
5.2	Objetivo específico 2: proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock	42
5.2.1	Modelo de evaluación los recursos	42
5.2.1.1	Modelo de evaluación de merluza de cola	42
5.2.1.2	Modelo de evaluación de merluza de tres aletas	52
5.2.2	Indicadores para el diagnóstico de los recursos	64
5.2.2.1	Merluza de cola	65
5.2.2.2	Merluza de tres aletas	66
5.2.3	Estrategias de explotación.....	68
5.2.3.1	Estrategias de explotación en merluza de cola	71
5.2.3.2	Puntos biológicos de referencia para merluza de tres aletas.....	75
5.3	Objetivo específico 3: Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos.	80
5.3.1	Delineamiento general del programa de investigación.....	80
5.3.2	Necesidades inmediatas de la evaluación por recurso	80
5.3.2.1	Merluza de cola	80



5.3.2.2	Merluza de tres aletas.	101
5.3.3	Delineamiento de plan de Investigación de mediano y largo plazo	111
5.3.3.1	Evaluación multiespecífica	111
5.3.3.2	Mecanismos de administración multiespecífico	122
5.3.3.3	Estado de agotamiento de los recursos.....	125
6.	DISCUSIÓN	127
6.1	Ciclo de vida de los recursos	127
6.1.1	Merluza de cola.....	127
6.1.2	Merluza de tres aletas.....	130
6.2	Modelo de evaluación de merluza de cola.....	132
6.3	Modelo de evaluación de merluza de tres aletas.....	136
6.4	Modelo de evaluación multiespecífico y multiflota.....	139
6.5	Estrategias de explotación	140
6.6	Plan de investigación	142
6.6.1	Plan de Investigación de corto plazo	142
6.6.2	Plan de Investigación de mediano a largo plazo	145
7.	CONCLUSIONES	147
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149

T O M O 2

ANEXOS

- ANEXO A.** Lista de revisión para la evaluación de stock (NCR, 1998)
- ANEXO B.** Primer Taller Nacional: Participantes, Programa de trabajo y presentaciones nacionales.
- ANEXO C.** Taller Internacional: Participantes Programa de trabajo y presentaciones extranjeras.
- ANEXO D.** Personal participante por objetivo y actividad.
- ANEXO E.** Base de datos



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



INDICE ANEXOS

CONTENIDO DEL ANEXO A

Lista de revisión para la evaluación de stock (NCR, 1998)

CONTENIDO DEL ANEXO B - TALLER NACIONAL

- **Participantes e invitados, programa del taller.**
- **Presentaciones**
 1. Antecedentes oceanográficos en la zona de la pesquería y distribución de merluza de cola y merluza de tres aletas en Chile. **Hernán Reyes** (IFOP).
 2. Descripción de la Pesquería, CPUE, biología y migración en la merluza de cola en la zona sur-austral de Chile, **Renato Céspedes** y Luis Adasme (IFOP).
 3. Captura por Unidad de esfuerzo estándar en la merluza de cola, **Pedro S. Rubilar**. (IFOP).
 4. CPUE y estructura de cardúmenes de merluza de cola en la pesquería de cerco. **Antonio Aranís**, Patricio Barría, Sergio Mora y Gonzalo Muñoz (IFOP).
 5. Evaluación directa de merluza de cola (*Macrorunus magellanicus*) por métodos hidroacústicos, **Sergio Lillo** (IFOP).
 6. Análisis de aspectos tróficos de merluza del sur, congrio dorado, merluza de cola y merluza de tres aletas, **Humberto Pool** (IFOP).



7. Lecturas de edad en otolitos de merluza de cola (*Macrorunus magellanicus*) de las pesquerías chilenas, **Héctor Hidalgo** (IFOP).
8. Revisión del crecimiento en merluza de cola y merluza de tres aletas, **Javier Chong** (U. Ssma. C.).
9. Revisión de la reproducción en merluza de cola y merluza de tres aletas, **Javier Chong** (U. Ssma. C.).
10. Evaluación indirecta de merluza de cola en Chile, **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt y Pedro Rubilar.
11. Estrategias de explotación en merluza de cola, **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt.
12. Estrategias de explotación de merluza de cola, **Claudio Bernal** (SUBPESCA).
13. Descripción de la Pesquería, CPUE, biología y migración en la merluza de tres aletas en la zona sur-austral de Chile, **Renato Céspedes** y Luis Adasme (IFOP).
14. Evaluación directa de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) por métodos hidroacústicos, **Sergio Lillo** (IFOP).
15. Migración estacional de merluza de cola hacia Chile central: Consideraciones para la Evaluación de stock. **Luis Cubillos** (INPESCA, Chile).
16. Evaluación indirecta de merluza de tres aletas en Chile, **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt.
17. Estrategias de explotación en merluza de tres aletas, **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt.



CONTENIDO DEL ANEXO C - TALLER INTERNACIONAL

- **Participantes e invitados, programa del taller**
- **Presentaciones**
 1. An overview of the life history, fisheries and stock assessment of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*). **Mary Livingston** (NIWA).
 2. The biology and fishery of *Macruronus magellanicus* in Falkland Islands waters, **David A.J. Middleton, A. I. Arkhipkin & R. Grzebielec** (FIFD).
 3. La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el mar argentino, **Otto C. Wöhler & Analía R. Giussi**. (INIDEP).
 4. Biology, fisheries, stock assessment and harvest strategies of southern blue whiting (*Micromesistius australis*), **S.M. Hanchet** (NIWA).
 5. Review of southern blue whiting *Micromesistius australis australis* in Flakland Islands waters, **Simeon Hill, D. Agnew, D. A.J. Middleton & A.I. Arkhipkin** (RRAG, FIFD).
 6. La polaca o merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en el mar argentino, **Otto C. Wöhler** (INIDEP).
 7. Evaluación directa de merluza de cola en Argentina, **Adrián Madirolas** (INIDEP).
 8. Evaluación directa del efectivo de polaca (merluza de tres aletas) en Argentina, **Adrián Madirolas** (INIDEP).



CONTENIDO DEL ANEXO D

- **Personal participante por objetivo y actividad**

CONTENIDO DEL ANEXO E

- **Base de datos**



1. INTRODUCCIÓN

La Pesquería Demersal Austral (PDA) se desarrolla entre los paralelos 41'28,6' L.S. y 57'00'L.S., efectuándose actividades extractivas principalmente sobre merluza del sur (***Merluccius australis*** Hutton, 1872) y congrio dorado (***Genypterys blacodes***, Schneider, 1801). En los últimos años, debido a la intensa explotación de estas especies, la industria ha diversificado sus capturas objetivo hacia otros recursos tales como merluza de cola (***Macruronus magellanicus***, Lönnberg, 1907) y merluza de tres aletas (***Micromesistius australis australis*** Norman, 1937). Bajo este escenario, en la zona sur austral de nuestro país, se está desarrollando una pesquería de arrastre de media-agua dirigida a los recursos merluza de tres aletas y merluza de cola.

Por otra parte, la pesquería pelágica de merluza de cola centro-sur tiene su principal centro de operaciones en la VIII Región y la captura es realizada mediante el sistema de pesca de cerco.

Actualmente, se encuentra en vigencia el decreto N° 144 de 1980, que establece normas de selectividad para la pesquería de arrastre de peces desarrollada al sur del paralelo 43° 00' L.S., que consiste básicamente en la fijación del tamaño mínimo de malla de 130 mm y prohibición del uso de cubrecopos. Así también, desde el 31 de octubre de 1999, según la facultad otorgada en el artículo 20 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, a través de los D.S. N 418 y 419 de 1999, se suspendió transitoriamente por el lapso de un año, la recepción de solicitudes y el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca de merluza de cola, para el área comprendida entre la V y la XII Región. En este período se estableció un límite máximo de captura de 198.000 toneladas para el área de pesca comprendida entre la V Región y el límite sur de la X Región, y de 14.500 toneladas para el área de pesca establecida entre el límite norte de la XI Región y el límite sur de la XII



Región. Asimismo, en igual situación se encuentra la merluza de tres aletas, la que tiene un límite de captura de 27.000 toneladas para igual periodo.

Por tanto, considerando del todo necesario que las pesquerías que se vislumbran como recursos alternativos a la pesquería de merluza del sur y congrio dorado en la zona sur austral y del jurel y merluza común en la zona centro-sur, sean sustentables tanto en el mediano como largo plazo, es imprescindible contar con las bases técnicas necesarias y suficientes para administrarla.

En la ejecución del presente proyecto se contempló la realización de dos talleres, uno de carácter nacional y el otro internacional. En el primer informe de avance se entregaron los resultados alcanzados en el proyecto hasta el primer taller nacional. En el segundo informe de avance, se presentaron los principales resultados obtenidos en el taller internacional. En el presente documento final, se incluye toda la información generada sobre la biología, ecología, pesquerías, evaluación de stock y la administración de las pesquerías de merluza de cola y merluza de tres aletas, disponible en Chile, Argentina, Islas Malvinas y en Nueva Zelanda, para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto. Asimismo, se entregan las hipótesis surgidas sobre el ciclo vital de cada especie y los lineamientos finales del plan de investigación orientado a la evaluación de stock.



2. OBJETIVO GENERAL

Formular un programa de evaluación de stock de los recursos merluza de cola y merluza de tres aletas en el área de sus pesquerías.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.1** Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks.
- 3.2** Proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock
- 3.3** Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos en estudio.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



4. METODOLOGÍA

4.1 Estructuración metodológica general

El presente estudio tuvo una duración de 12 meses y la metodología general estuvo basada en la recopilación de la información existente en el ámbito nacional e internacional. Se realizaron 2 talleres de trabajo con la participación de expertos nacionales y extranjeros en los cuales se analizó toda la información reunida sobre la base de presentaciones y discusiones ampliadas. El primer taller estuvo orientado a presentar, analizar, discutir y validar la información existente y apoyó la identificación de los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías en Chile. El segundo taller contempló la participación de expertos extranjeros, los cuales aportaron con la información sobre el ciclo de vida y las pesquerías, la evaluación de stock y las estrategias de explotación aplicadas en sus respectivos países. Toda esta información sirvió de complemento a la recopilada por el equipo nacional. Asimismo, durante este taller, se presentó, analizó y discutió los procesos claves de la dinámica de ambos recursos que deben ser considerados en el proceso de evaluación de stock y se elaboró los lineamientos para el desarrollo de los programas de investigación para cada recurso.

4.2 Metodología por objetivo

4.2.1 Objetivo específico 1: Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks.

Para dar cumplimiento a este objetivo se efectuó una revisión y evaluación de la información histórica derivada de monitoreos, cruceros de evaluación, investigaciones sobre el recurso y desembarques, con el objeto de analizar los antecedentes sobre el



ciclo biológico de la merluza de cola y merluza de tres aletas, con especial énfasis en información relacionada con el proceso reproductivo y de reclutamiento, migraciones, cadena trófica y condiciones ambientales que afectan la distribución de ambos recursos. Asimismo, se analizó la información proveniente de investigaciones realizadas en otros países donde se desarrollan pesquerías similares, efectuando comparaciones con los resultados nacionales.

Se plantearon las hipótesis más probables respecto al ciclo vital de estos recursos, bajo un contexto espacio-temporal, dando las mayores especificaciones posibles para aquellas hipótesis que tienen mayor trascendencia en las evaluaciones de stock.

4.2.1.1 Ciclo de vida

La recopilación de información del ciclo de vida se estructuró considerando las distintas fases o estados del ciclo de vida.

Fase huevo: Se recopiló información respecto de la duración de esta fase, evolución del huevo desde la fecundación hasta la eclosión, distribución espacial y batimétrica, dispersión, abundancia, sobrevivencia.

Fase larval: Se consideró la eclosión, características de la larva, distribución, comportamiento, migración, sobrevivencia, metamorfosis o evolución de las larvas hasta juvenil, clasificación de las larvas.

Fase juvenil: Se recopiló información sobre la distribución, variaciones espacial y temporal de juveniles, alimentación, conducta, zonas de crianza, incidencia en la pesquería, migraciones, mortalidad o sobrevivencia, características del hábitat.



Fase adulta: Se recopiló información sobre la distribución espacio temporal de los adultos, abundancia, migraciones tróficas y reproductivas, unidades de stock, época de desove, áreas de desove, características del desove, conducta de los desovantes (segregación sexual y batimétrica), tipo de desove, fecundidad, fertilidad, potencial reproductivo, crecimiento, parasitología, etc. También se consideraron las interacciones de merluza de cola y merluza de tres aletas con otras especies.

4.2.1.2 Caracterización oceanográfica de la zona de estudio

El área de estudio abarcó tanto la zona centro-sur y sur-austral. En la recopilación se consideró las características generales de cada zona, en términos de patrones de vientos, circulación de corrientes, procesos océano-atmósfera, etc. Esta recopilación estuvo orientada a la caracterización oceanográfica de las zonas donde ocurren los principales procesos, como desove, reclutamiento, alimentación, etc.

4.2.1.3 Aspectos reproductivos

Se revisó la información disponible sobre los ciclos de maduración, a través de la conducta mensual del índice gonadosomático y los estimados de fecundidad disponibles para cada recurso.

4.2.1.4 Edad y crecimiento

Se revisaron las estimaciones de crecimiento disponibles para ambos recursos. En el caso de merluza de cola, cuya asignación de edad basada en la lectura de otolitos es de mayor complejidad que en la merluza de tres aletas, se realizaron análisis de lecturas cruzadas, con la finalidad de verificar si los criterios de lecturas



actuales (Sr. Héctor Hidalgo de IFOP) se mantienen similares a los históricos (Sr. Javier Chong).

4.2.1.5 Lista de chequeo para la evaluación de stock del National Research Council.

Para identificar y revisar los hitos específicos por recurso se consideró la lista de chequeo de la evaluación de stock extraída del “Improving Fish stock assessment” generado en 1998 por el National Research Council de los Estados Unidos. Esta fue generada mediante un trabajo de cooperación entre los científicos de la academia (Ocean Studies Board) y los de la agencia (National Marine Fisheries Service) y contiene los ítem que deberían ser incluidos y/o considerados en una evaluación de stock. La lista de chequeo empleada se adjunta en el **Anexo A**.

4.2.2 Objetivo específico 2: Proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock.

Se revisaron los métodos utilizados para la evaluación de stock de merluza de cola y merluza de tres aletas, tanto en el país como en el extranjero, considerando la tendencia de estos enfoques y como se proyectan hacia el futuro. Sobre esta base se propuso un enfoque de evaluación de stock de corto y largo plazo para ambos recursos, teniendo presente la información disponible y las características de cada uno de ellos, en particular su condición de recurso explotado por distintas flotas en épocas y áreas diferentes. En este sentido se consideró en el enfoque de evaluación un análisis específico para modelar el impacto en el stock de las distintas flotas.

Para complementar los resultados de la evaluación de stock se definieron indicadores del estado del recurso y de su pesquería. Asimismo, se analizaron las



estrategias de explotación más recomendables en este tipo de recursos, según las características de su pesquería.

4.2.3 Objetivo específico 3: Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos.

El programa de investigación se realizó considerando los requerimientos inmediatos de investigación para fortalecer las evaluaciones de stock realizadas con un enfoque monoespecífico y las necesidades de estudios para permitir en el mediano a largo plazo transitar hacia una evaluación de stock multiespecífica y multi-flota, que considere en forma explícita este tipo de interacciones que ocurren entre recursos y flotas.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



5. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio, incluyendo el periodo intersesional y el primer y segundo taller de trabajo, realizados entre el 22 y el 25 de mayo de 2001 en el auditorium de la Asociación Chilena de Seguridad en Valparaíso y entre el 3 al 7 de julio del año 2001 en la ciudad de Villa Alemana, respectivamente. En estos talleres se analizó y discutió la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de evaluación de merluza de cola y merluza de tres aletas.

Ambos talleres de trabajo fueron organizados sobre la base de exposiciones de temas específicos y discusión de ellos por el equipo de trabajo. En el **Anexo B** se entrega la agenda de trabajo, participantes e invitados y presentaciones al primer taller. De igual forma en el **Anexo C**, se indican los participantes, invitados, agenda de trabajo y las presentaciones al segundo taller. En este caso destaca la presencia del Dr. Simeón Hill, quién reemplazo al Dr. David Agnew. Ambos doctores trabajan en el Renewable Resources Assessment Group del Imperial College, que presta asesoría al gobierno de las Islas Falkland. También, se agregó a los invitados internacionales la Dra. Analía Giussi, quién trabaja en edad y crecimiento en el INIDEP, Argentina.

La agenda de cada taller fue estructurada considerando dos días de trabajo para merluza de cola y dos días para merluza de tres aletas y una mañana para las conclusiones finales. Los tópicos fueron agrupados considerando los puntos claves del proceso de evaluación. Para facilitar la discusión con los expertos extranjeros se les envió con anticipación al taller un resumen del taller nacional, donde se describieron las hipótesis sobre el ciclo de vida, los indicadores por pesquería y el programa de



evaluación de stock. También se les envió una descripción de los métodos de evaluación de stock (ver **Anexo C**).

Las presentaciones en extenso realizadas por los expertos nacionales y extranjeros se entregan en el **Anexo B** y **Anexo C**, respectivamente.

5.1 Objetivo específico 1: Identificar los procesos claves de la dinámica de ambos recursos y de sus pesquerías para la evaluación de ambos stocks.

5.1.1 Lista de hipótesis de trabajo:

La lista de hipótesis sobre el ciclo de vida generada en el primer taller fue revisada, analizada y modificada para cada especie en función de los antecedentes y las discusiones que aportaron los expertos extranjeros.

5.1.1.1 Lista de hipótesis de trabajo para merluza de cola

A) Huevos y larvas

- 1. Hipótesis nula:** Existen zonas de retención de huevos y larvas en el mar exterior (plataforma continental) que impiden su dispersión.

Hipótesis alternativa: Existen flujos de huevos y larvas a través (norte – sur) del mar exterior y hacia el mar interior.

Fundamento:

La zona de aguas exteriores de la X y XI Regiones presenta un esquema de circulación general conocido, sin embargo detalles de la variabilidad estacional e interanual de las corrientes en esta zona son aún desconocidas. Información obtenida de mediciones indirectas (método geostrófico) indica que la Corriente



de Deriva del Oeste (CDO) se caracteriza por presentar un sector de choque con el continente y bifurcación, en una corriente en dirección sur (corriente del Cabo de Hornos) y otra norte (Sistema de Corriente de Humboldt), que no tiene variación latitudinal estacionalmente (38° a 42° S) pero sí longitudinalmente, presentándose esta bifurcación más alejada de la costa durante el invierno (78°W) (Silva y Neshiba, 1977) que durante el verano. El sector de choque y bifurcación de la CDO corresponde a la zona de desove de la merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas. A nivel subsuperficial la Corriente Subsuperficial Chile-Perú presenta una fuerte variabilidad tanto en magnitud como dirección en frecuencias de días y semanas (medido en los 30°S, Shaffer *et al.*, 1995) lo que puede influir en la dispersión o retención de huevos de la merluza de cola si estas variaciones se presentan también en forma importante en la zona de desove.

Los fiordos y estuarios se caracterizan por presentar un sistema complejo de circulación y transporte de agua. En estas áreas, la distribución de los huevos y larvas de peces puede estar controlada por mecanismos de transporte activo y pasivo (Norcross y Shaw, 1984). En la zona comprendida entre el seno Reloncaví y la Laguna San Rafael, se identificó una serie de procesos oceanográficos, en cuya dinámica juega un papel importante la topografía del fondo, la circulación exterior y los aportes de aguas dulces desde el continente. El esquema de la circulación general en la zona indicada comprende a agua de baja salinidad ubicada aproximadamente entre los 0 y 30 m de profundidad y que corresponde principalmente a aportes de agua fresca desde el continente. Esta agua fluye hacia el sector exterior, desde el seno Reloncaví y golfo Ancud hacia el sur saliendo por el golfo Corcovado y desde los esteros y senos de los canales de la XII Región hacia el norte por el canal Moraleda, saliendo por la boca del Guafo, como también por los canales que se conectan con el océano abierto. En el nivel intermedio, entre 30 y 150 m, el agua subantártica fluye



hacia el interior de los canales desde la boca del Guafo. Por el canal Moraleda hacia el sur y por el golfo Corcovado hacia el norte hasta el golfo de Ancud y seno Reloncaví (Silva *et al.*, 1997). Este esquema es mucho más complejo y variable, pudiendo influir en la dirección del flujo si la toma de muestras se realiza en el centro de los canales o cerca de los márgenes. En el nivel profundo, bajo los 150 m, sólo logra penetrar por la boca del Guafo algo de Agua Ecuatorial Subsuperficial debido a los impedimentos topográficos, la que sólo llega hasta el golfo Corcovado y los canales Moraleda, Jacaf y Puyuguapi.

Desde el punto de vista del ictioplancton, el interior de los canales presenta una gran diversidad de especies y abundancia de larvas (Balbontín y Bernal, 1997). Las estaciones de muestreo planctónico en aguas oceánicas ubicadas por fuera de los canales han sido escasas, de manera que el conocimiento de las especies que desovan en esa área es incompleto. Los estudios de reproducción, reconocen como área principal de desove la zona ubicada entre Isla Guafo y la península de Tres Montes. Por lo tanto, es posible esperar que en aguas exteriores se encuentren importantes concentraciones de huevos y larvas de merluza de cola en zonas de retención durante sus primeros estadios de desarrollo.

De acuerdo a los mecanismos de circulación estuarina descritos para la zona sur, es factible que los huevos y larvas ingresen a los canales transportados por la masa de agua subantártica ubicada bajo los 30 m de profundidad. En este sentido, aunque no se conoce con exactitud la distribución vertical de los huevos y larvas de la merluza de cola, en especies del género ***Merluccius***, los primeros estadios de desarrollo se ubican bajo la capa de mezcla superficial.



2. **Hipótesis nula:** La supervivencia no está asociada a procesos físicos que originan cambios en la temperatura, salinidad, oxígeno, turbulencia, circulación, etc.

Hipótesis alternativa: La supervivencia depende de la influencia de procesos físicos que originan cambios en la temperatura, salinidad, oxígeno, turbulencia, circulación, etc.

Fundamento:

El desove principal de la merluza de cola se produce en las inmediaciones de las Islas Guafo y Guamblin durante los meses de julio a septiembre, con un máximo de desove en el mes de agosto. Esta fecha coincide con el mínimo de surgencias y el máximo de turbulencia registrado mensualmente en la Isla Guafo, lo cual sugiere que las larvas aprovechan el posterior repunte de las surgencias y la disminución de las turbulencias (Payá *et al.* 2000a), desplegando una adaptación similar a la que realiza la merluza común en la zona centro sur del país, la cual también desova en agosto y presenta una ventana ambiental óptima asociada a la turbulencia y surgencia (Payá *et al.* 1998).

Existen diferentes procesos físicos que podrían afectar la supervivencia de las larvas. A macro escala, el fenómeno del “Niño” podría intensificar la corriente de aguas ecuatoriales subsuperficiales, como ha sido demostrado que sucede en la zona norte del país. Esto podría generar una expansión del ambiente donde desova la merluza de cola. También, los cambios atmosféricos pueden generar alteraciones en los regímenes de vientos afectando los procesos a menor escala como las surgencias y las turbulencias. Obviamente, la



intensificación de las surgencias producirá un enriquecimiento del sistema mejorando la disponibilidad de alimento para las larvas, mientras niveles excesivamente altos de turbulencia podrían dificultar las probabilidades de encuentro entre las larvas y su alimento, estos procesos podrían estar generando una Ventana Ambiental Optima para la supervivencia de las larvas. Por otra parte, cambios en la intensidad de los procesos de retención y dispersión de las larvas deberían estar gobernados por los cambios en las variables físicas que determinan estos procesos.

B) Post-metamórficos y Pre-reclutas

3. **Hipótesis nula:** Los prereclutas (<2 años de edad) habitan en las mismas zonas de huevos y larvas, desarrollando un hábito pelágico.

Hipótesis alternativa: Los prereclutas (<2 años de edad) habitan zonas distintas a las de las zonas de huevos y larvas.

Fundamento:

En la pesca comercial, las capturas de prereclutas de merluza de cola prácticamente no tienen representatividad, tanto en la zona centro sur como en la zona sur austral. En un estudio de evaluación directa se detectaron estos ejemplares en la zona centro sur (Lillo *et al.*, 2000), donde los juveniles menores a 2 años (prerrecultas a la pesquería) tienden a ubicarse en una localización más costera y a menor profundidad. Por otro lado, antecedentes recogidos en la pesca comercial de merluza del sur, indican también la presencia de prerrecultas de merluza de cola en aguas interiores de la X y XI. Por tal razón, se sugiere que los prereclutas se localizarían tanto en aguas exteriores costeras como en aguas interiores,



manteniendo un hábito pelágico, como estrategia de refugio frente a depredadores, y por otro lado tendrían un acceso al alimento adecuado para su estado de desarrollo.

En este sentido, es importante conocer tanto las principales áreas de concentración de prereclutas como también los diferentes procesos biológicos que explican las variaciones en sus patrones de distribución, alimentación, y refugio de depredadores. La identificación de las principales áreas de concentración de prereclutas permitirá dirigir estudios que estimen su abundancia, con objeto de obtener indicadores independientes a la pesquería, y evaluar su empleo como índice de calibración en las evaluaciones de stock basado en métodos indirectos.

C) Reclutas a la pesquería

4. **Hipótesis nula:** Los reclutas (2 años de edad) habitan en la columna de agua independiente de la dinámica migratoria de los adultos.

Hipótesis alternativa. Los reclutas se segregan espacialmente siguiendo la dinámica migratoria de los adultos.

Fundamento:

Estudios de evaluaciones directas realizadas en merluza de cola, tanto en ambientes costeros como en ambientes oceánicos, se ha observado que en la columna de agua la distribución de reclutas de aproximadamente 2 años están segregadas de las fracciones de edades mayores. Lillo *et al.* (2000) describen que en zonas costeras los individuos reclutas se localizaron



preferentemente a menos de 150 m de profundidad en la columna de agua. Mientras, en zonas oceánicas esta misma fracción de reclutas se localiza a menos de 100 m de profundidad. En cambio, la fracción adulta se distribuye en ambientes costeros en aguas más profundas y asociadas al fondo. Lillo *et al. op cit.* sugieren que la distribución de los reclutas en la comuna de agua, se explica por factores de comportamiento trófico y posible búsqueda de refugio por depredación.

5. **Hipótesis nula:** Los reclutas están en toda el área de distribución del recurso (cono sur).

Hipótesis alternativa: Los reclutas seleccionan su hábitat ubicándose en zonas costeras determinadas (cono sur).

Fundamento:

Investigaciones realizadas tanto de la pesca comercial como de evaluaciones directas en merluza de cola (Lillo *et al.* 1997, Lillo *et al.* 2000 y Céspedes *et al.* 1999 y 2001) describen una segregación espacio temporal entre las fracciones reclutas y adultas entre los 41° y 47° S. Estos estudios muestran en algunos períodos del año (invierno y primavera) un gradiente latitudinal de las estructuras de tallas de la población; en donde las fracciones reclutas aumentan su presencia en la estructura de tallas a menores latitudes; mientras la fracción adulta se distribuye hacia mayores latitudes. Por otro lado, los reclutas además de distribuirse latitudinalmente en un gradiente de sur a norte, a su vez tienden a estar en zonas costeras, como es el sector entre la Isla Guafo e Isla GuambLín, sugiriéndose también su distribución en canales y fiordos de aguas interiores de la X, XI y XII Región,



6. **Hipótesis nula:** No existe relación entre la producción de huevos y la fuerza de reclutamientos.



Hipótesis alternativa: La fuerza del reclutamiento depende esencialmente de la producción de huevos.

Fundamento:

Los resultados de la evaluación de stock de merluza de cola muestran que no existe una clara relación entre la producción de huevos y los reclutamientos que estos producen. No obstante, debido a que esta especie es la base de la alimentación de la comunidad de peces de la zona sur-austral y además presenta un alto grado de canibalismo, es esperable que existan procesos denso-dependientes importantes que regulen la abundancia del stock. Debido a la presencia del canibalismo, una relación de stock-recluta tipo Ricker parece ser la más probable. Sin embargo, es posible que esta relación esté enmascarada por el efecto del ambiente en el éxito reproductivo, ya que el recurso debería estar adaptado para existir en un ambiente sometido a fuertes variaciones, debido a la presencia de eventos de macro-escala como el fenómeno de El Niño.

7. **Hipótesis nula:** Los cambios en la disponibilidad del recurso y selectividad de arte de pesca no afectan la capturabilidad.

Hipótesis alternativa: Los cambios en la disponibilidad del recurso y selectividad de arte de pesca influyen en la capturabilidad.

Fundamento:

En la pesquería de cerco de la zona centro sur existe una marcada variación espacio temporal de la operación de la flota. Esto indica que la fracción



explotable por el cerco depende en gran medida de la disponibilidad de los grupos de edad frente al arte. Por otro lado, merluza de cola es un gádido, que se caracteriza por una estratificación vertical de juveniles y adultos en la columna de agua. Los juveniles permanecen en aguas más someras y los adultos en aguas más profundas. Este comportamiento sugiere que disponibilidad frente al arte de cerco está gobernada por dicha estratificación, la cual es producto del comportamiento trófico y de escape frente a la depredación Inter e intra-específica, procesos que de alguna forma explicarían una segregación entre juveniles y adultos.

Ambas situaciones explicarían la mayor vulnerabilidad de los ejemplares juveniles al aparejo de pesca usado en la zona centro donde existe un importante efecto sobre la fracción recluta y juvenil.

Desde el punto de vista de la pesquería en un stock no todas las edades son igualmente vulnerables a los artes de pesca por un proceso de selectividad, ni tienen porque ser igualmente accesibles (disponibilidad), por lo que la combinación de vulnerabilidad y accesibilidad hace que la mortalidad por pesca varíe entre las edades de los peces.

La marcada variación espacio temporal de la disponibilidad en la zona centro sur indica que durante periodos del año existe una disponibilidad diferencial del recurso en cuanto a su composición por edades. Esta situación fuera de producir efectos en la mortalidad por pesca de la fracción recluta y juvenil, también tiene efectos no dimensionados en el coeficiente de capturabilidad. El arte de pesca de cerco no es selectivo y su captura responde principalmente a la distribución natural de los peces en la columna de agua, de manera que existiría una vulnerabilidad diferencial de las edades a través del tiempo y del espacio, dada por los cambios de disponibilidad de los grupos de edad, lo cual



ha provocado y provocará cambios en el patrón de explotación entre temporadas de pesca.

D) Adultos

8. **Hipótesis nula:** Tanto los individuos del Pacífico como del Atlántico desarrollan todo su ciclo vital en sus respectivos océanos.

Hipótesis alternativa: Existe un grado de mezcla entre los individuos de ambos océanos.

Fundamento:

En el Océano Pacífico existe una época y zona de concentración reproductiva bien definida, la merluza de cola desova entre julio y agosto en las inmediaciones de la Isla Guamblin. Por el contrario, en el Océano Atlántico, no se ha encontrado una zona de concentración reproductiva tan clara, registrándose individuos reproductores en algunas localidades pero sin altas concentraciones como el Océano Pacífico. En el lado Atlántico durante los meses de desove en Chile, se produce una fuerte baja de las capturas, especialmente evidente en los barcos surimeros que operan en la proximidad de la frontera con Chile, en la Isla de los Estados. Por otra parte, existe similitud entre las estructuras de edades de las capturas de arrastre en Chile y en Argentina, así como entre las pescas de cerco chilenas y las pescas de media agua de los surimeros argentinos. Por lo tanto, es probable que exista un grado de mezcla importante entre ambos océanos.



9. **Hipótesis nula:** La variación del tamaño del stock no se correlaciona con el crecimiento, la ojiva de madurez, ni la fecundidad.

Hipótesis alternativa: La variación del tamaño del stock se correlaciona con el crecimiento, la ojiva de madurez y la fecundidad.

Fundamento:

En diferentes especies de peces se han observado modificaciones de largo plazo en la edad de primera madurez sexual y en la fecundidad, lo anterior, en respuesta a cambios en los niveles de explotación del stock adulto (Schmitt y Skud, 1978; Shelton y Armstrong, 1983). Cuando el esfuerzo de pesca aumenta en un stock en explotación, parte de la respuesta a la reducción en la densidad poblacional, se refleja en un aumento en el crecimiento (Stearns y Crandall, 1984). De acuerdo a estos autores, existe una plasticidad así como mecanismos del tipo compensatorios (Hilborn y Walters, 1992) en las poblaciones de peces que se manifiestan en cambios en la edad y talla de la primera madurez junto a cambios en la tasa de crecimiento.

Algunos de los cambios que pueden producirse como estrategias reproductivas se reflejan en :

- a) Número de tandas de desove por temporada de puesta.
- b) En la fecundidad.
- c) En la sincronización del período de desove.
- d) En la talla y edad de primera madurez sexual (Trippel *et al.*, 1997).
- e) Modificaciones en los patrones migracionales (Freon *et al.*, 1997).



Un cambio en cualquiera de estos parámetros producirá un cambio en la producción de huevos del stock desovante.

En merluza del sur por ejemplo, análisis de una serie histórica de datos biológicos de hembras de merluza del sur no mostró diferencias en la fecundidad o en la talla de la primera madurez sexual. No obstante, se observaron diferencias cercanas al doble en los estimados de fecundidad al comparar datos recolectados en agosto de un año con muestras obtenidas en septiembre de otro año (Aguayo *et al.*, 2001). Estas diferencias se atribuyeron al mes de recolección, pero este supuesto no ha sido validado. Es probable que en merluza de cola pueda ocurrir un fenómeno similar. Por otra parte, tanto la fecundidad como la primera madurez han sido frecuentemente relacionadas a la longitud de los peces y a la edad estimada mediante claves talla-edad, respecto de esto último no se han realizado trabajos tendientes a relacionar estos aspectos (fecundidad-primer madurez) con lecturas directas de los otolitos provenientes de las mismas muestras. Trabajos como el mencionado podría entregarnos estimaciones respecto si los cambios en la tasa de crecimiento se reflejan en la edad de primera madurez o en relación con la fecundidad.

- 10. Hipótesis nula.** Los individuos del Pacífico Sur Oriental confluyen hacia una misma zona de reproducción.

Hipótesis alternativa. Los individuos del Pacífico Sur Oriental utilizan distintas zonas de reproducción.

Fundamento:

Antecedentes registrados durante los cruceros de evaluaciones directas dirigidas a los recursos merluza de cola (Lillo *et al.*, 1997) y merluza del sur (Lillo



et al., 2000), como también con información biológica-pesquera obtenida de la pesca comercial de la flota industrial (Céspedes *et al.*, 1999 y 2000), sugieren diferencias en la composición de la estructura de talla de la población presente en aguas exteriores del pacífico sur oriental, principalmente en el área de desove (42° a 47° S.). Las distribuciones de tallas de la población pasan de una estructura juvenil a una estructura principalmente adulta durante los meses de máxima actividad reproductiva (julio-septiembre). Estos cambios están asociados a un comportamiento migratorio de tipo reproductivo de la fracción adulta. En este sentido, Lillo *et al.* (1997) mencionan que esta área reuniría condiciones particularmente propicias para la realización del desove.

Sin embargo, Balbontín y Bernal (1997) describen la presencia de larvas de merluza de cola en aguas interiores de la X, XI y XII Regiones. Además, Zama y Cárdenas (1984) registraron presencia de huevos y larvas de merluza de cola para el trimestre octubre – diciembre en los fiordos de la XI Región. Estos antecedentes estarían indicando posibles focos secundarios de desove de esta especie en aguas interiores.

11. **Hipótesis nula:** La CPUE es proporcional a la abundancia en la zona de concentración reproductiva.

Hipótesis alternativa: La CPUE no es proporcional a la abundancia en la zona de concentración reproductiva.

Fundamento:

En la evaluación de recursos pesqueros uno de los objetivos principales es obtener índices de abundancia que sean proporcionales al tamaño del stock. Dentro de estos índices, la CPUE proveniente de la pesca comercial ha sido



frecuentemente utilizada para estos fines; sin embargo, existen varios factores asociados al comportamiento del recurso o del pescador que pueden influenciar la relación de proporcionalidad entre la CPUE y la abundancia.

Durante el desove la merluza de cola forma agregaciones que se ubican por sobre las agregaciones reproductivas de merluza del sur en la columna de agua. Debido a que históricamente, la pesquería ha estado orientada a merluza del sur capturando en forma incidental merluza de cola, existen múltiples factores que inciden en la CPUE de merluza de cola durante el desove. Estos factores podrían determinar que la CPUE de merluza de cola sea una respuesta combinada frente a la naturaleza incidental de su captura y a cambios en la disponibilidad del recurso en la columna de agua. Por lo tanto, para poder relacionar la CPUE de merluza de cola obtenida durante el período de desove con la abundancia relativa del recurso, se requiere analizar y aislar de la señal de la CPUE aquellos factores que podrían alterar esta relación.

- 12. Hipótesis nula:** La CPUE fuera de la zona y temporada reproductiva no es proporcional a la abundancia media de stock.

Hipótesis alternativa: La CPUE fuera de la zona y temporada reproductiva es proporcional a la abundancia media de stock.

Fundamento:

En la pesquería centro-sur y demersal sur-austral, el análisis integrado de la información deja en evidencia una estructura espacial caracterizada por agregaciones temporales de la merluza de cola, la cual es seguida principalmente por las flotas cerqueras y arrastreras determinando un patrón



característico de distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca. En el caso de la pesquería demersal sur-austral, donde la especie objetivo es la merluza del sur y la merluza de cola es captura incidental, el esfuerzo se dirige a la captura de merluza del sur en las áreas de mayor abundancia, las cuales se han mantenido en el tiempo, aún cuando los índices han disminuido y en algunas zonas más que en otras, sugiriendo la existencia de factores biológicos o físicos que determinan su distribución. La merluza de cola también presenta variaciones temporales importantes en densidad en la zona sur-austral, donde las mayores abundancias se encuentran en aguas exteriores a partir de abril hasta agosto cuando comienza a concentrarse en la zona de las Islas Guafo y Guablín para la reproducción (Young *et al.* 1998). En el período de postdesove, existe una segregación asociada a un comportamiento de carácter alimentario.

En el caso de la merluza del sur, el análisis de los índices de CPUE permite inferir ciertos patrones espacio temporales, que estarían reflejando el comportamiento del recurso. Para esta especie el índice de CPUE de la zona y época del desove ha mostrado una relativa estabilidad no obstante la alta intensidad de pesca que se ha aplicado. Esta estabilidad, constituye una señal deficiente de la abundancia del recurso, debido a que la merluza del sur se concentra a desovar y por lo tanto las densidades no disminuyen en la temporada reproductiva. En consecuencia para merluza del sur la señal más confiable de la CPUE como índice de la abundancia relativa se obtiene fuera de la área y época de desove.



Para el caso de la merluza de cola es esperable una situación similar, debido a que presenta la misma área y época de desove que la merluza del sur.

- 13. Hipótesis nula:** La presión de pesca diferencial ejercida por las distintas flotas sobre especies ecológicamente relacionadas no ha causado ningún efecto sobre las tasas de mortalidad natural por depredación o canibalismo de estas especies.

Hipótesis alternativa: La presión de pesca diferencial ejercida por las distintas flotas sobre especies ecológicamente relacionadas ha causado algún efecto sobre las tasas de mortalidad natural por depredación o canibalismo de estas especies.

Fundamento:

Debido al significativo cambio que han experimentado las abundancias de las poblaciones de merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola producto de la pesca, es lógico pensar que al estar éstas relacionadas, entre otros, por aspectos tróficos (Interespecíficos e intraespecíficos), que estos cambios tengan algún efecto en las tasas de mortalidad natural.

La información de los cambios de abundancia en las poblaciones está documentado en los proyectos CTP de la Subsecretaría de Pesca, para cada una de las especies. Lo que dice relación con las relaciones interespecíficas, se documenta a partir de diversos trabajos ecotróficos realizados en los recursos demersales de la Zona Sur austral (e.g. Payá y Rocha, 1991, Payá, 1992, Pool *et al.*, 1997).



- 14. Hipótesis nula:** Todos los individuos adultos de merluza de cola desovan todos los años.

Hipótesis alternativa: Sólo una proporción de los individuos adultos desova todos los años.

Fundamento:

Respecto de este punto Livingston *et al.* (1997), indican que no todos los peces adultos de *Macroronus novaezelandiae* Hector, desovan en el año. Ellos encontraron en invierno tanto en Chatham Rise y en el Southern Plateau un número significativo de peces grandes con gónadas no desarrolladas en el momento que el desove estaba ocurriendo en otras áreas, indicando que existe un porcentaje de los adultos de la población que no desovan todos los años.

La información anterior hace suponer que *Macroronus magellanicus*, también podría tener un comportamiento reproductivo similar con su especie congénica de aguas neocelandesas, más aún que en Chile no existen antecedentes al respecto.

Investigaciones específicas e información relacionadas con este tema se pueden encontrar en Burton (1999) y Livingstone *et al.* (1997).

- 15. Hipótesis nula:** Los procesos ambientales regionales no afectan las tasas de crecimiento según sean evidenciadas en los anillos de los otolitos.

Hipótesis alternativa: Los procesos ambientales regionales afectan las tasas de crecimiento según sean evidenciadas en los anillos de los otolitos.



Fundamento:

Los otolitos están compuesto de materiales orgánicos e inorgánicos. El material orgánico, carbonato de calcio (CaCO_3), es depositado en la matriz orgánica (Degens *et al.*, 1969). La tasas de depositación de componentes orgánicos e inorgánicos reflejan periodos de rápido y lento crecimiento, asociados a las condiciones ambientales a las cuales estuvo sometido un pez en un determinado periodo de su ciclo vital. De este modo, peces de una misma edad que son sometido a condiciones ambientales distintas, deberían poseer tasas de crecimiento distintas, y así las fluctuaciones de las variables ambientales deberían estar correlacionadas con la distancia entre los anillos de crecimiento. Estimaciones de los tamaños individuales a las primeras edades y eventos del ciclo de vida, en relación con el efecto del ambiente pueden ser potencialmente obtenidos desde medidas secuenciales de incremento en otolitos. Chamber y Miller (1995), analizaron el crecimiento de dos cohortes de Atlantic Menhaden (*Brevortia tyrannus*) y encontraron una reducción en el crecimiento de una de las cohortes. Ralston (1995), empleando la distancia entre anillos de crecimiento para estimar las tasas de crecimiento del “shortbelly rockfish” (*Sebastes jordani*) y analizando diferentes variables ambientales, encontró mediante un modelo de regresión múltiple autoregresivo un domo parabólico significativo del efecto de la temperatura superficial del mar y de la anomalía del nivel del mar.

5.1.1.2 Lista de hipótesis de trabajo para merluza de tres aletas.

A) Huevos y larvas

1. **Hipótesis nula:** Existen zonas de retención de huevos y larvas en el mar exterior (plataforma continental) que impiden su dispersión.



Hipótesis alternativa: Existen flujos de huevos y larvas a través (norte –sur de la zona de desove) del mar exterior y hacia el mar interior.

Fundamento:

De acuerdo con Lillo y Céspedes (1998), la merluza de tres aletas, en su recorrido migratorio cuando se dirige hacia la zona de desove en aguas chilenas se estaría desplazando a una profundidad alrededor de los 300 metros, hasta llegar al golfo de Penas frente a la Península de Tres Montes en donde desova. El desplazamiento hacia afuera de la zona de desove y posterior retorno al Canal de Chacao lo realizaría más cerca de la costa a una profundidad aproximada de 200 metros.

Lo anterior tiene una explicación desde el punto de vista de la dinámica oceanográfica de corrientes y una confluencia de condiciones propicias en la zona de desove para asegurar que los huevos tengan viabilidad. El desplazamiento de la merluza de tres aletas tanto hacia la zona de desove como hacia el Canal de Chacao, estaría relacionado con la corriente del Cabo de Hornos en el segundo caso y a una contra corriente con dirección norte cuando el recurso se dirige a desovar. El supuesto que subyace, es que la merluza de tres aletas estaría aprovechando estas corrientes como un corredor para facilitar su desplazamiento.

La zona en que desova la merluza de tres aletas está muy poco estudiada desde un punto de vista oceanográfico, sin embargo, de acuerdo con sus características de aporte de material terrígeno por los ríos que también entregan un aporte de oxígeno, se producirían las condiciones adecuadas para el florecimiento de fitoplancton, con la consiguiente sucesión de zooplancton que estaría disponible para la alimentación de larvas y juveniles. Por otra parte,



la morfología del Golfo hace suponer la existencia de áreas de retención larval producto de remolinos (“edies”) que normalmente están presentes en las puntas de bahías y golfos. Sumado a lo anterior tenemos que aproximadamente a los 47°S, se produce la confluencia de las masas de Agua Ecuatorial Sub Superficial (AESS, en su límite sur) y Aguas Intermedias Antárticas (AIAA), la primera con bajo contenido de oxígeno, alta salinidad y contenido de materia orgánica y la segunda con un alto contenido de oxígeno. Tanto la AESS como la AIAA la mezcla de ambas a una profundidad de entre 200 y 300 metros podrían ingresar hacia el Golfo de Penas, propiciando el transporte de huevos de merluza de tres aletas.

- 2. Hipótesis nula:** La supervivencia no está asociada a procesos físicos que originan cambios en la temperatura, salinidad, oxígeno, turbulencia, circulación, etc.

Hipótesis alternativa: La supervivencia está asociada a procesos físicos que originan cambios en la temperatura, salinidad, oxígeno, turbulencia, circulación, etc.

Fundamento:

El desove principal de la merluza del tres aletas se produce en las inmediaciones de la Península de Taitao, frente al Golfo de Penas, a principios del mes de agosto.

Tanto la merluza austral como la merluza de tres aletas desovan durante el mes de agosto, y aunque lo hacen en una misma área pero separadas espacialmente, el desove en la misma época puede estar estrechamente relacionado a la existencia de factores ambientales favorables a la super-



vivencia de huevos y larvas. Para merluza austral existen antecedentes que hacen pensar que la fecha del desove está asociada a las mayores intensidades del viento pero con una mínima componente sur, lo que significa al menos, un máximo de la turbulencia y menor transporte hacia el oeste, lo anterior ocurre en el sector de la isla Guafo. Se sugiere con ello que las larvas aprovechan la posterior disminución de las turbulencias y comienzo del viento sur, que puede provocar mayor transporte de nutrientes desde el sector de aguas interiores o, posiblemente también, por pequeñas surgencias. No existen datos de vientos cercanos a la península de Taitao o golfo de Penas que puedan confirmar lo anterior, sin embargo un proceso similar al descrito no puede descartarse para el sector de desove de merluza de tres aletas.

Existen diferentes procesos físicos que podrían afectar la sobrevivencia de las larvas. A macro escala los eventos cálidos “El Niño” podría intensificar la Corriente Subsuperficial Chile-Perú que transporta Aguas Ecuatoriales Subsuperficial hacia el sur a un nivel de 200 a 400 m, como ha sido sugerido en estudios realizados en la zona norte del país (Ortiz, 1998). Lo anterior podría generar un cambio en la circulación en la zona de desove y en los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto al nivel subsuperficial en que ocurre el desove. Por otro lado, cambios atmosféricos podrían generar alteraciones en los regímenes de vientos y lluvias afectando los procesos a menor escala como las surgencias, transporte y turbulencias. Obviamente, la intensificación de las surgencias y /o un posible transporte de nutrientes desde aguas interiores producirá un enriquecimiento del sistema, mejorando la disponibilidad de alimento para las larvas, mientras niveles excesivamente altos de turbulencia podrían dificultar las probabilidades de encuentro entre las larvas y su alimento. Los procesos descritos anteriormente podrían estar generando una Ventana Ambiental Óptima para la supervivencia de las larvas. Por otra parte, cambios en la intensidad de los procesos de retención y dispersión de las larvas



deberían estar gobernados por los cambios en las variables físicas que determinan estos procesos. Por otra parte, cambios en los parámetros físicos, especialmente la temperatura del agua, pueden afectar la sobrevivencia de huevos y larvas, debido a que puede inducir o retardar el desarrollo de estos estadios, alterando el sincronismo del desarrollo de órganos vitales (A. Reyes. Com. Pers. taller merluza austral, 2001).

B) Post-metamórficos y Pre-reclutas (a la pesquería Chilena)

3. **Hipótesis nula:** Los primeros estadios (0 a 1 año de edad) están distribuidos al azar.

Hipótesis alternativa: Los individuos de 0 a 1 año de edad habitan zonas específicas conformando conglomerados en una o más áreas de crianza.

Fundamento:

Estudios realizados por Lillo *et al.* (1994 y 1999), Córdova y Céspedes (1997) y Lillo y Céspedes (1998) confirman el patrón migratorio de tipo reproductivo de los adultos de esta especie en aguas chilenas. Estos estudios describen que esta especie en el período de máximo desove forma altas densidades entre los 47° y 51° S. y en profundidades de aproximadamente 320 metros. En este sentido, gran parte de los huevos fertilizados de dicha zona de desove están expuestos a las fluctuaciones de corrientes y al medio ambiente en general favorable para el éxito reproductivo. Lo anterior, sugiere que los primeros estadios de esta especie estarían sujetos a flujos de corrientes y condiciones ambientales aptas para procesos de transporte larvario hacia zonas específicas de alimentación y refugio, las cuales podrían estar cercanas a la costa, formando áreas de crianza.



4. **Hipótesis nula:** Los individuos de 2 a 5 años de edad (primera madurez) están distribuidos al azar.

Hipótesis alternativa: Los individuos de 2 a 5 años de edad (primera madurez) habitan zonas específicas conformando conglomerados en una o más áreas.

Fundamento:

Antecedentes registrados en estudios dirigidos a otras especies de gádidos en la zona sur austral, como merluza de cola y merluza del sur, muestran que la fracción de ejemplares adultos y juveniles presentan una segregación espacial y temporal (Aguayo, 1994, Lillo *et al.* 1997 y 2000, Céspedes *et al.* 1998, 1999 y 2000). Entre las razones posibles de esta segregación de los individuos juveniles (menores de la edad de primera madurez sexual) se mencionan al menos dos; una evitar la depredación y otra por un comportamiento trófico. En este contexto, la especie merluza de tres aletas es un gádido que también podría presentar este tipo de comportamiento. En este sentido, Lillo y Céspedes (1998) y Lillo *et al.* (1999) junto con describir patrones migratorios de la fracción adulta merluza de tres aletas en la costa chilena entre junio a noviembre, registran en los meses restantes la presencia en aguas exteriores de ejemplares menores de 5 años distribuidos de forma no homogénea entre el paralelo 47° y 57° S. Por otro lado, juveniles de merluza de tres aletas se han descrito al norte del paralelo 47° S. (Céspedes *et al.* 2001) y en algunas oportunidades mezclado en cardúmenes de merluza de cola (Luis Adasme com. pers.).



5. **Hipótesis nula:** Los pre-reclutas (6 años de edad) habitan en áreas independientes de la dinámica migratoria de los adultos.

Hipótesis alternativa: Los reclutas se segregan espacialmente siguiendo la dinámica migratoria de los adultos.

Fundamento:

La idea de identificar los pre-reclutas como aquellos individuos de 6 años de edad, se basa en que a partir de los 7 años los peces aparecen bien representados en las capturas, por lo tanto, si se conoce la abundancia y distribución de los individuos de 6 años, se podría predecir con un año de anticipación la fuerza de los reclutamientos al stock desovante. El hecho que los peces de 6 años de edad tengan una baja participación en las capturas puede ser producto, entre otras causas, de la selectividad del arte de pesca y/o de la disponibilidad de estos peces. La disponibilidad podría estar asociada a que a los peces de 6 años aún no ingresan al circuito migratorio de los individuos capturados.

- C) Reclutas a la pesquería

6. **Hipótesis nula:** Los reclutas (7 años de edad) habitan en áreas independientes de la dinámica migratoria de los adultos mayores de 7 años de edad en aguas chilenas.

Hipótesis alternativa: Los reclutas (7 años de edad) se segregan espacialmente siguiendo la dinámica migratoria de los adultos mayores de 7 años en aguas chilenas.

Fundamento:



Lillo y Céspedes (1998) y Lillo *et al.* (1999) describen patrones migratorios de la fracción adulta merluza de tres aletas en la costa chilena entre junio a noviembre. Además, registran en los meses restantes la presencia en aguas exteriores de individuos aproximadamente de 7 años (entre 40 y 50 cm) distribuidos entre el paralelo 47° y 57° S, sugiriendo que pertenecerían a una fracción residente en aguas chilenas, los cuales no conformarían parte del principal pulso migratorio de esta especie.

7. **Hipótesis nula:** No existe relación entre la producción de huevos y la fuerza de reclutamientos.

Hipótesis alternativa: La fuerza del reclutamiento depende esencialmente de la producción de huevos.

Fundamento:

El grado actual de conocimiento sobre el número de unidades de stock que existen en el cono sur de América genera restricciones importantes a la evaluación del stock de merluza de tres aletas. De hecho, el modelo actual estima la abundancia del pulso de peces que migra a desovar a Chile para cada año en forma independiente, ya que no existen los datos sobre las mortalidades que experimentan estos peces en el Atlántico. Por lo tanto, por el momento, los resultados de la evaluación del stock en Chile, no entrega luces sobre los procesos denso-dependientes que pueden estar ocurriendo en el stock.

Tanto en los estudios realizados en Argentina como en Nueva Zelanda no se encuentran claras relaciones stock-recluta. En el caso de Nueva



Zelanda, las fluctuaciones del reclutamiento estarían relacionadas con las variaciones del ambiente.

- 8. Hipótesis nula:** Los cambios en la disponibilidad del recurso y selectividad de arte de pesca no afectan la capturabilidad.

Hipótesis alternativa: Los cambios en la disponibilidad del recurso y selectividad de arte de pesca influyen en la capturabilidad.

Fundamento:

La capturabilidad es el coeficiente que relaciona la CPUE con la abundancia del stock, por lo tanto para poder emplear la CPUE como un índice de abundancia se requiere estudiar y conocer la dinámica espacio temporal de la capturabilidad. En estos estudios a lo menos de debe considerar el efecto de la selectividad del arte de pesca y de la disponibilidad del recurso.

En el caso de merluza de tres aletas, los reclutas a la pesquería tienen 7 años de edad, debido a que las capturas están compuestas principalmente por individuos maduros, no obstante, se observan individuos juveniles en algunas capturas realizadas antes y después del período reproductivo cercanas al extremo sur. Por lo tanto, es probable que la presencia de la fracción juvenil esté asociada a la selectividad del arte de pesca y las disponibilidades locales de estos individuos.



D) Adultos

9. Hipótesis nula: Tanto los individuos del Pacífico como del Atlántico desarrollan todo su ciclo vital en sus respectivos océanos.

Hipótesis alternativa: Existe un grado de mezcla entre los individuos de ambos océanos.

Fundamento:

En merluza de tres aletas se han descrito dos áreas de desove, una en aguas del Atlántico (Is. Malvinas) y otra en aguas chilenas para períodos similares (julio - septiembre) (Lillo y Céspedes, 1998; Céspedes *et al.* 1998); estos antecedentes sugieren la posibilidad de dos unidades de stock, con sus posibles ciclos vitales en los respectivos océanos. Sin embargo, estos autores describen en aguas chilenas un proceso migratorio de la fracción adulta que ingresa por el extremo austral provenientes de aguas Atlánticas con fines de desove. En este proceso, existiría una mezcla con la población residente. Posterior al desove, esta fracción adulta retorna a aguas Atlánticas con algún grado de mezcla.

10. Hipótesis nula: La CPUE es proporcional a la abundancia en la zona de concentración reproductiva y en las migraciones pre y post reproductiva.

Hipótesis alternativa: La CPUE no es proporcional a la abundancia en la zona de concentración reproductiva y en las migraciones pre y post reproductiva.



Fundamento:

El modelo actual de estimación de la abundancia del pulso migratorio de merluza de tres aletas se basa en que la capturabilidad es la misma al momento del ingreso y salida de los peces de aguas chilenas, es decir en el momento pre y post reproductivo. Una vez que los peces ingresan, éstos se desplazan hacia la zona de desove donde se produce la concentración reproductiva, la que genera el aumento de la capturabilidad. Por lo tanto, para entender los cambios de abundancia en relación con la CPUE es necesario estudiar los cambios de la capturabilidad, la cual corresponde al coeficiente de proporcionalidad entre la CPUE y la abundancia relativa del recurso.

- 11. Hipótesis nula:** Los procesos ambientales no afectan las tasas de crecimiento según sean evidenciadas en los anillos de los otolitos.

Hipótesis alternativa: Los procesos ambientales afectan las tasas de crecimiento según sean evidenciadas en los anillos de los otolitos.

Fundamento:

Los otolitos están compuestos de materiales orgánicos e inorgánicos. El material orgánico, carbonato de calcio (CaCO_3), es depositado en la matriz orgánica (Degens *et al.*, 1969). Las tasas de depositación de componentes orgánicos e inorgánicos reflejan periodos de rápido y lento crecimiento, asociados a las condiciones ambientales a las cuales estuvo sometido un pez en un determinado periodo de su ciclo vital. De este modo, peces de una misma edad que son sometidos a condiciones ambientales distintas, deberían poseer tasas de crecimiento distintas, y así las fluctuaciones de



las variables ambientales deberían estar correlacionadas con la distancia entre los anillos de crecimiento. Estimaciones de los tamaños individuales a las primeras edades y eventos del ciclo de vida, en relación con el efecto del ambiente pueden ser potencialmente obtenidas desde medidas secuenciales de incremento en otolitos. Chamber y Miller (1995), analizaron el crecimiento de dos cohortes de Atlantic Menhaden (*Brevortia tyrannus*) y encontraron una reducción en el crecimiento de una de las cohortes. Ralston (1995), empleando la distancia entre anillos de crecimiento para estimar las tasas de crecimiento del “shortbelly rockfish” (*Sebastes jordani*) y analizando diferentes variables ambientales, encontró mediante un modelo de regresión múltiple autoregresivo un domo parabólico significativo del efecto de la temperatura superficial del mar y de la anomalía del nivel del mar.

- 12. Hipótesis nula:** El grado de concentración reproductiva está asociado a las condiciones ambientales de meso y gran escala presente en la época y zona de desove.

Hipótesis alternativa: El grado de concentración reproductiva no está asociado a las condiciones ambientales de meso y gran escala presentes en la época y zona de desove.

Fundamento:

Datos e información proveniente de los cruceros de pesca realizados entre 1995 y 1998, conjuntamente con la información ambiental mostró que se producían cambios en la densidad de las agregaciones medidas a través de variogramas en la época y zona de desove, haciendo suponer que el grado



de concentración del pulso de merluza de tres aletas estaría influenciado por factores ambientales de meso y gran escala tales como el fenómeno de “El Niño”, entendiendo la existencia de una teleconexión entre los fenómenos que suceden en el pacífico ecuatorial y las aguas de la zona sur austral de Chile.

Para los autores Payá *et al.* (2000a), una de las ideas más prometedoras es que existe una relación entre el número de peces que ingresa a desovar y las condiciones del ambiente reflejadas en el Índice de Oscilación del Sur (IOS). Aunque este índice proviene de la zona ecuatorial refleja cambios de macro-escala en el ambiente que afectan la zona de concentración reproductiva de merluza de tres aletas y probablemente la de otros recursos de la zona sur-austral. Cuando el IOS disminuye, el centro de alta presión de la zona antártica se desplaza hacia el norte, ubicándose sobre la latitud 47° (Quintana, 1998), que corresponde a la zona de desove. Esto genera la disminución de la intensidad de los vientos (Cheng *et al.* 1995), mayor calma en el mar, aumenta de la estabilidad de la columna de agua, y por ende de la termoclina, lo cual en su conjunto favorecería el proceso de retención larval.



5.2 Objetivo específico 2: Proponer un programa de evaluación de stock para ambas especies, identificando a la vez indicadores de la pesquería y de los recursos que complementen los resultados de las evaluaciones de stock.

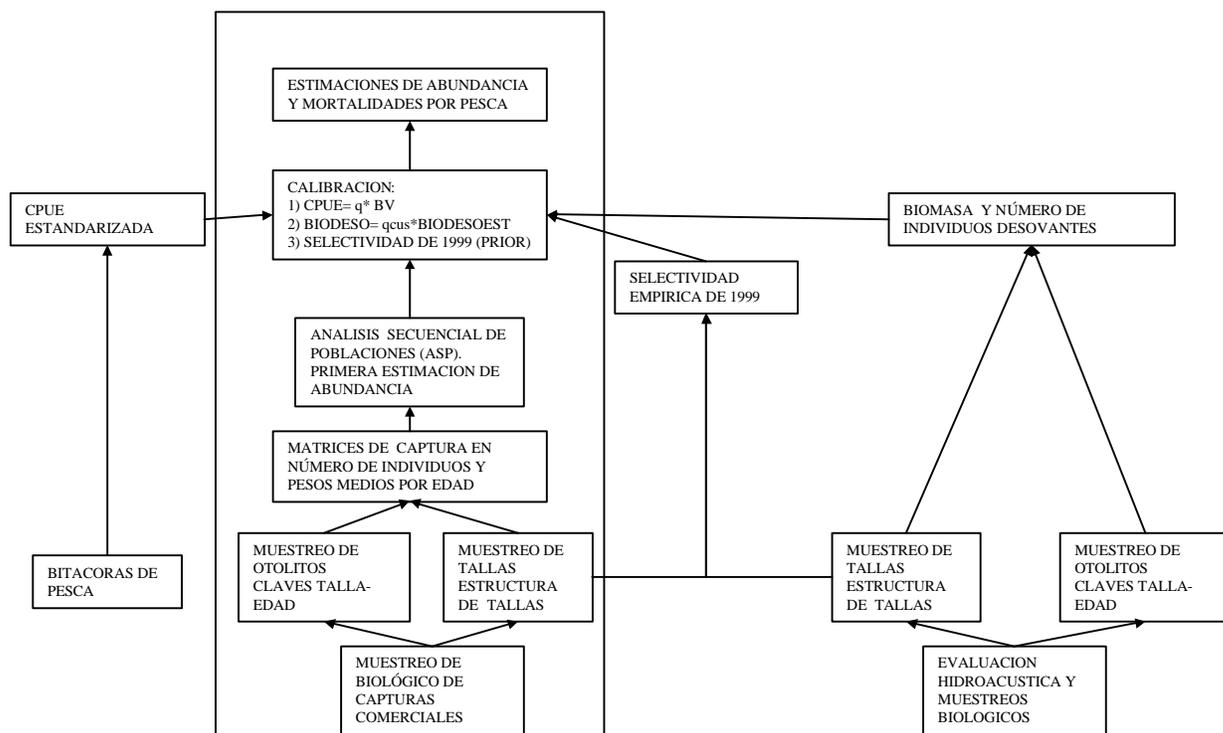
5.2.1 Modelo de evaluación los recursos

5.2.1.1 Modelo de evaluación de merluza de cola

a. Modelo

La primera evaluación indirecta del stock considerando las capturas de la zona centro-sur y sur austral la realizaron Payá *et al.* (1999), empleando dos modelos de evaluación, uno estructurado por tallas y otro por edades. Ambos modelos presentaron resultados similares especialmente hacia los años más recientes. Sin embargo, el modelo estructurado por edades fue más informativo, ya que consideró en forma explícita patrones de explotación diferentes para cada flota. Razón por la cual fue seleccionada para realizar las estimaciones de abundancia y capturas totales permisibles (CTP) para el año 2000 (Payá *et al.* 2000a) y para el año 2001 (Payá y Rubilar 2000).

El esquema general de evaluación propuesto se inicia con los muestreos biológicos de las capturas comerciales, a partir de los cuales se obtienen las frecuencias de talla de la captura y las claves talla-edad (**Esquema 1**). Con esta información se construyen las matrices de captura a la edad y los pesos medios a la edad, los cuales permiten realizar una primera estimación de las abundancias del recurso. Luego, esta estimación debe ser calibrada con índices auxiliares de la abundancia del stock. Se consideran tres



Esquema 1. Modelo de evaluación de stock de merluza de cola

calibradores para el modelo, el primero corresponde a la abundancia relativa que proviene de la estandarización de la CPUE de cerco, la cual se basa en las bitácoras de pesca. El segundo índice corresponde a la abundancia del stock desovante de agosto del 2000, obtenido desde la evaluación hidroacústica, este índice se emplea como biomasa desovante total y como abundancia por edades. Para esto último, se utilizan las estructuras de tallas y claves talla-edad registradas en el crucero de evaluación. El tercer índice, corresponde al patrón de explotación de cerco obtenido en forma empírica desde las estructuras de tallas de la captura y la abundancia a la edad estimadas por hidroacústica para noviembre de 1999.



El modelo de evaluación corresponde a un análisis de las capturas a la edad, formulado considerando las capturas de cerco y arrastre separadamente, mediante la modelación de patrones de explotación específicos.

En este sentido, y considerando un vector de abundancias a la edad para la primera temporada ($N_{i,t}$) y los reclutamientos desde la segunda en adelante ($N_{2,t}$), los sobrevivientes son proyectados hasta la temporada más reciente a través de la expresión:

$$N_{i,t} = R, \quad i=1$$
$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} e^{(-F_{i,t}^{cer} - F_{i,t}^{arr} - M)}, \quad i>1$$

donde $N_{i,t}$ es la abundancia del i -ésimo grupo de edad en la t -ésima temporada de pesca, M es la mortalidad natural, en tanto que $F_{i,t}^{cer}$ y $F_{i,t}^{arr}$ son las mortalidades por pesca por grupo de edad y temporada para las pesquerías cerco y arrastre (centro-sur y sur-austral), respectivamente.

Las mortalidades por pesca se modelan de la forma:

$$F_{i,t}^{cer} = F_t^{cer} S_i^{cer}$$
$$F_{i,t}^{arr} = F_t^{arr} S_i^{arr}$$

siendo F_t las mortalidades por pesca anuales de los grupos completamente reclutados por pesquería, y S el patrón de explotación edad-específico en la forma Gamma:



$$S_i^{cer} = \frac{i^{a_1} \exp(-b_1 * i)}{\max(i^{a_1} \exp(-b_1 * i))}$$
$$S_i^{arr} = \frac{i^{a_2} \exp(-b_2 * i)}{\max(i^{a_2} \exp(-b_2 * i))}$$

donde $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 son parámetros por resolver.

De esta forma, y proyectada la matriz de abundancias, las capturas a la edad y temporada son predichas por pesquería de la siguiente forma:

$$\hat{C}_{i,t}^{cer} = \frac{F_{i,t}^{cer}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp^{(-M - F_{i,t}^{cer} - F_{i,t}^{arr})});$$
$$\hat{C}_{i,t}^{arr} = \frac{F_{i,t}^{arr}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp^{(-M - F_{i,t}^{cer} - F_{i,t}^{arr})})$$

Así, el modelo se resuelve determinando el vector de abundancias a la edad para la primera temporada ($N_{i,1}$), los reclutamientos desde la segunda temporada en adelante ($N_{2,t}$), las mortalidades por pesca anuales de grupos completamente reclutados por pesquería (F_t^{cer} y F_t^{arr}) y los parámetros de los patrones de explotación.

El análisis de los datos indica que existen grupos de temporadas que presentan estructuras de edades muy similares, lo cual sugiere cambios en los patrones de explotación más que en las fuerzas de los reclutamientos (Payá y Rubilar 2001).

Por lo tanto, para las capturas de cerco se identificaron los siguientes períodos de igual patrón de explotación:



- 1) 1988, 1989, 1993, 1994, 1995 y 1998
- 2) 1991 y 1992
- 3) 1990 y 1999
- 4) 1996, 1997 y 2000

Por otra parte, para las capturas de arrastre se identificaron dos períodos para diferenciar el ingreso de las capturas de media agua, del período anterior en que las capturas eran de arrastre de fondo: 1) 1988 a 1996 y 2) 1997 a 2000.

b. Índices de calibración del modelo

b.1. Abundancia relativa desde CPUE de cerco

El dato de la CPUE proviene de la estandarización del esfuerzo de pesca de la flota de cerco. El modelo estima la CPUE como:

$$CPUE_t = q \overline{BV}_t$$

donde “q” es el coeficiente de capturabilidad que se calcula como:

$$q = \frac{\sum_t (CPUE_t \overline{BV}_t)}{\sum_t \overline{BV}_t^2}$$

la biomasa media vulnerable se determina por:

$$\overline{BV}_t = \sum_i \frac{N_{i,t} (1 - \exp^{(-F_{i,t}^{cer} - F_{i,t}^{arr} - M)})}{F_{i,t}^{cer} + M} S_i^{cer} \overline{W}_{i,t}$$

donde $W_{i,t}$ es el peso medio a la edad.



b.2. Biomasa desovante de acústica

Existen varias estimaciones directas de la abundancia de merluza de cola, pero no son comparables entre ellas debido a cambios en los métodos de evaluación, las épocas y las áreas cubiertas. La primera evaluación se realizó por el método de área barrida, mientras que el resto por hidroacústica. De las estimaciones acústicas del stock desovante, las primeras presentan limitaciones del desarrollo de la técnica para este recurso, por lo que la evaluación del stock desovante del año 2000 es la más confiable (Sergio Lillo, com. pers.). Debido a esto para calibrar el modelo se emplea sólo la evaluación de ese año.

El modelo estima el número de desovantes en agosto (ND) como:

$$ND_{i,j} = \sum N_{i,j} \exp^{(-1/12 * Z_j)} mad_i$$

De este número de desovantes una fracción estará disponible en la época y área de la evaluación acústica:

$$NACUS_{i,j} = ND_i * Sacus_{i,j}$$

Donde Sacus corresponde a la selectividad del crucero acústico y se modeló con una función logística:

$$Sacus_i = \frac{1}{1 + a * \exp(-b * i)}$$

La biomasa desovante (*BDD*) registrada por la acústica se estima incorporando un valor de capturabilidad (*qa*):

$$BDD_j = \sum_i ND_{i,j} * W_{i,j} * qa$$



b.3. Selectividad empírica de cerco en noviembre de 1999

La selectividad de cerco para 1999 se estima como la razón entre la estructura de edades de las capturas de cerco y la estructura a la edad registrada en la evaluación acústica de noviembre de 1999 :

$$Fempírica_i \approx \frac{Ccerco_i}{Nacústica_i}$$

$$Sempírica_i = \frac{Fempírica_i}{Fempírica_{max}}$$

Luego a esta selectividad se ajusta una función gamma cuyos parámetros son ingresados con una distribución lognormal con un coeficiente de variación muy bajo (0,001), logrando de esta forma que el modelo se ajuste a esta función externa.

c. Ajuste mediante inferencia bayesiana

Siguiendo la nomenclatura de Gelman *et al.* (1995), para poder establecer una probabilidad de los valores de θ (parámetros) dado los datos “y”, primero se requiere un modelo que entregue la probabilidad conjunta de los parámetros y de los datos. Esta probabilidad conjunta ($p(\mathbf{q}, y)$) se puede expresar como el producto de la distribución **a priori** de los parámetros ($p(\theta)$) y la distribución muestral ($p(y | \mathbf{q})$):

$$p(\mathbf{q}, y) = p(\mathbf{q}) p(y | \mathbf{q})$$



El simple condicionamiento a los valores conocidos de los datos “ y ”, usando la propiedad básica de la probabilidad condicionada conocida como la regla de Bayes, produce la densidad **a posteriori**:

$$p(\mathbf{q} | y) = \frac{p(\mathbf{q}) p(y | \mathbf{q})}{\sum_{\mathbf{q}} p(\mathbf{q}) p(y | \mathbf{q})}$$

Debido a que el denominador corresponde a un término de escalamiento para generar la probabilidad entre 0 y 1, éste habitualmente se omite, generándose la distribución a **posteriori** no normalizada.

$$p(\mathbf{q} | y) \propto p(\mathbf{q}) p(y | \mathbf{q})$$

Por lo tanto, se requiere modelar la distribución muestral ($p(y | \mathbf{q})$), que corresponde a la función de verosimilitud y luego establecer la distribución **a priori** de los parámetros.

c.1. Función de verosimilitud

Se considera que la proporción de las edades en la matriz de captura corresponde a una distribución multinomial, cuya ln de la verosimilitud es:

$$L_{cap} = T^{cer} p_{cer} \ln(pe_{cer}) + T^{arr} p_{arr} \ln(pe_{arr})$$

donde: el supraíndice “*cer*” representa a la flota de cerco y el “*arr*” a la de arrastre; “*p*” y “*pe*” corresponden a las proporciones de las edades en las capturas medidas y



estimadas, respectivamente. El símbolo “ T ” representa el tamaño de muestra, el cual es establecido siguiendo a McAllister e Ianelli (1997).

Para el caso del índice de abundancia relativa CPUE y de los valores de desembarque total (Y) de cada flota se consideró que estos presentan una distribución lognormal donde su ln de la verosimilitud corresponde a:

$$L_{Y_{cer}} = -0,5n \ln(2p) - \ln(s_{Y_{cer}}) - \frac{0,5}{s_{Y_{cer}}^2} \sum_j (\ln(Y_{cer}) - \ln(\hat{Y}_{cer}))^2$$

$$L_{Y_{arr}} = -0,5n \ln(2p) - \ln(s_{Y_{arr}}) - \frac{0,5}{s_{Y_{arr}}^2} \sum_j (\ln(Y_{arr}) - \ln(\hat{Y}_{arr}))^2$$

$$L_{CPUE} = -0,5n \ln(2p) - \ln(s_{CPUE}) - \frac{0,5}{s_{CPUE}^2} \sum_j (\ln(CPUE) - \ln(\hat{CPUE}))^2$$

c.2. Distribución *a priori*

El valor de M se considera variable con una distribución *a priori* lognormal con un valor modal igual a 0,35, sobre la base de las diferentes estimaciones realizadas por Ojeda *et al.* (1998).

Para los reclutamientos se considera una “prior” no informativa, mientras que para el resto de los parámetros se considera que éstos presentan una distribución lognormal. Los valores promedios son estimados considerando los ajustes de los modelos realizados en años anteriores, con coeficientes de variación entre 0,01 y 0,5.



Para el caso de la selectividad de cerco del año 1999, se consideran los parámetros estimados desde el ajuste empírico del patrón de selectividad. Este se realiza considerando la abundancia por edad estimada en el crucero de evaluación directa de noviembre de 1999 y las capturas comerciales a la edad registradas en aquella oportunidad por la flota cerquera. Para estos parámetros se considera un coeficiente de variación muy pequeño igual a 0,01.

c.3. Moda de la función de densidad conjunta

Para encontrar la moda de la probabilidad conjunta, se multiplican las probabilidades **a priori** por la distribución muestral, esto corresponde a sumar las verosimilitudes del modelo y de las **priors**.

$$L = L_{cap} + L_{Ycer} + L_{Yarr} + L_{CPUE} + L_{priors}$$

La moda de la densidad posterior se encuentra buscando el valor mínimo de $-L$ mediante el algoritmo de minimización de Quasi-Newton.

c.4. Muestreo de la densidad de **posteriori** y distribución marginal

Se muestrea 1000 veces la “posteriori” mediante un procedimiento montecarlo desde una distribución *t-student* multivariada (Gelman **et al.** 1995). Para esto se emplea la matriz de varianza-covarianza obtenida desde la matriz hessiana.

Las distribuciones marginales de los indicadores de interés (la biomasa, la abundancia, la producción de huevos, etc.) se construyen en base al uso de los diferentes set de parámetros obtenidos en el muestreo de las “**posteriori**”.



5.2.1.2 Modelo de evaluación de merluza de tres aletas

a. Enfoque de evaluación

La primera evaluación indirecta de la abundancia del stock de merluza de tres aletas en aguas chilenas, se realizó bajo el supuesto de que los procesos de inmigración y de emigración eran iguales y, por lo tanto se cancelaban (Payá, 1997). No obstante, este autor concluye que la estacionalidad de las capturas, los cambios estacionales en la abundancia y en las estructuras de tallas, sugieren que existen migraciones desde y hacia aguas chilenas, las cuales deben ser cuantificadas. Por otra parte, ya que en aquella evaluación no se disponía de las matrices de captura en número y pesos medios a la edad, se desarrolló un método para separar la estructura de tallas en sus componentes etarios, mediante el uso del modelo de crecimiento ajustado para esta especie.

La segunda evaluación indirecta de la abundancia del stock de este recurso, presentó mejoras importantes tanto en la información utilizada como en los enfoques de los análisis (Payá y Canales 1998a). Se emplearon matrices de captura en número y pesos medios a la edad obtenidos de claves talla-edad, provenientes de las lecturas de anillos diarios de crecimiento. Dicha evaluación se realizó bajo el supuesto que tanto las inmigraciones y emigraciones del recurso, en el Pacífico Sudoccidental eran iguales, por lo que a la vuelta de un año lo que salía del stock era igual a lo que ingresaba.

No obstante, posteriormente se realizó una nueva evaluación de stock considerando como hipótesis alternativa que existe un stock compartido (Payá y Canales 1998b). Esto se basó en los resultados de las investigaciones biológico-pesqueras (Lillo y Céspedes 1998 y Céspedes *et al.* 1998), en las cuales se concluye que en efecto este recurso es altamente migratorio, siendo posible postular rutas migratorias bien



definidas, que involucran inmigraciones hacia costas chilenas para desovar en los meses de invierno y emigraciones probablemente tróficas hacia aguas atlánticas en los meses de primavera. Estas conductas se corresponden claramente con la estacionalidad de las capturas de las flotas chilenas y argentinas, éstas últimas realizan la mayor parte de sus capturas en torno a la Isla de los Estados, ubicada en el extremo sur de la plataforma continental argentina muy cerca de la frontera con Chile. Por lo tanto, para aquella evaluación de stock se sumaron las matrices de las capturas en número de individuos y pesos medios a la edad chilenas y las correspondientes matrices provenientes de los estudios realizados en el Atlántico (Wöhler *et al.* 1996).

Debido a que aún no se han generado piezas de información que permitan conocer las capturas por edades que experimenta el stock durante su paso por el Atlántico, el enfoque de evaluación aplicado es el empleado por Payá y Ehrhardt (1999) y Payá *et al.* (2000b y 2001), es decir, se modelan los cambios en la abundancia que se producen en las aguas chilenas durante los meses en que ingresa, desova y se sale el stock desovante.

b. Información a emplear

La información a emplear proviene de las pescas de investigación realizadas en los años 1993 y 1995 a 2000 (Lillo *et al.* 1993, Lillo y Céspedes 1998 y Céspedes *et al.* 1998), en las que se realizó un muestreo intensivo de las estructuras de tallas, aspectos biológicos y datos de bitácoras de todos los lances de pesca efectuados. La información de la pesquería Argentina proviene de informes técnicos del INIDEP y comunicaciones personales con investigadores de esa institución.



Los niveles de abundancia en peso (biomasa) estimados por métodos hidroacústicos (Lillo *et al.* 1994) iguales a 172 y 66 mil toneladas, para los meses de junio y noviembre de 1993, respectivamente, son transformadas a número de individuos por grupo de edad “i” ($NACUS_i$), mediante las estructuras de tallas registradas durante el crucero de investigación y la clave talla-edad correspondiente.

Se calculan las estructuras de tallas de las capturas por intervalos de 10 días, las cuales son transformadas a estructuras de edades, mediante el uso de la clave talla-edad correspondientes a cada año. Así como también, se calculan las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) por grupo de edad, cada 10 días, expresándolas en número de individuos por hora de arrastre.

El coeficiente de capturabilidad por edad (q_i) para el mes de noviembre se estima de acuerdo a la siguiente expresión:

$$q_i = \frac{CPUE_i}{NACUS_i}$$

La información respecto a los pesos medios corresponde a la generada por Payá y Ehrhardt (1999).

c. Modelo de migración

El modelo de migración (Payá y Ehrhardt 1999) describe el movimiento de los peces mediante gráficas de la posición (latitud) de los lances de pesca cada diez días, considerando que los movimientos del barco reflejan los desplazamientos del recurso, ya que el barco sería capaz de mantenerse sobre el núcleo de desplazamiento principal del recurso (S. Lillo com. pers.).



El modelo estima la latitud (LAT) a diferentes tiempos (T), según los siguientes períodos:

Período de inicio: ($T < T_1$): Donde T_1 es el tiempo de inicio de la inmigración. Las capturas se realizan en el límite de la frontera a la espera del ingreso del stock desovante, la posición se mantiene constante (LATI).

Período de inmigración: ($T_1 \Rightarrow T \leq T_2$): Donde T_2 es el tiempo de término de la inmigración. Se estima una tasa constante de inmigración "I".

$$LAT_t = LATI - I * (T - T_1)$$

Período de emigración ($T_2 > T \leq T_3$). Donde T_3 es el tiempo de término de la emigración. Se estima una tasa constante de emigración "EM".

$$LAT_t = LAT_{t=T_2} + EM * (T - T_2)$$

Período de termino ($T > T_3$): La emigración ha terminado las capturas se realizan en la frontera, en la misma latitud que al inicio.

Los ajustes de los parámetros (LATI, I, EM, T_1 , T_2 y T_3) se realizan minimizando la suma de los residuos cuadrados entre la latitud observada y la predicha.

d. Modelo de evaluación

Hasta el año 1999, la CPUE mantuvo una relación lineal inversa con el índice de oscilación del sur (IOS), con un $r^2=0,86$ (Payá *et al.* 2000b). Aunque, los valores más negativos del IOS, se asocian al fenómeno de "El Niño", éstos no miden *in situ* lo que sucede en la zona de concentración reproductiva de merluza de tres



aletas. Sin embargo, debido a la teleconexión de los sistemas océano-atmósfera, la disminución del IOS refleja un desplazamiento del centro de alta presión de la zona antártica hacia el norte, el cual se acerca a la zona de desove del recurso (Quintana, 1998), generando mejoras en el clima, mediante la disminución de la intensidad de los vientos (Cheng *et al.* 1995). No obstante, lo promisorio de la hipótesis ambiental propuesta por Payá *et al.* (2000b), al incluir en la relación CPUE e IOS los datos del año 2000, la correlación entre estas variables disminuye a un $r^2=0,50$ (Payá *et al.* 2001).

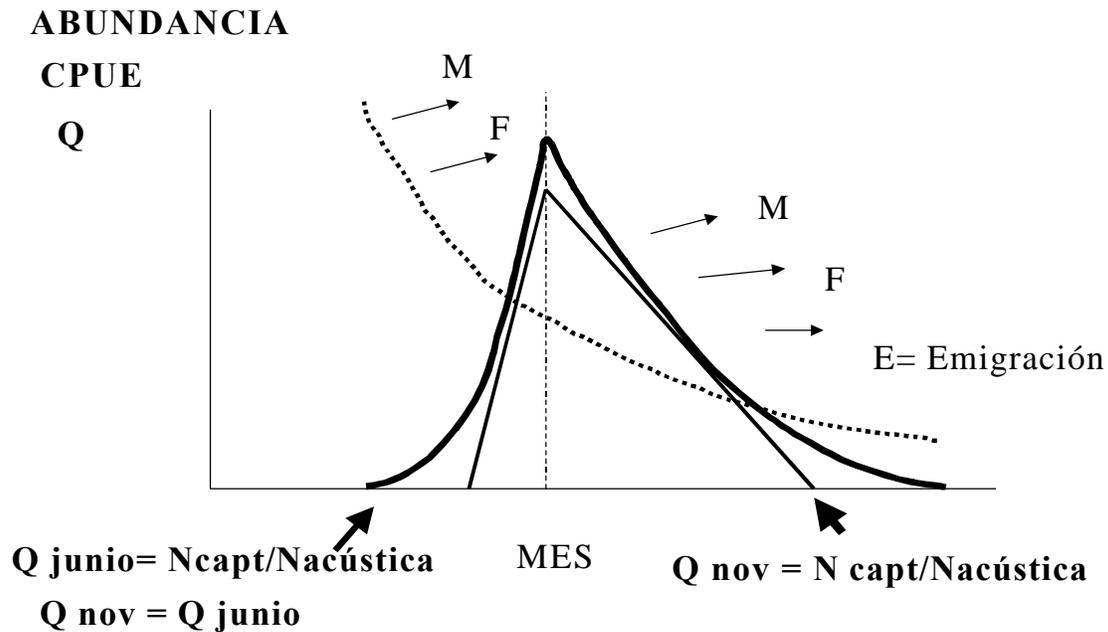
Por lo tanto, para la evaluación se plantea el modelo desarrollado por Payá y Ehrhardt (1999), el cual no considera el IOS para predecir la CPUE. El modelo empleado se caracteriza por describir la evolución cada 10 días del recurso en aguas chilenas. Desde el instante en que ingresa el pulso inmigrante de aguas desde el Atlántico, mes de julio, pasando por un período en que se verifica el desove, primera quincena de agosto, con el consecuente aumento en el coeficiente de capturabilidad, evidenciado entre otros factores por el notable aumento en el rendimiento (CPUE), luego de lo cual los peces se disgregan, disminuyendo su capturabilidad y simultáneamente emigran hacia aguas del Atlántico.

El modelo posee los siguientes supuestos:

- Todos los peces que ingresan a aguas chilenas lo realizan en julio.
- La capturabilidad del barco “American Dynasty” es igual a la del “UniónSur”.
- La capturabilidad aumenta hacia el máximo de reproducción y luego disminuye.
- Después del desove en agosto los peces disminuyen en abundancia debido a la mortalidad natural, a la mortalidad por pesca y a la emigración hacia aguas del Atlántico.



El modelo de evaluación de stock posee dos fases secuenciales (Esquema 2). La primera transcurre desde el ingreso de los peces en julio hasta la máxima concentración reproductiva, la que se verificaría aproximadamente en los primeros 10 días de agosto.



Esquema 2. Modelo de evaluación de merluza de tres aletas (Línea gruesa = abundancia, línea punteada = CPUE y línea delgada = capturabilidad (Q)).

Esta primera fase es modelada sólo para el año 1993, dado el volumen de información que se dispone.

Se supone que la totalidad del stock desovante ingresa en julio y que la disminución del número de individuos (N) se debe a las muertes por causas naturales y a las producidas por la pesca, según la ecuación:



$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2)} - C_t) * e^{(-M/2)}$$

y el número medio de individuos (\bar{N}) se estima por:

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2)} - C_t / 2$$

es importante notar que M está referida a períodos de 10 días.

La segunda fase del modelo se inicia una vez que el recurso ha alcanzado la máxima concentración reproductiva en el mes de agosto. Seguidamente, los peces se disgregan y comienza la emigración hacia aguas atlánticas; por consiguiente, a las ecuaciones anteriores se les debe agregar el término (E), que corresponde a la tasa de emigración año-específica, modelada cada 10 días:

$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t) * e^{(-M/2-E/2)}$$

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t / 2$$

El proceso de concentración o disgregación reproductiva (FCR), describe los cambios en el coeficiente de capturabilidad (qt) respecto del valor de noviembre, el que es estimado en función de la tasa de cambio cada 10 días (A), como.

$$FCR_t = 1 + A * (t - t_{\text{noviembre}})$$



Por lo tanto, el coeficiente de capturabilidad al tiempo t, se estima como:

$$q_t = q_{\text{noviembre}} * FCR_t$$

En consecuencia, la captura por unidad de esfuerzo en número de individuos se calcula como el producto entre la abundancia media en número y el coeficiente de capturabilidad del período correspondiente, la que multiplicada por el peso medio permite estimar el valor de la CPUE en t/h.a., donde h.a. corresponde a las horas de arrastre. La expresión matemática de la CPUE expresada en número es:

$$\hat{CPUE} = q_t * \bar{N}_t$$

Y la tasa instantánea de mortalidad por pesca cada 10 días, se calcula como,

$$F_t = \frac{C_t}{N_t}$$

A la vez que la abundancia en número por grupo de edad se estima como,

$$N_{t,i} = \frac{CPUE_{t,i}}{\sum CPUE_{t,i}} * N_t$$

La biomasa total, corresponde al producto entre la abundancia por grupo de edad y su peso medio,

$$B_t = \sum N_{t,i} * W_t$$



Un paso clave del modelo es la estimación del número de individuos en agosto, que es cuando se logra la máxima concentración y se inicia el desove y la emigración. Para estimar este número se aplican dos procedimientos. Para el año 1993 el número en agosto se estima desde los cambios en abundancia registrados de la evaluación hidroacústica de junio y noviembre, descontando las pérdidas por pesca, emigración y mortalidad natural.

El número al inicio de agosto se estima como:

$$N = (\bar{N} + C/2) \exp(M/2 + E/2)$$

b.1. Ajuste del modelo

Debido a la disponibilidad de información, el modelo de inmigración sólo se puede ajustar para el año 1993 y no para el resto de los años, en cambio el modelo de emigración se ajustó para todos los años en intervalos de 10 días.

Primera etapa del ajuste.

Se estima la tasa de emigración para el año 1993 (E93), para lo cual se considera que el número de individuos medidos por acústica corresponde al total de individuos presentes en el momento de la evaluación, es decir que la capturabilidad del método acústico es igual a 1. Por lo tanto, el número de individuos presentes en junio, menos las pérdidas por mortalidad natural, mortalidad por pesca y emigración producidas entre junio y octubre, deben dejar un número de sobrevivientes igual al número de individuos registrados en noviembre por acústica. La disminución de los sobrevivientes fue estimada según la ecuación:

$$N_{t+1} = (N_t \exp(-M/2 - E/2) - C_t) - \exp(-M/2 - E/2)$$



y la suma de cuadrados minimizada fue:

$$SCN_{noviembre} = (Nacus_{noviembre} - NACUS_{noviembre})^2$$

Luego, se estiman los factores de concentración (FCR_t) como una función lineal del tiempo que falta para llegar a noviembre, cuando este factor debe tomar el valor de 1, según la ecuación:

$$FCR_t = 1 + A * (t - t_{noviembre})$$

donde A es la pendiente de la disminución del factor de concentración. Luego se estimaron los valores de la capturabilidad (qt) y las CPUE_t, según las ecuaciones descritas anteriormente. La búsqueda de la pendiente A se realizó minimizando la suma de cuadrados de los residuales entre la CPUE observada (CPUEDAT) y la predicha por el modelo (CPUE):

$$SCCPUE = \sum (\ln(1 + CPUEDAT_t) - \ln(1 + CPUE_t))^2$$

Segunda etapa del ajuste.

La segunda etapa del ajuste del modelo considera simultáneamente la información de los años 1995 al 2000 y supone que las capturabilidades (qt) estimadas para 1993 se mantienen constantes para el resto de los años. Como se modela sólo el segundo período, que se inicia en agosto, se requiere estimar un número de individuos presentes al inicio de este mes, el cual disminuirá según la ecuación.

$$N_{t+1} = (N_t \exp(-M/2 - E/2) - C_t) - \exp(-M/2 - E/2)$$



Por lo tanto, los parámetros a estimar para estos años son los números de individuos presentes en agosto (Nagosto,1995, Nagosto,1996, Nagosto,1997, Nagosto,1998, Nagosto,1999 y Nagosto,2000) y las tasas de emigración (E1995, E1996, E1997,E1998,E1999 y E2000) de cada año. Donde la función objetivo a minimizar es:

$$SCCPUE = \sum_{\text{año}=1995}^{\text{año}=2000} \sum_{t=\text{agosto}}^{\text{t}=\text{noviembre}} (\ln(1 + CPUEDAT_{\text{año},t}) - \ln(1 + CPUE_{\text{año},t}))^2$$

donde CPUEDAT es la captura por unidad de esfuerzo observada.

b.2. Incertidumbre del modelo

Se mide la incertidumbre en el conocimiento de los parámetros de entrada que son relevantes en el modelo de evaluación, desarrollando un procedimiento de simulación Monte Carlo, generando 1.000 eventos para cada variable.

b.2.1. Mortalidad Natural (M)

El modelo de evaluación emplea la tasa instantánea de mortalidad natural en intervalos de 10 días, valor que se obtiene al dividir la tasa anual por 36 (12 meses por 3 períodos de 10 días). Luego los valores simulados anuales, se obtienen desde una distribución uniforme entre los valores 0,22 y 0,33 Ojeda *et al.* (1998).

b.2.2. Número de individuos

Para el mes de junio de 1993 se simula la abundancia en número estimada por métodos acústicos, desde una distribución normal con la media y la desviación



estándar informadas por Lillo *et al.* (1994), la cual se transformada a número de individuos por grupo de edad, según el procedimiento descrito anteriormente. Para agosto de los años 1995 a 2000, el número de individuos está determinado por el ajuste del modelo, ya que son parte de los parámetros a ser estimados por éste.

b.2.3. Capturabilidad de noviembre

Se obtienen 1000 estimados de q dividiendo el valor de la CPUE de noviembre de 1993 (supuesto sin error) por cada uno de los 1000 estimados del número de individuos por acústica de noviembre de 1993.

b.2.4. Crecimiento en peso

Las estimaciones de los pesos medios por grupos de edad se obtienen mediante la generación de valores simulados del peso asintótico (W_∞) desde una distribución normal con media y desviación estándar conocida provenientes del ajuste del modelo de crecimiento realizado por Payá y Ehrhardt (1999), estimando los errores mediante técnicas de remuestreo de los residuales. A continuación, se estima para cada valor del peso asintótico (W_∞) un valor del coeficiente de crecimiento en peso (K), considerando la alta correlación entre ambos, de acuerdo a lo planteado por Draper y Smith (1981; cit. por. Roa *et al.* 1998).

$$K_j = \hat{K} + r_{\hat{W}_\infty \hat{K}} * \left[\frac{\hat{S}_{\hat{K}}}{\hat{S}_{\hat{W}_\infty}} \right] * \left(W_{\infty_j} - \hat{W}_\infty \right)$$

donde r es el coeficiente de correlación estimado entre \hat{W}_∞ y \hat{K} . $\hat{S}_{\hat{K}}$ y $\hat{S}_{\hat{W}_\infty}$ son los respectivos errores estándares y, el subíndice j indica el valor de la corrida en la simulación.



A la ecuación anterior se le debe agregar un término que considera la varianza residual, tal que.

$$\hat{S}_{K, residual}^2 = \hat{S}_K^2 * \left(1 - r_{\hat{W}_\infty, \hat{K}}^2 \right)$$

donde $r_{\hat{W}_\infty, \hat{K}}$ es la proporción de varianza debido a la relación lineal.

Los pesos medios por grupo de edad se obtienen al remplazar los valores estimados (W_∞ y K) en la ecuación de crecimiento en peso de von Bertalanffy.

$$W_t = W_\infty \left(1 - e^{(-K(t-t_0))} \right)^b$$

5.2.2 Indicadores para el diagnóstico de los recursos

Se revisaron los índices actualmente en uso para el stock: Biomاسas totales y desovantes; Producción de huevos; Número de individuos totales y reclutas; Mortalidad por pesca promedio ponderada por la abundancia; Tasa de explotación; Excedente de producción; CPUE; Éxito reproductivo (Reclutas/huevos), etc. Y los empleados para analizar la estructura del stock: Talla media y modal de las capturas y Porcentaje de juveniles en las capturas por flota.

Para la definición de los indicadores se requiere de marcos de referencia del uso sustentable de los recursos. Idealmente los índices deberían estar basados en un modelo integrador de todos los índices. En la concepción de los índices se debe considerar la resiliencia de los stocks, definida como la capacidad de respuesta o recuperación hacia una situación particular luego que el stock ha sufrido algún tipo de perturbación. Las perturbaciones se pueden diferenciar en perturbaciones de



baja y alta frecuencia, donde la pesquería y el ambiente corresponden a uno o ambos tipos.

Por otra parte, la resiliencia está asociada al uso del nicho de la especie, por lo que una disminución significativa del recurso puede permitir que parte del nicho pueda ser colonizado por otra especie, lo cual dificultará la recuperación de la especie de interés.

5.2.2.1 Merluza de cola

Los indicadores del estado del sistema de uso sustentable propuestos fueron:

- Ind 11 = Estado actual de biomasa explotable / estado inicial de biomasa explotable.
- Ind 12 = Estado actual de biomasa excedente / estado de biomasa sustentable (Ej. captura máxima sostenible).
- Ind 13 = Biomasa actual / Biomasa umbral u objetivo. La estructura de la biomasa puede ser variada: reclutas, desovantes, de alguna edad en especial, etc.
- Ind 14 = Área actual de la pesquería en administración / Área inicial del stock.

Los indicadores del stress del stock en uso sustentable propuestos fueron:

- Ind 21 = Capturas realizadas en un período especificado / Promedio de las capturas en el período usado como base
- Ejemplo = Período base asociado a eventos de El Niño.
- Ind 22 = Captura efectivamente realizada en un período / excedente de producción neta. El excedente corresponde a lo que se puede sacar sin afectar el reclutamiento. Las capturas pueden tener diferentes estructuras: reclutas, desovantes, etc.



Ind 23 = Duración actual de la época de pesca / duración de la época de pesca al inicio de la pesquería.

Ind 24 = Área actual de la zona de desove actual / Área inicial de la zona de desove. Analizar área o perímetro mediante del rango del semi-variograma

Los indicadores de respuesta a los procesos de administración propuestos fueron:

Ind 31 = Captura efectivamente realizada en un período / Captura biológicamente recomendada o cuota anual. Considerar estimación del descarte

Ind 32 = CTP proyectada para un año / CTP efectiva (retrospectiva)

Los indicadores de respuesta ambiental propuestos fueron:

Ind 41 = valor estandarizado del reclutamiento / valor estandarizado máximo del IOS

Ind 42 = (valor estandarizado de R/D / valor max. R/D) / turbulencia máxima. Valores estandarizados y de la variable ambiental de interés; w^3 , IS, IOS, etc.

5.2.2.2 Merluza de tres aletas

Los índices deben ser especificados por región (Pacífico y Atlántico)

Indicadores del estado del sistema de uso sustentable propuestos fueron:

Corresponden a los mismos indicadores identificados para merluza de cola.



Indicadores del stress del stock en uso sustentable propuestos fueron:

- Ind 21 = Capturas realizadas en un período especificado / Promedio de las capturas en el período usado como base
- Ejemplo = Período base asociado a eventos de El Niño.
- Ind 22 = Captura efectivamente realizada en un período / excedente de producción neta. El excedente corresponde a lo que se puede sacar sin afectar el reclutamiento. Las capturas pueden tener diferentes estructuras: reclutas, desovantes, etc.
- Ind 23 = Duración actual de la época de pesca / duración de la época de pesca al inicio de la pesquería.
- Ind 24 = Área de la zona de desove actual / Área de la zona de desove inicial. Analizar área o perímetro mediante del rango del semi-variograma
- Ind 25 = Talla de primera madurez sexual (ojiva de madurez)
- Ind 26 = Razón entre pendientes del diagrama "V" de desplazamiento.
- Ind 27 = Tasa de producción de huevos del Surimero

Indicadores de respuesta a los procesos de administración propuestos fueron:

Se requiere primero entender el grado de mezcla de los stocks antes de desarrollar los índices del proceso de administración.

Indicadores de respuesta ambiental propuestos fueron:

- Ind 41 = Valor estandarizado del reclutamiento al stock desovante / valor estandarizado máximo del IOS
- Ind 42 = (valor estandarizado de R^*/D / valor max. R^*/D) / turbulencia máxima. Valores estandarizados y de la variable ambiental de interés; w^3 , IS, IOS, etc. * = Reclutamiento al stock desovante.



Ind 43 = (valor estandarizado de CPUE / valor max. CPUE) / Variable ambiental.

Variable ambiental a definir: IOS, Ppta Pta. Arenas, TSM Pta. Arenas

Ind 44 = Grado de agregación entre cardúmenes en el momento del desove/ Variable ambiental.

5.2.3 Estrategias de explotación

¿Que es sobrepesca?

La sobrepesca puede ser definida, de una u otra manera, como el sobrepasar un nivel de referencia. Por lo tanto, la sobrepesca puede tomar varias formas, por ejemplo sobrepesca de un objetivo de manejo, sobrepesca por crecimiento, sobrepesca por reclutamiento y sobrepesca desde un punto de vista económico. La sobrepesca de un objetivo de manejo está asociada a un punto biológico de referencia objetivo, mientras que la sobrepesca por crecimiento y por reclutamiento están asociadas a puntos biológicos de referencia límites o umbrales (Rosemberg y Restrepo 1996 y FAO 1993). La diferencia es que mientras se espera que la actividad pesquera fluctúe en torno a un objetivo, los límites no deberían ser sobrepasados.

En sentido estricto, la sobrepesca de un objetivo de manejo puede ocurrir en cualquier momento que se sobrepase el objetivo, sin embargo desviaciones pequeñas no deberían ser consideradas serias hasta que, y a menos que, una desviación consistente sea evidente. Por el contrario, aún una simple violación del límite de referencia puede indicar la necesidad de acciones inmediatas para reducir la mortalidad por pesca (Rosemberg y Restrepo 1996).



¿Los límites se deben expresar como Mortalidad por pesca o Biomosas?

Según Rosemberg y Restrepo (1996) los límites expresados en mortalidad por pesca tienen las siguientes ventajas:

- 1) Existen bases teóricas y empíricas para estimar los niveles máximos de F , por ejemplo $F_{20\%}$.
- 2) Cuando la pesquería opera cerca del límite no implica el cierre de la pesquería, si no que implica la reducción sustancial de la captura y el esfuerzo de pesca.
- 3) Un punto de referencia límite apropiado puede ser estimado con datos pesqueros relativamente dispersos y con la información de las características de la historia de vida del recurso en cuestión.
- 4) Puede prevenir el agotamiento del stock debido a pesca en el largo plazo.

Las desventajas identificadas son:

- 1) No aumenta la protección del stock cuando éste está en condiciones pobres. Una definición basada en F es apropiada para rangos de biomosas intermedias y puede que no sea apropiado para valores extremos de biomosas. Por ejemplo un $F_{20\%}$ no necesariamente permite la recuperación de un stock que ha sido fuertemente capturado en el pasado.



Los límites basados en biomazas tienen las siguientes ventajas:

- 1) Las biomazas están más directamente relacionadas con los reclutamientos.
- 2) Un nivel mínimo de biomasa entrega a los administradores del stock un nivel de referencia hacia donde se debe reconstituir el stock.
- 3) Durante eventos climáticos adversos un nivel mínimo de biomasa entrega un resguardo de biomasa para una eventual recuperación del stock cuando las condiciones mejoren.

Las desventajas de los límites de biomazas son:

- 1) Es difícil de calcular y demanda más datos que la estimación de un límite basado en mortalidad por pesca. Esto es especialmente problemático cuando la biomasa es tratada en su valor absoluto.
- 2) El problema de la falta de datos que cubran todo el rango de las condiciones del stock (falta de contraste en las biomazas o condiciones ambientales cambiantes) puede generar estimaciones erróneas de biomasa mínima.
- 3) Cuando una pesquería sobrepasa la biomasa límite se generan controversias de la exactitud de los estimados de biomazas del stock.
- 4) Los administradores y el público normalmente mal interpretan una biomasa límite como el punto en el cual el recurso colapsa, aumentando la controversia.

Finalmente, estos autores consideran que una combinación de una mortalidad por pesca máxima, un nivel de biomasa indicativa bajo el cual la mortalidad por pesca



debe ser reducida, y un nivel mínimo de biomasa absoluto, pueden proveer una buena protección para el recurso.

5.2.3.1 Estrategias de explotación en merluza de cola

En la presentación del Sr. Claudio Bernal de la Subsecretaría de Pesca, se estableció que el objetivo general de la administración es procurar la conservación de los recursos y dar sustentabilidad a la pesquería. En el caso de la merluza de cola los objetivos son: 1) Disminuir sistemáticamente las tasas de explotación a niveles que permitan conservar el recurso; 2) Lograr mayor valor agregado de los productos generados; 3) Sobre el actual diagnóstico recuperar el stock desovante, a niveles que permitan evitar la sobreexplotación del recurso. En este sentido los desafíos actuales que enfrenta la administración son: 1) Cambio de la intencionalidad de pesca de la flota centro-sur con una tendencia a cambiar la operación para la elaboración de productos para consumo humano; 2) Asignación de cuotas por pesquería; 3) Establecimiento de objetivos explícitos con los usuarios; y 4) Plan de investigación, orientado a mejorar el diagnóstico del recurso.

En consecuencia las estrategias de explotación deberían estar orientadas a asegurar la sustentabilidad del recurso evitando la sobreexplotación del stock desovante. Además, la estrategia debería considerar la asignación de cuotas de captura entre flotas.

a. Puntos biológicos de referencia para merluza de cola

a.1. Niveles de referencia basados en mortalidad por pesca

La situación o estatus del stock debe ser entendida con respecto a una situación objetivo, en la cual se debe mantener o conducir al recurso, y a una situación límite o umbral por sobre la cual el stock se considera sobreexplotado.



Para el aprovechamiento del crecimiento de los peces y la mantención de un rendimiento marginal positivo por unidad de esfuerzo marginal, se emplea como objetivo de manejo el F0.1, y como límite o umbral el Fmax, el cual genera un rendimiento marginal cero o negativo (Gulland y Boerema 1973).

El F0.1 equivale al valor que alcanza F cuando su derivada iguala el 10% de la pendiente del rendimiento en el origen:

$$\frac{\partial Y/R}{\partial F} \Big|_{F=F0.1} = 0,1 \frac{\partial Y/R}{\partial F} \Big|_{F \rightarrow 0}$$

Mientras que Fmax, corresponde al valor de F que genera un rendimiento marginal cero.

$$\frac{\partial Y/R}{\partial F} \Big|_{F=Fmax} = 0,0 \frac{\partial Y/R}{\partial F} \Big|_{F \rightarrow 0}$$

Desde el punto de vista de mantener la renovación del stock, el objetivo de conservación considera el F40%PH y el umbral de sobrepesca por reclutamiento el F20%PH (Mace 1994).

El F40% PH equivale al valor de mortalidad que reduce la producción de huevos por recluta (PH/R) al 40% de la PH/R obtenida en ausencia de explotación (Mace, 1994):

$$\frac{PH}{R} \Big|_{F=F40\%} = 0,40 \frac{PH}{R} \Big|_{F \rightarrow 0}$$



mientras que el $F_{20\%}$ PH corresponde al valor de F que reduce a un el 20% la producción virginal de huevos.

$$\frac{PH}{R_{F=F_{20\%}}} = 0,20 \frac{PH}{R_{F \rightarrow 0}}$$

a.2 Niveles de referencia basados en biomasa absoluta

Para la merluza de cola tenemos la desventaja n°1 identificada por Rosemberg y Restrepo (1996) para definir una biomasa límite, ya que “Es difícil de calcular y demanda más datos que la estimación de un límite basado en mortalidad por pesca. Esto es especialmente problemático cuando la biomasa es tratada en su valor absoluto”. Para la merluza de cola no se ha encontrado una clara relación stock-recluta, lo que esperamos que cambie en la medida que se agreguen nuevos datos, ya que actualmente sólo se dispone de 10 puntos para estimar la relación stock-recluta. Esto también genera que exista falta de contraste en los niveles de biomasa y reclutas, siendo muy probable realizar estimaciones errores de la biomasa límite, lo cual se identifica como la desventaja n°2.

Por lo tanto, debido a que las series de datos de stock-recluta son muy cortas, resulta difícil por el momento sostener estimaciones de biomasa límites absolutas, las cuales además pueden estar afectadas por los fuertes cambios ambientales que ocurren, como el fenómeno de El niño y los cambios de regímenes ambientales.

b. Asignación de capturas por flota con una estrategia de tasa de explotación constante.

La asignación de la captura total por flota debe considerar la diferencia en los patrones de explotación de la flota cerquera y de la arrastrera. El valor de la



captura total dependerá de la estrategia de explotación a implementar por la Subsecretaría de Pesca, a manera de ejemplo se analiza la estrategia de tasa de explotación constante. La tasa de explotación se expresa como el número de individuos y se calcula como la razón entre la captura y la abundancia al inicio del año. En esta estrategia de explotación la captura es directamente proporcional a la abundancia del stock a través de la tasa de explotación constante aplicada.

Para esto debemos considerar que las capturas para las flotas de cerco (C^{cer}) y la de arrastre (C^{arr}) se calculan como:

$$C_{i,t}^{cer} = \frac{FCR_t^{cer} r_{i,t}^{cer}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp^{(-M - FCR_t^{cer} r_{i,t}^{cer} - FCR_t^{arr} r_{i,t}^{arr})});$$
$$C_{i,t}^{arr} = \frac{FCR_t^{arr} r_{i,t}^{arr}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp^{(-M - FCR_t^{cer} r_{i,t}^{cer} - FCR_t^{arr} r_{i,t}^{arr})})$$

donde:

FCR_t^{cer} : Es la mortalidad por pesca de la edad completamente reclutada al cerco.

FCR_t^{arr} : Es la mortalidad por pesca de la edad completamente reclutada al arrastre.

$r_{i,a}^{cer}$: Es el patrón de explotación a la edad "i" en el año "t" del cerco.

$r_{i,a}^{arr}$: Es el patrón de explotación a la edad "i" en el año "t" del arrastre.

Por lo tanto, el FCR de cada flota debe ser ajustado de forma tal que se obtenga la asignación en peso por flota y la tasa de explotación total. Debido a que los patrones de explotación son diferentes por flota, no es posible obtener la asignación en peso entre flotas mediante la repartición directa de la mortalidad por pesca global entre flotas. Por lo tanto, el procedimiento consiste en buscar en forma



iterativa el valor de FCR de cada flota que produce la asignación en peso deseada, bajo la restricción que la FCR global (ambas flotas) genere la tasa de explotación deseada.

La evaluación del efecto de adoptar una determinada tasa de explotación y asignación de capturas por flota, se realiza estimando el riesgo de sobrepasar un determinado punto biológico de referencia. Para esto se requiere incorporar en el análisis de las diferentes fuentes de incertidumbre y repetir el procedimiento unas 1000 veces, de forma de registrar la probabilidad que la mortalidad por pesca supere el PBR.

5.2.3.2 Puntos biológicos de referencia para merluza de tres aletas

Según lo expuesto por el Sr. Marcelo García, de la Subsecretaría de Pesca, el objetivo de manejo para la merluza de tres aletas es hacer sostenible la actividad extractiva, bajo una restricción de conservación del recurso.

La Ley de Pesca y Acuicultura en su Título I, artículo N°2, numeral 14 se define la conservación como *“Uso presente y futuro racional, eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente”*. En el mismo título 1, artículo N° 1 se indica que: *“A disposiciones de esta Ley quedará sometida la preservación de los recursos hidrobiológicos, y toda actividad pesquera extractiva, de acuicultura, de investigación y deportiva que se realice en aguas terrestres, aguas interiores, mar territorial o zona económica exclusiva de la República y en las áreas adyacentes a esta última sobre las que exista o pueda llegar a existir jurisdicción nacional de acuerdo con las leyes y tratados internacionales”*



a. Rendimientos y biomásas por recluta

Debido a la naturaleza migratoria del stock desovante, se considera que la explotación de una cohorte adulta es secuencial en el tiempo, primero es explotada por la flota chilena en el momento del desove y luego por la flota argentina cuando el stock se encuentra en el Atlántico. Por lo tanto, el análisis de rendimiento por recluta (Y/R) se calcula como la suma del rendimiento que se obtiene en Chile (Y_{ch}) y Argentina (Y_{arg}) por cada individuo reclutado:

$$Y/R = \frac{(Y_{ch} + Y_{arg})}{R}$$

Dado el conocimiento actual, no es posible conocer los niveles de mortalidad por pesca que sufre el stock cuando se encuentra en el Atlántico. Debido a que se desconoce el grado de mezcla que podría existir con el stock que desova en las inmediaciones de las Islas Malvinas.

Por lo tanto, el análisis se realiza simulando diferentes niveles de mortalidad por pesca argentinas. El menor valor es cero, para ejemplificar el caso en que las pescas argentinas no existan. Los valores máximos son determinados para cada PBR, teniendo en cuenta que por sobre cierto nivel de mortalidad por pesca argentina, la mortalidad por pesca chilena debería ser cero para poder alcanzar el PBR deseado.

Considerando como inicio del año el mes de julio, cuando ingresa el stock desovante a Chile, se estima el rendimiento en Chile como:

$$Y_{ch_i} = \frac{F_{Ch} r_i (1 - e^{-(F_{Ch} r_i - 5M/12)})}{F_{Ch} r_i + 5M/12} * N_{julio} * W_i$$



luego el stock migra al Atlántico a donde llega el 1º de diciembre, por lo que el rendimiento argentino se calcula por:

$$Y_{\text{arg}_i} = \frac{F_{\text{arg}} r_i (1 - e^{-(F_{\text{arg}} r_i - 7M/12)})}{F_{\text{arg}} r_i + 7M/12} * N_{\text{julio}} e^{-(F_{\text{ch}} r_i - 5M/12)} * W_{\text{arg}_i}$$

donde:

- F : es la tasa de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas,
- M : es la tasa de mortalidad natural,
- l : representa la edad i
- R_i : es el patrón de explotación a la edad i , que corresponde a la mortalidad por pesca de la edad i con respecto a la edad que presenta la mayor mortalidad por pesca F_{mayor} : Se considera que este patrón de explotación es el mismo para Chile y Argentina, debido a que la flota argentina también usa redes de media-agua y a que la misma embarcación que opera en Chile pesca en Argentina.
- W_i : es el peso promedio a la edad i en Chile.
- W_{arg_i} : es el peso en el Atlántico de la edad i que se estima como el promedio geométrico entre edades, para recoger el crecimiento que ocurre en 6 meses.

$$W_{\text{arg},i} = \sqrt{W_i W_{i+1}}$$



Por ser un análisis por recluta el N_{julio} para la primera edad es igual a 1, mientras que para las edades mayores se estima como:

$$N_{julio,i} = N_{JULIO,i-1} e^{(-F_{ch}r_{i-1} - F_{arg}r_{i-1} - M)}$$

Sumando los rendimientos chilenos más los argentinos a través de las edades se obtiene el rendimiento total por recluta.

La biomasa desovante por recluta (BD/R), se calculó considerando que sólo la biomasa media presente en Chile desova:

$$BD_i = \frac{N_{julio,i} (1 - e^{(-F_{ch}r_i - 5M/12)})}{(F_{ch}r_i + 5M/12)} m_i w_i$$

donde m_i corresponde a la proporción de individuos maduros a la edad y N_{julio} corresponde a 1 para la 1^o edad y para el resto de las edades se estima de igual forma que para el Y/R. Finalmente, se suman a través de las edades las biomásas desovantes para obtener el total por recluta en condiciones de equilibrio.

b. Puntos biológicos de referencia y captura total permisible.

Debido a que la pesca se realiza sobre el stock desovante se recomienda como objetivo de manejo para asegurar la conservación del stock el F40%BD.



Los PBR son estimados desde el Y/R y BD/R total considerando diferentes niveles de mortalidad por pesca argentina, por lo tanto el PBR total es la suma de los PBR chileno y argentino:

$$PBR = PBR_{ch} + PBR_{arg}$$

La CTP total para el stock corresponde a la suma de las CTP que se pueden realizar en Chile y Argentina.

$$CTP = CTP_{ch} + CTP_{arg}$$

La CTP chilena se calcula como:

$$CTP_{ch} = \sum_{i=tr}^{imax} \frac{N_{julio,i} * r_i * PBR_{ch} * \bar{w}_i * (1 - e^{-r_i * PBR_{ch} - 5M/12})}{r_i * PBR_{ch} + 5M/12}$$

La CTP Argentina como:

$$CTP_{arg} = \sum_{i=tr}^{imax} \frac{N_{julio,i} * e^{-r_i * PBR_{ch} - 5M/12} * r_i * PBR_{arg} * \bar{w}_{arg,i} * (1 - e^{-r_i * PBR_{arg} - 7M/12})}{r_i * PBR_{arg} + 7M/12}$$



5.3 Objetivo específico 3: Proponer un programa de investigación asociado a la implementación del programa de evaluación de stock para cada uno de los recursos.

5.3.1 Delineamiento general del programa de investigación

El delineamiento inicial del programa fue elaborado por el equipo de trabajo en la última sección del taller nacional y fue presentado en el taller internacional donde fue revisado y mejorado mediante la discusión con los expertos extranjeros invitados.

En la discusión se reconoció que era necesario separar el plan de investigación en términos de las necesidades inmediatas de investigación para fortalecer las evaluaciones de stock actuales, las cuales tienen un carácter mono-específico, y desarrollar un plan de mediano a largo plazo orientado a cambiar el enfoque de evaluación hacia una aproximación multiespecífica y multiflota.

5.3.2 Necesidades inmediatas de la evaluación por recurso

5.3.2.1 Merluza de cola

- 1. Unidad de stock y mezcla entre stocks. Considerando un programa de investigación conjunto IFOP – INIDEP – FIFD - NIWA, con especial referencia al comportamiento migratorio de la especie y la unidad de stock.**

La mayoría de los métodos de evaluación de stock asumen unidades poblacionales o stock discretos. Gulland (1983) resaltó la importancia de seleccionar adecuadamente las escalas espacio-temporales en la evaluación de stock, de manera de contar con unidades homogéneas y discretas.



Por otro lado, recientemente la evidencia ha incrementado el rol del ambiente y de los factores biológicos en la estructura poblacional. De manera que procesos dinámicos de gran y mediana escala, en conjunto con el comportamiento, pueden influir en la distribución de los patrones de larvas y adultos, y las barreras geográficas como los frentes pueden aislar poblaciones (Loeb *et al.*, 1993; Kingsford 1993).

Varios ejemplos de cómo el ambiente influencia la estructura poblacional de peces fueron resumidos por Cushing (1981).

El ambiente a menudo lleva a diferencias en las tasas vitales entre poblaciones segregadas. Las tasas de mortalidad a través de la dispersión y depredación pueden variar en el espacio y en el tiempo y con el estado de vida, diferencialmente influenciado por el patrón de la historia de vida. Las tasas de crecimiento son influenciadas por la disponibilidad de recursos y la temperatura (e.g. Clarke y North 1991), las cuales también varían en el espacio y en el tiempo.

Si el aislamiento persiste sobre un período de tiempo suficiente, las presiones de selección divergentes podrían llevar a una adaptación genética: estrategias de la historia de vida y tasas vitales hacia estos sectores de cada población más adaptada a tomar ventaja de su contexto ambiental.

Por otro lado, las uniones entre poblaciones a través de movimientos y mezcla pueden homogenizar las diferencias genéticas, o modificar las tasas vitales y de persistencia de las poblaciones (e.g. Pulliam 1988 y Polachek 1990).



Gauldie (1991) ha argumentado que para pesquerías, los stocks con uniones por migración y con tasas crecimiento heterogéneas pueden ser más realistas que la idea de stocks aislados con tasas de crecimiento homogéneas. Un conocimiento detallado de la estructura y movimiento dentro y entre poblaciones es entonces crítico en la delimitación del dominio y las limitaciones de un modelo, cuando se aplica a un stock particular. Por lo tanto, en el caso de la merluza de cola, resulta de especial interés establecer la unidad de stock y el comportamiento migratorio de la especie entre el pacífico y aguas atlánticas de manera de poder establecer un manejo conjunto o por separado.

Proyecto 1. Identificar unidad de stock y análisis de espacio-temporal de mezclas poblacionales de merluza de cola del Océano Pacífico y el Atlántico.

Objetivo general: Identificar el número de unidades de stock presentes en el Pacífico y Atlántico.

Objetivo específicos:

- a. Determinar el número de unidades de stock mediante técnicas morfológicas (cuerpo y/o estructuras duras).
- b. Determinar el número de unidades de stock mediante técnicas genéticas.
- c. Determinar el número de unidades de stock mediante el análisis comparado de parámetros poblacionales (tasas de crecimiento, maduración, fecundidad, mortalidad natural etc).

Duración: 15 meses



Costo de referencia (\$): 70 millones.

Proyecto 2. Patrones de migración de merluza de cola entre el Océano Pacífico y el Atlántico.

Objetivo general: Determinar el patrón de migración dentro del Océano Pacífico y en el Atlántico.

Objetivo específicos:

1. Determinar las rutas migratorias de merluza de cola en aguas chilenas, con especial énfasis en las migraciones tróficas asociadas a las capturas de cerco en la zona centro-sur y las migraciones reproductivas relacionadas con las capturas de arrastre en la zona sur austral.
2. Realizar un análisis integrado con los científicos de IFOP, INIDEP, FIFD y NIWA, sobre las conductas migratorias del recurso en los diferentes países.
3. Determinar el patrón de migración entre el Océano Pacífico y el Atlántico.

Duración: 24 meses

Costo de referencia (\$): 150 millones.

2. **Revisión de índice de abundancia relativa basado en la CPUE de cerco y desarrollo de arrastre de media agua o fondo en la zona centro-sur, teniendo en consideración posibles cambios en la capturabilidad y disponibilidad del recurso y su relación con variables ambientales. Problema de la cuota anual y del límite máximo de captura por armador (LMCA).**

Se reconoce que para la flota de cerco existe inquietud por mejorar la unidad de esfuerzo utilizado en la elaboración del índice de abundancia



CPUE, derivado de la flota comercial, ya que los días fuera de puerto pueden estar fuertemente influenciados por la disponibilidad del recurso asociada a factores ambientales, por lo que resulta esencial revisar la actual medida de esfuerzo y en lo posible desarrollar una más adecuada. Por otra parte, en el último año han comenzado a desarrollarse capturas a media agua, las que a diferencia de las capturas de cerco, se encuentran orientadas al consumo humano directo.

Se debe hacer notar que estas dos flotas vulneran fracciones diferentes del mismo stock. En este sentido es vital generar una serie de estudios tendientes a comprender los efectos de las dinámicas de cada una de las flotas sobre el recurso y los potenciales efectos de su interacción. Por otra parte, se deberá estudiar como integrar esta situación en el modelo de evaluación en términos de la modelación del coeficiente de capturabilidad y sus variaciones espacio temporales.

Proyecto 3. Análisis de los cambios en la disponibilidad del recurso y su efecto sobre la capturabilidad de la flota cerquera y arrastrera de merluza de cola en la zona centro sur.

Objetivo general: Analizar los cambios en la disponibilidad y su efecto en la capturabilidad de la flota cerquera y arrastrera.

Objetivos específicos:

- 1) Analizar la variación espacial y temporal de la disponibilidad de peces en relación con los factores ambientales en la zona centro sur.



- 2) Conocer la distribución espacial y batimétrica de peces capturables caracterizando desde el punto de vista oceanográfico las áreas principales de concentración.
- 3) Analizar la formación y evolución de cardúmenes en relación con las condiciones ambientales.
- 4) Generar un indicador ambiental para predecir la formación y disponibilidad de cardúmenes.

Duración: 18 meses

Costo de referencia (\$): 60 millones

Proyecto 4. Análisis de la captura por unidad de esfuerzo en base al nuevo régimen de explotación basado en la cuota global y límite máximo de captura por armador.

Objetivo general : Analizar los efectos en el índice de calibración (CPUE) en relación con el nuevo régimen de explotación basado en la cuota global y límite máximo de captura por armador.

Objetivos específicos:

- 1) Analizar los efectos del nuevo régimen en la captura por unidad esfuerzo.
- 2) Elaborar un índice de abundancia CPUE, derivado de la flota comercial, considerando la disponibilidad del recurso asociada a factores ambientales y una medida de esfuerzo más adecuada.
- 3) Proponer un índice de calibración para este nuevo escenario y su uso en la evaluación del recurso.



Duración: 18 de meses

Costo de referencia (\$): 28 millones

3. Desarrollo de un índice de abundancia relativa basado en la CPUE de un grupo seleccionado de barcos arrastreros fábrica de la zona sur-austral. Se debe considerar la recopilación de la información de pesca (tipo de red, fondo, mediagua, etc).

Se considera crítico contar con un índice de abundancia para la fracción adulta del recurso, el que en una primera instancia provendría de la operación de la flota, hasta que se pueda contar con estimaciones independientes, tales como hidroacústica o área barrida.

Durante el desarrollo de la pesquería sur austral, la flota que más esfuerzos ha dirigido a merluza de cola es la de arrastre fábrica. No obstante, la operación sobre este recurso ha sido errática, por lo que se considera que no toda la flota entregaría información adecuada, teniendo que tomar un grupo de embarcaciones que se considere confiable en la entrega de su información y no hayan realizado descartes importantes en su operación por contar con plantas para la producción de harina. A partir de estos buques se generaría el índice de abundancia específico para la fracción adulta del stock, ya que hasta hoy sólo se cuenta con un índice para la fracción juvenil. Además de presentar la flota un comportamiento no claro en el ámbito espacio temporal, han ocurrido una serie de cambios en los artes, produciéndose cambios en la profundidad de operación de la red, así como en su estructura, cambiándose de redes de arrastre de fondo a redes levantada del fondo y de gran altura, o a redes netamente de media agua.



Proyecto 5. Análisis y desarrollo de un índice de abundancia para merluza de cola generado a través de la operación comercial en la zona sur austral.

Objetivo general: Cuantificar y diseñar un índice de abundancia estandarizado basado en la operación de la flota arrastrera.

Objetivos específicos:

1. Seleccionar la flota y embarcaciones apropiadas para la construcción del índice, teniendo en cuenta el período de operación, zona y arte de pesca.
2. Proponer y calcular un índice de abundancia relativa sobre la base de los resultados del objetivo específico 1.

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 60 millones.

4. **Generar índices independientes de la abundancia relativa de los reclutamientos y del stock desovante mediante técnicas hidroacústicas u otros. Cuidado en la forma de estructurar e interpretar el índice y de cómo este se incorpora en el modelo de evaluación.**

En este sentido, es importante conocer las principales áreas de concentración de reclutas como también los diferentes procesos biológicos que explican las variaciones en sus patrones de distribución. La identificación de las principales áreas de concentración de reclutas permitirá dirigir estudios que estimen su abundancia, con objeto de obtener indicadores independientes a la pesquería y generar unos índices de abundancia relativa para predecir la fuerza de los reclutamientos como asimismo evaluar su empleo como índice de calibración en las evaluaciones de stock basado en métodos indirectos. También es importante fortalecer las evaluaciones directas del stock desovante mediante



técnicas hidroacústicas, profundizando en las incertidumbres del método y en el uso de relaciones de fuerza de blanco de la merluza de cola.

La incorporación de índices directos del reclutamiento y del stock desovante en el modelo de evaluación indirecta deben ser estudiadas y analizadas cuidadosamente, teniendo en consideración las limitaciones metodológicas y las asociadas a la conducta y disponibilidad del recurso en el momento en que se realizan las evaluaciones directas.

Proyecto 6: Generación de índice de abundancia sobre la fracción recluta en merluza de cola.

Objetivo general: Generar un índice de abundancia y distribución de la fracción, teniendo en consideración la conducta y disponibilidad del recurso.

Es necesario continuar los proyectos de evaluación directa iniciados en noviembre de 1999 (FIP 99-15, Lillo *et al.*, 2000) y noviembre de 2001 (FIP 2001-19), para obtener un índice desde la fracción recluta, conocer sus áreas de distribución como también los procesos ecológicos que determinan sus variaciones. En este sentido es necesario profundizar en el estudio de la formación de cardúmenes y como éstos podrían influir en las estimaciones hidroacústicas.

Duración: Permanente a través de los años.

Costo referencial (\$): 80 millones (Estos costos podrían reducirse a la mitad si se logra el financiamiento independiente para los días barcos).



Proyecto 7. Generación de un índice de abundancia del stock desovante mediante técnicas hidroacústicas en merluza de cola.

Objetivo general: Generar un índice de abundancia y distribución del stock desovante de merluza de cola, mediante técnicas hidroacústicas, teniendo en consideración las limitaciones metodológicas y la conducta y disponibilidad del recurso.

Es necesario continuar con las evaluaciones directas del stock desovante y profundizar en el estudio de la formación de cardúmenes, en el sentido de entender mejor el comportamiento durante el proceso reproductivo (concentración, desove, etc) y como éstos podrían influir en las estimaciones hidroacústicas al ser aplicada a la fracción desovante.

Duración: Permanente a través de los años.

Costo referencial (\$): 120 millones.

5. Mapeo espacio-temporal de estructuras de tallas del stock

El mapeo y seguimiento en el espacio, en el tiempo y en el sentido batimétrico (columna de agua) de las estructuras de tallas del stock, nos puede entregar información relativa a la variación de la composición etaria. Esta información puede ser relevante para establecer área de concentración de juveniles en aguas interiores o canales, de llegada o salida de determinados grupo de edad o estadios en la zona centro sur y sur austral. En el caso de la pesquería centro sur se ha observado una variación latitudinal de operación de la flota, atribuida a variación en los rendimientos



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

de pesca que también puede ser causa de la variación temporal de las estructuras de edades y de talla de la captura.



Proyecto 8. Análisis espacio-temporal de las estructuras de talla del stock de merluza de cola.

Objetivo general: Evaluar e identificar la variación espacio-temporal mediante un sistema de información georreferenciada (GIS) la composición de tallas de las capturas de merluza de cola entre la VIII y XII Región.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la información disponible en base de datos que permita realizar los análisis de la variación espacio-temporal de la composiciones de tallas.
2. Analizar la variación espacio temporal de las composiciones de tallas de merluza de cola en el área de estudio.

Duración: 15 meses.

Costo de referencia (\$): 80 millones.

6. Estimación *in situ* de fuerza de blanco empleando los peces *in situ* las capturas de cerco.

Uno de los mayores problemas que enfrenta la evaluación hidroacústica en aguas chilenas, es la incertidumbre de la fuerza de blancos apropiados para los peces chilenos, ya sean estos merluza de cola o merluza del sur. Actualmente, en el caso de merluza de cola se están usando las estimaciones de fuerza de blanco de Nueva Zelanda, las cuales han sido objeto de controversia en ese país. A la luz de estos antecedentes y con la finalidad de ir eliminando fuentes de incertidumbre es necesario obtener fuerzas de blancos de los peces en Chile. Para lo cual la disponibilidad de



peces en la maniobra de cerco entregaría una buena oportunidad para insonificar los peces y luego medirlos *in situ*.

Proyecto 9. Estimación *in situ* de la fuerza de blanco en la merluza cola.

Objetivo general: Estimar la fuerza de blanco de la merluza de cola aprovechando las capturas de cerco comerciales.

Duración: 6 meses.

Costo de referencia (\$): 50 millones.

7. Revisión de la mortalidad natural local, considerando que la disminución de la abundancia de merluza del sur y otros depredadores pueda haber relajado la mortalidad por depredación.

Este aspecto tiene una incidencia fundamental en las estimaciones del stock puesto que el nivel de las estimaciones está directamente relacionado con la mortalidad natural. Es conocido que merluza de cola forma parte de la dieta de merluza del sur y congrio dorado, importantes depredadores de la zona sur-austral. La historia pesquera de estos últimos recursos, muestra que su abundancia ha disminuido en forma importante. Si consideramos la interacción de tipo trófico que ocurre entre especies, al disminuir la abundancia de los depredadores como consecuencia de la presión de pesca, esto se debería ver reflejado en un relajamiento de la fracción de mortalidad natural proveniente de la depredación.

Proyecto 10. Efecto de la pesca de merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola sobre la mortalidad natural de merluza de cola; un enfoque multiespecífico.



Objetivo general: Verificar si a lo largo de la historia de la pesquería se han producido cambios en la mortalidad natural de merluza de cola, producto de cambios en las abundancias de sus principales depredadores.

Se hace cada vez más necesario considerar las interacciones que se producen entre los distintos recursos que participan en una pesquería, sean estos objetivos o incidentales. En este contexto, se hace necesario evaluar el efecto que ha tenido o que podría producir la presión de pesca que se ejerce sobre alguna de las especies que presentan interacciones ecológicas y pesqueras, más aún si existe una relación predador-presa en ellas. Estos hechos o situaciones tendrían un fuerte impacto en todo lo relacionado a las evaluaciones de stock, ya que hasta el momento los modelos que se conocen tienen como un input crítico parámetros vitales como por ejemplo la mortalidad natural, el cual se considera constante entre años y edades considerando despreciable el efecto que podrían tener las variaciones de las abundancias de especies que presentan una asociación predador presa con el recurso de interés.

Esta problemática puede ser abordada considerando un modelo interactivo de estimación de abundancias, el que consideraría a las especies de interés, realizándose estimaciones de M a través de la serie histórica, siendo el M de la especie en estudio un valor dependiente de las abundancias y dinámica de las restantes especies del conglomerado.

El principal resultado esperado en una serie de estimaciones de mortalidad natural; así como una serie de indicadores de desempeño, a desarrollar, del estado y del stock de interés y de los efectos transcientes que se han producido en la abundancia como producto de los potenciales cambios en M .



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 50 millones.



8. Analizar la información histórica disponible y la factibilidad de desarrollar un estimador de los descartes.

Se sabe de la existencia de descartes de merluza de cola en la historia de la pesquería sur austral, producto que en años pretéritos ésta no era una especie objetivo, y como especie incidental no se consideraba de interés por no tener mercado, por lo que se descartaba no registrándose su captura. Luego al tener mercados incipientes, sólo algunos barcos con plantas de harina dirigieron esfuerzos a su captura, por lo que aún seguían ocurriendo descartes en parte de la flota. Esta falta de registros afectan directamente la evaluación del recurso, tanto del punto de vista del índice de abundancia (CPUE) como en la estructura misma de la matriz de captura, por lo que es fundamental, desarrollar un procedimiento que permita estimar los descartes que se produjeron en el período en que una parte de la flota dirigía esfuerzo a esta especie.

Proyecto 11. Análisis de la captura en merluza de cola.

Objetivo general: Estimación y análisis de la captura y descarte de merluza de cola en la actividad de pesca en la zona centro-sur y zona austral.

Se sabe de la existencia de descartes de merluza de cola en la historia de la pesquería sur austral, producto que en años pretéritos ésta no era una especie objetivo, con bajo interés comercial, no registrándose así sus capturas. Esta falta de registro afecta directamente la evaluación indirecta del recurso, tanto del punto de vista del índice de abundancia (CPUE) como en la estructura misma de la matriz de captura, por lo que es fundamental, desarrollar y diseñar un procedimiento estadístico que permita estimar la captura y descartes, tanto en sentido histórico como en el año en curso del estudio.



Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 80 millones

9. Desarrollar un procedimiento para evaluar el impacto de largo plazo de las medidas de administración adoptadas para corto plazo. Puntos de referencia dinámicos y simulación de efectos de diferentes patrones de explotación.

Las medidas de administración de merluza de cola son recientes (últimos dos años) y han estado orientadas a reducir las mortalidades por pesca sobre la fracción juvenil para permitir la renovación del stock reproductor. No obstante, no se han realizado estudios del efecto de largo plazo sobre la sustentabilidad del recurso en términos de la asignación de capturas entre las flotas cerqueras y arrastreras, las que por poseer diferentes patrones de explotación, generan efectos significativamente distintos en la dinámica de renovación del stock.

La complejidad de la asignación de capturas entre diferentes patrones de explotación también afecta los procedimientos y supuestos de estados estacionarios requeridos para estimar los puntos biológicos de referencia habituales ($F_{0.1}$, $F_{40\%BD}$, etc). Debido a esto se deben desarrollar procedimientos dinámicos, que incorporen cambios en los patrones de explotación y en los reclutamientos, y que permitan estimar niveles de referencia para cautelar la sustentabilidad del recurso.

Proyecto 12. Impactos en la sustentabilidad del stock de merluza de cola de diferentes estrategias de explotación asociadas a diferentes puntos biológicos de referencia y criterios de asignación de capturas entre diferentes flotas.



Objetivo general: Evaluar el impacto sobre la sustentabilidad del stock de diferentes estrategias de explotación asociadas a diferentes puntos biológicos de referencia y criterios de asignación de capturas entre flotas.

Objetivos específicos:

1. Definir puntos biológicos de referencia límites y objetivos específicos para merluza de cola sobre la base de las características de su historia de vida, considerando tanto los cálculos basados en tasas de mortalidad por pesca como biomasas.
2. Evaluar el impacto de la variabilidad ambiental en la definición y adopción de criterios de sustentabilidad del stock.
3. Analizar diferentes estrategias de explotación y de asignación de capturas entre flotas, en términos de los criterios de sustentabilidad que se identifiquen para el recurso.
4. Evaluar en el largo plazo el impacto de medidas de manejo de corto plazo.

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 40 millones.



10. Revisar las estrategias de recuperación (tiempo y cantidad) y sustentabilidad.

Para recuperar el stock desovante a niveles que permitan la sustentabilidad del recurso se deben estudiar las estrategias de explotación que se pueden aplicar, considerando por ejemplo estrategias de tasas de explotación constantes, capturas constantes, escapes constantes, etc. En el análisis de estas estrategias se deberá tener especial cuidado en los tiempos empleados en conseguir el objetivo de manejo, en términos de la gradualidad en la aplicación de cada estrategia, teniendo en consideración el tiempo generacional del recurso y la capacidad de la pesquería de realizar los cambios en sus patrones de pesca.

La sustentabilidad del recurso debe ser abordada considerando la historia de vida particular de la merluza de cola, tanto en términos de sus procesos de renovación poblacional como en sus interacciones con otras especies y el medio ambiente.

Nota. Por ser este un tema muy ligado al anterior se incluyó en el proyecto de la sección anterior.

11. Revisar los parámetros biológicos (validación de edad y crecimiento, reproducción, etc.) en conjunto con INIDEP- FIFD – NIWA.

Dado que en el cono sur de América y el área de Oceanía derivan de un mismo continente pretérito (Gondwana), hoy en día estas dos zonas tienen especies en común, lo que permite que estimaciones de parámetros biológicos para especie similares puedan ser comparados, tanto a nivel intercontinental como del cono sur. Por otra parte, al realizar un intercambio



de muestras e información se genera un mecanismo de validación de dichas estimaciones y las metodologías con que fueron obtenidas.

Proyecto 13. Revisión de los parámetros biológicos de merluza de cola y sus metodologías de estimación empleadas en el cono sur.

Objetivo general: Revisar los principales parámetros biológicos estimados para merluza de cola con énfasis en las metodologías y procedimientos de estimación utilizados.

Objetivos específicos:

1. Revisar, comparar y los principales parámetros biológicos estimados en los diferentes países, como por ejemplo, asignación y validación de edad, tasas de crecimiento, M, maduración, fecundidad (en relación a la talla y edad) y densodependencia.
2. Comparar y validar las metodologías empleadas para la estimación de los parámetros.
3. Determinar las mejores procedimientos de estimación para los parámetros biológicos de la merluza de cola en aguas chilenas, re-estimando aquellos parámetros que se necesario.

Debe considerar el trabajo integrado con investigadores de Argentina (INIDEP), de las Islas Falklands (FIFD) y de Nueva Zelanda (NIWA). Para este fin se debe realizar un taller de trabajo internacional.

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 100 millones.



12. Estudiar la medida de respuesta del modelo de evaluación a: conductas compensatorias del reclutamiento, descartes, índice de calibración y patrón de explotación.

La robustez del modelo de evaluación de stock deber ser analizada considerando su sensibilidad a cambios en los supuestos y en las limitaciones de la calidad de la información. Dentro de los supuestos, las conductas compensatorias del reclutamiento son de extrema importancia, ya que las capturas se centran principalmente sobre los juveniles y adultos jóvenes, así como los posibles cambios de la mortalidad natural a través de los años, que podrían haberse producido por la disminución de la merluza del sur. En los datos se deben simular diferentes niveles de descartes de la flota arrastrera y analizar su impacto en los estimados del modelo. También, se deberá analizar el impacto que pueden producir cambios en los índices de calibración, como la CPUE y las biomاسas hidroacústicas, especialmente en términos de variaciones en la capturabilidad de las flotas y en la eficiencia y oportunidad de las evaluaciones directas.

Proyecto 14. Análisis de la sensibilidad del modelo de evaluación de merluza de cola.

Objetivo general: Analizar la sensibilidad del modelo frente a cambios en los supuestos y en las limitaciones de la calidad de la información.

Objetivos específicos:

1. Sensibilidad del modelo frente a diferentes conductas compensatorias del reclutamiento.



2. Sensibilidad del modelo frente a diferentes niveles de descarte realizados por la flota arrastrera de la zona sur-austral y su impacto en los estimados del modelo.
3. Sensibilidad del modelo frente a cambios y tendencias de la mortalidad natural inducidos por disminución de la depredación.
4. Sensibilidad del modelo frente a cambios en los índices de calibración como la CPUE y las biomásas hidroacústicas, especialmente en términos de variaciones en la capturabilidad de las flotas y en la eficiencia y oportunidad de las evaluaciones directas.

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 20 millones.

13. Desempeño de los índices de sustentabilidad del recurso.

Se debe profundizar el análisis de los índices de sustentabilidad para merluza de cola, evaluando a través del tiempo el desempeño de estos índices y la necesidad de modificarlos, desecharlos o bien incorporar nuevos índices.

Proyecto 15. Sustentabilidad de la merluza de cola y sus pesquerías: Revisión y desempeño de los índices de sustentabilidad.

Objetivo general: Revisar y analizar el desempeño de los índices de sustentabilidad del recurso



Objetivos específicos:

1. Revisar los fundamentos teóricos de los índices de sustentabilidad del recurso y de la pesquería.
2. Evaluar el desempeño de los diferentes índices de sustentabilidad del recurso y la pesquería.

Duración: 15 meses.

Costo de referencia (\$): 40 millones.

14. Modelo de asignación por flota de la captura total permisible

Considera el estudio de la asignación de capturas entre flotas teniendo en cuenta la dinámica operacional de las flotas, los diferentes patrones de explotación, las áreas de pesca, etc. Este estudio deberá orientarse hacia los efectos de largo plazo en la sustentabilidad del recurso.

Proyecto 16. Análisis de los impactos de la asignación de capturas entre flotas sobre la sustentabilidad de merluza de cola.

Objetivo general: Determinar los impactos sobre la sustentabilidad del recurso de diferentes asignaciones de captura entre las flotas.

Objetivos específicos:

1. Definir los criterios de sustentabilidad de merluza de cola, considerando los puntos biológicos de referencia objetivos y umbrales de sobreexplotación.



2. Desarrollar un simulador que permita evaluar el impacto de las diferentes asignaciones de captura por flota.
3. Evaluar el impacto en el mediano y largo plazo de las diferentes asignaciones por flota sobre la sustentabilidad del recurso.

Duración: 15 meses.

Costo de referencia (\$): 40 millones.

5.3.2.2 Merluza de tres aletas

1. Unidad de stock y mezcla entre stocks

Tiene la finalidad de establecer si en el cono sur de América residen una o más unidades de stock. Tanto en el Atlántico como en el Pacífico existen zonas de desove, sin embargo, no se ha determinado si estos desoves son producidos por distintas fracciones de un solo gran stock, que por algún motivo se segrega desovando una parte en cada uno de los océanos; o, si estos desoves corresponden a distintos stocks, siendo uno de ellos residente en el Atlántico y el otro proveniente del extremo sur (contiguo a la Antártica) el que se bifurcaría abarcando la zona del extremo sur de Argentina (Isla de los Estados) y por el Pacífico alcanzaría la zona de desove en los 47°- 50° L.S. Este tipo de proyecto se realiza utilizando una batería de metodologías tales como genética, merística, parásitos, etc., y técnicas de análisis de trazas en otolitos; además de la colaboración del INIDEP y FIFD.

Proyecto 1. Identificar unidad de stock y análisis de espacio-temporal de mezclas poblacionales en merluza de tres aletas.



Objetivo general: Identificar unidades de stock y cuantificar la existencia de mezclas poblacionales de merluza de tres aletas en el cono sur.

Objetivos específicos:

1. Determinar el número de unidades de stock mediante técnicas morfológicas (cuerpo y/o estructuras duras).
2. Determinar el número de unidades de stock mediante técnicas genéticas.
3. Determinar el número de unidades de stock mediante el análisis comparado de parámetros poblacionales (tasas de crecimiento, maduración, fecundidad, mortalidad natural etc).

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 100 millones.

2. Estimación acústica de la abundancia al ingreso y salida del pulso migratorio con la estimación experimental de q entre e intra años.

Esto permite realizar una mejor calibración del modelo de evaluación actualmente en uso, permitiendo tener una idea más clara del grado de concentración del pulso migratorio tanto al entrar como al salir del territorio nacional y la variación que se pueda producir inter-anualmente. Para ello, se realizan cruceros anualmente obteniendo el coeficiente de capturabilidad acústico a la entrada y salida del pulso.

Proyecto 2. Estimación hidroacústica de la abundancia y análisis de la capturabilidad de merluza de tres aletas.



Objetivo general: Cuantificar la biomasa por método hidroacústico y analizar la variabilidad intra e interanual de la capturabilidad de merluza de tres aletas.

Objetivos específicos:

1. Cuantificar la abundancia por el método hidroacústico, la CPUE comercial y la capturabilidad al inicio, durante el máximo y al final del período de reproducción.
2. Analizar la variabilidad intra e interanual de la capturabilidad y su impacto en el modelo de estimación de la abundancia del pulso migratorio.

Duración: 10 meses.

Costo de referencia (\$): 120 millones.

3. **Generar información reproductiva (fecundidad total y estimación indirecta de la fecundidad desde los pesos de gónadas y sus estados de madurez, evaluar estadísticamente su utilidad).**

Debido a la importancia que ha adquirido la pesquería de merluza de tres aletas en los últimos años se ha hecho necesario realizar estimaciones de abundancia y proyecciones de capturas totales permisibles, lo que ha creado la necesidad de contar con estimados confiables de fecundidad y madurez sexual de este recurso. En nuestro país, hasta el momento sólo se cuenta con estimaciones preliminares de la función de madurez no existiendo estimaciones de fecundidad. En concreto, no se conoce a cabalidad el ciclo ni las características reproductivas de este recurso, que ingresa en una determinada época del año a desovar en aguas chilenas. En este contexto es necesario levantar y estudiar la información reproductiva de este recurso, aún más



cuando se conoce que éste realiza importantes migraciones entre el Pacífico y el Atlántico. Esto último es de gran importancia ya que de contar con la información que describa la dinámica reproductiva, se podrían realizar comparaciones con los estudios realizados por investigadores argentinos en la misma especie, la que puede ser un stock compartido.

Para lograr el objetivo se deberán realizar muestreos biológicos específicos intensivos a lo largo de la temporada de pesca en aguas chilenas, de los cuales se debe desarrollar una escala de madurez macroscópica y microscópica, esto se deberá complementar con intercambio de información con Argentina y Malvinas, de modo de tener escalas comunes y determinar el ciclo reproductivo anual y función de fecundidad. En aguas chilenas, sólo se conoce el período de desove, sin embargo todo lo relacionado con el período de maduración se estaría realizando fuera de aguas territoriales chilenas y por ende con baja probabilidad de realizar muestreos intensivos dirigidos a obtener información reproductiva.

Proyecto 3. Estimación y análisis de madurez sexual y fecundidad del recurso merluza de tres aletas.

Objetivo general: Estimar la madurez y la fecundidad de merluza de tres aletas.

Objetivos específicos:

1. Realizar un análisis histológico del ciclo de madurez sexual, identificando los diferentes estados de maduración.
2. Estimar la ojiva de madurez, la talla de 1° madurez sexual y la edad de primera madurez en base a lecturas directas de otolitos.
3. Estimar la fecundidad.



Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 45.millones.

4. Diseñar e implementar un programa de investigación conjunto IFOP – INIDEP- FIFD, con especial referencia al comportamiento migratorio de la especie.

Debido a barreras netamente geopolíticas no ha sido posible establecer en su totalidad la ruta migratoria del recurso. Para superar lo anterior, se piensa que al realizar una investigación en conjunto, sería posible definir el corredor migratorio, suponiendo que el pulso migratorio proviene del Atlántico y pasa al Pacífico para desovar. Esto, se basa en el hecho que en determinados meses (junio y agosto) los rendimientos se hacen mayores en el extremo sur de Argentina, a la vez que comienzan éstos a hacerse importantes en la zona de los 57° (Isla Diego Ramírez) en Chile.

Proyecto 4. Patrones de migración de merluza de tres aletas entre el Océano Pacífico y el Atlántico.

Objetivo general: Determinar el patrón de migración dentro del Océano Pacífico y en el Atlántico.

Objetivos específicos:

1. Realizar un análisis integrado con los científicos de IFOP, INIDEP, FIFD y NIWA, sobre las conductas migratorias del recurso en los diferentes países.
2. Determinar las rutas migratorias de merluza de tres aletas en aguas chilenas, argentinas e islas Falklands/Malvinas.



3. Determinar y caracterizar las migraciones tróficas hacia la zona de isla de los Estados en el Atlántico.
4. Determinar y caracterizar las migraciones reproductivas hacia las zonas de desove del Pacífico y las islas Malvinas.

Para este proyecto durante el taller internacional se conversó la posibilidad de realizar un seguimiento secuencial del pulso migratorio mediante barcos de pesca y/o investigación de Chile, Argentina y de las islas Falklands/Malvinas. La ruta total de migración sería cubierta por los seguimientos secuenciales de los barcos de cada país.

Duración: 24 meses.

Costo de referencia (\$): 180 millones.

5. **Realizar un programa de trabajo en conjunto con INIDEP- FIFD –NIWA, para actualizar los parámetros biológicos (validación de edad y crecimiento, reproducción, etc.).**

Dado que en el cono sur de América y el área de Oceanía derivan de un mismo continente pretérito (Gondwana), hoy en día estas dos zonas tienen especies en común, lo que permite que estimaciones de parámetros biológicos para especie similares puedan ser comparados, tanto a nivel intercontinental como al interior del cono sur (Chile, Argentina y Malvinas/Falklands). Por otra parte, al realizar un intercambio de muestras e información se genera un mecanismo de validación de dichas estimaciones y de las metodologías con que estas fueron obtenidas.

Proyecto 5. Revisión de los parámetros biológicos de merluza de tres aletas y sus metodologías de estimación empleadas en el cono sur.



Objetivo general: Revisar los principales parámetros biológicos estimados para merluza de tres aletas con énfasis en las metodologías y procedimientos de estimación utilizados.

Objetivos específicos:

1. Revisar, comparar y los principales parámetros biológicos estimados en los diferentes países, como por ejemplo, asignación y validación de la edad, tasas de crecimiento, M, maduración, fecundidad (en relación con la talla y edad) y densodependencia.
2. Comparar las metodologías empleadas para la estimación de los parámetros.
3. Determinar los mejores procedimientos de estimación para los parámetros biológicos de la merluza de cola en aguas Chilenas, reestimando aquellos parámetros que sean necesarios.

Debe considerar el trabajo integrado con investigadores de Argentina (INIDEP), de las islas Falklands (FIFD) y de Nueva Zelanda (NIWA). Para este fin se debe realizar un taller de trabajo internacional.

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 100 millones.



6. Efecto de cambios tecnológicos y/o operativos (cambios en las plantas de procesamiento) sobre la CPUE (esfuerzo).

Se relaciona con la factibilidad de medir la CPUE en forma más adecuada y útil para la evaluación indirecta del stock. Lo anterior se relaciona directamente con la actividad de la flota, de la cual se conoce que cuando un buque obtiene un determinado nivel de captura, se produce la saturación de su planta de procesamiento, lo que se traduce en el aumento en el tiempo que transcurre entre lances y por ende el aumento del tiempo efectivo de pesca. En el mismo sentido, la duración de la temporada de pesca sobre un recurso dado se ve alterada fuertemente por la estrategia de operación que la empresa le impone a la flota determinada por la disponibilidad de un recurso objetivo con mayor interés comercial, lo que resulta en un enmascaramiento de la dinámica de la flota, que el analista infiere a partir de las bitácoras. Por otra parte, es de vital importancia conocer y manejar información relativa a los cambios ocurridos en las redes y equipos de detección, pues esto tiene un efecto directo en el coeficiente de capturabilidad, el cual tiene consecuencias en la estimación de stock.

Proyecto 6. Análisis del efecto de los cambios tecnológicos y estrategias de captura sobre esfuerzo y tasas de captura de merluza de tres aletas.

Objetivo: Estimar los efectos de mercado, de estrategias de operación de la flota, de manipulación de las capturas y de la saturación de las plantas, sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE.

Se ha detectado que la estrategia de operación del buque se ve afectada por elementos externos al recurso, como por ejemplo efectos de mercado que provocan que la empresa dirija a sus barcos a una segunda especie



aún cuando se estén obteniendo buenos rendimientos de la especie objetivo primaria. En este sentido se conoce que la captura de merluza de cola por el barco “Unión Sur” está supeditada a la entrada de la merluza de tres aletas a territorio chileno y no por disminución de los rendimientos como se podría haber pensado. Por otra parte, existen efectos sobre la medición del esfuerzo (horas de arrastre), por motivos de saturación de planta, manejo de la captura y/o limpieza de la planta que provoca que la captura sea mantenida en la red sin ser levantada, alargando los períodos de medición del esfuerzo. Esto ha implicado que las estimaciones de esfuerzo y CPUE no necesariamente sean las reales. En este contexto, se hace necesario realizar un proyecto que permita estimar los efectos de mercado, estrategias de operación de la flota y de manipulación de las capturas y saturación de las plantas, para así realizar las correcciones correspondientes y reestimar el esfuerzo y CPUE. Esto se debiera realizar en conjunto con la obtención de estos mismos datos por un observador abordo, de tal manera de tener un punto de contraste para la bitácora.

El proyecto debiera ser capaz de identificar los tiempos correspondientes a manipulación de captura y saturación de las plantas desde las bitácoras de pesca, siendo contrastados con la información obtenida abordo en una temporada de pesca, con el objetivo de entregar un índice corregido de esfuerzo y CPUE.

Duración: 10 meses.

Costo de referencia (\$): 50 millones.



7. Desarrollo modelo de migración (considerar dinámica de fluidos) que considere aspectos dinámicos de la pesca y/o del ambiente.

Si bien es factible hacer un seguimiento de la ruta migratoria del recurso y establecer los corredores que utiliza, es igualmente importante poder modelar este proceso en términos de obtener un índice alternativo y/o complementario a la CPUE. Para este fin y dadas las características estructurales del pulso, el modelo migratorio podría ser abordado con la teoría de la dinámica de fluidos para obtener estimaciones de densidades y velocidades de ingreso y salida. Por otra parte este modelo debiera considerar los efectos que la presión y dinámica de la pesca producen sobre él así como los aspectos ambientales que modulan el pulso desde el punto de vista de su dinámica espacial y temporal (mayor o menor densidad del pulso, velocidad y posible desfase temporal de su llegada al área de desove).

Proyecto 7. Modelamiento del pulso de migratorio de merluza de tres aletas.

Objetivo: Desarrollar un modelo de migración basado en la teoría de dinámica de fluidos, que incorpore la dinámica de la pesca y del ambiente.

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 30 millones.

8. Estimación de la abundancia y área de distribución de los individuos juveniles.

Hasta el momento, se desconoce tanto la distribución como la abundancia de los juveniles (pre-reclutas) en aguas chilenas, sólo se cuenta con algunos datos anecdóticos de presencia de juveniles en la zona de la Isla Diego Ramírez, donde estos podrían ser residentes. Sin embargo, no se ha determinado si este contingente se mantiene como residente hasta adulto, ni como se incorpora a la dinámica global del stock. El disponer de la información de abundancia y/o



localización tanto nacional como externa a aguas chilenas, permitiría tener un índice de calibración de reclutas a partir de las fracciones de pre-reclutas, pudiendo eventualmente incorporarse al modelo de evaluación complementándolo con la dinámica de la fracción juvenil.

Proyecto 8. Evaluación de áreas de reclutas en merluza de tres aletas.

Objetivo general: Identificación y evaluación de la abundancia y distribución de las áreas de reclutamiento de merluza de tres aletas en la zona sur austral.

Objetivos específicos:

1. Determinar la localización y distribución espacio temporal de las áreas de reclutamiento de merluza de tres aletas en la zona sur austral.
2. Establecer las características biológicas y oceanográficas de las áreas de reclutamiento.
3. Establecer la dieta, la composición etaria y de longitud de los ejemplares que permanecen en las áreas identificadas como de reclutamiento.
4. Evaluar la abundancia de reclutas en las áreas identificadas.

Duración: 8 meses.

Costo de referencia (\$): 180 millones.

5.3.3 Delineamiento de un Plan de Investigación de mediano y largo plazo

5.3.3.1 Evaluación multiespecífica

1. Desarrollo de un modelo de evaluación multiespecífico

Este modelo se considera necesario para integrar las relaciones depredador-presa que existen entre los principales recursos, tales como



merluza del sur, merluza de cola, merluza de tres aletas y congrio dorado. La implementación de este modelo requiere la estimación de las tasas de consumo edad específica de los depredadores sobre las diferentes edades de las presas, de forma de estimar las mortalidades por depredación que experimentan las diferentes edades de merluza de cola y merluza de tres aletas. Esto requerirá la implementación y el mantenimiento de un sistema de monitoreo de contenidos estomacales desde capturas comerciales y de investigación. Por otra parte, este modelo deberá considerar las diferentes flotas que operan sobre los distintos recursos, que emplean artes de pesca muy disímiles como cerco, arrastre, espinel y palangre.

Proyecto 1: Programa de recopilación de datos e información de la dinámica trófica.

Objetivo: Realizar el levantamiento de la información que permita responder a los requerimientos de información de la dinámica trófica para alimentar el modelo de evaluación multiespecífico de las especies involucradas en la pesquería y conformar un diagnóstico global del conglomerado de especies¹ en estudio.

Se requiere el establecimiento de un programa para la recopilación de datos tróficos, destinado a generar la información pertinente para un modelo de evaluación multiespecífico, tales como ración diaria por edad, tasas de consumo, diversidad dietaria específica y consumo poblacional entre otras todas ellas estimadas para cada una de las edades y/o tamaños envueltos en la pesquería. Además, se considerará dentro de las actividades el análisis de indicadores propios (no destinados al modelo) que permitan detectar cambios transcientes en la dieta e identificar probables causas.

¹ El conglomerado de especies está compuesto aquellas especies de interés comercial y entre las cuales existen relaciones de tipo trófico. Es decir, merluza de cola, merluza de tres aletas, congrio dorado y merluza del sur.



Este programa aún cuando considera un financiamiento anual o trienal, su duración se considera indefinida, en términos del requerimiento de información para la asesoría del manejo del conglomerado de especies.

Los datos de interés serán obtenidos mediante muestreos de la captura, realizándose el análisis de las muestras en un laboratorio en tierra. De estos análisis debieran emerger resultados de la dieta por edad de cada especie, sus variaciones temporales y espaciales, importancia relativa de las presas, tasas diarias de consumo, ciclos de alimentación tasas de evacuación y consumo poblacional entre otros.

Este proyecto o programa debería recopilar información por al menos tres años para alimentar al modelo de estimación de abundancia multiespecífico, continuando en forma anual e indefinida con la recolección de datos.

Duración: 36 meses.

Costo de referencia (\$): 200.000.000.

Proyecto 2: Programa de estimación multiespecífica de abundancia.

Objetivo: Este estudio debe entregar indicadores respecto de la condición del complejo de especies en estudio, la condición de sus interdependencias (si hay uno muy bajo como se ve afectado el otro), cuál es la importancia del efecto pesca en el conglomerado y sus relaciones y finalmente, entregar un indicador de sustentabilidad del conglomerado considerando el nivel de presión de pesca que se ejerce.



Este programa considera el levantamiento de un modelo de estimación multiespecífica, su aplicación y modificación, dependiendo de los datos, es decir, del tipo, calidad y continuidad de la misma. Esto implica que el modelo se irá adecuando a la disponibilidad de los datos e información. La aplicación del modelo se realizará anualmente obteniéndose, entre otros resultados, la abundancia del complejo de especies, pudiendo inferirse a partir de los indicadores dependientes del modelo, la condición del mismo desde un punto de vista ecológico-pesquero.

El programa de estimación multiespecífica se llevará a cabo anualmente considerando los 2 primeros años para el levantamiento del modelo y, utilización de los primeros datos generados por el programa de recopilación y ajuste del modelo a los datos que realmente se puedan obtener. En este punto se debe generar una retroalimentación entre el programa de estimación y el de recopilación de la información, ajustándose el primero a los datos y el segundo, realizando ajustes en los muestreos para dar cuenta de las preguntas que se generen a partir del modelo.

Este programa, se desarrollará en forma continua realizándose el proceso de evaluación en forma anual según la necesidad de la entidad administrativa. Este esquema de evaluación se considera un primer paso hacia un enfoque ecosistémico de la administración de las pesquerías.

Duración: Permanente.

Costo de referencia (\$): 45 millones



2. CPUE como índice y el efecto de la intencionalidad (mercado) en la operación de la flota.

La CPUE como un índice de abundancia relativa de los recursos es una información clave que ingresa en la calibración de los modelos de estimación de abundancia. Las aproximaciones actuales de estandarización del esfuerzo de pesca que permiten corregir la CPUE nominal y generar una CPUE estandarizada, se realizan mediante una aproximación mono-específica de las flotas. Sin embargo, el carácter multiespecífico de las flotas y las demandas de mercado de las diferentes especies, determinan que las empresas (barcos) presenten estrategias de operación complejas que involucran cambios espacio-temporales en la intencionalidad de pesca ejercida sobre las diferentes especies. Esto implica que la CPUE nominal debe ser corregida por estas estrategias de operación para poder obtener una señal de la abundancia relativa de los diferentes recursos.

Proyecto 3: Índices de abundancia basados en el análisis de la CPUE en un contexto multiespecífico y multiflota.

Objetivo general: Estimar los índices de abundancia para la merluza de cola, merluza de tres aletas, merluza del sur y congrio dorado en un contexto multi-específico y multi-flota.

Objetivos específicos:

1. Estudiar las interacciones tecnológicas entre merluza de cola, merluza de tres aletas, merluza del sur y congrio dorado, considerando tanto las flotas que operan en la zona sur-austral como las de la zona centro-sur.



2. Estudiar la operación de las flotas considerando los cambios espacio-temporales de la intencionalidad de pesca de las flotas sobre los diferentes recursos.
3. Desarrollar un modelo para estimar los índices de abundancia relativa que incluya tanto las interacciones tecnológicas así como los patrones de operación de la flota por recurso.

Duración: 15 meses.

Costo de referencia (\$): 60 millones

3. **Mecanismo de reclutamiento y de huevos y larvas de acuerdo a las propiedades físicas del ambiente (hipótesis relacionadas).**

Para comprender la dinámica del reclutamiento y renovación de los stocks, se debe mejorar el entendimiento de los procesos que ocurren en las etapas críticas del desarrollo ontogenético, que determinan las fuerzas de los reclutamientos. Procesos físicos (corrientes, giros, filamentos, etc) que afecten la retención de huevos y larvas y/o cambios en las condiciones ambientales (turbulencias, surgencias, etc) que pueden afectar la disponibilidad de alimento (Ventana Ambiental Optima), deben ser estudiados.

Proyecto 4: Identificación de mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas de la merluza de cola y merluza de tres aletas.

Objetivo: Identificar los factores que determinan la supervivencia, concentración y deriva de huevos y larvas de merluza de cola y merluza de tres aletas en el área genérica de desove.



Objetivos específicos:

- 1) Determinar las zonas de retención de huevos y larvas.
- 2) Establecer la supervivencia asociada a los procesos físicos que originan cambios de temperatura, salinidad, oxígeno, turbulencia, circulación, etc.

Para lograr los objetivos del proyecto se debería: 1) Realizar cruceros hidroacústicos con alta densidad de muestreo para mapear las densidades y abundancias de desovantes. Atención especial referente a la investigación del vigor de blanco e identificación de las especies en la columna de agua insonificada, 2) Muestreo oceanográfico horizontal-vertical en la zona genérica de desove para definir mecanismos físicos y químicos que podrían afectar el proceso del reclutamiento y análisis de deriva hacia zonas de cría. Se incluye el uso de boyas oceanográficas para la determinación de mecanismos localizados de deriva de huevos y larvas hacia áreas de cría.

Duración: 3 años.

Costo de referencia (\$): 400 millones.

Proyecto 5: Recopilación y generación de series de datos ambientales para ser utilizados en análisis de reclutamiento de merluza de cola y merluza de tres aletas.

Objetivo: Recopilar y generar series de datos ambientales para ser utilizados en análisis de reclutamiento de merluza de cola y merluza de tres aletas.



Objetivos específicos:

- 1) Analizar datos e identificar índices de circulación, surgencias y advección, índices meteorológicos relacionados al viento, lluvia, nubosidad, T°, etc. También buscar información sobre los niveles medios del mar y Tsm en diferentes regiones y correlacionarlos con la supervivencia o índices de abundancias de las clases anuales.
- 2) Generar series de transporte superficial y sub-superficial mediante boyas oceanográficas fijas y de deriva.
- 3) Generar un índice local o regional de diferencia de presión atmosférica entre Juan Fernández - Talcahuano y Antofagasta-Puerto Montt.

Para lograr los objetivos del proyecto se debería analizar y/o generar datos sobre índices de circulación, surgencias y advección. Datos sobre índices meteorológicos (viento, lluvia, nubosidad, T°, etc.). Datos sobre niveles medios del mar y TSM en diferentes regiones. Generación de series de transporte superficial y sub-superficial mediante boyas oceanográficas fijas y de deriva. Índice local o regional de diferencia de presión atmosférica entre Juan Fernández - Talcahuano y Antofagasta-Puerto Montt.

Duración: 24 meses.

Costo de referencia (\$): 400 millones



Proyecto 6: Identificar las áreas donde habitan los pre-reclutas de merluza de cola.

Objetivo: Identificar, establecer y caracterizar el área o las áreas donde habitan los prereclutas (< 2 años).

Objetivos específicos:

- 1) Identificar las áreas donde se concentran los prerreclutas en relación con la distribución de la merluza de cola. Conocer la distribución espacial y batimétrica de peces prerreclutas.
- 2) Caracterizar desde el punto de vista oceanográfico, ecológico el o las áreas principales de concentración.
- 3) Analizar la factibilidad de generar un índice de abundancia relativa para predecir la fuerza de los reclutamientos que permita su uso en la evaluación de la población.

Para lograr los objetivos del proyecto se deberían desarrollar artes de pesca para la captura de estos peces y la prospección de las zonas propuestas de distribución mediante campañas de pesca. Posteriormente, se debería analizar la factibilidad de la construcción del índice de abundancia teniendo en consideración un diseño de muestreo apropiado.

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 40 millones.



Proyecto 7. Dinámica del reclutamiento de merluza de cola.

Objetivo: Desarrollar modelos analíticos de estadios múltiples (huevos a reclutas) considerando dinámicas (mortalidades) de cada estadio y la influencia del ambiente.

Para lograr el objetivo principal se debería analizar los factores claves de la dinámica poblacional y desarrollar un modelo estadístico de stock-reclutas con variables ambientales que presenten una relación importante sobre las diversas etapas del reclutamiento.

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 70 millones.

4. Puntos biológicos de referencia multiespecíficos

Los puntos biológicos de referencia actualmente en uso no consideran las interacciones biológicas (depredador-presa o canibalismo) ni las interacciones tecnológicas. Por lo que se debe evaluar el impacto que tienen estas interacciones en la definición y estimación de puntos biológicos de referencia que permitan la sustentabilidad del conglomerado de especies.

Proyecto 8. Puntos biológicos de referencia multiespecíficos y multiflota para el complejo de peces demersales de la zona sur-austral.

Objetivo: Desarrollar, implementar y validar puntos biológicos de referencia que incorporen las interacciones tróficas entre los principales recursos y las



tecnológicas entre las pesquerías asociadas al complejo de peces demersales de la zona sur-austral.

Objetivos específicos:

- 1) Desarrollar puntos biológicos de referencia multiespecíficos para el complejo formado por merluza del sur, merluza de cola, merluza de tres aletas y congrio dorado.
- 2) Implementar y validar los puntos biológicos de referencia mediante análisis de simulaciones que incorporen las interacciones biológicas y tecnológicas.

Duración: 14 meses.

Costo de referencia (\$): 40 millones.

5. Dinámica de la capturabilidad (q). Concentraciones antes, durante y después del desove.

El agotamiento de los recursos y la mayor capturabilidad que estos presentan durante los períodos de concentración reproductiva determinan que parte importante de las capturas se realicen durante el desove, como por ejemplo en merluza de tres aletas y merluza del sur. Los cambios de capturabilidad que ocurren antes, durante y después del desove, son claves en entender la dinámica de las CPUE de la merluza de tres aletas y son parte fundamental del modelo de evaluación del pulso migratorio.

Proyecto 9. Dinámica de la capturabilidad merluza de cola y merluza de tres aletas al interior de un año, considerando las concentraciones reproductivas y de alimentación.



Objetivo: Analizar y modelar los cambios de la capturabilidad de merluza de cola y merluza de tres aletas que ocurren al interior de un año y su relación con los procesos de concentración reproductiva y de alimentación.

Duración: 14 meses.

Costo de referencia (\$): 50 millones.

5.3.3.2 Mecanismos de administración multiespecífico

- 1. Impactos sobre mecanismos de administración de tipo interactivo entre especies-pesquerías. Como incorporar esta problemática en el mecanismo de administración.**

La actual administración de las pesquerías demersal sur-austral y pelágica centro-sur considera un enfoque mono-específico, debido a esto, por ejemplo, la cuota anual de merluza del sur debe ser dividida en una fracción de captura objetivo y una fracción menor de fauna acompañante, la cual su vez afecta la cuota como especie objetivo y como fauna acompañante de otro recurso. Esto está asociado a la naturaleza multiespecífica de las capturas y a las interacciones tecnológicas que ocurren entre las flotas.

En consecuencia se debe invertir esfuerzos de investigación en evaluar procedimientos de administración de pesquerías que tengan en consideración el conjunto de especies explotadas así como el conjunto de pesquerías que operan.

- 2. Cuantificación y dimensionamiento de la utilización de biomasa demersales y/o pelágicas bajo contextos interactivos multipecíficos de las estrategias de administración (relación entre biomasa explotadas y excedentes de biomasa).**



La administración futura de las pesquerías debe considerar que la naturaleza multiespecífica de las pesquerías determina que la utilización de un recurso tenga efectos en los otros recursos en función de la intensidad de las relaciones depredador-presa que estos tengan y de la posición relativa de cada uno de ellos en estas interacciones. Por ejemplo, la utilización de la merluza del sur por sobre sus excedentes productivos generó una caída de su abundancia que podría haber tenido efectos positivos en merluza de cola (su presa principal) mediante una relajación de la mortalidad por depredación. Alternativamente, una sobreexplotación de los juveniles de merluza de cola, que corresponde a la principal presa de merluza del sur, podría afectar la disponibilidad de alimento y afectar la condición biológica y por último la sobrevivencia de merluza del sur.

Proyecto 10: Análisis de estrategias de administración y utilización del conglomerado de especies en un contexto multiespecífico.

Objetivo: Realizar un análisis cuantitativo de las estrategias administración y utilización de un determinado recurso respecto de los efectos que estas estrategias tienen sobre las demás especies.

Una manera de analizar la problemática de la administración y utilización de un conglomerado de especies, en términos de las consecuencias que tendría la toma de decisiones respecto de uno de los recursos del conglomerado, es realizar un trabajo de simulación de administración y evaluación multiespecífica, conjuntamente con un proceso de toma de decisiones. Para esto se debería analizar, en escalas temporales de corto mediano y largo plazo, los efectos de las decisiones, identificando los puntos críticos que permitan la sustentabilidad del conglomerado de



especies como una primera aproximación a una visión ecosistémica de administración y utilización de los recursos.

Para la realización de las simulaciones, en primer lugar se deberá contar con una declaración explícita de las políticas de administración, de cada uno de los recursos envueltos en el estudio así como de su conjunto, las que en una primera instancia pueden ser supuestos razonables. Los productos que se debieran obtener son indicadores del estatus del conglomerado, lo que obviamente redundaría en la sustentabilidad de su explotación, esto implica por ejemplo el desarrollo de puntos biológicos de referencia multiespecíficos, entre otros.

Duración: 12 meses.

Costo de referencia (\$): 50 millones.

3. Investigación sobre valor socio-económico del complejo multiespecífico bajo los diferentes esquemas de administración.

Se debe estudiar cual es la conducta del valor socio-económico de diferentes estrategias de asignación de capturas entre los diferentes recursos y pesquerías que interactúan. Estos estudios deberían incorporar variables tales como el valor socio-económico de asignar capturas entre las flotas industriales y artesanales; entre producción destinada a reducción o a consumo humano; entre capturas orientadas a recursos que son depredadores o bien presas de los otros recursos; etc.

Proyecto 11: Valor socio-económico del complejo multiespecífico bajo diferentes esquemas de administración.



Objetivo: Analizar la conducta del valor socio-económico de diferentes estrategias de asignación de capturas entre los distintos recursos y pesquerías que interactúan.

Objetivos específicos:

1. Estimar el valor socio-económico de asignar capturas entre diferentes flotas, tanto industriales como artesanales.
2. Estimar el valor socio-económico entre producción destinada a la reducción o al consumo humano.
3. Estimar el valor socio-económico entre capturas orientadas a recursos que se ubican en diferente posición (depredadores o presa) en la cadena trófica.

Duración: 18 meses.

Costo de referencia (\$): 70 millones.

5.3.3.3 Estado de agotamiento de los recursos

1. **Evolución histórica de la contribución a la capacidad de carga del sistema multiespecífico en estudio. (desarrollo de los stocks en forma conjunta, en la capacidad de carga del ambiente).**

El agotamiento de los stocks actualmente se analiza en forma mono-específica, sin considerar al complejo de especies como un conglomerado que presenta fuertes interacciones entre sus componentes. La capacidad de carga del sistema para mantener este complejo, dada sus interacciones, debería ser analizada considerando el aporte histórico de cada uno de sus componentes, para poder comprender adecuadamente los procesos y mecanismos dinámicos



que han operado en la sustentabilidad del conglomerado de especies. En estos estudios se deberían incorporar las variables ambientales (surgencias, vientos, turbulencia, fenómeno de “El niño”) que podrían estar modificando las capacidades del carga del sistema.

Proyecto 12: Análisis de la capacidad de carga del sistema multiespecífico.

Objetivo: Analizar la variación de la capacidad de carga del sistema multiespecífico.

Objetivos específicos:

1. Analizar las variaciones históricas de la abundancia del conglomerado de especies que interactúan (merluza del sur, merluza de cola, merluza de tres aletas y congrio dorado).
2. Identificar los mecanismos y procesos que han operado en la sustentabilidad del conglomerado multiespecífico.
3. Evaluar el impacto del ambiente en la capacidad de carga del conglomerado multiespecífico.
4. Modelar la dinámica del conglomerado de especies.

Duración: 15 meses.

Costo de referencia (\$): 60 millones.



6. DISCUSIÓN

6.1 Ciclo de vida de los recursos

6.1.1 Merluza de cola

El análisis del ciclo de vida de la merluza de cola indica que el conocimiento que tenemos acerca del ciclo vital de este recurso es aún limitado, faltando muchos aspectos por dilucidar. Gran parte del conocimiento de la biología y ecología de esta especie ha sido obtenida a partir de información de la flota comercial, lo cual ha resultado obviamente en un entendimiento parcelado del ciclo de vida. Hoy tenemos un buen conocimiento de la pesquería; conocemos los lugares de pesca, los artes, las técnicas de pesca, la variación espacio temporal de las capturas y de las composiciones de tallas, lugares de desove y concentración de peces juveniles. Sin embargo, el conocimiento sobre la fracción no vulnerada por los artes de pesca como lo son huevos, larvas, prerreclutas y reclutas, es deficiente.

La información disponible indica que la merluza de cola presenta una amplia distribución geográfica a lo largo de la costa chilena y en áreas oceánicas, entre los 29° 16' (Lillo y Paillaman, 1996) a 56 ° S (Cabo de Hornos), incluida la zona de los canales y fiordos. Lillo *et al.*, (1998) reportan la presencia de este recurso en el bajo O'Higgins (32° 30' S, 78° 00'W) en profundidades superiores a 600 metros. También se reconoce la existencia de una gran área de reproducción a la altura de isla Guamblin, entre los 43 a 48° LS; donde cada año los peces adultos de las distintas áreas de alimentación, incluida la zona atlántica de isla de Los Estados, realizarían una migración reproductiva hacia dicha zona, no obstante se postula que en aguas argentinas también existiría un área de desove, pero sin confirmación. Este esquema de migración define el grado de conexión entre las pesquerías que se desarrollan en la zona centro-sur y sur austral, y parte del Atlántico.



En merluza de cola falta por conocer más sobre aspectos reproductivos, sobrevivencia de huevos y larvas y reclutamiento. En este sentido, teniendo en consideración lo observado por Livingston *et al.*, (1997), en el hoki (*Macrorunus novaezealandiae*), surge la posibilidad que una parte de los peces potencialmente reproductivos de merluza de cola no desoven, lo cual podría tener especial relevancia en las evaluaciones directas e indirectas del stock.

Respecto de la distribución, concentración (zonas de retención), transporte y supervivencia de huevos, larvas y prerreclutas (peces < a 2 años de edad) no existen antecedentes. En relación con esto, no se han realizados estudios tendientes a establecer el efecto de las condiciones ambientales (climática y oceanográficas) en la sobrevivencia o mortalidad de dichos estadios, en especial huevos y larvas, en circunstancias que estudios experimentales de terreno e investigaciones teóricas, apuntan a la alta y variable mortalidad durante las primeras etapas de la vida de los peces como la causa de las diferencias de hasta 10 órdenes de magnitud en la abundancia de una clase anual (Houde, 1987). La abundancia de una clase anual depende durante sus primeros momentos de la abundancia y fecundidad de los progenitores, pero una vez que los huevos son depositados para su fecundación, entran a influir aspectos bióticos y abióticos en la determinación de la supervivencia de dichos estados. Dentro de los procesos bióticos, quizás la interrogante mayor es: ¿de que depende el éxito de una clase anual, de la disponibilidad de alimento o de la depredación?. Parece lógico pensar que durante la fase huevo y primeros estadios larvales (larva con saco vitelino) la principal causa de mortalidad podría ser la depredación y que una vez que las larvas han iniciado su alimentación la causa principal sea la inanición. Por otro lado surge la pregunta: ¿Cómo condicionan los factores abióticos la supervivencia?. Al parecer pueden haber dos tipos de efectos: directos e indirectos. Directos cuando el ambiente por algún efecto catastrófico provoque la mortalidad directa de huevos, larvas y peces. Indirectos, que tiene que ver como estos factores influyen los



factores bióticos y la propia vitalidad de las larvas, por ejemplo, con frecuencia se relaciona el éxito de una clase anual con las corrientes, en el sentido que huevos y larvas pueden ser arrastrados por ellas a zonas más o menos convenientes para su supervivencia, es decir las corrientes pueden acercarlos o alejarlos de zonas de alimento o de depredadores. Por lo tanto, es fundamental conocer la distribución horizontal, vertical de huevos y larvas, el transporte o deriva de ellos y la mortalidad a que son sometidos, aspectos claves en la dinámica poblacional de la especie. En este sentido, aunque no se conoce con exactitud la distribución vertical de los huevos y larvas de merluza de cola, en otras especies del género **Merluccius**, los primeros estadios de desarrollo se ubican bajo la capa de mezcla superficial. Por ejemplo, en la merluza del pacífico, la distribución de huevos y larvas en la columna de agua es conocida y depende en gran medida del estado de desarrollo. Bailey (1982), señala que los huevos y larvas de merluza del pacífico están distribuidos bajo la capa de mezcla y que los huevos de estados tempranos se encuentran a más profundidad (125 a 150 m) que aquellos huevos más desarrollados. Así las fases tardías de desarrollo son abundantes entre los 50 a 100 m de profundidad (Moser *et al.*, 1997). Las larvas ocurren comparativamente entre los 25 a 50 m debajo de la capa de mezcla de la base de la termoclina (Mullen & Cass-Calay, 1997). Los estados larvales se encuentran distribuidos irregularmente y a medida que se desarrollan su distribución es más irregular. Así también, los estados larvales más avanzados tienden a localizarse y distribirse más costeros que los estadios menos desarrollados, tendiendo a localizarse en lugares más específicos, tales como inmediatamente afuera de Point Conception en California (Hollowed, 1992).

Epifanio y Garvine (2001), indican que los principales agentes responsables de la circulación costera son: el estrés del viento, la propagación de mareas desde el océano profundo y las diferencias de densidades asociadas con la salida flotante de los estuarios, a los flujos de calor superficiales y la interacción de aguas costeras y



oceánicas en el margen costero. En el caso de merluza de cola, no existe información sobre estos aspectos y que actualmente son reconocidos importantes para explicar la problemática del transporte larval y de los primeros estadios en peces e invertebrados.

El conocer la distribución espacial y batimétrica de los prerreclutas, puede permitir completar el ciclo de vida de la especie y a la vez se podría generar un índice de abundancia relativa. Respecto de estos estadios, las mayores interrogantes radican en su distribución y ubicación en la zona de estudio y en la columna de agua.

6.1.2 Merluza de tres aletas

El ciclo biológico de la merluza de tres aletas en aguas de Atlántico sur occidental y del Pacífico Sur oriental es vagamente conocido, detectándose principalmente los estadios juveniles reclutados a la pesquería y los adultos. Sin embargo, los registros de individuos pre-reclutas, así como de huevos y larvas es casi nulo. Ello implica que a la brevedad es necesario implementar un plan de investigación que cubra estas falencias de información. En lo que respecta a aguas chilenas, la merluza de tres aletas entra a territorio nacional vía Cabo de Hornos, aproximadamente en junio, para concentrarse entre los 46° y 50° L.S. en agosto para desovar y luego retirarse del área y de aguas chilenas entre septiembre y diciembre. Esta es una de las etapas del ciclo vital mejor conocida, sin embargo, las etapas posteriores al desove son desconocidas, incluso como para hacer correlaciones con variables oceanográficas, pues estas también están muy poco estudiadas en el área donde ocurre el desove.

La pertinencia de realizar los estudios de oceanografía, se enmarca en la necesidad de establecer las condiciones ambientales que por una parte propician el área de desove y por otra provocan la deriva de los huevos, así como los mecanismos y



áreas en que se producen los reclutamientos en aguas chilenas. El conocimiento de la dinámica oceanográfica de mediana y gran escala, señala el área de desove como una zona en la que se debieran sentir los efectos de la corriente del Cabo de Hornos, la que produciría un transporte de huevos hacia el sur y aguas interiores. Por otra parte la morfología de la costa en esa zona (golfo) es propicia para formar áreas de retención de huevos y larvas, tanto en la costa expuesta a aguas exteriores como en la parte interior del golfo de Penas.

En los aspectos de biología reproductiva de este recurso para el cono sur, sólo está claro el período en que se produce el desove. Sin embargo, las estimaciones actuales de madurez sexual, tienen una connotación preliminar, sin haberse realizado estudios microscópicos específicos para definirlos. Este tipo de estudios, ayudaría a establecer la forma en que se realiza el desove, ya que las hipótesis que se manejan señalan la posible existencia de desoves por tandas a medida que los individuos van llegando al área de desove. Unido a lo anterior, estarían los estudios de fecundidad, conocimiento que, al menos para el cono sur, se puede considerar como nulo.

En lo que respecta a la fase adulta, uno de las temáticas más sensibles es la referida a patrones y rutas migratorias una vez que el pulso abandona las aguas territoriales chilenas.

En lo que respecta al Atlántico, no está claro si el recurso que se encuentra distribuido en esas aguas forma un solo stock con el que entra a aguas chilenas, puesto que la ruta migratoria, antes de entrar a aguas nacionales y una vez que las deja no es conocida. Esta situación nos lleva claramente a la necesidad de realizar tanto estudios de identificación de stock como de patrones de migración ya que como se ha señalado en la hipótesis existe la probabilidad de que el pulso que ingresa provenga del Atlántico o del sector subantártico.



Lo anterior, nos obliga a definir investigaciones paralelas con Argentina (INIDEP), en el sentido de la identificación de unidad de stock, ya que si esto resulta ser un único stock se tendría que estudiar cómo son las condiciones de mezcla entre los individuos que desovan en la plataforma atlántica y los que lo hacen en Chile, y las implicancias que esto tiene para la dinámicas del reclutamiento y posterior incorporación al stock adulto.

6.2 Modelo de evaluación de merluza de cola

El enfoque de evaluación actual es mono-específico, debido a que aún no se cuenta con los sistemas de muestreo que generen los datos para transitar hacia un modelo de evaluación multiespecífico. Este último tipo de modelo debería ser alcanzado en el mediano y/o largo plazo, y debería incluir a lo menos las interacciones tróficas entre merluza del sur, merluza de cola, merluza de tres aletas y congrio dorado.

El modelo mono-específico planteado requiere conocer todas las fuentes de mortalidad por pesca y que el stock sea cerrado o bien que las emigraciones sean compensadas por las inmigraciones. Por lo tanto, es prioritario conocer el grado de mezcla que pudiera existir entre el stock chileno y el presente en el Atlántico. En el caso de Nueva Zelanda se han identificado dos unidades de stock basadas en análisis merísticos y de edad y en la existencia de dos zonas de desove bien definidas. Esto contrasta con el hecho que en el océano Atlántico no exista una zona de concentración reproductiva bien definida como la encontrada en Chile, esto junto con la disminución de las capturas de los buques surimeros argentinos en la misma época del desove en Chile, son antecedentes que respaldan la idea de posibles migraciones entre los océanos.

El modelo de evaluación seleccionado difiere del modelo ADAPT empleado en Argentina, el cual realiza una reconstrucción de la abundancia en función de la



matriz de captura. En la práctica, este modelo no se puede usar en Chile debido a que para algunos años no existen datos en la matriz de captura de cerco, lo cual no puede ser manejado con el ADAPT. En cambio el modelo de análisis estadístico de captura a la edad empleado en Chile, puede prescindir de los errores asociados a algunos años en que falta información de cerco.

El algoritmo se puede clasificar como un modelo de captura a la edad estratificado (Quinn y Deriso 1999), en el cual los estratos corresponden a las capturas a la edad de cerco y arrastre, las cuales son modeladas por los patrones de explotación específicos. Al interior de cada arte de pesca se considera la hipótesis de separabilidad de la mortalidad por pesca, mediante el uso de patrones de explotación específicos por periodos de años, lo cuales pueden considerar años contiguos o separados.

Es clave para el modelo poder disponer de una análisis de los cambios en los patrones de explotación del cerco y como estos se relacionan con la disponibilidad del recurso y las condiciones del ambiente. Los patrones de explotación empleados actualmente en el modelo se basan en la similitud de las capturas a la edad entre años, lo cual supone que los cambios en la estructura de edades de las capturas se deben a cambios en la disponibilidad de las edades frente al arte de cerco. En consecuencia, se debe evaluar la hipótesis nula que los cambios en la disponibilidad del recurso y selectividad de arte de pesca no afectan la capturabilidad, para lo cual se identificó el proyecto de análisis de los cambios en la disponibilidad del recurso y su efecto sobre la capturabilidad de la flota cerquera y arrastrera de merluza de cola en la zona centro sur.

El modelo considera estadísticamente una distribución multinomial de las proporciones de las edades en las capturas y en las abundancias a la edad del stock desovante estimadas por hidroacústica, mientras que una distribución



lognormal para la CPUE y la biomasa desovante estimadas por hidroacústica. Esto fue considerado correcto en el taller internacional y dichos criterios son similares a los que empleados por el NIWA en su modelo de captura a la edad de merluza de tres aletas.

El modelo es ajustado mediante inferencia bayesiana, ya que esto permite introducir en la búsqueda de la solución de los parámetros el conocimiento previo que se tiene de ellos mediante la definición de la distribución *a priori*. Mientras más estrecha sea esta distribución mayor condicionamiento de la solución final al valor introducido en la *priori*, por ejemplo, esto se emplea en el modelo para incorporar el patrón de explotación empírico del cerco del año 1999. También, durante la ejecución del proyecto se determinó que la mortalidad natural debía ser considerada como un parámetro a estimar y no conocido como en la versión inicial del modelo, debido a esto el modelo se modificó incorporando una distribución lognormal de la mortalidad natural basada en los valores estimados por diferentes autores.

El modelo planteado corresponde al estado del arte en evaluación de stock (McAllister e Ianelli, 1997 y Quinn y Deriso 1999). En el caso de Nueva Zelanda se está trabajando en desarrollar un modelo similar de captura a la edad bayesiano para la merluza de cola, para reemplazar el modelo de evaluación actualmente en uso (Livingston, com. per.).

El modelo planteado se puede ampliar fácilmente para incorporar nuevos índices de calibración, como por ejemplo la abundancia relativa desde las capturas de arrastre. Durante la ejecución del proyecto se incorporaron al modelo el índice de biomasa desovante así como la abundancia a la edad del stock desovante estimados por hidroacústica.



En el modelo todos los reclutamientos son parámetros a resolver, lo cual permite mayor flexibilidad del ajuste. Otra alternativa discutida fue que los reclutamientos fueran estimados desde una función stock-recluta con un grado de error conocido, de esta forma se reduce el número de parámetros a estimar. Esta opción tiene la desventaja que el error de la función stock-recluta debe ser estudiado para determinar cual tipo de error es el más adecuado, ya que en otros recursos como merluza común, el ambiente genera desviaciones importantes de la relación stock-recluta, cuya conducta no es fácil de traducir en una distribución de error (Payá y Rubilar 2001). Esto significa que se corre el riesgo de perder la señal real de los reclutamientos, la cual podría estar fuertemente influenciada por el ambiente. Esto mismo dificulta una tercera opción de modelar los reclutamientos como una caminata aleatoria, en la cual el reclutamiento de un año sea función del reclutamiento del año anterior más un término de error, ya que este término debería provenir de una determinada distribución con varianza conocida.

La generación de índices auxiliares de la abundancia cada vez más robustos es la principal prioridad para mejorar la evaluación del stock de merluza de cola, ya que el modelo de evaluación ha alcanzado un alto grado de sofisticación, por lo que su capacidad de modelar la abundancia del recurso radica principalmente en la calidad de la información disponible.

Los índices de abundancia relativa provenientes de las capturas comerciales deben ser analizados con profundidad a través de los proyectos: i) “Análisis de los cambios en la disponibilidad del recurso y su efecto sobre la capturabilidad de la flota cerquera y arrastrera de merluza de cola en la zona centro sur”; ii) “Análisis de la captura por unidad de esfuerzo en base al nuevo régimen de explotación basado en la cuota global y límite máximo de captura por armador” y iii) “Análisis y desarrollo de un índice de abundancia para merluza de cola generado a través de la operación comercial en la zona sur austral”.



La generación de índices de abundancia relativa independientes de la actividad comercial es de primera importancia, ya que estos no están limitados a las zonas y épocas de operación de las flotas comerciales. En este sentido se requiere generar series de estimaciones de abundancias de reclutas en la zona centro-sur y del stock desovante en la zona sur-austral. Las evaluaciones directas realizadas por hidroacústica idealmente deben ser efectuadas todos los años, esto se discutió en el taller internacional a la luz de la experiencia de Nueva Zelanda, en la cual estas evaluaciones se realizaban cada tres años, lo cual funcionó bien hasta que se obtuvieron cambios muy fuertes en los estimados de biomasa que el modelo de evaluación indirecto no fue capaz de explicar, debido a esto ahora se considera que tres años es un lapso demasiado largo y que las evaluaciones acústicas se deberían realizar anualmente (Livingston com. Per.)

El estudio de las relaciones entre la fuerza del blanco y la talla de merluza de cola es prioritario para continuar con las evaluaciones hidroacústicas, ya que en Chile no se cuenta con relaciones propias y se emplean funciones estimadas en Nueva Zelanda, donde estas están actualmente en un proceso de revisión. Por lo tanto, en Chile es necesario realizar un proyecto para estimar *in situ* la fuerza de blanco, para lo cual se podrían emplear los peces cuando éstos están retenidos en el cerco dentro del agua.

6.3 Modelo de evaluación de merluza de tres aletas

El actual modelo de evaluación sólo estima la abundancia del pulso que ingresa a desovar a aguas chilenas y no el stock total. El próximo paso debe ser generar un modelo mono-específico de evaluación del stock total que incluya todas las fuentes de mortalidad. Posteriormente, se debería desarrollar un modelo multiespecífico en



el cual la merluza de tres aletas sea un componente de la trama trófica que involucra a la merluza del sur, la merluza de cola y al congrio dorado.

El desarrollo del modelo de evaluación mono-específico de merluza de tres aletas requiere como primera prioridad dilucidar las hipótesis de unidades de stock y grado de mezcla entre los peces del cono sur. La hipótesis más probable es que los peces que desovan en Chile y en las Islas Falkland pertenezcan a stocks diferentes y que estos migren y se mezclen en la zona de alimentación de la Isla de los Estados, donde son capturados por la flota pesquera Argentina. En este sentido si los peces desovan todos los años en el mismo lugar, deberían existir dos unidades de stock, pero si los peces desovan indistintamente en las dos zonas de reproducción, podría existir un solo stock con dos áreas de desove. En el caso de Nueva Zelanda se identifica la existencia de 4 unidades de stock asociadas con 4 áreas de desove, esto se basa en estudios morfométricos que sustentan que los peces regresan siempre a la misma zona donde reclutaron al stock desovante por primera vez.

Una de las ideas de cooperación que surgió del taller internacional fue seguir el pulso migratorio a través de toda su ruta mediante cruceros secuenciales efectuados por barcos de Chile (IFOP), Argentina (INIDEP) y las Islas Falkland (FIFD), lo cual quedó planteado en el proyecto de “Patrones de migración de merluza de cola entre el Océano Pacífico y el Atlántico”.

Luego de clarificado el número de stocks y las mezclas entre ellos, se debe realizar una evaluación conjunta con el INIDEP, en la cual se construya la matriz de capturas a la edad del stock que desova en aguas Chilenas, la cual debe incluir las capturas chilenas y las realizadas en Argentina sobre este stock.



Mientras tanto no se realice la evaluación del stock total, se deberá continuar estudiando el pulso migratorio que ingresa a desovar a Chile y estimar su abundancia mediante la mejora del modelo utilizado hasta la fecha.

El modelo de desplazamiento del recurso inferido del desplazamiento del único barco que captura este recurso es robusto a través de los años. El patrón de desplazamiento está caracterizado por un ingreso muy rápido en junio-julio para llegar a desovar al golfo de Penas, donde se concentran a desovar durante las 2 primeras semanas de agosto, para luego emigrar y abandonar completamente las aguas chilenas en noviembre.

El modelo de evaluación de la abundancia del pulso se basa en la integración de los estimados de biomasa por métodos hidroacústicos realizados en junio y noviembre de 1993 y en las variaciones de la CPUE a través del período de migración. El supuesto clave de este modelo es que la capturabilidad al inicio de la inmigración y al final de la emigración tienen el mismo valor, esto se sustenta en la estimación empírica de la capturabilidad realizada combinando los estimados acústicos de biomasa con las CPUE obtenidos en el año 1993.

El modelo supone que se produce un aumento de la capturabilidad en el período de máxima concentración y que luego esta disminuye. Además, como no se disponen de otras estimaciones de biomasa por hidroacústica, en el modelo se debe suponer que las capturabilidades no cambian entre años, esto implica que las capturabilidades del barco "American Dinasty", que operó en 1993, es la misma que la del barco "Unión-Sur" que ha estado operando desde 1995 en adelante. Este supuesto se basa en que los niveles de CPUE obtenidos por estos barcos fueron muy similares y por el hecho que la merluza de tres aletas es un recurso muy fácil de capturar debido al alto grado de concentración que presenta (S. Lillo com. pers.). Por lo tanto, es muy importante realizar los proyectos de "Estimación hidroacústica



de la abundancia y análisis de la capturabilidad de merluza de tres aletas” y del “Efecto de cambios tecnológicos y/o operativos sobre la CPUE”, los cuales permitirán validar los supuestos de los cambios de la capturabilidad al interior de un año y entre años.

En la línea de continuar mejorando la modelación de la migración se recomienda explorar el uso de la teoría de la dinámica de fluidos para obtener estimaciones de densidades y velocidades de ingreso y salida. Por otra parte este modelo debiera considerar los efectos que la presión y dinámica de la pesca producen sobre él así como los aspectos ambientales que modulan el pulso desde el punto de vista de su dinámica espacial y temporal.

En términos de los aspectos ambientales se debe continuar explorando la relación entre el número de peces que ingresa a desovar y el Índice de Oscilación del Sur (IOS) planteadas por Payá *et al.* (2000b). Aunque este índice proviene de la zona ecuatorial refleja cambios de macro-escala en el ambiente que afectan la zona de concentración reproductiva de merluza de tres aletas y probablemente la de otros recursos de la zona sur-austral. Cuando el IOS disminuye, el centro de alta presión de la zona antártica se desplaza hacia el norte, ubicándose sobre la latitud 47° (Quintana, 1998), que corresponde a la zona de desove. Esto genera disminución de la intensidad de los vientos (Cheng *et al.* 1995), mayor calma en el mar, aumento de la estabilidad de la columna de agua, y por ende de la termoclina, lo cual en su conjunto podría favorecer el proceso de retención larval.

En relación con poder predecir y contar con un índice de reclutas al stock desovante para ser empleado en el modelo de evaluación, se plantea desarrollar el proyecto “Estimación de la abundancia y área de distribución de los individuos juveniles”. Este proyecto permitiría conocer la fracción juvenil del stock de la cual se tienen



escasos datos, debido a que el barco pesquero opera sólo sobre el stock desovante.

6.4 Modelo de evaluación multiespecífico y multiflota

Se considera necesario integrar en un modelo las relaciones depredador-presa que existen entre los principales recursos, tales como merluza del sur, merluza de cola, merluza de tres aletas y congrio dorado, así como las múltiples flotas que operan sobre los recursos, las cuales incluyen a la flota de cerco de la zona centreo-sur en el caso de merluza de cola. El desarrollo de este modelo es una meta de largo plazo, ya que requiere la ejecución de los programas de: “Recopilación de datos e información de la dinámica trófica” y “Estimación multiespecífica de abundancia”.

La comprensión y estimación de índices de abundancia derivados de la CPUE se fortalecería con la ejecución del proyecto “Análisis de los índices de abundancia basados en la CPUE en un contexto multiespecífico y multiflota”. Este está asociado a como las diferentes flotas, empresas y barcos programan las pescas de las diferentes especies en función de las demandas de sus mercados y como estas capturas pueden interferir con otras especies en que se produce interacción tecnológica y biológica.

6.5 Estrategias de explotación

Para la Subsecretaría de Pesca, el objetivo general de manejo de procurar la conservación de los recursos y dar sustentabilidad a la pesquería es el mismo para merluza de cola y merluza de tres aletas. En el caso de merluza de cola la problemática está básicamente referida a la operación de dos flotas nacionales con diferentes artes de pesca que vulneran distintas fracciones del stock, mientras que en la merluza de tres aletas es una flota chilena que opera sobre un stock desovante migratorio que también es capturado en el océano Atlántico.



Desde el punto de vista de la conversación se considera importante mantener los puntos biológicos de referencias (PBR) objetivos y límites bien definidos y acordados con los usuarios. Como PBR objetivo para mantener la renovación y asegurar la conservación del stock se discutió el $F40\%PH$, el cual se calcula en una condición de equilibrio sobre la base de los rendimientos por recluta (YPR) y producción de huevos por recluta (HPR).

Por el momento no es posible calcular YPR y HPR dinámicos, ya que estos requieren estimar a través de las cohortes los rendimientos y producción de huevos potenciales que hubieran existido sin pesca (Mace *et al.*, 1996). En el caso de merluza de cola la limitación proviene de lo corto de la serie, lo cual permite seguir muy pocas cohortes sin el efecto de la pesca. Para merluza de tres aletas no es posible debido a que el modelo no estima la abundancia total y no tiene conexión dinámica entre las cohortes, ya que es un modelo que sólo estima la abundancia del pulso, sin conocer que sucede a las cohortes en el Océano Atlántico.

La operación de distintas flotas sobre un mismo recurso tiene diferentes consideraciones en el cálculo de los PBR de merluza de cola y de merluza de tres aletas. En el primer recurso, se conocen todas las mortalidades por pesca de las diferentes flotas, por lo que los PBR se calculan sobre la suma de las mortalidades por flota, en este caso el problema se centra en la asignación de capturas por flota, ya que estas tienen diferentes patrones de explotación, que contribuirán diferencialmente al patrón de explotación total, el cual determina el cálculo del valor del PBR. En el caso de la merluza de tres aletas, sólo se disponen de estimaciones de mortalidades por pesca generadas por la flota chilena, por lo que se debe simular la mortalidad por pesca global y el patrón de explotación que se producen en el océano Atlántico. Por lo tanto, el valor del PBR de merluza de tres aletas dependerá de los supuestos de esta simulación.

Los procedimientos de estimación de los PBR analizados se encuentran dentro de un enfoque monoespecífico, desconociendo las interacciones tróficas existen entre



los diferentes recursos. Debido a esto se considera que en el mediano plazo se debería generar procedimientos de estimación de PBR con un enfoque multiespecífico, lo cual obviamente requiere primero desarrollar los sistemas de muestreos de contenidos estomacales y luego los cálculos de tasas de consumo por edad.

6.6 Plan de Investigación

6.6.1 Plan de Investigación de corto plazo

Todas las interrogantes sobre los recursos fueron tomadas y traducidas en hipótesis de trabajo y a partir de ellas se diseñó el programa de investigación (segundo objetivo del estudio).

El programa de investigación propuesto para cada especie plantea abordar íntegramente la investigación de cada recurso, de manera de ir avanzando tanto en el conocimiento de la biología y ecología de la especie como también en la evaluación y el manejo en el corto plazo.

Merluza de cola

En el **Cuadro 3** se plantea un desarrollo secuencial de los proyectos del plan de investigación de corto plazo. Así, durante el primer año se propone realizar aquellos que tienen que ver con la revisión, análisis y generación de índices de abundancia relativa (e.g. CPUE) a partir de la captura comercial, y también a partir de estudios de evaluación directa sobre la fracción desovante y/o recluta. Lo anterior, tiene mucha validez, en el sentido que los modelos usados en Chile para la evaluación de este recurso no difieren sustancialmente de los usados en Nueva Zelanda o Argentina, por lo tanto la evaluación se vería muy favorecida al contar con índices



adecuados y robustos que permitan una sólida calibración de los modelos. Asimismo, También se considera, en el caso de la merluza de cola, analizar la información histórica disponible y desarrollar si fuera posible un estimador de los descartes, principalmente en la pesquería sur austral donde la captura histórica estuvo sujeta a importantes descartes en periodos de tiempo variables.

El programa también propone desarrollar la metodología o procedimiento para evaluar el impacto de las medidas de administración, a través de modelos de simulación sobre la base de distintos escenarios y condiciones.

También, como una problemática surgida en el taller internacional, se reconoce la necesidad de considerar programas de investigación conjunta entre IFOP, INIDEP, FIFD y NIWA, en materias del comportamiento migratorio, unidad de stock, revisión de las características y procesos individuales y poblaciones de merluza de cola y tres aletas.

Cuadro 3. Cronograma y costos (\$ millones) de proyectos de investigación para la merluza de cola, en el corto plazo.

PROYECTOS	Duración (meses)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Proyecto 1. Identificar unidad de stock y análisis de espacio-temporal de mezclas poblacionales de merluza de cola del Océano Pacífico y el Atlántico.	15		70			
Proyecto 2. Patrones de migración de merluza de cola entre el Océano Pacífico y el Atlántico.	24				150	
Proyecto 3. Análisis de los cambios en la disponibilidad del recurso y su efecto sobre la capturabilidad de la flota cerquera y arrastrera de merluza de cola en la zona centro sur.	18			60		
Proyecto 4. Análisis de la captura por unidad de esfuerzo en base al nuevo régimen de explotación basado en la cuota global y límite máximo de captura por armador.	18	28				
Proyecto 5. Análisis y desarrollo de un índice de abundancia para merluza de cola generado a través de la operación comercial en la zona sur austral.	12	60				
Proyecto 6. Generar un índice de abundancia de la	12		80			



fracción recluta, teniendo en consideración la conducta y disponibilidad del recurso						
Proyecto 7. Generar un índice de abundancia de la fracción desovante, analizando la conducta y disponibilidad del recurso	12			80		
Proyecto 8. Análisis espacio-temporal de las estructuras de talla del stock de merluza de cola.	15		80			
Proyecto 9. Estimación in situ de la fuerza de blanco en merluza de cola.	8		80			

Cont.'

Cont.' Cuadro 3

Proyecto 10. Efecto de la pesca de merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola sobre la mortalidad natural de merluza de cola; un enfoque multiespecífico.	12					80
Proyecto 11. Análisis de la captura en merluza de cola.	12				80	
Proyecto 12. Impactos en la sustentabilidad del stock de merluza de cola de diferentes estrategias de explotación asociadas a diferentes puntos biológicos de referencia y criterios de asignación de capturas entre diferentes flotas.	12	40				
Proyecto 13. Revisión de los parámetros biológicos de merluza de cola y sus metodologías de estimación empleadas en el cono sur.	18	100				
Proyecto 14. Análisis de la sensibilidad del modelo de evaluación de merluza de cola.	12	20				
Proyecto 15. Sustentabilidad de la merluza de cola y sus pesquerías. Revisión y desempeño de los índices de sustentabilidad.	15			40		
Proyecto 16. Análisis de los impactos de la asignación de capturas entre flotas sobre la sustentabilidad de merluza de cola.	15	40				
TOTAL		288	310	180	230	80

Merluza de tres aletas

Para la merluza de tres aletas como prioridades de investigación inmediatas o de corto plazo se identifica poder dilucidar la conformación de unidades de stock en el cono sur de América, tal como se indica en el **Cuadro 4**. La realización de evaluaciones hidroacústicas del stock desovante y el análisis de los cambios de la capturabilidad deben convertirse en un proyecto permanente a través de los años. También son importantes, la mejora de la información reproductiva, especialmente la relativa a la



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

fecundidad, la mejora en la comprensión de los patrones de migración y el trabajo integrado de IFOP, INIDEP y FIFD.



Cuadro 4. Cronograma y costos (\$ millones) de proyectos de investigación para la merluza de tres aletas, en el corto plazo.

PROYECTOS	Duración (meses)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Proyecto 1. Identificar unidad de stock y análisis de espacio-temporal de mezclas poblacionales en merluza de tres aletas,	18	100				
Proyecto 2. Estimación hidroacústica de la abundancia y análisis de la capturabilidad de merluza de tres aletas.	10	120	120	120	120	120
Proyecto 3.. Estimación y análisis de madurez sexual y fecundidad del recurso merluza de tres aletas.	12		45			
Proyecto 4. Patrones de migración de merluza de tres aletas entre el Océano Pacífico y el Atlántico.	24		180			
Proyecto 5. Revisión de los parámetros biológicos de merluza de tres aletas y sus metodologías de estimación empleadas en el cono sur.	18			100		
Proyecto 6. Análisis del efecto de los cambios tecnológicos y estrategias de captura sobre esfuerzo y tasas de captura de merluza de tres aletas.	10				50	
Proyecto 7. Modelamiento del pulso de migratorio de merluza de tres aletas.	12			30		
Proyecto 8. Evaluación de áreas de reclutas en merluza de tres aletas.	12					180
TOTAL		220	345	250	170	300

6.6.2 Plan de Investigación de mediano a largo plazo

El objetivo en el mediano y largo plazo es transitar desde un enfoque mono-específico hacia uno de carácter multiespecífico, que considere también el carácter multiflota de las pesquerías. Para esto, se considera primero el levantamiento de los sistemas de recopilación y monitoreo de los contenidos estomacales, el desarrollo de los modelos de evaluación multiespecíficos, la revisión de los puntos biológicos de referencia y el impacto de diferentes medidas de administración sobre el complejo multiespecífico. Así También, se consideró importante el estudio de los primeros estadios del desarrollo y como el ambiente puede influir en su supervivencia.



Cuadro 5. Proyectos de investigación de mediano y largo plazo

PROYECTOS	DURACIÓN (meses)	COSTO (\$ millones)
Proyecto 1: Programa de recopilación de datos e información de la dinámica trófica.	36	200
Proyecto 2: Programa de estimación multiespecífica de abundancia.	Permanente	40/año
Proyecto 3: Índices de abundancia basado en análisis de la CPUE en un contexto multiespecífico y multiflota.	15	60
Proyecto 4: Identificación de mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas de la merluza de cola y merluza de tres aletas.	36	400
Proyecto 5: Recopilación y generación de series de datos ambientales para ser utilizados en análisis de reclutamiento de merluza de cola y merluza de tres aletas.	24	400
Proyecto 6: Identificar las áreas donde habitan los pre-reclutas de merluza de cola.	18	40
Proyecto 7. Dinámica del reclutamiento de merluza de cola.	18	70
Proyecto 8. Puntos biológicos de referencia multiespecíficos y multiflota para el complejo de peces demersales de la zona sur-austral.	14	40
Proyecto 9. Dinámica de la capturabilidad merluza de cola y merluza de tres aletas al interior de un año, considerando las concentraciones reproductivas y de alimentación.	14	50
Proyecto 10: Análisis de estrategias de administración y utilización del conglomerado de especies en un contexto multiespecífico.	12	50
Proyecto 11: Valor socio-económico del complejo multiespecífico bajo diferentes esquemas de administración.	18	70
Proyecto 12: Análisis de la capacidad de carga del sistema multiespecífico.	15	60



7. CONCLUSIONES

- I. Los primeros estadios del ciclo de vida de merluza de cola y merluza de tres aletas son los menos estudiados desde el punto de vista biológico, ecológico y pesquero, por lo tanto el conocimiento que se tiene de ellos es limitado.
- II. Tanto el programa de evaluación como el de investigación por recurso debe ser dividido en un horizonte de corto plazo (5 años), orientado a fortalecer el enfoque monoespecífico actual y en un horizonte de largo plazo, destinado a generar un procedimiento de evaluación y administración multiespecífico y multiflota.
- III. El programa de evaluación monoespecífico para merluza de cola se basa en un modelo estadístico de captura a la edad estratificado por flota que integra índices de abundancia provenientes de las capturas comerciales y de las evaluaciones directas.
- IV. El programa de investigación de corto plazo (5 años) para merluza de cola está diseñado para fortalecer los datos y parámetros empleados por el modelo con énfasis en los índices de abundancia basados en la CPUE comercial y las evaluaciones hidroacústicas del stock.
- V. El modelo de evaluación de merluza de tres aletas estima la abundancia de la fracción del stock que ingresa a desovar a Chile desde el océano Atlántico. Este modelo es adecuado dado el nivel actual de conocimiento.



- VI. En el corto plazo, para mejorar la evaluación de merluza de tres aletas se debe determinar el número de unidades de stock en el cono sur de América y el grado de mezcla entre ellas, así como profundizar en la dinámica de la capturabilidad a través de la migración reproductiva y en las evaluaciones directas del stock desovante.

- VII. En el mediano y largo plazo, se deben implementar sistemas de recopilación y monitoreo de los contenidos estomacales, desarrollar modelos de evaluación multiespecíficos, revisar los puntos biológicos de referencia y el impacto de diferentes medidas de administración sobre el complejo multiespecífico. Así también, se deben estudiar los primeros estadios del desarrollo hasta la fase de pre-reclutas y como el ambiente puede influir en su supervivencia.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo, M. 1994. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. Gayi* and *M. Australis*). In: Hake Fisheries, ecology and markets. Ed. J. Alheit and T. J. Pitcher. Chapman & Hall, UK, 305-337.

Aguayo, M., I. Payá, R. Céspedes, H. Miranda, V. Catasti, S. Lillo, L. Adasme, F. Balbontín, R. Bravo y P. Gálvez. 2001. Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. Preinforme final (FIP 99-15), IFOP: 133 p. (más tablas y figuras).

Balbontín, F. y R. Bernal. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 20: 155-163.

Bailey, K.M. 1982. The early life history of the Pacific hake, *Merluccius productus*. Fish. Bull. U.S. 80: 589-598.

Burton, M.P.M. 1999. Notes on potential errors in estimating spawning stock biomass: determining the effects of non-participatory adults for some ground fish species. J.Northw. Atl. Fish. Sci., vol. 25:205-213.

Céspedes, R., H. Robotham, A. Zuleta, L. Adasme y P. Gálvez. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de tres aletas en la zona sur-austral. Pre - informe final FIP 96-36.

Céspedes, R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1999. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur - Austral, 1998. Programa de Seguimiento del Estado de



Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 122 p.

Céspedes, R., Z. Young; V. Ojeda, F. Cerna; L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, G. Ojeda, H. Miranda y C. Vera. 2000. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur - Austral, 1999. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final corregido, IFOP, 90 p.

Céspedes, R., L. Adasme, C. Vera y H. Miranda. 2001. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur-Austral 2000. Programa de Seguimiento del estado e Situación de las Principales Pesquerías nacionales. SUBPESCA, Parte I, Informe Final, IFOP, 60 pág. (+tablas , figuras y anexos).

Chambers, R.C. y T.J. Miller. 1995. Evaluating fish growth by means of otolith increment analysis: special properties of individual-level longitudinal data. In. The belle W. Baruch Library in Marine Science number 19. Recent Development in fish otolith research (155-176 pp). David H. Secor, John M. dean y Steven E. Campana (Eds). Published for the Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research by the University of South Carolina Press.

Cheng, B., S. Smith y D. Bromwich. 1995. Evolution of the tropospheric split jet over the South Pacific Ocean during the 1986-1989 ENSO cycle. Contribution 995 of the Byrd Polar Research Center. 23 páginas y 16 figuras.

Clarke, A. y A. W. North. 1991. Is the growth of polar fish limited for age determination of soles and other fish. J. Cons. Int. Explor. Mer., 29:73-81.



Córdova, J. y R. Céspedes. 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 34 p. (+ tablas y figuras).

Cushing, D. H. 1981. Fisheries Biology. 2nd. Ed. Univ. Wisc. Press, Madison, Wisconsin. 200pp.

Degens, E. T., W.G. Deuser, R. L. Headrich. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. Mar. Biol. 2: 105-113.

Draper, N. R y H. Smith. 1981. Applied Regression Analysis. John Wiley and Sons. New York.

Epifanio, C E & R W. Garvine. 2001. Larval transport on the Atlantic continental shelf of North America: a review. Estuarine, Coastal and Shelf Science:52: 51-77.

FAO, 1993. Reference points for fisheries management: their potential application to straddling and highly migratory resources. FAO. Fish. Circ. (864):52 p.

Freon, P., M.El Khattabi., J. Mendoza, R. Guzmán 1997 Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela Marine Biology vol 128, Issue 3 , pp363-372

Gauldie, R.W. 1991. Taking stock of genetic concepts in fisheries management. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 722-731.

Gelman, A., J. Carlin, H. Stern y D. Rubin 1995. Bayesian data analysis. Chapman y Hall. 526 págs.



- Gulland, J. a. 1983.** Fish stock assessment: a manual of basic methods. John Wiley and Sons, New York.
- Gulland, J.A. y L.K. Boerema. 1973.** Scientific advice on catch levels. Fishery Bulletin. 71:325-335.
- Hilborn R. y C. Walters 1992.** Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall Inc. New York, N.Y.
- Hollowed, A.B. 1992.** Spatial and temporal distributions of pacific hake, *Merluccius productus*, larvae and estimates of survival during early life stages. CalCOFI rep. 33: 100-123.
- Houde, E.D. 1987.** Fish early dynamics and recruitment variability. American Society Symposium 2:17-29.
- Kingsford, M.J. 1993.** Biotic and abiotic structure in the pelagic environment: importance to small fishes. Bull. Mar. Sci., 53(2):393-415.
- Lillo, S. y R. Céspedes. 1998.** Análisis de los procesos biológicos y migratorios del recurso merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Pesca de investigación. Instituto de Fomento Pesquero.
- Lillo, S., A. Paillaman y S. Pino. 1994.** Pesca de Investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47°00'L.S. Instituto de Fomento Pesquero- Subsecretaría de Pesca. 65 pág.



- Lillo, S y A. Paillaman. 1996.** Evaluación acústica y distribución espacial de merluza común. En: Proyecto FIP 95-14. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro-sur. Informe Final.
- Lillo, S., M. Espejo y M. Rojas. 1997.** Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur – austral. Informe Final proyecto FIP: 96-38. 90 pp+ tablas , figuras y anexo.
- Lillo, S., R. Céspedes y M. Barbieri. 1999.** Evaluación directa del stock desovante de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final, IFOP, 48 pág. (+ figuras).
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adasme y H. Hidalgo. 2000.** Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur 1999. Proyecto FIP (99-06). Informe Final IFOP, 52 pág.
- Livingston, M. E., M. Vignaux y K.A. Schofield. 1997.** Estimating the annual proportion of nonspawning adults in New Zealand hoki, *Macruronus novaezelandiae*. Fish. Bull., 95: 99-113.
- Loeb, V. J., A. K. Kellerman, P. Koubbi, A. W. North y M.G. White. 1993.** Antarctic larval fish assemblages: a review. Bull. Mar. Sci., 53(2):416-449.
- Mace P., L. Boostford, J. Collie, W. Gabriel, P. Goodyear, J. Powers, V. Restrepo, A. Rosemberg, M. Sissenwine, G. Thompson y J. Witzig. 1996.** Scientific review of definitions of overfishing in U.S. fishery management plans. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-21. 20 páginas.



- McAllister y J. Ianelli. 1997.** Bayesian stock assessment using catch-age data and the sampling-importance resampling algorithm. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:284-300.
- Moser, H.G., N.C. H. Lo y P. E. Smith. 1997.** Vertical distribution of pacific hake eggs in relation to stage of development and temperature. *CalCOFI Rep.*, Vol. 38.
- Mullen, M.M. & S. Cass_Calay. 1997.** Vertical distribution of zooplankton and larvae of the Pacific hake (whiting), *Merluccius productus* in the California current system. *CalCOFI Rep.* 38:127-136.
- Norcross, B. y F. Shaw. 1984.** Oceanic and estuarine transport of fish eggs and larvae: a review. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 113: 155-165.
- Ojeda, V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo e I. Payá. 1998.** Estudio de crecimiento y construcción de claves talla-edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. IFOP-FIP97-15. 131 páginas., 52 figuras, 53 tablas y 1 anexo.
- Ortiz, P. 1998.** Fluctuaciones espacio temporales de las características físicas y químicas del agua de mar frente a Coquimbo. (30°S). Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 86 pp.
- Payá, I. 1992.** The diet of patagonian hake *Merluccius australis polylepis* and its daily ration of patagonian grenadier *Macrurus magellanicus*. In: *The Benguela Trophic Functioning*. Payne, A.I.L., Brink K. H, Mann K.H. and R. Hilborn (Eds). *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 753-760.



Payá I. 1997. Investigación CTP merluza de tres aletas 1997. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Técnico para Subsecretaría de Pesca. Circulación restringida.

Payá, I & F Rocha. 1991. El rol de merluza del sur (*Merluccius australis*, Hutton 1872) como predador en la comunidad de peces de la zona sur – austral. Resúmenes XI Jornadas de Ciencias del mar. P. 58.

Payá I. y C. Canales 1998a. Investigación CTP merluza de tres aletas sur 47° L.S. 1998. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Técnico para Subsecretaría de Pesca. 17 páginas, 7 figuras y 4 tablas.

Payá I. y C. Canales 1998b. Informe complementario. Investigación CTP merluza de tres aletas sur 47° L.S. 1998. Instituto de Fomento Pesquero. Informe Técnico para Subsecretaría de Pesca. 17 páginas, 7 figuras y 4 tablas.

Payá, I., A. Sepúlveda, F. Balbontín, R. Tascheri, L. Adasme. 1998. Dinámica del Stock de merluza común y su relación con el medio ambiente. Informe Técnico Instituto de Fomento Pesquero. FIP 96-28

Payá, I y N. Ehrhardt. 1999. Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47°L.S. 1999. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 14 figuras y 6 tablas.

Payá I. C. Canales, H. Pool y C. Montenegro. 1999. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 1999. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

Payá I. y P.S. Rubilar. 2000. Investigación CTP regionalizada merluza de cola, 2001. Informe Final . IFOP-SUBPESCA. 96 pp.



- Payá, I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000a.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Informe Final IFOP-SUBPESCA, 78 pp.
- Payá, I, N. Ehrhardt y V. Espejo. 2000.** Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47° L.S. 2000. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 19 figuras y 13 tablas.
- Payá, I, H. Pool y S. Rosales. 2001.** Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47° L.S. 2002. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Pesca
- Payá, I. y P. Rubilar 2001.** Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2002. Instituto de Fomento Pesquero. 46 páginas, 52 figuras y 12 tablas.
- Pool, H., F. Balbontin, C. Montenegro, N. Cortes y M. Arriaza. 1997.** Interacciones tróficas recursos demersales sur-austral. Informe Final IFOP – FIP. 76 pág. + tablas y figuras.
- Polachek, T. 1990.** Year round closed areas as a management tool. Nat. res. Model., 4:327-354.
- Pulliam, H.R. 1988.** Sources, sinks and populations dynamics. Amer. Naturalist, 132:652-661.
- Quinn T. y R. Deriso. 1999.** Quantitative fish dynamics. New York, Oxford University Press.



Quintana, J. 1998. Condiciones atmosféricas observadas en Chile durante 1997/1998 asociadas al fenómeno “El niño/oscilación del sur”. CPPS. Informe presentado a la XIII reunión del comité científico del programa ERFEN estudio regional del fenómeno “El Niño”. Guayaquil-Ecuador. 7 páginas, 9 figuras y 2 tablas.

Ralston, S. 1995. The influence of oceanographic variables on the series of otolith growth in pelagic young-of-the year Rockfish, *Sebastes spp.* In. The Belle W. Baruch Library in Marine Science number 19. Recent Development in fish otolith research (97-188 pp). David H. Secor, John M. dean y Steven E. Campana (Eds). Published for the Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research by the University of South Carolina Press.

Roa R, B. Ernst y F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: en evaluation of analytical and resampling procedures. Fish. Bull. 97: 570 - 580.

Rosemberg A.A. y V. R. Restrepo. 1996. Precautionary management reference points and management strategies. En Precautionary approach to fisheries Part 2. Scientific papers. FAO Fisheries technical paper 350/2, páginas 129-139.

Schmitt, C.C. y B.E. Skud. 1978. Relation of fecundity to long term changes in growth, abundance and recruitment. Int. Halibut Comm. Sci. Rep. 66, 31 pág. Seattle, Wash.

Shaffer, G., S. Salinas, O. Pizarro, A. Vega y S. Hormazabal. 1995. Currents in the deep ocean off Chile (30°S). Deep-Sea Res. Vol. 42(4), pp 425-436.

Shelton, P.A. y M.J. Armstrong. 1983. Variation in the parent stock and recruitment of pilchard and anchovy populations in the southern Benguela system. En:



Sharp, G.D. & J. Csirke (eds.) Proceedings of expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fish. Rep. 291: 1113-1132.

Silva, N., S. Calvete y H. Sievers. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y Laguna San Rafael (Crucero CIMAR FIORDO I). Cienc. y Tec. Del Mar, CONA 20.

Silva, N. & S. Neshiba. 1977. Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Cienc. y Tec. del Mar, Cona 3: 37 – 42.

Stearns, S. C. y R. E. Crandall. 1984. Plasticity for age and size at sexual maturity: a life-history response to unavoidable stress. En: G. W. Potts and R.J. Wootton (Eds). Fish reproduction. Strategies and tactics. Academic Press, págs. 13-33.

Trippel, E.A., O.S. Kjesbu y P. Solemdal. 1997. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. En: Early life history and recruitment in fish populations (R.C. Chambers and E.A. Trippel, eds). Chapman & Hall, pág. 31-62.

Whöler O. C., L.B. Prenski, J.E. Hansen y M.C. Cassia. 1996. Evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. INIDEP Doc. Cient, X: 5-27.

Young, Z., J. Chong, H. Robotham., P. Gálvez y H. Gonzalez. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur-austral. FIP 96-37.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Zama, A y E. Cárdenas. 1984. Seasonal change of macroplankton structure in the surface of Aysen fiord and Moraleda Chanel, Southern Chile. Introduction into Aysen Chile of Pacific Salmon, N° 13: 27 pág.

A N E X O S

A N E X O A

**Lista de revisión para
la evaluación de
stock (NCR, 1998)**

LISTA DE REVISIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE STOCK (NCR 1998)

Paso	Consideraciones importantes
1	<p>Definición de stock ¿Cual es la definición espacial de un stock?</p> <p>Estructura del stock ¿Debería la evaluación ser espacialmente estructurada o se debe suponer que es homogénea espacialmente?</p> <p>Mono o multiespecífico ¿Se escoge una evaluación mono o multiespecífica? ¿Se usa marcaje, micro-constituyentes, genética, y/o morfometría para definir el stock?</p>
2	<p>Data</p>
2.1	<p>Remociones ¿Las remociones están incluidas en la evaluación?</p> <p>Capturas ¿Está documentado el diseño de muestreo y los sesgos?</p> <p>Descartes</p> <p>Mortalidad inducida por pesca</p>
2.2	<p>Índices de abundancia Para todos los índices considerar si son absolutos o relativos, el diseño de muestreo, estandarización, linealidad entre el índice y la abundancia poblacional, que porción del stock está indexado (stock desovante, biomasa vulnerable).</p> <p>CPUE ¿Qué porción de la flota debe ser incluida y como los datos deben ser estandarizados? ¿Cómo son tratadas las capturas ceros? ¿Qué supuestos se hacen sobre la abundancia en las áreas no pescadas? ¿ Es especialmente informativo el mapeo espacial de la CPUE?.</p> <p>Área Barrida ¿Es un problema la saturación del arte de pesca? ¿El diseño de la evaluación cubre todo el rango del stock? ¿Cómo se evalúa la selectividad del arte de pesca?</p> <p>Hidroacústica ¿Están validados la fuerza del blanco y la mezcla de especies?</p>

Paso	Consideraciones importantes
Evaluación de huevos	Estimar mortalidad de huevos, "towpath" de la red y la fecundidad de las hembras.
2.3	Información de talla, edad y sexo
Captura a la edad	Considerar el diseño de muestreo, tamaño de muestra, selectividad de alto grado y errores de lectura de edades
Peso a la edad	
Madurez a la edad	
Talla a la edad	
Información reproductiva edad específica	
2.4	Datos de marcaje
	Considerar tanto la pérdida de marcas como el desprendimiento y las tasas de recuperación. ¿La población fue marcada en forma uniforme o fueron las marcas recuperadas?
2.5	Datos ambientales
	¿Cómo se pueden tales datos usar en la evaluación? ¿Cuáles son los peligros de buscar bases de datos para correlaciones?
2.6	Información pesquera
	¿La gente está familiarizada con la pesquería? ¿Quién ha gastado tiempo arriba de los barcos, ha consultado y ha estado envuelto en la discusión del valor de las diferentes fuentes de datos?
3	Modelo de evaluación
3.1	Modelo estructurado
	¿Se ha considerado diferentes estructuras para el modelo? por edades, tallas, sexo
3.2	¿Espacialmente explícito o no?
3.3	Parámetros claves del modelo
Mortalidad natural	¿Son estos estimados o supuestos constantes? ¿Cuál es la

Paso	Consideraciones importantes
Vulnerabilidad distribución	varianza permitida? ¿Si son estimados cual es la
Mortalidad por pesca Capturabilidad	de prior supuesta? ¿ Se supone que no cambian con el tiempo?
Reclutamiento	¿Se supone una relación stock-recluta? ¿Si se hace cual es la varianza permitida?
3.4	Formulación estadística
Errores de procesos son	Si el modelo de la forma de suma de cuadrados ¿Cuáles son
Errores de observación Si el	los ponderados, ¿cómo estos términos son ponderados?.
Dist. Verosimilitud	modelo es de la forma de máxima verosimilitud ¿las varianzas son conocidas o supuestas conocidas?.
3.5	Incertidumbre de la evaluación
Estimados asintóticos entre de varianza	¿Cómo se calculan la incertidumbre de los parámetros o modelos alternativos? ¿Qué se presenta realmente, una distribución o solo intervalos de confianza?
Perfiles de similitud Bootstraping Posteriores bayesianas	
3.6	Evaluación retrospectiva
	¿Los patrones retrospectivos son evaluados y presentados?
4	Evaluación de políticas
4.1	Hipótesis alternativas
	¿Qué alternativas son consideradas: parámetros para un único modelo o para modelos estructuralmente diferentes?.¿Cómo se ponderan las diferentes hipótesis?
	¿Qué supuestos se realizan con respecto a los reclutamientos futuros, cambios ambientales, estocasticidad, y otros factores?

Paso	Consideraciones importantes
	<p>¿Se considera la relación stock-recluta? Si es así, las proyecciones futuras consideran autocorrelación o depensación?</p>
4.2	<p>Acciones alternativas</p> <p>¿Cuáles son las estrategias de explotación alternativas que se consideran?</p> <p>¿Qué tácticas se suponen que son usadas en la implementación?</p> <p>¿Cómo las acciones futuras reflejan los cambios potenciales en el tamaño futuro de la población?</p> <p>¿Se considera el error de implementación?</p> <p>¿Están los errores autocorrelacionados?</p> <p>¿Cómo se relaciona el error de implementación con la incertidumbre del modelo de evaluación?</p>
4.3	<p>Indicadores de desempeño</p> <p>¿Cuál es el objetivo real de la pesquería?</p> <p>¿Cuáles son los mejores indicadores de desempeño?</p> <p>¿Cuál es el lapso de tiempo para los indicadores biológicos, sociales y económicos?</p> <p>¿Cómo se mide el riesgo?</p> <p>¿Son apropiados los puntos biológicos de referencia estandarizados?</p> <p>¿Se ha definido sobrepesca formalmente?</p>
5.0	<p>Presentación de resultados. ¿Cómo se presentan las incertidumbres en los parámetros y en el modelo?.</p> <p>¿Pueden ser útiles las tablas de decisión para resumir la incertidumbre y las consecuencias?</p> <p>¿Existe una consideración explícita de la interrelación (“trade off”) entre los diferentes indicadores de desempeño?</p>

Bibliografía.

NCR 1998. Improving fish stock assessments. Committee on fish stock assessment methods, Ocean studies board, Commision on Geosciences, Environment, and Resources and National Research Council. National Academic Press, D.C.

A N E X O B

**Primer Taller :
Participantes,
Programa de trabajo
y presentaciones
nacionales**

CONTENIDO DEL ANEXO B – TALLER NACIONAL

- **Participantes e invitados, programa del taller.**
- **Presentaciones**
 1. Antecedentes oceanográficos en la zona de la pesquería y distribución de merluza de cola y merluza de tres aletas en Chile. **Hernán Reyes** (IFOP).
 2. Descripción de la Pesquería, CPUE, biología, migración en la merluza de cola en la zona sur-austral de Chile, **Renato Céspedes** y Luis Adasme (IFOP).
 3. Captura por Unidad de esfuerzo estándar en la merluza de cola, **Pedro S. Rubilar**. (IFOP)
 4. CPUE y estructura de cardúmenes de merluza de cola en la pesquería de cerco. **Antonio Aranís**, Patricio Barría, Sergio Mora y Gonzalo Muñoz (IFOP).
 5. Evaluación directa de merluza de cola (*Macrorunus magellanicus*) por métodos hidroacústicos, **Sergio Lillo** (IFOP).
 6. Análisis de aspectos tróficos de merluza del sur, congrio dorado, merluza de cola y merluza de tres aletas, **Humberto Pool** (IFOP).
 7. Lecturas de edad en otolitos de merluza de cola (*Macrorunus magellanicus*) de las pesquerías chilenas, **Héctor Hidalgo** (IFOP).
 8. Revisión del crecimiento en merluza de cola y merluza de tres aletas, **Javier Chong** (U Ssma C).
 9. Revisión de la reproducción en merluza de cola y en merluza de tres aletas, **Javier Chong** (U Ssma C).
 10. Evaluación indirecta de merluza de cola en Chile. **Ignacio Payá**, Nelson Ehrhardt y Pedro Rubilar.
 11. Estrategias de explotación en merluza de cola, **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt
 12. Estrategias de explotación de merluza de cola, **Claudio Bernal** (SUBPESCA).

13. Descripción de la Pesquería, CPUE, biología y migración en la merluza de tres aletas en la zona sur-austral de Chile, **Renato Céspedes** y Luis Adasme (IFOP).
14. Evaluación directa de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) por métodos hidroacústicos, **Sergio Lillo** (IFOP).
15. Migración estacional de merluza de cola hacia Chile central: Consideraciones para la Evaluación de stock. **Luis Cubillos** (INPESCA, Chile)
16. Evaluación indirecta de merluza de tres aletas en Chile. **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
17. Estrategias de explotación en merluza de tres aletas, **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt

1. PARTICIPANTES E INVITADOS

Los miembros del equipo de trabajo nacional que participaron en el taller fueron:

1. Luis Adasme, IFOP
2. Antonio Aranís, IFOP
3. Renato Céspedes, IFOP
4. Javier Chong, U. Católica de la Santísima Concepción
5. Héctor Hidalgo, IFOP
6. Sergio Lillo, IFOP
7. Paz Pantoja, IFOP
8. Ignacio Payá, IFOP
9. Humberto Pool, IFOP
10. Pedro S. Rubilar, IFOP

Los expertos extranjeros que participaron fueron:

11. Dr. Nelson Ehrhardt, Universidad de Miami
12. Dr. Otto Whöler, INIDEP
13. Dr. Adrián Madirolas, INIDEP

Aunque inicialmente éste primer taller fue planteado con un carácter nacional, se consideró que para poder comprender de mejor forma los recursos en estudio, era necesario contar con la información de lo que sucede con estos recursos en el sector Atlántico. Para este fin, se logró incorporar la participación del Dr. Ehrhardt, de la Universidad de Miami, quién trabajo durante largo tiempo en el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina (INIDEP) y de los Drs. Otto Wöhler y Adrián Madirolas que trabajan actualmente en el INIDEP. La participación del Dr. Whöler en la oferta técnica sólo consideraba su asistencia al taller de trabajo internacional, mientras que el Sr. Madirolas, ingeniero hidroacústico, no fue inicialmente dimensionado en el proyecto.

Los invitados a participar en el taller fueron:

IFOP:

Alejandro Zuleta

Cristian Canales

Gabriela Bhöm

José Córdova

Maria Ángela Barbieri

Patricio Barría

Rodolfo Serra

Sergio Aviles

Víctor Espejo

Vilma Ojeda

Zaida Young

SUBPESCA

Claudio Bernal

Gonzalo Taboada

Jorge Farías

Marcelo García

Rubén Pinochet

Ricardo Norambuena

Rubén Pinochet

TÉCNICOS DE EMPRESAS

Julio Olivares

Patricio Arana

Luis Cubillos

Dr. Aquiles Sepúlveda

Dr. Dagoberto Arcos

UNIVERSIDADES

Dr. Hugo Arancibia
Fernando Balbontín
Dr. Ricardo Galleguillos
Dr. Carlos Moreno
Dr. Renato Quiñónez
Dr. Eleuterio Yáñez

Los invitados que finalmente asistieron a lo menos durante un día fueron:

Sergio Aviles, IFOP
Patricio Barría, IFOP
Claudio Bernal, SUBPESCA
Marcelo García, SUBPESCA
Raúl Gili, IFOP
Julio Olivares, EMDEPES
Rodolfo Serra, IFOP
Gonzalo Taboada, FIP

Se destaca la participación del Sr. Julio Olivares, gerente de operaciones de la empresa pesquera EMDEPES que asistió a todo el taller y tuvo una muy buena disposición a participar en las discusiones.

2. PROGRAMA DEL TALLER

Parte 1: Evaluación de stock de merluza de cola

Martes 22 de mayo de 2001

Hora	Tema
9:00	Inauguración
9:15	Esquema de trabajo del taller, descripción general del sistema y lista de revisión de la evaluación de stock de merluza de cola. Expositor: Ignacio Payá
10:30	Características Oceanográficas Expositor: Paz Pantoja
11:00	Café

Sección de índice de abundancia desde datos de la flota

11:15	CPUE de merluza de cola en la zona sur-austral Expositor: Renato Céspedes y Luis Adasme.
11:45	Estandarización de la CPUE de cerco. Expositor: Pedro S. Rubilar .
12:30	Almuerzo
14:00	CPUE y estructura de cardúmenes Expositor: Antonio Aranís y Patricio Barría
14:30	Discusión de índice de abundancia desde flota (Trabajo de grupo).
15:30	Café

Sección de evaluación hidroacústica

15:45	Evaluación directa de merluza de cola en Chile Expositor: Sergio Lillo
16:15	Evaluación directa de merluza de cola en Argentina Expositor: Adrián Madirolas (INIDEP).
17:15	Discusión de evaluación directa (Trabajo de grupo)

Sección de aspectos biológicos

- 18:15 Aspectos tróficos de merluza de cola.
Expositor: **Humberto Pool**
- 18:30 Lecturas de edad en otolitos de merluza de cola
Expositor: **Héctor Hidalgo**
- 19:00 Término.

Miércoles 23 de mayo de 2001

- | Hora | Tema |
|-------|--|
| 9:00 | Edad y crecimiento y aspectos reproductivos en merluza de cola
Expositor: Javier Chong |
| 9:30 | Discusión de aspectos biológicos (Trabajo en grupo). |
| 10:30 | Café |

Sección evaluación de stock indirecta

- 11:45 Evaluación indirecta de merluza de cola
Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
- 12:30 Almuerzo
- 14:00 Evaluación indirecta de merluza de cola en Argentina
Expositor: **Otto Wöhler**
- 15:00 Discusión sobre evaluación indirecta (Trabajo de grupo)
- 16:00 Café

Sección de estrategias de explotación

- 16:15 Estrategias de explotación en merluza de cola
Expositor: **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt
- 16:45 Estrategias de explotación
Expositor: Claudio Bernal (**SUBPESCA**)
- 17:15 Discusión de estrategias de explotación

Sección de diagnóstico

- 18:15 Índices del stock
Expositor: **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt
- 18:45 Índices biológicos y pesqueros

Expositor: **Renato Céspedes**

19:00 Término

Jueves 24 de mayo de 2001

8:30 Discusión de los índices y diagnosis (Trabajo en grupo)

Tema 2: Merluza de tres aletas

9:30 Descripción general del sistema y lista de revisión de la evaluación de stock de merluza de tres aletas.

Expositor: **Ignacio Payá**

Sección de índice de abundancia

10:15 CPUE de merluza de tres aletas en la zona sur-austral

Expositor: **Renato Céspedes** y Luis Adasme.

10:45 Café

11:00 Evaluación directa de merluza de tres aletas y migración en Chile

Expositor: **Sergio Lillo**

11:30 Evaluación directa de merluza de tres aletas en Argentina

Expositor: **Adrián Madirolas** (INIDEP).

12:30 Almuerzo

14:00 Discusión sobre los índices de abundancia

Sección evaluación de stock indirecta

15:00 Evaluación indirecta de merluza de tres aletas

Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt

15:45 Café

16:00 Evaluación indirecta de merluza de tres aletas en Argentina

Expositor: **Otto Wöhler**

17:00 Discusión de evaluación indirecta

17:45 Término

Viernes 25 de mayo de 2001

Sección de aspectos biológicos

- 10:00 Relaciones tróficas de merluza de tres aletas
Expositor: **Humberto Pool**
- 10:15 Edad y crecimiento y aspectos reproductivos en merluza de tres aletas
Expositor: **Javier Chong**
- 10:45 Café
- 11:00 Discusión sobre aspectos biológicos (Trabajo en grupo).

Sección de estrategias de explotación

- 12:00 Estrategias de explotación en merluza de tres aletas
Expositor: **Ignacio Payá** y N. Ehrhardt
- 12:30 Almuerzo
- 14:00 Estrategias de explotación
Expositor: Marcelo García (**SUBPESCA**)
- 14:30 Discusión de estrategias de explotación

Sección de diagnóstico

- 15:30 Índices del stock
Expositor: **Ignacio Payá**
- 16:00 Café
- 16:15 Índices biológicos y pesqueros
Expositor: **Renato Céspedes**
- 16:45 Discusión de índices
- 17:15 Delineamiento general del programa de investigación.
- 19:00 Término

Como actividad de recreación los participantes del taller fueron invitados a la cena de celebración del aniversario 37° del Instituto de Fomento Pesquero.

ANTECEDENTES OCEANOGRÁFICOS EN LA ZONA DE LA PESQUERÍA Y DISTRIBUCIÓN DE MERLUZA DE COLA Y MERLUZA DE TRES ALETAS EN CHILE.

Hernan Reyes
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

I CIRCULACIÓN

El sistema del Anticiclón del Pacífico Sur conduce los vientos ecuatoriales hacia las costas de Chile y Perú. El límite norte de este sistema lo constituye la Zona de Convergencia Intertropical.

En la zona norte y central de Chile se distinguen dos corrientes hacia el norte y dos hacia el sur. El flujo norte corresponde al sistema de corrientes de Humboldt, con una rama oceánica o corriente Perú Chile (PCC)(centrada a los 80°W, hasta 400 m de profundidad con velocidades de 27 cm/s en invierno y 11 cm/s en verano) y otra costera llamada también Corriente Costera de Chile (CCC)(centrada en los 73°W, hasta 300 m de profundidad y con velocidades entre 11 y 14 cm/s entre 0 y 100 m de profundidad desde los 35°S). Por otra parte Leth, (2000) identifica esta corriente entre 0.1 y 0.5 m/s a profundidades entre 100 y 300 m (velocidad estimada 7.9-12.3 cm/s). En tanto los flujos sur corresponden a la contracorriente oceánica del Perú (centrada a los 75°W y con un alcance hasta 48°S con velocidades de hasta 20 cm/s frente a Arica) y a la contracorriente costera de Chile (ubicada entre los 72°W y la costa, hasta 150 m de profundidad), también denominada Contracorriente Chile-Perú (PCCC) se ubica a 200Km de la costa a los 8°S y se extiende hasta los 35°S (Strub *et al*, 1998). A nivel subsuperficial se distingue la corriente subsuperficial Chile-Perú (centrada a los 72°W angostándose al sur de los 27°S, entre los 100 y 400 m de profundidad con velocidades de 4 a 10 cm/s) (S.H.O.A., 1994). Let., (2000), ha determinado que ésta se ubica a una profundidad media de 50-150 m a 100 Km de la costa desde los 20°S a los 42°S.

A los 43°S aproximadamente se acerca al continente la Corriente de Deriva del Oeste (WWD) que se bifurca en dos ramas: hacia el sur, La Corriente del Cabo de Hornos (CHC) y hacia el Norte la Corriente de Perú o Corriente de Humboldt.

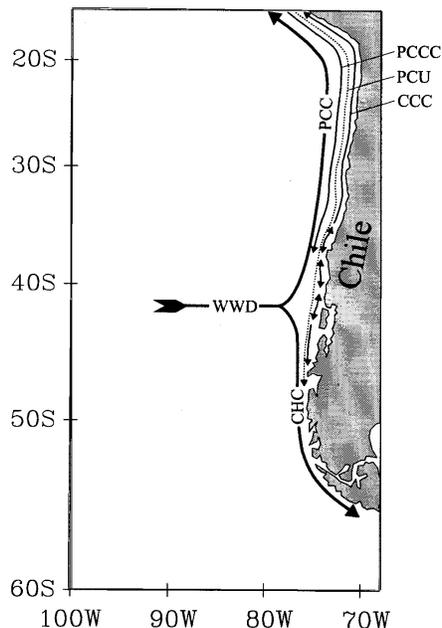


Figura 1. Sistema de corrientes de Chile

El sistema de circulación antártica está compuesto por dos corrientes que transportan aguas superficiales: la corriente de deriva del Oeste y la corriente del Cabo de Hornos. La Corriente Circumpolar Antártica tiene una dirección general hacia el Noreste con velocidades de entre 50 a 100 cm/s en superficie, la que disminuye hasta 8 cm/s a 2500 m de profundidad. La corriente Costera Antártica se encuentra muy cerca de la costa y afecta sólo la capa superficial con un flujo hacia el oeste (este flujo se une al de la corriente Circumpolar en algunos tramos debido a accidentes topográficos) (S.H.O.A., 1994).

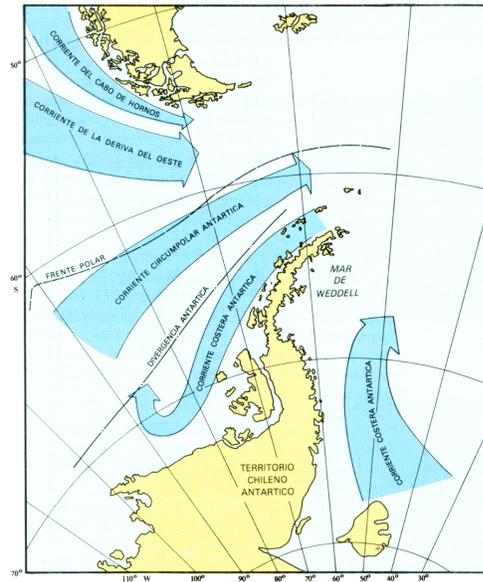


Figura 2. Esquema de circulación Antártica.

Circulación en canales y fiordos de la zona sur austral

En la parte profunda de las zonas al sur del golfo Corcovado y los canales Moraleda (hasta constricción Meninea), Jacaf, Puyuguapi y Ventisquero, existe agua de origen ecuatorial subsuperficial, que entra a la zona por Boca del Guafo (Silva *et al.*, 1998).

Las cuencas que quedan en el canal Moraleda, al norte y sur de la constricción Meninea, poseen diferentes características bajo los 50 m de profundidad, siendo las de la cuenca sur más cálidas y oxigenadas y menos salinas y densas que las de la parte sur. Ya que las aguas de entre 30 y 50 m fluyen hacia el sur, sobre la constricción, y se hunden hasta alcanzar la profundidad de equilibrio de boyantez. Una situación similar se produce en la boca del estero Cupquelán donde el agua más profunda es de características más cálidas, salina y oxigenada ya que proviene del estero Elefantes (a 20-40 m de profundidad) (Silva *et al.*, 1998).

La marea, que en esta zona presenta grandes amplitudes contribuye a generar corrientes de llenante y vaciante que provocan que el agua se mueva hacia adentro y hacia fuera. El viento por su parte provoca procesos de surgencia o hundimiento. En la surgencia el ASAA es transportada fuera de la costa dando paso al AESS. En tanto vientos Norte y Noroeste permiten el paso de ASAA hacia el interior de los canales y golfos. Otro factor que modela la circulación de estos sectores es la presencia de bajos (llamados umbrales) e islas. Los principales que se han identificado son la constricción Meninea y las islas Desertores y Apiao y el que presenta la plataforma continental (100m app desde el golfo de Guafo al sur) (Silva *et al.*, 1998).

En el sector sur del canal (Puerto Nassau) se registró una magnitud media de 16.8 cm/s y un máximo de 53.7 cm/s en dirección sur, en tanto al norte del canal (Puerto Ballena) se registró una magnitud media de 12.7 cm/s y un máximo en dirección sur de 66.5 cm/s. En general las corrientes se mostraron dispersas en relación

a la dirección de ocurrencia. Los desplazamientos promedio de una partícula muestran una trayectoria de 2 a 3.5 Km diarios en dirección sureste y sur (Fierro *et al.*, 2000).

En general la circulación del fiordo que se conecta al océano por la constricción Meninea, tiene una corriente superficial hacia el mar y una subsuperficial hacia el fiordo.

A 20 m de profundidad se tiene una velocidad promedio hacia el norte de 15.9 cm/s con el máximo en esa dirección de 104.8 cm/s. A 40 m de profundidad la componente de la corriente a lo largo del canal tiene un promedio de 2.0 cm/s en dirección sur y un máximo de 77.3 en esa dirección. Existe un carácter semidiurno en las fluctuaciones de la corriente detectadas. Se observó la existencia de una circulación de tipo baroclino con eventos de 1 a 10 días de duración. En ellos los flujos hacia el norte se producen en la capa superficial con una velocidad del orden de 25 cm/s y un flujo hacia el sur por la capa profunda con una velocidad del orden de 15 cm/s (Salinas y Hormazábal, 1996).

La circulación en el fiordo Baker es también del tipo baroclina y podría ser el efecto de intrusiones de agua de fondo generada por vientos costeros o por gradientes horizontales de densidad entre el golfo de Penas y el interior del fiordo. El viento a su vez provoca el hundimiento de ASAA ingresando por los canales al interior del fiordo. Las zonas del golfo de Penas-estero Steele y golfo de Penas-seno Iceberg presentan características de sistemas estuarinos altamente estratificados en los que existiría un flujo neto hacia el océano en la capa superficial y un flujo neto hacia el interior en la capa profunda. En la capa profunda se detectó la presencia de ASAA, AESS y AIAA en diferentes porcentajes (Guerrero, 2000).

En la XII región, la velocidad registrada durante un experimento Lagrangiano en Primera Angostura, alcanzó los 400 cm/s mostrando una dirección siguiendo la topografía del estrecho y forzada en su dirección e intensidad por la onda de marea (Salinas *et al.*, 1999).

Los factores que afectan la circulación en los sistemas de fiordos y canales son la distribución de densidad por la mezcla entre agua marina y los aportes fluviales desde tierra, también está el efecto de las mareas, el viento, entre otros. En general el sistema estuarino responde al modelo de dos capas en el cual las capas se determinan por una pycnoclina que en general responde principalmente a los efectos de la salinidad. En este modelo la capa superior fluye hacia la boca en tanto la inferior lo hace hacia la cabeza del canal (Silva *et al.*, 1998).

Existe una fuerte influencia de las mareas sobre el comportamiento de las corrientes reflejada en variaciones semidiurnas, aunque el comportamiento de las corrientes no es unidireccional (Fierro *et al.*, 2000).

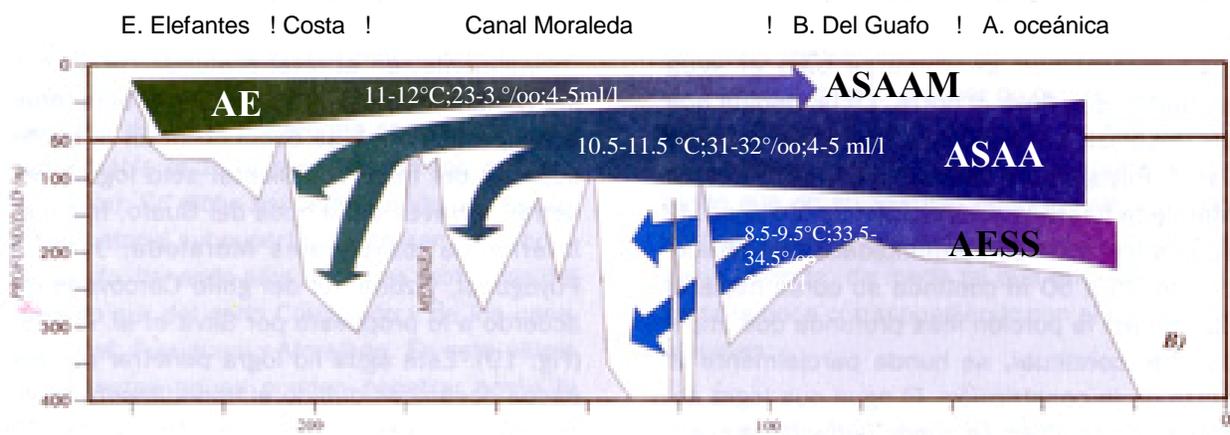


Figura 3. Esquema de circulación en canales interiores.

II STRESS DEL VIENTO

Las regiones de corrientes de frontera este se caracterizan por un giro anticiclónico costa afuera, cercano a la costa. El giro es generalmente ciclónico particularmente durante los eventos de surgencia, los que son particularmente intensos en las zonas de protuberancias o puntas. Durante el otoño el giro ciclónico cercano a la costa se ubica en las cercanías de Talcahuano. El máximo giro se presenta a los 25°S. Este se mueve hacia el polo desde el invierno al verano, quedando entre 30 y 34°S durante el verano y luego, a finales de verano, llega hasta la latitud de Talcahuano desde donde comienza a retirarse nuevamente (Bakun y Nelson, 1991).

En las costas de Chile se pudo identificar una zona de transición entre esfuerzos del viento hacia el norte en el norte y hacia el sur en la zona sur. Esta última se encuentra centrada en los 40°S aproximadamente, variando su ubicación entre los 37°S en invierno, hasta los 42°S en verano. Los valores del esfuerzo meridional en el sector norte se presentaron menores a 1 dina/m² en tanto en el sector sur se alcanzan valores de hasta 2 dina/m². Los máximos valores de esfuerzo meridional hacia el norte se dan en todas las épocas del año en 28°S app. En tanto los máximos hacia el sur, en invierno, son a los 43°S y en verano a los 50°S app (Müller y Figueroa, 1996).

El esfuerzo zonal muestra que el esfuerzo hacia el este domina en casi toda el área de estudio exceptuando el área que llega hasta los 25°S en la que domina el esfuerzo hacia el oeste. En la zona sur (al sur de los 50°S) el esfuerzo durante el otoño disminuye su magnitud y los máximos de primavera se dan en los 43°S, y de verano e invierno en los 45°S. Los valores del esfuerzo zonal al norte de 38°S no superan lo 0.5 dina/m², en cambio hacia el sur puede asumir valores de hasta 2 dina/m² (Müller y Figueroa, 1996)

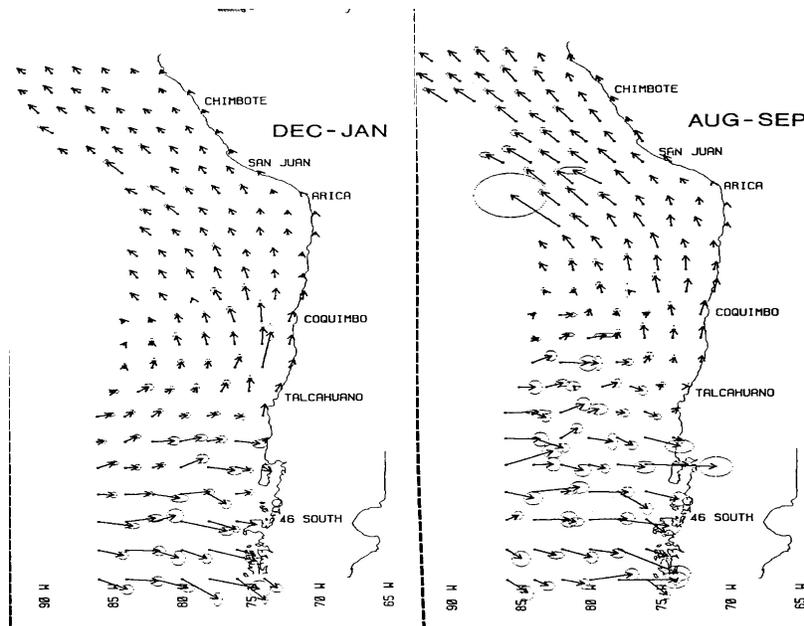


Figura 4. Esfuerzo del viento en verano y primavera.

III SURGENCIA COSTERA

Entre los 20 y 35°S los vientos son favorables a la surgencia durante todo el año, siendo máximos en la época estival. La Corriente Costera de Chile que es la rama costera de la contracorriente Chile-Perú se dirige hacia el ecuador y en ella se produce la surgencia. La surgencia entre los 35 y 38°S es más intensa (en la zona central) y ocurre favorablemente durante la primavera y otoño mostrando la influencia del efecto forzante del viento. La pluma de surgencia puede abarcar hasta 50-150 Km costa afuera, según las cartas satelitales de TSM. Centro de surgencia en Punta Lavapié. En la surgencia que ocurre en la parte sur de la Bahía de Valparaíso las aguas surgentes provienen de una profundidad de 150 a 250m. En el área de Talcahuano se identificaron Cuatro centros principales de surgencia: Punta Nurunge (36°00'S), Punta Lavapié (37°08'S), Lebu (37°37'S) y Tirúa (37°22'S). Además de cinco centros secundarios: Punta Lobería (36°35'S), Bahía de Concepción (36°40'S), Punta hualpén (36°45'S), Punta Puchoco (37°01'S) y Golfo de Arauco (37°10'S).

Se reconoce la zona frente a Chile central como un área de surgencia costera, pero la delimitación de ella se ha planteado desde Isla Mocha o Valparaíso en su límite norte, hasta Punta Manuel en el sur. En este trabajo se reconoce un área triangular desde Punta Roncura hasta Punta Manuel y de 191 Km de altura hacia el noroeste de Punta Nugurne cubriendo un área de 52.000 Km². La zona sur (42-55°S) está dominada por los forzantes superficiales de fuerte viento hacia el polo y alta precipitación durante las tormentas

El mecanismo por el que ocurre intensa surgencia en Punta Lavapié está relacionado con el transporte de Ekman y el incremento de la vorticidad relativa en este sector. En el Golfo de Arauco debido al efecto del viento del tercer cuadrante aparecen aguas frías en la cabeza de éste, produciéndose la surgencia por arrastre directo de aguas someras de vientos del tercer cuadrante canalizados por la orografía local. Este mismo caso se daría en la bahía de Concepción.

Las desviaciones del flujo superficial debido a efectos de la línea costera y plataforma continental, producen frentes, remolinos y filamentos. Los remolinos se producen con mayor frecuencia alrededor de Isla Mocha, Punta Lavapié, Terraza Itata (dentro y fuera), Punta Nugurne, Punta Topocalma y en los filamentos. Los filamentos se presentaron hacia el noreste y hacia el noroeste de la Terraza Itata y hacia el oeste frente al cañón Biobío (Cáceres, 1990).

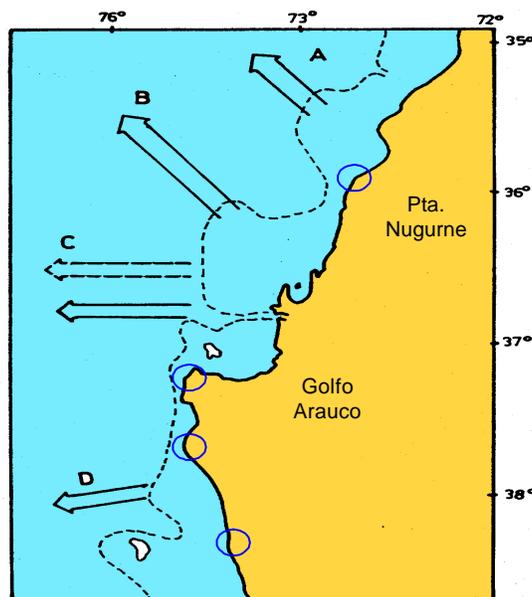


Figura 6. Centros de surgencia en área de Talcahuano.

Incidencia del Fenómeno El Niño

En la zona frente a Coquimbo durante la máxima expresión de El Niño, se produjo un aumento de la componente hacia la costa de la corriente oceánica y en forma menos marcada de la componente costera. Este aumento de la componente este de la corriente podría deberse a un incremento de la presión a lo largo de la costa producto de la mayor advección de aguas cálidas hacia el sur.

La zona norte de Chile es afectada por los cambios que sufre la OS. El viento favorable a la surgencia costera aumentó durante los eventos cálidos (ENOS) de 1976 y 1982. En general el efecto sobre estos vientos está rezagado en promedio seis meses del inicio del evento en el Pacífico ecuatorial central (Hormazábal, 1994).

IV HIDROGRAFIA

a) X región

En el sector del seno Reloncaví y esteros Comau y Reñihue el agua superficial presenta bajos valores de salinidad (27-32 psu) y sigma-t (21 a 24,5) y baja concentración de nutrientes (Fosfato 0,4 a 1,2 μM y nitrato 0-12 μM) y altos valores de oxígeno entre 7 y 8 ml/l y pH entre 7,8 y 8,10 (Silva *et al.*, 1998). Los valores de salinidad encontrados en el seno Reloncaví, Golfo Ancud y Golfo Corcovado indican que en niveles más profundos se encuentra agua de tipo subantártica (Silva *et al.*, 1997).

En la sección del golfo de Ancud, durante octubre de 1995, se presenta un aumento de temperatura superficial hacia el norte. En profundidad una constricción ubicada a los 43°40'S impiden la propagación de la isoterma de 9.5°C hacia el norte y aguas de salinidad mayores de 33.5 psu. A los 200 m de profundidad en el seno de Reloncaví se produce un núcleo de aguas más cálidas y salinidades mayores a 32.5 psu (Sievers y Vega, 1996).

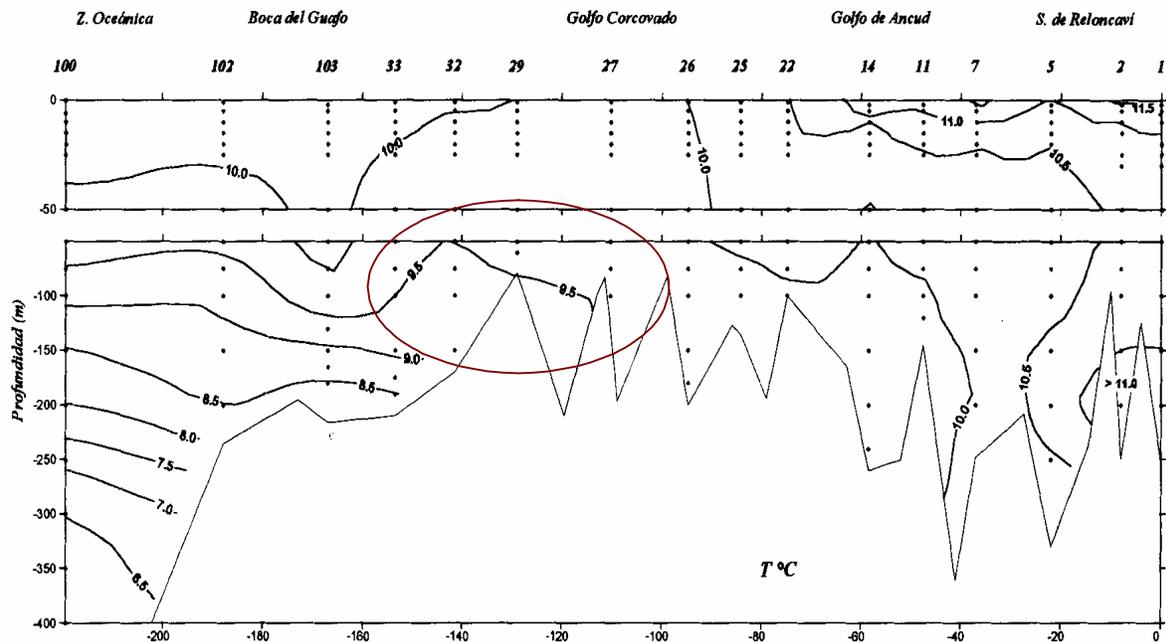


Figura 7. Distribución vertical de temperatura en la zona de la X región

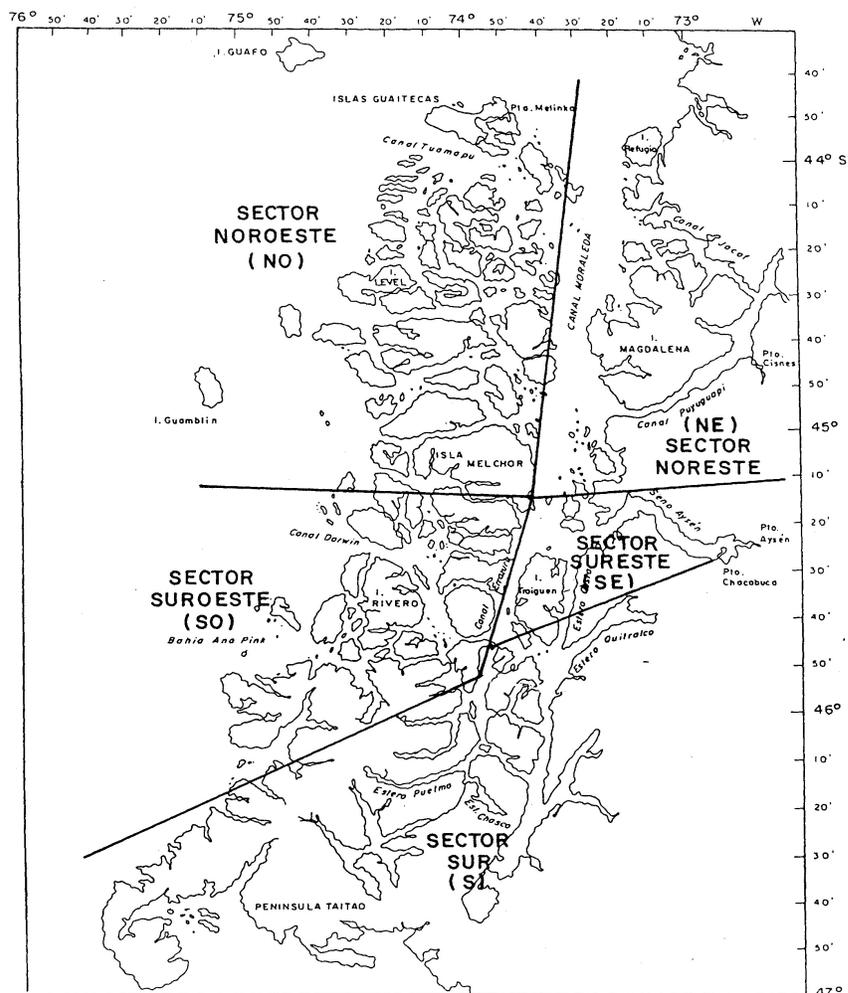


Figura 8. Sectorización según características físico químicas del área.

b) XI y XII región

Siguiendo la clasificación de cinco sectores llamados NO; NE; SO; SE; S (Figura 8) se tienen las siguientes características:

Sector NO: comprende los Canales King, Baeza, Boca del Guafo y Golfo de Corcovado y es una zona de conexión entre el océano y el Canal Moraleda.

Los canales King y Baeza presentan profundidades de hasta 300 m y 200 m respectivamente. La temperatura superficial varió entre 9.7 y 10.3 °C con los mayores valores en la zona central del canal King. La columna de agua se presenta homogénea con valores entre 9.6 y 9.7 °C. La salinidad superficial fluctuó entre 31.7 y 32.5 psu. La salinidad aumentó hacia el fondo hasta alcanzar valores de 32 psu en el canal King y 32.5 en el Baeza. En el sentido horizontal la salinidad disminuyó desde la zona oceánica hacia el canal Moraleda. El oxígeno disuelto superficial fluctuó entre 5.7 y 6.7 ml/l con los mayores valores en la zona oceánica y los menores en el canal Baeza. Desde la superficie hacia el fondo el oxígeno disuelto disminuyó levemente. La concentración de nutrientes en superficie presentó una variación entre 1.0 y 1.6 μM de fosfato y entre 10 y 16 para el nitrato, ubicándose los menores en la zona oceánica. La distribución tanto vertical como horizontal presentó poca fluctuación (Silva *et al.*, 1997).

En el sector de Boca del Guafo y Golfo Corcovado existen una serie de accidentes topográficos submarinos en este sector. La temperatura superficial fluctuó entre 9.9 y 11.7°C con los menores valores hacia el sur. La estructura vertical mostró una capa relativamente homogénea hasta los 75 m de profundidad. La salinidad superficial fluctuó entre 27.8 y 32.8 psu con los menores valores hacia el sector norte y las más altas en el Golfo Corcovado. El oxígeno superficial fluctuó entre 5.9 y 8.3 ml/l, registrándose los menores valores en el golfo de Corcovado. La concentración superficial de nutrientes presentó valores entre 0.2 y 1.6 μM para el fosfato y de 0 a 16 μM para el nitrato, presentándose las concentraciones más altas en el golfo de Corcovado. Bajo la superficie los nutrientes aumentaron rápidamente hasta los 15 a 20 m de profundidad (Silva *et al.*, 1997).

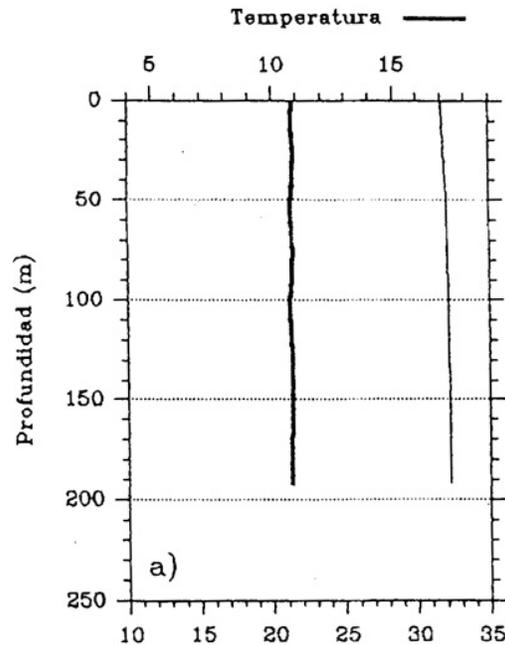


Figura 9. Perfil de temperatura y salinidad para el sector NO

Sector NE: Comprende el canal Jacaf, Puyuguapi y Moraleda.

El canal Jacaf presenta una estructura irregular con bajos en sus entradas (30-60m) y profundidades en el centro de hasta 600m. No tiene grandes ríos desembocando en él. La temperatura superficial fue relativamente homogénea, entre 10.5 y 10.8°C. La salinidad superficial fluctuó entre 16 y 27.1 psu. En la distribución vertical se presentó una fuerte haloclina a los 15 m de profundidad en el medio del canal. La concentración de oxígeno disuelto superficial fluctuó entre 7.3 y 8.1 ml/l, presentándose los menores valores hacia el centro del canal. En la distribución vertical se apreció la formación de una oxiclina a los 15 m de profundidad a lo largo de todo el canal. En profundidad el nivel de oxígeno siguió disminuyendo. Los nutrientes presentaron concentraciones en superficie de 0 a 2.0 μM de nitrato y 0 a 0.3 μM de fosfato. En profundidad (15 m) los valores de nitrato y fosfato aumentaron rápidamente hasta alcanzar valores de 1 a 1.2 μM en fosfato y de 6 a 8 μM en nitrato a lo largo de todo el canal (Silva *et al.*, 1997).

El canal Puyuguapi, en contraste con el Jacaf, recibe una gran cantidad de aportes de agua dulce. No supera los 260 m de profundidad. La temperatura superficial presentó valores entre 10.5 y 12.9 °C, con los mayores valores en la boca. La distribución vertical de temperatura muestra una rápida disminución desde la superficie hasta los 15m desde donde sigue disminuyendo pero en menor medida hasta los 25 m donde se presenta un

mínimo y una inversión de temperatura hasta los 50m desde donde vuelve a disminuir hasta el fondo. La salinidad superficial varió entre 13.3 y 28.6 psu con los mayores valores hacia la boca del canal. Hasta los 30 m de profundidad se produjo un marcado aumento de la salinidad formando una haloclina. El oxígeno disuelto superficial presentó un rango de 7.4 a 8.3 ml/l, con los menores valores en la boca del canal. En su distribución vertical el oxígeno disuelto se presentó relativamente homogéneo disminuyendo a valores cercanos a 5.0 ml/l a los 30 m de profundidad. Los nutrientes presentaron concentraciones superficiales entre 0 y 0.1 μ M de fosfato y 0 μ M de nitrato. Estos valores aumentaron rápidamente desde la superficie a los 20 m donde alcanzaron valores de 1.2 y 12 μ M de fosfato y nitrato respectivamente (Silva *et al.*, 1997).

El canal Moraleda, en su extremo sur presenta una zona de bajas profundidades, alrededor de 50 m, frente a isla Meninea y posee una depresión central con profundidades mayores de 300 m, en la parte norte no superan los 200 m y en la parte sur los 100 m. La temperatura superficial fue disminuyendo desde el sur del canal Moraleda hacia el estero Elefantes. En la distribución vertical se observa el efecto de la constricción Meninea, que provoca que las isotermas menores a 9.5°C se hundan a ambos lados de la constricción (Sievers y Vega, 1996). La salinidad superficial varió entre 21.6 y 32.8 psu. En la boca del canal se presentó un giro en las isolíneas mostrando un frente salino en la capa de los 25 m superiores. En esta zona se produjo un fuerte gradiente vertical. Bajo los 25 m de profundidad la salinidad sigue aumentando pero en forma menos intensa. Entre las cuencas al norte y al sur de la constricción Meninea se presentan los mismos perfiles con la profundidad pero con variaciones en los valores de salinidad (diferencias entre 1.5 y 2 psu). El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 6.2 y 8.6 ml/l, las mayores concentraciones se presentaron en el sector central del canal. Bajo la superficie la concentración disminuyó hasta valores de 6.0 ml/l a los 30 m dando origen a una oxiclina. Hacia la zona oceánica el oxígeno disuelto disminuyó a valores de 4 ml/l a profundidades de 150 m. Entre las cuencas norte y sur separadas por la constricción Meninea se produjo una diferencia de 1.5 ml/l aproximadamente. Los nutrientes superficiales presentaron concentraciones entre 0.2 y 1.3 μ M de fosfato y 0 y 13 μ M para nitrato, ubicándose los menores valores en la zona central del canal. Bajo la superficie los nutrientes aumentaron rápidamente hasta los 25 m donde alcanzaron valores de 1.2 y 12 μ M para fosfato y nitrato respectivamente (Silva *et al.*, 1997).

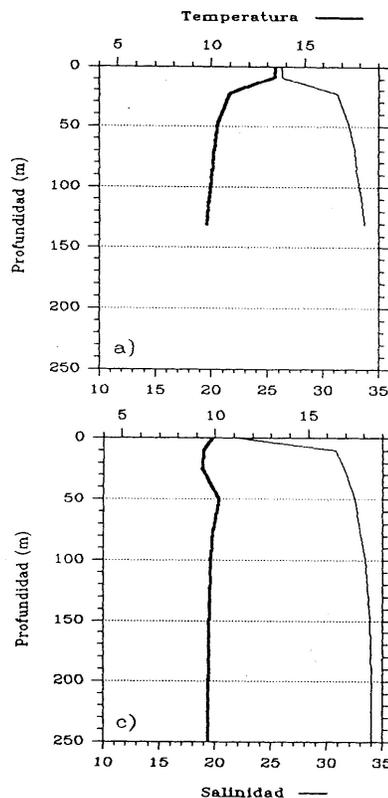


Figura 10. Perfil vertical de temperatura y salinidad para el sector NE

Sector SO: comprende los canales Darwin, Anna Pink, Pulluche y Chacabuco.

El canal Darwin desemboca en el canal Moraleda, es bastante profundo con pocas zonas con menos de 100 m. Existen varios canales que desembocan en él. La temperatura superficial fluctuó entre 9.8 y 10.4 °C. Bajo superficie se produjo una disminución gradual de la temperatura. En el sentido horizontal la temperatura fue aumentando hacia el océano en toda la columna de agua. La salinidad superficial fluctuó entre 27.2 y 32.1 psu con los mayores valores hacia la zona oceánica. La concentración de oxígeno superficial fluctuó entre 6.2 y 6.5 ml/l con las concentraciones menores en el canal y las mayores hacia la zona oceánica. La distribución vertical fue bastante homogénea, en la zona oceánica, en tanto, bajo los 50 m el oxígeno disminuyó rápidamente hasta los 220 m de profundidad a partir de la cual volvió a aumentar hasta alcanzar valores de 5.5 ml/l. Los nutrientes superficiales presentaron valores entre 0.8 y 1.2 μM para el fosfato y entre 8 y 11 μM para el nitrato, ubicándose las menores concentraciones hacia el área oceánica (Silva *et al.*, 1997).

El conjunto de canales formados entre bahía Anna Pink y los canales Pulluche, Chacabuco y Errázuriz tienen profundidades en el extremo oriental de 120 m. El canal Chacabuco presenta bajas profundidades con 40-60 m hacia el norte. Por su parte el canal Errázuriz presenta una profundidad de hasta 200 m en su extremo norte. La temperatura superficial del mar presentó valores entre 9.9 y 10.8 °C, con los valores extremos en el canal Pulluche. Desde la superficie hasta los 25 m la temperatura disminuyó levemente hasta valores de 9.5 °C en las partes más profundas, en tanto en la zona oceánica la temperatura disminuyó hasta valores de 4.8 °C. La salinidad superficial presentó valores entre 27.2 y 31.8 psu con los mayores valores en la zona oceánica disminuyendo hacia el canal Moraleda. Desde la superficie, la salinidad aumentó rápidamente hasta los 25 m. Las concentraciones de oxígeno disuelto en superficie presentó valores entre 6.1 y 8.0 ml/l, con menores valores en el canal Pulluche y las mayores en la boca Wickham. Desde la superficie hasta los 25 m la concentración de oxígeno disminuyó rápidamente. Desde los 25 m el nivel de oxígeno continuó disminuyendo hasta los 200 m donde alcanza el mínimo, ya que a partir de los 250 m la concentración de oxígeno vuelve a aumentar. Los nutrientes en superficie se presentaron entre 0.5 y 1.1 μM para el fosfato y de 0 a 12 μM para el nitrato. Las mayores concentraciones de ambos se presentaron en el canal Errázuriz y Moraleda (Silva *et al.*, 1997).

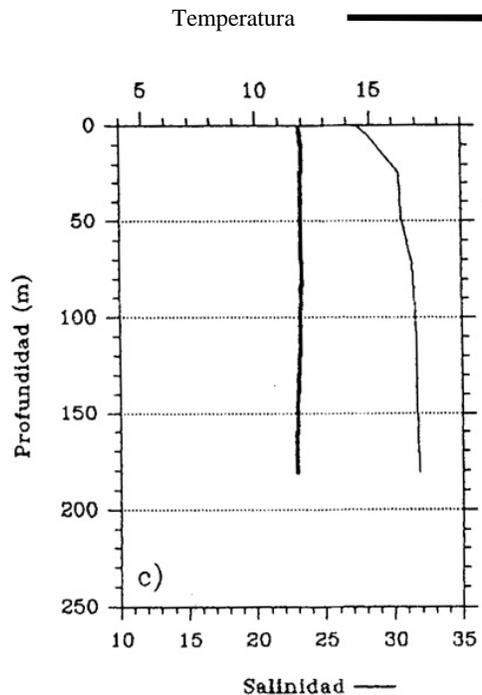


Figura 11. Perfil de temperatura y salinidad para el sector SO

Sector SE: comprende el seno Aysén

El Seno Aysén se conecta por su boca con el canal Moraleda y Costa. En su parte central alcanza profundidades de hasta 300 m. La temperatura superficial presentó un rango entre 8.2 y 11.4 °C, con los mayores valores en el puerto Chacabuco y los menores en la desembocadura del río Aysén. Hasta los 10 m se produce una disminución rápida de la temperatura generando una termoclina. A mayores profundidades la temperatura aumentó hasta alcanzar un máximo en la capa profunda. En el sentido horizontal se produce un gradiente con los mayores valores hacia la cabeza y los menores hacia la boca del seno. La salinidad superficial se presentó entre 0.6 y 27.9 psu con los valores más bajos en la cabeza del seno. La salinidad va aumentando con la profundidad generando una haloclina. El oxígeno disuelto fluctuó entre 6.4 y 8.2 ml/l, presentándose las concentraciones menores hacia la boca del seno y las mayores hacia la cabeza. Hasta los 10 m de profundidad se presentó una drástica disminución hasta los 10 m generando una oxiclina que fue más intensa en la cabeza del seno. Bajo los 10 m el oxígeno disuelto sigue disminuyendo y se produce además un gradiente horizontal en el que las mayores concentraciones se ubican hacia la boca del seno y las mayores hacia la cabeza del mismo. Los nutrientes superficiales fluctuaron entre 0 y 1.3 μM para el fosfato y entre 0 y 12 μM para el nitrato. El gradiente horizontal mostró que los mayores valores de fosfato y nitrato se produjeron hacia la cabeza del seno, en tanto los menores lo hicieron hacia la boca. (Silva *et al.*, 1997).

La disminución del oxígeno disuelto y aumento de los nutrientes hacia la cabeza del fiordo denota la descomposición de materia orgánica en este sector, producto del aporte de material particulado de los ríos que desembocan en ella, asociados a la restringida circulación de la zona profunda (Silva *et al.*, 1999).

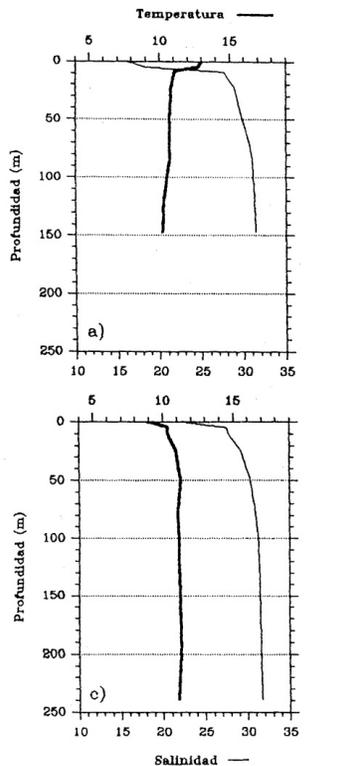


Figura 12. Perfil de temperatura y salinidad para el sector SE.

Sector S: comprende el estero Quitralco y Cupquellán.

Estero Quitralco presenta una profundidad media de 100 m. Hacia la cabeza se observan varias islas e islotes y la profundidad aumenta hasta 250 m dando origen a una cuenca. En el fiordo Quitralco se detectó una lengua de agua fría y salina subsuperficial, que penetra desde el estero Elefantes. El fiordo Cupquellán

presenta distribución de salinidad superficial homogénea debido a que su morfología , de cuenca aislada y profunda permite la mezcla por factores dinámicos como ondas internas de marea (Sievers y Vega, 1996). La temperatura superficial fluctuó entre 10.7 a 12.7 °C con los mayores valores hacia la cabeza del estero. Hasta los primeros 10 a 15 m de profundidad la temperatura disminuye drásticamente generando una termoclina. La salinidad superficial fluctuó entre 17.9 y 26.9 psu con valores menores en la cabeza del estero. En la estructura vertical se observó un rápido aumento de la salinidad hasta los 10 a 20 m generando una haloclina. El oxígeno disuelto en superficie presentó valores entre 6.5 y 7.1 ml/l, con los valores más bajos en la boca del estero. Desde superficie hasta los 15 m el oxígeno disminuyó rápidamente formando una oxiclina. En la cabeza del estero se generó una zona de mínimo contenido de oxígeno a los 25 m, este mínimo fue menos intenso hacia la boca del estero generando un gradiente horizontal. Los nutrientes presentaron una concentración superficial entre 0.1 y 1.2 μM de fosfato y entre 0 y 11 μM de nitrato; los menores valores se presentaron en la cabeza del estero (Silva *et al.*, 1997).

El estero Cupquelán presenta profundidades mayores a 200 m, su boca se conecta al estero Elefantes donde existe un umbral de 25 m y en su cabeza desemboca un río de origen glacial. La temperatura superficial fluctuó entre 8.8 y 10.9 °C. Entre los 10 y 15 m se formó un mínimo subsuperficial para luego aumentar hasta los 75 m donde se formó un máximo relativo, bajo esta profundidad la temperatura volvió a aumentar en forma paulatina. La salinidad superficial fluctuó entre 9.9 y 21.0 psu, con los mayores valores hacia la boca del estero. Hasta los 5 a 10 m de profundidad la salinidad aumentó alcanzando valores de 25 psu. La concentración de oxígeno disuelto superficial fluctuó entre 7.7 y 8.3 ml/l, con los mayores valores hacia el centro del canal. Hasta los 10 m de profundidad la concentración de oxígeno disminuyó rápidamente generando una oxiclina. A mayores profundidades el oxígeno siguió disminuyendo pero en menor proporción, hasta los 50 m donde volvió a aumentar, el mínimo de oxígeno generado fue más intenso en la cabeza del estero. La concentración superficial de nutrientes presentó valores entre 0.1 y 1.1 μM para fosfato y de 0 a 13 μM para nitrato, ubicándose los menores valores hacia el centro del canal. Entre la superficie y 10 m se presentó un fuerte aumento de los nutrientes, alcanzando valores de 0.8 y 12 μM respectivamente. Entre los 50 y 150 m los nutrientes formaron un bolsón de máximas concentraciones que fue más intenso hacia la cabeza del estero (Silva *et al.*, 1997).

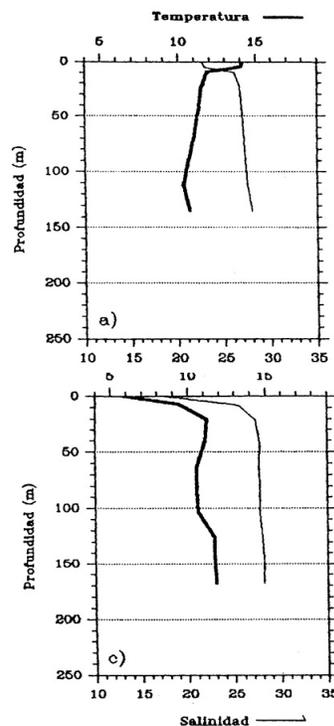


Figura 13. Perfil vertical de temperatura y salinidad para el sector S.

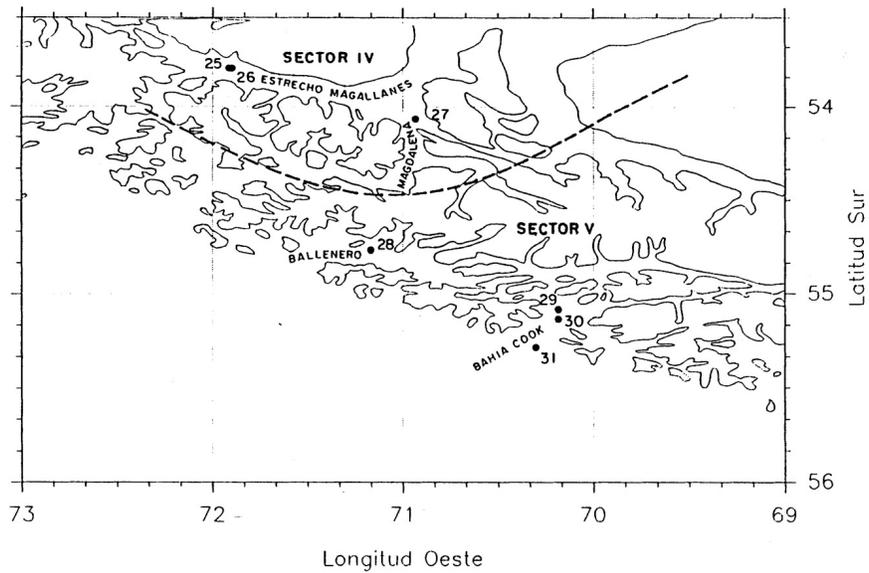
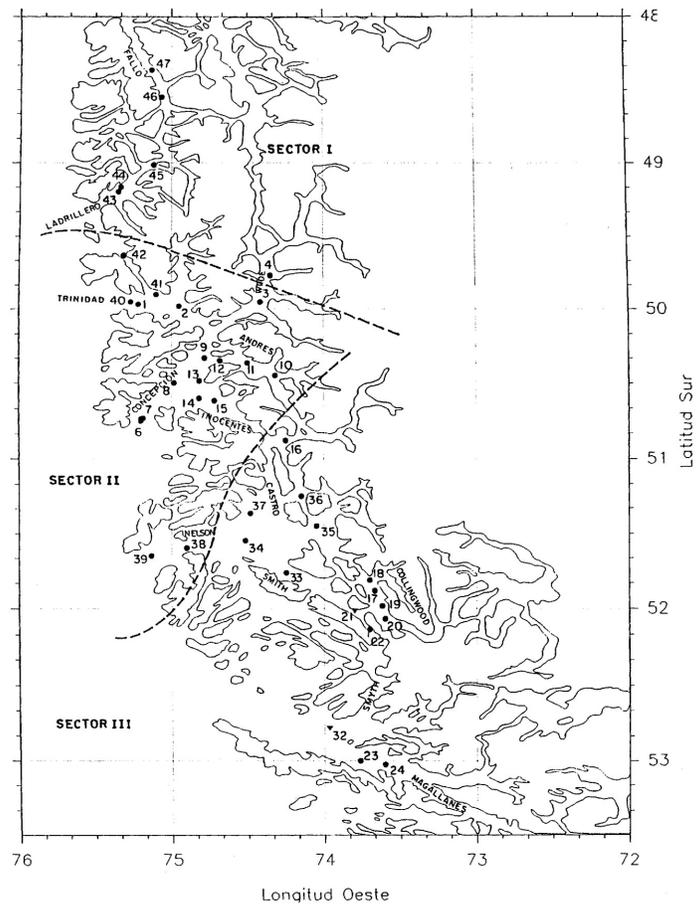


Figura 14. Clasificación en cinco sectores.

Según la clasificación en esta zona se tienen cinco sectores que se muestran en la Figura 14.

Sector I

Durante marzo de 1970, los contenidos de oxígeno encontrados en el canal Baker coinciden con los mínimos detectados para el AESS en el área oceánica, indicando que esta agua traspasa el umbral del golfo de Penas. Temperaturas superiores a 10.6°C se encontraron en la entrada del seno Baker, debido a la entrada de aguas de mayor temperatura desde los canales debido a las corrientes de marea y vientos. Temperaturas similares se encontraron en los esteros Mitchell y Steele, el agua fría que ingresa desde canales de deshielo se calentaría por efecto de la radiación solar de la época estival. La zona que incluye el estero Peel y los senos Iceberg, Eyre y Europa la diferencia entre la temperatura superficial máxima y mínima fue de 3 a 6.5°C. La distribución vertical en esta zona mostró la presencia de máximos y/o mínimos de temperatura a nivel subsuperficial (Guerrero, 2000).

El Canal Messier es el canal con las mayores profundidades, alcanzando en algunos sectores hasta los 1300 m. Si bien se encuentra en el Canal Messier dos barreras topográficas, una frente al Canal Albatros y otra en la Angostura Inglesa de sólo 35 y 20 m respectivamente, que limita el tránsito de agua por el canal en un sentido Norte-Sur, a ambos lados esta barrera y en la cuenca intermedia se encontraron en el fondo salinidades altas (>33 psu) lo que significa que los aportes de aguas exteriores se realizan por ambos extremos del sector.

Se detectó la entrada de aguas oceánicas con características de ASAA y AIAA y remanentes de AESS que penetra a los canales principalmente por el golfo de Penas. En el sector entre el golfo de Penas y el estero Steel no se detectó la presencia de AIAA y AESS (Guerrero, 2000).

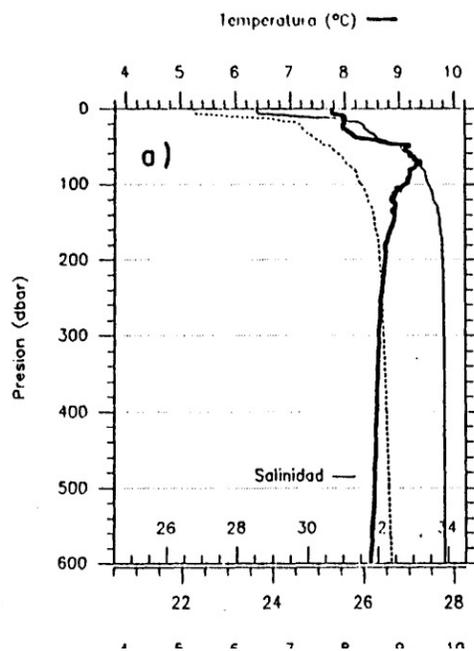


Figura 15. Perfil vertical de temperatura y salinidad en el sector I

Sector II

Comprende el área desde el canal Picton ($49^{\circ}40'S$) hasta el Estrecho Nelson ($51^{\circ}30'S$) este sector presenta valores de salinidad superficial mayores a los encontrados en el sector I pero presenta una temperatura menor. El perfil de temperatura y salinidad típico muestra un aumento de la salinidad hacia el fondo y un gradiente térmico moderado de $1^{\circ}C$ en los primeros 100 m. El máximo térmico se ubica entre los 100 y 200 m de profundidad.

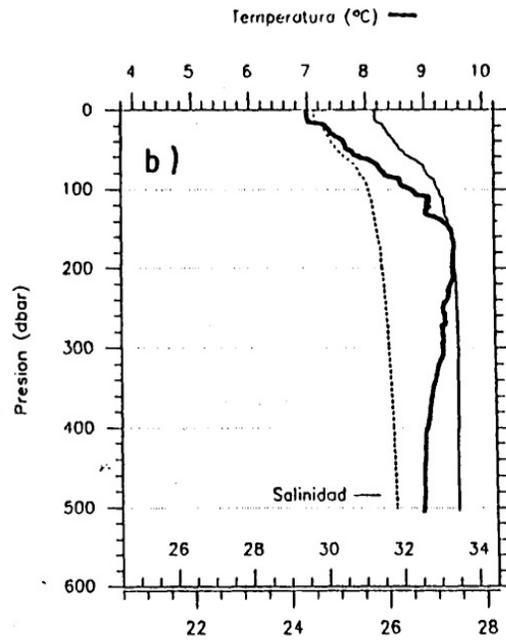


Figura 16. Perfil de temperatura y salinidad en el sector II.

Sector III

Comprende el área desde el canal sarmiento hasta la entrada del estrecho de Magallanes, presenta valores de temperatura superficial relativamente bajos (5 a 6°C) en comparación a los sectores 1, 2 y 4, junto con el sector 5 presentan las estaciones con más bajas temperaturas superficiales de la XII región.

Más al sur la temperatura superficial fluctuó entre 10°C en el seno Otway y <8°C en la cabeza de los canales Swett y Gajardo. En esta zona la distribución vertical de la temperatura se caracterizó por presentar un leve gradiente en los primeros 2 a 10 m. En tanto que a los 20 m se presentó un máximo subsuperficial cuya intensidad es menor que en otros canales ya que el agua que ingresa a esta profundidad ya ha sufrido algún grado de dilución en su paso por diferentes canales (Guerrero, 2000).

El perfil térmico y salino de este sector muestra una fuerte haloclina y termoclina en los primeros 50 m superficiales. Un máximo térmico se presenta entre los 50 y 100 m. La presencia de un fuerte gradiente en temperatura y salinidad en los primeros 50 m de profundidad es la diferencia con respecto al sector 1, que no lo presenta.

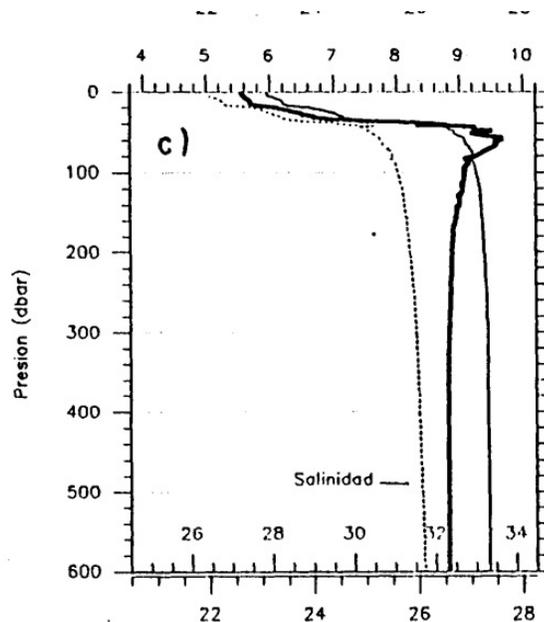


Figura 17. Perfil vertical de temperatura y salinidad en el sector III.

Sector IV

Al sur de los 52,6°S en los canales Swett y Gajardo, parte del estrecho de Magallanes (entre isla Deseado e isla Carlos III) la estructura térmica vertical presenta máximos o mínimos subsuperficiales, con inversiones térmicas moderadas. En algunos sectores, seno Otway y Almirantazgo y el sector del estrecho de Magallanes entre isla Carlos III y bahía Inútil la columna de agua se presentó más homotérmica o con termoclinas débiles bajo la capa homotérmica, lo que se explica por el efecto del calentamiento por radiación solar y la mezcla superficial provocada por el viento (Guerrero, 2000).

En general la columna de agua se presenta homogénea hasta profundidades mayores a 300 a 400 m (Braun 1992, Panella 1991). Los valores de la columna de agua al interior del estrecho de Magallanes corresponde al promedio de los primeros 50 m de profundidad del sector de la boca occidental del estrecho. Esta situación indica un flujo de agua superficial hacia el estrecho (Céspedes, Panella) moderado por el adelgazamiento y poca profundidad del estrecho junto a la isla Carlos III. Si efectivamente este fuera el patrón de circulación, entonces se registrarían fuertes corrientes hacia el interior del estrecho en el sector cercano a la mencionada isla.

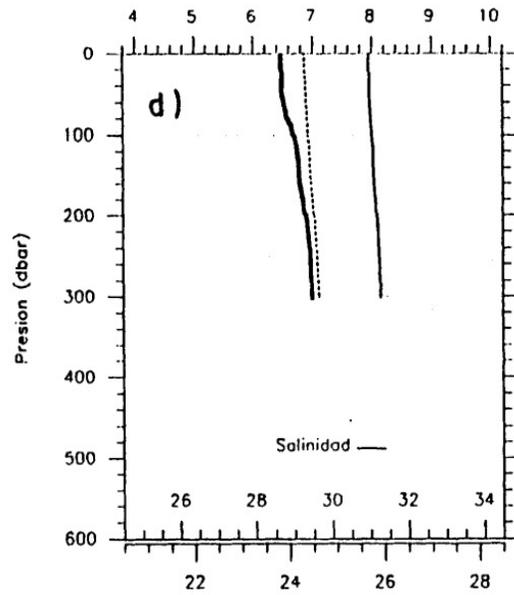


Figura 18. Perfil vertical de temperatura y salinidad en el sector IV.

Sector V

Abarca desde el canal Balleneros a Bahía Cook, registró las temperaturas superficiales más bajas pero las salinidades más altas (> 31 psu). bajo los 100 m de profundidad la salinidad presenta valores cercanos a 32 psu.

La temperatura superficial varió entre 2.2 y 13.5 °C con los mínimos asociados a los canales donde existen deshielos y los máximos en las zonas más alejadas de éstos. En algunos canales se detectaron gradientes horizontales importantes en la zona profunda debido a la existencia de umbrales. Sin embargo, en general no se presentaron gradientes verticales u horizontales de importancia en la zona profunda (Guerrero, 2000).

Los perfiles encontrados son similares a los encontrados en el sector 2 pero con valores menores en temperatura. Cabe recordar que este sector presenta un importante número de glaciares.

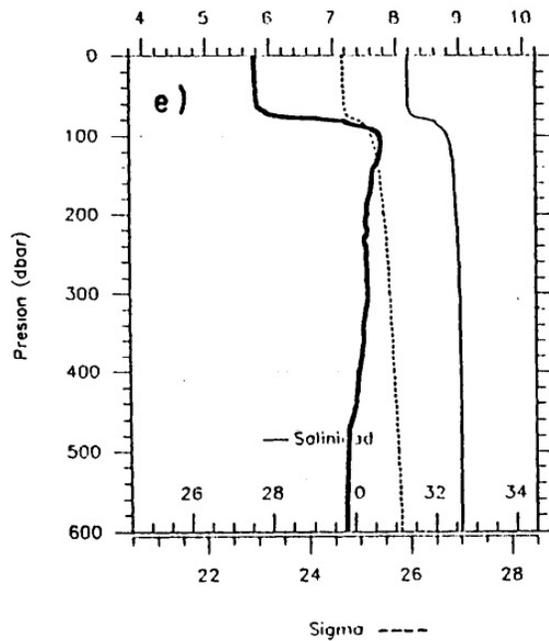


Figura 20. Perfil de temperatura y salinidad en el sector V.

c) Generalidades

Las masas de agua ASAA y AESS penetran en la zona de canales. Esta última alcanza las profundidades dependiendo de la profundidad de los golfos y canales. El ASAA que penetra en forma superficial sufre modificaciones debido a la mezcla con agua dulce (Silva *et al.*, 1998). En la capa profunda, en algunos sectores permite el ingreso de agua con características de ASAA, AIAA y remanentes de AESS, ubicadas en el sector oceánico desde superficie hasta 150 m aproximadamente. En el caso del AIAA por encontrarse a mayores profundidades, ingresará cuando se produzcan fenómenos de surgencia costera que favorecen el ascenso de éstas a niveles más superficiales. El proceso anterior se ve dificultado cuando existen barreras como umbrales o constricciones aislando las cuencas del intercambio de aguas a nivel profundo. Ejemplo de esto son el canal Mesier con un umbral a 20 m aproximadamente y las cuencas ubicadas al norte y sur de la isla Carlos III (Guerrero, 2000).

Las diferencias estacionales en la temperatura superficial del mar dan una diferencia entre 2 y 2.5°C entre primavera y verano, en cuanto a la distribución vertical se observó una mayor diferencia entre superficie y 300 m en verano, comparada con primavera. En la cuenca sur se observó la misma diferencia de temperaturas para ambas estaciones. Para la salinidad la diferencia en la salinidad superficial en la boca del canal Moraleda entre primavera y verano fue mayor que hacia el sur, llegando a ser mínima en el Estero Elefantes. Bajo los 150 m no se apreció una diferencia estacional y las salinidades en primavera y verano superaron los 34 psu hacia el interior del canal Moraleda (Silva *et al.*, 1999).

En general la salinidad superficial se presentó muy variable entre una zona y otra, dependiendo de la proximidad de una fuente de agua dulce o salada y del efecto combinado de las corrientes de marea y viento. La estructura vertical se presentó con una capa homohalina de espesor variable, seguida de una haloclina, similar a la estructura de la cabeza de los canales australes entre Puerto Montt y laguna San Rafael. Estos gradientes verticales fueron más pronunciados en los canales que presentaron hielos flotantes y ventisqueros como son los de la zona de los senos Iceberg, Eyre, Europa, estero Peel y canales Swett y Gajardo. Las aguas superficiales en toda el área de estudio se presentaron bien oxigenadas con concentraciones cercanas o superiores a 100% de saturación. Las concentraciones mínimas se detectaron en el seno Unión (Guerrero, 2000).

La distribución vertical, en general estuvo caracterizada por una disminución en el contenido de oxígeno con la profundidad. La presencia de máximos y/o mínimos subsuperficiales se relaciona con la presencia de AIAA y de remanentes de AEES en la zona oceánica, mientras que en la zona interior estaría asociado al intercambio de gases océano-atmósfera, ingreso de aguas de mayor o menor contenido de oxígeno y procesos biológicos, así como los aportes de materia orgánica y la presencia de umbrales que contribuyen al estancamiento de las aguas (Guerrero, 2000).

Los diversos factores que influyen en las características del agua al interior de fiordos y canales en el caso de la temperatura son: la fluctuación anual de la radiación solar, aporte de aguas de mayor o menor temperatura desde ríos, escurrimiento costero y glaciales. En el caso de la salinidad, los factores que la están afectando son: el aporte de agua dulce desde ríos, escurrimiento costero, pluviosidad y glaciales, la mezcla de agua dulce con salada, la advección subsuperficial de aguas de mayor salinidad de origen oceánico y la mezcla vertical producto del viento. En el caso del oxígeno disuelto los factores que lo afectan están relacionados con procesos biológicos, intercambio gaseoso con la atmósfera, advección de aguas oceánicas con mayor o menor contenido de oxígeno, mezcla vertical producida por el viento. En el caso de los nutrientes está el consumo biológico, el aporte de aguas de ríos (baja concentración de nitrato y fosfato y alta concentración de silicatos), la advección de aguas oceánicas de mayor o menor concentración de nutrientes, la mezcla vertical producida por el viento y la remineralización de materia orgánica. (Silva *et al.*, 1997).

V FITOPLANCTON E ICTIOPLANCTON

a) Fitoplancton

Desde Puerto Montt al Estero Elefantes, las comunidades fitoplanctónicas, por su parte, presentan una sectorización en tres ambientes a) fiordos, esteros y canales, b) área del seno de Reloncaví y golfo de Ancud y c) zona de canal Costa y estero Elefantes (Avaria *et al.*, 1997).

Se observó una notoria disminución de la densidad celular y biomasa algal en el canal Costa y Estero Elefantes respecto a la zona norte del canal Moraleda, esto podría estar relacionado con los cambios en las condiciones oceanográficas producidas a partir de la constricción Meninea (Avaria *et al.*, 1997). Se presentó un amplio predominio de las diatomeas en primavera. La diferencia registrada entre la zona oceánica y el interior de los canales consistió en un predominio de diatomeas de pequeño tamaño (r-estrategas) en el interior de los fiordos, asociadas a una mayor abundancia. En la boca el Guafo y canal Moraleda el microfitoplancton se caracterizó por su alta diversidad, la que fue disminuyendo hacia el interior del seno Aysén. (Avaria *et al.*, 1999).

Los cambios estacionales registrados entre primavera y verano se dan fundamentalmente en la composición de especies y su distribución. En verano el microfitoplancton fue mucho más pobre que en primavera en cuanto a su abundancia celular, aumentando la diversidad de los dinoflagelados durante el verano. En general en la cabeza de los canales se encuentra una baja concentración de células relacionada con la disminución de la temperatura y salinidad y altos niveles de nutrientes (Avaria *et al.*, 1999).

Según la distribución y composición del microfitoplancton en la zona estudiada se determinaron tres ambientes (Avaria *et al.*, 1999)

- Senos y canales interiores: presentaron las más altas concentraciones celulares con variaciones en la composición de especies tanto longitudinal como latitudinalmente. Está constituido por los canales Baker, Eyre, Penguin, Europa y Peel.
- Senos y canales exteriores: caracterizados por presentar la mayor diversidad, con cambios en la composición de especies en los canales Messier y los canales más australes. Está constituido por los canales Concepción Messier, Brazo Norte, Trinidad, Smyth, Picton y Sarmiento.
- Área oceánica: caracterizado por la pobreza fitoplanctónica y mayor frecuencia y diversidad de dinoflagelados.

Durante la primavera de 1996, en general los canales interiores se caracterizaron por registrar las más altas concentraciones celulares, además de gran variabilidad de especies. En el estero Peel la abundancia

fitoplanctónica es fuertemente afectada por el aporte de aguas de deshielo debido a que presenta poco intercambio y renovación de aguas profundas debido al umbral existente en su boca. Debido a la estratificación generada y al gradiente horizontal de densidad se impediría la proliferación fitoplanctónica de primavera (Avaria *et al.*, 1999)

De Magallanes al sur, durante octubre de 1998, en general en las estaciones se evidenció un notorio dominio en abundancia de diatomeas, alcanzando valores de 38.860 cél/l (Muñoz *et al.*, 1999). En un sector más al sur también se detectó que el microfitoplancton se caracterizó por un dominio de diatomeas, sin embargo se apreció mayor abundancia y diversidad de dinoflagelados comparados con las zonas de fiordos más al norte del estrecho de Magallanes (Avaria *et al.*, 1999).

En el sector desde el Estrecho de Magallanes al sur, con respecto a la distribución del microfitoplancton, se pudieron distinguir sólo dos zonas diferenciadas; la primera de fiordos y canales y la segunda correspondiente a una zona oceánica. En esta última se encontraron los valores más bajos de densidad de células (<20.000 cél/l), con una gran diversidad de diatomeas y dinoflagelados. En el área del seno Otway, en tanto, la abundancia celular aumentó en forma considerable (100.000-1.150.000 cél/l) y la diversidad bajó sustentándose en especies de diatomeas pequeñas y de alta tasa de crecimiento (Avaria *et al.*, 1999).

En general la composición cuali y cuantitativa del fitoplancton es similar a la encontrada en fiordos del Estrecho de Magallanes en el mes de octubre (Pizarro *et al.*, 1999).

Entre el Golfo de Penas y Puerto Natales durante agosto y septiembre, la zona presentó un predominio de diatomeas de pequeño tamaño y altas tasas de división. Las mayores concentraciones superficiales se registraron en los fiordos Baker y Peel (>4.000.000 cél/l). Las menores concentraciones se registraron en los fiordos Eyre y Falcon (< 200.000 cél/l). La distribución vertical se presentó con las mayores concentraciones en superficie que en 10 m, las mayores diferencias se presentaron en el canal Baker y estero Peel. A 10 m la abundancia fue muy inferior no superando los 900.000 cél/l, las más bajas se presentaron en el estero Falcon (Vera *et al.*, 1995).

El canal Baker presentó la más baja diversidad, en el seno Eyre la diversidad fue alta en la boca, disminuyendo hacia la cabeza del seno. El estero Falcon presenta concentraciones superiores a 0 m comparada con las de 10 m y la diversidad no varía mayormente en forma horizontal. En tanto el estero Penguin presenta una brusca disminución de la diversidad hacia el interior del fiordo. El estero Europa presenta concentraciones relativamente bajas en superficie, disminuyendo hacia los 10 m. En este caso la diversidad aumenta hacia el interior del fiordo. En el estero Peel la abundancia en superficie es alta y la diversidad va disminuyendo desde la boca hacia la zona media, para luego aumentar en la cabeza del fiordo (Vera *et al.*, 1995).

Los resultados de las mediciones de clorofila-a indican que los valores fluctúan entre 0 mg/m³ en caleta Tortel y 17.5 mg/m³ en el canal Wide. En las zonas adyacentes a los fiordos la fracción del microfitoplancton tiene un significativo aporte a la biomasa total. Lo contrario ocurre en las zonas adyacentes al océano donde el pico y nanofitoplancton son los componentes más importantes de la biomasa fitoplanctónica (Pizarro *et al.*, 2000).

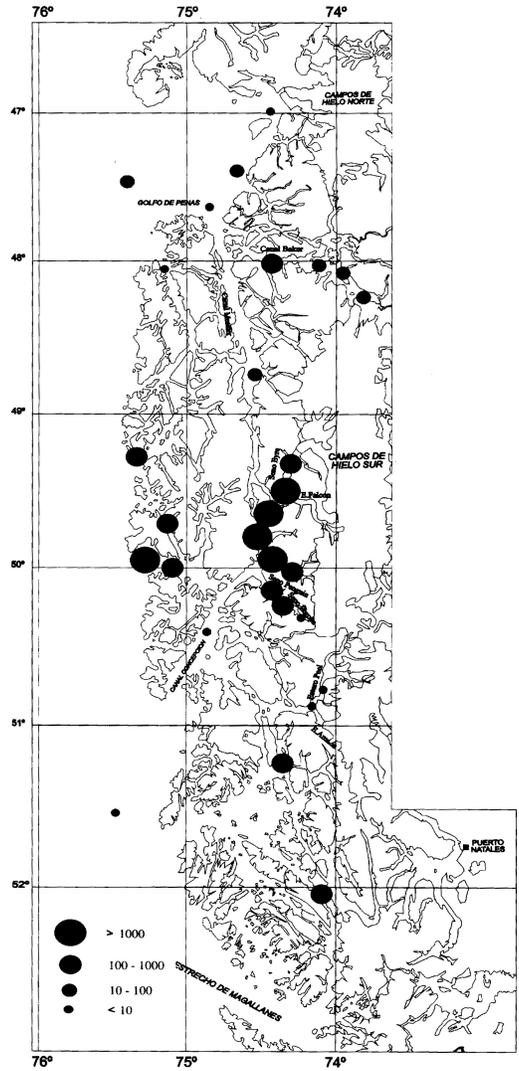
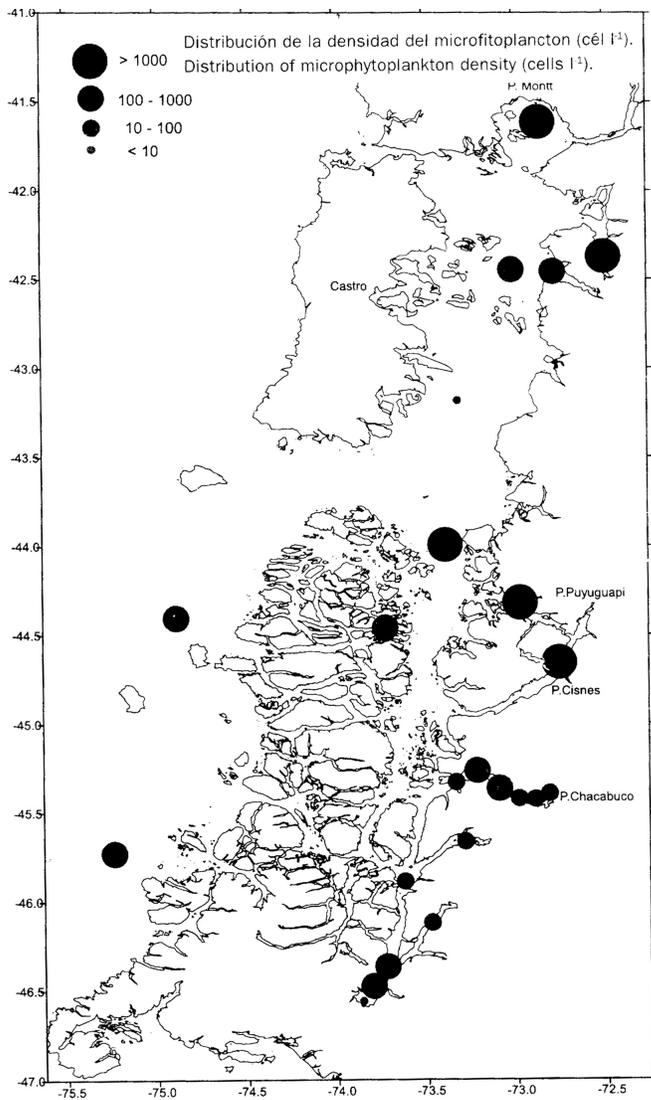


Figura 21. Distribución de abundancia de microfitoplancton desde la X a XII región.

b) Clorofila

Durante la primavera en el sector entre Golfo de Penas hasta Estrecho de Magallanes las concentraciones de clorofila-a fluctuaron entre 0.04 y 13.45 mg/m³, siendo los valores menores a 1 mg/m³ los predominantes en la mayor parte de las estaciones. Concentraciones superiores fueron observadas en el canal Smyth, escape, Trinidad, Penguin y seno Eyre. Según el fraccionamiento de la clorofila, la contribución del picofitoplancton fue de 19%, del nanofitoplancton del 27% y del microfitoplancton de 53%. En cuanto a la distribución vertical, la clorofila total fue mayor a los 10 m que en superficie (Pizarro *et al.*, 1996) Se vio que las altas concentraciones de clorofila a dependen de la concentración de nutrientes y de bajas temperaturas y capas de mezcla profundas. La estabilidad es un factor que influye en la distribución de la biomasa superficial. Los altos coeficientes de extinción de la luz en estos sistemas de fiordos, limitan la producción fitoplanctónica bajo los 15 m de profundidad (Pizarro *et al.*, 2000). La distribución de clorofila se observó que en la cabeza de los canales, al igual que los sectores con influencia oceánica o canales correntosos presentan concentraciones bajas de clorofila (<1.5 mg/m³). En tanto las zonas de la boca de los fiordos y el interior de los canales presentan los valores más altos (hasta 15 mg/m³) (Pizarro *et al.*, 1999).

En los sectores hacia el sur, durante observaciones realizadas en primavera los altos valores de clorofila se registran en los primeros 10 m, los que disminuyen drásticamente bajo los 20 m de profundidad. Este patrón concuerda con lo observado en la distribución de fitoplancton. Las bajas concentraciones de nutrientes (nitrato) en los primeros 10 m coincide con los máximos de clorofila en esta capa (Pizarro *et al.*, 1995). Los mayores valores de clorofila en los 20 m superficiales se encontraron en la boca del seno Almirantazgo. En las estaciones oceánicas se encontraron los valores mínimos de clorofila (Muñoz *et al.*, 1999). En la zona del canal Beagle se presentó una alta masa pigmentaria con valores entre 1.5 y 3.6 µg/l entre 5 y 20 m de profundidad. En el sector que se comunica directamente con el Pacífico se encontró baja producción, al igual que el sector que se comunica con el cabo de Hornos. En la zona de los canales de la salida occidental del Estrecho de Magallanes se caracterizó por la baja concentración de clorofila en toda la columna de agua. Los canales Almirantazgo y Otway se caracterizaron por su alta producción con valores mayores a 4 µg/l, con las zonas más productivas en los primeros 40 m. En la cuenca central del estrecho se produce, en horas determinadas del día, las condiciones ideales para la formación de un núcleo subsuperficial de alta concentración de clorofila entre 20 y 60 m. Por efecto de las corrientes de marea después de seis horas este núcleo tiende a desaparecer (Ramírez y Pizarro, 1999).

b) Ictioplancton

La mayor diversidad se encontró en el canal Puyuguapi, en tanto la mayor abundancia de larvas se encontró en el seno de Reloncaví, canal Moraleda, seno Aysén y canal Puyuguapi. La merluza del sur (*Merluccius australis*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) presentaron alta frecuencia de ocurrencia, sin embargo no se encontró su presencia en aguas exteriores. En el interior de los canales se observó una disminución del número de larvas hacia la cabeza del fiordo, observándose el caso contrario en la merluza del sur (Balbontín y Bernal, 1996).

Se observó una baja riqueza de especies, las más abundantes fueron la sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) y la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Con una abundancia menor se presentó la merluza del sur (*Merluccius australis*) con un promedio de 19 larvas, en oposición a las 100.1 y 69.5 de las especies mencionadas anteriormente. Los principales focos de desove fueron el área Falso Cabo de Hornos, boca occidental del estrecho de Magallanes. En los sectores de la boca oriental y el canal Ancho del estrecho de Magallanes no se detectaron huevos ni larvas. En las zonas de bahía Inútil y Parry, isla Cable, canal Ballenero y en la cabeza del seno Otway sólo se recolectaron huevos (ausencia de larvas de peces) (Balbontín y Bernal, 1999).

En este caso no se pudo relacionar la presencia o ausencia de larvas en alguno de los canales y fiordos con la estructura térmica y salina de la columna de agua. Esto debido probablemente al efecto de diversos factores como el transporte, determinado a su vez por la topografía de fondo, flujos de marea; además de adaptaciones de las larvas para permanecer en el sector de crianza como la migración vertical inducida por la detección de corrientes de marea o cambios físico-químicos en la columna de agua. Se detectó la presencia de merluza del

sur (*Muerluccius australis*) y de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) con una abundancia menor que la detectada en una zona más al norte desde seno de Reloncaví hasta estero Elefantes (Bernal y Balbontín, 1999).

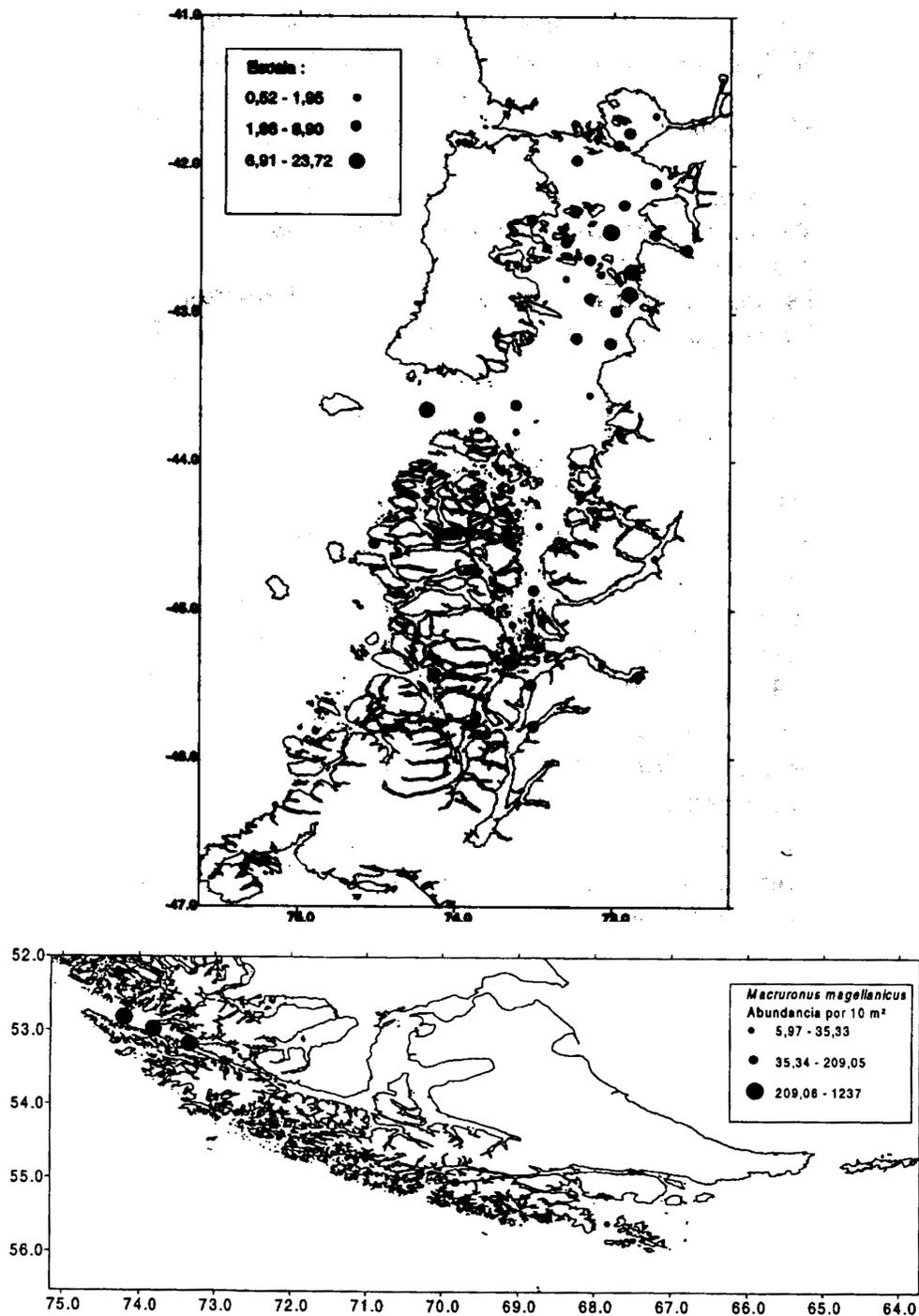


Figura 22. Distribución de abundancia de merluza de cola.

REFERENCIAS

- Avaria, S., D. Cassis, P. Muñoz y P. Vera. 1997. Distribución del Microfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en octubre de 1995 (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 20:107-123.
- Avaria, S., D. Cassis, P. Muñoz y P. Vera. 1997. Distribución de microfitoplancton marino en aguas interiores del sur de Chile en octubre de 1995. (Crucero Cimar Fiordo I). *Cienc. Tecnol. Mar*, 20: 107-124.
- Bakun, A. and C. Nelson. 1991. The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 1815-1834.
- Balbontín, F. Y R. Bernal. 1996. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona sur austral de Chile. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO 1. Resúmenes ampliados, 91-94.
- Balbontín, F. y R. Bernal. 1997. Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar*, 20: 155-163.
- Bernal, R. y F. Balbontín. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y Estrecho de Magallanes y factores ambientales asociados. *Cienc. Tecnol. Mar*, 22:143-154.
- Braun, M. 1992. Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII región. Informe técnico IFOP – SUBPESCA. 82 pp. (+ anexos).
- Cáceres, M. 1990. Variabilidad espacial y temporal de la temperatura superficial del mar frente a Concepción, Chile Central, usando percepción remota. Tesis presentada a la Escuela de Graduados de la Universidad de Concepción para optar al grado de Magister en Ciencias Mención Oceanografía. Pp 90.
- Fierro, J., M. Bravo y M. Castillo. 2000. Caracterización del régimen de mareas y corrientes a lo largo del Canal Moraleda (43°54'S-45°17'S). *Cienc. Tecnol. Mar*, 23:3-14.
- Guerrero, Y 200. Distribución de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas interiores de la zona de canales australes entre Golfo de Penas y Seno Almirantazgo. Tesis para optar al título de oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso. 58 pág. (más figuras).
- Hormazábal, S. 1994. Características de la circulación oceánica y costera frente a Coquimbo Chile (30°S). Tesis para optar al título de Oceanógrafo, Universidad Católica de Valparaíso, 131 pp.
- Leth, Ole. 2000. Ocean Circulation in the Eastern South Pacific: an observational and numerical modelling study. tesis Ph. D. Niels Bohr Institute for astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen.
- Müller, E. y D. Figueroa. 1996. Distribución espacial y estacional del esfuerzo del viento sobre el mar frente a Chile continental, usando datos de barco. *Cienc. Tec. Mar.*, 19:7-17.
- Muñoz, V., M. Olmedo, V. Chacón, V. Montecinos y G. Pizarro. 1999. Productividad primaria, biomasa total-fraccionada y composición fitoplanctónica al sur de Iso 52°S. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO III, 63-67.
- Panella, S., A. Michellato, R. Perdicaro, G. Magazzú, F. Decembrini & P. Scarazzato. 1991. A preliminary contribution to understanding the hidrological characteristics of the Strait of Magellan: Austral spring 1989. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 9 (2-3):107-126.
- Pizarro, G, L. Guzmán, C. Alarcón y M. Frangópulos. 1995. Aspectos ecológicos de la distribución espacial de comunidades planctónicas en sistemas de fiordos y canales patagónicos. Informe de Crucero.

Crucero de Investigación científica marina a los fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. Pp122.

- Pizarro, G., H. Pacheco, M. Frangópulos, A. Kusch, J. Iriarte, V. Montecinos, J. Osses y L. Guzmán. 1996. Segregación Latitudinal del fitoplancton en sistemas de fiordos (48°-52°S): composición específica, biomasa total-fraccionada y productividad primaria. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO II, Resúmenes Ampliados, 57-63.
- Pizarro, G., J. Iriarte, V. Montecinos, J. Blanco y L. Guzmán. 2000. Distribución de la biomasa fitoplanctónica y productividad primaria máxima de fiordos y canales australes (47°-50°S) en octubre de 1996. *Cienc. Tecnol. Mar*, 23:25-48.
- Pizarro, G., L. Retamal, V. Muñoz, V. Chacón, V. Montecinos y M. Olmedo. 1999. Variabilidad de la productividad primaria, biomasa total-fraccionada y composición fitoplanctónica en el sistema de canales entre Golfo el Corcovado y laguna San Rafael. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO IV, Resúmenes Ampliados, 52-56.
- Ramírez, B y M. Pizarro. 1999. Distribución cuantitativa de la clorofila en las poblaciones fitoplanctónicas y su relación con los mecanismos oceanográficos que regulan su heterogeneidad espacial en la zona comprendida entre el estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO III, 60-62.
- S.H.O.A. 1994. Atlas Oceanográfico para la Educación. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 129 pp.
- Salinas, S. Y S. Hormazábal. 1996. Circulación en la constricción Meninea, canal Moraleda, 45°15'S. Resúmenes ampliados Crucero CIMAR-FIORDO 1, 21-22.
- Salinas, S., M. Contreras y J. Fierro. 1999. Propagación de la onda de marea en el Estrecho de Magallanes. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO III, Resúmenes Ampliados, 21-26.
- Sievers, H. Y A. Vega. 1996. Distribución de temperatura, salinidad u densidad entre Puerto Montt y la Laguna San Rafael. Resultados Crucero CIMAR-FIORDO 1. Resúmenes ampliados, 28-37.
- Silva, N., C. Calvete y H. Sievers. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y Laguna San Rafael, Chile (Crucero CIMAR-FIORDO 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 21:17-48.
- Silva, N , C Calvete y H Sievers.1997. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y Laguna San Rafael, Chile (Crucero CIMAR Fiordo 1): revista Ciencia y Tecnol. Mar, Chile 20:23-106.
- Silva, N., H. Sievers y R. Prado. 1995. Características oceanográficas y una proposición de circulación, para algunos canales australes de Chile entre 41°20'S y 46°40'S. *Rev. Biol. Mar.*, 30 (2):207-254.
- Strub, T., J. Mesias, V. Montecinos, J. Rutllant y S. Salinas. 1998. Coastal Ocean Circulation off western South America. En . *The Sea*, vol II, cap 10. A. Robinson and Kenneth H. Brink Editores. John Wiley & Sons. Inc.
- Vera, P., S. Avaria y P. Muñoz. 1995. Composición y distribución del fitoplancton de los fiordos adyacentes a Campos de Hielo Sur. Informe de Crucero. Crucero de Investigación científica marina a los fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur. Pp122.

DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERÍA, CPUE, BIOLOGÍA, MIGRACIÓN EN LA MERLUZA DE COLA EN LA ZONA SUR AUSTRAL DE CHILE.

Renato Céspedes M. y Luis Adasme M.
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso.

INTRODUCCION

Merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907) es una especie demersal-pelágica ampliamente distribuida tanto en el Atlántico sudoccidental como en el Pacífico sudoriental, circunda el cono sur de América desde la latitud 34° S en Argentina hasta la latitud 33° S en Chile. En la zona sur austral de Chile esta especie se encuentra presente tanto en aguas exteriores, como en los esteros, fiordos y canales del mar interior, siendo el recurso íctico de mayor abundancia dentro de la pesquería demersal sur austral de Chile. Habita entre los 20 y 700 m de profundidad. Los juveniles de esta especie se concentran entre los 30 y 250 m y los adultos se distribuyen en todo el intervalo con una mayor concentración entre los 150 y 350 m.

La pesquería de merluza de cola esta asociada a dos pesquerías, una demersal que desde 1976 a la fecha se vincula con la pesquería demersal sur austral (PDA) de merluza del sur (*Merluccius australis*), y otra pelágica principalmente en la VIII Región asociada a la pesquería cerquera del jurel. Históricamente en la PDA, merluza de cola ha sido capturada como pesca incidental por la flota arrastrera fábrica dirigida a merluza del sur desembarcando alrededor de 20 mil t; no obstante en los últimos años ha incrementado el interés como recurso alternativo respecto de merluza del sur, pasando a ser regulado por cuotas anuales de capturas subdividida por armador y áreas administrativas.

Este trabajo sintetiza la información histórica de la pesquería, los indicadores biológicos y pesqueros; además propone los patrones migratorios de esta especie basados en la información de la pesquería demersal sur austral.

METODOLOGÍA

El trabajo se basó principalmente en información generada de los proyectos de monitoreo de la pesquería demersal sur austral (PDA) ejecutados por Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Esta fuente de datos consiste básicamente en información histórica y georeferenciada de la actividad operacional de los buques arrastreros fábrica (flota industrial) (captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo cpue) e información biológica de las capturas, como por ejemplo talla y condición reproductiva. La información operacional de la flota industrial proviene de información histórica (1978 – 2000) de las bitácoras de pesca registradas por cada buque entre los paralelos 41° y 57° L.S.. Entre los datos relevantes está la posición de los lances de pesca, horas de arrastre, y captura por especie. Mientras, la información biológica proviene de muestreos realizados a la captura de los lances de pesca a bordo de los buques industriales.

En el presente estudio se ha realizado un análisis sobre la base histórica de información biológica pesquera, con objeto de caracterizar, dilucidar y plantear hipótesis sobre los procesos bio-pesqueros en merluza de cola. Antecedentes que se suman a los resultados descritos en estudios realizados por IFOP dirigidos a merluza de cola, como por ejemplo evaluaciones directas del stock, junto con información descrita en otros trabajos científicos.

RESULTADOS

Descripción de la pesquería

La pesquería de merluza de cola esta asociada a dos pesquerías, una demersal que desde 1976 a la fecha se vincula con la pesquería demersal sur austral (PDA, 41° - 57° L.S.) de merluza del sur, y la pesquería pelágica en la zona centro sur de Chile (33° y 41° L.S.) asociada a la flota de cerco que principalmente captura jurel (Aguayo *et al.* 1995, Céspedes *et al.* 1998, 1999, 2000, 2001; Aranís *et al.* 2000, 2001). La pesquería de cerco llegó a desembarcar 360 mil t (Fig. 1). Mientras, la PDA en donde opera una flota arrastrera (hielera y fábrica), una flota espinelera (hielera y fábrica) y otra flota artesanal (espinel) desembarca alrededor de 20 mil t. Esta última pesquería la flota arrastrera fábrica aporta el 90% del desembarque.

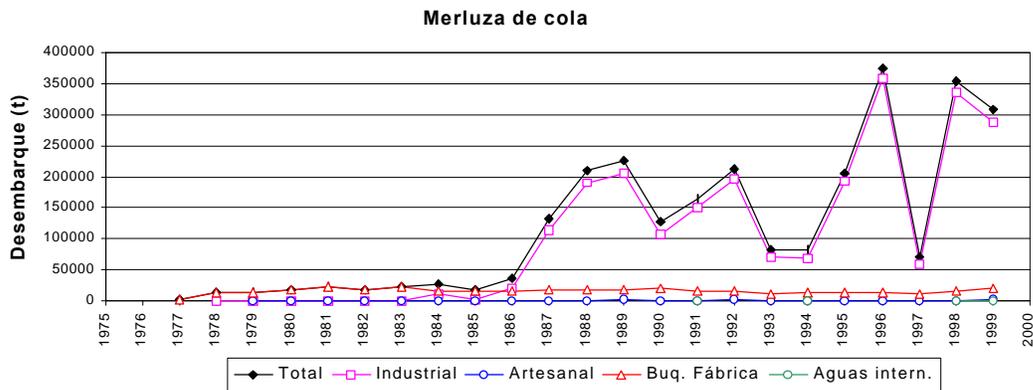


Fig. 1 Distribución de desembarque total país de merluza de cola por tipo de procedencia. Fuente SERNAPESCA.

Históricamente en la PDA merluza de cola ha sido capturada como pesca incidental por la flota arrastrera fábrica. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una mayor intencionalidad de pesca a merluza de cola producto de mejoramiento del mercado y dado que es un interesante recurso alternativo respecto de merluza del sur. Por otro lado, la flota arrastrera fábrica se ha reducido de 12 buques entre 1980 y 1991 a 3 buques entre 1996 a la fecha (Fig. 2). El retiro de buques en la pesquería se debió a la caída de los rendimientos de pesca de merluza del sur.

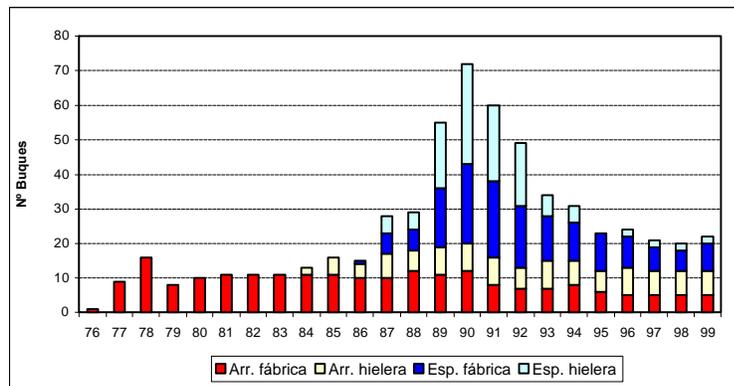


Fig. 2 Número de buques por flota y total de la pesquería demersal sur austral (PDA), entre 1976 y 1999 (no incluye los buques dirigidos a bacalao de profundidad). Fuente IFOP (los datos de 1999 son preliminares).

No obstante, los niveles capturas se han mantenido estables en aproximadamente 20.000 t anuales, y espacialmente las mayores capturas provienen entre los paralelos 47° -57° S aguas exteriores, denominada zona sur exterior. Sin embargo, las cifras de capturas estarían subestimadas producto de los descartes, realizadas principalmente por buques fábricas sin proceso de harina o en el caso que las plantas de harina a bordo de los buques se encontraban saturada con materia prima.

Esta especie presenta marcadas estacionalidades en las capturas y rendimientos de pesca (cpue) en la flota arrastrera fábrica, los máximos en la zona sur exterior se concentran en el segundo trimestre, trasladándose la captura en el tercer trimestre a los paralelos 44° - 47° S aguas exteriores, denominada zona norte exterior, asociado al periodo de concentración reproductiva de este recurso.

Un análisis histórico de la captura y rendimientos de pesca (cpue nominal) de merluza de cola en la zona sur austral (PDA) mostró que se registraron importantes capturas y rendimientos de pesca de esta especie proveniente principalmente de barcos con planta de harina de pescado, e incluso dentro de dichos buques se resalta la operación dos buques relacionados con un solo armador (Fig. 3). En cambio, la estadística de captura de merluza de cola

proveniente de la flota arrastrera fábrica sin planta de proceso de harina podría contener sesgo por descarte. En este sentido, en la búsqueda de índices de abundancias relativos con los menores sesgos posibles se sugiere analizar el comportamiento de la cpue de dichos buques, aspecto que podría dilucidar otros factores, como son los cambios tecnológicos en las redes empleadas.

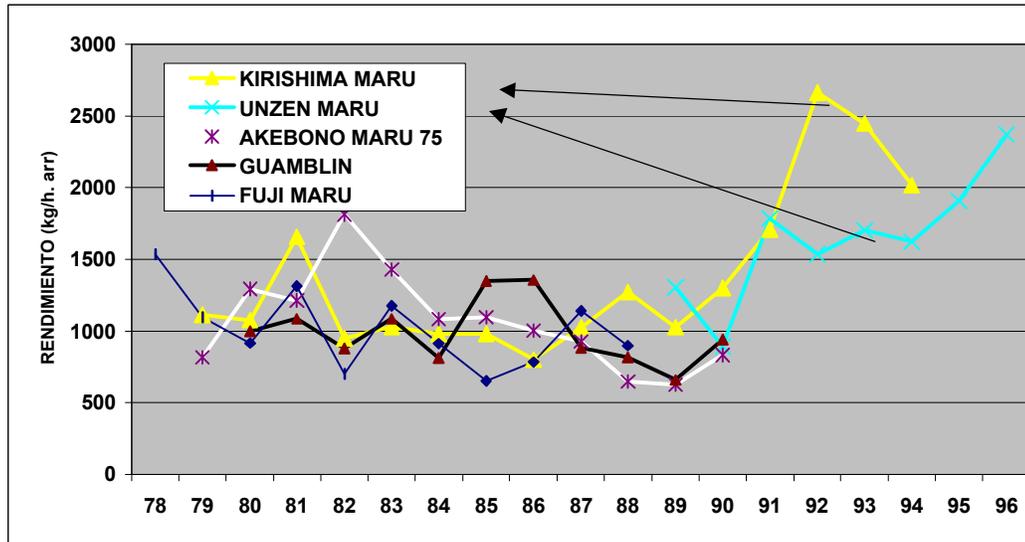


Fig. 3 Distribución del rendimiento de pesca de merluza de cola 5 buques arrastreros fábricas que han operado históricamente en la pesquería demersal sur austral (1978 – 1996).

Análisis biológico de las capturas

Las estructuras de tallas de las capturas de merluza de cola en la pesquería demersal sur austral son principalmente sobre fracciones adultas de la población (Fig. 4, Céspedes *et al.*, 2001). En cambio, la flota cerquera que opera en la zona centro sur de Chile tiene una marcada estacionalidad de la captura en el cuarto trimestre, pero principalmente de ejemplares juveniles (Aranis *et al.*, 2001). Estos antecedentes han sugerido una segregación espacial entre la fracción adulta y juvenil, junto a antecedentes de patrones de desplazamiento y gradiente latitudinal de la estructura de talla en sentido que a latitudes menores de los 47° S aumenta la proporción de ejemplares juveniles (menores de 55 cm), mientras en sentido sur aumenta la fracción adulta (Lillo *et al.*, 1997, 2000), asociado a posibles patrones migratorios.

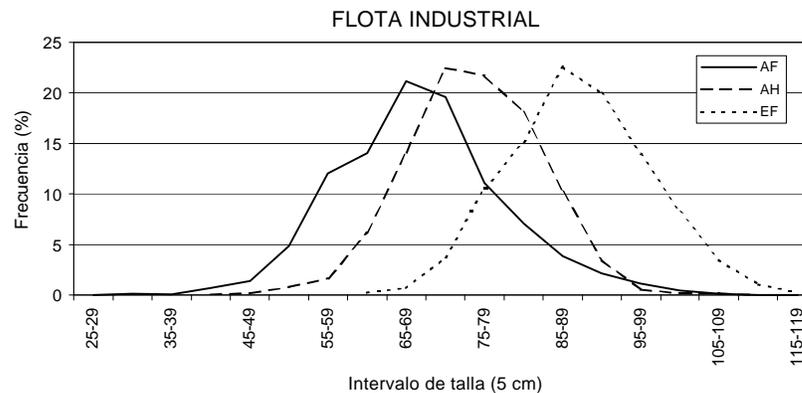


Fig. 4 Distribución de la estructura de talla de la captura de merluza de cola en la flota industrial (AF arrastrero fábrica; AH arrastrera hielera; y EF espinelera fábrica) del año 1999.

Los adultos de esta especie en la zona sur austral muestran un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez plena en julio, para culminar con un período corto de desove durante los meses de julio y agosto con un desove de tipo sincrónico (Fig. 5, Céspedes et al. 2001; Lillo et al. 1997). La principal área de desove se ha identificado aproximadamente entre los 43° y 48° en aguas exteriores. No obstante, se postula que en aguas argentinas también habría un área de desove, pero no se ha confirmado (com. pers. Dr. Otto Whöler, Argentina). Según análisis microscópicos la talla de primera madurez sexual en hembras es de 54 cm y según análisis macroscópico se ha estimado 55 cm.

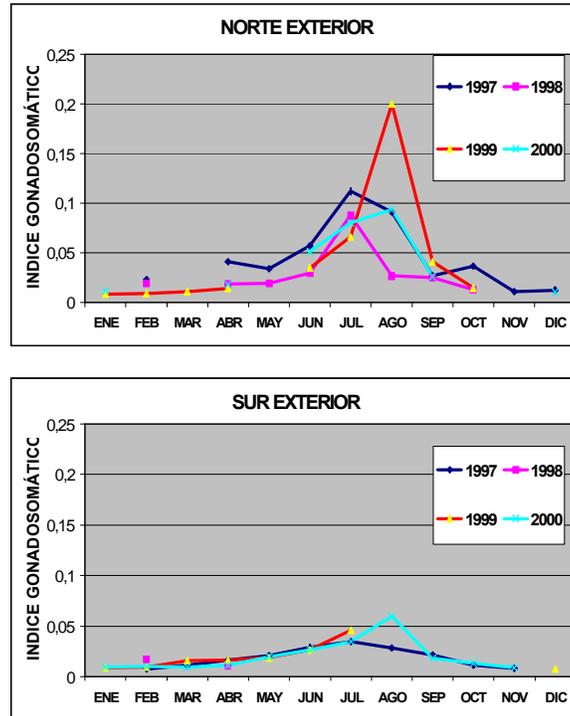


Fig.. 5 Distribución del Índice Gonadosomático (peso gónada/ peso total) mensual de las hembras de merluza de cola en la flota industrial para la zona norte (41° - 47° S) y sur (47° - 57° S) exterior, entre 1997 y 2000.

Por otro lado, en esta especie presenta se ha registrado un alto grado de canibalismo (Pool et al, 1997), lo que podría explicar la segregación espacial entre juveniles y adultos. Entre las principales presas requeridas por esta especie varían desde peces (como merluza de cola, merluza de tres aletas y pejeratas), a crustáceos menores (eufausidos y camarones), y calamar. No obstante, es importante señalar que merluza de cola es la principal presa de merluza del sur, predador que consume preferentemente merluzas de cola de tallas juveniles.

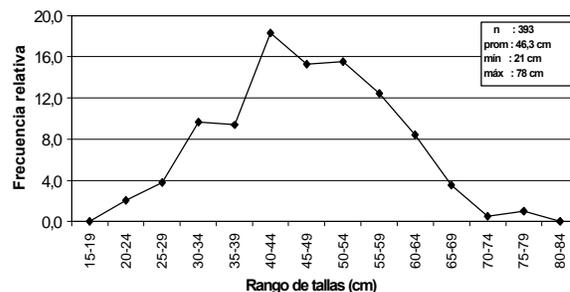


Fig.. 5 Distribución de talla de merluza de cola consumida por merluza del sur en la zona norte exterior (41° - 47° S) en agosto del 2000.

Migración

Los antecedentes de la PDA y los escasos estudios dirigidos a merluza de cola en Chile solo permiten sugerir hipótesis de los patrones migratorios, comportamiento y distribución estacional de esta especie (Fig. 6). En este sentido, se ha sugerido que el stock explotado en la zona sur austral de Chile se uniría a la fracción de la población explotada en aguas Atlánticas, en la plataforma Argentina; además, la distribución espacial y patrones migratorios estarían asociados a procesos de reproducción, alimentación y refugio

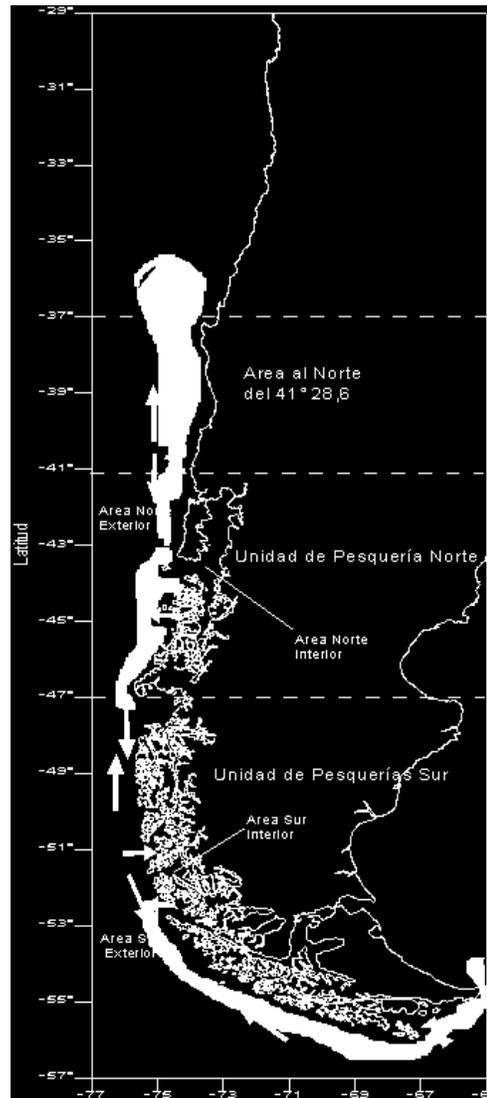


Fig.. 6 Distribución de los patrones de migración sugeridos para merluza de cola en aguas chilenas, basados principalmente en información de la pesquería sur austral.

Luego, considerando los antecedentes disponibles (pesqueros y biológicos) se postula el siguiente patrón migratorio: los ejemplares adultos tendrían desplazamientos entre julio y septiembre hacia el principal foco de desove, entre los 43° y 48° S. en aguas exteriores; sugiriéndose otro foco de desove en aguas argentinas por el extremo sur; mientras los ejemplares juveniles se desplazan latitudinalmente hacia el norte (frente a las costas de la VIII Región, entre los 35° y 39° S) en primavera, hacia áreas de alimentación y refugio; también habría un desplazamiento de ejemplares juveniles por el extremo sur hacia los meses de verano y otoño; que podría estar asociado flujos de peces entre aguas chilenas y argentinas.

DISCUSIÓN

Estudios dirigidos a merluza de cola para dilucidar los patrones y procesos biológicos que se perciben de la información de las capturas son escasos; quedando muchas de las fases del ciclo de vida en el plano de hipótesis. Por otro lado, se requiere buscar un mejor índice de abundancia relativa de la información de la pesquería, disminuyendo el sesgo por descarte. Esto adquiere importancia dado el creciente interés en los últimos años en dirigir esfuerzo de pesca hacia este recurso que está bajo regulación de cuotas de capturas anuales, y que abastece de materia prima a mercados de consumo humano (filete congelado) y consumo animal (harina); en donde existe una pesquería de arrastre de congeladores y fresqueros para el primer mercado; y una numerosa flota cerquera con alto poder de pesca para la industria reductora en tierra; pero esta última capturando principalmente ejemplares juveniles de la población. Por otro lado, la información permite plantear la hipótesis de interacción tecnológica por el extremo austral entre la flota de arrastrera chilena y Argentina; es decir ambas pesquerías aportan mortalidad por pesca sobre fracciones de la población de merluza de cola; aspecto que también requiere ser dilucidado, con objeto de mejorar la evaluación y estado del recurso.

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, M., I. Payá, E. Figueroa, J. Arias, V. Ojeda, L. Adasme, C. Bustos y F. Cerna. 1995. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1994. Estado de situación del recurso. IFOP: 55 p.
- Aranís, A., M. Böhm, P. Barría, R. Gili, V. Bocic, G. Rosson, C. Vera, S. Mora, H. Miranda, A. Gómez; A. López y H. Hidalgo. 2000. Investigación Estado de Situación Pesquerías Pelágicas Zona Centro-Sur 1999. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe Final. IFOP: 62 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Aranís, A., M. Böhm, R. Gili, V. Bocic y H. Hidalgo. 2001. Investigación Estado de Situación Pesquerías Pelágicas Zona Centro-Sur 2000. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe Final. IFOP: 71 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Céspedes, R.; Z. Young; V. Ojeda; F. Cerna; L. Adasme; H. Hidalgo; R. Bravo; H. Miranda y C. Vera. 1998. Investigación Situación de las Pesquerías Demersales Zona Sur-Austral 1997. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe Final. IFOP: 93 p.
- Céspedes, R.; Z. Young; V. Ojeda; F. Cerna; L. Adasme; H. Hidalgo; R. Bravo; H. Miranda y C. Vera. 1999. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur - Austral, 1998. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 122 p.
- Céspedes, R.; Z. Young; V. Ojeda; F. Cerna; L. Adasme; H. Hidalgo; R. Bravo; G. Ojeda, H. Miranda y C. Vera. 2000. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur - Austral, 1999. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final corregido, IFOP, 122 p. (+ tablas y figuras).
- Céspedes, L. Adasme, C. Vera y H. Miranda. 2001. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur - Austral 2000. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA, Parte I, Informe final, IFOP, 60 p. (+ tablas, figuras y anexos).
- Lillo, S., M. Espejo, R. Céspedes, L. Adasme, J. Blanco, J. Letelier, M. Braun y V. Valenzuela. 1997b. Evaluación directa del stock de merluza de cola en la X y XI Regiones. Informe Final (FIP 95-18). IFOP, 70 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adasme y H. Hidalgo. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro-sur. Informe Final (FIP 99-15), IFOP, 52 p. (+ figuras, tablas y anexos)
- Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortés y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas recursos demersales sur austral. Informe final FIP 94-32. IFOP, 75 p. (más tablas y figuras).

CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO ESTANDAR EN LA MERLUZA DE COLA

Pedro S. Rubilar
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

ANTECEDENTES

La pesquería de la merluza de cola (*Macroronus magellanicus*) en la zona centro sur que opera sobre peces mayoritariamente juveniles, presenta un ritmo estacional, de modo que sus desembarques se incrementan durante el último trimestre de cada año. La explicación a esto se debe al menos a dos factores. 1) al ciclo anual de migración que presentan estos peces, donde los ejemplares juveniles se desplazan hacia esta zona centro sur del país en busca de alimento; y 2) un mayor interés de capturar merluza de cola por parte de la flota, ante la ausencia de jurel.

La merluza de cola en la zona centro sur constituye una especie objetivo, transformándose en una alternativa importante para satisfacer las necesidades de materia prima para la industria de reducción. Hoy existe un interés creciente por su captura a nivel nacional, principalmente enfocado a obtener productos con mayor valor agregado.

METODOLOGÍA

La estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en la merluza de cola se llevó a cabo siguiendo la metodología usada por Payá *et al.* (2000) y Payá y Rubilar, (2000).

Para lo cual se seleccionaron aquellos lances dirigidos exclusivamente a merluza de cola y los factores disponibles en la base de datos que podrían explicar la variación anual de la CPUE. En ese contexto se eligió como variables predictivas (factores) a la temporada de pesca (Temp), al mes, a la categoría de buque (Cat-buq) y a la zona de pesca para modelar la CPUE .

El análisis se centró en la flota de cerco que operó en la zona centro sur durante el periodo 1984 - 2001. Debido a que esta pesquería presenta una clara estacionalidad se optó por trabajar con temporadas de pesca, las cuales se extendieron desde el 1 de julio al 31 de junio del año siguiente.

La información usada en los análisis corresponde a datos de viajes de pesca. La unidad de la captura correspondió a toneladas y la unidad del esfuerzo de pesca días fuera de puerto (dfp) y desplazamiento de bodega (capacidad de bodega x días fuera de puerto).

El modelo o regresión general completo para las variables anteriormente identificadas fue el siguiente:

$$\ln(CPUE)_{ijkl} = m_{...} + a_i + b_j + g_k + d_l + Int + e_{ijkl} \quad Ec. 1$$

donde:

$\ln(CPUE)_{ijkl}$: es el logaritmo de la CPUE total observada para el año i , mes j , buque k y zona l .

$m_{...}$: es una media general que depende de la temporada de pesca i , mes j , buque k y zona l .

a_i : es el efecto del factor temporada de pesca i

b_j : es el efecto del factor mes j

g_k : es el efecto del factor categoría de buque (Cat-buq) k

d_l : es el efecto del factor zona de pesca l

Int : Interacciones de primer orden entre los factores

e_{ijkl} : es un desvío aleatorio normal.

Análisis de los factores

La información contempló: 16 temporadas de pesca a partir de 1984 y hasta 2001, las cuales se extendieron desde el 1 de julio al 31 de junio del año siguiente (Tabla 1), 79 buques individuales los cuales fueron agrupados en 7 categorías dependiendo de sus rendimientos promedios (Tabla 2), y 3 zonas de pesca (Tabla 3).

Tabla 1. Temporadas de pesca de merluza de cola en la zona centro sur.

Temporada	Inicio	Final
1	01-Jul-84	30-Jun-85
2	01-Jul-85	30-Jun-86
3	01-Jul-86	30-Jun-87
4	01-Jul-87	30-Jun-88
5	01-Jul-88	30-Jun-89
6	01-Jul-89	30-Jun-90
7	01-Jul-90	30-Jun-91
8	01-Jul-91	30-Jun-92
9	01-Jul-92	30-Jun-93
10	01-Jul-93	30-Jun-94
11	01-Jul-94	30-Jun-95
12	01-Jul-95	30-Jun-96
13	01-Jul-96	30-Jun-97
14	01-Jul-97	30-Jun-98
15	01-Jul-98	30-Jun-99
16	01-Jul-99	30-Jun-00

Tabla 2. Categorización de los buques por capacidad de bodega.

	Capacidad bodega (m ³)
Categoría 1	< 200
Categoría 2	200-400
Categoría 3	400-600
Categoría 4	600-800
Categoría 5	800-1000
Categoría 6	1000-1500
Categoría 7	>1500

Tabla 3. Zonas de pesca consideradas en la pesquería de cerco de la merluza de cola.

Zona	Código	Región	Latitud	Longitud
Talcahuano	7	VII-VIII	34°50' S	38°30' S
Valdivia	8	IX-X	38°30' S	41°00' S
Chiloé	9	X	41°00' S	42°50' S

Respecto del modelo Full o completo (EC.1), el análisis consideró solo interacciones de primer orden entre los factores **Temporada - Cat-buq** y **Temporada - zona**:

$$\ln(CPUE)_{ijkl} = m_{...} + a_i + b_j + g_k + d_l + (ag)_{ik} + (ad)_{il} + e_{ijkl} \quad Ec. 2$$

La consideración de dichas interacciones se basa en que ha observado un aumento de la duración de los viajes de pesca probablemente relacionado con el tamaño de los buques y a un desplazamiento latitudinal de las zonas de pesca entre temporadas. Al analizar la tendencia del Ln(CPUE) para las distintas categoría de buque y a través de las temporadas de pesca se observan interacciones entre estos dos factores. La magnitud de estas interacciones probablemente en el contexto general sean débiles porque para la mayoría de las categorías de buques se observa una tendencia similar (Figura 1). En el caso de los factores Temporada - zona, también se observan posibles interacciones (Figura 2). Al igual que en el caso anterior, la magnitud de estas interacciones probablemente sean débiles.

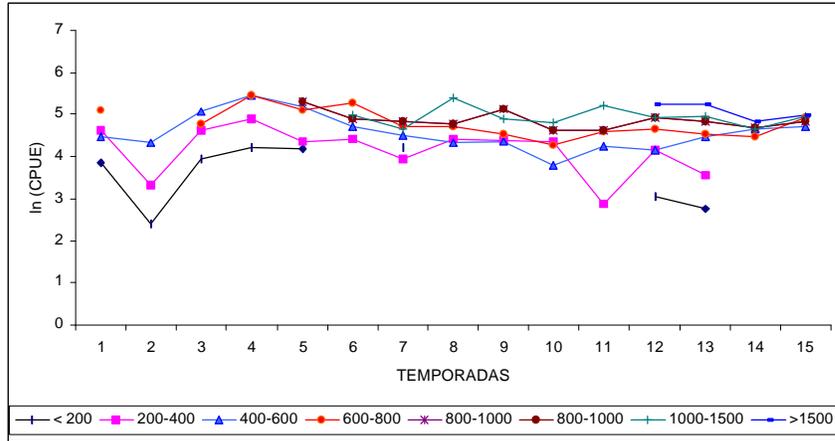


Figura 1. Tendencia del ln(CPUE) para las diversas categorías de buque a través de las temporadas de pesca.

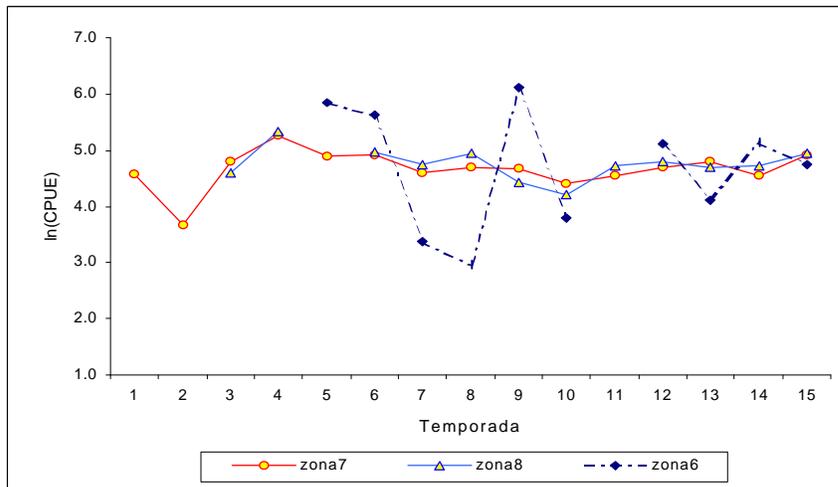


Figura 2. Tendencia del ln(CPUE) en las distintas zonas a través de todo las temporadas de pesca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del rendimiento de pesca en base a las dos unidades de esfuerzo propuestas (días fuera de puerto y desplazamiento de bodega).

El análisis del rendimiento de pesca de los buques que operan sobre la merluza de cola, en la zona centro sur del país, indica que este presenta un límite de saturación para las dos unidades de esfuerzo usadas (Figuras 3 y 4). Es decir que a partir de determinado tamaño de bodega el

rendimiento promedio de los buques prácticamente es el mismo, situación que se observa para ambas unidades de esfuerzo. Por lo tanto, la unidad de esfuerzo de pesca “capacidad de bodega desplazada” no aporta mayor información en comparación con los días fuera de puerto.

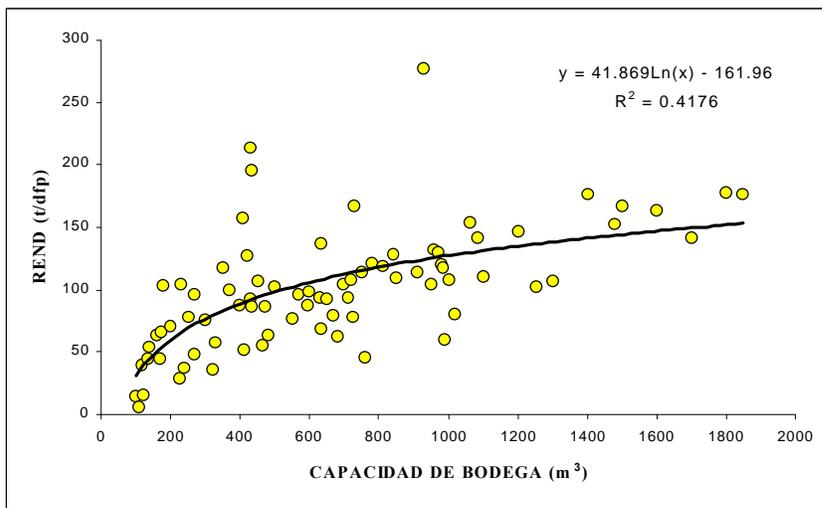


Figura 3. Relación entre el rendimiento de pesca (t/dfp) y la capacidad de bodega, cuando el esfuerzo es medido como días fuera de puerto (dfp).

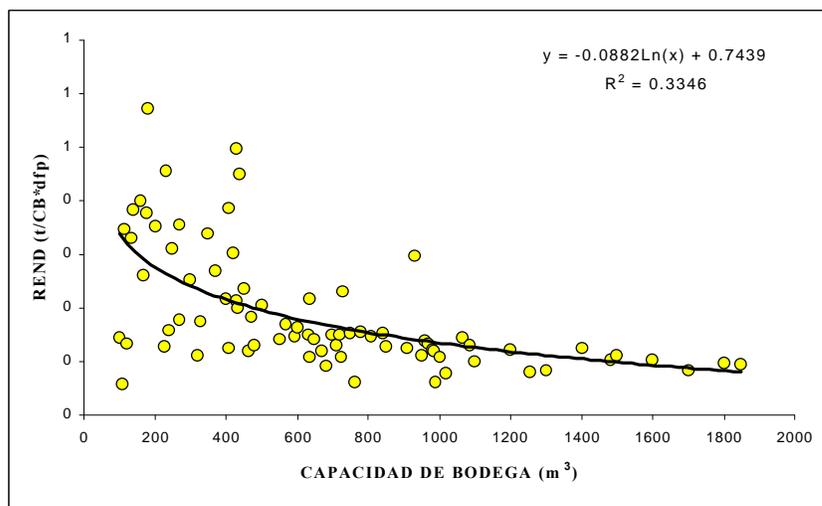


Figura 4. Relación entre el rendimiento de pesca (t/bdesp) y la capacidad de bodega, cuando el esfuerzo es medido como bodega desplazada (bdesp).

Captura por unidad de esfuerzo

La CPUE estándar estimada con las dos unidades de esfuerzo resultó tener las mismas tendencias (Figura 5), excepto para el último año donde hay una cierta discrepancia, que puede deberse a la calidad de los datos. Esto es razonable pues ambas unidades de esfuerzo usada son proporcionales, es decir una es factor de la otra. Por lo tanto, no se justifica cambiar la unidad de esfuerzo, manteniéndose para la estandarización final los días fuera de puerto.

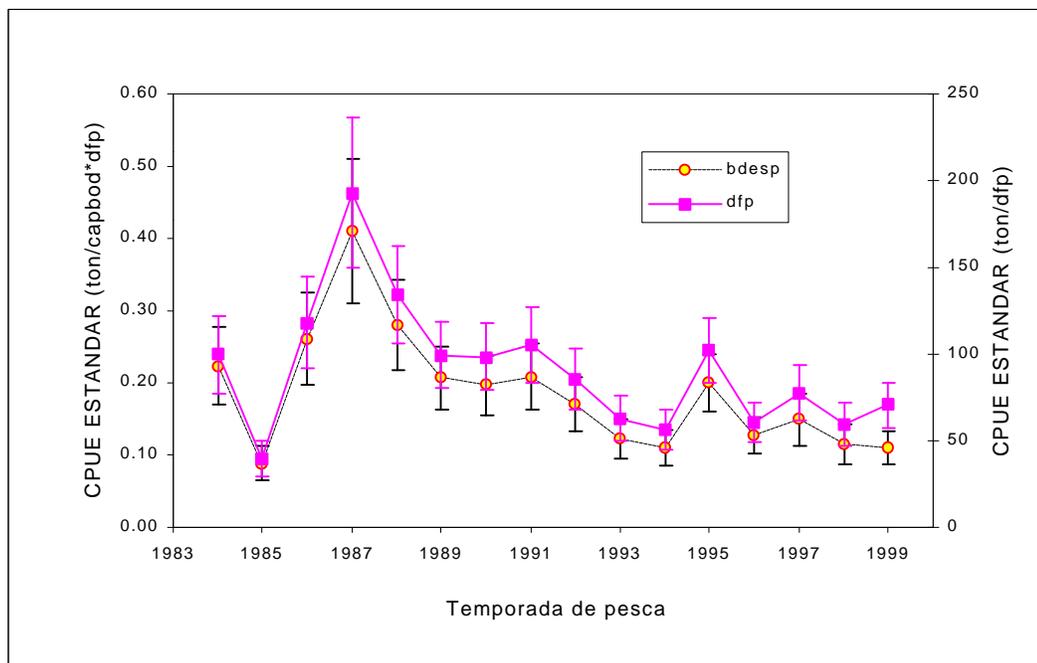


Figura 5. Tendencia de la CPUE estándar para las dos medidas de esfuerzo, días fuera de puerto (dfp) y bodega desplazada (bdesp).

De todos los factores usados en el análisis solo la temporada de pesca y la categoría de buque resultaron importantes para explicar la varianza de la CPUE. Esto indica que durante los meses y entre zonas de pesca no se producen cambios importantes en la captura por unidad de esfuerzo, aún cuando durante ciertos años se ha observado una variación en la operación de la flota en las zonas de pesca. Igual situación ocurre con las interacciones entre temporada de pesca y categoría de buque, y entre temporada de pesca y zona.

La CPUE estimada sobre la base de los dos factores anteriormente mencionados, muestra un aumento considerable desde 1985 a 1987, posteriormente una fuerte caída hasta la temporada 1994. A partir de ésta y hasta la última temporada de pesca analizada se observa una tendencia a la estabilización en torno a los 70t/dfp (Tabla 4). Lo cual no necesariamente puede obedecer a una estabilización de la abundancia, sino que puede ser producto de la localización de capturas distancias mayores de los puertos de desembarque durante las últimas temporadas. Esto tiene

sentido, ya que como se menciona anteriormente se ha observado un aumento en la duración de los viajes de pesca, lo cual puede deberse a un desplazamiento mayor en la búsqueda de la pesca y también a la mayor autonomía de los barcos ingresados en los últimos años (barcos más grandes).

Tabla 4. Análisis de varianza de la regresión y de los efectos principales ($R^2 = 0.62$). Tendencia de CPUE estándar para todas las temporadas de pesca considerando los factores principales temporadas de pesca y categoría de buque.

ANOVA. Regresión.

Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	F _{tab}	P
Regresión	32.28	23	1.40	6.50	1.62	<0.05
Error	19.87	92	0.216			
Total	52.15	115				

ANOVA. Efectos principales

Fuentes de variación	SS	gl	MS	F*	F _{tab}	P
Año	17.38	15	1.16	5.36	1.78	<0.05
Cat-buq	12.50	8	1.56	7.23	2.04	<0.05
Error	19.87	92	0.22			

Nivel del factor	Valor	Desvest	LnCPUE	Var(LnCPUE)	CPUE	Var(CPUE)	std(CPUE)
Constante	4.5432	0.1853					
1984	-0.0261	0.2625	4.6018	0.0510	99.7	506.6	22.507
1985	-0.9499	0.2904	3.6781	0.0647	39.6	101.3	10.065
1986	0.1429	0.2625	4.7708	0.0510	118.0	710.3	26.651
1987	0.6355	0.2625	5.2634	0.0510	193.1	1902.4	43.616
1988	0.272	0.244	4.9000	0.0430	134.3	775.5	27.847
1989	-0.0289	0.2309	4.5990	0.0377	99.4	372.4	19.297
1990	-0.0407	0.2309	4.5872	0.0377	98.2	363.7	19.071
1991	0.029	0.2439	4.6569	0.0430	105.3	476.9	21.837
1992	-0.183	0.2439	4.4449	0.0430	85.2	312.1	17.666
1993	-0.4907	0.2439	4.1373	0.0430	62.6	168.7	12.988
1994	-0.5958	0.2439	4.0321	0.0430	56.4	136.7	11.691
1995	0	0	4.6279	0.0344	102.3	360.0	18.974
1996	-0.525	0.2201	4.1029	0.0344	60.5	126.0	11.224
1997	-0.2794	0.2432	4.3485	0.0443	77.4	265.1	16.283
1998	-0.5382	0.2432	4.0898	0.0443	59.7	158.0	12.571
1999	-0.3717	0.2201	4.2563	0.0344	70.5	171.2	13.085

CONCLUSIONES

- En análisis de la medida del esfuerzo de pesca indica que el usar el desplazamiento de bodega no agrega nueva información.
- Las interacciones propuestas entre el factor temporada y los factores Catbuq y zona, resultaron no ser significativas. por lo tanto su aporte a la explicación de la varianza de la CPUE no es relevante.

- La CPUE muestra un aumento considerable desde 1985 a 1987, posteriormente una fuerte caída hasta 1994. Durante los últimos 4 temporadas de pesca se observa una tendencia a la estabilización de la CPUE en torno a los 70 t/dfp.

REFERENCIAS

Payá I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

Payá I y P. Rubilar. 2000. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2001. Informe Final. IFOP - SUBPESCA. 96pp.

CPUE Y ESTRUCTURA DE CARDÚMENES DE MERLUZA DE COLA EN LA PESQUERÍA DE CERCO

Antonio Aranís, Patricio Barría, Sergio Mora y Gonzalo Muñoz
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso

RESUMEN

Sustentado en la información de las actividades del proyecto Seguimiento de las pesquerías pelágicas Centro-sur y del proyecto Monitoreo de la Pesquería Pelágica de jurel, se entregan antecedentes de la pesquería de la merluza de cola y su fauna acompañante, tanto desde los sistemas de toma de información en tierra, como a bordo, complementado con la plataforma proporcionada por las distintas empresas involucradas en las actividades extractivas.

Los resultados fueron obtenidos de las embarcaciones industriales con base en los puertos de la VIII Región, que operaron en el 2000 bajo dos modalidades: La primera asignando una cuota total por armador (se indican las naves que van a operar) y la segunda individualizando cada embarcación con su respectiva cuota máxima a extraer. Esta situación incidió directamente en el análisis de los indicadores operacionales (captura, esfuerzo y rendimiento de pesca) dado que se presentaron dos situaciones: una flota que sigue operando debido a que su captura se destina a la elaboración de productos de consumo humano directo y la otra que está afecta a una cuota en el período señalado o no operó en todo el período de veda.

La pesquería de merluza de cola en la Zona Central de Chile, se caracterizó analizando su distribución, estacionalidad y los rendimientos, en especial en los últimos trimestres de cada año. Se discute las alteraciones provocadas por los cambios ambientales y el efecto de las regulaciones de la pesquería pelágica Centro-sur, que desde fines de enero del 2000, está sometida a vedas biológicas entre la III y X Región. Durante alguna de estas vedas, se han efectuado pescas de investigación, con el doble propósito de determinar la distribución y estructura de tallas de los recursos en la Zona Centro – Sur y permitir a la flota acceder a cuotas de capturas controladas.

Se analizó la información de la pesca de investigación de merluza de cola llevada a cabo entre noviembre y diciembre del 2000, por una flota arrastrera y una cerquera simultáneamente. Se analiza la real presión de pesca que aparentemente se ha orientado hacia este recurso y que ha generado la necesidad de disponer de información integral y oportuna a bordo de las embarcaciones de la pesquería de merluza de cola de la zona Centro-Sur de Chile.

La distribución espacial de la merluza de cola, se caracterizó, delimitando focos de abundancia, actividad que permitió identificar y caracterizar aspectos biológico-pesqueros del recurso. En este monitoreo de merluza de cola la información sobre la distribución de los lances de pesca permitió además, definir que las zonas de pesca de la flota cerquera

industrial estuvo concentrada en la zona de 36°-38°LS, hasta las 60 mn de la costa, en tanto que la flota arrastrera operó desde los 33°-40° LS en una franja más costera que no superó las 30 mn de la costa.

La distribución de la estructura de talla de la merluza de cola por zona, mes y tipo de flota, determinó que la flota cerquera vulneró segmentos de ejemplares de merluza de cola que se encontraban a menores profundidades, en cambio, la flota arrastrera vulneró un rango mayor de longitud del stock, debido al acceso de zonas de mayor profundidad y operación en áreas más costeras.

Se entregó información preliminar de datos obtenidos a bordo de las embarcaciones, en relación con las características de los cardúmenes, comportamiento del recurso, detalle de la actividad de pesca y de los procesos ambientales monitoreados.

INTRODUCCIÓN

Esta especie demersal-pelágica ampliamente distribuida tanto en el atlántico sudoccidental como en el Pacífico sudoriental, circunda el cono sur de América desde la latitud 37° S (Punta Medanos, Argentina) hasta la latitud 33° S (Valparaíso, Chile), en la zona sur austral de Chile esta especie se encuentra presente tanto en aguas exteriores como en los esteros y canales del mar interior.

Es una especie demersal-pelágica que habita entre los 20 y 700 metros de profundidad. Los juveniles de esta especie (< 36 cm) se concentran entre los 100 y 250 m y los adultos mayores de 36 cm se distribuyen en todo el intervalo con una mayor concentración entre los 200 y 250 m. Es el recurso íctico demersal de mayor abundancia dentro de la pesquería demersal sur austral.

La pesquería de merluza de cola es estacional y sus rendimientos se incrementan en la zona centro-Sur durante el último trimestre de cada año. Esto se debe a un ciclo anual de migración, en el cual los ejemplares juveniles se desplazan hacia su límite norte de distribución geográfica y su desplazamiento está asociado a factores limitantes de las masas de agua.

El recurso merluza de cola fue explotado por la flota cerquera y arrastrera durante los meses de noviembre y diciembre del 2000. Por otra parte, la situación de la pesquería de jurel han afectado la pesquería de cerco, ha generado la necesidad de disponer de materias primas, lo cual implica un incremento de la presión de pesca hacia otros recursos.

La pesquería pelágica de la merluza de cola de la zona Centro-Sur se desarrolla y extiende en una amplia área marítima de acuerdo a las condiciones oceanográficas, lo cual ha llevado a definir una zona de estudio de mayor cobertura, para comprender cabalmente la escala en que ocurren los procesos poblacionales y observar simultáneamente el comportamiento de la estructura de longitud de este recurso.

En este contexto, el Instituto de Fomento, han venido realizando desde 1998 estudios sistemáticos dirigidos al levantamiento de información biológico pesquera, en el marco de

monitoreo de la pesquería, tanto desde sus propios sistemas de toma de información en tierra y a bordo, como desde la plataforma proporcionada por las distintas empresas involucradas en las actividades extractivas.

Es así, que se efectuó entre el 13 de noviembre y el 31 de diciembre del 2000, un monitoreo intensivo del recurso, bajo la operación simultánea más de 36 embarcaciones cerqueras industriales, y 8 arrastreras para caracterizar la distribución espacial de las capturas, conocer su estructura de talla y agregaciones de merluza de cola al oeste de las 5 mn de la costa de Chile, entre la V y X Región.

Las normativas legales en el marco que se desarrolla en la presente pesca de investigación se entregan en el **Anexo 2**.

El área de estudio que IFOP acotó para efectos del análisis de la estructura de tallas, se divide en las siguientes zonas de pesca

Zona	Código	Región	Latitud N	Latitud S
Talcahuano	7	VII-VIII	34°50'S	38°30'S
Valdivia	8	IX-X	38°30'S	41°00'S
Chiloé	9	X	41°00'S	42°50'S

Dentro del programa de monitoreo y pescas de investigación efectuadas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), junto al Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA) de la VIII Región, entre los años 2000 y 2001, se pudo recabar valiosa información concerniente al recurso merluza de cola, capturado por la flota cerquera industrial de la zona centro-sur, durante el trimestre móvil noviembre 2000-enero 2001. Datos que a continuación se describen.

Caracterizar el esfuerzo pesquero desarrollado por la flota cerquera y arrastrera

La información que se analizó comprende los registros técnico - operacionales de las embarcaciones de la flota cerquera industrial que operaron en la zona de estudio. Al respecto, se analizaron los registros de la mayoría (90%) de la flota, ya que existe una fracción de ésta que no entrega los antecedentes operacionales completos (por cada viaje que realiza).

La flota cerquera industrial define individualmente cada embarcación como toda aquella embarcación mayor o igual a 80 m³ de capacidad de bodega, que emplea equipos y redes de cerco, las que además se clasifican como naves mayores según la Ley de Navegación Chilena ya que son de más de 50 TRG (Böhm *et al.*, 1991).

La información utilizada se recopiló sistemáticamente por IFOP en el puertos de Talcahuano, San Vicente y Coronel y fue almacenada en bases de datos. Respecto a la flota arrastrera se tomó la información operacional mediante personal a bordo.

Distribución espacial

Es una especie que forma grandes cardúmenes sobre la plataforma y talud continental.

Los adultos de merluza de cola no se encuentran en grandes concentraciones al norte del 40° S., lo anterior podría estar asociado a que esta especie tendría requerimientos de oxígeno mayores a los de *Merluccius gayi*, ya que no se encuentra sino muy ocasionalmente en aguas subecuatoriales, encontrándose siempre asociada a aguas del tipo subantárticas, aguas de menor salinidad que las aguas subecuatoriales, con valores entre 33,9 y 34,4% y contenidos de oxígeno superiores a 3ml/l. En cuanto a nutrientes estas aguas son menos ricas en fosfatos y nitratos que las aguas de la corriente de Gunther.

La distribución espacial de las capturas de merluza de cola realizada por la flota arrastrera y cerquera correspondiente a los meses de noviembre y diciembre, muestra una segregación espacial, en la cual es mas amplia la operación de la flota arrastrera. Este recurso estuvo ampliamente distribuido en toda la zona de estudio, desde el 33°00'S hasta los 40°30'S, situado preferentemente entre los 36°00' y 38°00'LS, con distancias promedios de la costa de 58,3 y 72,3 mn de la costa, respectivamente. Además, la zona donde se realizaron las actividades de pesca de la flota cerquera, se concentraron entre los 36°00'-38°20'LS algo más oceánica que la de arrastre, en cambio la flora arrastrera actuó en una zona latitudinalmente más amplia entre los 33°00'-40°60'S.

Biología

La talla de primera madurez sexual de machos es de 59 cm para hembras es de 54 cm (microscópica Young et al. 1998b) y 55 cm (macroscópica Avilés et al. 1979). La edad máxima observada es superior a 18 años. La proporción sexual de esta especie es de 57,7% para machos y 42,3% para hembras (1998).

Los adultos de esta especie en la zona sur austral muestran un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez plena en julio, para culminar con un período corto de desove durante los meses de agosto septiembre, estos antecedentes son concordantes con el comportamiento que muestra el índice gonádico (IGS).

Merluza de cola presenta un desove de tipo grupo sincrónico, como ha sido citado también para otras especies, sin embargo, se constituye en una de las pocas especies descritas con esta modalidad de desove en el país. Este tipo de desove podría esperarse en especies adaptadas a un hábitat de altas latitudes, donde la oferta ambiental y condiciones abióticas son favorables durante un corto período asociado a la época estival.

La fecundidad parcial estimada para merluza de cola fluctúa entre 49.309 y 622.220 ovocitos para ejemplares de 770 y 2.700 g, respectivamente, con un promedio de 243.743 ± 155.557 . Por su parte, la fecundidad total estimada presenta rangos entre 82.496 y 2.108.730 ovocitos, para ejemplares de 1.200 y 4.300 g, respectivamente con una media de 433.038 ± 280.084 . (Young et al 1998)

Edad y crecimiento

La edad del ejemplar se determina por medio del análisis de los anillos de crecimiento que se forman en los otolitos.

El stock comercial presenta individuos con tallas máximas de 110 cm para machos y de 120 cm para hembras. La edad máxima observada para esta especie es de 18 años.

Por otro lado existe dimorfismo sexual en el crecimiento para machos y hembras, presentando valores de:

Longitud máxima promedio L_{∞}	90,1 cm	y	101,1 cm
Coefficiente de crecimiento (K)	0,2208	y	0,1959
Edad teórica (t_0)	-0,4868	y	-0,3676

En relación a la ecuación longitud - peso de esta especie se puede decir que el incremento en peso por longitud presentan diferencias significativas entre ambos sexos, encontrándose un peso asintótico de 3987,1 gr para machos y de 4625,2 gr para hembras.

Estimación esfuerzo

Para la cuantificación del esfuerzo de pesca estandarizado se utilizó la metodología aplicada en los proyectos de esfuerzo. Para calcular los poderes de pesca de la flota cerquera se consideró la categoría patrón de 600 a 749 m³ de capacidad de bodega. Para la flota arrastrera se consideró la potencia de motor de la categoría estándar de 1900 a 2400 HP.

Forma de detección de los cardúmenes

De acuerdo a las observaciones registradas a bordo, se puede señalar que los cardúmenes de merluza de cola de la zona centro sur son básicamente detectados con instrumentos electrónicos (ecosonda y sonar), sin ningún tipo de complemento anexo, como apoyo visual (congregación de aves, etc.). **(Figura 1).**

Profundidad de las agregaciones

El estrato superior de las agregaciones de este recurso se distribuyó durante los meses monitoreados entre los 65 y 83 m, en tanto la profundidad inferior fluctuó entre los 94 y 79 m. En este trimestre, se observó una notoria oscilación batimétrica de los cardúmenes, advirtiéndose que durante diciembre del año 2000, las agregaciones se presentaron a una profundidad menor, las que luego en el mes de enero vuelven a profundizarse a niveles semejantes al mes de noviembre. **(Figura 2)**

Clasificación de las agregaciones

El tipo de ecotrazo que presentaron las agregaciones de merluza de cola, durante estos tres meses, fue clasificado principalmente como cardumen, en más de un 40% de los registros, en estrato denso en un 40% de las observaciones y del tipo disperso en un 18%, de las detecciones, limitándose las agregaciones del tipo individual a solo un 2,6%, ecotrazo cuya presencia fue más constante en el mes de enero del año 2001. **(Figura 3)**

Dirección de los cardúmenes

Los desplazamientos aparentes que demostraron tener los cardúmenes de merluza de cola, durante el trimestre que fueron monitoreados, indica que sus movimientos se dirigieron principalmente hacia el Sur (17%) y Suroeste (34%), sin embargo también se registraron tendencias de expansión hacia zonas costeras, principalmente hacia el Sureste(12%). **(Figura 4)**

Nivel de abundancia

El nivel de abundancia estimado para las agregaciones de este recurso, fue en su mayoría del tipo Regular (21-200 t), clasificación que alcanzó un 55% de las observaciones registradas, seguidas del tipo Malo (1-20 t), con un 24% y Bueno (>200 t), con un 21% de los registros, observándose una disminución de los niveles de abundancia Buenos en enero del año 2001. **(Figura 5)**

Duración de los lances de pesca

Los lances efectuados sobre el recurso merluza de cola, en este periodo tuvieron una duración promedio general de 2,2 horas, apreciándose una prolongación en el tiempo promedio en el mes de enero, el cual no superó las 2,5 horas. **(Figura 6)**

Captura total estimada por lance

Las capturas promedio por lance de pesca durante el trimestre noviembre 2000- enero 2001, fluctuaron entre las 127 y 156 toneladas. Este reducido rango indica que las capturas mensuales fueron muy similares, obteniéndose un promedio general para el periodo de 141 t/lance. **(Figura 7)**

Captura lance / capacidad de bodega

Al analizar los rendimientos de los distintos tipos de embarcación por lance de pesca, se observa que las naves de menos de 700 m³ de capacidad de bodega, embarcaciones que se dedicaron a la captura de merluza de cola solo en el primer mes del periodo, obtuvieron resultados bastante discretos (57 t/lance), aunque los lances de las naves de entre 701-900 m³, durante este mes tampoco fueron mejores (60 t/lance), sin embargo, no se puede hablar de una menor vulnerabilidad del recurso en el mes de noviembre, debido a que las

embarcaciones con bodegas de mayor capacidad (901-1200 m³), si obtuvieron buenos resultados en sus respectivas maniobras de pesca (164 t/lance). En tanto, en el mes de diciembre, se observa un aumento en los rendimientos de las naves cuyos registros netos se encuentran entre las 701-900 m³ (138 t/lance), con valores muy cercanos a las naves con un rango de bodega superior, situación que cambia nuevamente en enero, al observarse que las embarcaciones obtuvieron lances con resultados mejores de acuerdo a sus distintas dimensiones. **(Figura 8)**

Cabe mencionar que durante este trimestre las naves con bodegas de mas de 1200 m³, no participaron de esta pesquería, orientando su esfuerzo principalmente sobre otros recursos como el jurel.

Proporción de especies en las capturas

Las capturas de merluza de cola durante noviembre y diciembre del año 2000, estuvieron conformadas por un 21,6 y 10% respectivamente de una gran diversidad de especies, destacándose entre estas el jurel, y la reineta, aunque también se observo corvina, merluza gayi, agujilla, sierra y jibia. En tanto, en enero del 2001, se aprecian menos especies ajenas a la pesca objetivo, pero su participación es mayor, presentándose el jurel con el mayor aporte (14,5%). **(Figura 9)**

Esta especie presenta para aguas exteriores una mayor diversidad en cuanto a su aspecto trófico. Las principales presas requeridas por esta especie varían desde merluza de cola (%IIR=72,23) en aguas interiores, a camarones y otros crustáceos (%IIR=34,88), indicando una fuerte tendencia al canibalismo. En aguas exteriores muestran una leve mayor variedad de presas consumidas, apareciendo por ejemplo calamar (%IIR entre 9,7 y 21,5), merluza de tres aletas (%IIR= 11,86) y pejerrata.

Para merluza de cola se puede señalar que presenta un aspecto trófico reducido, con un consumo de casi un 100% de individuos de su misma especie.

Patrones migratorios

En cuanto al comportamiento migratorio y estacional de esta especie no se tienen antecedentes claros puesto que habría que deducirlo del movimiento de la flota, ya que esta orienta su esfuerzo básicamente a merluza del sur ; por otra parte, los escasos estudios dirigidos a merluza de cola en Chile, no permiten deducir un patrón claro de desplazamiento de esta especie. Sin embargo, teniendo en consideración los antecedentes disponibles se postula un desplazamiento latitudinal, con una migración hacia el norte en primavera-verano y un retorno hacia el sur en otoño-invierno (Young et al. 1998).

5. CONCLUSIONES

La distribución de longitudes ponderada para la zona de estudio obtenida por la flota cerquera se distribuyó en un rango que varió desde los ejemplares con 25 hasta los 84 cm, con una moda en 43 cm y media en 41,5 cm. La flota arrastrera durante el mismo período obtuvo una estructura de talla que varió entre los 30 y 107 cm fue polimodal, con una moda principal de 43 y media de 60,1 cm.

La flota cerquera vulneró la fracción de ejemplares juveniles debido a que se distribuyen desde la superficie hasta los 70 metros, en cambio la flota arrastrera vulnera tanto ejemplares juveniles como adultos.

Las capturas en la zona Centro-Sur obtenida en este monitoreo fue de 70.204 t, existió una alta presencia de merluza de cola en la zona de Talcahuano, la cual fue capturada en un 97,3% por la flota cerquera y un 2,7% para la flota arrastrera.

La distribución espacial de las capturas por cada una de las flotas, indica que es la flota “arrastrera” se distribuyó en la mayor parte del área de estudio. A diferencia de la flota “cerquera”, fue mas concentrada, frente a la zona de Talcahuano. No obstante, los rendimientos de ambas flotas fueron mayores en noviembre (ejemplares juveniles), en tanto que disminuyeron significativamente en diciembre.

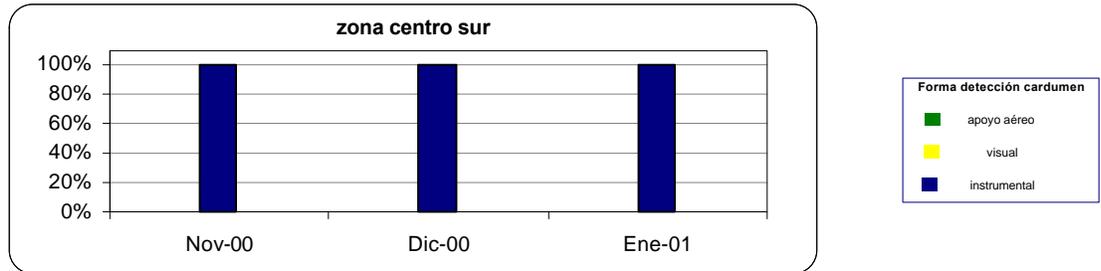


Figura 1. Forma de detección de los cardúmenes de merluza de cola

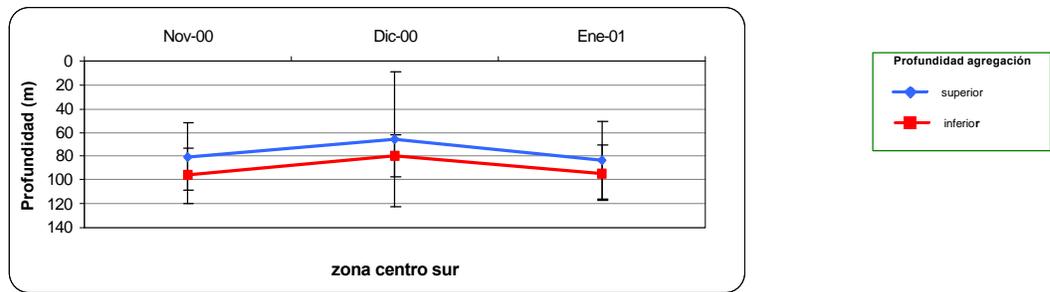


Figura 2. Profundidad de las agregaciones de merluza de cola

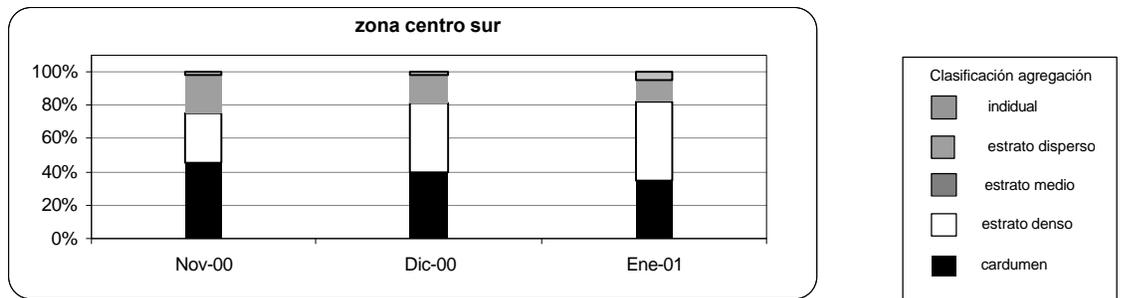


Figura 3. Clasificación del tipo de agregaciones de merluza de cola

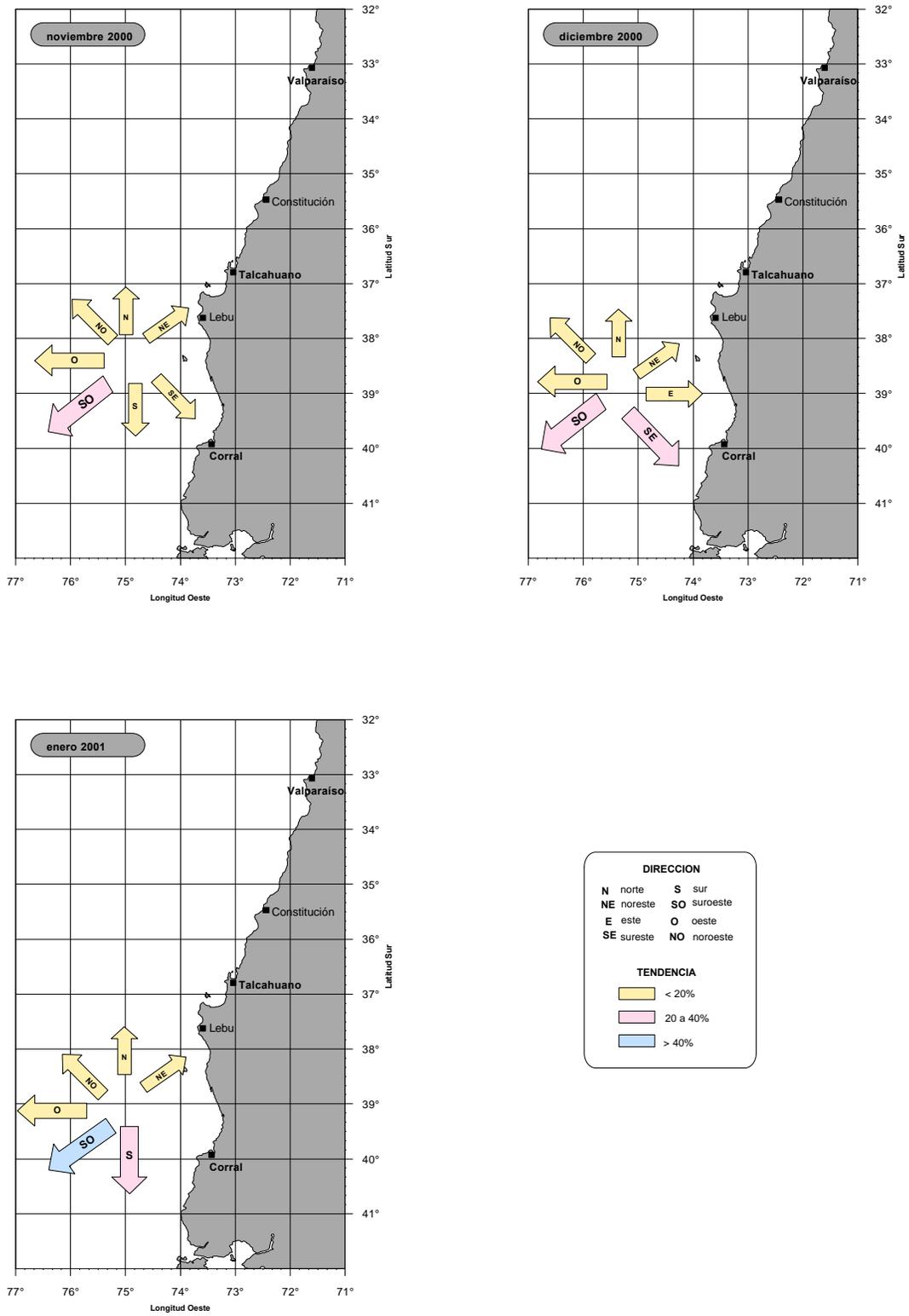


Figura 4. Dirección de los cardúmenes de merluza de cola

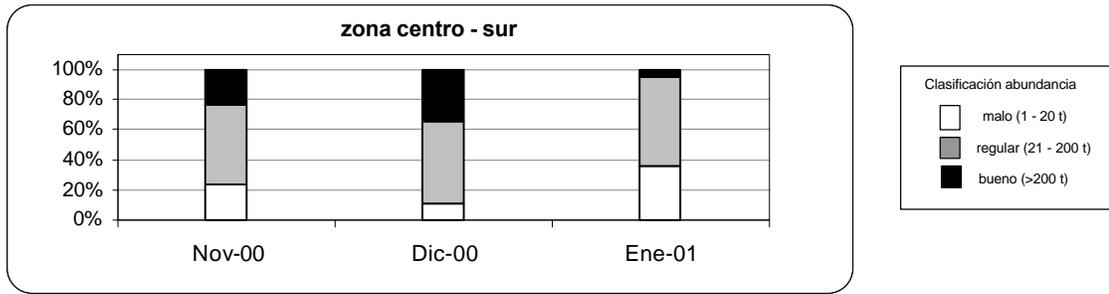


Figura 5. Nivel de abundancia de las agregaciones de merluza de cola

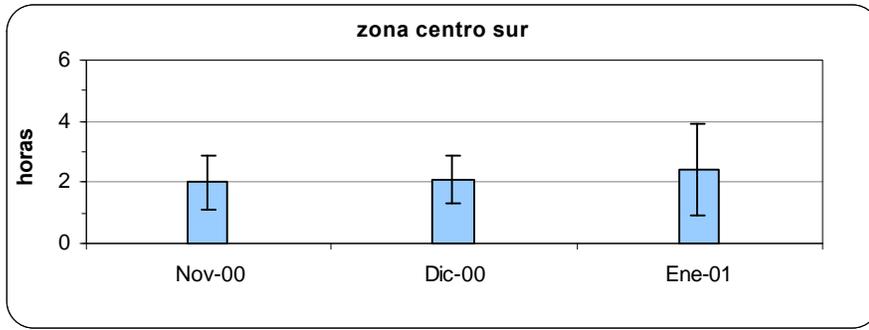


Figura 6. Duración promedio lances de pesca

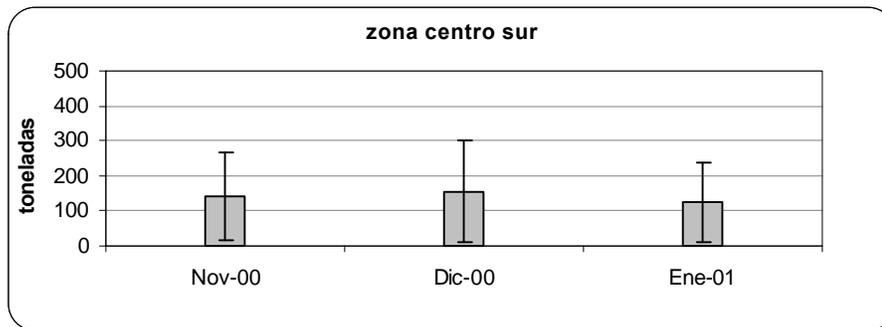


Figura 7. Captura promedio mensual estimada por lance

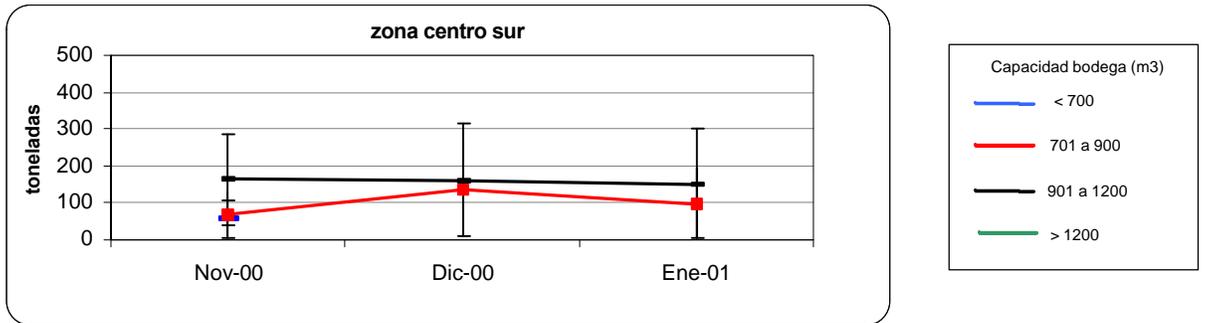


Figura 8. Capturas por lance y tipo de embarcación

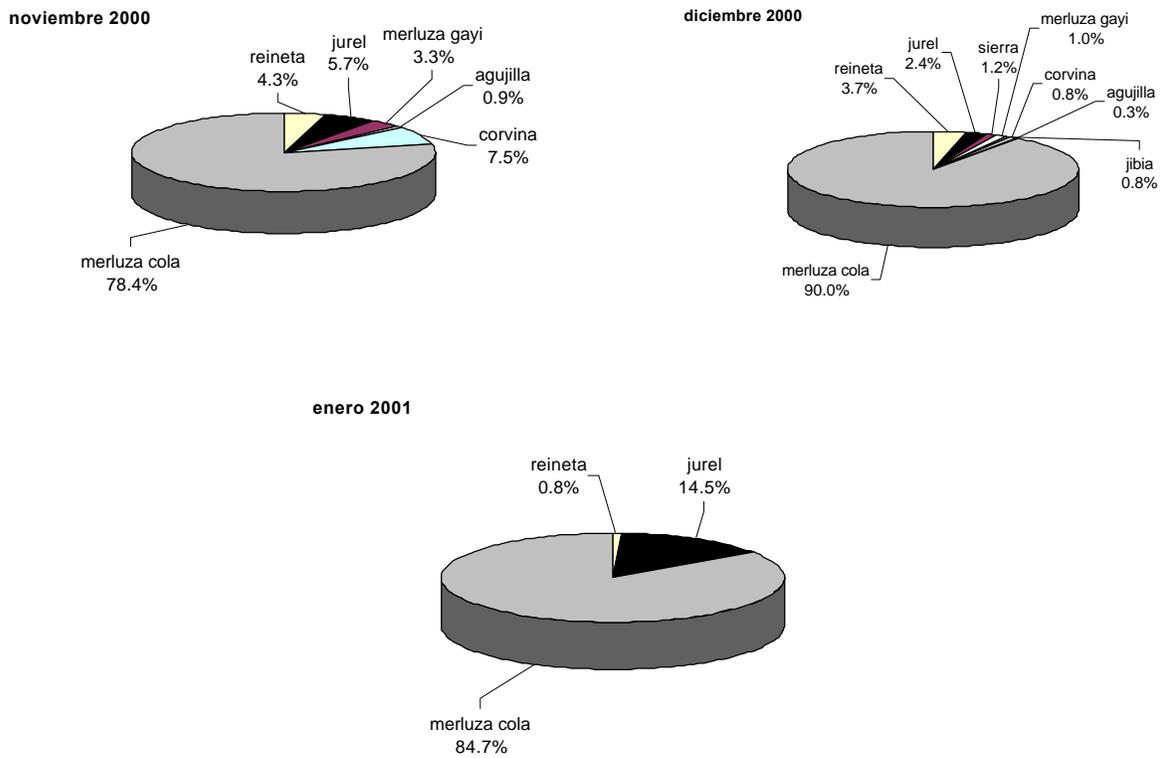


Figura 9. Proporción de especies en las capturas de merluza de cola

EVALUACIÓN DIRECTA DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) POR MÉTODOS HIDROACÚSTICOS.

S. Lillo
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

1. INTRODUCCIÓN

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg, 1907), es una especie euribática de amplia distribución geográfica en las aguas que rodean el cono sur del continente americano, habitando de preferencia sobre la plataforma y talud continental con una gran afinidad con las aguas subantárticas, pero se puede adaptar a regímenes mas amplios (Cousseau, 1993).

En el Atlántico suroccidental, se la encuentra formando parte de un complejo multiespecífico que sustenta una pesquería demersal. Se distribuye entre las latitudes 36° a 56°S en profundidades que fluctúan de 20 a 600 metros, pero sus mayores niveles de abundancia se concentran batimétricamente entre los 50 y 200 metros, asociada a la corriente de las Malvinas (Wöhler *et al.* 1996).

En el Pacífico suroriental, su distribución ha sido descrita entre las latitudes 33° y 56°S (Valparaíso-Cabo de Hornos), incluida la zona de canales y fiordos que se ubican entre las X y XII regiones (Arana, 1970; Avilés *et al.* 1979). Sin embargo, Lillo y Paillamán (1996) reportan la captura de este recurso en la latitud 29°16'S y Lillo *et al.* (1998) la informan en el Bajo O'Higgins (32°30'S – 78°00'W) en profundidades superiores a los 600 metros (Fig. 1).

En la actualidad la merluza de cola es objeto de dos pesquerías, una demersal que se desarrolla principalmente entre las latitudes 36° y 57°S abarcando parte de la pesquería centro-sur y sur austral. La otra corresponde a la pesquería pelágica, cuyo principal centro de operación se localiza en la VIII región, desde donde opera una flota cerquera que se despliega en un área que se extiende entre la VI y X región. Es esta pesquería la mas importante en términos de desembarque, aunque una alta fracción de los ejemplares capturados corresponden a individuos juveniles.

Estacionalmente, es posible observar entre ambas pesquerías un desfase temporal de los períodos de máxima captura de merluza de cola. En la pesquería demersal sur austral, éstas se obtienen durante el segundo y tercer trimestre (SERNAPESCA, 2001), período de concentración reproductiva de este recurso. Young *et al.* (1998), señalan que en el período 1993-1995 el área de captura se extiende entre las latitudes 43°S a 57°S, con la presencia de un foco permanente localizado en las cercanías de las islas Guafo y Guablín. En cambio en la pesquería pelágica centro sur, existe una marcada estacionalidad en la captura de la merluza

de cola, la cual se extiende desde el cuarto trimestre de un año y finaliza en el primer trimestre del año siguiente.

La evolución de los desembarques (Fig. 2), muestra desde inicios de la década de los 80 niveles entorno a las 20 mil toneladas para la pesquería demersal. En la pesquería pelágica se observa un rápido aumento de los valores, incrementándose de 10 mil toneladas en 1986 a un máximo de 350 mil toneladas en 1996. Con posterioridad al máximo histórico los desembarques disminuyeron a 70 mil toneladas en 1997, 310 mil t y 200 mil toneladas en los años 1998-99 y en los últimos dos años se han registrado niveles de 103 mil t en el 2000 y a octubre del 2001 se registra una captura de 129 mil t (Sernapesca, 2001; Subpesca, 2001).

La administración de la pesquería industrial está enfocada a regular la captura por armador, sobre la base de aplicar anualmente cuotas de captura de merluza de cola. La metodología establecida para el establecimiento de las cuotas de captura, está basada en la aplicación de métodos de evaluación indirecta de los stock, calibrados por evaluaciones directas realizadas por técnicas acústicas.

En este contexto, el FIP ha licitado y financiado 2 proyectos de evaluación hidroacústica de merluza de cola.

2. METODOLOGIA

Los estudios de evaluación directa orientados a evaluar la merluza de cola mediante métodos acústicos, se efectuaron en junio de 1996 que abarcó el área de la plataforma continental comprendida entre las latitudes 40° y 47° S y el segundo efectuado en noviembre de 1999 entre las latitudes 36° y 47° S (Fig. 3). Además, se entregan resultados en cruceros efectuados en agosto de 1996 y agosto del 2000 obtenidos durante estudios de prospección de merluza del sur.

La estimación de la biomasa de merluza de cola, mediante métodos hidroacústicos, se estimó según la relación (Simmonds *et al*,1992):

$$Bo = A * \bar{Sa} * \sum_i \frac{w_i * k_i}{k_i * s_i}$$

siendo: A el área de distribución del recurso, \bar{Sa} el promedio de las unidades de eointegración, k_i la fracción de la talla “i” estimados de los lances de pesca de identificación, w_i el peso promedio estimado para la “i” y s_i la sección de retrodispersión de la talla “i”, calculada como: $\sigma_i = 4 * \pi * 10^{((-72,7 + 20 * \log(L_i))/10)}$ de acuerdo a Do and Surti (1993).

La varianza de la biomasa, se estimó mediante el método geoestadístico Petitgas (1991), a través de la expresión (Petitgas y Prampart, 1993), donde sus términos se representan mediante sus respectivos variogramas :

$$s_e^2 = 2 * \bar{g}(S,V) - \bar{g}(V,V) - \bar{g}(S,S)$$

La distribución espacial de la merluza de cola, se presenta mediante cartas de contornos estimadas mediante el módulo Surfer del paquete Winsurf (Kleckner, 1996).

3. RESULTADOS y DISCUSION

La biomasa estimada para el stock presente de merluza de cola en los efectuados se entregan en la tabla 1.

Tabla 1. Estimaciones de biomasa de merluza de cola en cruceros de prospección.

Año	Proyecto	Área de estudio	Biomasa (t)
1992	FIP 1992-02	40° - 47°	591.000
1996	FIP 1995-18	40° - 47°	264.000
1999	FIP 1999-11	36° - 47°	334.000
2000	FIP 2000-14	43° - 47°	501.252

Los resultados obtenidos muestran que luego de haberse estimado el mayor valor de biomasa para el 1992, luego decayó a niveles de 264 y 334 mil toneladas y experimenta una recuperación en el 2000 para situarse levemente por sobre las 500 mil toneladas.

La distribución de este recurso, ha estado en la zona sur austral, es decir al sur de la latitud 40°S, sobre el área de la plataforma y talud continental, mientras que hacia el norte la presencia de la merluza de cola se ha detectado hacia el área oceánica alcanzando hasta una distancia de 100 millas de la costa (Fig. 3 y 4).

La presencia de este recurso en la zona sur austral, estaría asociado a la dinámica reproductiva, así se ha observado en un período de dos meses fuertes variaciones en la estructura de tallas del stock. En un estudio efectuado en junio se detectó una estructura de tallas con un amplio dominio de ejemplares juveniles, mientras que en un estudio llevado a cabo en agosto-septiembre, período de desove de la merluza de cola la composición de tallas del stock fue obviamente con un dominio de los adultos (Fig. 5).

La zona centro sur muestra una estructura de tallas mayoritariamente juvenil, sin embargo esta experimenta fuertes variaciones en períodos de tiempo relativamente cortos. En la figura 6, se presentan las composiciones de tallas de la merluza de cola estimadas durante el mes de noviembre para la flota industrial desagregados en períodos de diez días,

conjuntamente con la estructura de tallas obtenidas a bordo del buque de investigación en la zona de Talcahuano. En ella se puede apreciar que las distribuciones provenientes de la flota comercial sufren cambios ostensibles en la proporción con que aportan las diferentes modas a las capturas. La estructura estimadas para el buque de prospección abarca un rango de tallas mas amplio hacia los individuos menores, pero también están presentes todas las tallas presentes en la pesca comercial, esto indicaría que los muestreos efectuados durante la prospección entregó una composición adecuada de la estructura del stock.

REFERENCIAS

- Arana, P. 1970.** Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lonnberg, 1907) frente a la costa de Valparaíso. Inv. Mar. 1(3): 50-60.
- Avilés, S., M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979.** Merluza de cola. En: Estado actual de las pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces. Corfo/Ifop: AP 79-18
- Cousseau, W. J. 1980.** Las especies del orden Gadiforme del Atlántico sudamericano, comprendido entre los 34° y 55°S y su relación con las otras áreas. Frente marítimo. Vol 13, Sec A: 7-108.
- Do, M. and A. Surti. 1993.** Estimation of dorsal aspects target strength of deep water fish using a model of swimbladder backscattering. In: J. Acoust. Soc. Am. 87(4): 1588-1596.
- Kleckner, D. 1996.** Surfer for Windows user guide. Golden Software Inc. 245 pp.
- Lillo, S. y A. Paillamán. 1996.** Evaluación acústica y distribución espacial de merluza común. En: Proyecto FIP 95-14. Evaluación hidroacústica del stock de merluza común en la zona centro-sur. Informe final.
- Lillo, S., R. Bahamonde, B. Leiva, M. Rojas, M.A. Barbieri, M. Donoso y R. Gili. 1998.** FIP 98-05, Prospección del recurso orange roughy (*Hoplostethus spp*) y su fauna acompañante entre la I y X región. Informe final.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adasme y H. Hidalgo. 2000.** Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur. FIP 99-06. IFOP-FIP, 55 p + anexos.
- Petitgas, P. and T. Prampart. 1993.** Eva. A geostatistical software for the precisions of fish stock assessment survey. ICES CM 1993/Y:22.
- Petitgas, P., 1991.** Contributions géostatistiques à la biologie des pêches maritimes, Thèse de doctorat., centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 p.

- SERNAPESCA, 2001.** Anuario estadístico de pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile. 239 p.
- Simmonds, J., N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen.** 1992. Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1992, 113 p
- SUBPESCA. 2001.** Informe Sectorial Pesquero. Enero – Octubre 2001. Subsecretaría de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile 16 p
- Wöhler, O., A. Giussi y J. Hansen. 1996.** Análisis secuencial de la población de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1995. INIDEP. Doc. Cient., X: 5-20.
- Young, Z., J. Chong, H. Robotham, P. Galvéz y H. González. 1998.** Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral. FIP 96-37+ anexos.

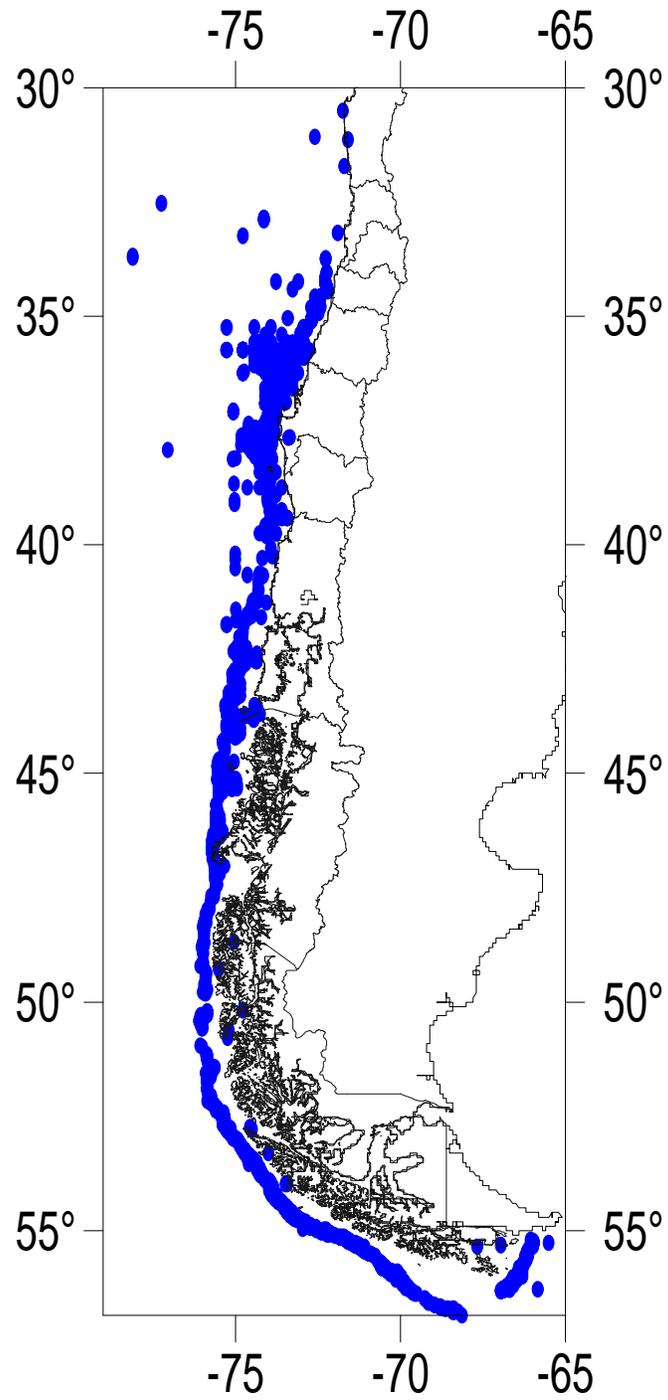


Figura 1. Distribución espacial de las capturas de merluza de cola.

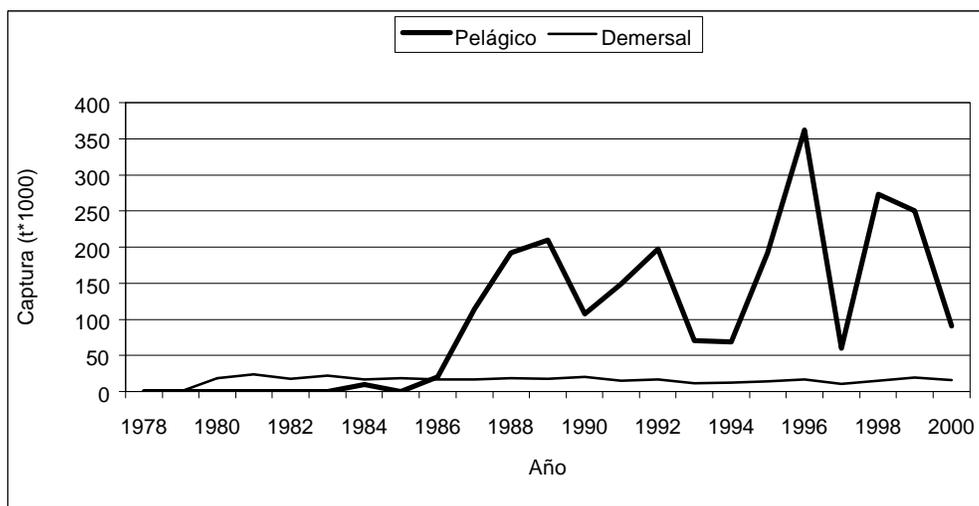


Figura 2. Desembarques de merluza de cola. Período 1979-1998

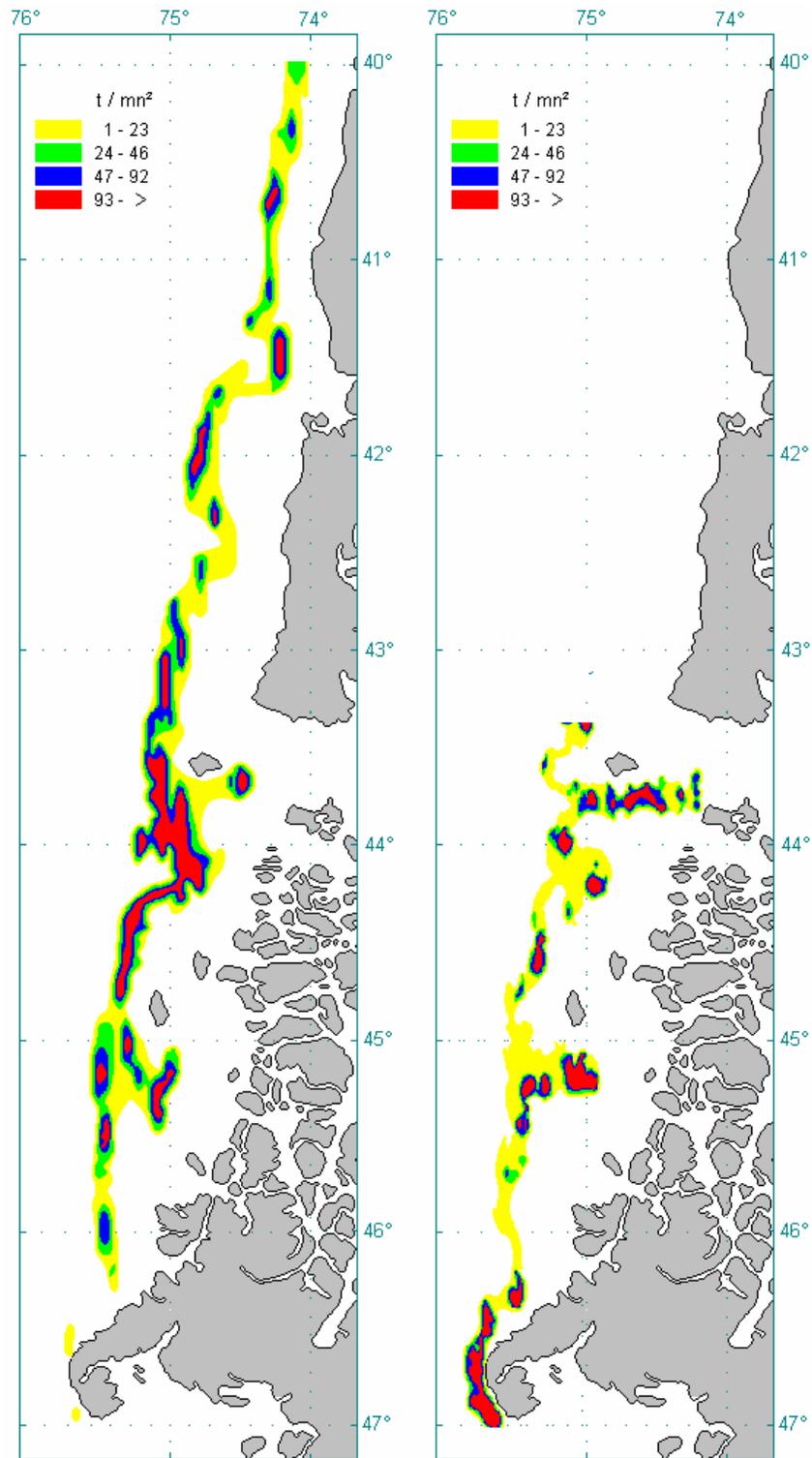


Figura 3. Distribución espacial de la merluza de cola. Junio-julio y agosto-septiembre 1996.

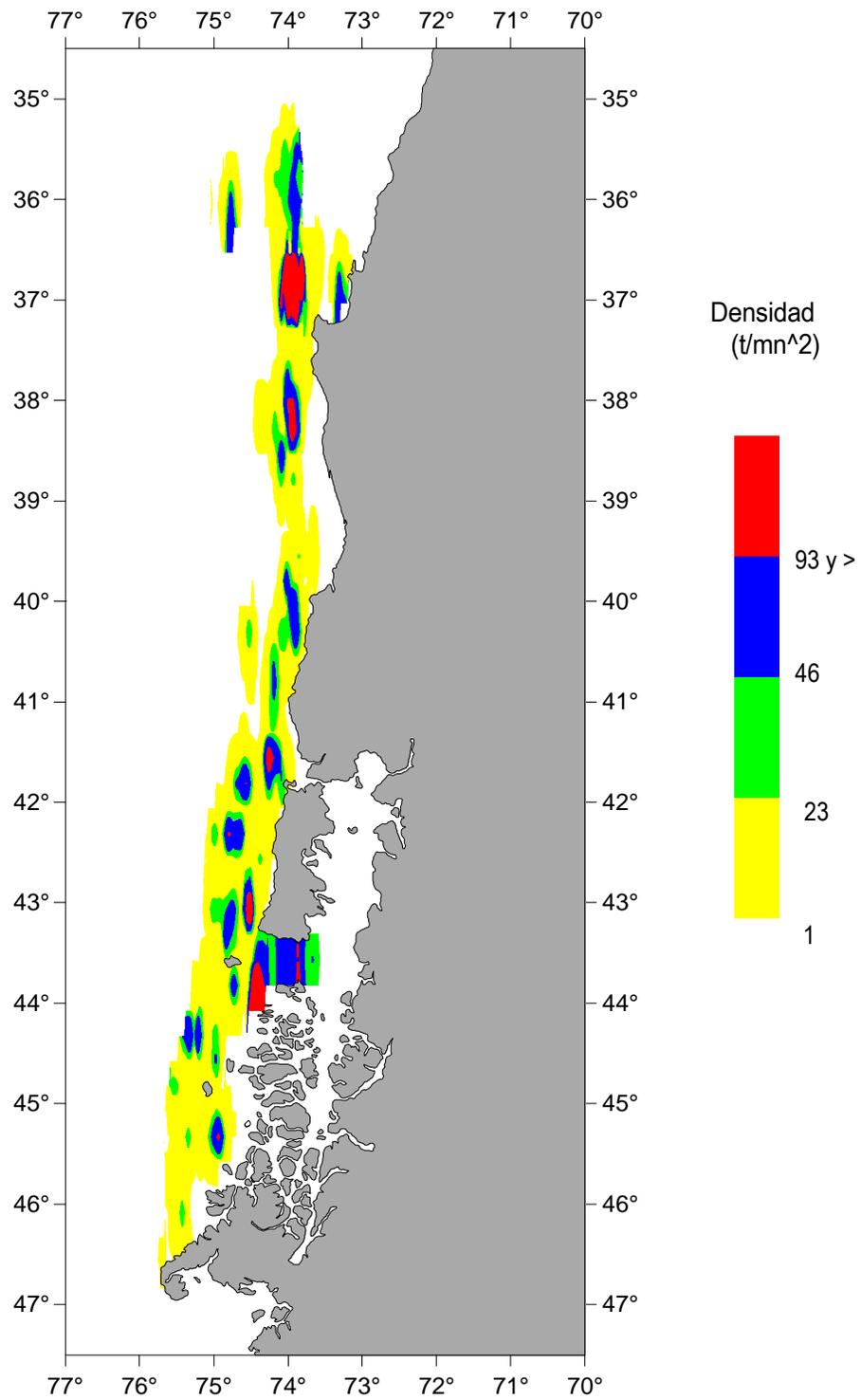


Figura 4. Distribución espacial de la merluza de cola. Noviembre de 1999

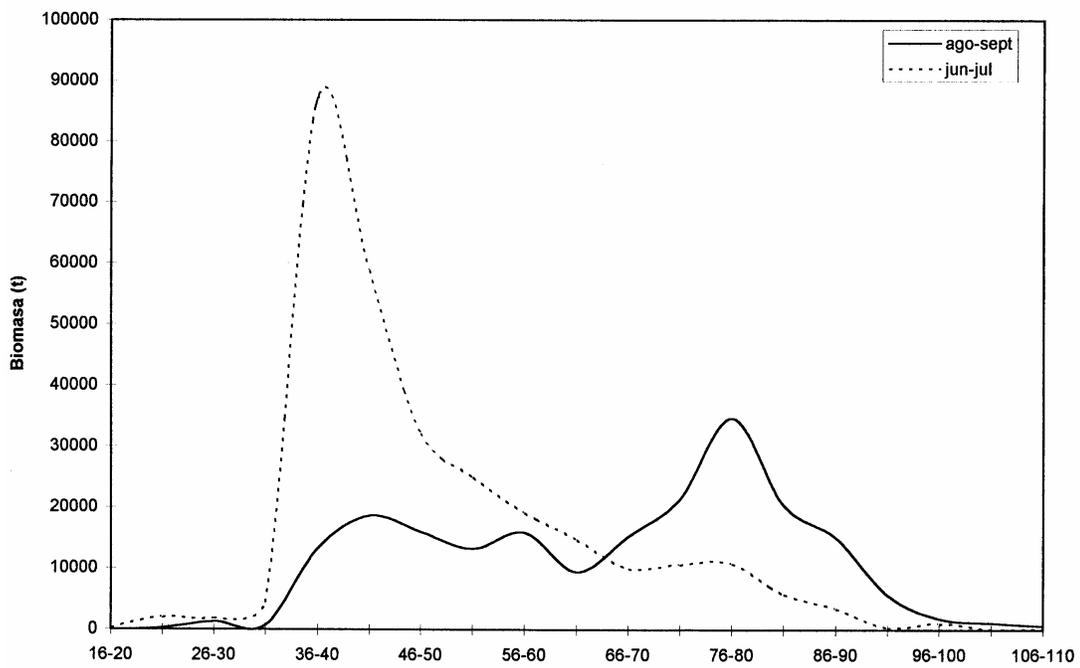
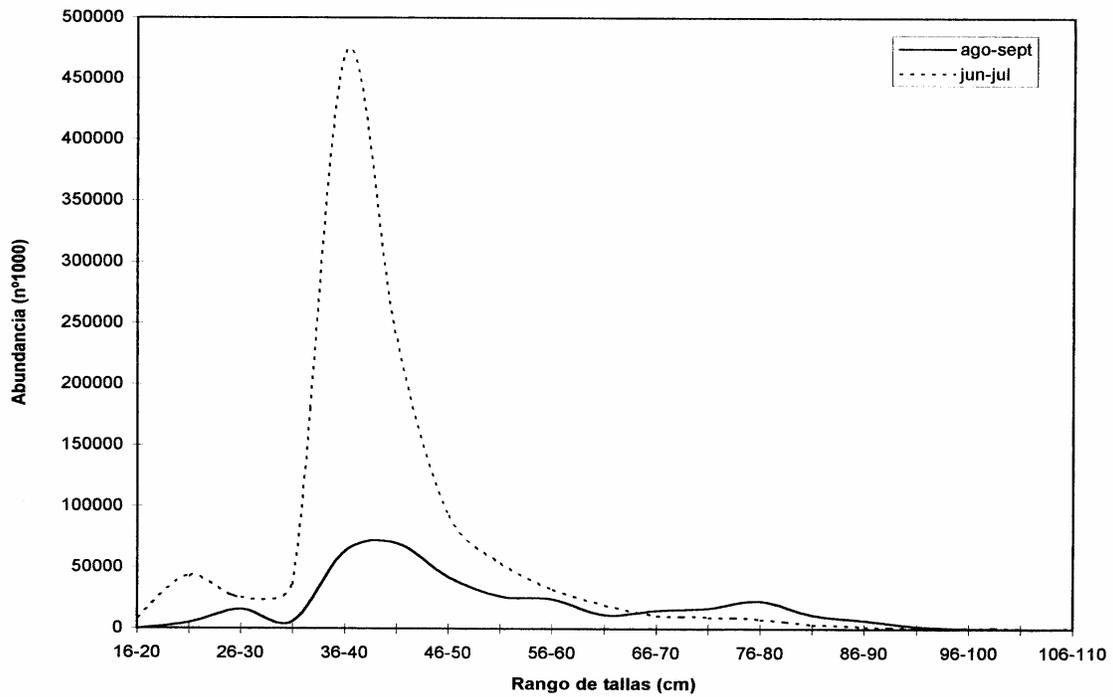


Figura 5. Estructura de tallas de la biomasa y abundancia de merluz de cola, en estudios de prospección efectuados en junio-julio y agosto-septiembre de 1996, en la zona 43°-47° S.

ANÁLISIS DE ASPECTOS TRÓFICOS DE MERLUZA DEL SUR, CONGRIO DORADO, MERLUZA DE COLA Y MERLUZA DE TRES ALETAS.

Humberto Pool
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

INTRODUCCIÓN

El documento que aquí se presenta, corresponde a algunos resultados obtenidos en el proyecto FIP “Interacciones Trófica de los Recursos Demersales de la zona Sur Austral”.

Los estudios de tipo trófico constituyen un pilar fundamental cuando se desea estudiar las interacciones ecológicas que se producen en una comunidad. Desde un punto de vista de la ecología aplicada a las pesquerías, nos encontramos con una serie de ejemplos en que un conglomerado de especies que interactúan forman parte, separadamente o en su conjunto, de sistemas pesqueros más o menos complejos. Esto ha significado que en los estudios de tipo monoespecífico subyace una serie de supuestos que no siempre son los más adecuados o que simplemente no consideran en forma alguna la interacción con otras especies, con el ambiente o incluso con la propia especie (canibalismo).

En este contexto, se considera vital sostener, incorporar y proyectar el conocimiento ecotrófico en los estudios de evaluación de stock y manejo de recursos pesqueros, acercándonos de esta forma a un enfoque ecosistémico en el estudio de las pesquerías.

El objetivo de este trabajo es analizar algunas estimaciones de la dinámica trófica de los recursos demersales de la zona sur – austral de Chile, con énfasis en las especies merluza de cola y merluza de tres aletas.

Se consideraron cuatro zonas geográficas de estudio: 1) unidad de pesquería norte de aguas exteriores, 2) unidad de pesquería sur de aguas exteriores, 3) unidad de pesquería norte de aguas interiores y 4) unidad de pesquería sur de aguas interiores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y período de estudio

La información analizada proviene de muestreos específicos realizados en la pesca comercial (industrial y artesanal entre junio de 1995 y noviembre de 1996). Los datos se agruparon estacionalmente con el propósito de capturar las variaciones que presentan las

distintas especies en esta escala temporal. Se considera que ésta escala es una mejor unidad de comparación que los meses y los muestreos, que generalmente presentan una menor variación (Pennington & Bowman, 1982; Fuentealba, 1993), logrando recoger los posibles efectos en las condiciones bióticas y ambientales de determinadas áreas de estudio (Hyslop, 1980) y que responden a escalas temporales intra-anales..

Los muestreos se realizaron en la zona de estudio comprendida entre la Xª y XIIª regiones (Chile), tanto en las zonas de aguas interiores (canales), como en la zona adyacente a las Líneas de Base Recta (aguas exteriores) donde operan principalmente las flotas industriales. Además de la división citada, existe otra de tipo netamente administrativo, que separa dos unidades de pesquería; de la Unidad de Pesquería Norte (UPN) que abarca desde los 41°00' hasta los 47°00' LS, la Unidad de Pesquería Sur (UPS) que abarca desde los 47°01' hasta los 55°00' LS (mapa zona de estudio). En definitiva, se consideran cuatro áreas, UPN interior y exterior y la UPS interior y exterior. En las aguas exteriores de la UPN las muestras se obtienen desde buques arrastreros y espineleros hieleros. En las aguas interiores de la UPN las muestras son obtenidas de embarcaciones espineleras hieleras y de la flota artesanal. En la UPS las muestras de las aguas exteriores e interiores provienen de buques arrastreros y espineleros fábrica.

El diseño de muestreo corresponde a un muestreo aleatorio simple de ejemplares obtenidos de cada lance de pesca. La unidad de muestreo correspondió a los ejemplares de merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado, cojinoba del sur y cojinoba moteada.

Tamaño de muestra

En el presente estudio, la variable analizada (y) es el peso de los contenidos estomacales, siendo la medida de variabilidad el coeficiente de variación. El tamaño de muestra es calculado de acuerdo a la expresión desarrollada por Cochran (1977) para una variable continua.

Los estómagos fueron analizados individualmente, las presas identificadas al nivel taxonómico más específico posible, contadas y pesadas (peso húmedo con 0,01 g de precisión), después de remover el exceso de agua con papel absorbente. Se registra el estado de digestión de las presas en una escala de tres puntos de acuerdo a Arancibia (1989), a saber: (1) completo; (2) semidigerido; (3) digerido.

Las presas que presentaron signos de haberse introducido al tracto digestivo de cada ejemplar, durante el proceso de pesca (presas utilizadas como carnada) fueron descartadas de los análisis, así como los estómagos que muestran signos de regurgitación. Del mismo modo, no se cuantificó el ítem escamas de peces cuando junto con éste no se encontraban restos de huesos o estructuras duras que efectivamente evidenciaran la presencia de peces como presa, dado que las escamas pueden entrar al tracto digestivo producto del roce y el arrastre de la pesca que se produce en la red al momento de ser llevados a cubierta.

Análisis del contenido estomacal

En el análisis del contenido estomacal de las distintas especies se utilizan los descriptores cuantitativos propuestos por Hyslop (1980), quién señala que luego de identificada la(s) presa(s) se procede a la estimación mediante los siguientes métodos:

- Método numérico: cada ítem de presa encontrado en los estómagos es contado y expresado en forma porcentual del total de presas de ese ítem en el total de estómagos con contenido analizados.
- Método gravimétrico: consiste en pesar cada taxón presa en cada estómago. Se utiliza este método por sobre el volumétrico, porque se considera que el peso es una variable adecuada cuando se recolecta gran cantidad de material, es relativamente fácil de aplicar, y entrega un estimado razonable del alimento consumido. Se expresa en forma porcentual del peso total registrado para cada ítem.
- Método de frecuencia de ocurrencia: es el número de veces que el ítem aparece en el total de los estómagos, expresados en porcentajes.

Importancia relativa de las presas

La importancia relativa de cada taxón de presa se determina mediante el Índice de Importancia Relativa IIR (Pinkas **et al.**, 1971), según la siguiente fórmula modificada por Arancibia **et al.**, (submitted) según la siguiente expresión logarítmica

$$IIR = \log [(N + P) * F + 1]$$

donde:

N = Porcentaje en número: recuento de cada taxón de presa encontrado en los estómagos de la especie predador analizada.

P = Peso de cada taxón de presa, expresado en forma porcentual respecto del peso total de todos los taxa de presa.

F = Frecuencia de aparición de cada taxón presa, expresado en forma porcentual.

Heterogeneidad Trófica

Se determinó la heterogeneidad trófica para cada una de las especies analizadas, mediante el índice de diversidad de Shannon y Wiener, H' (Shannon & Weaver, 1949). Este índice es sensible a los cambios en la diversidad de especies y entrega una indicación de la

especialización trófica. Para asignar carácter eurifágico (gran amplitud trófica) o estenofágico (estrecha amplitud trófica), se siguió el criterio de Berg (1979); quien indica que altos valores de H' reflejan eurifagia y valores bajos de H' indican estenofagia.

Se consideró solamente a los taxa de presas que contribuyeron significativamente con el consumo de cada especie (a lo menos sobre el 1%) (Bloom, 1981).

Similitud trófica y Unidades Tróficas Ontogenéticas (UTO)

La similitud trófica en cada especie depredador analizada, se determinó a través del índice de similitud de Bray-Curtis IST (Bloom, 1981).

En los análisis de similitud trófica entre las diferentes variables a analizar, se retuvo a los taxa de presas que, en total, contribuyeron en peso con más de un 1% del peso total de presas registradas.

Para los análisis de la similitud trófica intraespecífica los ejemplares de cada especie de predador son agrupados arbitrariamente cada 5 cm de longitud total (LT), con el objeto de detectar cambios ontogenéticos en la dieta.

El criterio para definir la significancia de los agrupamientos en los dendrogramas se determina a través de la metodología propuesta por Arancibia (1988).

Para el análisis de las unidades tróficas ontogenéticas, se obtuvieron las matrices de similaridad según los intervalos de tallas definidos anteriormente, los cuales fueron representados en los respectivos dendrogramas obtenidos de los análisis de conglomerados, aplicándose el criterio de separación de Arancibia (1988).

Ración Diaria

Las tasas de consumo o ración diaria (RD) se expresa como la fracción en peso consumida por depredador en un período de tiempo determinado (Diana, 1979). Esta tasa RD se estima mediante la ecuación propuesta por Jones y Geen (1977) y Diana (1979), cuya expresión es:

$$RD = \frac{W * N_f}{TD * N_t}$$

donde:

RD = ración diaria en g o en porcentaje respecto del peso corporal del pez

W = peso promedio inicial de cada taxón de presa (en porcentaje respecto del peso del cuerpo del predador)

TD = tiempo de digestión, en días

N_f = número de estómagos con cada taxón de presa

N_t = número total de estómagos analizados.

Tiempo de digestión

El tiempo de digestión, TD , se calcula de acuerdo al modelo de Elliot y Person (1978) y Worobec (1984).

$$S_t = S_o * e^{-R*TD}$$

despejando TD

$$TD = - \frac{\ln \left(\frac{S_t}{S_o} \right)}{R}$$

donde:

TD = tiempo de digestión (en horas)

S_t = peso de la presa al final del período de digestión, arbitrariamente considerado igual al 2% del peso inicial de la presa (Macpherson 1985)

S_o = peso inicial de la presa (en gramos)

R = coeficiente instantáneo de evacuación gástrica (en horas)

Tasa instantánea de evacuación gástrica

La tasa instantánea de evacuación gástrica para crustáceos, R_{cr} , (Mehl y Westgard 1983) se obtuvo desde la expresión:

$$R_{cr} = 0,005 * e^{0,2 * T}$$

La tasa instantánea de evacuación gástrica para peces, R_{pc} , (Macpherson 1985) se obtuvo con la expresión:

$$R_{pc} = 0,0149 * e^{0,1209 * T}$$

donde:

- R_{cr} = corresponde a la tasa instantánea de evacuación gástrica para crustáceos
 R_{pc} = corresponde a la tasa instantánea de evacuación gástrica para peces
 T = temperatura promedio del agua a la profundidad de captura y en un período dado.

Consumo Poblacional

El consumo poblacional, C , se estimó de acuerdo a la siguiente expresión, propuesta por Mehl & Westgard (1983) y modificada por Livingston **et al.** (1986).

$$C_{ijk} = RD_{ijk} * D_i * B_j$$

donde:

- C_{ijk} = consumo de la presa k por el predador j durante el año i , expresado en t/año.
 RD_{ijk} = ración diaria de la especie k (porcentaje respecto al peso del pez), expresada como la fracción en peso consumida por el predador j en el año i
 D_i = número de días del año
 B_j = biomasa del predador j (ton/año)

RESULTADOS

Identificación de los taxa de las presas

Las **Tablas 1a, 1b, 1c**, entregan los listados de los distintos taxa y especies que se han registrado y logrado identificar en los estómagos de merluza del sur, congrio dorado, merluza de cola, cojinoba moteada y cojinoba del sur, respectivamente.

En todos aquellos ejemplares de peces que presentaban un estado de digestión leve o un estado completo (no digerido), se pudo llegar a un nivel taxonómico específico de las presas. Para ello se consultaron claves taxonómicas especializadas. Cuando fue necesario, la identificación se realizó a través de los otolitos saculares, en el caso de los peces. Los crustáceos, fueron identificados a través del reconocimiento de los caparazones y del rostro (en aquellos ejemplares que aún no presentaban un nivel de digestión avanzado), y en el caso de los moluscos, éstos fueron identificados gracias a la presencia de estructuras duras en los contenidos gástricos (ej. conchas de bivalvos y plumas y mandíbulas de cefalópodos).

Cabe destacar, que además de los ítemes señalados en la tabla 1a, b y c, se registró la presencia de los ítemes: (1) Restos de peces (cuando se encontraron huesos, radios o espinas y que no permitió una identificación específica de la presa), (2) Restos de crustáceos (cuando se encontraron restos de caparazón, pleópodos o pereiópodos que no permitieron la identificación del ítem) y (3) No identificados (cuando se registró la presencia de restos de materia orgánica, sin la aparición de estructuras duras que permitieran la clasificación a lo menos a nivel taxonómico de phylum).

Importancia Relativa de las presas

Merluza del sur

Se analizó un total de 4.115 estómagos de merluza del sur en el período de estudio, de los cuales 1.744 (42,4%) presentaron algún tipo de contenido.

A partir de los índices de importancia relativa (**Tabla 2**), se observa una tendencia claramente ictiófaga donde, para cada una de las modalidades analizadas (estaciones y zonas), se presenta que en términos relativos más del 50% de la dieta está compuesta por distintos taxa de peces (principalmente merluza de cola), llegando a registrarse el consumo de merluza del sur como presa, pero con valores no significativos como para identificar algún grado de canibalismo importante.

El segundo ítem en importancia, identificable como taxa, corresponde a pejerratas, principalmente en aguas exteriores durante todas las estaciones del año.

Se debe hacer notar que el ítem resto de peces presenta en algunos casos, un porcentaje relativamente alto (máximo en aguas interiores en primavera, con %IIR = 28,51). Considerando que un alto porcentaje de estos restos pueden corresponder a merluza de cola, este ítem presa se vería considerablemente aumentado, lo cual ratifica el hecho de que este recurso constituye una de las principales presas para merluza del sur, situación que nuevamente se puede identificar al hacer el análisis por unidades de pesquerías (**Tabla 3**). Por otra parte, en la zona de aguas interiores en otoño se presenta una importante participación de sardina con un IIR del 44%, situación que se repite pero en un menor porcentaje en la zona de aguas interiores durante el verano (26,97%). El resto de los ítems se comportan como presas prácticamente incidentales (**Tabla 2**).

En la figura 1, que identifica grupos tróficos de acuerdo a la zona de procedencia (interior-exterior) y época del año, se puede observar la presencia de dos grupos claramente separados. El primero está conformado por individuos de aguas exteriores capturados en verano, otoño, invierno y primavera. Este hecho estaría indicando que la zona de procedencia del individuo sería más determinante que la época del año, lo cual sería concordante con las condiciones ambientales en las latitudes extremas y profundidades en que habita el recurso.

El primer grupo identificado tiene como principales ítems presas a merluza de cola, pejerrata y merluza de tres aletas, este último apareciendo con más importancia en primavera (20,66%) que el resto del año (**Tabla 2**). El segundo grupo compuesto por individuos de aguas interiores capturados en otoño, invierno y primavera, presentan como ítem principal a merluza de cola y restos de peces, con 11,67% de importancia la merluza de tres aletas en otoño. En este último período, también aparece en forma importante la sardina (44%).

La **figura 2** muestra similitud trófica entre los individuos de merluza del sur provenientes de la Unidad de Pesquería Norte (UPN) y de la Unidad de Pesquería Sur (UPS) y de Aguas Exteriores (AE) y Aguas Interiores (AI). Para este recurso se puede observar que la asociación se produce más bien por zona que por unidad de pesquería. Así, según el nivel de corte calculado, se encontraría que la UPN y UPS de aguas exteriores forman una unidad trófica, la cual tiene como ítem presa principalmente a merluza de cola, secundariamente a crustáceos como el camarón y finalmente a resto de peces (**Tab. 3**). Con lo cual se ratifica el resultado obtenido al realizar el análisis por época del año y zona de procedencia.

Congrio dorado

Se analizó un total de 1.159 estómagos, de los cuales el 39,5% presentó algún tipo de contenido (458 individuos).

Al realizar el análisis del contenido estomacal considerando la época del año y la zona de procedencia, se observa una clara tendencia al consumo de merluza de cola, donde el valor más bajo se registra en aguas exteriores en invierno, con un IIR de 16,50% y el más alto con un valor de 31,46% en aguas interiores en otoño (ver **Tabla 4**), presentándose además

una importante participación del ítem restos de peces (48,86% aguas interiores verano), en casi todas las estaciones del año. También se puede observar la aparición de la merluza de tres aletas en otoño e invierno para aguas interiores (19,58%). Es importante destacar la gran diversidad de presas peces que consume congrio dorado, representados por especies de scorpaeniformes, gadiformes, nototénidos y un representante de rajiformes, con lo cual, a pesar de los relativos bajos valores de % IIR de estas últimas, se pone de manifiesto el claro comportamiento ictiófago y eurifágico del congrio dorado.

El análisis por unidades de pesquería muestra resultados similares en relación a la importancia que adquiere el ítem merluza de cola, con respecto a otras presas que estaría consumiendo el congrio dorado. No obstante, el ítem restos de peces adquiere la mayor importancia, alcanzando en la unidad de pesquería norte interior un IIR de 44,03% (**Tab. 5**).

La identificación gráfica de conglomerados tróficos, considerando la zona de procedencia y la época del año para congrio dorado, se presenta en la **figura 3**. En ella es posible observar la presencia de sólo dos conglomerados, de acuerdo con el nivel de corte del promedio de los nodos. El primer grupo está compuesto por % IIR de individuos provenientes tanto de aguas exteriores y de dos épocas del año consecutivas (primavera y verano). El segundo conglomerado está compuesto por individuos provenientes de las dos zonas de captura (interior y exterior). Sin embargo, para cada una de ellas las estaciones del año son las mismas y consecutivas. Este hecho indicaría que para este recurso, la época del año sería más importante en determinar la similitud de la dieta. El primer conglomerado, presenta como principales ítems de importancia relativa a merluza de cola, pejerrata y merluza de tres aletas (**Tabla 4**), con %IIR que oscilan entre 16,5 y 31,46 para merluza de cola; 9,78 y 20,32 para pejerrata y entre 10,19 y 19,58 para merluza de tres aletas.

La **figura 4** muestra la similitud trófica de los individuos provenientes de las distintas unidades de pesquería. Esta gráfica muestra la existencia de sólo una entidad trófica, compuesta por la UPS, tanto para aguas interiores como exteriores, contrario a lo observado para merluza del sur. Esto implica que sería más importante para la segregación de los grupos la localización latitudinal de los individuos en su composición dietaria que la longitudinal. De este modo los individuos capturados en la Unidad de Pesquería Sur (UPS), estarían predando principalmente sobre merluza de cola, pejerrata y merluza de tres aletas, siendo un ítem de elevada importancia el resto de peces (**Tabla 5**), lo que ratifica nuevamente la condición primordialmente ictiofaga del congrio dorado.

Merluza de cola

Se analizó un total de 975 estómagos, de los cuales 234 (24%) presentaron algún tipo de contenido.

Los resultados indican que para aguas exteriores esta especie predator presenta una mayor diversidad en cuanto a su espectro trófico. Las principales presas requeridas por esta especie varían desde merluza de cola (%IIR=72,23) para otoño en aguas interiores, a camarones y otros crustáceos (%IIR=34,88), lo que indica una fuerte tendencia al

canibalismo (**Tabla 6**). Por otro lado, las aguas exteriores muestran una leve mayor variedad de presas consumidas, apareciendo por ejemplo calamar (%IIR entre 9,7 y 21,5), merluza de tres aletas en otoño aguas exteriores (%IIR= 11,86) y pejerreta.

Para el recurso merluza de cola en la **figura 5**, se pueden identificar dos conglomerados tróficos, en los que no se puede establecer claramente si la estación del año o la zona de procedencia tiene mayor influencia en la conformación de los grupos. El primer conglomerado agrupa a individuos de dos épocas del año, invierno y otoño y de las dos zonas, por lo que en este grupo se encuentran ubicadas las muestras de aguas exteriores de otoño-invierno más las de invierno de aguas interiores. El segundo conglomerado corresponde a individuos de aguas exteriores de verano y aguas interiores de otoño.

El primer grupo identificado mostraría valores altos de %IIR en los ítems merluza de cola, restos de peces, eufáusidos y camarones (IIR%=72,23-25,6) (**Tabla 6**), en tanto que el segundo conglomerado presentaría como ítems de mayor importancia a la merluza de cola. En forma separada quedan las muestras provenientes de aguas interiores de los meses de verano (AIVE), presentando un %IIR de entre un 30,9 y 34,9 para crustáceos.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, no se puede establecer un patrón general para la formación de los grupos entre época del año o zona de procedencia de este recurso, quizá sólo se pueda decir que muestras tomadas en estaciones del año consecutivas tendrían mayor similitud.

Heterogeneidad Trófica

Dada la necesidad de entender las comunidades biológicas como una unidad integral, en la cual sus componentes (especies) interactúan en forma dinámica, es que se utilizó el índice de diversidad de Shannon (H') con el propósito de describir las propiedades de las comunidades de peces demersales de la zona sur-austral, a través de una medida numérica que permita estimar la amplitud de la dieta específica de los predadores mediante el análisis de diversidad de las presas consumidas.

Aún cuando en el contexto general las especies merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola presentan una amplia variedad de taxas en su composición dietaria, en estructura de dominancia, presentan una diversidad muy baja, con valores que en ningún caso supera el $H'=0,5$.

En el caso de merluza del sur, el índice de diversidad de Shannon muestra una clara tendencia a la estenofagia en lo que se refiere a las muestras extraídas de aguas interiores, con un valor pequeño ($H'=0,034$), es decir, la dieta está sustentada por un reducido número de especies de presas, en cambio para aguas exteriores se obtuvo el valor más elevado ($H'=0,269$), lo que muestra una diferenciación por zona de procedencia, debida a la mayor o menor diversidad de especies presa. Este hecho probablemente tenga una fuerte influencia también en la separación que se observa en el dendrograma de la **figura 1**.

Para la especie congrio dorado, la situación en términos de la diversidad de taxas es diferente a la anteriormente expuesta ya que tanto para aguas interiores y exteriores se presentan valores similares: $H' = 0,13$ para aguas interiores y $H' = 0,14$ para aguas exteriores, lo que no permite establecer en forma definitiva si esta especie es euri o estenofágica. No obstante lo anterior y a la luz de los valores estimados para las otras especies tendría una tendencia a la eurifagia.

La merluza de cola, por otro lado es la especie depredadora que muestra mayor tendencia a la estenofagia, con valores relativamente bajos ($H' = 0,064$ para aguas interiores y $H' = 0,0443$ para aguas exteriores) denotando un reducido espectro trófico.

Similitud trófica y Unidades Tróficas Ontogenéticas (UTOs)

A partir de los descriptores cuantitativos de las presas (%N, %G, %F y %IIR), se obtuvo la matriz de similaridad de los depredadores agrupándolos en las categorías, aguas interiores y exteriores, por unidades de pesquería, estaciones de año y por intervalos de tallas (UTOs). Para definir los UTOs, los ejemplares de cada especie fueron agrupados arbitrariamente en intervalos de 5 cm de longitud total, tal como fuera señalado en la propuesta metodológica, con el propósito de evaluar algún tipo de segregación (si es que existe), de acuerdo a cada una de las variables señaladas y por grupos de tallas (cambio ontogenético en el comportamiento dietario).

Merluza del sur

En el análisis de las OTU para esta especie, se pueden identificar tres grupos tróficos (**Fig. 6**), los cuales tienden a agruparse por zona de procedencia (aguas exteriores e interiores), así como por las tallas. De forma similar, dentro de cada grupo se puede observar que se presentó un orden secuencial en las tallas. Esto indicaría que individuos de tallas sucesivas tienen dietas similares.

El primer grupo está compuesto por individuos de entre 66 y 85 cm de longitud, provenientes de aguas interiores, los que estarían consumiendo principalmente merluza de cola (31%-38%) y crustáceos, en especial camarón. El segundo grupo compuesto por individuos de aguas exteriores de entre 71 y 100 cm, lo que se consideran tamaños medianos a grandes, está consumiendo como principales ítems, merluza de cola (alrededor de un 40%) y pejerata, variando éste último varía entre un 16% y un 28% (**Tab. 7**). También es posible observar que los individuo “grandes” (96-100 cm), presentan consumo de merluza de tres aletas con un %IIR=13,42. El tercer grupo también compuesto por individuos de aguas exteriores, con longitudes que varían entre menores de 50 cm hasta los 70 cm, que se pueden considerar tallas pequeñas, estarían consumiendo como principal ítem la merluza de cola (entre 35 a un 44%, **Tabla 7**), mientras que con menor selección por parte del depredador se encuentran los ítems mictófidios, restos de peces y camarón. El resto, que corresponde a entidades aisladas, según el nivel de corte, corresponde a

individuos de tallas pequeñas provenientes de aguas interiores, los que consumirían principalmente y casi en forma exclusiva merluza de cola. La excepción la constituye el intervalo de tallas menores a 50 cm, los que sólo muestran tener indicios de consumo de camarón. No obstante lo anterior, se debe destacar el hecho que la identificación de grupos tróficos estaría dada principalmente por las zonas a las cuales pertenecen, presentándose dentro de cada zona cierta segregación por tamaño, aún cuando casi todos los estratos de talla consumirían merluza de cola.

Al analizar estos resultados nuevamente se ratifica la condición principalmente ictiófaga del recurso merluza del sur, predando secundariamente sobre crustáceos.

Congrio dorado

Para este recurso se identificaron cuatro grandes grupos tróficos (considerando como grupo trófico a aquellos conglomerados que están compuestos por más de un rango de tallas) (**Fig. 7**). Los tres primeros grupos identificados, están constituidos por individuos que pertenecen ya sea a aguas exteriores o bien a aguas interiores, mientras que el cuarto conglomerado lo constituyen individuos de ambas zonas. Es posible observar también, que el primer grupo está compuesto por ejemplares de aguas interiores y la talla de los individuos varía entre 76 y 100 cm (tallas medianas a grandes). El porcentaje de IIR revela que este grupo preda principalmente sobre merluza de cola (21 a 35%) y merluza de tres aletas (%IIR entre 20 y 27%), siendo este último ítem presa consumido por los individuos mayores a los 80 cm (**Tab. 8**). También se observa un “alto” porcentaje de resto de peces, lo que implicaría que las especies antes mencionadas podrían aumentar en algún grado su representatividad en la dieta.

El segundo grupo lo componen individuos de aguas exteriores de tamaño grande (entre 85 y mayores a 100 cm). Este grupo también presenta como ítem principal a la merluza de cola (%IIR entre 22 y 28%), seguido de pejerrata con porcentajes de IIR que oscilan entre un 11 y un 20%, además de presentar un porcentaje importante de resto de peces.

El tercer grupo, también lo componen individuos de aguas exteriores de tallas pequeñas a medianas (71 a 80 cm), encontrándose valores similares de %IIR para los ítemes resto de peces y nototénidos.

Por último, el cuarto grupo está compuesto por individuos pequeños de aguas interiores (71-75 cm) y de aguas exteriores grandes (91-95 cm), los que presentan similares porcentajes para los ítemes merluza de cola y nototénidos.

Como entidades aisladas, se identificaron a individuos de aguas exteriores entre 61-65 cm y 66-70 cm, mientras que en aguas interiores a individuos mayores a 100 cm y a los de entre 86 a 90 cm (**Tab. 8**).

De acuerdo con este análisis, **Genypterus blacodes**, mantiene una dieta netamente ictiófaga, en todos los rangos de talla y zonas (aguas interiores y exteriores) en donde habita. No obstante lo anterior, se observa una leve separación por zona, lo que se debería a la presencia de diferentes especies y porcentaje de ellas en cada área.

Merluza de cola

El estudio de la similitud trófica por clase de tamaño para la merluza de cola permitió identificar cuatro grupos (**Fig. 8**). Estos presentan una separación relativamente clara respecto del tamaño. Además, no se aprecia una separación por procedencia (aguas interiores o exteriores). Lo anterior implica que en esta especie se podría establecer la existencia de probables unidades ontogenéticas tróficas.

El primer grupo identificado está compuesto por individuos procedentes de aguas interiores con tamaños entre los 86 y 95 cm. Este grupo trófico está consumiendo como único ítem, la merluza de cola, con un %IIR= 100 (**Tabla 9**).

El segundo grupo identificado comprende individuos tanto de aguas exteriores como de interiores, que cubren el rango de tallas entre 76 y >100 cm (**Fig. 8**). La determinación del IIR (**Tabla 9**), muestra que en este grupo la merluza de cola alcanza entre 35 y 58,5% de importancia relativa, haciéndose también importante el ítem sardina (41,55%), en los individuos de aguas interiores de entre 18 y 85 cm, mientras que para los mictófidos se estimó un 35,7%. El tercer grupo también está constituido por individuos provenientes de aguas exteriores con tamaños que oscilan entre 61 y 70 cm considerándose éstos como pequeños. Los ítems que presentaron mayor importancia relativa en los estómagos de este grupo son: eufáusidos entre 41 y 48%, restos de peces con alrededor de un 30% y restos de crustáceos. Es importante señalar que en este grupo no se observó la presencia del ítem merluza de cola, común para todo el resto de los conglomerados.

El cuarto grupo identificado está constituido por individuos que cubren un rango de tallas entre 56 y 85 cm. Para este grupo los principales ítems identificados son merluza de cola con porcentajes de IIR entre 22,3 y 50,6%, eufáusidos (23,8-27,8%), sardinas (21-27%) y camarón con %IIR entre 20 y 28% (**Tab. 9**). Los individuos de aguas exteriores que están en el rango de 91 a 95 cm quedan aislados de los otros grupos, dado que en sus dietas presentan un índice relativo de casi un 53% de merluza de tres aletas.

Al igual que en los otros dos recursos, la merluza de cola presenta una clara tendencia ictiófaga con claras señales de canibalismo, tanto en individuos provenientes de aguas exteriores como interiores.

Tasa instantánea de evacuación gástrica, tiempo de digestión y tasas de consumo

En las **Tablas 10,11,12**, se presentan los valores de tiempo de digestión (TD, en días), el cual es un estimador del período que se tarda un predador en digerir completamente un determinado ítem de presa, tasa instantánea de evacuación gástrica (R), cuyo valor corresponde a una constante definida para crustáceos y peces según la expresiones de Worobec (1984) quién señala, basado en datos experimentales, que existiría una relación directa entre la evacuación gástrica y la temperatura promedio del agua en las cuales se realiza el estudio. En el presente estudio, R fue calculado utilizando para la UPN, aguas interiores una temperatura de 11,5 °C y 11 °C para aguas exteriores, en tanto que para la UPS estos valores fueron de 11° C para aguas interiores y 10,56 °C para aguas exteriores. La ración diaria (RD), expresada como la fracción en peso de un determinado ítem presa en un período de tiempo (un día), entrega un indicador de la tasa de consumo del predador respecto de esa presa.

Merluza del sur

Para merluza del sur, se puede observar que la tasa instantánea de evacuación gástrica en la UPN en aguas interiores fue de $R=0,0602$ para peces y $R=0,0504$ para crustáceos, en tanto que en aguas exteriores fue de $R=0,0603$ para peces y $R=0,0505$ para crustáceos. Por su parte en la Unidad de Pesquería Sur se mantiene la misma tendencia que en la otra unidad de pesquería, con tasas instantáneas de evacuación mayores en peces (0,056 y 0,054) y menores para crustáceos (0,0433 y 0,0451).

En lo que respecta a los tiempo de digestión, se observa que los ítemes que tardan más tiempo en digerirse corresponde a crustáceos (eufáusidos y camarones) con un $TD=3,26$ días, tanto para aguas interiores como exteriores de la unidad de pesquería norte, a diferencia de los peces cuyos tiempos de digestión son menores ($TD=2,58$ a $2,74$ días). En la unidad de pesquería sur se conserva este patrón, pero con tiempos levemente mayores tanto para peces como crustáceos (**Tab. 10**). Por otro lado, el ítem calamar presentó valores de TD similares a los registrados para crustáceos. Este comportamiento de los índices es concordante con el grado de dureza corporal que presentan los diversos ítem presas, siendo claramente más duro el exoesqueleto de los crustáceos que la dermis de los peces, lo que resulta en tiempos de digestión claramente distintos para estos ítemes presas.

Los valores de ración diaria, expresan (en peso) la ración por día que es consumida por el predador respecto de un ítem presa en particular, o también, según Diana (1979), este indicador puede expresar también un porcentaje de peso corporal. Se observa en la Tabla 13, que los valores más altos de RD para merluza del sur corresponde al ítem presa merluza de cola, alcanzando entre un 0,021 y un 0,082%, presentándose este máximo en aguas interiores de la unidad de pesquería sur. También es importante señalar que en general los crustáceos y moluscos presentan raciones diarias menores a excepción de los eufausidos, los que en aguas interiores presentan RD del orden del 0,05%.

Congrio dorado

Para congrio dorado las tasas instantáneas de evacuación gástrica presentaron una baja variabilidad en torno a los $R=0,05$, al igual que merluza del sur, con las más altas tasas para peces en ambas unidades de pesquería y en ambas zonas. Los tiempos de digestión se mantienen relativamente estables, oscilando entre los 2,28 y 3,26 días para todas las especies en todas las zonas (**Tab. 11**). Nuevamente se constata el mayor tiempo de digestión requerido por los crustáceos en comparación con los peces. Respecto de las raciones diarias, se observa que las mayores raciones corresponden a los ítems merluza de cola, pejerrata y sardina, en tanto que las menores corresponden al ítem calamares (Tab. 14).

Merluza de cola

Para esta especie la tasa instantánea de evacuación gástrica por ítem presa, presenta el mismo comportamiento que el descrito para la merluza del sur y congrio dorado, con valores de R que oscilaron entre 0,0433, que corresponde al ítem eufáusidos en aguas exteriores de la UPS y 0,0603 que se presentó para merluza de cola en aguas exteriores de la UPN (Tab. 15). Por su parte los tiempos de digestión se mantuvieron en el mismo orden de magnitud que los presentados en los otros dos recursos (2 a 3 días), en tanto que las raciones diarias presentaron similar tendencia, mostrando la merluza de cola (como presa), las mayores raciones diarias y los eufáusidos la menor (Tab. 15).

El comportamiento trófico de merluza de cola, según se señala en la **Tabla 12**, se muestra bastante reducido en presas, lo que estaría ratificando la condición de estenofagia en la especie.

Consumo poblacional

Merluza del sur

Para el recurso merluza del sur se identificaron principalmente los ítems presa, merluza de cola, merluza de tres aletas, y pejerrata. De estos, fundamentalmente el consumo se dirigió a merluza de cola, con un total de 29.170 t/año, representando el 45% del total consumido, seguido por pejerrata con 18.037 t/año, con poco menos del 28% del total. Destaca también la participación de merluza de tres aletas con 17.502 t/año. Así, queda claramente establecida la condición netamente ictiófaga de recurso, dado que los otros ítems en su conjunto no superan el 1% del consumo total (**Tab. 13**). El valor de biomasa del predador se obtuvo del trabajo realizado por Aguayo *et al.* (1996), quien estima un stock de merluza del sur de alrededor de 133.564 toneladas.

Congrio dorado

El recurso congrio dorado, al igual que merluza del sur, consumió preferentemente sardinas (4.848 t/año), alcanzando un 40% de las principales presas consumidas por el recurso. Destaca también la presencia de merluza de cola (3.480 t/año), pejerrata (2.411 t/año) y merluza de tres aletas (1.359 t/año), representando esta última un 11% del total. En la **Tabla 13** se presentan los consumos poblacionales estimados para el recurso en cuestión considerando las principales presas, conjuntamente con el valor de biomasa del depredador, el cual alcanza a las 21.835 (t) (Aguayo **et al.** 1996). Cabe destacar que en el consumo total de esta especie pueda estar subestimando el ítem crustáceos, debido a que generalmente se registraron en el contenido estomacal del predador como restos, con un alto grado de digestión.

Merluza de cola

Para **Macruronus magellanicus**, se puede señalar que presenta un espectro trófico reducido, con un consumo de casi un 100% de individuos de su misma especie, con un total de 74.446 t/año, demostrando así claramente su tendencia al canibalismo. Sin embargo, probablemente el valor de consumo poblacional estimado para los otros ítem presas, esté bajo el verdadero valor poblacional, debido a que los crustáceos aparecen generalmente con un alto grado de digestión al igual que en el congrio dorado, y además, a que el número de estómagos con contenido fue relativamente bajo. A diferencia de los otros dos recursos, el valor utilizado de biomasa del predador proviene de una evaluación hidroacústica, la cual determinó una biomasa de 263.900 t, para la Unidad de Pesquería Norte (Lillo **et al.**, 1997). Por otra parte, en 1994 Lillo **et al.**, estimaron una biomasa de 106.080 t para la Unidad de pesquería Sur, por lo cual y asumiendo una relativa estabilidad se podría estimar, para la totalidad del área unas 370.000 t de merluza de cola.

DISCUSION

Rol trófico de las especies en estudio

De los resultados obtenidos al determinar el Índice de Importancia Relativa de ítems presa de merluza del sur, queda en evidencia la marcada tendencia ictiófaga de esta especie, así como el estrecho rango de ítems presa encontrado para una de las áreas, denotando una condición estenofágica, antecedentes que han sido previamente reportados en estudios en la especie (Payá, 1992, Mora **et al.**, 1993, Roa **et al.**, 1995).

La composición taxonómica de las presas sobre las cuales depredan las tres especies analizadas resultan muy similar en términos cualitativos, lo que puede estar condicionado, tanto por la ecología de las especies (distribución, hábitat y profundidad entre otros), como por causas filogenéticas en el caso de las dos especies de merluza. Esto, ya que ambas

presentan morfologías similares en aquellas estructuras asociadas a los mecanismos de captura e ingestión del alimento.

Dado que la dieta, en las 3 especies, está compuesta en gran porcentaje por peces, resulta importante destacar el *rol trófico* que cumplen estas especies-recurso en los ecosistemas marinos de la zona sur-austral. La trama alimentaria en la cual participan estas especies ubican tanto a **G. blacodes**, **M. magellanicus** y **M. australis** como consumidores secundarios o carnívoros de tercer orden, ya que su alimento lo constituyen el zooplancton herbívoro además de un número importante de especies de peces, destacando en ellos un porcentaje de canibalismo que también ha sido descrito en estudios anteriores (Payá 1993, Mora *et al.* 1993, Roa *et al.* 1994). Sin embargo, de los resultados obtenidos en este estudio se puede inferir que la merluza del sur está cumpliendo un rol de depredador tope, si no se considera a los lobos u otros mamíferos acuáticos del ecosistema en estudio, dado que no se presentó como presa de ninguna otra especie predador. Este rol estaría siendo compartido por el congrio dorado, especialmente en aguas interiores, el que tampoco aparece como una especie presa.

Importancia relativa de las presas

Del total de estómagos muestreados, queda en evidencia la tendencia ictiófaga de las tres principales especies predatoras consideradas en este estudio (merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola). Como principal presa entre los peces cuenta la merluza de cola, llegando a tener una importancia relativa que en algunos casos supera el 50% de los ítems encontrados en el contenido estomacal de merluza del sur, seguido de pejerratas (alrededor de 25%), crustáceos y merluza de tres aletas, la que llega a un 20% de importancia relativa, resultados concordantes con los encontrados por Payá (1992).

En el caso del congrio dorado, la situación es similar, mostrando una preferencia hacia el consumo de merluza de cola (entre 16-31%), teniendo como ítems secundarios a pejerrata y merluza de tres aletas con preferencias, para este último ítem de entre 11 y 18%, el cual es consumido primordialmente en otoño- invierno. Los resultados obtenidos al determinar las preferencias dietarias de merluza de cola, indican que esta especie también muestra una tendencia ictiófaga con un importante grado de canibalismo, el que según nuestras estimaciones puede alcanzar, en determinadas épocas del año, a superar el 70% de importancia relativa. Los porcentajes antes mencionados, indican que la merluza de cola sería la principal especie consumida por los peces demersales de la zona estudiada. Esto tiene una implicancia fundamental en las estimaciones de stock, considerando que la mortalidad natural (en la cual se considera la predación) es un factor crítico de estos cálculos. De igual forma y como consecuencia de lo anterior, es una problemática a ser considerada en las medidas de manejo que deberían ser implementadas, tanto para las especies predatoras de merluza de cola, como para la propia especie presa. Las estimaciones de importancia relativa de presas para merluza del sur, contrario a lo esperado, demuestran que la zona de procedencia de las muestras sería un factor más fuerte que la talla para determinar la preferencia dietaria de esta especie. Se debe tener presente que el espectro de tallas incluido en el estudio está determinado por el área y la selectividad del arte de pesca que utilizan las embarcaciones pesqueras. Bajo este escenario se puede

asumir que en aguas interiores los individuos pequeños, en general, estarían consumiendo en forma importante crustáceos (camarones), en tanto que los individuos de tallas medias y grandes predarían sobre merluza de cola. Para aguas exteriores, las presas que demuestran tener mayor incidencia en todo el rango de tallas es la merluza de cola seguido por pejerreta. En el caso del congrio dorado, no se identificó claramente la influencia de las tallas de los individuos en su preferencia alimentaria. Sin embargo, pareciera ser que la zona de procedencia tendría alguna influencia sobre ésta (fig 8). Por otra parte, sobre la base de este estudio, no es factible identificar fácilmente la existencia de unidades ontogenéticas tróficas en el congrio dorado. No obstante, sí es posible identificar que durante otoño-invierno en ambas zonas la dieta de este recurso es similar. Por el momento no se tienen antecedentes que permitan dilucidar los factores que influirían esta situación, por lo cual sería de interés desarrollar futuros estudios dirigidos a establecer la dinámica espacio-temporal de este recurso relacionándolo a condiciones ambientales y biológicas de la especie. Para el recurso merluza de cola, se identificó una situación en que no es claro cual factor influyó en la separación de los conglomerados tróficos, ya que se presenta una combinación de zonas y épocas del año. Sin embargo y a diferencia de los otros recursos se aprecia una diferenciación dietaria por tamaño, con lo cual se podrían identificar unidades ontogenéticas tróficas. Estas se adecuarían, según los resultados, a una ingestión de merluzas de cola por parte de los individuos de tallas grandes (80 entre y mayores de 100 cm), los de talla media (71-76 cm) predarían principalmente también sobre merluza de cola (obviamente más pequeña) y sobre sardina, en tanto que los individuos de tallas menores tendrían como ingesta principal a los crustáceos (Eufáusidos).

Heterogeneidad trófica

De las tres especies estudiadas, la merluza del sur proveniente de aguas exteriores y el congrio dorado presentan índices de Shannon, que indican una tendencia a la eurifagia, siendo esta más marcada en la merluza del sur. No obstante lo anterior, la merluza del sur extraída en aguas interiores presenta un valor de Shannon similar a las de merluza de cola, la que muestra, según nuestros resultados, una clara tendencia estenofágica. Si bien este índice nos entrega información de la diversidad dietaria de los predadores, no entrega información explícita de los ítems más preferidos, por lo cual sólo sirve para establecer que tan euri o estenofágico es una determinada especie. De acuerdo con estos conceptos y los valores de H' obtenidos, podemos decir que la merluza de cola se encasilla como una especie estenofágica. Sin embargo, no se puede afirmar que las otras dos especies sean esteno o eurifágicas en forma absoluta, en especial la merluza de cola, en la que este tipo de clasificación está dependiendo de la zona en que se encuentre. Por otra parte si además se considera que la merluza del sur preda sobre merluza de tres aletas sólo en determinada época del año, se podría decir que este predador se clasificaría como oportunista, ya que sus presas dependen del lugar y la oferta alimentaria del momento.

Tasa instantánea de evacuación gástrica, tiempo de digestión y ración diaria

Las tasas instantáneas de evacuación gástrica estimadas para los tres recursos en estudio, presentan una misma tendencia, con valores para los ítemes presas peces entre 0,05 y 0,06, mientras que para los ítemes crustáceos disminuye levemente con valores entre 0,04 y 0,05, manteniéndose relativamente constante para todas las zonas analizadas.

Los valores obtenidos para el tiempo de digestión de merluza del sur, son comparativamente menores a los reportados por Payá (1992), donde se encontraron valores para el ítem merluza de cola del orden de los 4 a 6 días para la zona de aguas exteriores de las unidades de pesquería norte y sur. Para el resto de las especies en estudio se registraron tiempos de digestión entre los 2,5 y 3,01 días para peces, en tanto que para los ítemes crustáceos y moluscos los valores obtenidos son mayores, oscilando entre 3,11 y 3,79.

Los resultados obtenidos de ración diaria para merluza del sur, son similares a los encontrados por Payá (1992), oscilando entre 0,021 y 0,082, considerando las cuatro zonas en que está dividida la pesquerías. En general, los valores para las tres especies predatoras no presentan variaciones significativas en los ítemes presa que son consumidos por ellas, quedando de manifiesto que los crustáceos constituyen un muy bajo porcentaje respecto del tamaño (peso) del predador y se reafirma la hipótesis que la merluza de cola y el pejerrata son los ítemes que más aportan a la dieta de las principales especies consideradas en este estudio.

Consumo poblacional

Los valores de biomasa de cada predador provienen, tanto de estimaciones hidroacústicas como de evaluaciones indirectas. En el primer caso éstas se realizaron en la época en que el recurso estudiado se encuentra concentrado, con lo que se estaría cubriendo una proporción considerable del stock. En el segundo, las estimaciones consideran la totalidad del área de operación de cada una de las flotas que realizan faenas de pesca en la zona Sur-Austral, por lo cual los valores de biomasa utilizados en el cálculo de consumo poblacional serían representativos de los tamaños poblacionales.

Al analizar los estimados de consumo poblacional, queda nuevamente en evidencia la clara tendencia ictiofaga de las especies merluza del sur, congrio dorado y merluza de cola, con una importante participación de merluza de cola como principal ítem presa de ambas merluzas. En segundo lugar de importancia, para merluza del sur, se sitúan los pejerrata y con un 1% menos la merluza de tres aletas. En el caso del congrio dorado, el principal ítem corresponde a sardinas, seguido de merluza de cola, pejerratas y finalmente merluza de tres aletas. Por su parte merluza de cola no parece presentar otro ítem de importancia que su misma especie como ítem presa. De acuerdo con estos resultados, tanto la merluza del sur como el congrio dorado ejercen una considerable presión de predación sobre merluza de cola y merluza de tres aletas, teniendo ésta última mayor importancia en el consumo de merluza del sur.

La última evaluación indirecta de stock de merluza de cola fue realizada en 1986 por

Aguayo **et al.** quienes estimaron un total de 983.577 (t). Esto hace pensar que la biomasa total del recurso debiera ser muy superior a la estimación realizada por Lillo **et al.** en 1997 y 19940, la que cubrió un área restringida de la distribución de la especie. Si bien es cierto, las otras estimaciones se realizaron considerando la zona de procedencia y unidad de pesquería en donde fueron capturados los recursos en cuestión, el consumo poblacional tuvo que determinarse para todas las áreas como un total, ya que no existen estimaciones de biomasa por zona para cada una de las especies involucradas.

Al realizar el ejercicio de estimar la cantidad promedio (en gramos) para la población, de alimento que debiese tener cada individuo en su estómago por día, estos valores coincidieron con los estimados por Roel y Macpherson (1988), Muc y Sanchez (1987) y por Payá (1992). Hecho que indica que los estimados de ración diaria son consistentes.

Efectos de la presión de pesca sobre las interacciones biológicas

Las relaciones de tipo trófico aquí presentadas, se pueden ver fuertemente afectadas por la explotación pesquera de cualquiera de las especies, si la presión de pesca ejercida es muy intensa según lo que plantea Smale (1992), ya que este factor puede alterar en forma importante la estructura de la población. Esto es más importante cuando se trata de poblaciones de vida larga y crecimiento lento, por lo que la talla de primera madurez se alcanza después de varios años de vida. Dado que la merluza del sur es una especie que concuerda con las características antes mencionadas, si este estudio se hubiese realizado cuando la pesquería recién se iniciaba, probablemente los resultados obtenidos, al menos para merluza del sur, hubiesen diferido notablemente.

Efectos del tratamiento y análisis de la información y medidas de administración

Hasta el momento, las especies de interés comercial que cohabitan e interactúan ecotróficamente han sido estudiadas, la mayor parte de las veces, como especies independientes o aisladas sin considerar el ambiente (biótico y abiótico) en que están inmersas, provocando que se tenga una visión y se realicen análisis al menos parcial de su comportamiento y dinámica poblacional. Esto es crítico al momento de tomar decisiones referida a la administración de estos recursos, ya que no se considera el efecto que pueda tener una medida de administración y por ende de utilización de cada especie respecto de las otras con las cuales al menos mantiene una relación de tipo predador presa. De lo anterior es evidente que se debería cambiar la forma en que se realiza la investigación y administración este grupo de especies, en especial referido a la zona sur austral, de tal forma que se considere su entorno, sus interacciones biológicas y ecotróficas, realizando con ello una administración integral del conglomerado de especies de interés comercial. En síntesis se debería adoptar en el mediano plazo a un enfoque multiespecífico de investigación y administración, ya que la explotación de una de las especies puede estar influenciando incluso los parámetros vitales de las otras, por ejemplo la mortalidad natural (M).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos,, V. Ojeda, T. Peñailillo,R. Gili, C. Vera, H. Robotham. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral - 1985. Estado de situación del recurso. CORFO-IFOP AP 87/3, 143 págs.
- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos, T. Peñailillo, V. Ojeda, C. Vera, H. Hidalgo & I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral - 1986. Estado de situación del recurso. CORFO-IFOP AP 87/3, 213 págs.
- Aguayo, M., I. Céspedes, I. Payá, E. Figueroa, V. Ojeda & L. Muñoz. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral - 1992. Estado de situación y perspectivas del recurso. CORFO-IFOP SGI-IFOP 93/3, 64 págs.
- Aguayo, M, A. Zuleta, I. Payá. 1995 Pre-Informe final, Investigación CTP regionalizada merluza del sur.- 1996. Informe IFOP-Subsecretaría de Pesca, Circulación restringida.
- Aguayo, M,. 1995 Biology and Fisheries of Chilean hakes. en HAKE Fisheriers, Ecology and Markets, J. Alheit and T. J. Pitcher.
- Aguayo, M, A. Zuleta, I. Payá. 1996 Informe final, Investigación CTP regionalizada de congrio dorado.- 1996. Informe IFOP-Subsecretaría de Pesca, Circulación restringida.
- Arancibia, H. 1988. Cluster analysis: the use of a simple statistical method in the identification of groups. ICES. C:M./D:12 Statistics Cttee., Ref. Demersal Fish Cttee., 18 p.
- Arancibia, H. 1989. Distribution patterns, Trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) des Fachbereiches Biologie der Universität Bremen. 221 págs.
- Arancibia, H. 1991. Análisis ecológico-pesquero del recurso langostino colorado (**Pleuroncodes mondon**) y su interacción con merluza común (**Merluccius gayi**) y lenguado de ojos grandes (**Hippoglossina macrops**). Biología Pesquera. 20: 37-48.
- Arancibia, H., M Fuentealba y R. Melendez. 1993. (Submitted).Food daily ration and consumption/biomass ratio in horse mackerel off central-southern Chile. Archive of Fisheries and Marine Research, Germany.

- Avilés, S., M. Aguayo y J. Cañon. 1979. Congrio dorado, **Genypterus blacodes** (Schneider) Teleostomi Perciformes Ophidiidae. En estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Vol I (peces). Parte 12. CORFO-IFOP (Ap-79-18). 323 p.
- Balbontín, F. 1981. Las prospecciones de ictioplancton y sus aplicaciones. En: Tópicos de Ciencias del Mar, Vicerrectoría de Extensión y Comunicaciones, Universidad de Chile, 9 págs.
- Balbontín, F. y M. Garretón. 1977. Desove y primeras fases de desarrollo de la sardina española, **Sardinops sagax musica**, en Valparaíso. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 16: 171-181.
- Bernal, R., F. Balbontín & O. Rojas. Patrones de distribución de huevos y larvas de **Merluccius gayi gayi** en la costa de Chile y factores ambientales asociados. Revista de Biología Marina (aceptado para su publicación).
- Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5: 125-128.
- Brownell, C. L. 1979. Stages in the early development of 40 marine fish species with pelagic eggs from the cape of Good Hope. Ichthyol. Bull. (40): 84 pp.
- Bruce, B.D. 1988. Larval development of blue grenadier, **Macruronus novaezelandiae** (Hector), in Tasmanian waters. Fish. Bull., U.S., 86: 119-128.
- Ciechomski, J. & C.I. Booman. 1981. Descripción de embriones y de áreas de reproducción de los granaderos **Macrourus whitsoni** y **Coelorhynchus fasciatus**, de la polaca **Micromesistius australis** y del bacalao austral **Salilota australis** en la zona patagónica y fueguina del Atlántico sudoccidental. Physis Sección A, 40 (98) :5-14.
- Ciechomski, J. y G. Weiss. 1974. Características del desarrollo embrionario y larval de las merluzas **Merluccius merluccius hubbsi** y **Merluccius polylepis** (Pisces, Merlucciidae). Physis A. 33(87): 527-536.
- Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques, 3rd Ed., John Wiley and Sons, N.Y.
- Csirke, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, FIRM/T192. 82 págs.
- Diana, J.S. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (**Esox lucius**). Can. J. Zool. 57: 2121-2127.
- Elliot, J. M. y L. Person. 1978. The estimation of the daily rates of food consumption for fish. J. Anim. Ecol. 47: 977-991.

- Fahay, M.P. and D.F. Markle. 1983. Gadiformes: Development and relationships. 265-283. In: Moser, H.G. (Ed.). 1983. Ontogeny and Systematics of Fishes. Special publication number 1. Amer. Soc. Ichthyol. Herpetologists. 760 pp.
- Fischer, W.K. 1959. Huevos, crías y prelarvas de la merluza. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 9: 229-249.
- Fuentealba, M. 1993. Relaciones tróficas intraespecíficas de la merluza común, **Merluccius gayi** (Guichenot, 1848); de Chile Central. Tesis de Magister. Escuela de Graduados Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 110 págs.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of freshwater sticklebacks (**Gasterosteus aculeatus** and **Pygosteus pungitus**) with a review of methods used in studies of the food of fishes. J. Anm. Ecol. 19:36-58.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis - A review of methods and their application. Journal of Fish Biology. 17: 411-429.
- Jacksic, F. 1989. Tamaño corporal de depredadores como predictor de atributos tróficos: en el caso de las aves rapaces. Medio Ambiente. 10 (1) : 23-26.
- Jones, B. y G. H. Geen. 1977. Food and feeding of spiny Fish. Res. Bd. Can. 34:2067-2078.
- Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino. 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47°00' L.S. Informe Fial. Inst. Fom. Pesq.
- Lillo, S., M. Espejo, R. Cespedes, L. Adasme, J. Blanco, J. Letelier, M. Braun, V. Valenzuela. 1997. Evaluación directa del stock de merluza de cola X y XI Regiones. Pre-Infome Final, FIP 95-18
- Livingston, P.A., D.A. Dwyer, D.L. Wencker, M.S. Yang y G.M. Yang. 1986. Trophic interactions of the key fish species in the Eastern Bering Sea. Inst. North. Pacific. Fhs. Comm. Bull., 47: 49-65.
- Macpherson, E. 1985. Daily ration and feeding periodicity of some fishes off coast of Namibia. Mar. Ecol. Progr. Ser., 26 : 253-260.
- Mehl, S. y T. Westgard. 1983. Gastric evacuation rates in mackerel (**Scomber japonicus** L.). ICES C. M. / H: 33. Pelagic Fish. Comm., 11 pp.
- Muck, P. and G. Sanchez. 1987. The importance of mackerel and horse mackerel for the Peruvian anchoveta stock (a population and feeding model), p. 276-293. In D. Pauly and I. Tsukuyama (eds). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. ICLARM Studies and Reviews 15, 351 p. Instituto del mar del Perú (IMARPE).

- Nakamura, I. (Ed). 1986. Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, 369 págs.
- Ojeda, F. P. 1981. Estructura comunitaria de peces demersales en el extremo austral de Chile: Explicación ecológica de patrones latitudinales, batimétricos y de simpatria. Tesis. Universidad de Chile. 91 p.
- Patchell, G.J., M.S. Allen and D.J. Dreadon. 1987. Egg and larval development of the New Zealand hoki **Macruronus novaezelandiae**. New Zealand J. Mar. Freshw. Res. 21(2):301-313.
- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLAM. Studies and reviews 8 , 325 p. International Center for living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Payá, I. y F. Rocha. 1991. El rol de merluza del sur (**Merluccius australis** Hutton, 1872) como predador en la comunidad de peces de la zona sur-austral. Resúmenes XI Jornadas de Ciencias del Mar. p. 58
- Payá, I. 1992. The diet of patagonian hake **Merluccius australis polylepis** and its daily ration of patagonian granadier **Macruronus magellanicus**. In: The benguela Trophic Functioning. Payne, A.I.L. Brink. K. H., Mann, K. H. and R. Hilborn (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 12: 753-760.
- Payá, I., S. Lillo, J. Córdova, A. Paillaman, R. Quiñones, J. Blanco, R. Céspedes, E. Figueroa e I. Céspedes. 1993. Evaluación directa de la abundancia de recursos demersales en aguas exteriores de la pesquería sur-austral. IFOP. 72 p.
- Pennington, M, & R. Bowman. 1982. Variability of the weight of stomach contents of fish and its implications for food studies. In: gutshop'81. Fish Food Habits studies. Proc. Third Pacific Workshop. G. M. Cailliet & Ch. A. Simenstad (Eds.): 2-7.
- Pinkas, L., M. S. Oliphant y L.K. Iverson. 1971 Food Habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull. Calif. 152 : 105 pp.
- Quiñones, R., H. Muñoz, S. Nuñez & R. Serra. 1994. Informe evaluación hidroacústica del stock de jurel en la zona centro - sur, V a IX regiones. Informe FIP. Fondo de Investigación Pesquera.
- Roel, B. and E. Macpherson 1988. Feeding of **Merluccius capensis** and **M. Paradoxus** off Namibia. S. Afr. mar. Sci. 6: 227-243.
- Seaton, D.D. & R.S. Bailey. 1971. The identification and development of the eggs and larvae of the blue whiting **Micromesistius poutassou** (Risso). J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 34: 76-83.

- Smale, M. J. 1992 Predatory fish and their prey- an overview of trophic interactions in the fish communities of the west and south coast of south africa. Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H. and R. Hilborn (Eds). S. Af r.J.mar.Sci. 12: 803-821.
- Sokal, R. & J. Rolf. 1969. Biometría. Primera edición. H. Blume ediciones. Rosario, 17 - Madrid - 5. 831 págs.
- Ursin, E. 1973. On the prey size preferences of cod and dab. Meddr. Danm. Fisk.-og. Havunders 7: 85-98.
- Weiss, G. 1974. Hallazgo y descripción de larvas de la polaca **Micromesistius australis** en aguas del sector patagónico argentino (Pisces, Gadidae). Physis, Sección A, 33 (87) :537-542.
- Worobec, M. N. 1984. Field estimation of the daily ration of winter flounder, **Pseudopleuronectes americanus** (Walbaum) in a southern New England pond. J. Esp. Mar. Biol. Ecol. 77: 183-196.
- Yáñez - Arancibia, C. & R. S. Nugent. 1977. The ecological role of fish in estuaries and coastal lagoons. An Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Auton. México. 4 (1) : 107-114.
- Zama, A. and E. Cárdenas. 1984. Illustrations of planktonic animals found in Aysen fiord and Moraleda channel, the XI Región, Chile. JICA Informational Brief #6, 20 p.

TABLAS

Tabla 1a. Listado de las principales especies o taxas de presas registradas en el contenido estomacal de merluza del sur.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Peces Oseos	
1.- Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>
2.- Pejerrata	<i>Caelorhynchus fasciatus</i>
3.- Brótula	<i>Salilota australis</i>
4.- Mictófidos	<i>Mictophidae</i>
5.- Merluza tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>
6.- Merluza del sur	<i>Muerluccius australis</i>
7.- Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>
8.- Sardinas	<i>Chupeidae</i>
9.- Agnatha	<i>Myxinidae</i>
Crustáceos	
1.- Eufáusidos	<i>Euphausia sp.</i>
2.- Camarón	<i>Heterocarpus reedi</i>
Moluscos	
1.- Calamar	<i>Loligo sp.</i>

Tabla 1b. Listado de las principales especies o taxas de presas registradas en el contenido estomacal de congrio dorado.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Peces Oseos	
1.- Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>
2.- Pejerrata	<i>Caelorhynchus fasciatus</i>
3.- Brótula	<i>Salilota australis</i>
4.- Mictófidos	<i>Mictophidae</i>
5.- Merluza tres aletas	<i>Micromesistius australis</i>
6.- Merluza del sur	<i>Muerluccius australis</i>
7.- Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>
8.- Nototénidos	<i>Nothotenidae</i>
9.- Congrio	<i>Genypterus sp.</i>
10.- Raya	<i>Raja sp.</i>
Crustáceos	
1.- Eufáusidos	<i>Euphausia sp.</i>
2.- Camarón	<i>Heterocarpus reedi</i>
Moluscos	
1.- Calamar	<i>Loligo sp.</i>
Taliacea	
1.- Salpas	

Tabla 1c. Listado de especies de presas registradas en el contenido estomacal de merluza de cola.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Peces Oseos	
1.- Merluza de cola	<i>Macruronus magellanicus</i>
2.- Sardinas	<i>Clupeidae</i>
Crustáceos	
1.- Eufáusidos	<i>Euphausia sp.</i>
2.- Camarón	<i>Heterocarpus reedi</i>

Tabla 2 Índices de importancia relativa para merluza del sur por zona y estación del año.

PRESAS	AIOT.	AIIN.	AIPR	AIVE	AEOT	AEIN.	AEPR	AEVE
M. de cola	27.00	24.17	32.16	35.84	24.72	51.90	31.12	27.79
Pejerrata	5.99	5.37	0.00	0.00	14.32	22.40	11.12	25.33
Chancharro	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.43	2.98	3.60
Mictófidós	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	1.66	5.52	0.00
Brótula	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	2.33	0.39	0.00
M. del sur	0.00	3.22	4.41	0.00	0.00	0.00	4.10	0.00
M. 3 aletas	11.67	4.54	0.00	0.00	9.60	1.29	20.66	0.00
Agnatha	5.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sardina común	44.00	6.97	0.00	26.97	0.00	2.05	0.00	0.00
S. española	0.00	5.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cojinoba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00
R. de peces	23.98	19.31	28.51	10.04	10.08	4.99	4.83	13.53
Eufáusidos	8.50	14.06	17.00	0.00	13.00	1.82	3.01	1.87
Camarones	0.00	0.00	2.75	27.15	11.76	0.41	0.94	12.00
R. crustáceos	0.00	4.75	5.47	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
Calamar	0.00	0.00	0.00	0.00	5.35	9.90	6.72	0.00
Jibia	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	0.37	7.52	4.74
Actinias	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00
Rest. no ident.	17.38	10.26	8.79	0.00	0.00	0.00	0.33	11.12

Nota : AI = Aguas Interiores, AE = Aguas Exteriores,
 OT=otoño, PR= primavera, VE = verano, IN = invierno

Tabla 3 Índices de importancia relativa (IIR) para merluza del sur por unidad de pesquería

PRESAS	NI	NE	SI	SE
M de cola	30.26	43.44	32.96	26.81
Pejerrata	0.00	19.16	0.00	17.09
Chancharro	0.00	0.54	0.00	3.30
Mictófidos	0.00	13.81	0.00	0.45
Brótula	0.50	2.41	0.00	0.00
M. del sur	0.00	0.00	6.00	1.77
M. 3 aletas	0.00	0.00	7.70	15.16
Sardina común	0.33	0.00	20.67	0.83
Cojinoba	0.00	0.00	0.00	0.25
Congrio	0.00	0.00	0.00	0.00
Nothotenidos	0.00	0.00	0.00	0.00
Raya	0.00	0.00	0.00	0.00
R. de peces	26.61	6.71	7.19	6.10
Eufáusidos	3.98	0.81	0.00	7.01
Camarones	18.14	6.27	15.94	5.86
R. crustáceos	5.76	0.23	2.48	0.00
Calamar	0.00	6.61	7.06	4.72
Jibia	0.00	0.00	0.00	7.88
Actinia	0.00	0.00	0.00	0.09
No ident.	14.41	0.00	0.00	2.67

Nota: NI= Norte Interior, Norte Exterior
 SI= Sur Interior, SE= Sur Exterior.

Tabla 4 Índices de importancia relativa para congrio dorado por zona y estación del año.

PRESAS	AIOT	AIIN	AIVE	AEOT	AEIN	AIPR	AEVE
M. de cola	31.46	20.19	20.20	24.64	27.68	17.53	16.50
Pejerrata	20.32	9.78	0.00	11.97	0.00	18.42	0.00
Mictófidis	6.30	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00
Brótula	0.00	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M. del sur	0.00	5.23	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00
M. 3 aletas	19.58	10.19	0.00	11.16	0.00	0.00	0.00
Nototenidos	0.00	7.49	0.00	16.60	16.42	0.00	24.29
Chancharro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.51	25.96
Vieja colorá	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.52
Cojinoba	9.67	0.00	0.00	7.59	0.00	0.00	0.00
Sardina común	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Congrio	0.00	5.97	0.00	0.00	10.40	0.00	0.00
Raya	0.00	1.87	0.00	0.00	6.62	0.00	0.00
Anguiliformes	0.00	0.00	0.00	3.42	0.00	0.00	0.00
R. de peces	0.00	15.12	48.86	17.06	10.73	22.55	14.72
Eufáusidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camarones	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R. crustáceos	0.00	0.00	11.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Calamar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Restos Cefalop.	0.00	0.00	0.00	4.43	0.00	0.00	0.00
Restos ave	0.00	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No ident.	12.67	5.06	19.17	3.14	13.16	0.00	0.00

Nota : AI =Aguas Interiores, AE = Aguas Exteriores,
OT=otoño, PR= primavera, VE = verano, IN = invierno

Tabla 5 Índices de importancia relativa para congrio dorado por unidad de pesquería

PRESAS	NI	SI	SE
M. de cola	21.28	19.39	20.74
Pejerrata	0.00	14.45	9.55
Mictófidos	0.00	0.00	0.00
Brótula	0.00	4.08	0.00
M. del sur	0.00	7.24	3.22
M. 3 aletas	0.00	10.67	7.43
Nototenido	0.00	4.52	13.20
Chancharro	0.00	0.00	7.10
Vieja colorá	0.00	0.00	0.00
Cojinoba	0.00	0.00	3.78
Sardina común	0.00	11.14	0.00
Congrio	0.00	3.59	4.76
Raya	0.00	4.33	6.10
Anguiliformes	0.00	0.00	2.42
R. de peces	44.03	15.15	13.91
Eufáusidos	0.00	0.00	0.00
Camarones	0.00	5.43	0.00
R. crustáceos	14.25	0.00	0.00
Calamar	0.00	0.00	0.00
Restos Cefalop.	0.00	0.00	3.10
Restos ave	0.00	0.00	0.00
No ident..	20.45	0.00	4.68

Nota: NI= Norte Interior, SI= Sur Interior, SE= Sur Exterior.

Tabla 6 Índices de importancia relativa para merluza de cola por zona y estación del año

PRESAS	AIOT	AIIN	AIVE	AEOT	AEIN	AEPR
M. de cola	72.23	16.72	0	22.7	22.79	25.6
Pejerrata	0	0	0	0	10.16	0
Mictófidos	27.77	10.39	0	0	0	0
Brótula	0	0	0	0	0	0
M. del sur	0	0	0	0	0	0
M. 3 aletas	0	0	0	11.86	0	0
Sardina	0	16.36	0	0	0	32.13
R. de peces	0	16.62	0	16.59	14.79	20.77
Eufáusidos	0	15.57	0	20.67	23.75	0
Camarones	0	13.79	34.88	9.5	12.9	0
Crustáceos	0	0	30.94	3.5	0	0
Calamar	0	0	0	9.7	15.61	21.5
Restos	0	0	0	5.46	0	0
No ident.	0	10.55	34.18	0	0	0

Nota : AI =Aguas Interiores, AE = Aguas Exteriores,
OT=otoño, PR= primavera, VE = verano, IN = invierno

Tabla 7. Índices de importancia relativa (IIR) para merluza del sur por zona y estrato de tallas (cm). Ordenados de acuerdo a los grupos identificados en el análisis de conglomerados (Figura 7).

PRESAS	I				II						III				grupos aislados			
	AI76-80	AI71-75	AI81-85	AI66-70	AE96-10	AE86-90	AE71-75	AE91-95	AE81-85	AE76-80	AE66-70	AE61-65	AE56-60	AE< 50	AE51-55	AI<50	AI51-55	AI56-60
M. de cola	38,37	31,37	33,68	35,29	36,42	34,42	46,07	40,44	30,69	33,05	41,65	35,03	43,53	44,71	70,27	0,00	98,08	52,63
Pejerrata	0,00	0,00	0,00	0,00	27,56	20,45	18,12	24,01	16,81	20,72	21,31	18,36	7,23	11,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Sardina común	0,00	21,03	24,05	23,64	0,00	0,00	19,38	7,17	18,26	15,00	7,64	8,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M del Sur	19,63	0,00	0,00	0,00	12,86	18,77	0,00	0,00	2,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M. 3 aletas	0,00	0,00	0,00	0,00	13,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Mictófidios	0,00	19,53	24,79	24,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,58	5,30	7,25	22,76	0,00	0,00	0,00	0,00
Cojinoba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nototenidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,85	0,00	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chancharro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10	0,00	6,37	2,62	5,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R. de peces	26,90	0,00	0,00	0,00	9,74	0,00	0,00	12,69	6,52	1,63	9,33	17,25	13,79	0,00	29,73	0,00	0,00	0,00
N.I.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camaron	15,10	8,89	17,48	16,94	0,00	1,73	3,74	0,00	1,06	1,63	6,49	5,30	18,83	9,93	0,00	100,00	1,92	47,37
Eufausidos	0,00	19,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,47	11,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rest. crustaceos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calamar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,98	8,71	0,00	0,00	5,30	0,00	10,55	9,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jibia	0,00	0,00		0,00	0,00	11,55	0,00	0,00	10,57	11,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Actinias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota : AE = Aguas Exteriores, AI = Aguas Interiores

Tabla 8 . Indices de Importancia Relativa (IIR) para Congrio dorado, por zona y estrato de tallas (cm). Ordenados de acuerdo a los grupos identificados en el análisis de conglomerados (Figura 8).

PRESAS	I				II				III		IV		entidades aisladas			
	AI96-100	AI81-85	AI91-95	AI76-80	AE96-100	AE86-90	AE> 100	AE81-85	AE76-80	AE71-75	AI71-75	AE91-95	AI> 100	AI86-90	AE66-70	AE61-65
M de cola	35,24	21,17	30,87	27,24	27,56	22,46	22,51	22,94	0,00	0,00	25,23	54,24	22,51	58,76	39,56	0,00
Pejerrata	18,20	12,97	0,00	22,96	19,66	11,24	15,46	15,34	0,00	28,46	0,00	0,00	15,46	0,00	0,00	28,46
Sardina com.	0,00	0,00	22,13	26,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nothotenidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,77	18,38	34,53	24,28	23,27	45,76	15,77	0,00	0,00	24,28
Cojinoba	0,00	12,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M del Sur	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M de 3 aletas	27,30	19,76	21,72	0,00	0,00	0,00	0,00	11,85	0,00	24,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,18
Mictófidis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brotula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Raya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,79	0,00
Congrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,65	0,00
Vieja colorada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chancharro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,28	16,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,18	0,00	0,00	0,00
Anguiliformes	0,00	0,00	0,00	0,00	13,35	0,00	13,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,32	0,00	0,00	0,00
Rest. Peces	19,26	19,08	25,28	23,06	24,69	13,40	16,76	18,67	30,14	23,08	0,00	0,00	16,76	0,00	0,00	23,08
Crustáceos	0,00	14,16	0,00	0,00	0,00	11,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eufáusidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rest. Crust.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calamar	0,00	0,00	0,00	0,00	14,74	9,89	0,00	0,00	18,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hueso de ave	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,24	0,00	0,00
Rest. no ident.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota : AE = Aguas Exteriores, AI = Aguas Interiores

Tabla 9. Índices de importancia relativa (IIR) para merluza de cola por zona y estrato de tallas (cm). Ordenados de acuerdo a los grupos identificados en el análisis de conglomerados (Figura 9).

PRESAS	I		II				III		IV					AISLADO
	AI91-95	AI86-90	AI81-85	AI76-80	AE> 100	AE86-90	AE61-65	AE66-70	AE56-60	AE71-75	AE76-80	AE81-85	AI71-75	AE91-95
M. de cola	100,00	100,00	58,45	42,25	56,09	35,14	0,00	0,00	0,00	22,31	21,77	27,41	50,58	0,00
M del Sur	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M. 3 aletas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,78
Pejerrata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sardina común	0,00	0,00	41,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,01	21,06	0,00	11,60	0,00	0,00
Mictófidós	0,00	0,00	0,00	35,70	0,00	24,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R. de peces	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,72	31,51	32,21	0,00	0,00	17,22	0,00	0,00	47,22
Camaron	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,91	28,41	21,79	20,41	27,69	0,00	0,00
Eufáusidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,16	40,88	27,85	24,32	23,82	0,00	49,42	0,00
Rest. crustáceo	0,00	0,00	0,00	22,05	0,00	0,00	20,33	0,00	0,00	0,00	7,02	9,27	0,00	0,00
Calamar	0,00	0,00	0,00	0,00	43,91	19,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,64	0,00	0,00
Cefalópodos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,76	0,00	0,00	0,00
Rest. no. ident.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,73	10,52	0,00	14,39	0,00	0,00

Nota: AE= Aguas Exteriores, AI= Aguas Interiores.

Tabla 10 Tasa instantánea de evacuación gástrica \otimes , tiempo de digestión (TD) expresado en días, biomasa del predador. Datos correspondientes a los principales ítemes de presas de **Merluccius australis** según unidades de pesquería y zonas.

	Unidad de Pesquería Norte				Unidad de Pesquería Sur			
	R	TD	W	RD%	R	TD	W	RD%
INTERIOR								
M. cola	0,0602	2,58	95,21	0,057	0,0560	2,91	114,54	0,082
Pejerata	0,0602	-	-	-	0,0560	2,91	70,32	1,3E-3
Camaron	0,0504	3,26	0,78	4,2E-5	0,0451	3,62	1,03	1,1E-4
Eufausidos	0,0504	3,26	0,05	2,5E-3	0,0451	3,62	0,071	0,001
M. 3 aletas	-	-	-	-	0,0560	2,91	37,52	0,032
Calamar	0,0504	3,26	51,45	1.80E-04	0,0451	3,61	38,66	1,6E-3
EXTERIOR								
M. cola	0,0603	2,74	192,7	0,08	0,0540	2,57	350,15	0,021
Pejerata	0,0603	2,61	76,21	0,098	0,0540	2,57	93,91	0,012
M. 3 aletas	-	-	-	-	0,0540	2,91	150,45	0,04
Camaron	0,0505	3,26	0,94	1,3E-4	0,0433	3,18	0,81	2,1E-4
Eufausidos	0,0505	3,26	0,063	0,049	0,0433	3,18	0,077	0,052
Calamar	-	-	-	-	0,0433	3,18	60,76	1,73E-3

Tabla 11 Tasa instantánea de evacuación gástrica \otimes , tiempo de digestión (TD) expresado en días, peso promedio de la presa (W) en gramos y ración diaria (RD) expresa como porcentaje de la biomasa del predador. Datos correspondientes a los principales ítemes de presas de **Genypterus blacodes** según unidades de pesquería y zonas.

	Unidad Pesquería Norte				Unidad Pesquería Sur			
	R	TD	W	RD%	R	TD	W	RD%
INTERIOR								
Sardinas	0,0602	2,79	18,77	0,061	-	-	-	-
Pejerata	-	-	-	-	0,056	2,52	46,93	0,033
M. de cola	0,0602	2,71	92,13	1,2E-4	0,056	2,52	141,64	0,06
Camaron	0,0504	3,26	0,78	1,2E-3	0,045	3,13	0,86	2,1E-4
M. 3 aletas	-	-	-	-	0,056	2,52	42,91	0,032
Congrio	-	-	-	-	0,056	2,52	38,66	1,1E-4
EXTERIOR								
M. cola	0,0603	2,71	189,13	0,076	0,054	2,28	241,21	0,039
Pejerata	0,0603	2,71	60,18	0,032	0,054	2,28	72,45	0,026
Nothotenidos	0,0603	2,71	54,22	2,2E-4	0,054	2,28	95,16	2,1E-4
Camaron	0,0505	3,11	1,03	1,2E-4	0,043	3,26	1,9	5,2E-3
Calamar	0,0505	3,11	12,84	8,8E-5	-	-	-	-
Cojinoba	0,0603	2,71	118,12	0,00012	-	-	-	-
M. 3 aletas	0,0603	2,71	50,12	3,3E-3	0,054	2,28	58,17	0,016

Tabla 12 Tasa instantánea de evacuación gástrica \otimes , tiempo de digestión (TD) expresado en días, peso promedio de la presa (W) en gramos y ración diaria (RD) expresa como porcentaje de la biomasa del predador. Datos correspondientes a los principales ítems de presas de **Macrurus magellanicus** según unidades de pesquería y zonas.

	Unidad Pesquería Norte				Unidad Pesquería Sur			
	R	TD	W	RD%	R	TD	W	RD%
INTERIOR								
M. de cola	0,0602	2,71	25,12	0,029	0,054	3,01	33,11	0,041
Eufausidos	0,0504	2,26	0,56	2,1E-4	0,0451	3,62	0,61	1,8E-4
Camaron	0,0504	3,26	1,06	1,0E-4	-	-	-	-
EXTERIOR								
M. cola	0,0603	2,71	46,31	0,036	0,054	3,01	232,2	0,018
Eufausidos	0,0505	3,26	0,32	9,0E-5	0,0433	3,79	0,48	1,1E-4
Camaron	0,0505	3,26	1,03	1,3E-4	-	-	-	-

Tabla 13 Consumo poblacional (en toneladas/año) de merluza del sur y merluza de tres aletas

		Predador: Merluza del Sur		
		RD(%)	Biomasa Predador (t)	Consumo
Presas				
Merluza de cola		0.0600	133,564	29,170
M. de tres aletas		0.0360	133,564	17,502
Pejerata		0.0371	133,564	18,037
Calamar		0.0012	133,564	569
Camarón		0.0001	133,564	60
		Predador: Congrio dorado		
		RD(%)	Biomasa Predador (t)	Consumo
Presas				
Merluza de cola		0.0438	21,835	3,480
M. de tres aletas		0.0171	21,835	1,359
Pejerata		0.0303	21,835	2,411
Sardinias		0.0610	21,835	4,848
Camarón		0.0017	21,835	134
		Predador: Merluza de cola		
		RD(%)	Biomasa Predador (t)	Consumo
Presas				
Merluza de cola		0.0310	370,000	41,751
Eufausidos		0.0001	370,000	199
Camarón		0.0001	370,000	155

FIGURAS

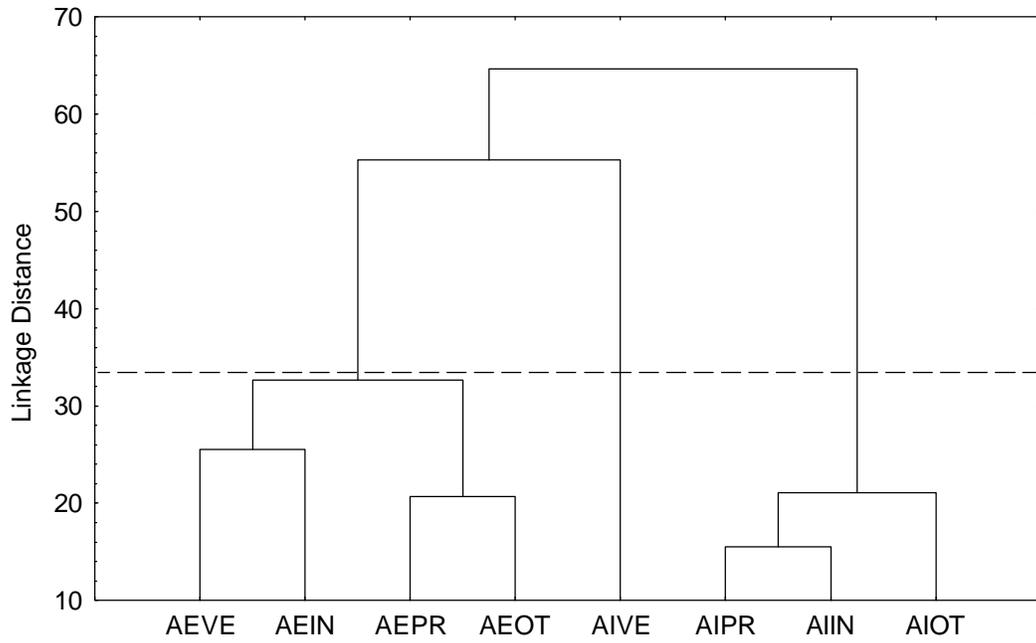


Figura 1 Similitud trófica de merluza del sur por estación del año y área de procedencia. AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores, PR=primavera, VE=verano, OT=otoño, IN=invierno.

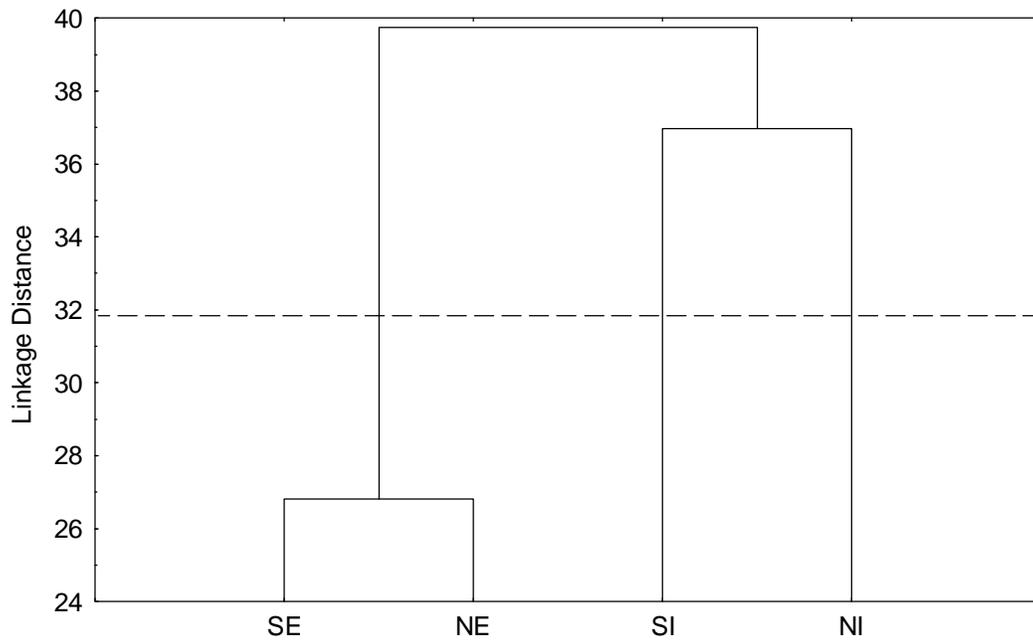


Figura 2 Similitud trófica de merluza del sur por área de procedencia. SE =Unidad de Pesquería Sur Exterior, NE= Norte Exterior, SI=Sur Interior, NI= Norte Interior.

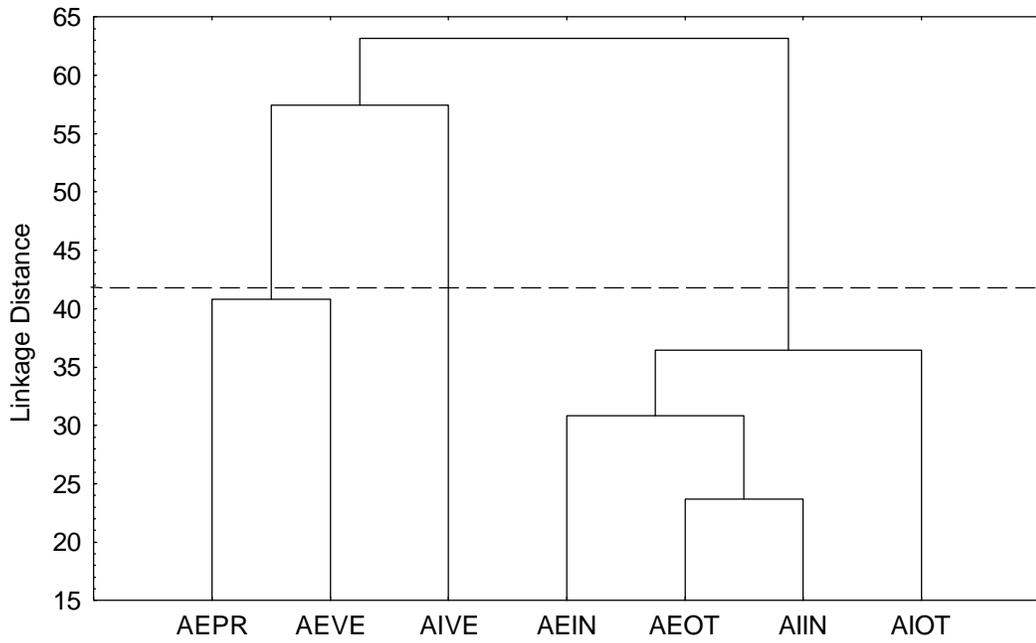


Figura 3 Similitud trófica de congrio dorado por estación del año y área de procedencia. AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores, PR=primavera, VE=verano, OT=otoño, IN=invierno.

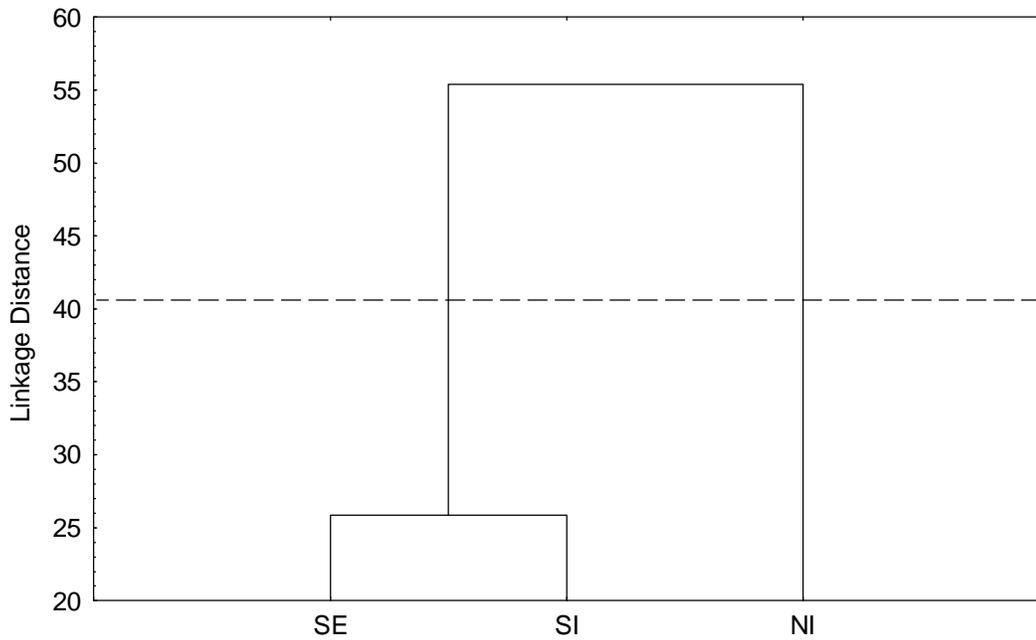


Figura 4 Similitud trófica de congrio dorado por área de procedencia. SE =Unidad de Pesquería Sur Exterior, NE= Norte Exterior, SI=Sur Interior, NI= Norte Interior.

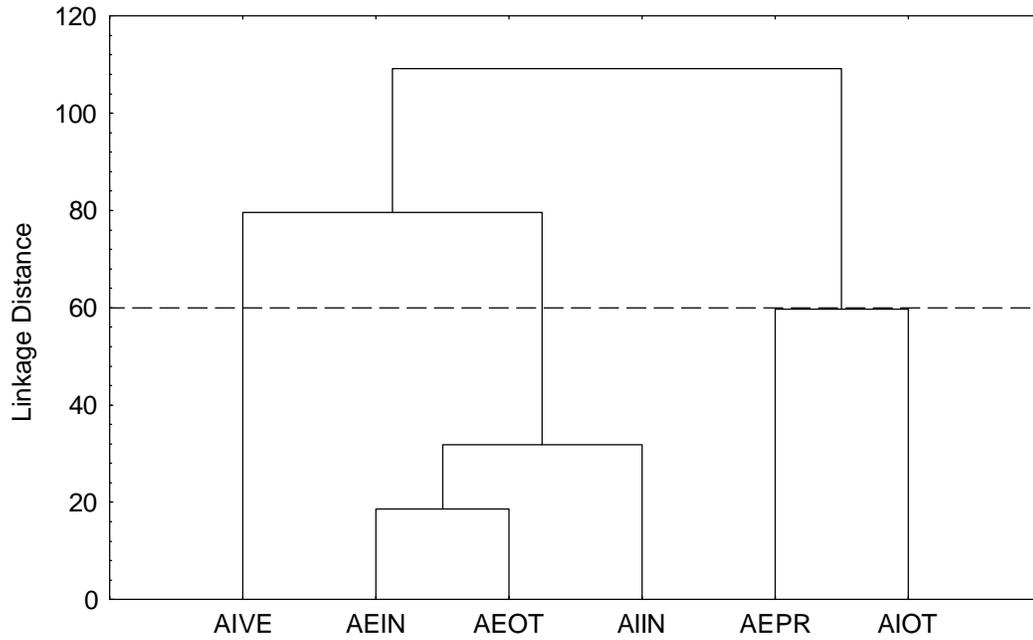


Figura 5 Similitud trófica de merluza de cola por estación del año y área de procedencia. AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores, PR=primavera, VE=verano, OT=otoño, IN=invierno.

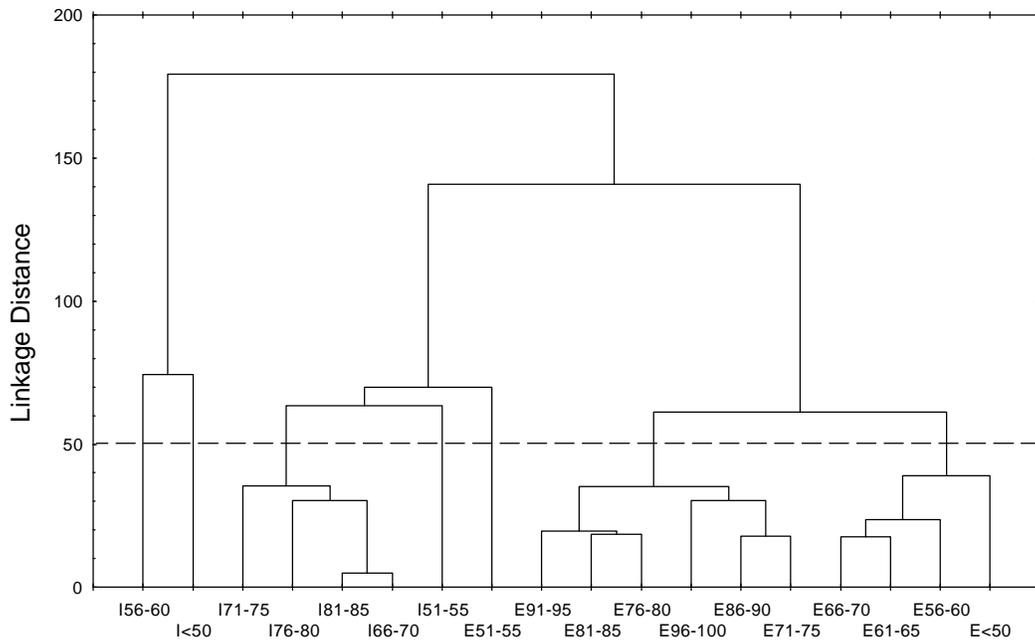


Figura 6 Similitud trófica de merluza del sur por estrato de tallas en cm. (UTOs). AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores.

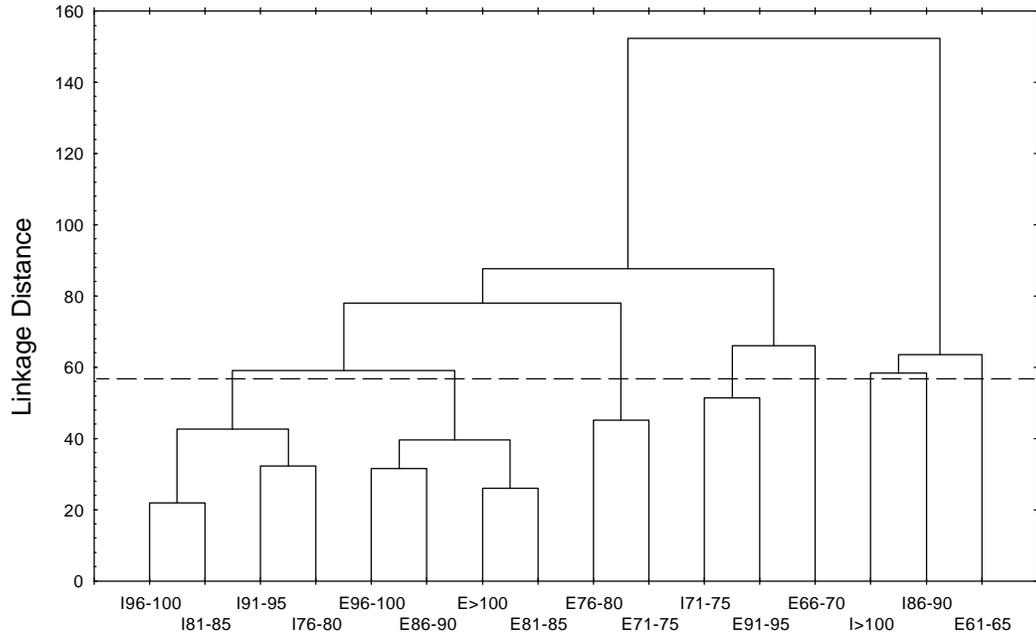


Figura 7 Similitud trófica de congrío dorado por estrato de tallas en cm. (UTOs).
AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores.

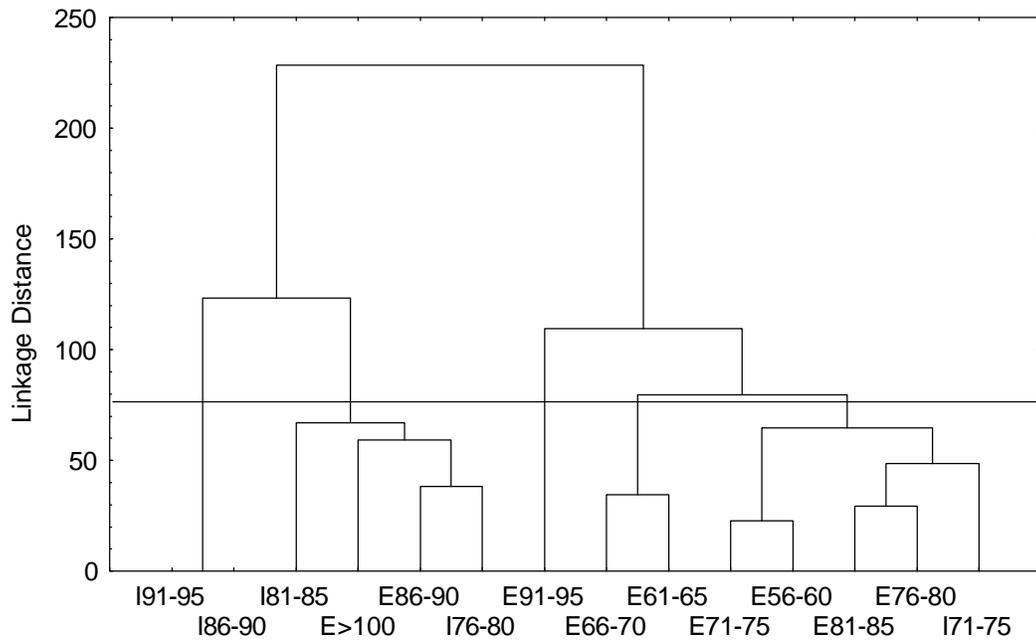


Figura 8 Similitud trófica de merluza de cola por estrato de tallas en cm. (UTOs).
AE =Aguas Exteriores, AI=Aguas Interiores.

RESUMEN

LECTURAS DE EDAD EN OTOLITOS DE MERLUZA DE COLA (*MACRURONUS MAGELLANICUS*) DE LAS PESQUERÍAS CHILENAS.

Héctor Hidalgo V.
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

Los estudios de edad en peces a través de estructuras duras tales como; otolitos, escamas, vértebras, etc., tienen como objetivos generales determinar las estructuras por edades de las capturas y estimar los parámetros poblacionales de crecimiento de los individuos.

Para cumplir con los objetivos mencionados, se debe elaborar un Programa de Edad, que en términos generales incluye:

1. Plan de Muestreo

Dirigido a capturas o desembarques y consiste en tomar muestras de longitud de los ejemplares al azar, muestreos biológico específico de estructuras duras, muestreos biológico específico y estadísticas de desembarques o capturas.

2. Plan de análisis de estructuras duras

Para conocer la edad de los peces se pueden leer (contar y/o medir anillos de crecimiento) estructuras duras enteras o secciones según el grado de dificultad y se considera, en la rutina de lectura, la pauta general siguiente:

- Un anillo opaco (zona de crecimiento rápida) y uno hialino (zona de crecimiento lento) se forman en un periodo de tiempo determinado (por ejemplo en un año).
- El anillo de crecimiento considerado como “verdadero” corresponderá a la banda hialina bien definida concéntrica al núcleo que se prolonga en toda la estructura.
- Los anillos de crecimiento verdaderos se cuentan y/o miden utilizando un instrumento óptico.
- El número de anillos de crecimiento observados en cada estructura se convierte a edad y grupo de edad Cronológica (calendario) y/o Biológica (cumpleaños).
- Las lecturas son confirmadas aplicando pruebas de concordancia entre observaciones repetidas al comienzo rutinarias como entrenamiento y luego cada cierto tiempo como control.

Finalmente, se crean los archivos mensuales de lecturas de edad y se realizan los procesos de claves de Edad-talla con las cuales se expanden las capturas utilizando las frecuencias de tallas y los parámetros de las relaciones longitud-peso (a y b), obteniéndose las composiciones de longitud en número por grupo de edad, las que entregan las capturas en número por grupos de edad (o estructuras por edades de las capturas).

En el caso de merluza de cola se obtienen muestreos (de longitud, otolitos y biológicos específico) de los desembarques en la zona Centro-Sur (32° a 41° LS) y de las capturas en la zona Sur-Austral (37° a 57° LS), en las cuales se utilizan los sistemas de pesca de cerco (pelágicos) y arrastre (demersales), respectivamente.

En la rutina de lecturas se utilizan submuestras mensuales de otolitos enteros, proporcionales en demersales y estratificadas en pelágicos, las cuales son hidratadas en agua corriente por aproximadamente 12 horas.

Los otolitos enteros son teñidos por la cara interna para medir, por la cara externa, su radio y el de los anillos de crecimiento verdaderos desde el núcleo en dirección anterior (o hacia el rostro de la estructura), en un microscopio estereoscópico.

De la rutina de lecturas de otolitos, se destacan dos posibles fuentes de error: 1) errores de muestreo y 2) errores de lectura (interpretación de líneas de crecimiento). En relación a la segunda, con relativa frecuencia se encuentran otolitos con anillos secundarios, débiles y dobles, con presencia de uno y más pre-anillos, en otolitos de ejemplares juveniles se observa tendencia a presentar muchos anillos “verdaderos” y en adultos los anillos tienden a converger hacia los bordes ventral y dorsal.

Para evaluar el grado de dificultad de las muestras con respecto a su legibilidad, los otolitos fueron clasificados por categorías de: Buenos (B), Regularmente Buenos (RB), Regulares (R) y Sin Categoría (SC). De tal manera que, de 2.057 otolitos analizados se obtuvo; B=16%, RB=18%, R=35% y SC=31%, lo cual implica entre un 50% y 80% de concordancia entre lecturas repetidas.

Considerando que siempre es posible disminuir los errores para obtener resultados más consistentes, es factible optar por otras alternativas tales como secciones de otolitos como testigo, otras estructuras para validar y anillos de crecimiento diario para validar el primer anillo.

Las composiciones de longitudes por grupos de edad estimadas para la merluza de cola de la zona Sur-Austral durante el periodo 1997-1999, muestran ejemplares con tallas entre 24 y 117 cm y ocasionalmente mayores hasta 158 cm, que corresponderían a los grupos de edades II al XV y ocasionalmente grupos mayores hasta XVIII, predominando en las

capturas los grupos de edad IV a VIII, con grupos modales IV, V y VI, observándose que la mayor parte de la captura fue obtenida de la fracción medianamente adulta del stock que habrá desovado a lo menos una vez. Sin embargo, en la zona Centro-Sur se capturaron, en igual periodo, ejemplares entre 24 y 85 cm, y ocasionalmente menores hasta 10 cm y mayores hasta 93 cm, correspondientes a los grupos de edades II al VIII, y ocasionalmente mayores hasta el grupo XII y menores de los grupos 0 y I, predominando en las capturas los grupos de edad II al VI, con grupos modales II, III y IV, lo cual revela que las capturas estuvieron sostenidas por la fracción juvenil del stock que probablemente en un gran porcentaje no habrá alcanzado siquiera su primer desove que aporte crecimiento a la población, situación que se acentúa el año 2000 al observarse que el 94% de las capturas estuvo sustentada por ejemplares juveniles de los grupos de edad II y III.

Concordancia en la determinación de edad

Los estudios de edad de merluza de cola, a partir del análisis de otolitos, se iniciaron con Aguayo (1974) y fueron continuados por Aguayo y Gili (1984), quienes establecieron los criterios para determinar la edad de los individuos y encontraron que existen diferencias significativas del crecimiento entre sexos. Estos criterios, fueron seguidos posteriormente por un equipo conducido por el biólogo señor Javier Chong para obtener la serie histórica de edad desde 1990 hasta 1996.

Luego, en 1997 los análisis fueron continuados por Héctor Hidalgo (funcionario de IFOP), previo desarrollo de actividades de lecturas de otolitos conjunta con el equipo mencionado anteriormente y otros funcionarios de IFOP, para unificar criterios y continuar la serie histórica con un margen de error de lecturas similar.

Las actividades de lecturas conjuntas contempló observación de muestras de otolitos en conjunto para discutir las discrepancias y llegar a un consenso, es decir, aunar criterios y afinar los niveles de concordancia entre las apreciaciones individuales.

Recientemente, con el propósito de tener una constancia respecto de los criterios asentados al principio, los lectores analizaron un set de muestras en forma independiente para cuantificar a través del test estadístico de Beamish y Fournier (1981) el nivel de discrepancia actual, tal como se procedió al comienzo.

Las muestras analizadas correspondieron a 90 pares de otolitos de ejemplares entre 40 y 113 cm de longitud total, en los cuales el primer lector observó entre 2 y 15 anillos de crecimiento y el segundo lector encontró entre 2 y 13, apreciándose una leve tendencia a aumentar el nivel de discrepancia con el aumento de la longitud de los ejemplares (Fig.1).

El test estadístico de concordancia indicó un nivel de error promedio de 7% entre lectores, con el 95% de las observaciones entre 0 y 17% de error, y un coeficiente de variación de 10% (Fig. 2).

El valor del coeficiente de variación estimado (10%), puede ser considerado aceptable, tomando como referencia a Campana (2001) quien analizó los valores de precisión estimados en 117 estudios de edad publicados y encontró que se distribuían entre 0 y 26 % con una mediana de 7,6% y un valor modal de 5%.

Finalmente y frente a cualquier interpretación a priori, es importante destacar que las posibles discrepancias entre lectores, siempre, están sujeta a una componente de apreciación personal inevitable al momento de abordar el análisis de las muestras, debido a que cada una presenta detalles únicos e irrepetibles, que junto a otras fuentes de error, generan un determinado porcentaje de error considerado “de normal ocurrencia” que se pretende minimizar.

Referencias

- Aguayo, M. 1974. Estudio de la edad y el crecimiento de la merluza de cola (Macruronus magellanicus, Lönnberg 1907). Rev. Inv. Pesq. IFOP. Chile. 19:43 p.
- Aguayo, M. Y R. Gili. 1984. Edad y crecimiento de merluza de cola (Macruronus magellanicus, Lönnberg) (Gadiformes-Gadidae). Rev. Inv. Pesq. IFOP. Chile. 47-57 p.
- Beamish.R.J. and Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38:982-983.
- Campana, S.E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. J. Fish. Biol. 59, 197-242.

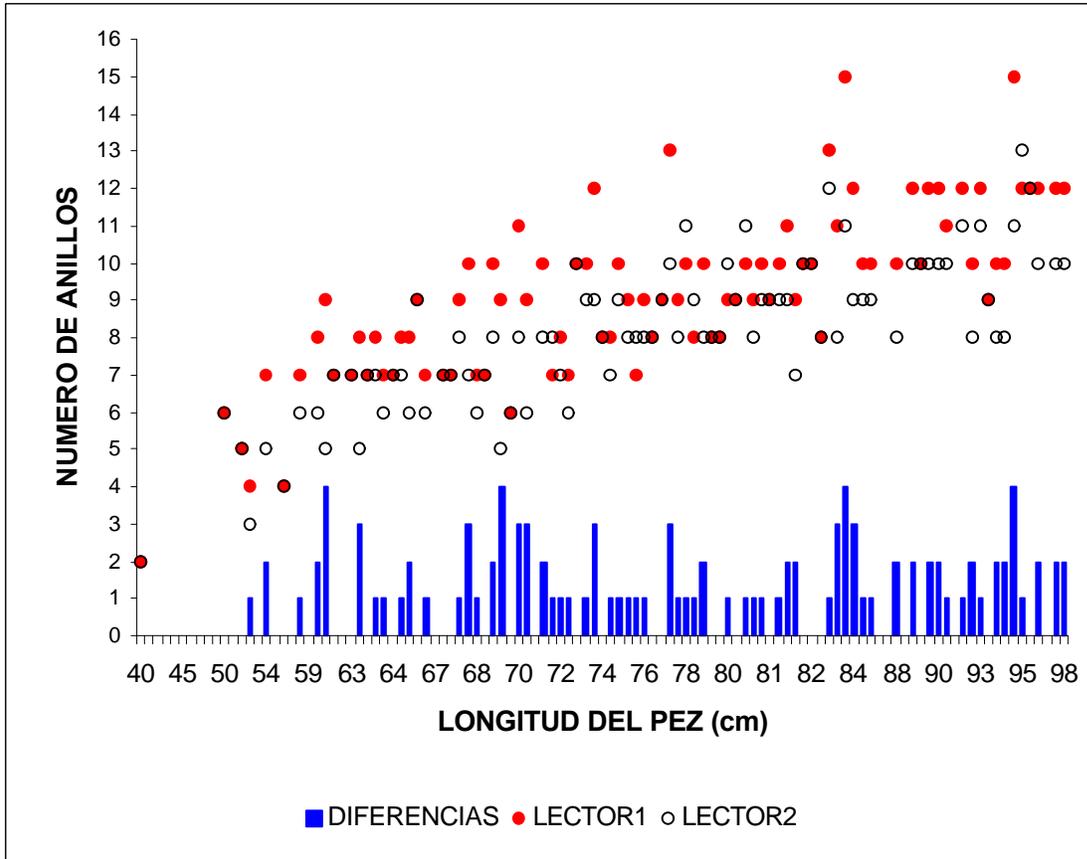


Figura 1. Número de anillos de crecimiento observados en otolitos de merluza de cola por diferentes lectores, diferencias y longitud de los ejemplares (N=90).

NOTA: LECTOR1: Héctor Hidalgo, LECTOR2: Javier Chong

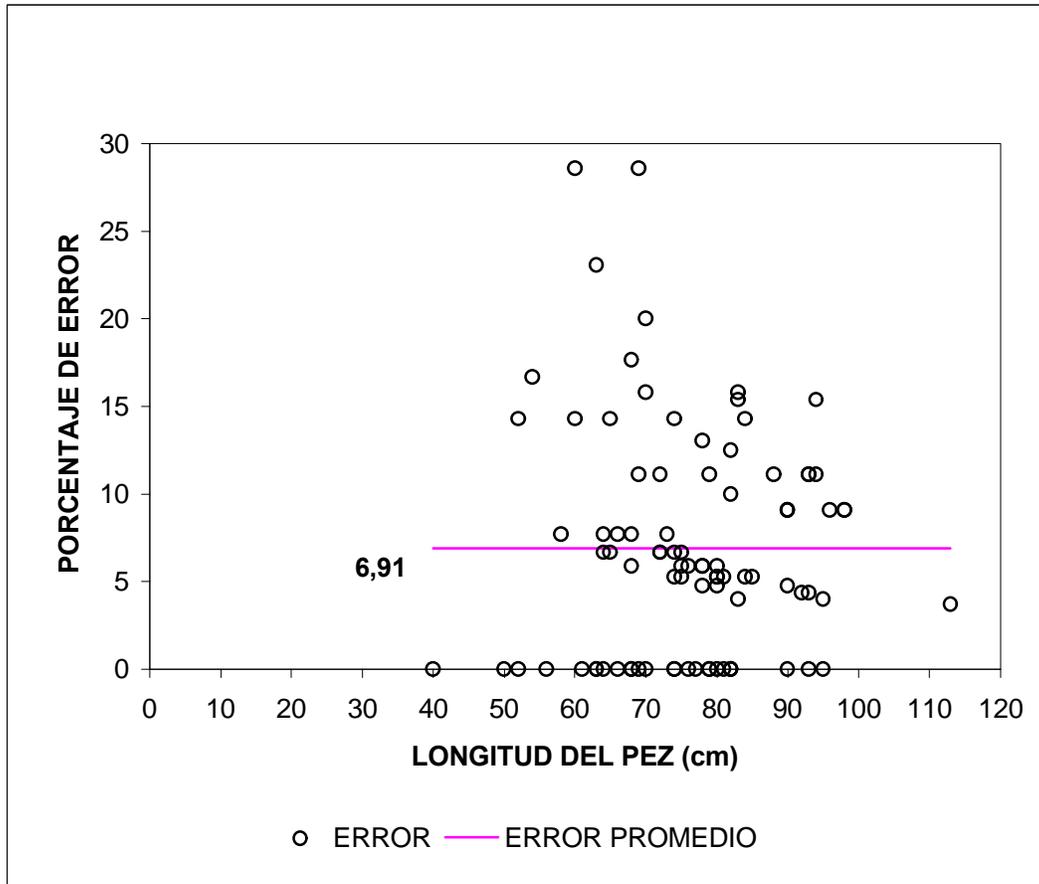


Figura 2. Porcentajes de error entre lectores de otolitos, por muestra y promedio, de merluza de cola (N=90).

REVISIÓN DEL CRECIMIENTO EN MERLUZA DE COLA Y MERLUZA DE TRES ALETAS

Javier Chong Lay-Son

Universidad Católica de la Santísima. Concepción
Concepción

1.1.-ANTECEDENTES

Los objetivos básicos a revisar y examinar respecto a este tema, para ambas especies son: a)Estructura utilizada para determinación de edad, b)Métodos para determinar la periodicidad de los anillos de crecimiento anual, c)Métodos para estimar edad y d)Tipos de ajuste para determinar la función de crecimiento.

Por otro lado, debido a que se tuvo acceso a la fuente original de datos utilizados por uno de los autores que examinó el mayor número de ejemplares, tanto de merluza de cola como de merluza de tres aletas (Ojeda *et al.*, 1998), se reanalizaron dichos datos a la luz de una estricta revisión.

Por otra parte, hasta el presente no se habían publicado estimaciones de crecimiento en peso por sexo en ambas especies, por lo cual se estimaron los correspondientes parámetros para la función de crecimiento en peso, tanto para merluza de cola como para merluza de tres aletas, sobre la base de las longitudes retrocalculadas, obtenidas en la presente revisión.

1.2-CRECIMIENTO EN MERLUZA DE COLA

1.2.1.- Estructura utilizada para determinar edad

En los trabajos publicados hasta la fecha, el crecimiento en merluza de cola, se ha realizado sobre la base del otolito sagital, en los cuales es posible ver y discriminar con claridad los anillos hialinos de crecimiento lento y los anillos opacos de crecimiento rápido y que presentan una deposición estacional en la forma de anillos estrechos oscuros y anchos claros, respectivamente, a la luz reflejada (Aguayo, 1974; Aguayo & Gili, 1984; Tomo & Torno, 1987; Cubillos *et al.*, 1998; Ojeda *et al.*, 1998; Young *et al.*, 1998).

1.2.2.-Periodicidad en la formación de los anillos anuales de crecimiento.

Los estudios realizados para determinar la periodicidad en la formación de los anillos se han efectuados mediante el análisis de los tipos de borde, considerando la formación de bordes opacos y hialinos. Para merluza de cola frente a las costas del O. Pacífico Sur-oriental éstos señalan la formación de un anillo hialino y opaco anual con la deposición del borde hialino en

los meses de invierno, junio y julio (Aguayo, 1974; Aguayo & Gili, 1984; Cubillos *et al.*, 1998; Ojeda *et al.* 1998).

1.2.3.-Determinación de edad

La determinación de edad en merluza de cola se ha efectuado mediante Retrocálculo y Edad actual. En el retrocálculo se han realizado estimaciones a través de regresión directa y retrocálculo propiamente tal , como lo define Francis (1990).

De esta forma las primeras estimaciones se han realizado por regresión y a la vez considerando tallas promedios a cada edad sobre la base del diámetro de anillos hialinos de los otolitos (Aguayo, 1974; Aguayo & Gili, 1984; Tomo & Torno, 1987), y también en los últimos trabajos donde se ha utilizado el radio postrostral de los anillos (Cubillos *et al.*, 1998; Ojeda *et al.*, 1998).

Las estimaciones más recientes de edad en merluza de cola se han efectuado mediante retrocálculo siguiendo las recomendaciones de Francis (1990) mediante regresiones ajustadas como la propuesta por Whitney & Carlander (1956, *fide* Francis, 1990), que integra el radio del otolito (R_o), el anillo de crecimiento respectivo (R_n), la longitud del pez al momento de la captura (L_p) y las constantes de la regresión que entregue el mejor ajuste de la relación entre el incremento en longitud del pez y el del otolito. La estimación de las tallas promedios a cada edad, mediante este método, involucra el retrocálculo para cada anillo de cada otolito (Ojeda *et al.*, 1998; Young *et al.*, 1998).

$$L_i = \frac{(c + dR_i)}{(c + dR_c)} * L_c$$

donde:

c = intercepto de la ecuación predictiva inversa.

d = pendiente de la ecuación lineal inversa.

Lc= longitud del pez en el momento de la captura.

Li = longitud del pez en el momento de la formación del anillo y de crecimiento en el otolito.

Rc= radio del otolito en el momento de la captura.

Ri = radio del anillo i de crecimiento del otolito.

1.2.4.-Estimación de la ecuación de crecimiento.

1.2.4.1.-Crecimiento en longitud

El modelo de crecimiento en longitud utilizado por los diferentes autores que han trabajado en *M. magellanicus* corresponde al más ampliamente usado en los peces y en la literatura pesquera y es

aquel descrito por la ecuación de von Bertalanffy, mediante la expresión integrada, propuesta por Beverton & Holt (1957), según las siguientes expresiones:

$$\text{Crecimiento en longitud: } L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t - t_0)}]$$

donde:

L_t	= peso promedio del pez a la edad t .
L_∞	= peso promedio asintótico.
k	= constante metabólica (tasa de crecimiento).
t_0	= edad teórica a la longitud cero del pez.
t	= tiempo (edad)

Las primeras estimaciones realizadas por Aguayo (1974) para las aguas chilenas fueron sin diferenciar sexo, para un rango de talla entre 24 y 73 cm de longitud total y los ajustes fueron mediante Ford-Walford y Allen (1966, *vide* Aguayo, 1974).

Posteriormente, Aguayo & Gili (1984) realizaron un nuevo estudio de crecimiento sobre la base de la lectura de 2.900 otolitos colectados en las capturas de barcos de arrastre fábrica entre los paralelos 43°00'S y 57°00'L.S. El número de edades determinadas fue de 13 para un rango de talla entre 28 y 114 cm. Nuevamente las funciones de crecimiento en longitud y peso fueron ajustadas por el método de Allen (1966) y sin diferenciar por sexo.

En 1998, Young *et al* (1998) analizaron una muestra de 613 hembras y 442 machos recolectados entre febrero y diciembre de 1996, con un rango de tallas entre 34 y 111 cm LT. El número de edades determinadas fue de 2 a 15 años en las hembras y de 2 a 14 años en los machos. El 95% correspondió a individuos entre 3 y 10 años de edad. En relación con crecimiento, los parámetros fueron ajustados recurriendo a técnicas no lineales y por sexo. Además, se realizaron los ajustes considerando, edad actual y edad retrocalculadas y se efectuó la comparación de las curvas de crecimiento entre sexos mediante el test T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) modificado por Cerrato (1990). Este test señaló que a un nivel de significancia del 5% existe diferencia en el crecimiento en longitud entre machos y hembras.

Estos autores señalan que el procedimiento de retrocálculo subestimaría la longitud asintótica, dado que en las capturas comerciales se observan ejemplares mayores de 110 cm de longitud total. Por esta razón, consideran que las curvas que mejor representan el crecimiento en longitud de merluza de cola son las ajustadas con la información de longitud-edad actual.

Finalmente, Ojeda *et al* (1998) efectuaron una estimación de crecimiento para el período 1990-96, sobre la base de la lectura de 2.968 y 3.802 otolitos correspondiente a machos y hembras, respectivamente, recolectados a bordo de barcos arrastreros en el área de la pesquería sur-austral(41° S-57°00' S). Estos autores realizaron los ajustes mediante retrocálculo, edad actual y además, estimaron conveniente combinar las matrices de datos a la edad actual y edad retrocalculada considerando que el procedimiento de ajuste de parámetros a la "edad actual"

adolesce de una baja representatividad de información, por una parte de la fracción de edades más jóvenes (menores a 3 años. También ellos efectuaron la comparación de las curvas de crecimiento entre sexos mediante el test T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) modificado por Cerrato (1990); el cual señaló que a un nivel de significancia del 5% existe diferencia en el crecimiento en longitud entre machos y hembras, corroborando lo señalado por Young *et al.*(1998).

Para el área de la zona centro-sur de Chile, Cubillos *et al* (1998) realizaron un estudio de la edad y crecimiento de merluza de cola, basándose en información de muestreos de longitud horquilla y otolitos en las capturas de la flota cerquera, correspondientes al periodo 1992-1997. La metodología empleada consistió en la lectura (medición) de anillos de crecimiento, en la identificación de tallas modales y pesos modales de otolitos mediante el MULTIFAN de Fournier *et al* (1990, 1991, *fide* Cubillos et al., 1998). Los supuestos en la aplicación de estos métodos fueron: a) La longitud de los peces en cada clase de edad presentan una distribución normal alrededor de la longitud promedio de cada grupo de edad.; b) La longitud promedio a cada edad es descrita por una curva de crecimiento del tipo de von Bertalanffy.

Posteriormente, se determinó que la edad de cada individuo se puede estimar con el peso del otolito a través de dos aproximaciones: (a) la relación edad- peso del otolito y (b) con el análisis independiente obtenido al analizar la distribución de frecuencia del peso del otolito con MULTIFAN.

La gran limitación que tiene este estudio es que la composición por tallas de las capturas en la zona centro-sur presenta una alta presencia de ejemplares juveniles, esto es, con un sesgo importante en las tallas adultas, ya que el stock adulto se distribuye de preferencia entre la X y la XII Región. A lo anterior se agrega el hecho que el análisis se efectuó sin separar sexos y se consideró la longitud horquilla.

Reanálisis y estimación de crecimiento en longitud para Merluza de cola

i.-Retrocálculo de longitudes a partir de anillos anuales de crecimiento en otolitos

El retrocálculo de longitudes para Merluza de cola en el presente estudio, se realizó mediante las relaciones longitud pez-radio del otolito. Se prefirió utilizar relaciones potenciales ajustadas en forma no lineal, debido a que presentan un mejor ajuste (valores de coeficientes de determinación de 0,993 en machos y hembras) en comparación con los valores de R^2 de 0,835 estimado por Ojeda *et al* (1998), para macho y hembras por ajuste de regresiones lineales. Las ecuaciones de regresión no lineales obtenidas fueron las siguientes:

$$L_{pez} = 0.27429 * R_o^{1.23573} \quad (\text{machos})$$

$$L_{pez} = 0.25367 * R_o^{1.25525} \quad (\text{hembras})$$

El error estándar para cada constante por sexo es:

constante	machos	hembras
a	0.01309	0.01195
b	0.01060	0.01035

Las longitudes estimadas por retrocálculo fueron corregidas mediante el procedimiento de Francis (1990), el cual se menciona en la metodología.

ii.-Crecimiento en longitud

Los valores de los parámetros de crecimiento en longitud para macho, hembra y ambos sexos, se estimaron mediante un procedimiento de ajuste no lineal, utilizando datos de edad-longitud retrocalculadas para el período 1990-1996. Estos valores se entregan en la Tabla 1, donde se incluyen los valores de error estándar para cada parámetro.

Las ecuaciones que representan el crecimiento en longitud de merluza de cola, siguiendo la expresión de von Bertalanffy son las siguientes:

$$L_t = 95.59 * [1 - e^{-0.19155(t+0.78751)}] \quad (\text{machos})$$

$$L_t = 104.82 * [1 - e^{-104.82(t+0.81169)}] \quad (\text{hembras})$$

$$L_t = 101.53 * [1 - e^{-0.17498(t+0.81779)}] \quad (\text{ambos sexos})$$

En la Tabla 2, se entregan los valores de edad-longitud calculada de merluza de cola macho, así como los intervalos de confianza del 95%. Se observa que a la edad 14 se alcanza el 94 % de la longitud asintótica estimada.

Los valores de edad-longitud calculados presentan un buen ajuste con los de longitud promedio- edad observados provenientes del retrocálculo hasta la edad 8, posteriormente se produce un mayor incremento en la edad-longitud promedio observada, debido a la mayor desviación estándar producto de la menor cantidad de observaciones en estas edades (Tabla 3, Figs. 1 y 2).

En las hembras de Merluza de cola, existe un buen ajuste entre la edad-longitud calculada y la edad-longitud promedio observada hasta la edad 9, luego esta última presenta mayores incrementos por la mayor desviación estándar, debido a la baja frecuencia de las observaciones. De esta manera, a los 14 años recién se llega a casi el 92 % de la longitud asintótica (Tablas 4 y 5, Fig. 3).

A partir de la edad 12 se pierde la simetría de los intervalos de confianza, disminuyendo las desviaciones estándar, debido a la notoria disminución de las observaciones (Fig. 4).

iii.-Crecimiento en peso

La primera estimación de los parámetros de crecimiento en peso para merluza de cola fueron determinados por Aguayo (1974) considerando ambos sexos. Posteriormente Aguayo & Gili (1984) efectuaron una nueva determinación con una muestra mayor y amplio rango de tallas, pero sin separar sexos.

En la presente revisión, se realiza una nueva estimación de los parámetros de crecimiento en peso por sexo, para merluza de cola, sobre la base de la estimación de crecimiento en longitud realizado en el presente estudio y que corresponden a los datos obtenidos por Ojeda *et al* (1998).

El modelo de crecimiento en peso utilizado en el presente trabajo corresponde al descrito por la ecuación de von Bertalanffy, mediante la expresión propuesta por Beverton & Holt (1957), según la siguiente expresión:

$$\text{Crecimiento en peso : } W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

donde:

W_t	= peso promedio del pez a la edad t.
W_∞	= peso promedio asintótico.
k	= constante metabólica (tasa de crecimiento).
t_0	= edad teórica a la longitud cero del pez.
t	= tiempo (edad)

Los valores de edad-peso, para cada sexo se obtuvieron convirtiendo la información de longitud-edad retrocalculada a edades pretéritas, mediante las relaciones longitud-peso correspondientes. Para el ajuste de las regresiones mediante procedimiento no lineal se utilizaron 3.220 observaciones en machos y 3.754 en hembras. La relación longitud-peso para el total se obtuvo mediante la sumatoria de las observaciones de ambos sexos. En la Tabla 6 se entregan los valores de los parámetros de estas relaciones.

Los valores de los parámetros de crecimiento en peso de merluza de cola macho, ajustados mediante un procedimiento no lineal así como los errores estándares correspondientes, se entregan en la Tabla 7.

Las ecuaciones que representan el crecimiento en peso para cada sexo y el total son las siguientes:

$$W_t = 3110.81 * [1 - e^{-0.15088(t+1.24547)}]^{2.87202} \quad (\text{machos})$$

$$W_t = 4684.07 * [1 - e^{-0.12714(t+1.3.5151)}]^{2.96494} \quad (\text{hembras})$$

$$W_t = 4185.72 * [1 - e^{-0.13125(t+1.40362)}]^{2.96057} \quad (\text{ambos sexos})$$

Los valores de edad-peso calculado para machos de merluza de cola se presentan en la Tabla 8, donde puede observarse que el mayor incremento en peso se logra a los 6 años de edad, decreciendo exponencialmente en las edades siguientes. A la edad de 14 años sólo se llega al 73,9 % del peso asintótico.

El ajuste de las edades-pesos calculados se comprueba al comparar con las edades-pesos promedio observados, pudiéndose detectar un muy buen ajuste hasta los 10 años, incrementándose los pesos observados en las edades siguientes, situación que se deriva del caso de la edad-longitud observada mencionada anteriormente (Tabla 9, Fig. 5).

En la Fig. 6 se puede observar que a la edad 12 se produce una inflexión por una disminución de la desviación estándar.

En las hembras, el punto de inflexión de la curva de crecimiento en peso o punto de máximo incremento se produce a la edad 8, decreciendo posteriormente. A los 14 años sólo se alcanza el 64 % del peso asintótico (Tabla 10, Fig. 7), sin embargo, hay que considerar que la mayor edad observada fue de 16 años con una muy baja frecuencia de observaciones, por lo que no fue considerada al igual que la edad 15 años. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la mayor talla observada fue de 120 cm a la cual se debería estar cerca del peso asintótico. Este análisis es también válido para los machos.

El ajuste entre los valores de edad-peso calculados y los pesos observados es muy bueno hasta la edad 10 al igual que en los machos, luego se mantiene con un leve incremento en los valores observados hasta la edad 13 (Tabla 11, Fig. 7).

En la figura 8, se observa que el peso promedio a las edades 13 y 14 presenta una inflexión negativa debido al bajo número de observaciones. Esto se refleja en los intervalos de confianza del 95 % producto de la disminución de la desviación estándar.

iv.- Comparación de crecimiento entre sexos de Merluza de cola

En la comparación de las curvas de crecimiento en longitud entre sexos mediante el test T^2 de Hotelling se calcularon las matrices de varianza covarianza para cada sexo. A continuación se entregan la matriz de covarianza agrupada y su inversa.

$$U = \begin{vmatrix} 0.572293 & -0.00239 & -0.016905 \\ -0.00239 & 1.03E-05 & 7.44E-05 \\ -0.016905 & 7.44E-05 & 0.000579 \end{vmatrix} \quad U^{-1} = \begin{vmatrix} 63.248988 & 18219.223 & -493.6762 \\ 18219.223 & 6566702.4 & -311578.1 \\ -493.6762 & -311578.1 & 27336.694 \end{vmatrix}$$

El valor de T^2 estimado es de 1010,5 mayor que el valor crítico (T_0) de 25,59, razón por la cual las diferencias son significativas para un nivel de significancia del 5%, es decir, se rechaza la hipótesis de igualdad entre sexos. Estos resultados corroboran lo señalado por Young *et al* 1998 y por Ojeda *et al* 1998.

1.2.5.- DISCUSIÓN

El estudio actual si bien analiza básicamente la misma información base utilizada por Ojeda *et al* (1998), ésta ha sido sometida a una revisión detallada para excluir los datos de longitud pez-radio otolito, longitud total-peso y longitud-edad que escapan totalmente a la distribución asociada a la relación correspondiente, y que probablemente se deban a errores de notación del muestreador en el muestreo a bordo de las embarcaciones pesqueras.

Con la finalidad de establecer la mayor fortaleza de los parámetros de crecimiento en longitud estimados en el actual estudio y los precedentes, se optó en primer lugar por descartar aquellos trabajos que corresponden sólo a ambos sexos o total, y en segundo lugar a aquellos que consideran la longitud a la edad actual, debido al sesgo que presentan en las longitudes menores (selectividad del arte de pesca o distinta distribución espacial de los juveniles) y en las mayores (efecto de la explotación). También se excluyó el estudio de Cubillos *et al* (1998) ya que por una parte utiliza distribución de frecuencias de longitudes horquilla y por otra peso de otolitos, información que es analizada mediante un método estadístico el MULTIFAN (Fournier *et al*, 1990,1991), algoritmo basado en un modelo no lineal que entrega estimaciones robustas de los parámetros de crecimiento. Además, hay que considerar que la distribución de longitudes en las capturas de la zona centro-sur tienen una gran proporción de longitudes menores, comparadas

con la estructura de tallas que usualmente se observa en las capturas de la pesquería sur-austral. Esto explica las menores longitudes asintóticas estimadas por Cubillos et al.(1998) (87,2 cm para distribución de tallas y 83,1 para peso de otolitos).

En definitiva, sólo se consideraron los estudios que emplearon las longitudes retrocalculadas y sexos separados, realizando la corrección de las longitudes mediante el método de Francis (1990). En la Tabla 12 se entrega información de los diferentes estudios realizados en la estimación de parámetros de crecimiento de merluza de cola.

Los parámetros de crecimiento estimados por Ojeda *et al* (1998) utilizando una combinación de datos de edad-longitud retrocalculadas y edad actual, no obstante ser muy similares a los del actual estudio, se excluyeron, debido a que no es conveniente mezclar información proveniente de procedimientos de estimación diferentes. De esta forma, quedan para comparar las estimaciones de Young *et al* (1998) y de Ojeda *et al* (1998).

En las Figs 9 y 10 se presentan las curvas de crecimiento para macho y hembras, respectivamente. En el caso de Young *et al* (op cit) se comparó con la información correspondiente al año 1982 y dado que se contó con la información de las matrices de varianza covarianza se pudo comparar los parámetros de crecimiento de machos y hembras mediante el test T^2 de Hotelling, modificado por Cerrato 1990). En el caso de machos y hembras los T^2 observados fueron de 281,4 y 581,6, respectivamente, valores mayores que el T^2 crítico de 25,6, razón por la cual se rechaza la igualdad de ambas curvas de crecimiento.

En el caso de Ojeda *et al*.(1998) no fue posible aplicar el test T^2 , debido a que en el informe correspondiente no se incluyeron las matrices de varianza-covarianza de machos y hembras. En todo caso puede observarse que la mayor similitud de longitud-edad con el ajuste actual se produce en las hembras (Fig. 10). Quizás la diferencia se deba a que las longitudes retrocalculadas por Ojeda *et al*. (op cit) se hicieron con una regresión lineal cuyos coeficientes de determinación (R^2) fueron en cada sexo de 0,835, en cambio en el ajuste potencial realizado en el actual estudio los valores de R^2 fueron de 0,99 en cada caso.

En relación con la longitud asintótica estimada sobre base de las longitudes retrocalculadas, éstas son menores a las estimadas con longitudes a la edad actual, pero esto no significa que estas últimas sean más ajustadas a la realidad, solo reflejan menores valores de K al ser las longitudes de las edades iniciales empleadas para el ajuste mayores, por el sesgo de las muestras. En todo caso, como la longitud asintótica representa una longitud máxima promedio tiene asociada intervalos de confianza, cuyo límite superior tiene asociada longitudes mayores.

Una forma de examinar la relación de los parámetros de las ecuaciones de crecimiento obtenidos por los diferentes autores, fue graficar los valores de los parámetros t_0 y k , para observar el comportamiento de K con respecto a t_0 , considerando que los mejores valores de K corresponderán a aquellos donde t_0 sea lo más próximo a 0 (Ehrhardt, com. pers.). En las Figs. 11 y 12 se presenta esta relación para hembras y machos, respectivamente, donde en ambos sexos se observa que a medida que los valores de t_0 se aproximan a 0, los valores de K muestran un aumento, alcanzando los mayores valores cercanos a $t_0 = 0$.

1.2.6.- CONCLUSIONES

- 1.- El reanálisis de la relación longitud pez-radio del otolito señala que la función más ajustada es la potencial que presenta un coeficiente de determinación más alto que la función lineal.
- 2.- Los parámetros de crecimiento en longitud y peso estimados en base a longitud- edad retrocalculada corregida, permiten el cálculo de longitudes y peso a la edad con un alto grado de ajuste con los datos observados, lo que confirma la validez de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para representar el crecimiento de merluza de cola.
- 3.- El test T^2 de Hotelling con la modificación de Cerrato (1990) confirma la diferencia del crecimiento entre sexos

1.3.-CRECIMIENTO EN MERLUZA DE TRES ALETAS

1.3.1-Estructura usada para determinación de edad

En todos los trabajos publicados sobre crecimiento en merluza de tres aletas, la estructura elegida ha sido el otolito sagita (Paya, 1996; Barrera & Oro, 1988; Ojeda *et al.*, 1998), en los cuales es posible ver y discriminar con claridad los anillos hialinos y opacos de deposición estacional en la forma de anillos estrechos oscuros de crecimiento lento (invernal) y anillos anchos claros de crecimiento rápido (estival).

1.3.2.-Periodicidad en la formación de los anillos anuales de crecimiento

Los primeros antecedentes que se conocen en Chile respecto al crecimiento de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) corresponden al estudio realizado por Paya (1997), quien mediante el análisis del borde de los otolitos determinó la formación de un anillo hialino y un opaco anual con un máximo de deposición del anillo hialino en septiembre.

Posteriormente, Ojeda *et al* (1998) determinaron que la mayor formación del anillo hialino en el borde de los otolitos se produce entre mayo y agosto con una mayor frecuencia en agosto, lo que coincide en gran parte con lo detectado por los autores citados anteriormente.

1.3.3.-Determinación de edad

Los autores señalados anteriormente han efectuado la determinación de edad en merluza de tres aletas empleando la técnica de Retrocálculo y Edad actual para cada sexo, siguiendo los resultados entregados por Barrera & Oro (1988), quienes detectaron, pero no comprobaron diferencia de crecimiento entre los sexos y realizaron los ajustes de crecimiento en forma separada para machos y hembras. En las estimaciones de edad mediante retrocálculo, tanto Paya

(op. cit) como Ojeda *et al.* (op. cit) han seguido las recomendaciones de Francis (1990) mediante el uso de regresiones ajustadas que integra el radio del otolito (R_o), el anillo de crecimiento respectivo (R_n), la longitud del pez al momento de la captura (L_p) y las constantes de la regresión que entregue el mejor ajuste de la relación entre el incremento en longitud del pez y el del otolito.

En el retrocálculo la relación entre la longitud del pez y el radio del otolito se ajustó a una función potencial del tipo $Y = a X^b$.

1.3.4.-Estimación de los parámetros de crecimiento

El modelo de crecimiento utilizado por los diferentes autores corresponde al más ampliamente usado en los peces y es aquel descrito por la ecuación de von Bertalanffy, mediante la expresión integrada propuesta por Beverton & Holt (1957).

1.3.4.1.-Crecimiento en longitud

En merluza de tres aletas el modelo de crecimiento de von Bertalanffy fue ajustado por Paya (1996) para los datos de longitud-edad mediante técnicas no lineales. El modelo se ha ajustado de dos formas: i) utilizando los datos “retrocalculados”sumados con los datos a la “edad actual” (tabla 1) y ii) empleando sólo los datos a la “edad actual”.

El empleo de los datos a la edad actual tiene la desventaja que las edades extremas están poco representada, lo que produce un sesgo que influye en la estimación de la constante de crecimiento K y por lo tanto en la estimación de L_∞ . Al parecer por dicha razón, el autor prefirió utilizar también la combinación de todos los datos, dando origen al tercer tipo de ajuste.

La segunda estimación de crecimiento fue realizada por Ojeda *et al* (1998) sobre la base de 3.474 pares de otolitos de machos y 2.922 de hembras de merluza de tres aletas, para el periodo 1990-1996, y para un rango de tallas de 23 a 64 cm LT. El número de grupos de edad determinados fue de 20 y la estimación de los parámetros se efectuó mediante el ajuste no lineal. Los ajustes se llevaron a cabo para a) longitud edad retrocalculada, b) longitud edad actual y c) longitud edad retrocalculada sumada a la edad actual. Además, los autores a través de la comparación de las curvas entre los sexos determinaron la existencia significativa de crecimiento entre hembras y machos.

En el Océano Atlántico, para la plataforma patagónica Argentina se encuentran los trabajos de Barrera & Oro (1988) y Cassia (1996).

Reanálisis y estimación de crecimiento en longitud para merluza de tres aletas

i.-Retrocálculo de longitudes a partir de anillos anuales de crecimiento

La información utilizada corresponde a lecturas de edad en otolitos sagitales (radios anillos anuales) realizados por IFOP en muestras provenientes del muestreo realizado a bordo de

embarcaciones arrastreras industriales en el período 1991-1993. El número de otolitos leídos fue de 2550 correspondiendo 1.397 machos y 1.153 a hembras.

La regresión longitud total pez- radio del otolito es representada para machos y hembras por las siguientes expresiones potenciales que presentaron un mejor ajuste que las lineales, siendo sus coeficientes de determinación (R^2) de 0,801 y 0,854, respectivamente.

$$L_{pez} = 0.498760 * R_o^{0.97399} \quad (\text{machos})$$

$$L_{pez} = 0.237773 * R_o^{1.13637} \quad (\text{hembras})$$

El error estándar para cada constante por sexo es:

constante	machos	hembras
a	0.034688	0.017709
b	0.014826	0.015853

Las longitudes retrocalculadas por anillo anual fueron corregidas por el procedimiento de Francis (1990) mencionado en materiales y métodos.

ii.-Crecimiento en longitud

Los valores de los parámetros de longitud para cada sexo y el total, se estimaron mediante un ajuste no lineal de datos de edad-longitud correspondiente al período 1991-93. Estos se entregan en la Tabla 14, en la cual se incluyen los valores de error estándar para cada parámetro.

Las ecuaciones que representan el crecimiento en longitud de merluza de tres aletas, de acuerdo con la expresión de von Bertalanffy son las siguientes:

$$L_t = 52.73 * [1 - e^{-0.24522(t+1.97284)}] \quad (\text{machos})$$

$$L_t = 55.53 * [1 - e^{-0.22978(t+1.75918)}] \quad (\text{hembras})$$

$$L_t = 54.36 * [1 - e^{-0.23481(t+1.86566)}] \quad (\text{total})$$

En la Tabla 15, se presentan los valores calculados de edad-longitud total, para machos de merluza de tres aletas, así como los intervalos de confianza del 95%.

En la Tabla 16, se muestran las edades-longitudes observadas promedio en hembras, los intervalos de confianza del 95% y la frecuencia por edad.

El nivel de ajuste de las curvas de crecimiento, se comprueba al comparar la edad-longitud calculada y la edad-longitud promedio observada o retrocalculada. Como se puede apreciar en la Fig. 13, hasta la edad 11 prácticamente no hay diferencia, después se incrementa levemente debido al aumento de la desviación estándar producto de la disminución de los datos observados para cada edad. El mayor incremento en longitud se logra hasta los 4 años, donde ésta corresponde casi a un 77% de la longitud asintótica (Tabla 15, Fig. 14).

En las hembras, los valores de edad-longitud calculados se entregan en la Tabla 17, los cuales son muy similares a los datos de edad-longitud promedio observados hasta las edades 11 y 12 años (Tabla 18). En general, la situación es muy similar a los machos, con un nivel de ajuste mayor (Fig. 13). Las hembras a diferencia de los machos, crecen con una tasa algo menor ya que al cuarto año sólo alcanzan el 73% de la longitud asintótica.

La longitud promedio observada en las hembras presenta intervalos de confianza bastante simétricos con un error estándar que aumenta levemente con la edad. (Fig. 16).

La comparación del crecimiento entre sexos señala un mayor incremento en longitud de las hembras a partir del cuarto año (Fig. 17).

1.3.4.2.-Crecimiento en peso

Se carece de antecedentes sobre el crecimiento en peso de *M. australis* en el O. Pacífico suroriental, razón por la cual en el presente estudio se realiza la primera estimación de crecimiento en peso para esta especie presente en aguas chilenas..

Los valores de edad-peso para cada sexo se obtuvieron convirtiendo la información de longitud-edad retrocalculada, mediante las relaciones de longitud-peso correspondientes, las cuales se ajustaron como regresiones no lineales. Para ajustar estas regresiones se contó con 1383 datos observados para machos y 1150 para hembras, provenientes de muestreos realizados por IFOP entre 1991 y 1993. Para el ajuste de una relación para el total, se consideró la sumatoria de los dos sexos. En la Tabla 19, se presentan los valores de los parámetros de las relaciones longitud-peso por sexo y total.

Con los valores de edad-pesos se ajustaron las funciones de crecimiento en peso correspondientes. Los valores de los parámetros de crecimiento en peso se entregan en la Tabla 20.

Las ecuaciones que representan el crecimiento en peso de acuerdo con la expresión de von Bertalanffy son las siguientes:

$$W_t = 913.96 * [1 - e^{-0.204586(t+2.62477)}]^{2.89714} \quad (\text{machos})$$

$$W_t = 959.07 * [1 - e^{-0.204414(t+2.55699)}]^{2.93118} \quad (\text{hembras})$$

$$W_t = 943.18 * [1 - e^{-0.201415(t+2.64549)}]^{2.91549} \quad (\text{ambos sexos})$$

Al comparar la información de edad-peso calculada y la edad-peso promedio observada para machos se observa un gran ajuste hasta la edad 12, luego la segunda presenta incrementos algo mayores en las edades restantes hasta los 17 años (Tablas 21 y 22, Fig. 18).

El crecimiento de tipo sigmoide alcanza su mayor tasa a la edad de 3 años, punto en el cual se alcanza alrededor de un 33 % del peso asintótico. Posteriormente, la tasa decrece en forma sostenida (Fig.18). El 94,9 % del peso asintótico se alcanza a los 18 años.

La relación edad-peso promedio observada en machos presenta intervalos de confianza del 95% que van aumentando en amplitud en la medida que se alcanza edades mayores, debido a que la disminución de la tasa de crecimiento aumenta el traslapo de peso entre edades (Fig. 19).

En las hembras el ajuste entre los valores de edad-longitud calculados y edad-longitud promedio observados es mayor que en los machos, ya que se produce una diferencia desde la edad 17 en adelante. El punto de inflexión de la tasa de crecimiento es a los 3 años de edad al igual que machos, produciéndose luego una etapa de disminución sostenida del crecimiento. Así a los 18 años se ha alcanzado el 95,7 % del peso asintótico (Tablas 23 y 24, Fig. 20.).

Desde los 14 años en adelante la desviación estándar es mayor que en los machos, generando intervalos de confianza con una mayor amplitud (Fig. 21).

Como se observa en la Fig. 22, el crecimiento en peso entre sexos es similar hasta los cuatro años de edad, incrementando el peso de las hembras en las edades siguientes.

1.3.4.3.-Comparación de crecimiento entre los sexos.

Con la finalidad de comprobar la hipótesis de nulidad de que no existen diferencias en el crecimiento entre sexos se aplicó el test de Hotelling (T^2) modificado por Cerrato (1990). La matriz de varianza covarianza y su inverso se presentan a continuación:

$$U = \begin{vmatrix} 0.01481016 & -0.0002783 & -0.0026945 \\ -0.0002783 & 6.2856E-06 & 8.5803E-06 \\ -0.0026945 & 6.9434E-05 & 0.00087807 \end{vmatrix} \quad U^{-1} = \begin{vmatrix} 276.848819 & 3219.12959 & 818.102407 \\ 12439.3103 & 322985.199 & 35016.0767 \\ -134.085614 & -15661.7485 & 880.434155 \end{vmatrix}$$

El test entrega un valor de T^2 observado de 1962,7 el cual es mayor que el T^2 crítico de 25,592, razón por la cual se rechaza la hipótesis ya que existen diferencias significativas entre sexos. Esto está de acuerdo con lo señalado por Ojeda *et al* (1998).

1.3.4.- DISCUSION

Al igual que en merluza de cola existen varios estudios anteriores que estiman parámetros de crecimiento en longitud, para merluza de tres aletas tanto en la costa del O. Pacífico suroriental como en la costa del O. Atlántico suroccidental. En general, los valores de los parámetros están dentro de cierto orden de magnitud, observándose cierto grado de similitud. En todo caso, a fin de hacer comparable los estimados de crecimiento se decidió excluir los valores de los parámetros de crecimiento de *Micromesistius australis* de la costa argentina, ya que lo más probable es que sea un stock diferente al que se distribuye en aguas chilenas con una dinámica del ciclo vital diferente. Bajo estas circunstancias, las estimaciones que han sido consideradas para la comparación son los de la Sociedad de Estudios Hidrobiológicos (Paya, 1997), las de Ojeda *et al* (1998) y las actuales que constituyen un reanálisis de la información base utilizada en el estudio anterior.

Para la comparación final se excluyeron las estimaciones basadas en una combinación de la edad-longitudes retrocalculas y las longitudes estimadas a la edad actual, en este caso están las estimaciones de la Soc. Estudios Hidrobiológicos y los estimados por Ojeda *et al* (op cit). Se tomó esta determinación ya que se ha considerado no conveniente mezclar información proveniente de procedimientos distintos. También se excluyeron las estimaciones realizadas con longitudes a la edad actual, por el sesgo asociado tanto a las longitudes y edades menores por selectividad del arte de pesca o distinta distribución espacial de los juveniles respecto a la stock adulto, como las longitudes o edades mayores disminuidas por efecto de la explotación (mayor vulnerabilidad).

Finalmente, se han considerado para la comparación de parámetros de crecimiento los obtenidos con edad-longitud retrocalculada, entre las que se encuentran las estimaciones de Ojeda *et al* (op cit), a partir de información del período 1991-1993 y el estudio actual que corresponde a una revisión minuciosa de los datos de este mismo período, de manera de mejorar las funciones que representan las relaciones entre la longitud total del pez y el radio del otolito, las relaciones entre la longitud total y el peso, las que permiten convertir las longitudes individuales a pesos: Esto permite ajustar ecuaciones matemáticas que representen en forma adecuada el crecimiento de la especie en aguas chilenas.

Dado que Ojeda *et al* (1998) no entregan las matrices de variación covarianza por sexo, no fue posible aplicar un test T^2 de Hotelling para comparar las curvas y verificar probables diferencias

significativas. No obstante, se comparan las sumas de los cuadrados de las diferencias, incluyéndose a modo de comparación los datos de edad-longitud combinados de la Soc. de Estudios Hidrobiológicos y los de Ojeda *et al* (op cit). En las Tablas 25 y 26 puede observarse la información de edad-longitud, las diferencias entre estimaciones y la suma de los cuadrados de las diferencias con respecto al estudio actual, verificándose en el caso de machos que la información más ajustada es la combinada de Ojeda *et al* (op cit) (Fig. 23); en el caso de las hembras el mejor ajuste se produce con la información de longitud-edad retrocalculada de Ojeda *et al* (op cit) y en segundo lugar con la combinada de estos mismos autores (Fig. 24).

Finalmente, se puede agregar que tanto en el crecimiento en longitud como en peso se han hecho comparaciones, por una parte entre los valores de edad-longitud y edad-peso calculados, a través de las respectivas ecuaciones de crecimiento de acuerdo al modelo de von Bertalanffy y las longitudes edad-promedio y edad-peso promedio observadas. En general, el ajuste ha sido muy bueno con algunas diferencias en las edades más viejas con escasa representación en las muestras. Todo esto avala la precisión de los estimados de crecimiento.

En relación a los parámetros de crecimiento llama la atención el alto valor de t_0 , el cual en un principio se relaciona con una edad en la cual el pez debería tener longitud cero, sin embargo, esto no es así y cabe recordar que la curva de crecimiento en longitud tiene forma sigmoide, correspondiendo la parte ascendente a una etapa de tasa de crecimiento rápido que se produce en los peces desde los primeros estadios juveniles hasta antes de alcanzar un año de edad (Ricker, 1975). Esta etapa de aceleración del crecimiento es representado por la expresión:

$$L_t = a * e^{Kt} \quad (1)$$

La segunda parte de la curva después de la inflexión corresponde a una etapa de deceleración del crecimiento y es la que está usualmente disponible desde la edad 1 en adelante en las muestras de la pesquería comercial. La expresión que representa este periodo es:

$$L_t = b - c * e^{-Kt} \quad (2)$$

En estas expresiones a , b y c son parámetros que tienen dimensiones de longitud.

Cuando $t = 0$, $L_t = b$, $c = L_{\infty} - b$, que representa la talla hipotética que tendría en $t = 0$ si siempre hubiese crecido de acuerdo a la expresión (2). En resumen, esto significa que el valor de t_0 no corresponde a un valor real, es decir, al de la edad de longitud cero, ya que se desconoce la primera etapa del crecimiento somático representado por la ecuación (1), por tanto sólo corresponde a un valor matemático o teórico de ajuste para que funcione la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y se comprueba en el alto ajuste que se produjo entre los valores de edad-longitud y edad-peso calculados, con respecto a los observados que permitieron ajustar las funciones de crecimiento correspondientes. El mayor valor que presenta t_0 en el caso del crecimiento en peso, puede ser un efecto de la conversión de longitud a peso, ya que en todo caso se produce el mismo buen ajuste señalado anteriormente para la relación edad-longitud.

1.3.5.- CONCLUSIONES

1.- Se confirma que la función más apropiada para representar la relación entre la longitud del pez y del otolito es la potencial..

2.- Los parámetros de crecimiento en longitud y peso reestimados con información de longitud- edad retrocalculada, permiten el empleo de una función de crecimiento mas ajustada de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy que las planteadas por autores anteriores.

2.- Se confirma la diferencia de crecimiento entre sexos ya señalada por autores anteriores.

1.4.- BIBLIOGRAFÍA CITADA

Aguayo, M. 1974. Estudio de la edad y el crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg 1907), Ser. Inv. Pesq. Inst. Fom. Pesq. Chile. 19:43p.

Aguayo, M. y R. Gili 1984. Estudio de la edad y el crecimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) (Gadiformes-Gadidae). Invest. Pesq. (Chile) 31: 47-57.

Barrera-Oro E. & A. Tomo. 1988. New information on age and growth in length of *Micromesistius australis*, Norman 1937 (Pisces, Gadidae) in the South-West Atlantic Polar Biol.. 8: 341-351.

Bernard, D. 1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci.38: 233-236 pp.

Beverton, R. & S. Holt. 1957. On the dynamic of exploited fish populations. Min. Agri. Fish Food Fish invest. Lond., Serv. 11, 19. 533p.

Cerrato, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1416-1426 pp.

Cubillos, L., Pino, A. Sepúlveda and M. Araya. 1998. Growth of the Chilean hake (*Macruronus magellanicus* L.) of the Center-South Chile using otolith weight-age relationship. Books of Abstract 2nd Int. Symp. On Fish Otolith Res. And App. Bergen, Norway, 20-25 june.

Chesheva, Z.A. 1966. The determination of the age and the estimation of the growth rate for the Magellan hake *Macruronus magellanicus* of the South – West Atlantic. Journal of Ichthyology 36(1):51-55.

Francis, P. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish. Biol.. 36: 883-902 pp.

Ojeda, V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo & I. Paya. 1998. Estudio de crecimiento y construcción de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. Informe Final Proyecto FIP 97-15.

- Paya, I. 1997. Investigación CTP de merluza de tres aletas 1997. Anexo: “Estudio de edad y crecimiento de merluza de trwes aletas (*Micromesistius australis*)” ejecutado por Sociedad de Estudios Hidrobiológicos, 1996. Informe Final IFOP-SUBPESCA: 31 p.
- Ricker, W. E. 1975. Handbook of computations for biological statistics of fish population Bull. Fish. Res. Board. Can. 191: 382 p.
- Tomo , A. & A. Torno. 1987. Determinación de edad y crecimiento en merluza de cola (*macruronus magellanicus* Lönnberg). Revista del Museo Argentino de Ciencias naturales “Bernardino Rivadaria”, Hidrobiología, 6(2):11-14.
- Young, Z., P. Gálvez, H. Gonzales, J. Chong y H. Robotham, 1998. “Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur austral. Informe Final FIP 96-37: 96 p, Figuras. y tablas.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.-Valores de los parámetros de crecimiento en longitud obtenidos para machos, hembras y ambos sexos de Merluza de cola.

Sexo	Parámetros	Valores	E. estándar
Macho	L_{∞}	95.59	0.51138
	K	0.19155	0.00248
	t_0	-0.78751	0.01758
Hembra	L_{∞}	104.82	0.55748
	K	0.16845	0.00204
	t_0	-0.81169	0.01643
Total	L_{∞}	101.53	0.39483
	K	0.17498	0.00157
	t_0	-0.81779	0.01221

Tabla 2.-Relación entre edad-longitud calculada e intervalos de confianza del 95%, para machos de Merluza de cola.

Edad (años)	Long. calc. (cm)	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)
1	27.71	27.57	27.86
2	39.55	39.46	39.64
3	49.32	49.22	49.41
4	57.38	57.28	57.48
5	64.04	63.95	64.14
6	69.54	69.44	69.64
7	74.08	73.95	74.21
8	77.83	77.66	78.01
9	80.93	80.70	81.16
10	83.48	83.20	83.77
11	85.59	85.25	85.93
12	87.34	86.94	87.73
13	88.78	88.33	89.22
14	89.96	89.47	90.45

Tabla 3.-Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95%, para machos de Merluza de cola.

Edad (años)	Long. Obs. (cm)	Desvest	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)	Frecuencia
1	27.24	3.64	20.10	34.37	3173
2	40.18	4.16	32.03	48.33	3188
3	49.63	5.03	39.77	59.48	2922
4	57.27	5.88	45.74	68.79	2552
5	63.76	6.43	51.16	76.35	2021
6	69.09	9.01	51.43	86.75	1573
7	73.49	7.23	59.32	87.67	1070
8	77.64	8.09	61.77	93.50	643
9	81.73	8.63	64.81	98.65	319
10	86.23	8.26	70.05	102.41	131
11	89.89	7.58	75.03	104.76	54
12	91.88	6.80	78.56	105.20	5
13	94.49	7.52	79.76	109.23	4
14	95.49	9.97	75.95	115.03	3

Tabla 4.-Relación edad-longitud calculada e intervalos de confianza del 95%, para hembras de Merluza de cola.

Edad (años)	Long. calc. (cm)	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)
1	27.57	27.57	27.86
2	39.54	39.46	39.64
3	49.66	49.22	49.41
4	58.21	57.28	57.48
5	65.44	63.95	64.14
6	71.54	69.44	69.64
7	76.70	73.95	74.21
8	81.06	77.66	78.01
9	84.74	80.70	81.16
10	87.85	83.20	83.77
11	90.48	85.25	85.93
12	92.71	86.94	87.73
13	94.58	88.33	89.22
14	96.17	89.47	90.45

Tabla 5.-Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95%, para hembras de Merluza de cola.

Edad (años)	Long. obs. (cm)	Desvest	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)	Frecuencia
1	26.91	3.81	19.44	34.38	3664
2	40.35	4.29	31.94	48.76	3729
3	50.09	5.16	39.98	60.20	3403
4	58.17	6.00	46.41	69.93	3068
5	65.09	6.58	52.19	77.99	2593
6	71.00	7.08	57.12	84.88	2132
7	76.08	7.65	61.09	91.07	1620
8	80.57	8.25	64.40	96.74	1037
9	85.77	8.75	68.62	102.92	566
10	90.51	9.47	71.95	109.07	267
11	93.46	9.66	74.53	112.39	60
12	96.62	11.22	74.63	118.61	28
13	97.75	8.30	81.48	114.02	10
14	96.69	5.96	85.01	108.37	5

Tabla 6.-Valores de los parámetros para la relación longitud-peso en machos, hembras y ambos sexos de Merluza de cola.

Sexo	Parámetros	Valor	E.estánd.
macho	a	0.00487	0.000353
	b	2.87202	0.016541
	R ²	0.97924	
hembra	a	0.003360	0.000239
	b	2.96494	0.015937
	R ²	0.97708	
total	a	0.003383	0.000170
	b	2.96057	0.011328
	R ²	0.97746	

Tabla 7.-Valores de los parámetros de crecimiento en peso obtenidos para machos, hembras y ambos sexos de Merluza de cola.

Sexo	Parámetros	Valores	E. estándar
macho	W_{oo}	3110.81	63.3418
	K	0.15088	0.003107
	t_o	-1.24547	0.047424
hembra	W_{oo}	4684.07	120.507
	K	0.127139	0.002727
	t_o	-1.35151	0.050651
Total	W_{oo}	4185.72	77.6349
	K	0.13125	0.002066
	t_o	-1.40362	0.03708

Tabla 8.-Relación edad-peso calculado y límites de confianza para machos de Merluza de cola.

Edad	Peso calc.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
1	86.80	82.94	89.95
2	204.23	189.87	218.05
3	362.82	333.53	392.15
4	550.09	503.38	597.56
5	753.90	689.03	820.22
6	964.03	881.57	1048.45
7	1172.52	1073.91	1273.40
8	1373.64	1260.81	1488.84
9	1563.53	1438.62	1690.73
10	1739.86	1605.01	1876.78
11	1901.46	1758.69	2045.97
12	2048.00	1899.13	2198.22
13	2179.74	2026.38	2334.04
14	2297.34	2140.85	2454.38

Tabla 9.-Relación edad-peso promedio observados y límites de confianza en machos de Merluza de cola.

Edad	Peso prom. obs.	Desvest.	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Frecuencia
1	67.65	26.39	15.92	119.38	3173
2	202.81	61.61	82.04	323.57	3188
3	371.52	109.42	157.06	585.97	2922
4	560.84	165.77	235.93	885.75	2552
5	762.51	219.08	333.11	1191.92	2021
6	958.53	265.93	437.31	1479.75	1573
7	1145.43	324.23	509.93	1780.93	1070
8	1345.12	404.98	551.36	2138.88	643
9	1559.74	467.10	644.22	2475.26	319
10	1809.63	481.92	865.06	2754.20	131
11	2028.09	483.08	1081.24	2974.93	54
12	2144.06	415.79	1329.11	2959.02	5
13	2328.40	493.30	1361.53	3295.27	5
14	2413.45	672.77	1094.83	3732.07	3

Tabla 10.- Relación edad-peso calculados e intervalos de confianza en hembras de Merluza de cola.

Edad	Peso calc.	Lim. Inf.	Lim. Sup.
1	87.38	82.22	91.74
2	206.78	189.12	223.96
3	374.88	338.57	411.60
4	582.54	523.15	643.57
5	819.09	734.05	907.10
6	1074.21	962.58	1190.00
7	1338.75	1200.93	1481.71
8	1605.16	1442.50	1773.63
9	1867.46	1681.95	2059.14
10	2121.17	1915.19	2333.40
11	2363.10	2139.19	2593.10
12	2591.14	2351.84	2836.16
13	2804.04	2551.80	3061.47
14	3001.22	2738.33	3268.68

Tabla 11.- Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en hembras de Merluza de cola.

Edad	Peso obs.	Desvest.	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Frecuencia
1	61.80	27.04	8.80	114.80	3664
2	200.39	64.70	73.58	327.21	3729
3	379.60	117.93	148.46	610.75	3403
4	591.51	182.97	232.90	950.13	3068
5	824.49	250.05	334.40	1314.58	2591
6	1065.66	318.71	440.99	1690.32	2131
7	1308.63	393.15	538.05	2079.21	1620
8	1552.83	474.92	621.98	2483.68	1037
9	1868.53	566.13	758.90	2978.15	566
10	2194.68	675.95	869.82	3519.54	267
11	2410.33	709.49	1019.73	3800.94	60
12	2679.96	903.83	908.46	4451.45	28
13	2723.10	683.33	1383.76	4062.43	10
14	2610.29	487.04	1655.69	3564.89	5

Tabla 12.-Valores de los parámetros de crecimiento para Merluza de cola, estimados por diferentes autores, para la zona del O. Pacífico suroriental y O. Atlántico suroccidental.

Sexo	Parámetros			Estructura medida	Método deter. edad	Datos ajuste	Fuente autor
	L _∞	K	t ₀				
H+M	66,8	0,3598	-0,071	Long. anillo	Regresión	L. prom-edad	1
H+M	103,2	0,2171	0,2189	Long. anillo	Regresión	L. prom-edad	2
M	115,9	0,1118	-1,808		E. actual	L. individual	3
H	123,3	0,1173	-1,431		E. actual	L. individual	3
M	100,6	0,1653	-0,788	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	3
H	101,5	0,1794	-0,765	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	3
M	117,7	0,1113	-1,674		E. actual	L. individual	4
H	129,9	0,1134	-0,997		E. actual	L. individual	4
M	95,6	0,2110	-0,349	Long. anillo	Retrocálculo	L. individual	4
H	104,2	0,1894	-0,279	Long. anillo	Retrocálculo	L. individual	4
M+H	90,2	0,1360		Radio anillo	Frec. tallas	Frec. tallas	5
M+H	87,2	0,1420	-0,690	Radio anillo	E. actual	Edad-P. otoli	5
M	90,1	0,2208	-0,487	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	6
H	101,1	0,1959	-0,368	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	6
M+H	97,4	0,1998	-0,419	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	6
M	114,5	0,1110	-2,444	N° anillos	E. actual	L. individual	6
H	128,0	0,0970	-2,435	N° anillos	E. actual	L. individual	6
M*	47,8	0,0949	-2,550	Secciones	E. actual	L. prom-edad	7
H*	49,0	0,0867	-3,060	secciones	E. actual	L. prom-edad	7
M+H	88,5	0,2292	-0,971	N° anillos	E. actual	L. individual	8
M	95,59	9,1916	-0,7875	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	9
H	104,82	0,1685	-0,8117	Radio anillo	Retrocálculo	L. individual	9
M: macho; H: hembra				* L.preal: 47,8 = 109,6 cm LT; 49,0 = 117,2 LT			
1.-Aguayo (1974), 2.-Aguayo & Gili (1984), 3.-Young <i>et al.</i> (1998a),4.- Young <i>et al.</i> (1998b), 5.-Cubillos <i>et al.</i> (1998); 6.-Ojeda et al.(1998); 7.-Tomo & Torno (1987): 8.- Chesheva (1996); 9.- Presente revisión.							

Tabla 13.-Valores de los parámetros de crecimiento en longitud en Merluza de tres aletas.

Sexo	Parámetro	Valor	E. standard
Macho	L_{oo}	52.73	0.080995
	K	0.24522	0.001878
	t_0	-1.97284	0.022208
Hembra	L_{oo}	55.53	0.090829
	K	0.22978	0.016605
	t_0	-1.75918	0.019618
Total	L_{oo}	54.36	0.064988
	K	0.23481	0.001299
	t_0	-1.86566	0.015493

Tabla 14.-Relación edad-longitud calculada e intervalos de confianza del 95 % en machos de Merluza de tres aletas.

Edad	Long. calc.	Lim. Inf. _(0.95)	Lim. Sup. _(0.95)
1	27.29	27.13	27.45
2	32.82	32.82	32.83
3	37.15	37.11	37.20
4	40.54	40.54	40.54
5	43.19	43.19	43.19
6	45.26	45.26	45.26
7	46.89	46.89	46.89
8	48.16	48.16	48.16
9	49.15	49.15	49.15
10	49.93	49.93	49.93
11	50.54	50.54	50.54
12	51.01	51.01	51.01
13	51.39	51.39	51.39
14	51.68	51.68	51.68
15	51.91	51.91	51.91
16	52.09	52.09	52.09
17	52.23	52.23	52.23

Tabla 15.-Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95 % en machos de Merluza de tres aletas.

Edad	Long. (cm)	Desvest.	Lim. Inf.(0.95)	Lim. Sup.(0.95)	Frecuencia
1	26.62	1.40	23.88	29.36	1000
2	33.39	1.32	30.80	35.98	1241
3	37.62	1.42	34.83	40.41	1213
4	40.68	1.46	37.83	43.54	1186
5	42.99	1.56	39.93	46.04	1099
6	44.92	1.60	41.77	48.06	1008
7	45.62	1.80	42.09	49.15	1866
8	47.76	1.80	44.24	51.29	664
9	47.76	1.80	44.24	51.29	664
10	49.93	1.88	46.24	53.62	338
11	50.71	1.97	46.84	54.57	236
12	51.65	2.16	47.41	55.88	153
13	52.54	2.27	48.09	56.99	102
14	53.64	2.45	48.83	58.45	65
15	54.10	2.45	49.30	58.90	39
16	54.82	2.58	49.76	59.88	16
17	56.03	2.98	50.20	61.86	7

Tabla 16.-Relación edad-longitud calculada e intervalos de confianza del 95 % en hembras de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Long. calc. (cm)	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup.(0.95)
1	26.08	25.90	26.25
2	32.12	32.12	32.13
3	36.93	36.89	36.97
4	40.75	40.75	40.75
5	43.78	43.78	43.78
6	46.20	46.20	46.20
7	48.11	48.11	48.11
8	49.64	49.64	49.64
9	50.85	50.85	50.85
10	51.81	51.81	51.81
11	52.57	52.57	52.57
12	53.18	53.18	53.18
13	53.67	53.67	53.67
14	54.05	54.05	54.05
15	54.35	54.35	54.35
16	54.60	54.60	54.60
17	54.79	54.79	54.79
18	54.94	54.94	54.94

Tabla 17.-Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95 % en hembras de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Long. Obs. (cm)	Desvest.	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)	Frecuencia
1	25.32	1.39	22.60	28.04	1283
2	32.75	1.55	29.71	35.80	1586
3	37.46	1.62	34.28	40.64	1510
4	40.93	1.72	37.55	44.31	1462
5	43.57	1.85	39.94	47.19	1383
6	45.73	1.94	41.93	49.53	1280
7	47.67	2.08	43.58	51.75	1047
8	49.22	2.20	44.91	53.54	823
9	50.66	2.36	46.04	55.29	608
10	51.89	2.46	47.07	56.70	449
11	52.99	2.60	47.90	58.09	322
12	53.89	2.77	48.46	59.32	214
13	54.64	2.88	49.01	60.28	141
14	55.25	2.98	49.41	61.09	89
15	55.59	3.27	49.18	61.99	46
16	56.14	3.44	49.39	62.88	31
17	56.82	3.95	49.09	64.56	17
18	57.22	4.95	47.52	66.93	9

Tabla 18.-Valores de los parámetros para la relación longitud-peso en Merluza de tres aletas.

Sexo	Parámetros	Valor	E. estándar
macho	a	0.008600	0.001781
	b	2.897140	0.052933
hembra	a	0.007538	0.0016156
	b	2.931180	0.0542053
Total	a	0.008010	0.0011941
	b	2.915490	0.0379018

Tabla 19.-Valores de los parámetros de crecimiento en peso, para Merluza de tres aletas.

Sexo	Parámetros	Valor	E. estándar
Macho	W	913.96	4.71691
	k	0.204586	0.00204115
	t ₀	-2.624770	0.04078020
Hembra	W	959.07	5.26676
	k	0.204414	0.00218282
	t ₀	-2.556990	0.0443771
Total	W	943.18	3.61743
	k	0.201415	0.00148349
	t ₀	-2.64549	0.0306682

Tabla 20.-Relación edad-peso calculado y límites de confianza en machos de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Peso calc. (g)	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup. (0.95)
1	141.12	131.87	150.36
2	221.14	211.89	230.38
3	304.71	295.46	313.96
4	386.30	377.06	395.55
5	462.45	453.20	471.69
6	531.29	522.04	540.53
7	592.09	582.84	601.33
8	644.87	635.63	654.12
9	690.10	680.85	699.34
10	728.45	719.20	737.69
11	760.71	751.47	769.96
12	787.69	778.44	796.94
13	810.13	800.89	819.38
14	828.73	819.48	837.97
15	844.09	834.84	853.33
16	856.74	847.50	865.99
17	867.15	857.90	876.39

Tabla 21.-Relación edad-peso promedio observada (retrocalculada) en machos de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Peso Obs. (g)	Desvest.	Lim. Inf. (0.95)	Lim. Sup.(0.95)	Frecuencia
1	117.21	18.25	81.45	152.98	1000
2	224.78	25.88	174.06	275.50	1241
3	317.25	34.72	249.20	385.29	1213
4	397.49	41.24	316.67	478.31	1186
5	465.99	48.90	370.15	561.82	1099
6	528.97	54.77	421.62	636.31	1008
7	583.02	60.41	464.62	701.43	858
8	631.93	68.90	496.88	766.98	664
9	678.69	75.73	530.25	827.12	474
10	718.53	78.64	564.40	872.66	338
11	751.36	84.94	584.87	917.84	236
12	792.76	96.26	604.09	981.44	154
13	833.36	104.47	628.59	1038.12	102
14	885.02	116.27	657.13	1112.92	64
15	907.20	118.80	674.34	1140.05	39
16	942.65	127.62	692.52	1192.78	16
17	1004.94	153.87	703.36	1306.53	7

Tabla 22.-Relación edad-peso calculado e intervalos de confianza del 95 % en hembras de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Peso calc. (g)	Lim. Inf. (0.95)	Lim.Sup.(0.95)
1	138.45	128.12	148.77
2	220.97	210.64	220.97
3	308.18	297.85	308.26
4	394.02	383.70	394.02
5	474.62	464.30	474.62
6	547.81	537.49	547.81
7	612.69	602.36	612.69
8	669.16	658.84	669.16
9	717.65	707.33	717.65
10	758.85	748.53	758.85
11	793.56	783.24	793.56
12	822.61	812.29	822.61
13	846.81	836.48	846.81
14	866.87	856.55	866.87
15	883.46	873.13	883.46
16	897.13	886.81	897.13
17	908.37	898.05	908.37
18	917.61	907.29	917.61

Tabla 23.-Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en hembras de Merluza de tres aletas.

Edad (años)	Peso obs. (g)	Desvest.	Lim. Inf.(0.95)	Lim. Sup.(0.95)	Frecuencia
1	115.09	15.97	83.80	146.38	865
2	226.35	28.40	170.68	282.01	1066
3	320.97	35.91	250.59	391.36	1006
4	405.23	43.82	319.34	491.13	974
5	476.49	51.08	376.38	576.61	897
6	540.75	58.96	425.18	656.31	818
7	603.17	66.89	472.06	734.27	662
8	657.31	75.23	509.87	804.76	510
9	710.41	84.00	545.78	875.04	366
10	755.83	89.18	581.04	930.61	270
11	795.50	96.75	605.87	985.12	204
12	830.22	105.45	623.54	1036.90	152
13	860.57	113.97	637.20	1083.95	107
14	884.21	121.67	645.73	1122.69	66
15	898.48	135.77	632.38	1164.59	38
16	920.95	144.19	638.34	1203.55	26
17	967.79	180.71	613.60	1321.98	14
18	989.03	236.41	525.67	1452.39	7

Tabla 24.-Relación edad-longitud calculada para machos de Merluza de tres aletas por distintas ecuaciones de crecimiento y suma de los cuadrados de las deferencias respecto al estudio actual.

Edad	L1	L2	L3	L4	L3-L4	Cuadrado de diferencias	L1-L4	Cuadrado de diferencias	L2-L4	Cuadrado de diferencias
1	23.25	27.10	25.78	27.29	-1.52	2.30	-4.04	16.32	-0.19	0.04
2	29.50	32.71	31.82	32.83	-1.01	1.01	-3.33	11.07	-0.12	0.01
3	34.45	37.05	36.44	37.15	-0.71	0.51	-2.71	7.34	-0.10	0.01
4	38.36	40.42	39.98	40.54	-0.56	0.32	-2.18	4.74	-0.12	0.02
5	41.47	43.03	42.68	43.19	-0.51	0.26	-1.72	2.97	-0.17	0.03
6	43.93	45.05	44.75	45.27	-0.51	0.26	-1.34	1.79	-0.22	0.05
7	45.88	46.61	46.34	46.89	-0.55	0.30	-1.01	1.03	-0.28	0.08
8	47.42	47.83	47.55	48.16	-0.61	0.37	-0.74	0.55	-0.33	0.11
9	48.64	48.77	48.48	49.15	-0.67	0.46	-0.51	0.26	-0.39	0.15
10	49.61	49.49	49.19	49.93	-0.74	0.55	-0.32	0.10	-0.44	0.19
11	50.38	50.06	49.73	50.54	-0.81	0.65	-0.16	0.03	-0.48	0.23
12	50.98	50.50	50.15	51.02	-0.87	0.76	-0.03	0.00	-0.52	0.27
13	51.47	50.83	50.46	51.39	-0.92	0.85	0.08	0.01	-0.55	0.31
14	51.85	51.10	50.71	51.68	-0.97	0.95	0.17	0.03	-0.58	0.34
15	52.15	51.30	50.89	51.91	-1.01	1.03	0.24	0.06	-0.61	0.37
16	52.39	51.46	51.04	52.09	-1.05	1.10	0.30	0.09	-0.63	0.40
17	52.58	51.58	51.15	52.23	-1.08	1.17	0.35	0.12	-0.65	0.42
18	52.73	51.67	51.23	52.34	-1.11	1.23	0.39	0.15	-0.66	0.44
19	52.85	51.75	51.29	52.42	-1.13	1.28	0.42	0.18	-0.67	0.45
20	52.94	51.80	51.34	52.49	-1.15	1.32	0.45	0.20	-0.68	0.47
SCD						16.67		47.04		4.38

L1: Soc. Est. Hidrobiológicos (combin.); L2: Ojeda et al 1998(combin.); L3: Ojeda et 1998 (retrocalc.); L4: Estudio actual (retrocalc.)
 SCD: suma de cuadrados de diferencias

Tabla 25.-Relación edad-longitud calculada en hembras de Merluza de tres aletas por distintas ecuaciones de crecimiento y suma de los cuadrados de las deferencias respecto al estudio actual.

Edad	L1	L2	L3	L4	L3-L4	Cuadrado de diferencias	L1-L4	Cuadrado de diferencias	L2-L4	Cuadrado de diferencias
1	21.82	25.93	25.17	26.07	-0.91	0.8246	-4.26	18.13	-0.14	0.02
2	28.81	32.30	31.73	32.12	-0.39	0.1550	-3.31	10.95	0.18	0.03
3	34.39	37.31	36.86	36.93	-0.07	0.0051	-2.53	6.42	0.39	0.15
4	38.84	41.26	40.86	40.75	0.12	0.0138	-1.90	3.62	0.52	0.27
5	42.40	44.37	44.00	43.78	0.21	0.0460	-1.39	1.92	0.59	0.35
6	45.23	46.82	46.44	46.19	0.25	0.0627	-0.96	0.93	0.63	0.39
7	47.49	48.75	48.36	48.11	0.25	0.0608	-0.62	0.39	0.64	0.41
8	49.29	50.27	49.85	49.63	0.22	0.0477	-0.34	0.12	0.63	0.40
9	50.73	51.46	51.02	50.84	0.18	0.0311	-0.11	0.01	0.62	0.39
10	51.88	52.41	51.93	51.81	0.13	0.0162	0.07	0.00	0.60	0.36
11	52.79	53.15	52.65	52.57	0.08	0.0059	0.22	0.05	0.58	0.33
12	53.52	53.73	53.20	53.18	0.03	0.0007	0.34	0.12	0.56	0.31
13	54.10	54.19	53.64	53.66	-0.02	0.0004	0.44	0.20	0.53	0.28
14	54.57	54.56	53.98	54.04	-0.06	0.0040	0.52	0.27	0.51	0.26
15	54.94	54.84	54.25	54.35	-0.10	0.0104	0.59	0.35	0.49	0.24
16	55.23	55.07	54.46	54.59	-0.14	0.0186	0.64	0.41	0.47	0.23
17	55.47	55.24	54.62	54.78	-0.17	0.0276	0.69	0.47	0.46	0.21
18	55.66	55.38	54.75	54.94	-0.19	0.0369	0.72	0.52	0.45	0.20
19	55.81	55.49	54.84	55.06	-0.21	0.0460	0.75	0.56	0.43	0.19
20	55.93	55.58	54.92	55.16	-0.23	0.0545	0.77	0.60	0.42	0.18
SCD						1.4679		46.0346		5.1989

L1: Soc. Est. Hidrobiológicos (combin.); L2: Ojeda et al 1998(combin.); L3: Ojeda et 1998 (retrocalc.);

L4: Estudio actual (retrocalc.)

SCD: suma de cuadrados de diferencias

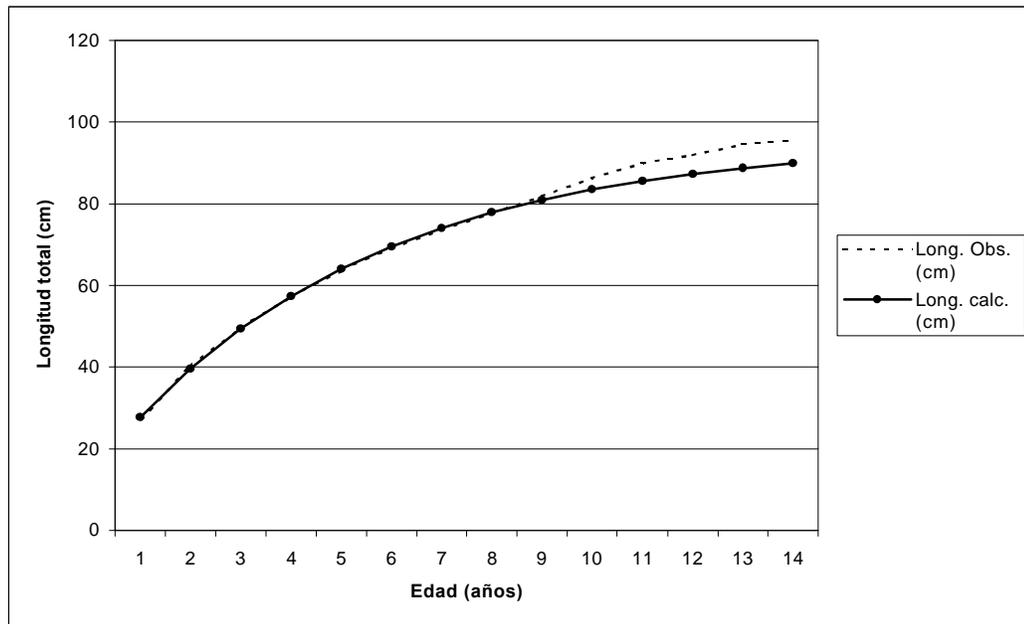


Figura 1.- Relación edad-longitud calculada y edad-longitud promedio observada en machos de Merluza de cola.

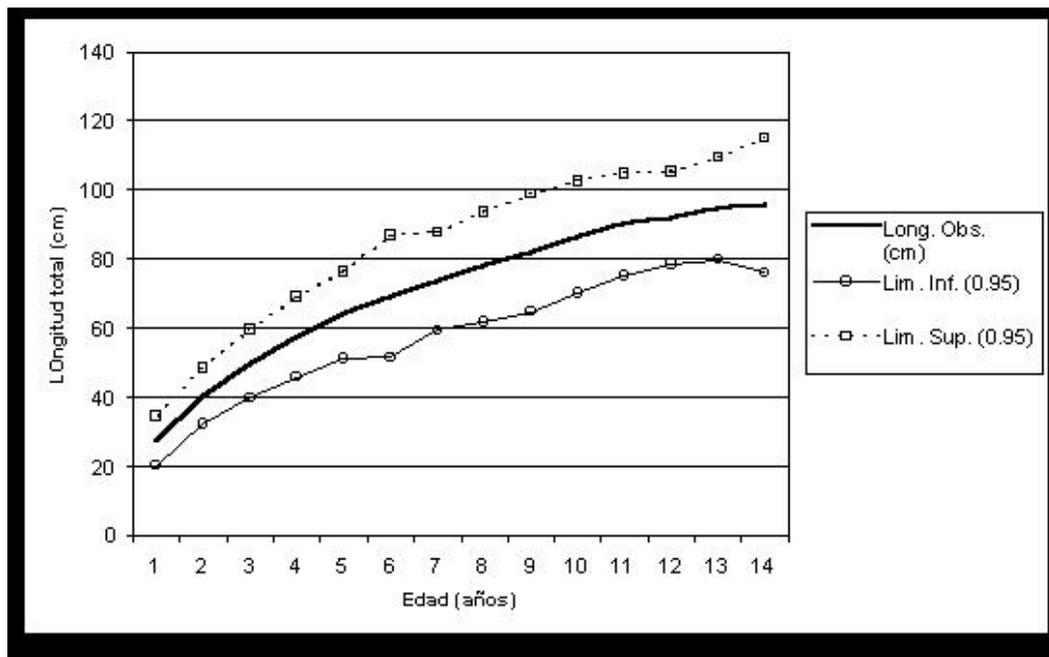


Figura 2.- Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95% en machos Merluza de cola.

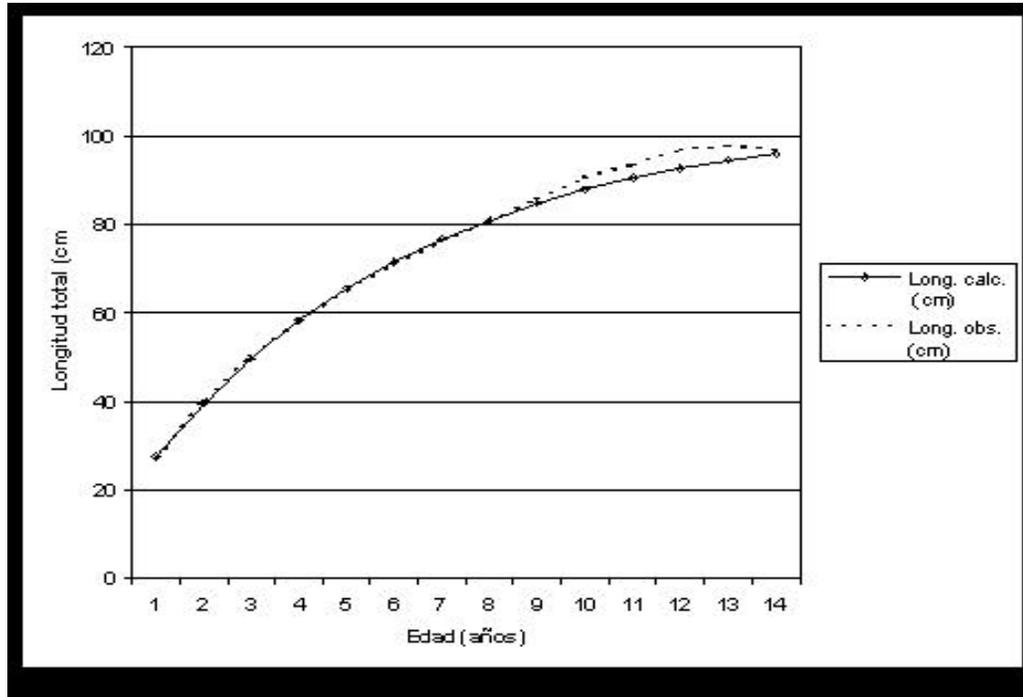


Figura 3.-Relación edad-longitud calculada y edad-longitud promedio observada en hembras de Merluza de cola.

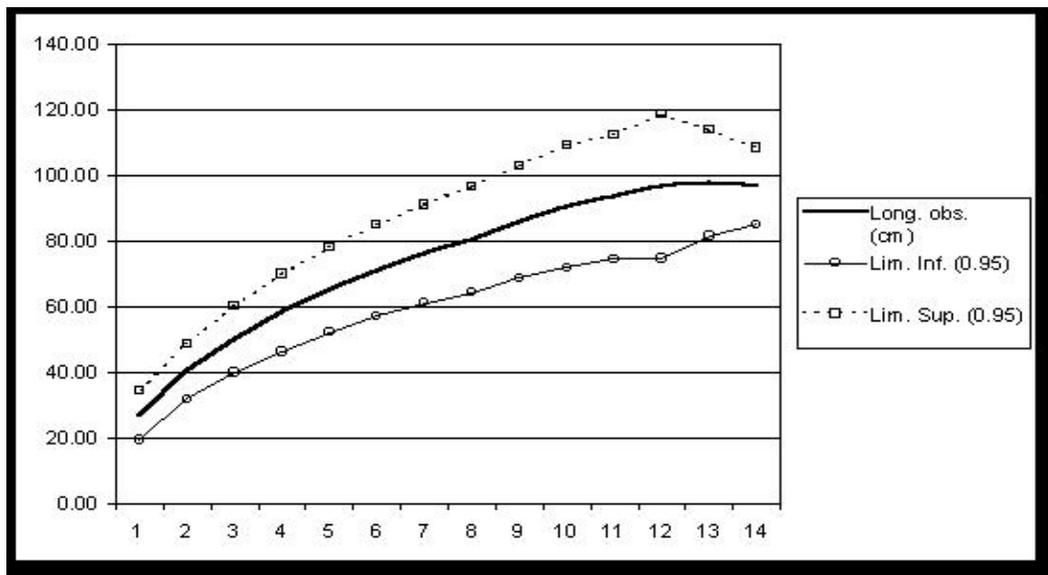


Figura 4.- Relación edad-longitud promedio observada e intervalos de confianza del 95%, para hembras de Merluza de cola.

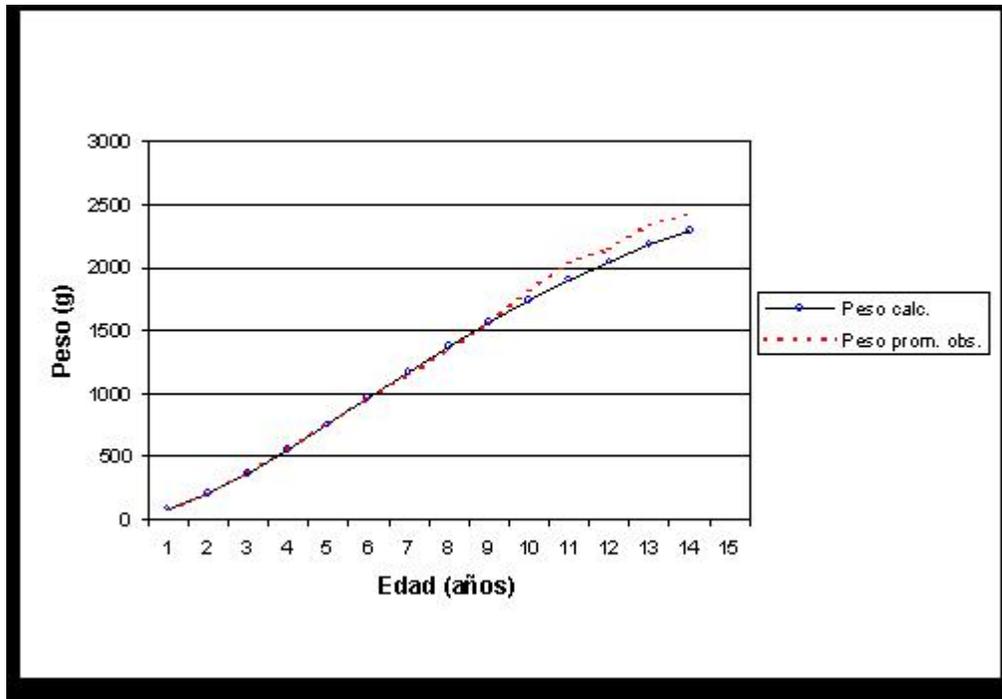


Figura 5.- Relación edad-peso calculado y edad-peso promedio observado en machos de Merluza de cola.

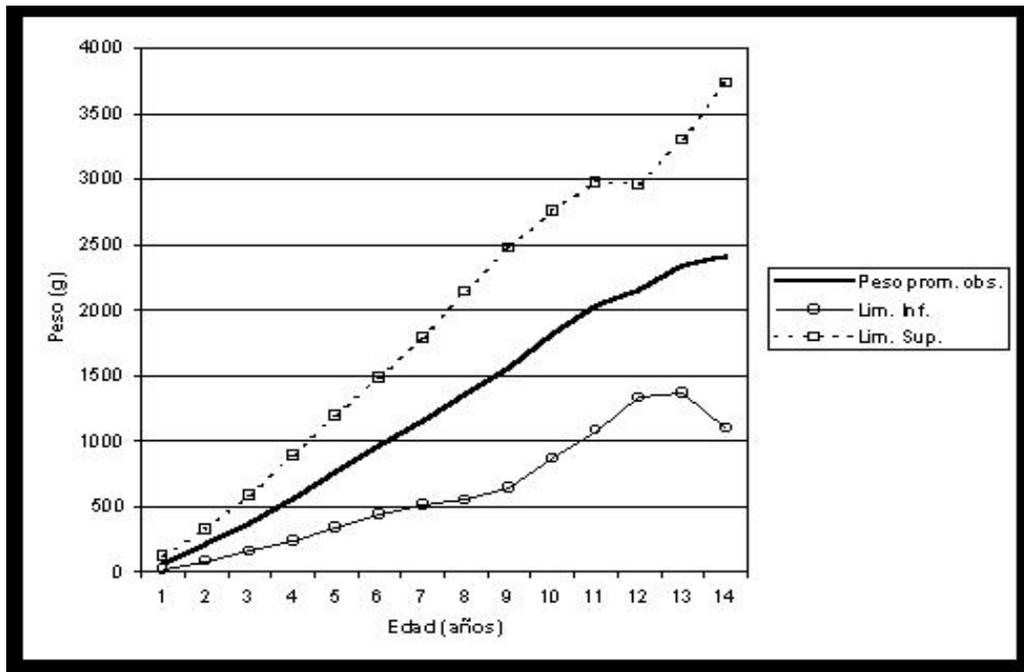


Figura 6.- Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en machos de Merluza de cola.

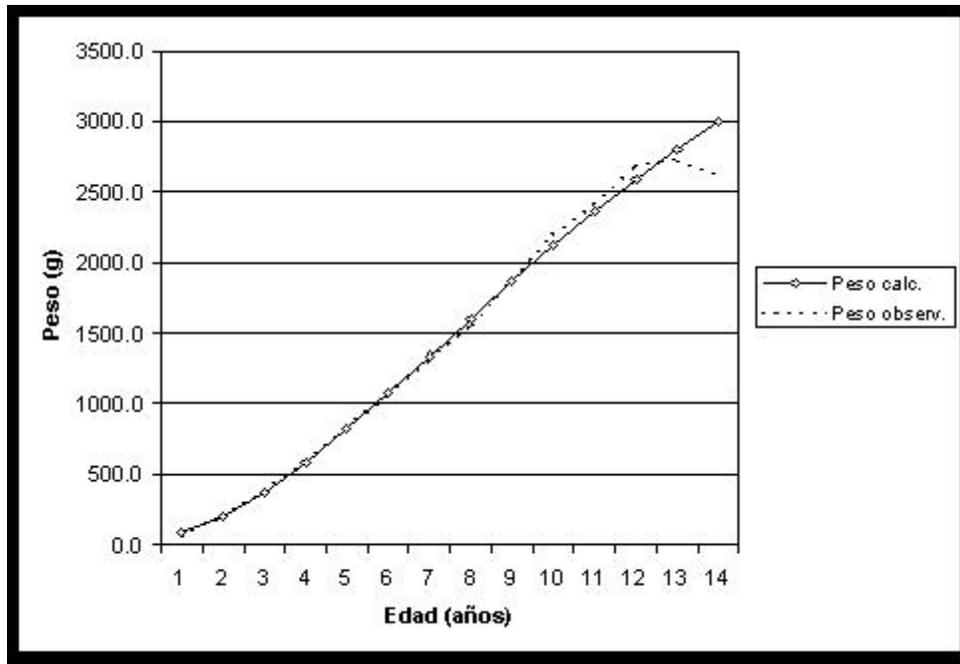


Figura 7.- Relación edad-peso calculado y edad-peso promedio observado en hembra de Merluza de cola.

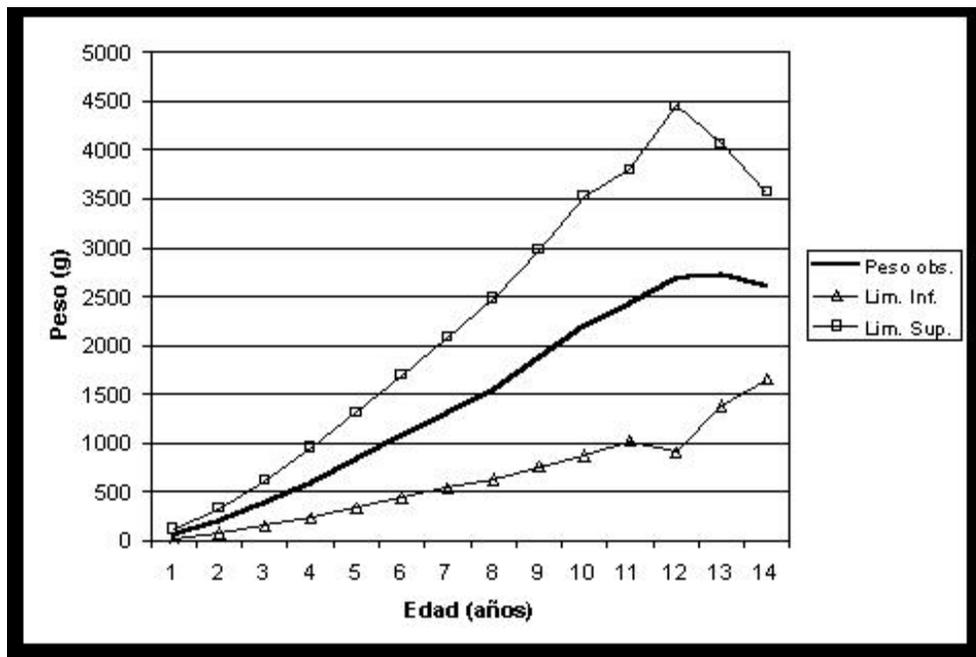


Figura 8.-Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en hembra de Merluza de cola.

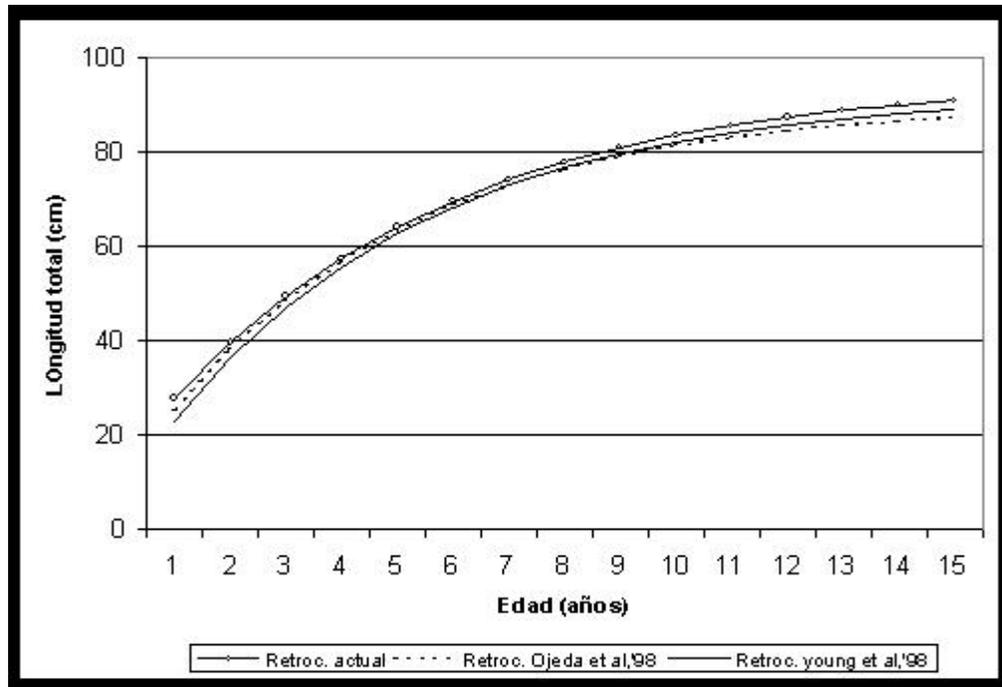


Figura 9.- Curvas de crecimiento en longitud de Merluza de cola machos, ajustadas con longitudes retrocalculadas.

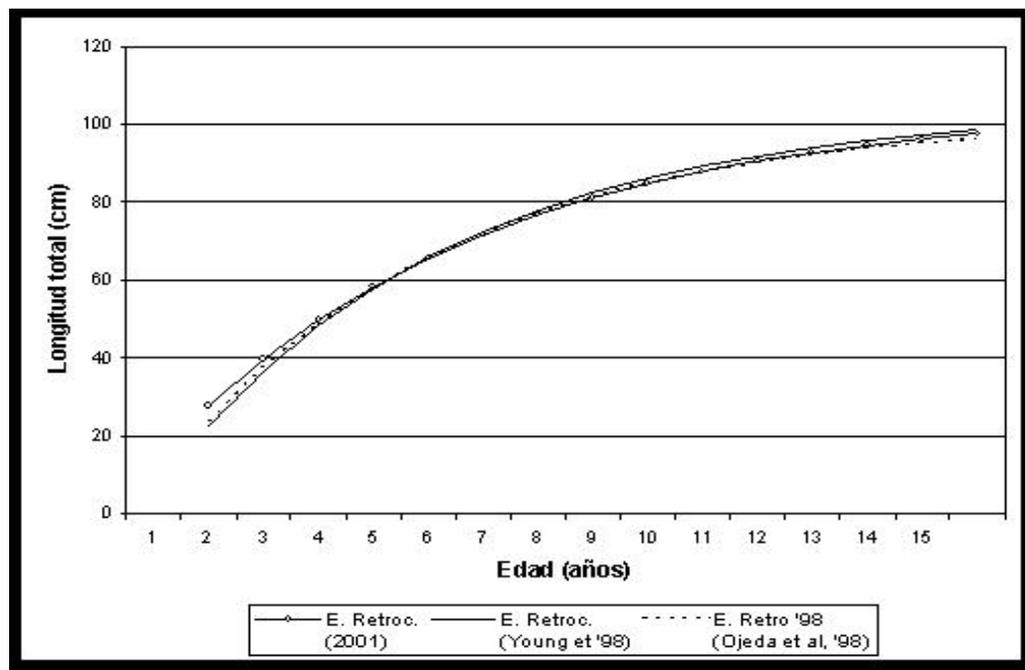


Figura 10.- Curvas de crecimiento en longitud para hembras de Merluza de cola ajustadas con longitudes retrocalculadas.

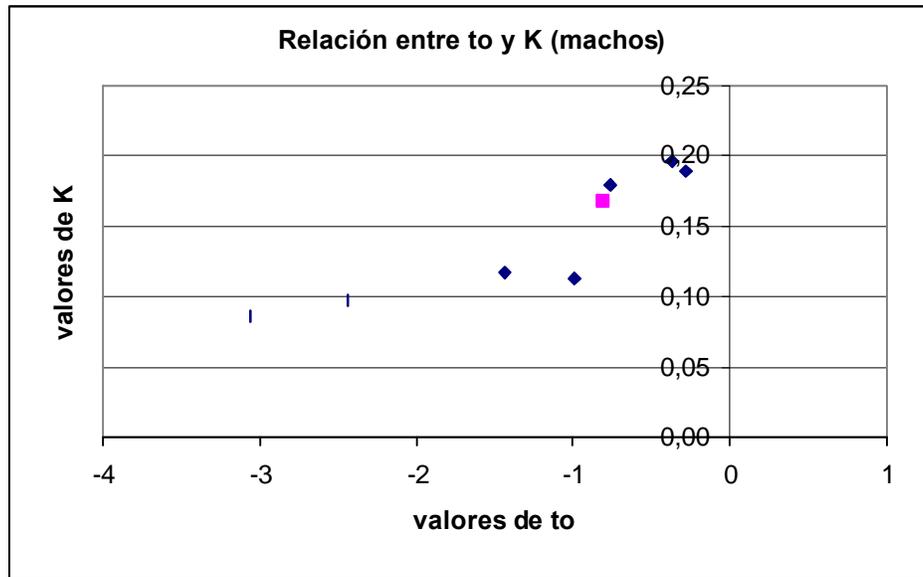


Figura 11.- Relación entre los parámetros t_0 y k de la distintas ecuaciones de crecimiento establecidas por diferentes autores, para machos de Merluza de cola (Tabla 12, punto coloreado: presente trabajo).

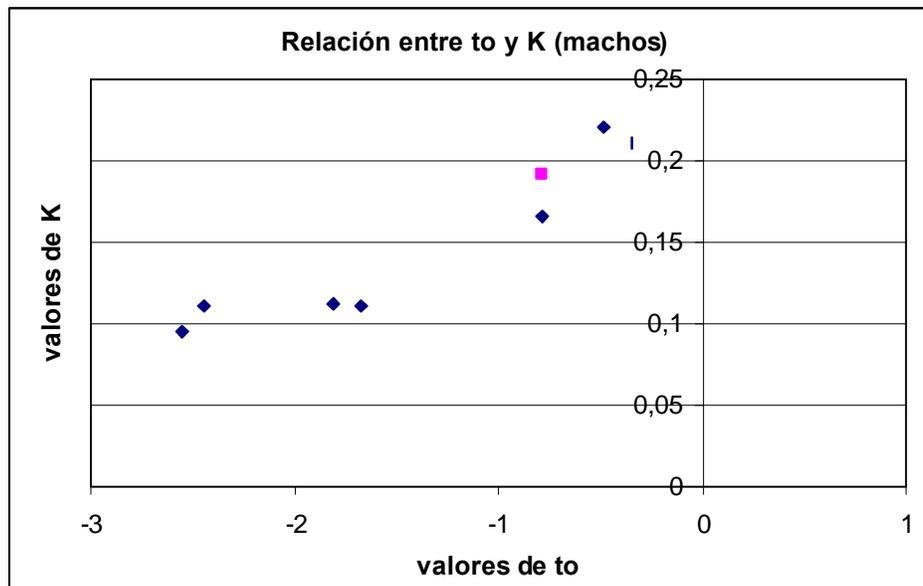


Figura 12.-Relación entre los parámetros t_0 y k de la distintas ecuaciones de crecimiento establecidas por diferentes autores, para hembras de Merluza de cola (Tabla 12, punto coloreado: presente trabajo).

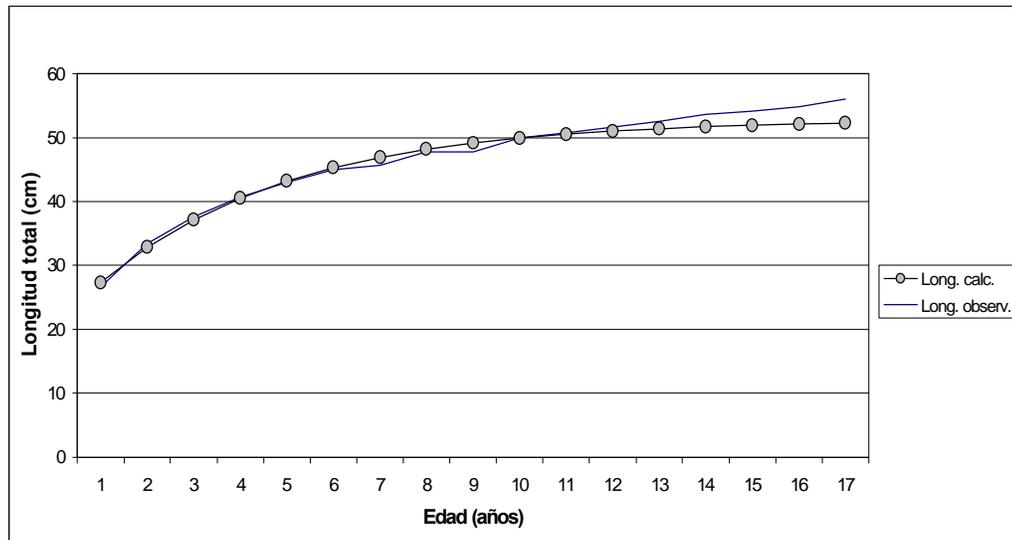


Figura 13.-Curva de crecimiento edad-longitud calculada y curva edad-longitud promedio observada en machos de merluza de tres aletas.

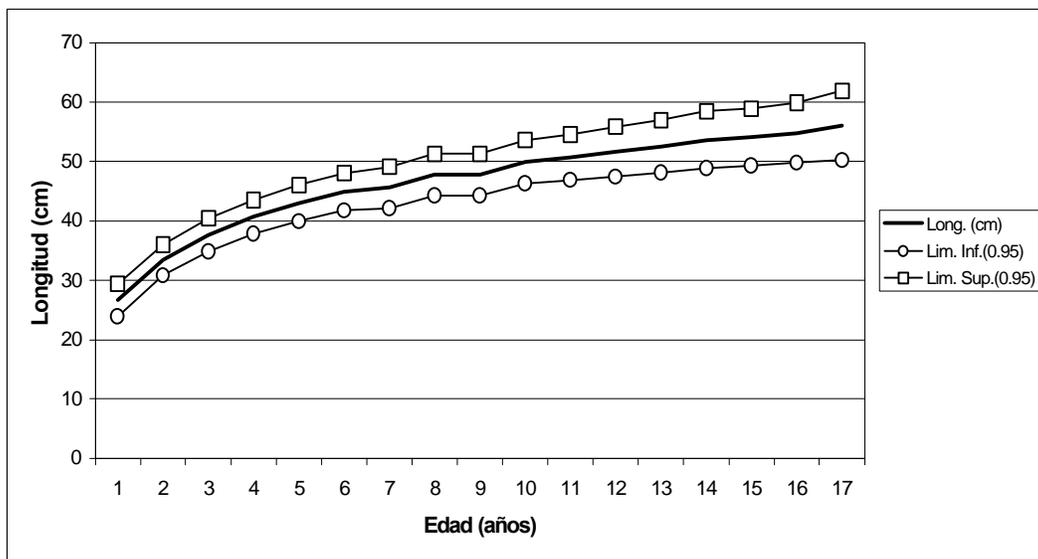


Figura 14.- Relación edad-longitud promedio observada en machos de Merluza de tres aletas e intervalos de confianza del 95 %.

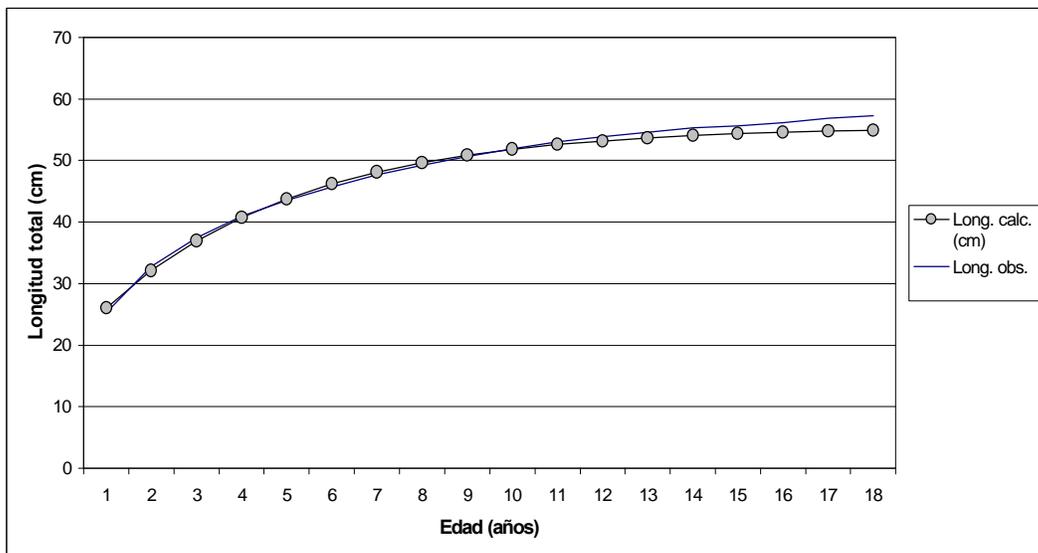


Figura 15.-Curva de crecimiento en edad-longitud calculada y edad-longitud promedio observada en hembra de merluza de tres aletas.

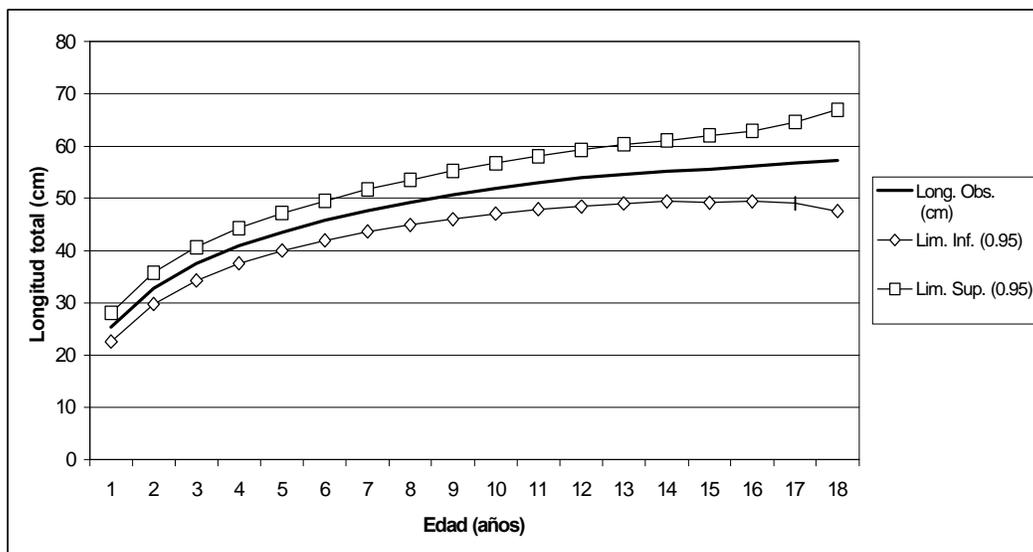


Figura 16.-Relación edad-longitud promedio observada en hembras de Merluza de tres aletas e intervalos de confianza del 95 % .

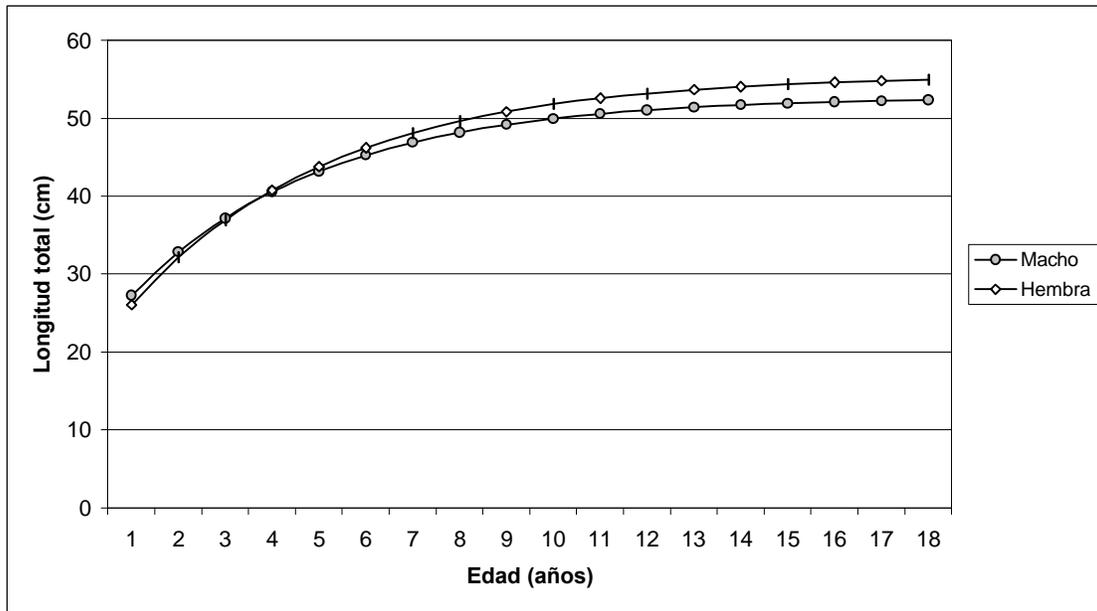


Figura 17.- Curvas de crecimiento en longitud por sexo en Merluza de tres aletas.

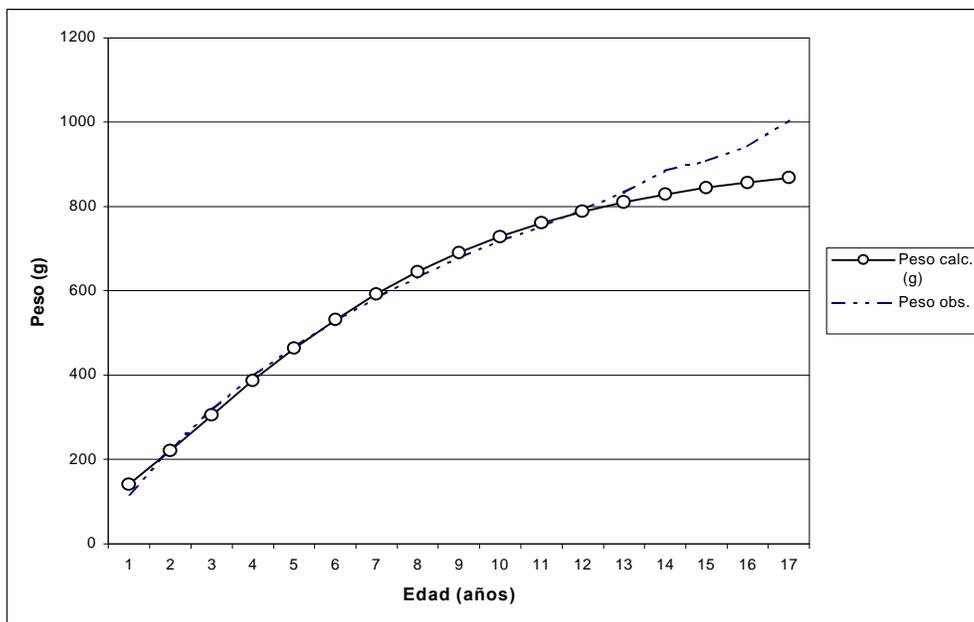


Figura 18.-Curva de crecimiento en peso calculada y edad-peso promedio observados en machos de Merluza de tres aletas.

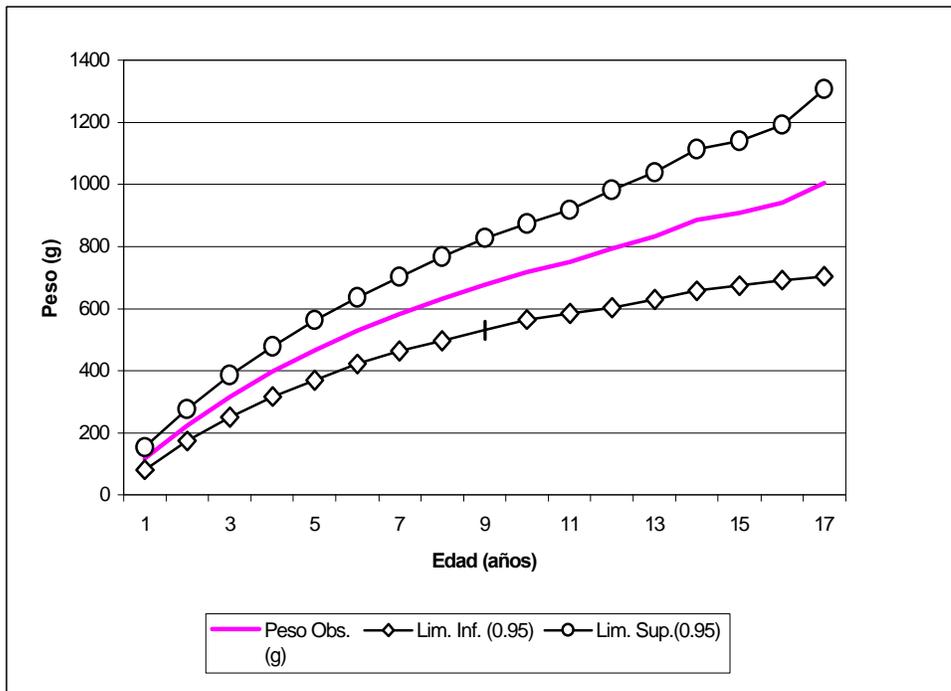


Figura 19.-Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en machos de Merluza de tres aletas.

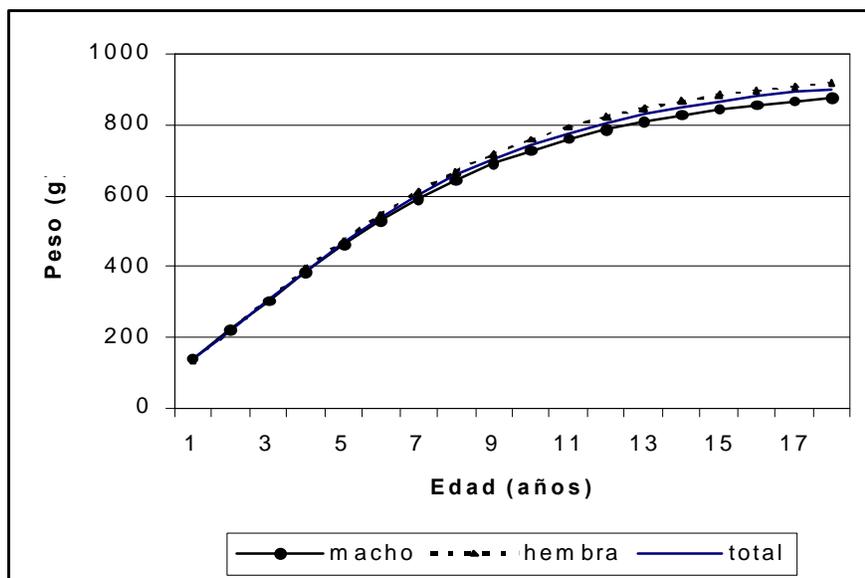


Figura 20.- Curvas edad-peso calculado y edad-peso promedio observado en hembras de Merluza de tres aletas.

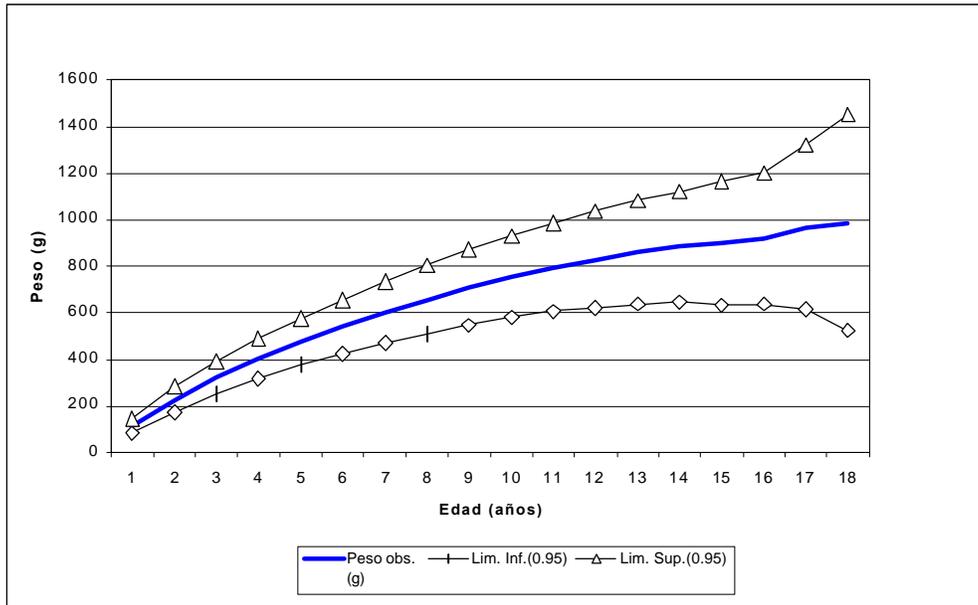


Figura 21.-Relación edad-peso promedio observado e intervalos de confianza del 95% en hembras de Merluza de tres aletas.

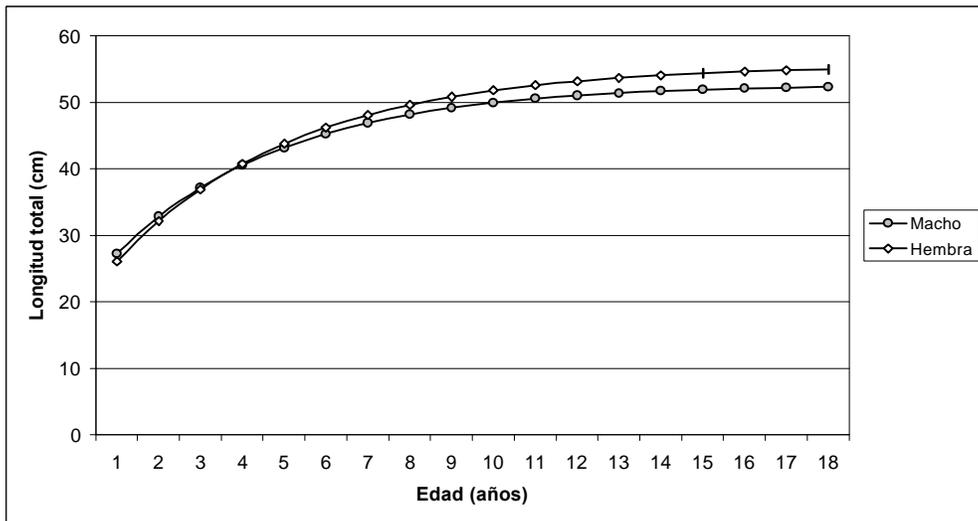


Figura 22.- Curvas de crecimiento en peso estimadas para machos y hembras de Merluza de tres aletas.

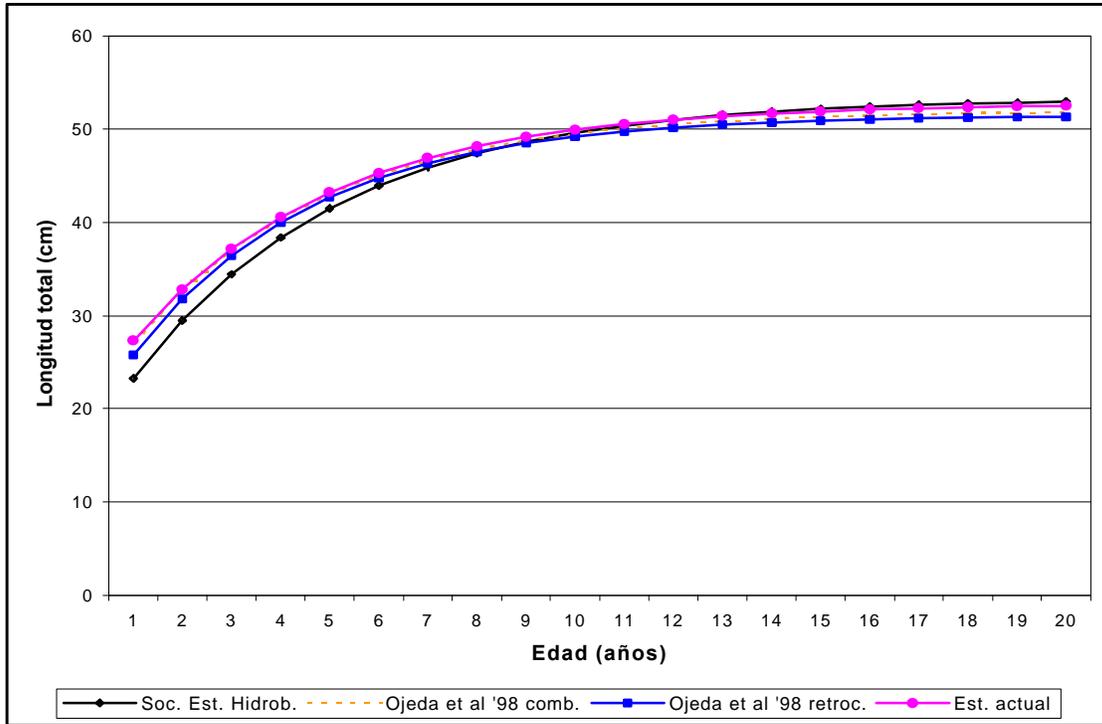


Figura 23.-Curvas de crecimiento en longitud de machos de Merluza de tres aletas ajustadas por ecuaciones de diferentes autores.

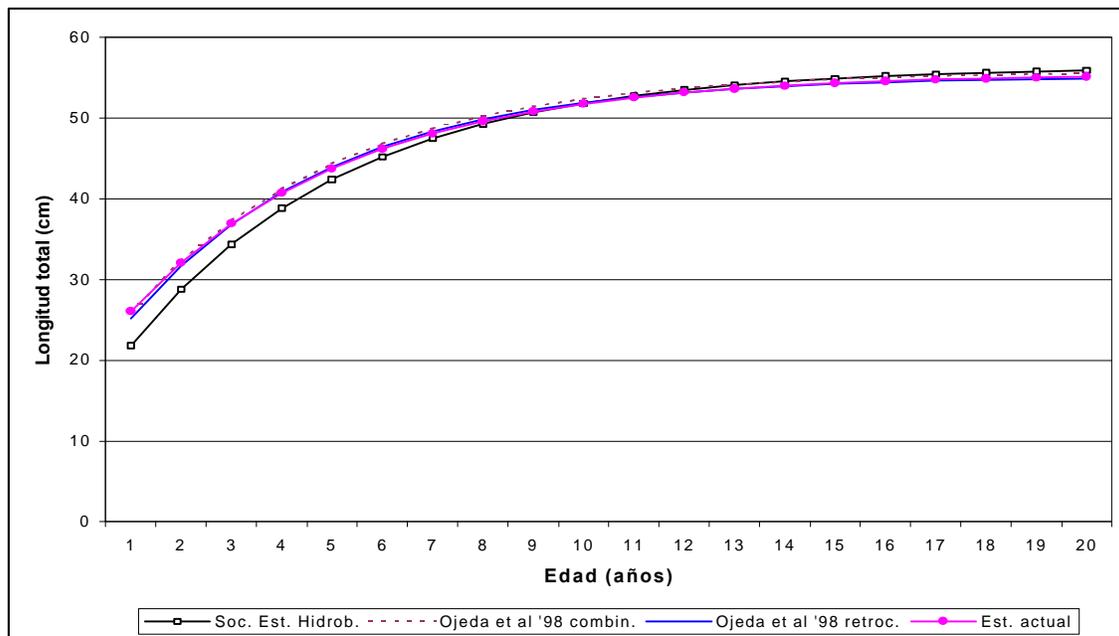


Figura 24.-Curvas de crecimiento en longitud de hembras de Merluza de tres aletas, ajustadas por ecuaciones de diferentes autores.

REVISIÓN DE LA REPRODUCCION EN MERLUZA DE COLA Y EN MERLUZA DE TRES ALETAS

Javier Chong Lay-Son

Universidad Católica de la Santísima. Concepción
Concepción

Colaborador

Nelson Cortes Matamala

1-ANTECEDENTES

Los objetivos básicos a examinar respecto a este tema son: a)Tipo de desove, b)Ciclo reproductivo c)Talla de primera madurez sexual y d)Fecundidad.

Por otro lado, se analizó la data histórica recogida por el Instituto de Fomento Pesquero entre los años 1985 y 2000 correspondiente a los muestreos biológico de estados de madurez sexual macroscópica (EMMA) y peso de gónadas para estimación del índice gonadosomático (IGS).

Los datos han servido de base para efectuar un análisis de las frecuencias porcentuales mensuales de los EMMA, para cada año. También ha permitido efectuar el cálculo de los IGS (De Vlaming, 1982) y analizar su comportamiento anual en los distintos años de muestreo. Además, los datos de EMMA evaluados junto con el IGS han servido de base para realizar estimación de la talla de primera madurez sexual, tanto en Merluza de cola como en Merluza de tres aletas en aquellos años con una muestra adecuada en los meses de madurez máxima.

En la estimación del índice gonadosomático se ha utilizado la expresión siguiente (Nikolski, 1963):

$$IGS = \frac{P.gónada}{P.pez - P.gónada} * 100$$

En el caso de la estimación de la talla de primera madurez se consideraron como maduros los peces en EMMA superior a 2, esto es, desde 3 a 6 en las hembras y sólo se utilizaron los ejemplares correspondientes a los meses de madurez máxima, que para el caso de merluza de cola fueron julio y agosto, mientras que para merluza de tres aletas fueron junio, julio y agosto. En la determinación de la talla de madurez se aplicó el criterio de L50, que corresponde a la longitud donde el 50% de las hembras se encuentran maduras y para su cálculo se utilizó la Función Logística, cuya expresión es:

$$P_{(l)} = \frac{1}{1 + e^{(b_1 + b_2 * l)}}$$

En las Tablas 1 y 2 se entrega el número de ejemplares de merluza de cola y merluza de tres aletas y examinados en el presente estudio, respectivamente.

2-REPRODUCCIÓN EN MERLUZA DE COLA

2.1.-Tipo de desove

De acuerdo a las observaciones microscópicas merluza de cola sería un desovante de grupo sincrónico, debido a que en estado de madurez avanzada es posible observar una moda amplia de ovocitos a la que se agrega otra moda de ovocitos inactivos, la que podría ser evacuada en dos tandas durante la época de puesta (Chong, 2000). Información semejante ha sido registrada para la fracción que habita el mar frente a la costa Argentina del O. Atlántico (Whöler, com. pers.).

2.2.-Ciclo reproductivo

2.2.1.-Antecedentes histológicos

El análisis de las gónadas a nivel microscópico realizado por Chong (2000) para el proceso reproductivo correspondiente al año 1997, indica que durante los meses de marzo y abril la merluza de cola se encuentra en reposo sexual por la presencia sólo de hembras con ovocitos en estado inactivos y previtelogénicos. A partir de mayo se inicia el desarrollo gonádico con la presencia de un 55 % de ovarios en vitelogénesis. El proceso continúa en forma activa, alcanzado sobre el 80 % de hembras maduras en julio, seguido por un intenso y corto período de desove durante el mes de agosto con el 100 % de ejemplares en desove (FPO). En septiembre la actividad de desove continúa, pero en forma disminuída, donde se observa sólo un 35% de hembras en desove y un gran porcentaje (59 %) inactivas, señalando el pronto término del proceso de desove poblacional.

2.2.2.-Examen macroscópico

Dentro del examen macroscópico se realizaron durante el presente estudio análisis de los estados de madurez macroscópicos (EMMA) y examen del índice gonadosomático (IGS).

i.-Análisis de Estados de madurez macroscópicos

En las hembras de merluza de cola el examen de la frecuencia porcentual de los EMMA a través de los meses para el período 1985 a 2000 muestra con bastante claridad un período de maduración que se inicia en marzo y culmina en julio con la máxima frecuencia de estados maduros (E4), para experimentar un desove casi total en agosto con la presencia de ovarios en desove parcial (E5) y que puede prolongarse hasta septiembre, para entrar en período de término durante octubre y posterior recuperación en noviembre, seguido de fase de reposo o inactividad reproductiva entre diciembre y marzo (Tablas 3 a 18).

Los machos muestran el mismo patrón de maduración, maduración máxima, desove, recuperación y reposo que las hembras, como se observa en las Tablas 3 a 18.

ii.-Análisis del índice gonadosomático

La serie de gráficas que representan el comportamiento del IGS mensual para los diferentes años analizados (1985-2000) se presentan en las Figs 1 a 3 para los machos y en las Figs. 4 a 6 para las hembras. En ellas se puede observar, tanto en las hembras como en los machos, una tendencia muy marcada con valores bajos en enero y febrero que luego aumentan lentamente hasta llegar a un máximo valor en el mes julio, para luego disminuir en agosto, seguida de una fuerte disminución en septiembre y recuperar los valores bajos a partir de octubre, lo cual es coincidente en gran medida con el análisis de los EMMA.

2.3.-Talla de primera madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual se realizó mediante la función logística, para cada año considerado el período 1985-2000, dicha función no fue posible desarrollarla en algunos años por falta de datos en los meses elegidos correspondientes a los de madurez avanzada y máxima. Los parámetros determinados para las diferentes funciones de madurez se presentan en la Tabla 19, donde se puede observar que los valores extremos obtenidos corresponden a 38,5 y 63,8 cm, respectivamente, pero la gran mayoría se encuentra alrededor del promedio de 53,5 cm. En las Figs 7 y 8 se presentan las estimaciones de talla de primera madurez sexual para las hembras en los años 1993 y 1994, respectivamente. Al respecto, Chong (2000) estima una talla de primera madurez de 54,4 cm para el año 1997, sobre la base de examen histológico.

2.4.-Fecundidad

El único antecedente sobre fecundidad para Merluza de cola lo presenta Chong (2000), quién estima una fecundidad parcial entre 49.309 y 622.220 ovocitos para ejemplares de 770 y 2700 g, respectivamente, con un promedio de 243.743 ± 155.557 . Las relaciones entre la fecundidad parcial versus el peso gónada, peso total y largo total, entregaron el mejor ajuste a una función lineal con valores de R^2 entre 0,423 y 0,914 con un alto nivel de significancia ($p > 0,001$) (Tabla 20).

La fecundidad total estimada para merluza de cola presentó rangos entre 82.496 y 2.108.730 ovocitos, para ejemplares de 1.200 y 4.300 g, respectivamente, con una media de 433.038 ± 280.084 . Las relaciones entre el peso total y largo total versus fecundidad total entregaron el mejor ajuste con una función de tipo lineal con valores de R^2 entre 0,53 y 0,84 con un grado alto de significancia ($p > 0,001$). En cambio, la relación entre el peso de la gónada y la fecundidad total presentó el mejor ajuste a una función potencial con un R^2 de 0,64 (Tabla 20).

La fecundidad relativa, considerando el peso total-peso gónada, entregó un promedio de 188 ovocitos con una d.e.= 83, en un rango de 65 y 363 ovocitos por peso corporal de hembra.

3.-REPRODUCCION EN MERLUZA DE TRES ALETAS

En forma semejante a lo planteado en el caso de Merluza de cola los objetivos básicos a examinar respecto a este tema en Merluza de tres aletas son: a)Tipo de desove, b)Ciclo reproductivo c)Talla de primera madurez sexual y d)Fecundidad.

3.1.-Tipo de desove

Si consideramos las altas latitudes en las cuales esta especie habita, así como lo que sucede con el comportamiento reproductivo de otras especies con las cuales coexiste (merluza de cola), es probable que presente un desove de tipo sincrónico, lo que habría que corroborar mediante examen microscópico, en las aguas frente al litoral chileno. Sin embargo, Macchi & Pájaro (1999) señalan la existencia de desove parcial, pero con fecundidad determinada, para el área de la plataforma atlántica Argentina.

3.2.-Ciclo reproductivo

Hasta el presente no se tienen antecedentes sobre examen microscópicos de los estados de madurez de merluza de tres aletas, por lo cual se hace imprescindible contar con un estudio dirigido en este sentido el cual es necesario entre otras cosas para determinar el tipo de desove, época o mes de inicio del desove y el periodo de regresión gonádica.

En el presente estudio se examina los datos de estados de madurez macroscópicos y de los índices gonadosomático (IGS) correspondiente a muestras biológicas obtenidas por el Instituto de Fomento Pesquero entre los años 1985 y 2000.

i.-Análisis de estados de madurez sexual macroscópicos (EMMA) de Merluza de tres aletas

En las Tablas 21 a la 35 se entregan las frecuencias porcentuales en forma mensual de los EMMA para cada uno de los años examinados, tanto para hembras como para los machos. En las hembras durante los años 1985, 1991, 1994, 1997 y 2000, donde se cuenta con muestras la mayor parte de los meses, se observa un predominio casi total de ejemplares en reposo gonádico (E2) durante los meses de enero a marzo e incluso alcanzan hasta abril, a partir del cual hacen su aparición las gónadas en maduración (E3) que predomina hasta junio. En julio y agosto los peces alcanzan su máximo grado de madurez con la presencia de ovarios maduros (E4) y en desove parcial (E5), señalando el período de puesta. En septiembre se observa una predominancia de peces desovados (E6), señalando el término del proceso de desove y la llegada del proceso de recuperación gonádica.

ii.-Análisis de índices gonadosomático (IGS).

El índice gonadosomático como lo señala De Vlaming (1982) señala la tendencia del proceso de maduración, pero es de mayor utilidad en los casos de peces desovante sincrónicos. En el caso particular de Merluza de tres aletas y también en Merluza de cola, el IGS muestra con claridad el proceso de maduración en ambos sexos, donde los valores son relativamente bajos y constantes

desde diciembre a marzo, a partir del cual experimenta un aumento constante para alcanzar su máximo valor en julio en los machos (Figs. 9 a 11) y mayoritariamente en agosto en las hembras (Figs.12 a 14). Hay que señalar que de los 16 meses analizados sólo en diez se contó con muestras para los meses de julio y agosto.

3.3.-Talla de primera madurez sexual

Las estimaciones de talla de primera madurez realizada en el presente estudio para merluza de tres aletas estuvieron comprendidas entre 38,1 y 44,0 cm (Tabla 36) con un promedio de 41,2 cm de longitud total. En las Figs. 15 y 16 se entrega la gráfica para la talla de primera madurez realizadas para los años 1985 y 2000, respectivamente.

Los antecedentes previos sobre la talla de primera madurez sexual para merluza de tres aletas presente en la pesquería sur-austral de Chile, corresponden a Paya (no publicado), quien estima una longitud de 38 cm.

Por otra parte, para la plataforma frente a las costas Argentinas Macchi & Pájaro (1999) informan de una talla L_{50} de 37,8 cm. Estos autores señalan también otras estimaciones de $L_{50} = 34,7$ cm (Perrotta, 1982) y $L_{50} = 38$ cm (Sanchez *et al*, 1986), de lo que se desprende la existencia de una cierta uniformidad de la talla de primera madurez sexual en *M. australis* en ambos océanos.

3.4.-Fecundidad

Se carece de antecedentes sobre fecundidad para la población de merluza de tres aletas presente en la pesquería sur-austral de Chile, por lo que es necesario lograr un conocimiento adecuado de estos parámetros reproductivos

Los escasos antecedentes son informados para ejemplares de la costa Argentina por Macchi & Pájaro (1999), quienes señalan valores promedios de fecundidad total de 477.771 ovocitos para una hembra de talla promedio de 51,1 cm y fecundidad relativa de 706 ovocitos por g de peso corporal, de los valores que se encuentran dentro de los informados por Sanchez *et al*.(1986).

3-DISCUSSION

El ciclo reproductivo de *M. magellanicus* en la zona de la pesquería sur-austral, muestra un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez plena en julio, para culminar con un período de desove corto durante los meses de agosto y septiembre. Estos resultados basados en la histología gonádica son concordante tanto con el examen macroscópico como con el comportamiento del IGS, para igual período de estudio y a la vez son coincidentes con los datos publicados por Aguayo *et al*. (1987, 1990), para la especie en la misma zona de estudio. Registros previos para las mismas latitudes, indican que la merluza de cola (Avilés *et al*.,1979) se encuentra en

reposo ovárico desde febrero a abril y entre noviembre y diciembre y que desovaría en el área norte de su distribución en el O. Pacífico a fines de invierno e inicios de primavera. Época semejante señalan Tomo & Torno (1980) para *M. magellanicus* de las costas atlánticas argentinas entre los 46° y 56° L.S.

La puesta o desove durante invierno no es típico de gadoideos (Breder & Rosen, *vide* Gunn et al. 1989), pero también a sido reportado para otra especie congénérica, *M. novaezalandiae* de las costas de Nueva Zelandia (Kuo & Tanaka, 1984; Gunn *et al.*, 1989). Para la misma especie Kuo & Tanaka (1984) en aguas alrededor de Nueva Zelandia establecen una época de desove corta desde julio a septiembre (invierno-primavera). En cambio, Gunn *et al.*, (op.cit) informa para esta especie de un periodo más extenso, mediados de mayo a inicios de octubre en el año 1984 y de un periodo más corto de desove, entre junio a agosto el año 1995, para la zona de Australia y Tasmania (41°-44° LS.), lo cual estaría corroborando la misma época de desove para ambas especies de *Macruronus*, de la costa sudamericana y neozelandesa.

En el caso de Merluza de tres aletas el ciclo reproductivo descrito sobre la base de los estados de madurez macroscópicos y el comportamiento del IGS a través de la serie de años examinados, es en gran medida coincidente con la información sobre el ciclo de esta especie reportada por Macchi & Pájaro (1999) para el O. Atlántico suroccidental. Estos autores señalan que en marzo se encuentra la mayor proporción de hembras en reposo y de inmaduros; en cambio durante julio y agosto el mayor porcentaje se encuentra maduro y en septiembre registraron hembras cercano a la hidratación en el área de las Islas Malvinas. En esta misma zona las muestras de noviembre mostraron la mayor cantidad de hembras en reposo y un menor porcentaje desovadas, indicando el término de la época reproductiva. Por lo señalado, Merluza de tres aletas presenta un patrón reproductiva semejante en ambos océanos frente a las costas de Chile y Argentina.

4.- COMENTARIOS

La revisión efectuada pone en evidencia el escaso conocimiento que se tiene sobre la biología reproductiva de *Micromesitius australis* (merluza de tres aletas), presente en la Pesquería Sur-austral de Chile. Esto hace indispensable incorporar en un programa de investigación todos los índices y parámetros reproductivos que permitan obtener la información reproductiva y estimar el potencial reproductivo de esta especie:

- 1.-Conocer el ciclo reproductivo en forma microscópica.
- 2.-Establecer el tipo de desove que presenta la especie
- 3.-Determinar y establecer las funciones de Fecundidad (total, parcial y relativa) con el peso y longitud de los peces.

5.-BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguayo, M. Z. Young, R. Bustos, T. Peñailillo, V. Ojeda, C.Vera, H. Hidalgo & I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. 1986. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 87/3, 209 p.
- Aguayo, M., I.Paya, R.Bustos, V.Ojeda, R.Gili, C.Vera, I.Céspedes & L.Cid. 1990. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. 1988. Estado de situación del recurso. Instituto de Fomento Pesquero AP 89/17a, 161 p.
- Avilés, S., M.Aguayo, F.Inostroza & J.Cañón. 1979. Merluza de cola, En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Peces. CORFO/IFOP, AP79-18.
- Chong, J.V. 2000. Ciclo de maduración ovárica, fecundidad y talla de madurez en *Macruronus magellanicus* (Lönnberg, 1907) de la zona sur de Chile. *Biología Pesquera* 28:3-13
- De Vlaming, V., G.Grossman & F. Chapman. 1982. On the use on Gonosomatic Index. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73 A(1):31-39.
- Kuo, C. & S. Tanaka. 1984. Maturation and spawning of the hoki *Macruronus novaezelandidae* (Hector) in water around New Zealand. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 50 (3): 397-402.
- Kuo, C. & S. Tanaka. 1984. Distribution and migration of the hoki *Macruronus novaezelandidae* (Hector) in water around New Zealand. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 50 (3):391-396.
- Macchi, G. & M. Pajaro. 1999. Features of the reproductive biology of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). *INIDEP DOC. CIENT.*, 5:67-79.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London. 352 pp.
- Torno, A. & A.Tomo. 1980. Nuevos aportes al conocimiento de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) del mar Argentino. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* *Zoología* 12 (14):177-187.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.-Número gónadas de machos y hembras de Merluza de cola examinados en forma macroscópica entre los años 1985 y 2000.

Años	Nº machos	Nº hembras	Total
1985	4553	5445	9998
1986	4224	6001	10225
1987	2542	3120	5662
1988	3217	4109	7326
1989	1954	2471	4425
1990	802	1237	2039
1991	1892	2106	3998
1992	1139	1208	2347
1993	1319	1545	2864
1994	1429	1831	3260
1995	1310	1803	3113
1996	1731	2671	4402
1997	4132	4635	8767
1998	1667	2286	3953
1999	2039	2572	4611
2000	1877	2393	4270
Totales	35827	45433	81260

Tabla 2.-Número gónadas de machos y hembras de Merluza de tres aletas examinados en forma macroscópica entre los años 1985 y 2000.

Año	Nº machos	Nº hembras	Totales
1985	1452	1341	2793
1986	783	809	1592
1987	855	692	1547
1988	1480	962	2442
1989	759	580	1339
1990	193	392	585
1991	772	575	1347
1992	413	274	687
1993	621	620	1241
1994	632	587	1219
1996	455	401	856
1997	4423	3369	7792
1998	2688	2010	4698
1999	1268	1117	2385
2000	2866	1868	4734

Tabla 3.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1985.

1985	Machos				Hembras					
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6	
Enero	83,72	16,28			70,21	29,79				
Febrero	97,37	2,63			78,85	3,85			17,31	
Marzo	49,49	28,28		22,22	44,55	5,45		0,91	49,09	
Abril	62,08	33,18	2,60	2,14	65,11	22,22	2,34	2,14	8,19	
Mayo	43,03	47,95	8,57	0,46	27,18	61,05	6,69	4,36	0,73	
Junio	20,62	60,00	17,23	2,15	18,06	58,76	10,26	10,15	2,78	
Julio	14,44	55,84	21,02	8,70	12,55	52,03	8,49	17,53	9,41	
Agosto	29,46	36,01	14,29	20,24	15,73	36,53	5,20	5,07	37,47	
Septbre	28,77	38,94	9,39	22,90	28,19	35,50	10,14	5,48	20,69	
Octubre	38,59	40,94	12,08	8,39	57,85	34,44	2,48	3,58	1,65	
Nvbre	86,70	2,46		10,84	91,27	1,98			6,75	
Dicbre	86,93			13,07	80,89	7,64			11,46	

Tabla 4.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1986.

1986	Machos				Hembras					
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6	
Enero	100,00				100,00					
Febrero										
Marzo	98,84			1,16	96,34	3,66				
Abril	85,93	7,98	5,32	0,76	91,06	8,94				
Mayo	23,48	58,80	16,76	0,96	49,95	43,54			6,51	
Junio	16,28	56,78	24,61	2,33	22,92	59,42	6,46		11,20	
Julio	3,10	63,79	27,93	5,17	1,96	36,68	43,21	12,66	5,48	
Agosto	29,29	37,86	20,36	12,50	14,18	20,83	19,05	4,73	41,21	
Septbre	51,03	15,95	7,52	25,51	29,19	47,90	1,77	4,19	16,94	
Octubre	37,90	18,25	7,74	36,11	55,89	28,04		3,21	12,86	
Nvbre	64,44	32,22	0,84	2,51	67,85	23,32		7,11	1,71	
Dicbre	98,04			1,96	95,37				4,63	

Tabla 5.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1987.

1987	Machos				Hembras				
MESES	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	100,00				98,71				1,29
Febrero	100,00				100,00				
Marzo	92,75	5,80		1,45	72,36	8,94			18,70
Abril	63,34	35,85		0,81	74,10	21,49	0,28		4,13
Mayo	23,85	68,12	7,34	0,69	39,07	53,47	1,03	6,43	
Junio	17,03	57,10	24,61	1,26	29,60	52,47	2,47	4,48	10,99
Julio	9,87	41,26	39,01	9,87	8,47	68,88	5,95	0,46	16,25
Agosto	43,75	11,61	39,29	5,36	38,04	21,74	5,98	3,26	30,98
Sepbre	19,01	37,60	36,36	7,02	61,03	18,01	0,74	7,35	12,87
Octubre	81,39	10,58	5,11	2,92	83,78	8,78	0,34	1,01	6,08
Nvbre	90,24	9,76			88,70	7,34		2,26	1,69
Dicbre									

Tabla 6.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1988.

1988	Machos				Hembras				
MESES	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	51,72	48,28			72,22	18,52		3,70	5,56
Febrero	57,84	42,16			63,75	34,38	1,88		
Marzo	94,81	1,30		3,90	96,95	0,76		0,76	1,53
Abril	93,39	6,23		0,39	87,87	11,35		0,20	0,59
Mayo	50,45	43,76	5,61	0,18	63,93	33,48	2,16		0,43
Junio	15,09	76,42	8,49		19,72	66,97	13,30		0,00
Julio	5,24	52,36	42,41		5,36	62,46	5,36	25,24	1,58
Agosto	19,90	24,08	36,65	19,37	22,30	32,85	13,67	11,27	19,90
Sepbre	61,67	31,11	6,67	0,56	56,84	36,89	1,16	2,78	2,32
Octubre	96,04	3,47		0,50	75,76	19,91		3,68	0,65
Nvbre	85,66	6,09		8,24	84,82	10,89		2,81	1,49
Dicbre	73,37	8,04		18,59	90,86	4,72			4,42

Tabla 7.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1989.

1989	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero									
Febrero	100,00				96,70	3,30			
Marzo	83,80	16,20			71,98	25,27		0,55	2,20
Abril	87,64	12,36			95,36	4,29			0,36
Mayo	33,40	65,34	1,25		39,01	54,07	0,49	2,47	3,95
Junio	4,81	79,81	15,38		14,56	59,22	7,77	16,50	1,94
Julio	10,91	47,27	41,82		7,33	66,17	10,53	15,41	0,56
Agosto	42,86	32,74	24,40		36,92	47,31	14,70	0,00	1,08
Septbre	23,89	6,19	48,67	21,24	81,44	8,25	0,00	4,12	6,19
Octubre	35,76	28,48		35,76	84,70	5,34	4,98		4,98
Nvbre	71,25	10,63		18,13	83,71	3,62			12,67
Dicbre									

Tabla 8.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1990.

1990	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero									
Febrero									
Marzo									
Abril	100,00				100,00				
Mayo	90,32	9,68			67,86	32,14			
Junio	74,24	25,76			75,93	20,37			3,70
Julio	21,38	55,86	22,76		18,41	76,57	4,60	0,42	0,00
Agosto	25,42	38,14	36,44		42,93	38,21	1,49	16,63	0,74
Septbre	27,42	45,16	22,58	4,84	56,16	17,12	2,74	18,49	5,48
Octubre									
Nvbre	97,08	2,92			65,26				34,74
Dicbre	100,00				100,00				

Tabla 9.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1991.

1991	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	100,00				100,00				
Febrero	100,00				100,00				
Marzo	95,24	4,76			100,00				
Abril	76,74	23,26			73,18	25,91			0,91
Mayo	35,29	64,25	0,45		21,51	74,55	3,94		0,00
Junio	27,63	67,54	1,32	3,51	28,97	49,60	21,03		0,40
Julio	13,39	54,72	31,89		21,81	51,06	27,13		
Agosto	24,37	0,84	21,85	52,94	27,27	13,22	35,54	7,44	16,53
Septbre	16,75	7,39	3,94	71,92	43,31	18,47	2,55	5,10	30,57
Octubre	61,21	33,62	5,17		44,02	47,83	3,80	3,26	1,09
Nvbre	76,07	22,09	1,84		68,16	24,34	5,62	1,87	
Dicbre	25,00	75,00			76,92	23,08			

Tabla 10.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1992.

1992	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	60,42	39,58			59,49	32,91	0,63	1,90	5,06
Febrero	46,15	53,85			56,86	41,18			1,96
Marzo									
Abril	78,57	21,43			79,03	19,35	1,61		
Mayo	16,87	82,53		0,60	27,84	66,49	1,55	4,12	
Junio	8,76	86,86	4,38		20,30	78,20	0,75	0,75	
Julio	0,92	12,84	86,24			95,77		4,23	
Agosto	4,84	19,35	75,81		9,26	74,07		5,56	11,11
Septbre	30,30	50,61	18,79	0,30	26,67	34,29	9,52	25,71	3,81
Octubre	58,26	40,00	1,74		66,30	28,73		0,55	4,42
Nvbre	56,60	41,51	1,89		68,87	14,57		1,32	15,23
Dicbre	83,33	16,67			66,67	31,25			2,08

Tabla 13.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1995.

1995	Machos				Hembras					
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6	
Enero	100,00				59,26	39,51			1,23	
Febrero	100,00				47,17	49,06			3,77	
Marzo	96,15	3,85			98,11	1,89				
Abril	99,49	0,51			96,89	2,59			0,52	
Mayo	32,63	62,46	4,91		69,41	30,59				
Junio	21,67	66,67	11,67		36,67	59,17		4,17		
Julio	1,19	25,07	73,73		2,26	79,25	17,59	0,90		
Agosto	51,43	5,71	37,14	5,71	16,08	27,27	18,18	13,99	24,48	
Septbre	26,13	41,44	31,53	0,90	33,85	43,08		6,15	16,92	
Octubre	46,91	48,15	4,94		76,81	18,84			4,35	
Nvbre	56,76	43,24			88,68				11,32	
Dicbre										

Tabla 14.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1996.

1996	Machos				Hembras					
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6	
Enero	100,00				100,00					
Febrero	100,00				100,00					
Marzo	90,63	9,38			99,32	0,68				
Abril	64,62	29,23	6,15		52,63	33,83	13,53			
Mayo	38,26	60,40	1,34		40,49	53,44	3,24	1,62	1,21	
Junio	17,87	40,58	41,55		20,53	51,43	27,15	0,88		
Julio	2,34	23,19	74,47		2,18	25,49	70,37	1,74	0,22	
Agosto	30,20	40,27	29,53		48,95	17,13	2,10	3,50	28,32	
Septbre	10,91	54,87	34,22		58,88	13,20	2,54	11,68	13,71	
Octubre	28,83	47,75	20,72	2,70	43,36	22,38		7,34	26,92	
Nvbre	34,85	18,18		46,97	27,01	5,75		0,00	67,24	
Dicbre	62,11			37,89	45,85	1,31		0,44	52,40	

Tabla 17.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 1999.

1999	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	100,00				100,00				
Febrero	100,00				100,00				
Marzo	53,95	44,08	1,32	0,66	63,68	24,22	1,79	1,79	8,52
Abril	46,72	36,50	0,73	16,06	45,63	43,69	0,00	9,71	0,97
Mayo	23,19	26,23	12,18	38,41	18,30	17,24	21,13	36,84	6,49
Junio	17,51	24,01	42,94	15,54	16,35	29,37	26,35	18,89	9,05
Julio	5,52	4,14	84,83	5,52	8,00	20,50	52,00	19,00	0,50
Agosto	1,61	1,61	89,52	7,26	1,85	3,70	16,67	77,78	0,00
Septbre					20,24		7,14	8,33	64,29
Octubre	40,00			60,00	7,14		7,14		85,71
Nvbre									
Dicbre	100,00				100,00				

Tabla 18.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de cola durante el año 2000.

2000	Machos				Hembras				
	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6
Enero	97,73	2,27			100,00				
Febrero	100,00				100,00				
Marzo	75,00	20,31	1,56	3,13	80,23	1,16			18,60
Abril	82,49	17,51			90,06	8,77	1,17		0,00
Mayo	89,76	10,24			97,77	2,23	0,00		0,00
Junio	17,16	48,51	32,34	1,98	33,25	38,07	26,27	1,69	0,72
Julio	5,50	14,80	79,07	0,63	11,81	69,55	16,81	0,83	1,00
Agosto	51,95	39,61	8,44		35,00	30,00	3,16	11,05	20,79
Septbre	17,55	22,87	38,83	20,74	35,10	5,96	0,66	6,62	51,66
Octubre	32,41	15,74	25,00	26,85	35,83	11,67	1,67	4,17	46,67
Nvbre	78,26	5,80	2,90	13,04	30,85	2,13		1,06	65,96
Dicbre	54,84	32,26	12,90		42,11				57,89

Tabla 19 .- Valores de los parámetros de la función de madurez determinada para los diferentes años y talla de primera sexual correspondiente, para hembras de Merluza de cola

Año	\hat{a}_1	\hat{a}_2	L_{50}
1985	9,465	0,1747	54,2
1986	12,695	0,2369	53,6
1987	12,967	0,243	53,5
1988	13,047	0,228	57,3
1989	14,791	0,298	49,6
1990	8,836	0,138	63,8
1991	8,902	0,164	54,3
1992	NS	NS	NS
1993	50,012	0,889	56,3
1994	46,791	0,793	59
1995	76,708	1,447	53
1996	76,708	1,447	53
1997	7,435	0,154	48,2
1998	8,076	0,151	53,3
1999	6,019	1,156	38,5
2000	12,047	0,218	55,4
Promedio			53,55

Tabla 20.- Funciones determinadas para la relación entre fecundidad parcial y fecundidad total versus peso gónada, talla, peso total y peso corporal en merluza de cola (Chong, 2000).

Regresión	valor de "a"	valor de "b"	valor de R^2	tipo regresión
Fecundidad parcial				
P.gonada - F.parcial	15231	880,120	0,914	lineal
P.total - F.parcial	-161578	270,790	0,780	lineal
P.tot-P.gon -F.parcial	-152407	320,210	0,589	lineal
L.total - F.parcial	-677312	11790	0,423	lineal
P. total - P.gónada	-167,270	0,2852	0,733	lineal
Fecundidad total				
P.gonada - F.total	18417	0,4375	0,640	potencial
P.total - F. total	-193202	477,910	0,838	lineal
P.tot-P.gon -F. total	-194614	539,020	0,788	lineal
L.total - F. total	-1000000	22392	0,526	lineal
P. total - P.gónada	0,0038	1,4455	0,589	potencial

Tabla 23.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de tres aletas durante el año 1987.

1987	Machos					Hembras				
	MESES	E2	E3	E4		E5	E2	E3	E4	E5
Enero										
Febrero										
Marzo	74,42	20,93	4,65			82,35	17,65			
Abril	77,83	14,35	3,91	3,91		91,95	7,38			0,67
Mayo	41,48	51,11	3,70	3,70		78,47	18,75	2,78		
Junio	14,85	74,26	8,91	1,98		40,21	55,03	4,76		
Julio										
Agosto										
Septbre	35,29	52,94		11,76		92,31			7,69	
Octubre	58,73	17,46		23,81		85,54	4,82	1,20	1,20	7,23
Nvbre	99,01	0,49	0,49			100,00				
Dicbre										

Tabla 24.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de tres aletas durante el año 1988.

1988	Machos					Hembras				
	MESES	E2	E3	E4		E5	E2	E3	E4	E5
Enero										
Febrero										
Marzo	91,51	2,83		5,66		89,23	6,15	3,08	1,54	
Abril	90,51	8,46	0,77	0,26		95,54	3,82	0,64		
Mayo	52,27	47,73				51,40	47,49	1,12		
Junio	20,00	80,00				33,33	66,67			
Julio										
Agosto										
Septbre	52,38	42,86	4,76			83,33	12,96	1,85	1,85	
Octubre	75,58	23,96	0,46			90,38	9,62			
Nvbre	82,58	2,58	0,32	14,52		96,38	3,62			
Dicbre	57,99	42,01				100,00				

Tabla 33.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de tres aletas durante el año 1998.

1998	Machos					Hembras				
MESES	E2	E3	E4	E5		E2	E3	E4	E5	E6
Enero										
Febrero										
Marzo										
Abril										
Mayo	41,46	10,98		47,56		49,25	35,82		14,93	
Junio	4,89	28,66	56,68	9,77		24,36	68,38	1,28	2,99	2,99
Julio	0,42	11,72	87,87	0,00		8,02	90,30	1,27	0,42	
Agosto	4,24	5,88	74,35	15,53		8,72	65,38	8,96	14,53	2,42
Septbre	1,52	29,56	8,11	60,81		22,55	5,09	6,55	13,45	52,36
Octubre	38,57	15,70	0,23	45,50		64,00	3,20		7,20	25,60
Nvbre	69,91			30,09		69,75				30,25
Dicbre										

Tabla 34.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de tres aletas durante el año 1999.

1999	Machos					Hembras				
MESES	E2	E3	E4	E5		E2	E3	E4	E5	E6
Enero	99,48	0,52				100,00				
Febrero	100,00					100,00				
Marzo	60,00	40,00				65,00	35,00			
Abril	63,29	36,71				78,05	21,95			
Mayo	22,01	33,96	5,03	38,99		41,12	11,21	19,63	12,15	15,89
Junio	8,51	26,86	41,49	23,14		16,33	38,33	34,33	6,00	5,00
Julio	9,09	45,45	25,00	20,45		10,34	20,69	62,07	3,45	3,45
Agosto										
Septbre										
Octubre										
Nvbre	54,92	0,82	0,82	43,44		41,52				58,48
Dicbre	91,87			8,13		62,41				37,59

Tabla 35.-Frecuencia porcentual de EMMA determinados para hembras y machos de Merluza de tres aletas durante el año 2000.

2000	Machos				Hembras					
MESES	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E4	E5	E6	
Enero	97,83		2,17		100,00					
Febrero	96,77	3,23			100,00					
Marzo										
Abril	100,00				100,00					
Mayo	60,81	39,19			89,13	10,87				
Junio	4,40	87,86	7,74		9,20	67,92	22,88			
Julio	8,35	66,41	25,24		11,29	38,98	49,73			
Agosto	0,20	41,21	42,22	16,36	2,58	23,20	50,52	19,07	4,64	
Sepbre	18,88	6,74	14,07	60,31	26,98	3,52	3,81	16,42	49,27	
Octubre	38,08	8,49	1,92	51,51	60,06	3,21	0,58	3,21	32,94	
Nvbre	27,91			72,09	47,06				52,94	
Dicbre										

Tabla 36.-Valores de los parámetros de la función logística y talla de primera madurez estimada para hembras de Merluza de tres aletas para diferentes años.

Año	\hat{a}_1	\hat{a}_2	L_{50}
1985	32,314	0,741	43,1
1991	6,758	0,169	40,0
1994	15,592	0,354	44,0
1996	8,925	0,235	38,1
1997	7,629	0,173	44,0
1998	18,430	0,452	40,8
1999	6,019	1,156	38,5
2000	31,374	0,763	41,1
Promedio			41,2

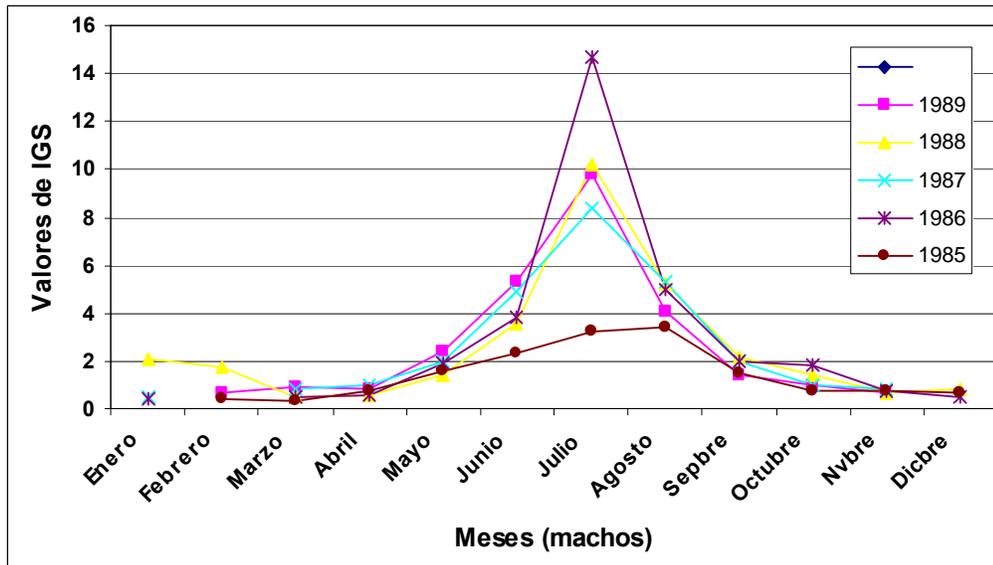


Figura 1.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1985-1989 en machos de Merluza de cola.

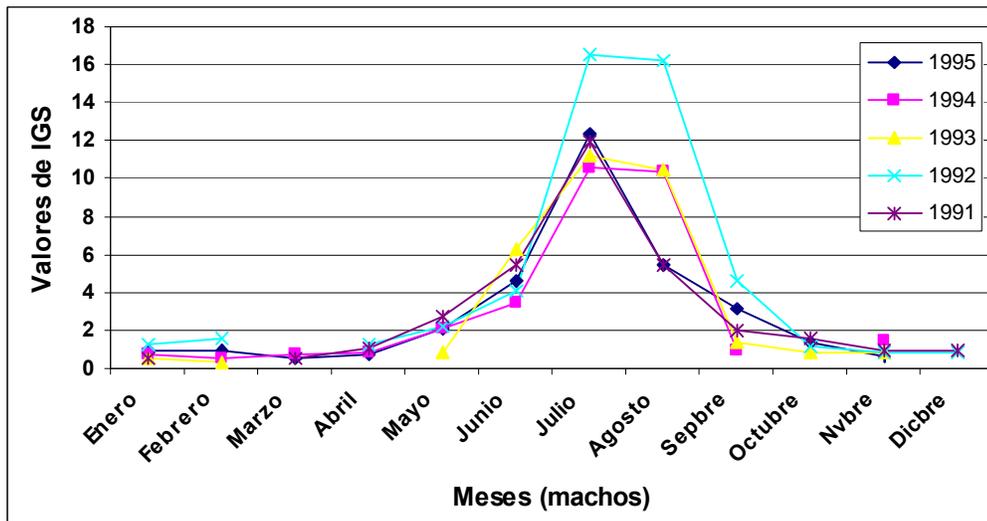


Figura 2.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1991-1995 en machos de Merluza de cola.

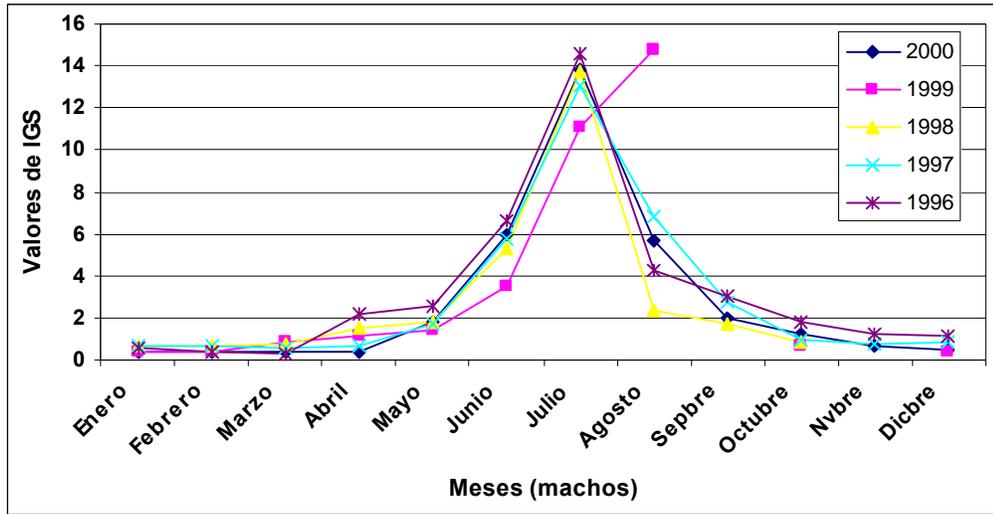


Figura 3.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1996-2000 en machos de Merluza de cola.

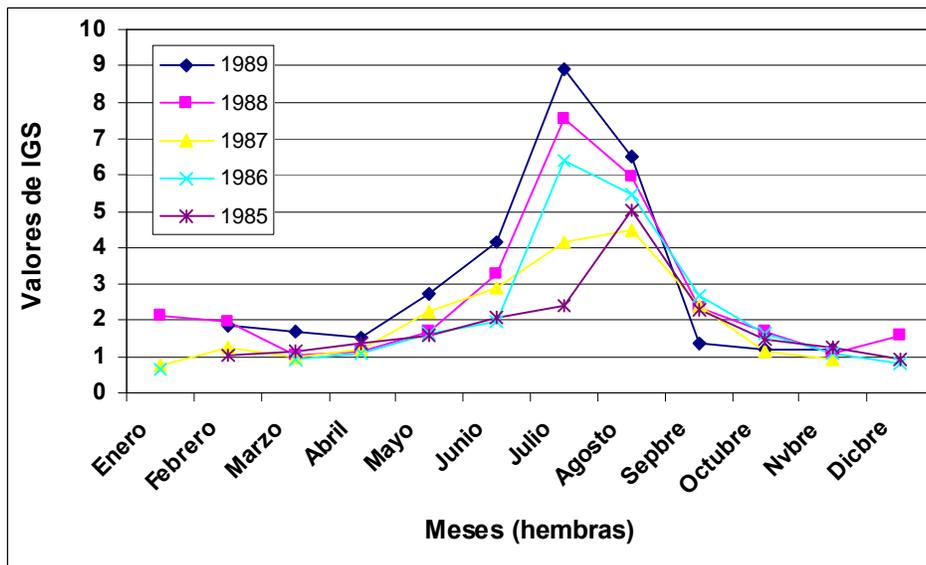


Figura 4.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1985-1989 en hembras de Merluza de cola.

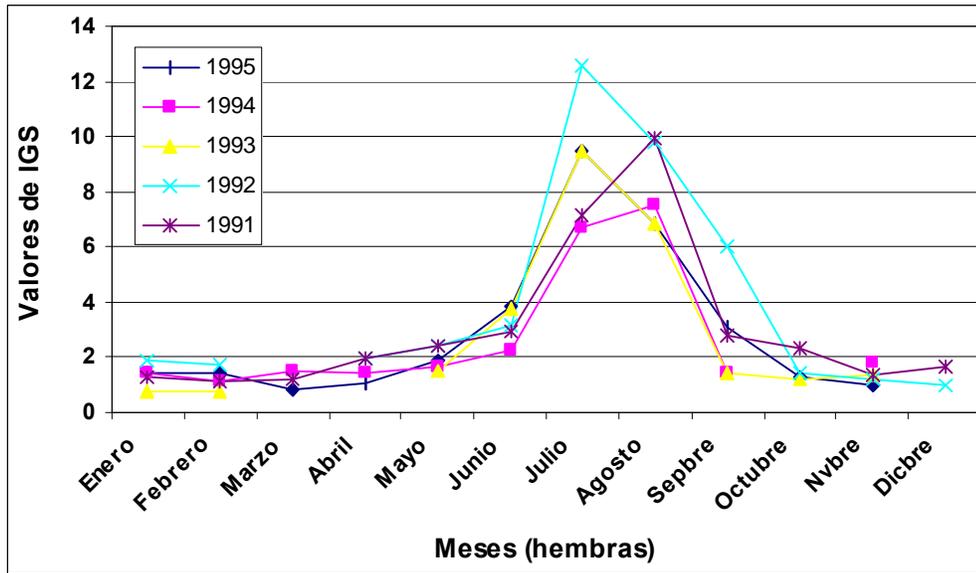


Figura 5.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1991-1995 en hembras de Merluza de cola.

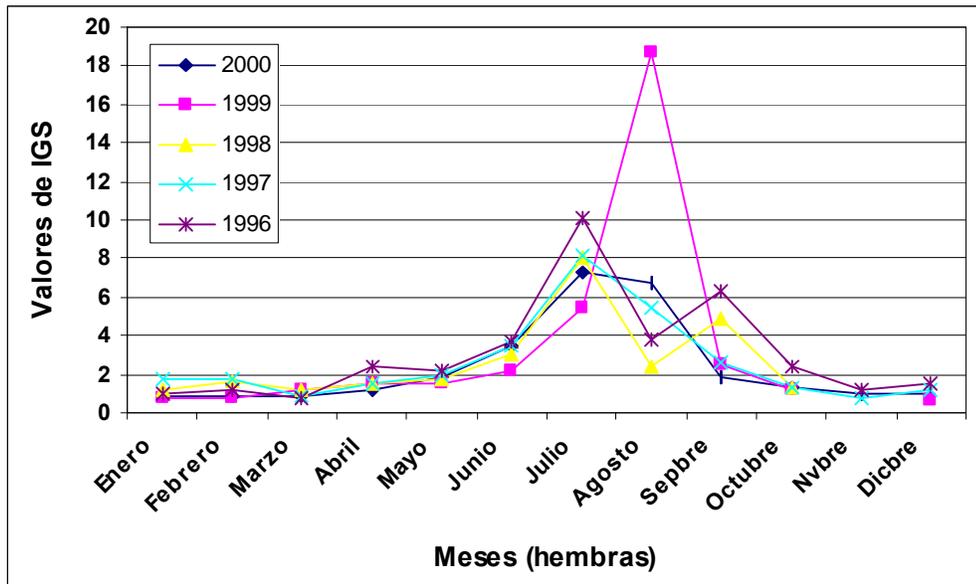


Figura 6.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1996-2000 en hembras de Merluza de cola.

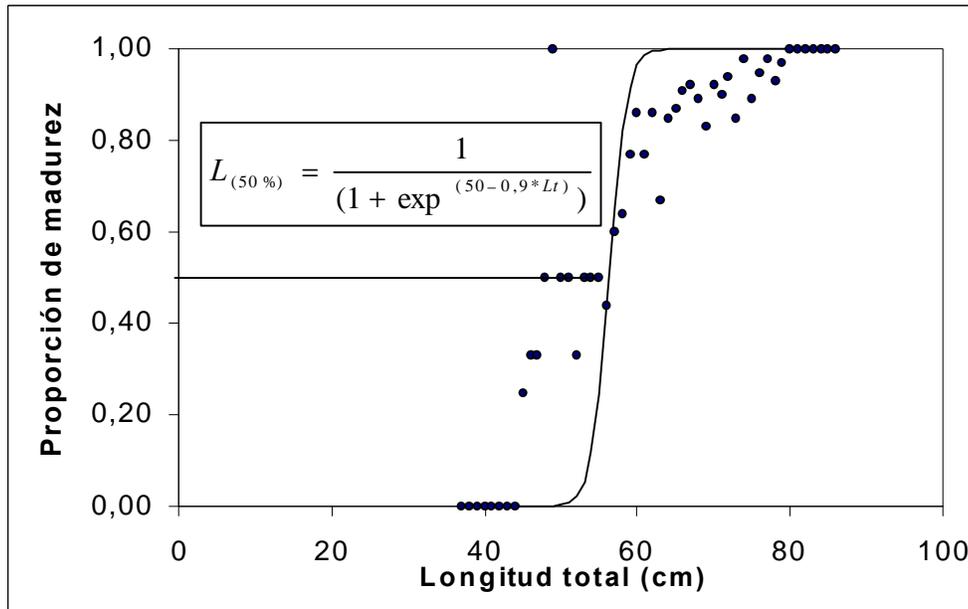


Figura 7.-Función logística obtenida para estimar la talla de primera madurez sexual en hembras de merluza de cola ($L_{50} = 56,3$) en el año 1993.

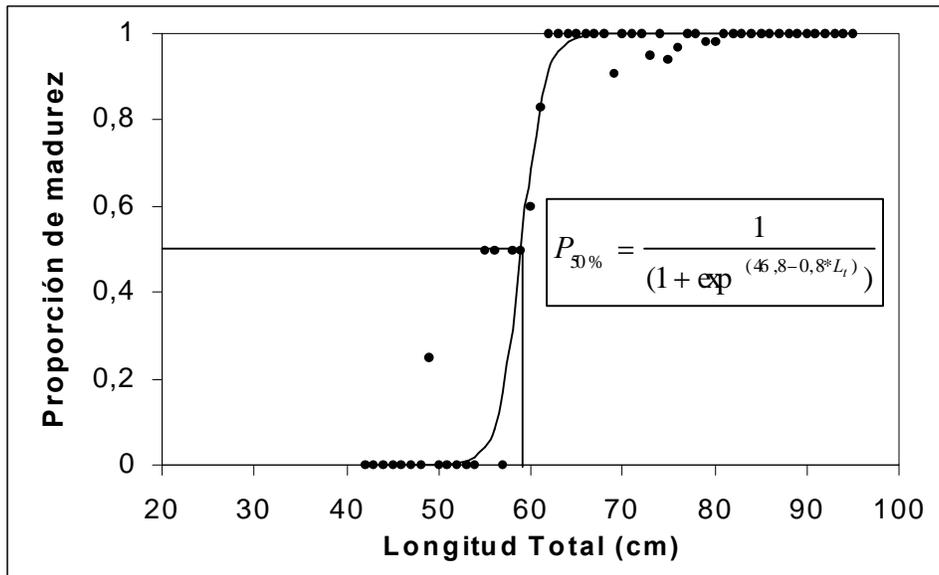


Figura 8.-Función logística obtenida para estimar la talla de primera madurez sexual en hembras de merluza de cola ($L_{50} = 59$) en el año 1994.

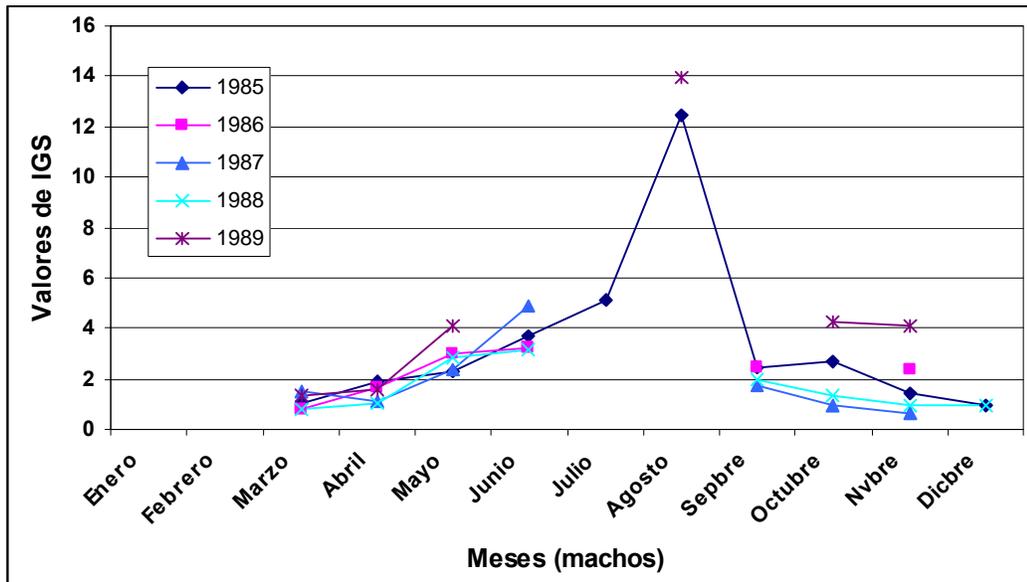


Figura 9.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1985-1989 para machos de Merluza de tres aletas.

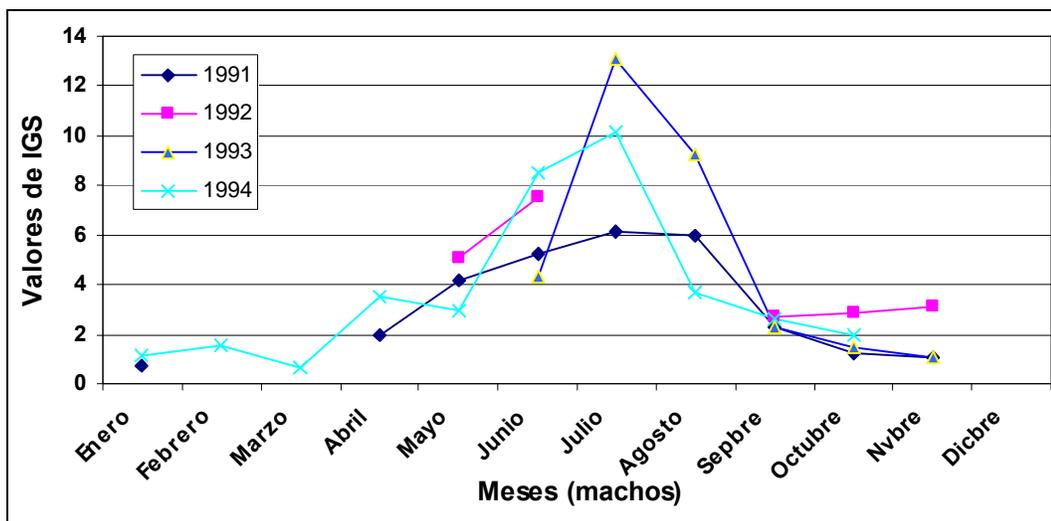


Figura 10.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1991-1994 para machos de Merluza de tres aletas.

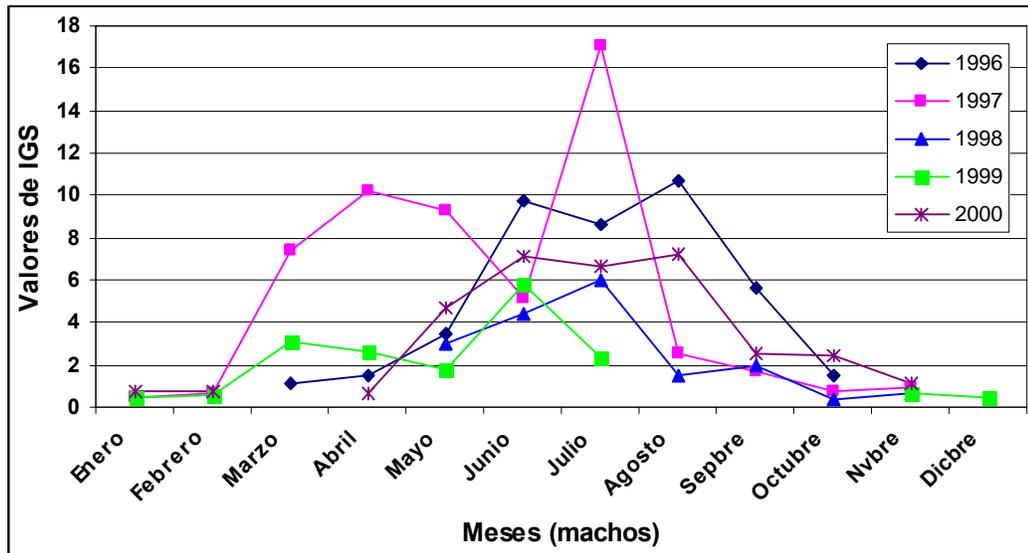


Figura 11.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1996-2000 para machos de Merluza de tres aletas.

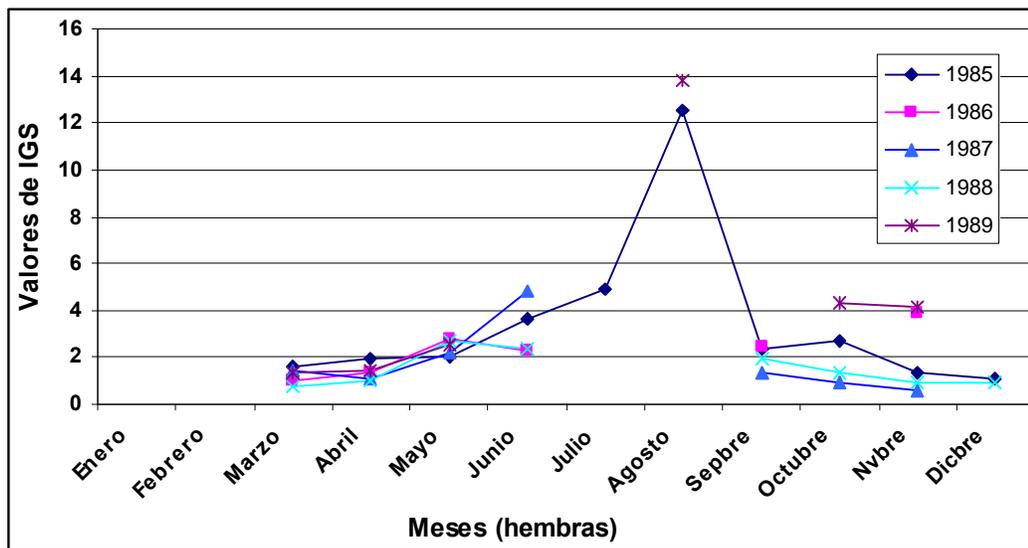


Figura 12.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1985-1989 para hembras de Merluza de tres aletas.

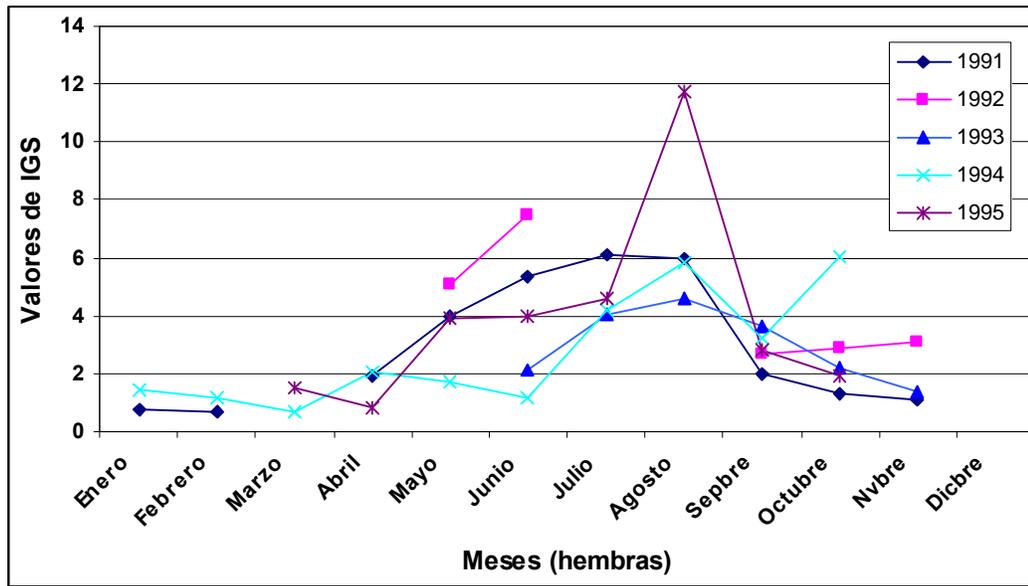


Figura 13.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1991-1995 para hembras de Merluza de tres aletas.

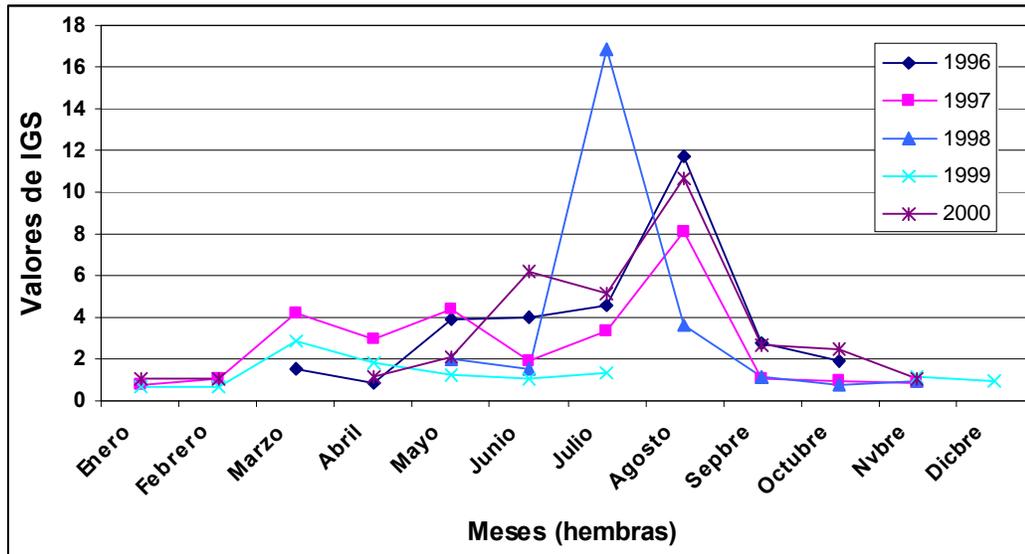


Figura 14.-Valores de IGS mensuales determinados para el período 1996-2000 para hembras de Merluza de tres aletas.

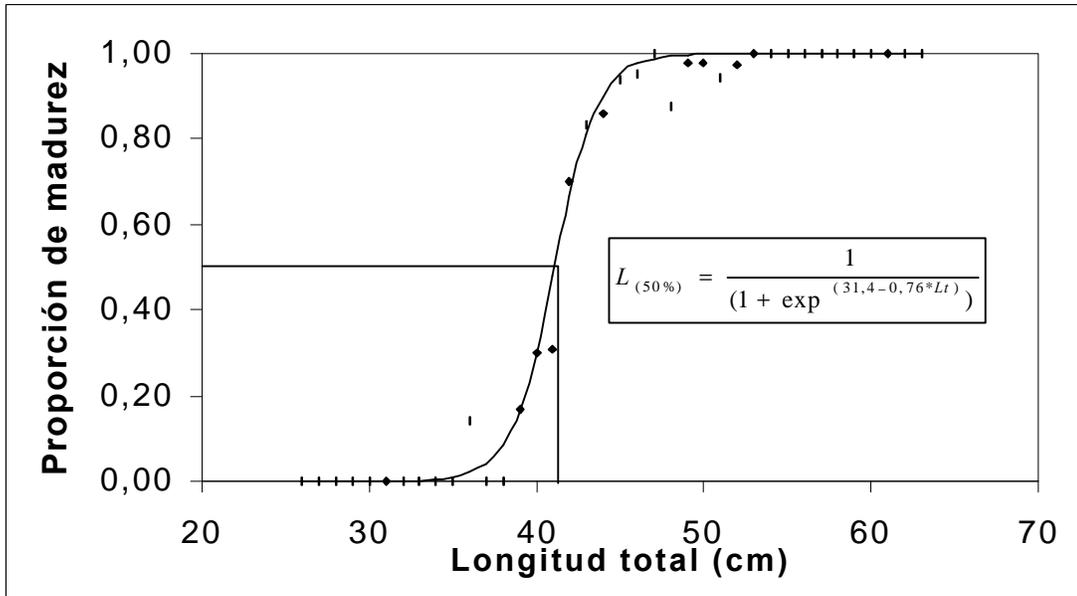


Figura 15.-Curva de madurez determinada mediante función logística para merluza de tres aletas en el año 2000 ($L_{50} = 41,1$ cm).

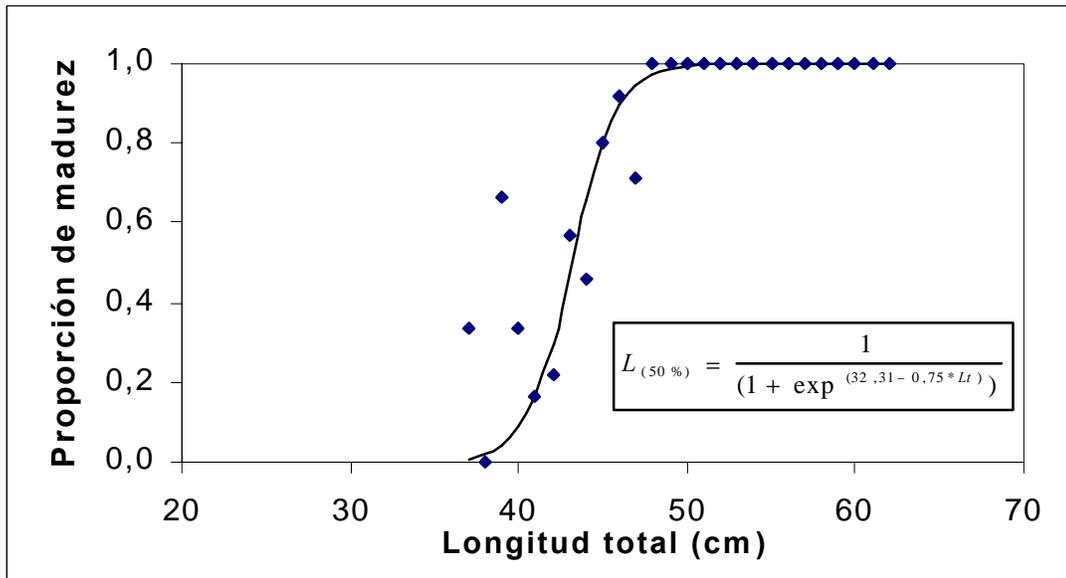


Figura 16.-Curva de madurez determinada mediante función logística para merluza de tres aletas en el año 1985 ($L_{50} = 43,1$ cm).

EVALUACIÓN INDIRECTA DE MERLUZA DE COLA EN CHILE

Ignacio Payá¹, Nelson Ehrhardt² y Pedro Rubilar¹

1. Instituto de Fomento Pesquero, 2. U. de Miami

I. INTRODUCCIÓN.

La merluza de cola es capturada por una flota cerquera y otra arrastrera. Las capturas de cerco se realizan en la zona centro-sur a fines de año (noviembre-diciembre) y están compuestas principalmente por individuos juveniles y adultos menores de 8 años de edad. Las capturas de arrastre se realizan en la zona sur-austral a mediados de año y están compuestas principalmente por adultos desovantes. Los peces de la zona sur-austral y centro-sur pertenecen a una misma unidad de stock (Galleguillos **et al.** 1999). Existen limitaciones en la serie de datos, que impide contar con el número de individuos por edad capturados en todos los años de la serie histórica, lo cual determina que no se pueda aplicar métodos de análisis secuencial de poblaciones del tipo ADAPT (Payá **et al.** 1999 y Payá **et al.** 2000). En consecuencia, se presentan modelos estadísticos de captura a la edad, los cuales si pueden ser ajustados aunque falten algunos vectores de número de individuos en la captura, ya que estos son estimados por el modelo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

Modelo base

El Análisis de las Capturas a la Edad fue formulado considerando las capturas de la zona centro-sur y sur-austral separadamente, mediante la modelación de patrones de explotación específicos.

En este sentido, y considerando un vector de abundancias a la edad para el primer año ($N_{i,1}$) y los reclutamientos desde el segundo año en adelante ($N_{2,t}$), las sobrevivencias fueron proyectadas hasta el año más reciente a través de la expresión:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} * \exp(-F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa} - M)$$

donde $N_{i,t}$ es la abundancia del i -ésimo grupo de edad en el t -ésimo año, M es la mortalidad natural, en tanto que $F_{i,t}^{cs}$ y $F_{i,t}^{sa}$ son las mortalidades por pesca por grupo de edad y año para las pesquerías centro sur y sur austral, respectivamente. El valor de M fue considerado igual a 0,35 sobre la base de las diferentes estimaciones realizadas por Ojeda **et al.** (1998)

Las mortalidades por pesca se modelaron de la forma:

$$F_{i,t}^{cs} = F_t^{cs} * S_i^{cs}$$

$$F_{i,t}^{sa} = F_t^{sa} * S_i^{sa}$$

siendo F_t las mortalidades por pesca anuales de los grupos completamente reclutados por pesquería, y S el patrón de explotación edad-específico en la forma Gamma:

$$S_i^{cs} = \frac{i^{\alpha_1} * \exp(-\beta_1 * i)}{\max(i^{\alpha_1} * \exp(-\beta_1 * i))}$$

$$S_i^{sa} = \frac{i^{\alpha_2} * \exp(-\beta_2 * i)}{\max(i^{\alpha_2} * \exp(-\beta_2 * i))}$$

donde $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 son parámetros por resolver.

De esta forma, y proyectada la matriz de abundancias, las capturas a la edad y año fueron predichas por pesquería en la forma:

$$\hat{C}_{i,t}^{cs} = \frac{F_{i,t}^{cs}}{Z_{i,t}^{cs}} N_{i,t} (1 - \exp(-M - F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa}));$$

$$\hat{C}_{i,t}^{sa} = \frac{F_{i,t}^{sa}}{Z_{i,t}^{sa}} N_{i,t} (1 - \exp(-M - F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa}));$$

Así, el modelo se resuelve determinando el vector de abundancias a la edad para el primer año ($N_{i,1}$), los reclutamientos desde el segundo año en adelante ($N_{2,t}$), las mortalidades por pesca anuales de grupos completamente reclutados por pesquería (F_t^{cs} y F_t^{sa}) y los parámetros de los patrones de explotación $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 ,

Modelo 1: Selectividades constantes por arte de pesca.

Se consideró que las selectividades de cada arte de pesca se han mantenido constantes durante todo el período de análisis.

Modelo 2: Selectividades diferentes por períodos y artes de pesca

Se consideraron diferentes periodos de selectividades. Para las capturas de cerco de la zona centro-sur: 1) '88,89,90,93,94,95 y 98'; 2) '91 y 92'; 3) '99'; y 4) '96 y 97'. Para las capturas de arrastre de la zona sur austral: 1) '88 a 96' y 2) '97, 98 y 99'.

Ajuste de los modelos

1) Mínimos cuadráticos

$$SCR(C) = \sum_i \sum_t (\ln(C_{i,t}^{cs}) - \ln(\hat{C}_{i,t}^{cs}))^2 + I_1 \sum_i \sum_t (\ln(C_{i,t}^{sa}) - \ln(\hat{C}_{i,t}^{sa}))^2$$

De igual forma, y haciendo uso de la CPUE centro-sur como índice calibrador de la abundancia media vulnerable en esta zona, se incorporó una segunda fuente de error de la forma:

$$SRC(CPUE) = \sum_t (\ln(CPUE_t) - \ln(q * \overline{BV}_t))^2$$

donde q es el coeficiente de capturabilidad (por resolver) y la biomasa media vulnerable se determina por:

$$\overline{BV}_t = \sum_i \frac{N_{i,t} (1 - \exp(-F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa} - M))}{F_{i,t}^{cs} + M} * S_i^{sc} * \overline{W}_{i,t}$$

donde $W_{i,t}$ es el peso medio a la edad.

Finalmente, y con el fin de asegurar la mínima diferencia entre los desembarques predichos y observados, se agregó una tercera fuente de error del tipo

$$SCR(Y) = \left(\sum_t (\ln(Y_t^{cs} + Y_t^{sa}) - \ln(\sum_i (\hat{C}_{i,t}^{cs} + \hat{C}_{i,t}^{sa}) * W_{i,t})) \right)^2$$

con lo cual la función objetivo resultante quedó expresada de la forma:

$$SCRT = SCR(C^{cs}) + I_1 SCR(C^{sa}) + I_2 SCR(CPUE) + I_3 SCR(Y^{cs}) + I_4 SCR(Y^{sa})$$

donde λ corresponde a multiplicadores de Lagrange que tienen por objeto no solo igualar la escala paramétrica, sino otorgar distintos grados de confianza a las fuentes de error.

2. Mediante estimación robusta

Para evitar los posibles efectos de residuales demasiado grandes (“outliers”) se empleó una estimación robusta. Esta se basa en considerar que los residuales no tienen una distribución normal, sino más bien una distribución de t-student, la cual por presentar colas de la distribución más amplias, permite incluir los residuales como extremos de esta distribución. En la práctica esto corresponde a dar una menor ponderación a los residuales grandes.

3. Ajuste mediante máxima verosimilitud

Para los parámetros del modelo se establecieron priors lognormal con CV entre 0,01 y 0,25, excepto para los reclutamientos para los cuales se emplearon priors no informativas.

La moda de la densidad posterior se encontró mediante el algoritmo de minimización Quasi-Newton minimizando:.

$$-L = -T_1 p_1 \ln(pe_1) - T_2 p_2 \ln(pe_2) + I_1 SCR(CPUE) + I_3 SCR(Y) + I_4 SCR(Y) + SCR(PRIO)$$

Para este ajuste se consideró una distribución multinomial para la proporción de las edades en las capturas y distribución lognormal para el resto de los términos

Se muestreo la posteriori mediante un procedimiento montecarlo desde una distribución t-student multivariada (Gelman et al. 1995).

III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

El modelo 1 presentó problemas de ajuste en la estructura de edades de las capturas de cerco y arrastre, especialmente hacia los últimos años (Figs. 1 y 2). El modelo 2 se sustenta en la estimación empírica de la selectividad de cerco realizada como la razón del número de individuos a la edad en captura de cerco y la abundancia por edad estimada por hidroacústica en 1999 (Figs. 3 y 4). Los ajustes del modelo 2 fueron superiores al modelo 1, siendo capaz de reproducir las capturas a la edad de las capturas de arrastre (Fig. 5), las capturas a la edad del cerco (Fig.6), la CPUE de cerco, las capturas totales y por flotas (Fig.7).

La biomasa total disminuyó desde 2,5 (2,2 a 2,8) millones de t en 1988 hasta 1,4 (1,2 a 2) millones t en 1999 (Fig. 8). La abundancia disminuye desde 6000 (5500 a 7000) millones de individuos en 1988 hasta 5000 (3500 a 8500) millones de individuos en 1999 (Fig.8). Los reclutamientos de individuos de 2 años de edad se mantienen entre 1988 y 1992 estables en torno a los 1800 (1000 a 2500) millones de individuos, para luego aumentar a 2400 (2000 a 3000) millones en 1994 y disminuir a 2000 (1000 a 6000) millones en 1999 (Fig.9). La mortalidad por pesca de la edad completamente reclutada (FCR) entre 1988 y 1993 fluctuó entre 0,11 y 0,05, luego desde 1995 en adelante varió entre 0,2 y 0,1 (Fig.9).

La producción de huevos disminuye desde $9e10^{14}$ huevos en 1988 hasta $5,3e10^{14}$ huevos en la temporada 1999, lo cual corresponde a una disminución del 41% (Fig.10). Sin embargo, no existe una clara relación entre los huevos producidos y los individuos que reclutan al cabo de 2 años (Fig.10).

Debido a que el modelo es calibrado con la CPUE de cerco, que considera la fracción juvenil y adultos menores de 8 años, se reconoce que los estimados del stock desovante pueden tener sesgos. Para disminuir estos sesgos se requiere generar índices de calibración

para el stock desovante, para lo cual se debe revisar la factibilidad de generar índices de abundancia relativa (CPUE) desde la flota arrastrera que captura principalmente peces adultos. Para este mismo fin, es prioritario generar índices de abundancia independientes de las capturas comerciales, mediante estimaciones hidroacústicas del stock desovante y de la fracción de reclutas.

IV. Referencias.

- Galleguillos R., R. Montoya, L. Troncoso, M. Oliva y C. Oyarzún. 1999. Identificación de unidades de stock en el recurso merluza de cola en el área de distribución de la pesquería. U. De. Concepción. FIP 96-30.
- Gelman, A., J. Carlin, H. Stern y D. Rubin 1995. Bayesian data analysis. Chapman y Hall. 526 págs.
- Ojeda, V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo e I. Payá. 1998. Estudio de crecimiento y construcción de claves talla-edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. IFOP-FIP97-15. 131 páginas., 52 figuras, 53 tablas y 1 anexo.
- Payá I. C. Canales, H. Pool y C. Montenegro. 1999. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 1999. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.
- Payá I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

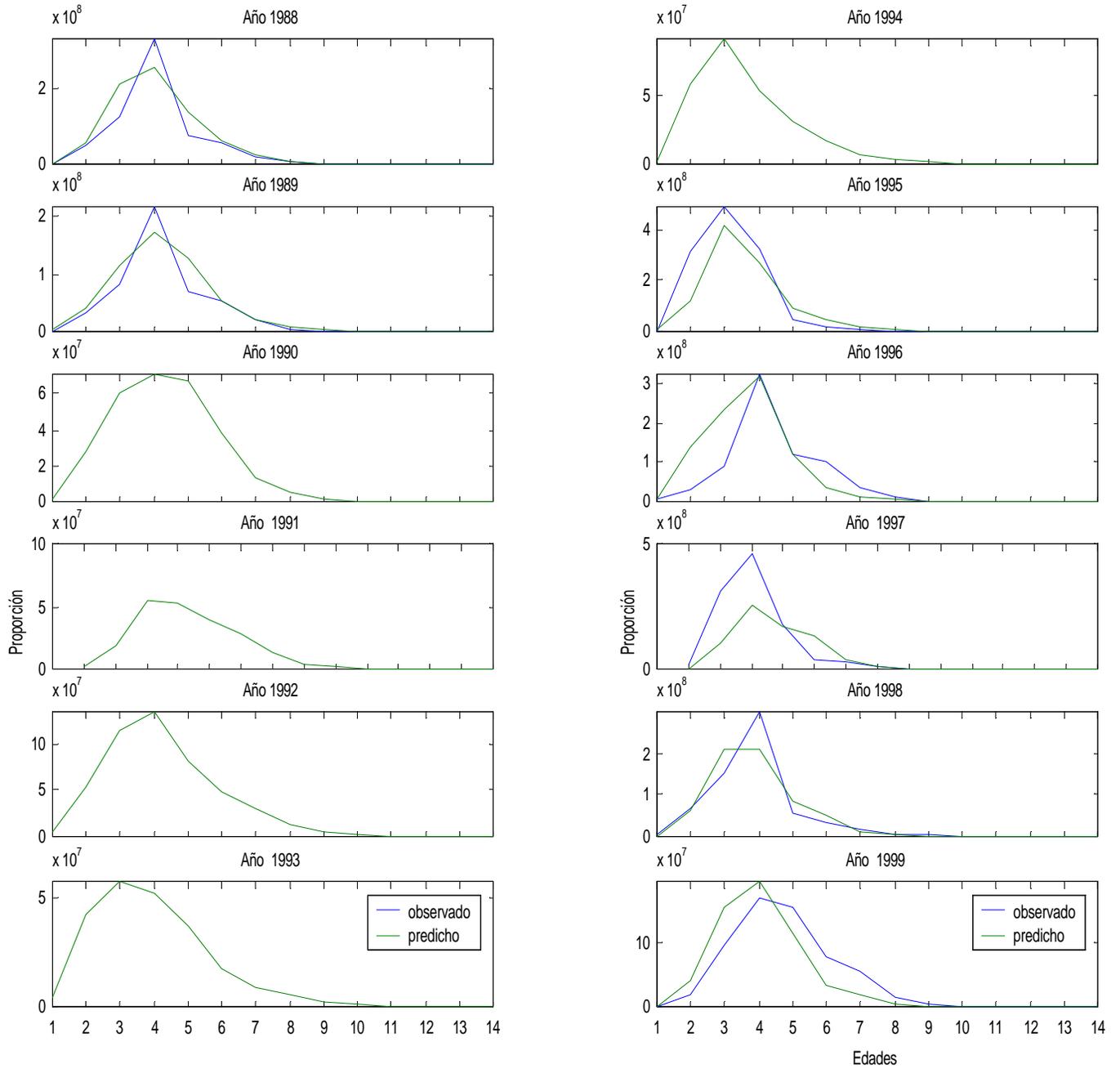


Figura 1. Capturas de cerco observadas y predichas por el modelo 1.

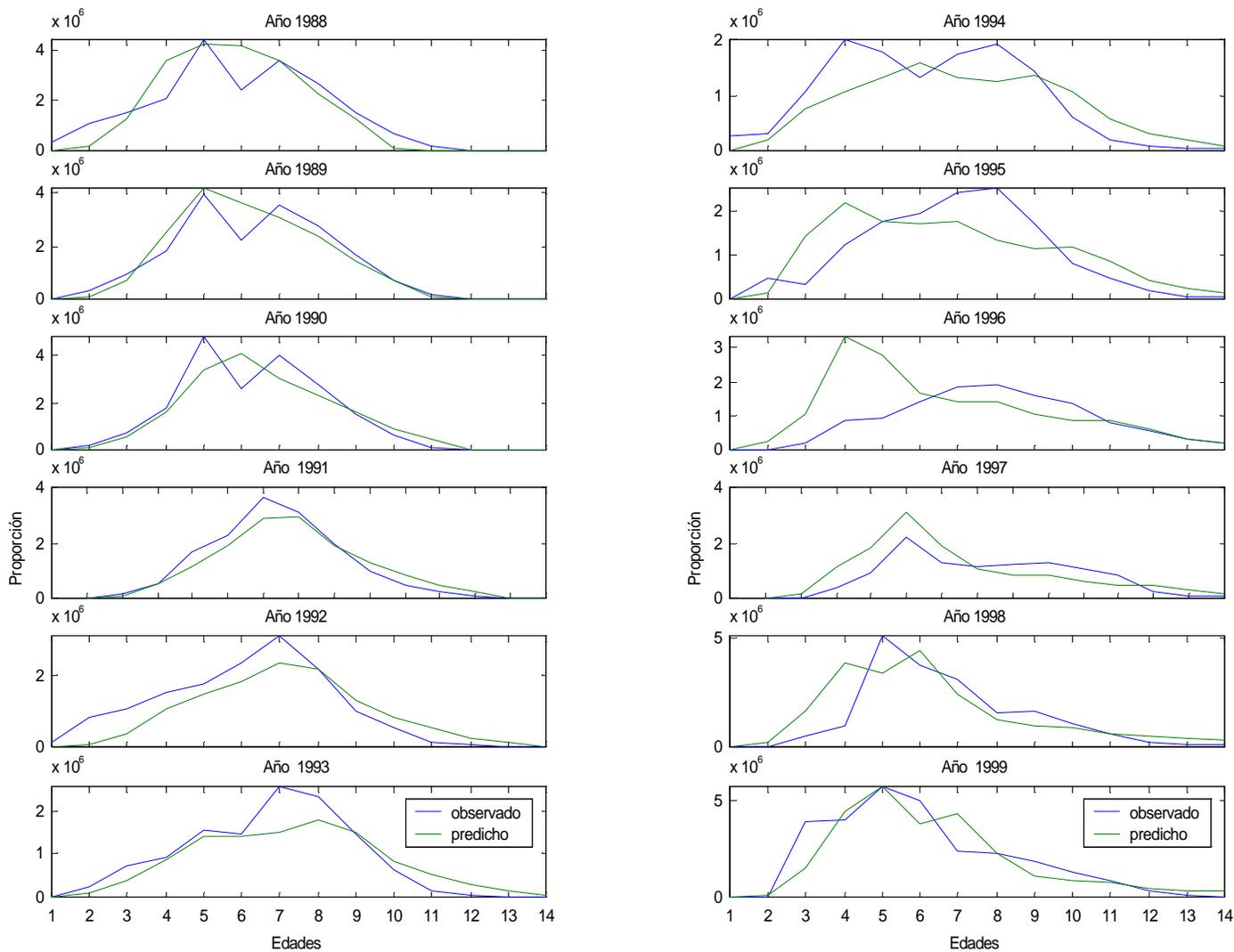


Figura 2. Capturas de la zona sur-austral observadas y predichas por el modelo 1.

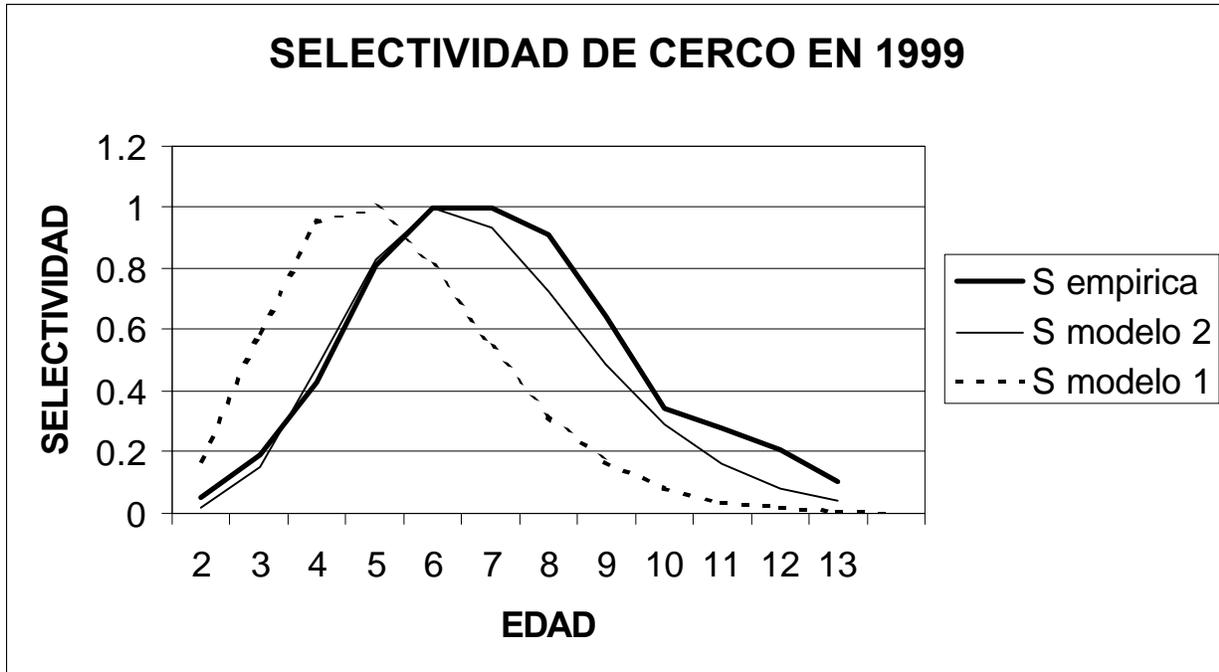


Figura 3. Patrones de selectividad empírico y ajustados por el modelo 1 y el modelo 2 (antes de incorporar el patrón empírico en el modelo).

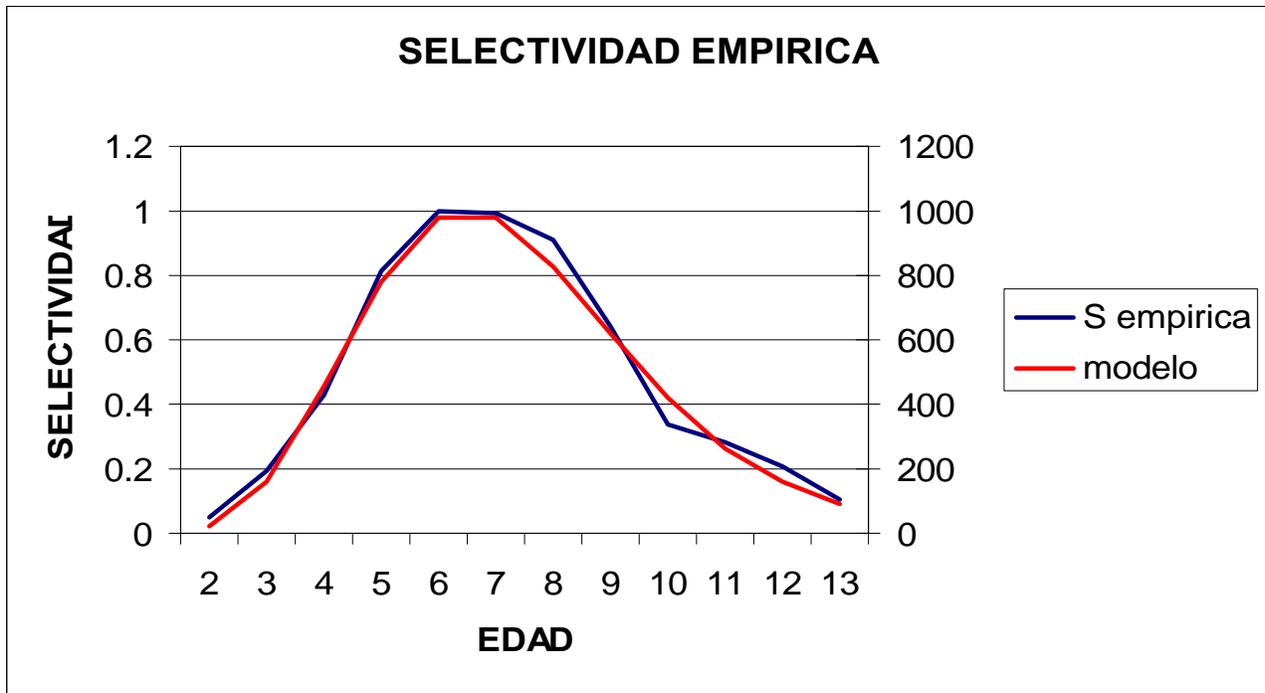


Figura 4. Datos (línea azul) del patrón empírico y ajuste de modelo gamma a este patrón (línea roja).

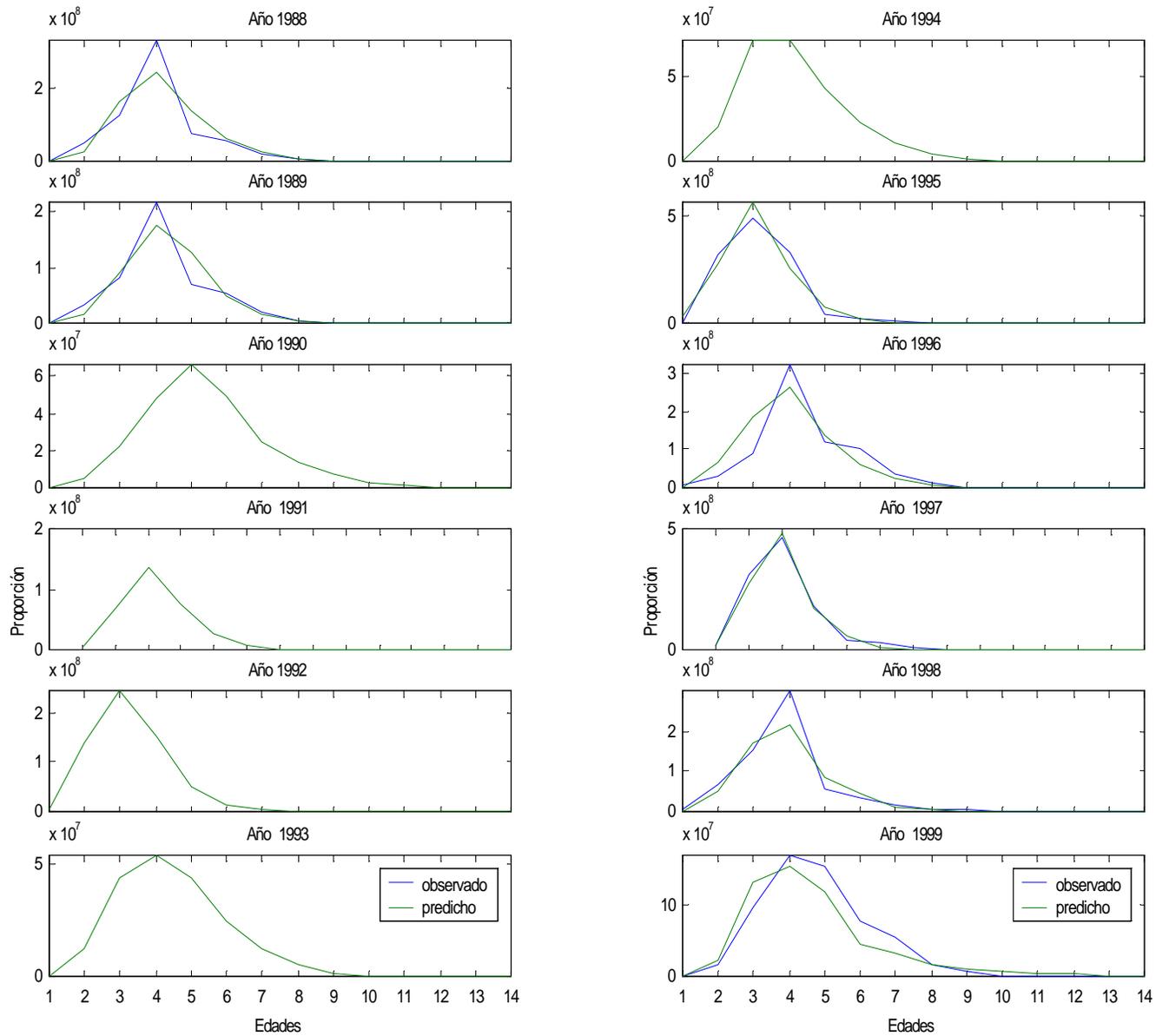


Figura 5. Capturas de cerco observadas y predichas por el modelo 2.

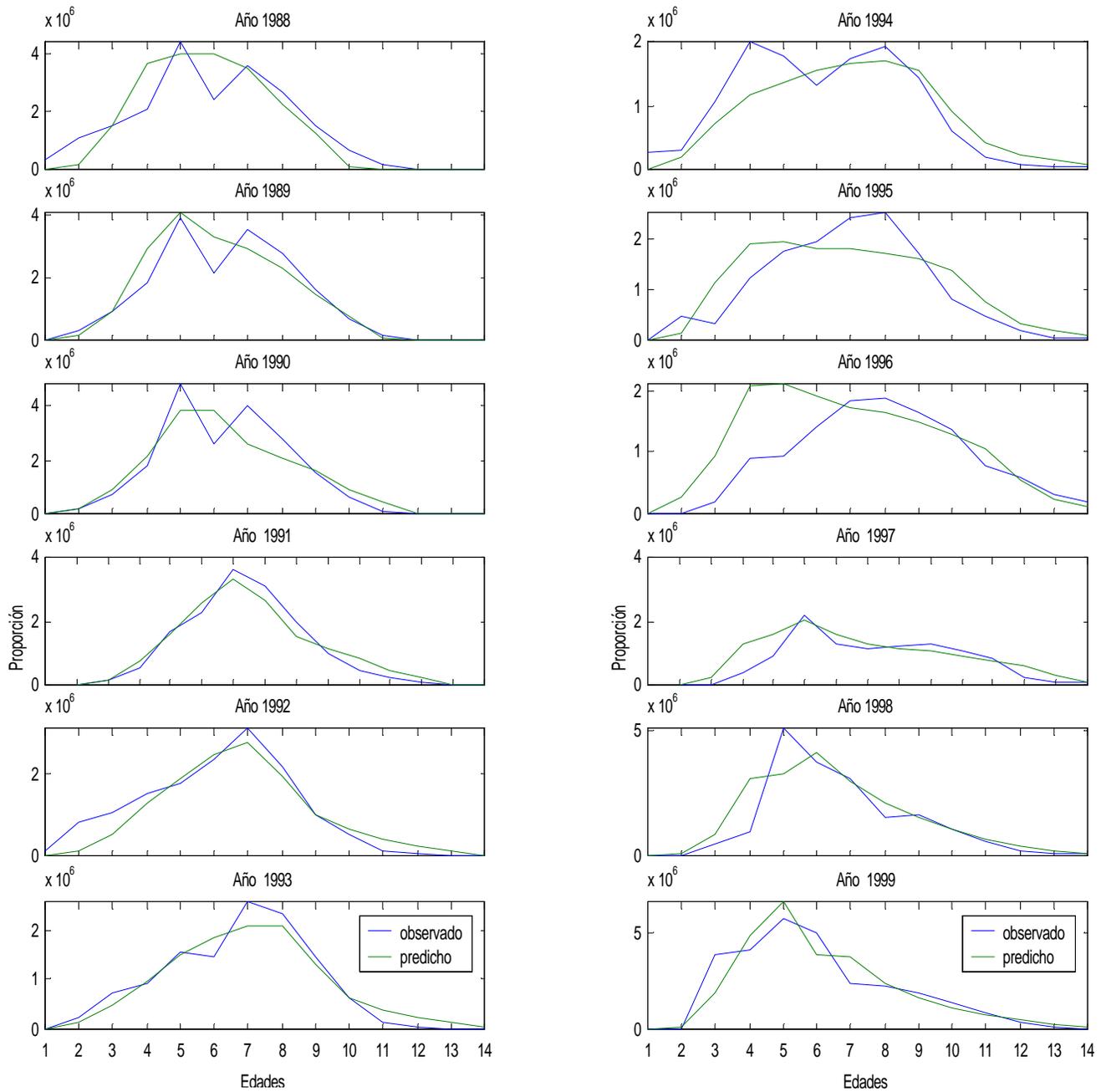


Figura 6. Capturas de arrastre observadas y predichas por el modelo 2.

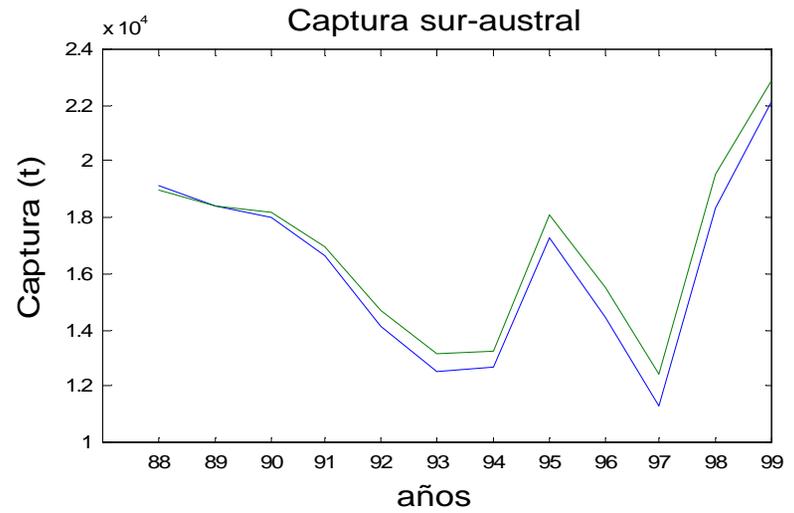
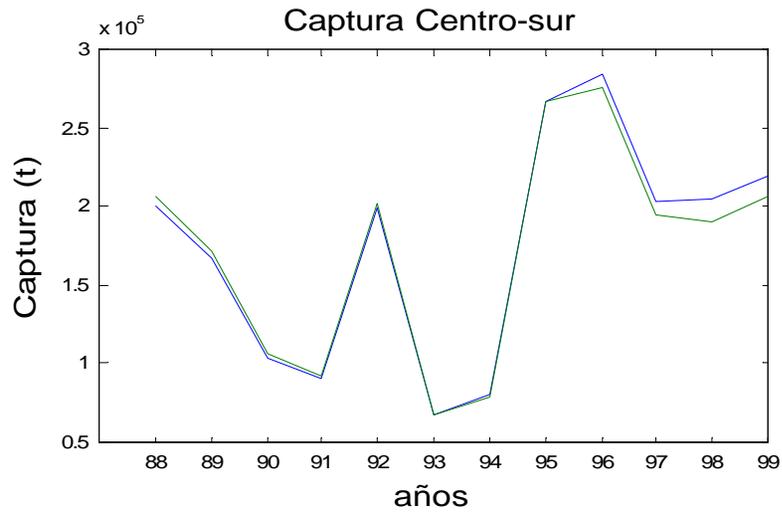
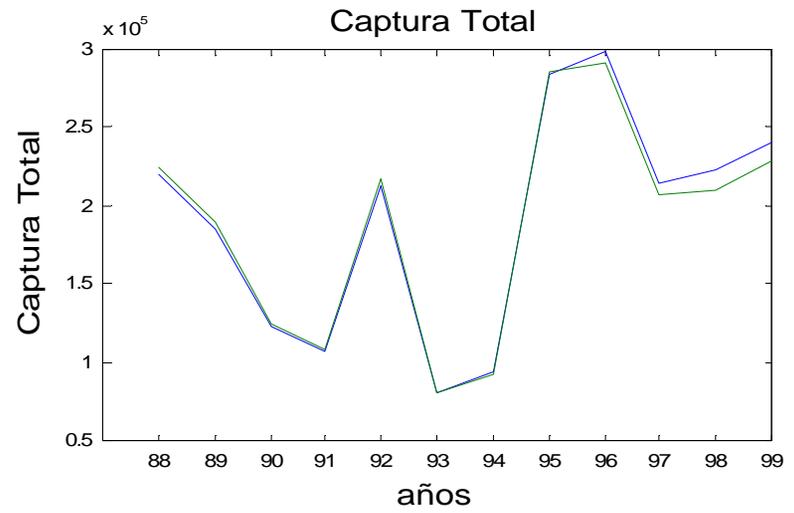
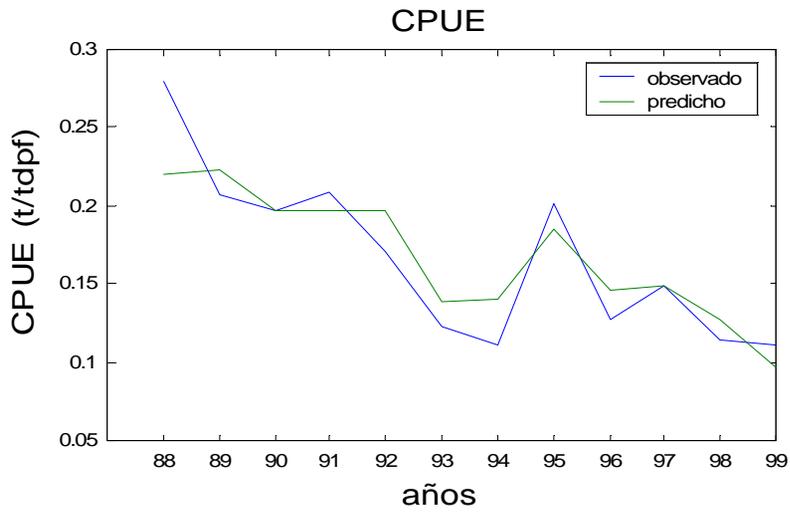


Figura 7. Valores observados y predichos por el modelo1 para la CPUE y las capturas totales de ambas flotas y por flota separada.

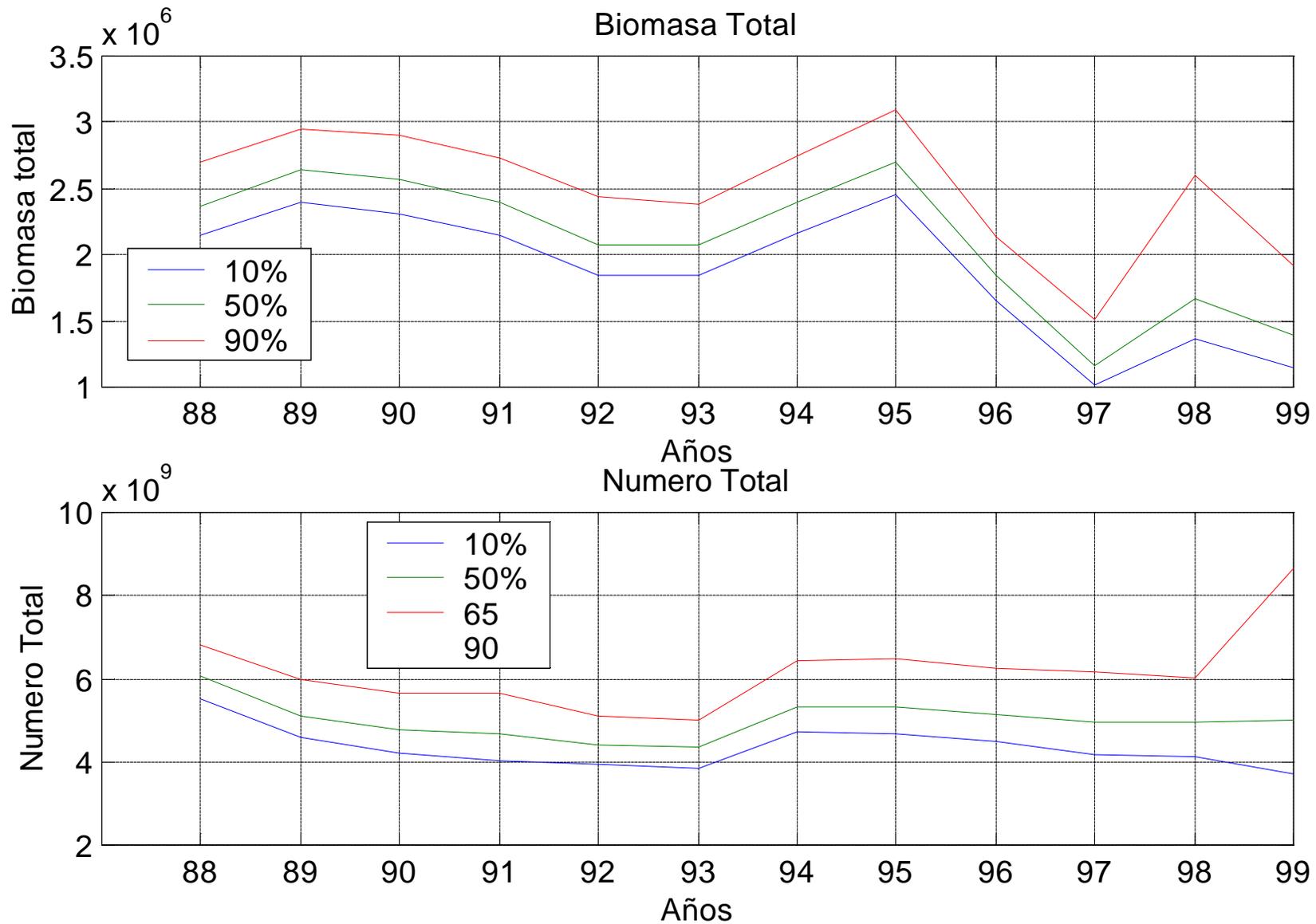


Figura 8. Variabilidad de las biomazas (arriba) y números totales (abajo).

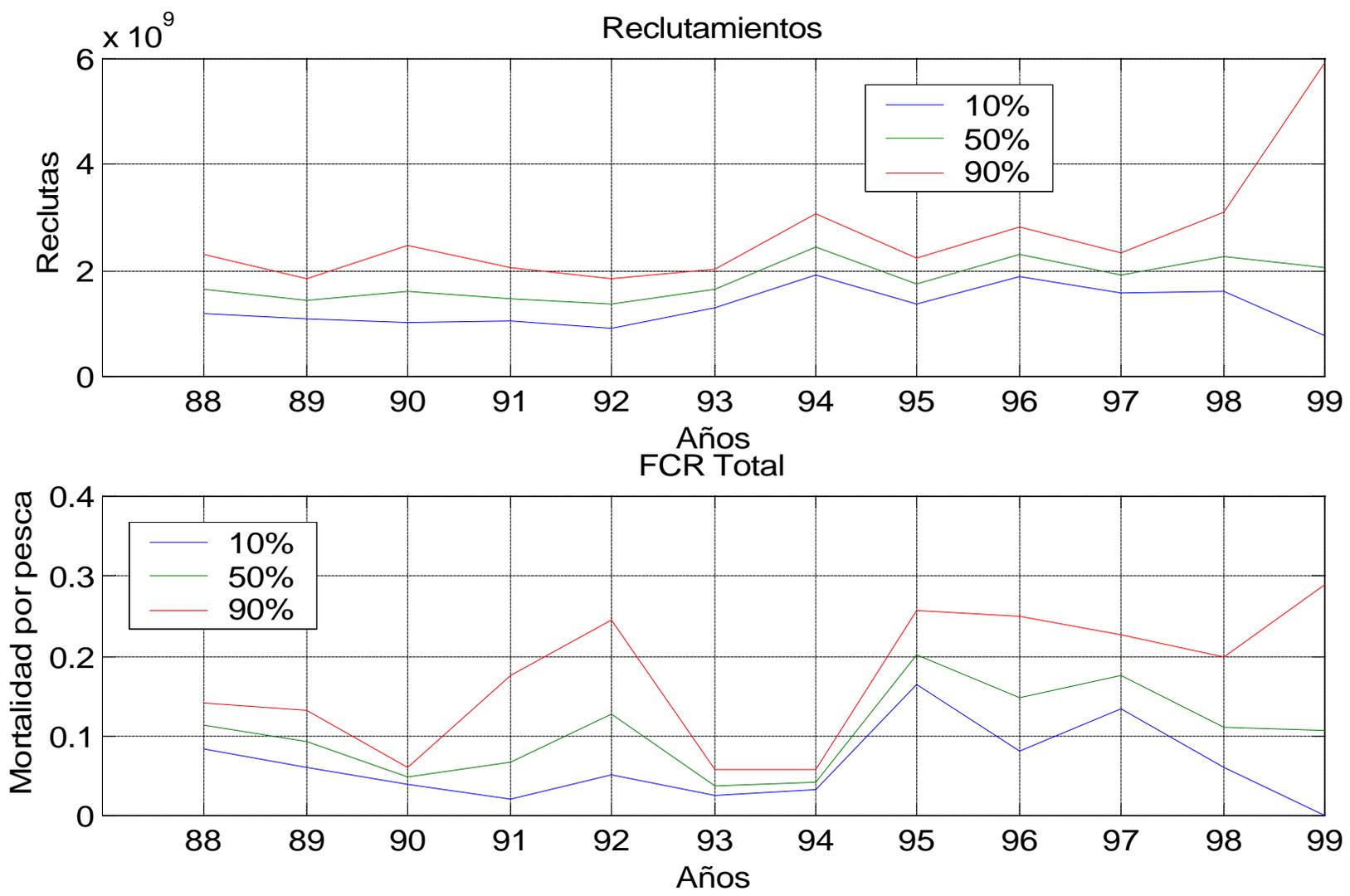


Figura 9. Variabilidad de los reclutamientos (arriba) y de la mortalidad por pesca completamente reclutada (abajo).

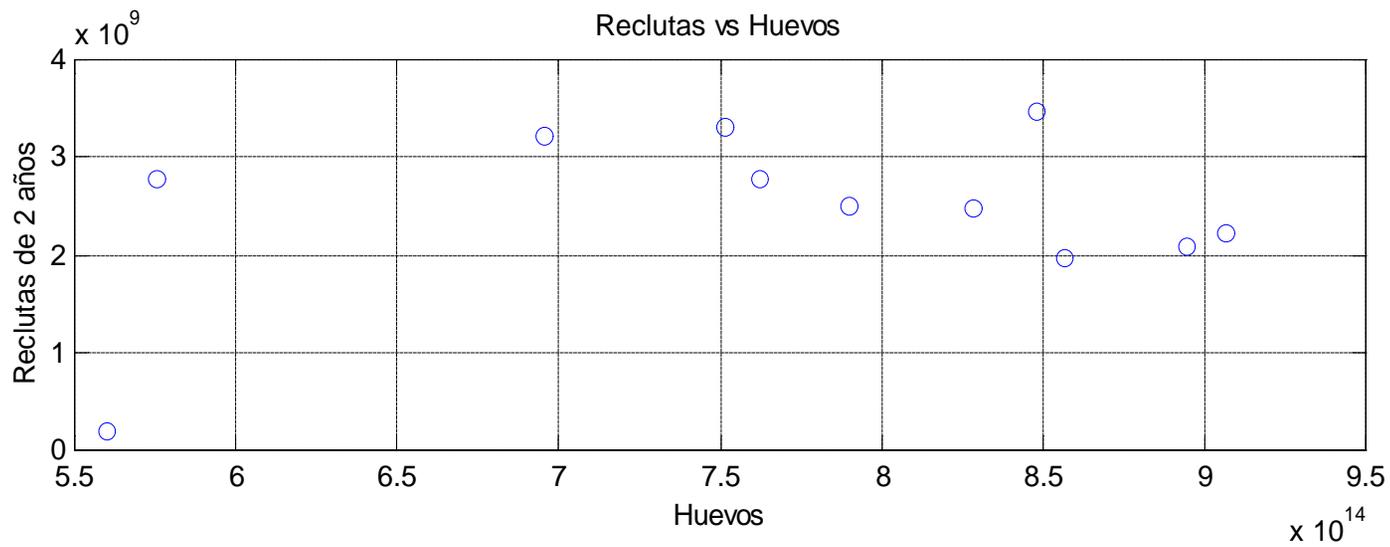
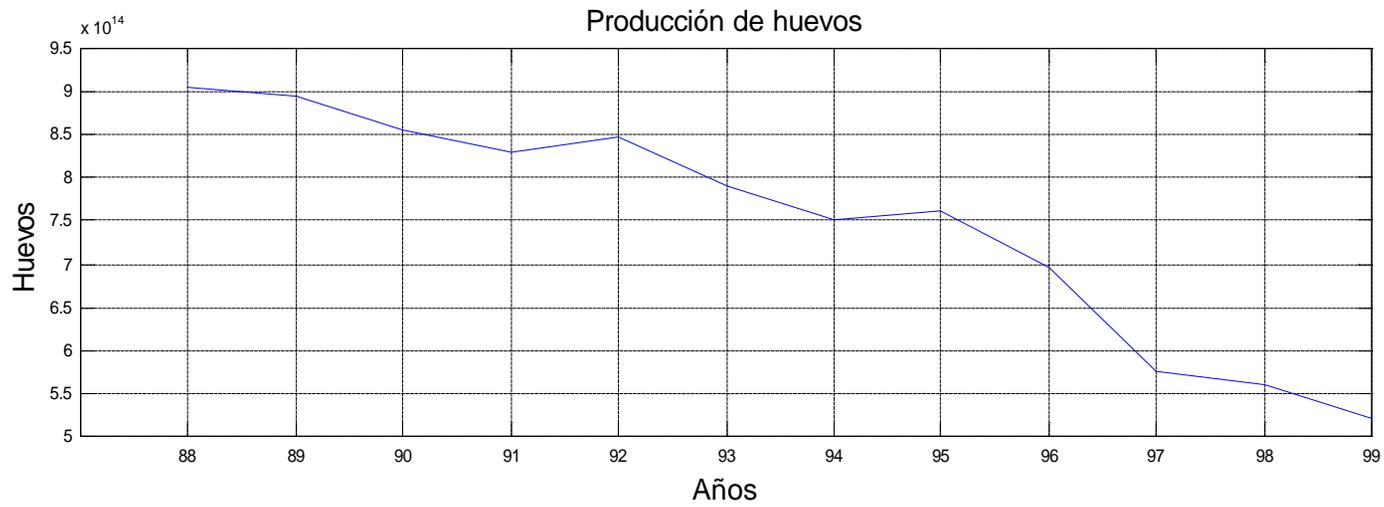


Figura 10. Producción de huevos (arriba) y dispersión de reclutas de 2 años con respecto a la producción de huevos (abajo).

ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN EN MERLUZA DE COLA.

Ignacio Payá¹ y Nelson Ehrhardt²

1. Instituto de Fomento Pesquero, 2. U. de Miami

Estrategias de explotación

Las estrategias de explotación corresponden a la forma como se realizan las capturas en función de la abundancia del recurso. Existen cuatro estrategias clásicas que pueden ser consideradas. En la estrategia de captura constante, la captura se mantiene igual independiente de la abundancia del stock, lo cual produce que el grado de escape del recurso sea directamente proporcional a la abundancia de este, en este caso la captura sólo debe ser permitida cuando la abundancia del stock genera un escape mínimo que asegura la renovación del stock (Fig. 1). La estrategia de tasa de explotación constante genera capturas que son directamente proporcionales a la abundancia del stock, esto puede llevar a la disminución del stock a niveles peligrosos, ya que los sistemas pesqueros tienden a capturar más cuando hay mayor abundancia, pero es difícil que capturen menos cuando el recurso disminuye (Fig.1). Para evitar conducir al stock a niveles riesgosos, a la estrategia de tasa de explotación constante se le agrega un límite mínimo de biomasa para asegurar la renovación del stock (Fig.1). Finalmente, existe la opción de mantener siempre un nivel de escape constante, por lo que las capturas aumentarán con el crecimiento del stock, pero no podrán disminuir el stock por debajo del nivel de escape definido (Fig.1)

Conceptos de sobrepesca.

Asociados a la aplicación de una estrategia de explotación se debe considerar un nivel de referencia biológica para evaluar los impactos sobre el stock. Para esto se consideran dos peligros, la sobrepesca por crecimiento y la sobrepesca por reclutamiento. La sobrepesca por crecimiento se produce cuando el esfuerzo de pesca es tan alto que el rendimiento total disminuye al aumentar el esfuerzo. Los peces son capturados antes de que puedan crecer hasta alcanzar una talla lo suficientemente grande como para contribuir substancialmente a la biomasa (Sparre y Venema, 1995). La sobrepesca por reclutamiento sucede cuando la pesca ha reducido el stock parental a un nivel tan bajo, que existe una relación lineal entre los reclutas y el stock parental (Sparre y Venema, 1995).

Puntos biológicos de referencia

Los puntos biológicos de referencia (PBR) objetivos se han definido para guiar la explotación y los PBR límites para evitar llegar a la sobrepesca. Para el objetivo de manejo de aprovechar el crecimiento somático se considera como PBR la mortalidad por pesca $F_{0,1}$, que permite mantener un rendimiento marginal positivo y corresponde a la tasa de mortalidad por pesca donde la pendiente de la curva de rendimiento por recluta alcanza el 10% de la pendiente en el origen (Gulland y Boerema 1973). Para el objetivo de manejo de asegurar sustentabilidad del stock se emplea como PBR el $F_{40\%PH}$, que mantiene en el largo plazo una producción de huevos igual al 40% de la producción de huevos virginal, lo cual permite obtener la mayor fracción del máximo rendimiento sustentable del stock sin comprometer la sustentabilidad de este (Clark 1993 y Mace 1994).

El límite de sobrepesca por crecimiento corresponde al PBR $F_{m\acute{a}x}$, que es la mortalidad por pesca donde la curva de rendimiento por recluta alcanza su máximo (rendimiento marginal igual a cero) y se obtiene a partir del modelo de rendimiento por recluta. El límite de sobrepesca por reclutamiento corresponde al PBR $F_{20\%PH}$, el cual en el agua sólo el 20% de la producción de huevos virginal, lo cual compromete la renovación del stock (Mace 1994).

Riesgos de corto plazo.

El riesgo es una probabilidad de que un evento no deseado ocurra en un lapso de tiempo. El evento no deseado puede ser no cumplir los objetivos de manejo, es decir sobrepasar los $F_{0,1}$ y $F_{40\%PH}$ o bien sobrepesar el recurso, superando los $F_{m\acute{a}x}$ y $F_{20\%PH}$. En el corto plazo se considera la proyección del stock para el año siguiente y el nivel de riesgo que generan diferentes valores de cuota de captura. La probabilidad del evento no deseado se obtiene incorporando la incertidumbre de la evaluación del stock y de los estimados de los PBR. Como ejemplo, en la figura 2 se observa la distribución de capturas totales permisibles (CTP) y las curvas de riesgo de sobrepasar los PBR (Payá *et al.* 1999 y 2000). Esta información permite generar tablas de decisión sobre el nivel de riesgo (filas) de sobrepasar un determinado PBR (columnas) que se genera al fijar un valor determinado de cuota de captura anual (celdas).

Tabla 1. Riesgos de corto plazo de sobrepasar los PBR

RIESGO	PUNTO BIOLÓGICO DE REFERENCIA			
	$F_{0,1}$	$F_{33\%PH}$	$F_{40\%PH}$	$F_{66\%PH}$
0,10	93.803	131.563	101.953	46.206
0,20	105.496	147.275	116.856	49.992
0,30	113.972	159.720	125.039	53.011
0,40	122.205	171.177	133.516	55.273
0,50	130.700	181.243	141.074	57.999
0,60	138.414	193.253	149.469	60.357
0,70	146.985	207.543	162.246	63.169
0,80	201.327	332.751	175.000	66.610
0,90	262.510	411.207	190.000	71.966
1,00	300.404	441.844	441.844	76.780

Riesgos de mediano plazo.

En el mediano plazo, a lo menos el tiempo que demora en pasar una cohorte por la pesquería, se puede analizar el riesgo que generar la aplicación de diferentes estrategias de explotación. En este caso, son relevantes los supuestos empleados en las proyecciones de la abundancia del stock y de los futuros reclutamientos. Como ejemplo, se presenta el análisis de la estrategia de captura constante, para lo cual se simula, para diferentes niveles de capturas constantes, las conductas de las biomásas y tasas de explotación proyectadas (Fig.3) (Payá *et al.* 1999 y 2000). Conociendo la mortalidad por pesca de la edad completamente reclutada generada por la aplicación de una captura constante, se determina si esta supera los PBR, debido a que la simulación para cada captura constante se repite 1000 veces, mediante un procedimiento de Montecarlo, se estima la probabilidad o riesgo. Los riesgos pueden ser analizados con respecto a un período de interés (5 o 10 años), para

lo cual se construye las curvas de riesgo de sobrepasar un PBR para las diferentes capturas constantes (Figuras 4 y 5). Esta información permite generar tablas de decisión como la siguiente:

Tabla 2. Riesgos de sobrepasar diferentes puntos biológicos de referencia (PB) y capturas con riesgo de 10%

PBR PLAZO	F40%PH A 5 AÑOS	F40%PH A 10 AÑOS	F33%PH A 5 AÑOS	F33%PH A 10 AÑOS	F0.1 A 5 AÑOS	F0.1 A 10 AÑOS
PARAMETROS DE CURVA DE RIESGO						
A=	3,608	3,636	6,102	3,940	4,346	4,467
B=	-0,020	-0,020	36,553	-0,019	-0,024	-0,024
CAPTURA	RIESGO	RIESGO	RIESGO	RIESGO	RIESGO	RIESGO
30.000	0,05	0,05	0,00	0,03	0,03	0,02
60.000	0,08	0,08	0,01	0,06	0,05	0,05
100.000	0,17	0,16	0,05	0,11	0,12	0,11
120.000	0,23	0,23	0,11	0,15	0,18	0,17
150.000	0,35	0,35	0,22	0,24	0,31	0,30
180.000	0,50	0,50	0,35	0,35	0,47	0,47
200.000	0,60	0,60	0,45	0,44	0,59	0,59
250.000	0,80	0,80	0,66	0,67	0,82	0,83
270.000	0,86	0,86	0,73	0,74	0,88	0,89
300.000	0,92	0,92	0,82	0,83	0,94	0,94
330.000	0,95	0,95	0,88	0,90	0,97	0,97
350.000	0,97	0,97	0,91	0,93	0,98	0,98
390.000	0,98	0,99	0,95	0,96	0,99	0,99
420.000	0,99	0,99	0,97	0,98	1,00	1,00
450.000	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00
CAPTURAS CON 10% DE RIESGO						
90.000	0,1					
91.000		0,1				
117.949			0,1			
94.096				0,1		
91.381					0,1	
93.608						0,1

Referencias.

- Clark W.G. 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. En. Proceeding of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. Editores. Kruse et al. Alaska Sea grant College program report N° 93-02, University of Alaska Fairbanks.
- Gulland, J.A. y L.K. Boerema. 1973. Scientific advice on catch levels. Fishery Bulletin. 71:325-335.
- Mace, P. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds as targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci.:51:110-122.

Sparre, P y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento técnico de pesca 306/1. Rev.1. 420 p.

Payá I. C. Canales, H. Pool y C. Montenegro. 1999. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 1999. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

Payá I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Informe Técnico. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

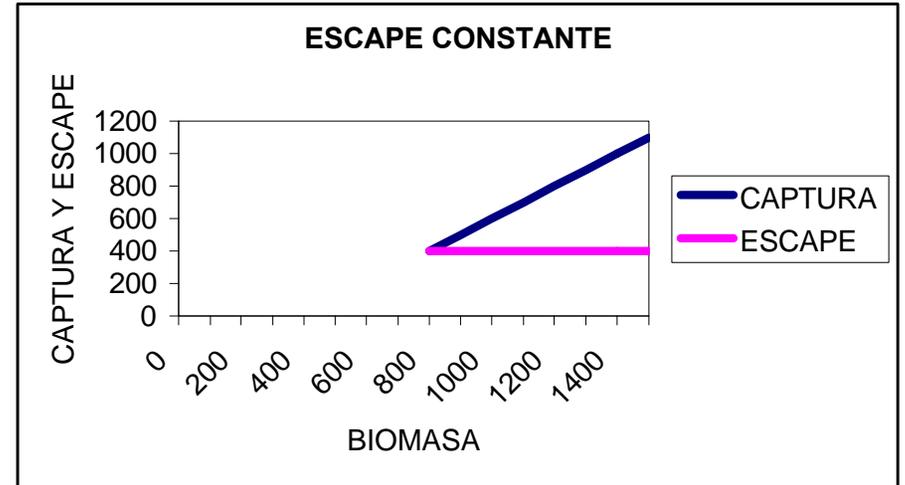
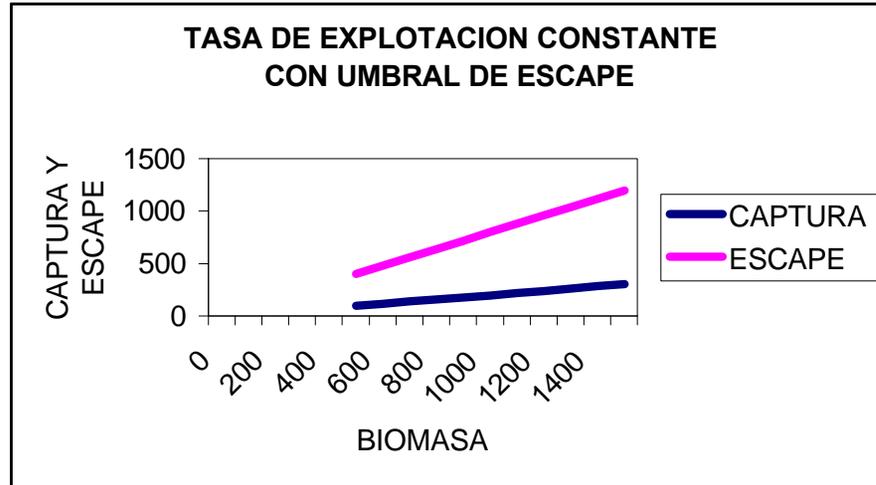
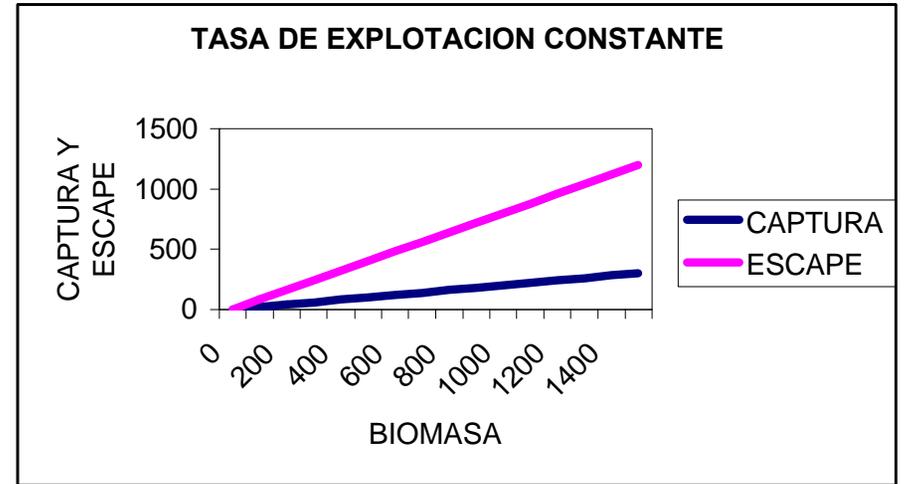
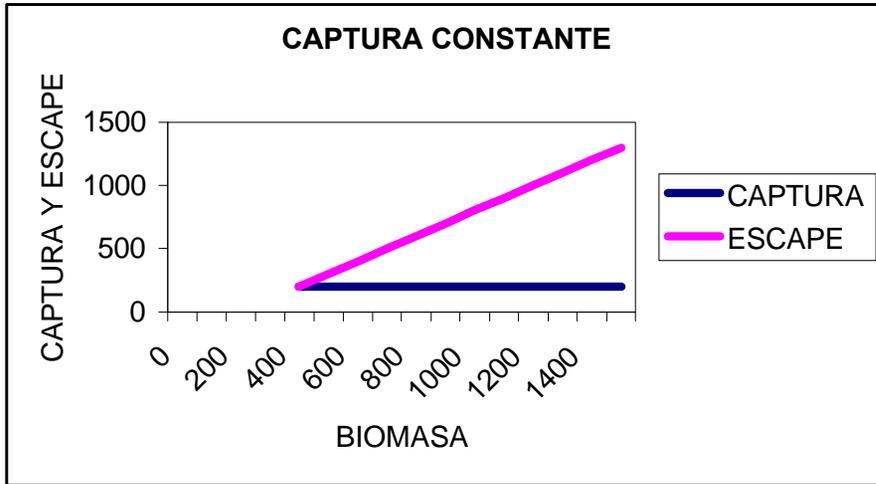


Figura 1. Estrategias de explotación clásicas.

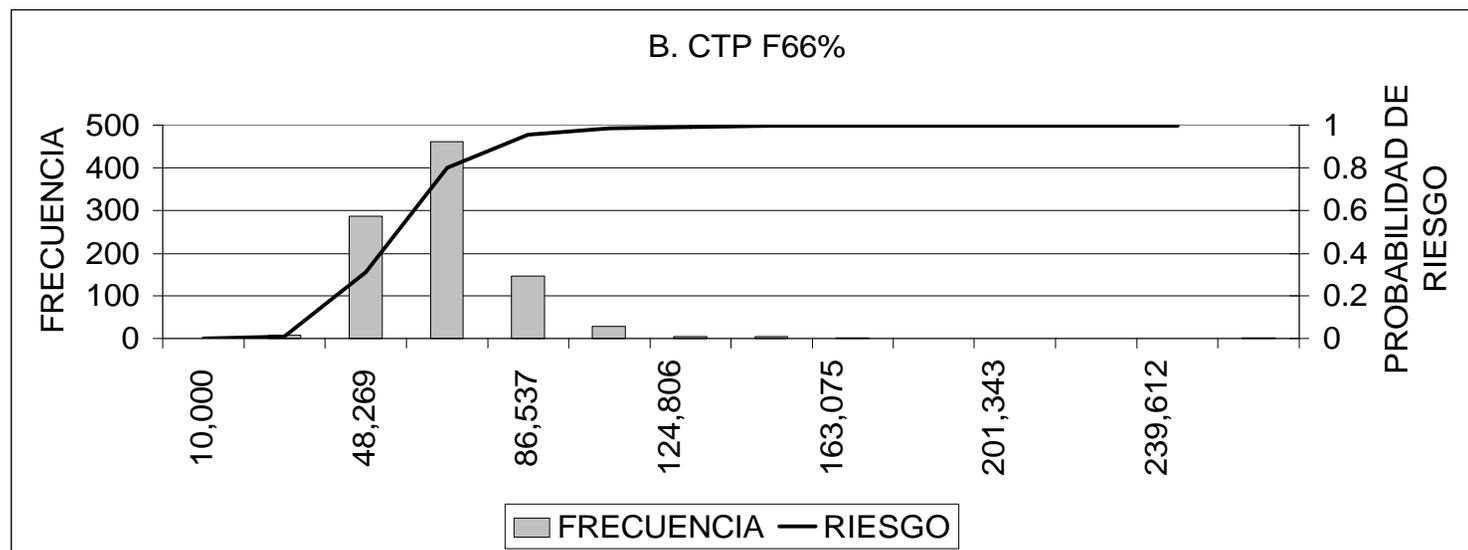
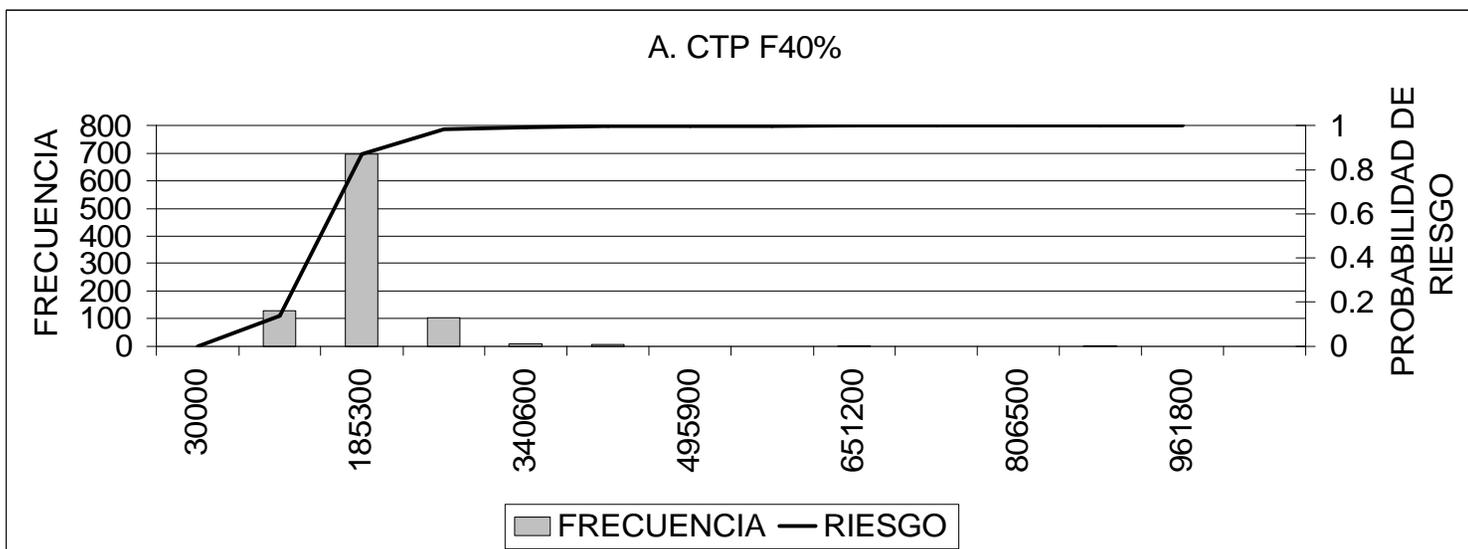


Figura 2. Distribución de capturas totales permisibles para el PBR de F40%PH (arriba) y F66%(abajo).

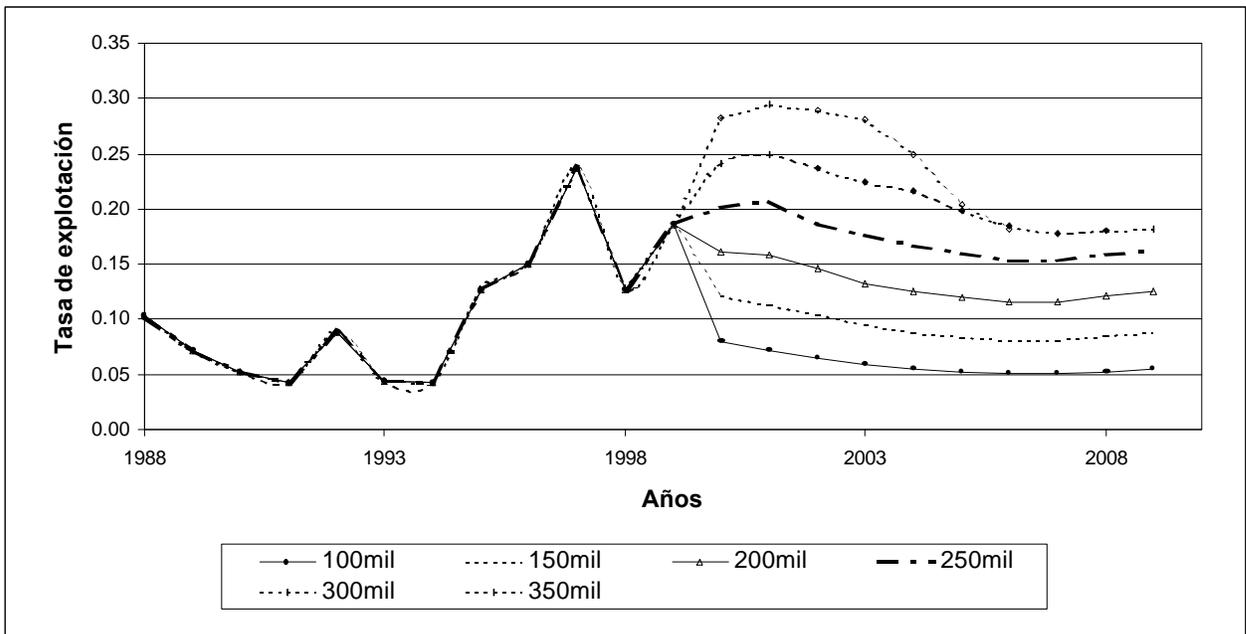
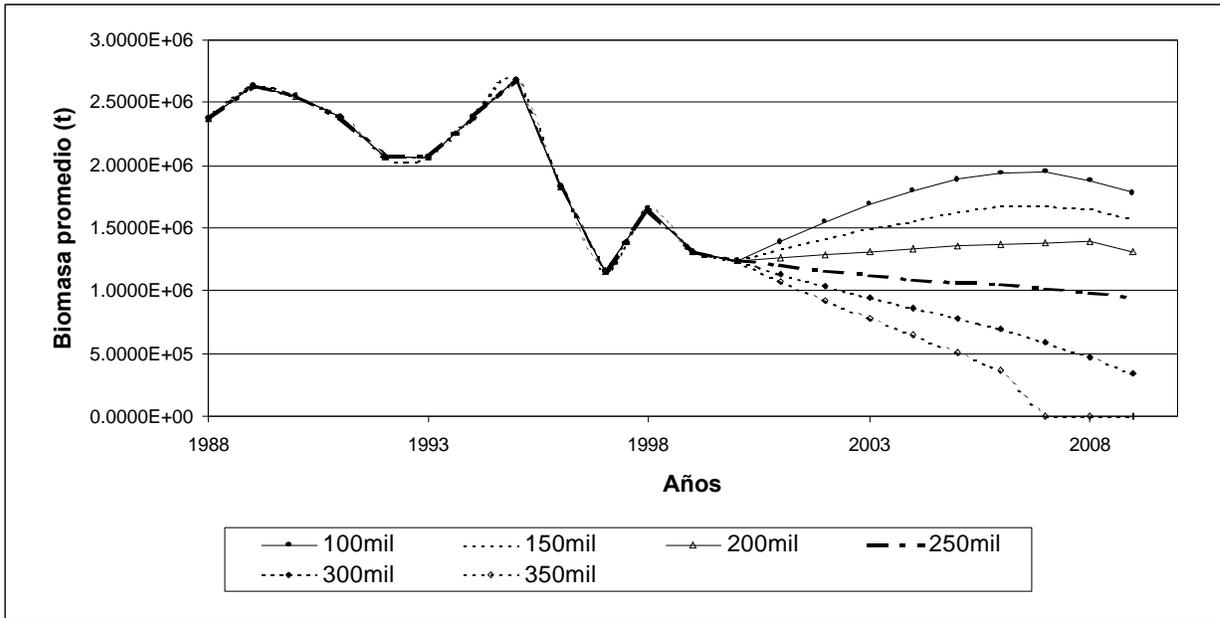


Figura 3. Proyecciones de biomazas (arriba) y tasas de explotación en número (abajo) con diferentes niveles de capturas constantes.

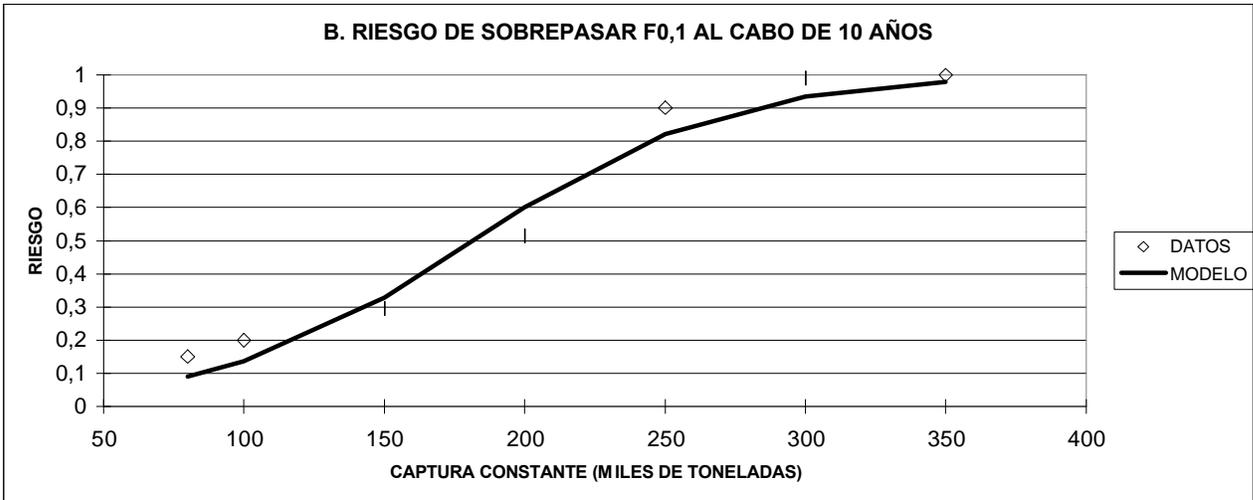
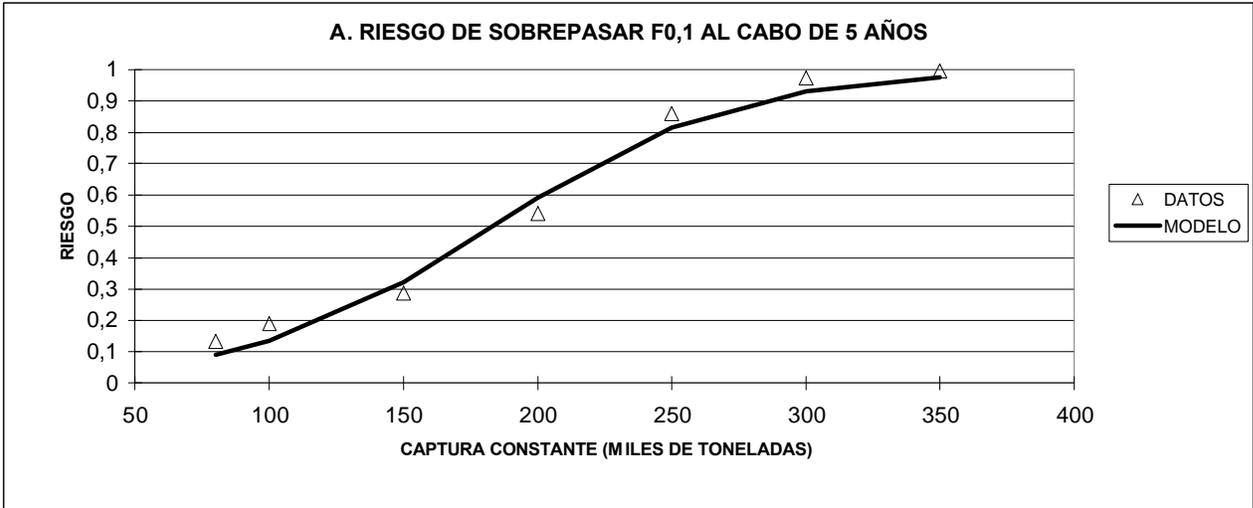


Figura 4. Riesgos de sobrepasar el PBR F0,1, generados con diferentes capturas constantes al cabo de 5 (arriba) y 10 años (abajo).

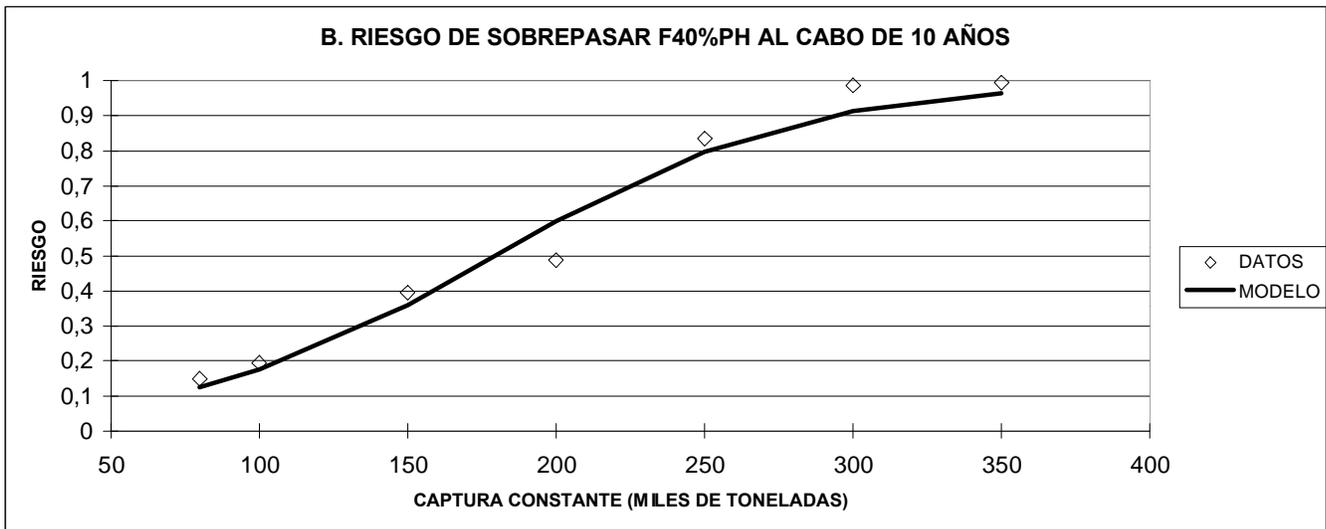
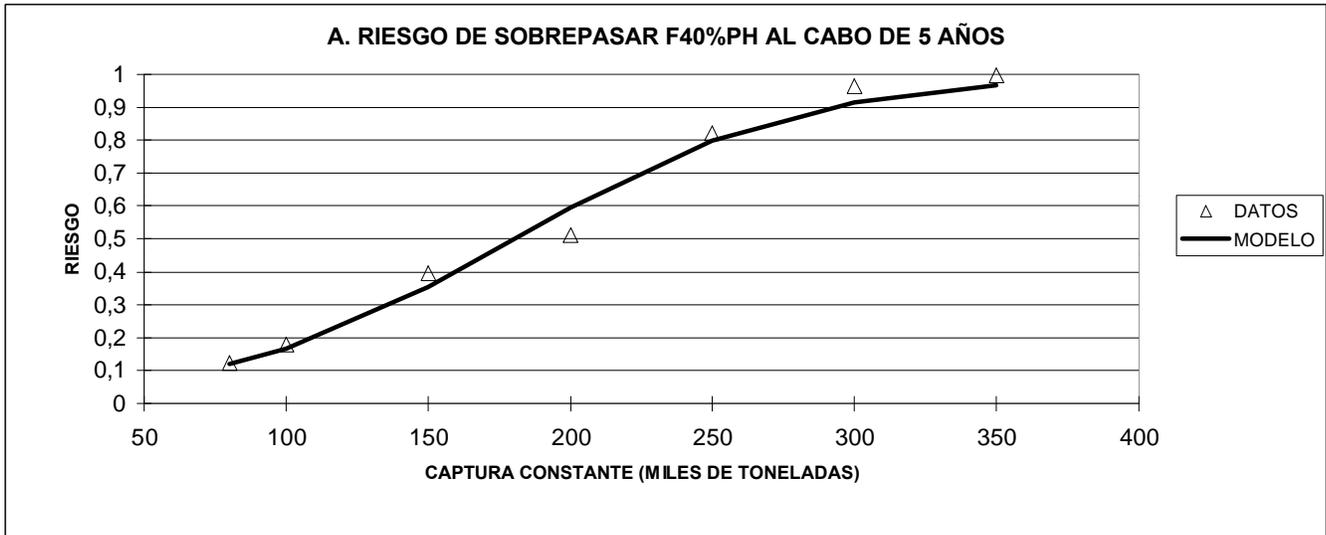


Figura 5. Riesgos de sobrepasar el PBR F40%PH, generados con diferentes capturas constantes al cabo de 5 (arriba) y 10 años (abajo).

RESUMEN

ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN DE MERLUZA DE COLA (SUBPESCA)

Claudio Bernal L.
Subsecretaría de Pesca
CHILE

Se revisaron los antecedentes generales desde el punto de vista pesquero y biológico. Se describió la zona de la pesquería centro-sur y sur-austral, sus capturas y sus principales productos de exportación por pesquería. Se describieron aspectos biológicos generales como estructura de edades por pesquería, talla de 1° madurez, épocas y zonas de reproducción y reclutamiento.

Se revisaron los antecedentes sobre el diagnóstico del recurso considerando la biomasa, las tasas de explotación y la CPUE de cerco. Como elementos del diagnóstico se consideran rendimientos decrecientes, biomasa decreciente, altas tasas de explotación y excedentes productivos sobreexplotados.

Se analizó el desarrollo histórico de las medidas de manejo aplicadas a merluza de cola en el contexto de la administración del complejo de pesquerías pelágicas de la zona centro-sur. Las regulaciones de la pesquería del jurel son un hito clave que genera la necesidad de ordenar el complejo de pesquerías pelágicas, dentro de las cuales la merluza de cola surge como una alternativa importante al jurel.

Los objetivos de la administración son procurar la conservación de los recursos marinos y dar sustentabilidad a la pesquería. Los objetivos del manejo de la merluza de cola son : 1. Disminuir sistemáticamente las tasas de explotación a niveles que permitan conservar el recurso; 2. Lograr mayor valor agregado de los productos generados; y 3. Sobre el actual diagnóstico, recuperar el stock desovante, a niveles que permitan evitar la sobreexplotación del recurso.

El enfoque de manejo de merluza de cola está orientado a la recuperación del stock desovante (magnitud y estructura). Para esto, se estableció una tasa de explotación que permita alcanzar este objetivo en el mediano y largo plazo.

Los problemas actuales que enfrenta la administración de la pesquería de merluza de cola son: 1. Cambio en la intencionalidad de la flota centro-sur, tendencia a cambiar la operación para la elaboración de productos para C.H; 2. Asignación de cuotas por pesquería; 3. Establecimiento de objetivos explícitos con los usuarios; y 4. Plan de investigación, orientado a mejorar el diagnóstico del recurso

DESCRIPCIÓN DE LA PESQUERÍA, CPUE, BIOLOGÍA, MIGRACIÓN EN LA MERLUZA DE TRES ALETAS EN LA ZONA SUR-AUSTRAL DE CHILE.

Renato Céspedes M. y Luis Adasme M.
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso.

INTRODUCCION

La merluza de tres aletas (*Micromesistius australis* Norman, 1937) es un recurso pelágico demersal de gran movilidad asociado a la plataforma y talud continental de la región sur austral de Chile, Argentina e Islas Malvinas. La distribución geográfica, en el Océano Atlántico ha sido referida entre las latitudes 38° y 55° S en profundidades de 80 a 800 m en aguas próximas al talud continental. En el Océano Pacífico, Céspedes **et al.** (1998) sitúan a merluza de tres aletas entre las latitudes 36° y 57° S. y Lillo **et al.** (1994) informan que es una especie que forma grandes cardúmenes a mediagua sobre la plataforma y talud continental.

Históricamente la captura de merluza de tres aletas está asociada a la pesquería demersal sur austral (PDA) dirigida a merluza del sur (*Merluccius australis*), capturada como pesca incidental principalmente por la flota arrastrera fábrica, desembarcando alrededor de 5 mil t. Sin embargo, producto de estudios ejecutados por IFOP dirigidos a merluza de tres aletas permitió a partir de 1993 desarrollar una pesquería de este recurso para la producción de surimi elevando las capturas entre 25.000 y 30.000 t anuales, pasando a ser recurso alternativo respecto de merluza del sur, actualmente regulado por cuotas anuales de capturas.

Este trabajo sintetiza la información histórica de la pesquería, los indicadores biológicos y pesqueros; además propone los patrones migratorios de esta especie basados en la información de la pesquería demersal sur austral.

METODOLOGÍA

Se realizó una exploración y recopilación de la información histórica de la pesquería de merluza de tres aletas, la cual fue concentrada en una base de datos relacional histórico entre 1978 y 2000. Esta fuente de datos consiste básicamente en información histórica georeferenciada de la actividad operacional de los buques arrastreros fábrica (flota industrial) (captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo cpue) e información biológica de las capturas, como por ejemplo talla y condición reproductiva. La información operacional de la flota industrial proviene de las bitácoras de pesca registradas por cada buque entre los paralelos 41° y 57° S.. Entre los datos relevantes está la posición de los lances de pesca, horas de arrastre, y captura por especie. Mientras, la información biológica proviene de muestreos realizados a la captura de los lances de pesca a bordo de los buques industriales. Adicionalmente, se realizó una búsqueda bibliográfica y contacto con investigadores de Argentina (INIDEP) con el fin de obtener una visión integrada de la pesquería desarrollada sobre este recurso en el cono sur de América. Por otro lado, para determinar la persistencia y el comportamiento migratorio del recurso merluza de tres aletas se realizaron procesos de categorización de la información tanto biológica como pesquera generándose distribuciones espaciales para los diferentes periodos. Estos antecedentes permiten caracterizar, dilucidar y plantear hipótesis sobre los procesos bio-pesqueros en merluza de tres aletas.

RESULTADOS

Descripción de la pesquería

Entre 1978 y 1992 se desembarcaron alrededor de 5.000 t anuales de merluza de tres aletas principalmente por la flota arrastrera fábrica de la pesquería demersal sur austral (PDA). Esta captura es incidental, dado que el principal objetivo de la pesca fue merluza del sur (Céspedes **et al.** 1998). Sin embargo, desde 1993 en adelante fueron realizadas pescas de investigación con un buque surimero dirigido a éste recurso, lo cual incrementó los desembarques en alrededor de 27.000 t anuales (Fig 1) y permitió desarrollar una nueva alternativa de producto (Lillo **et al.**, 1994). En estos últimos años en Chile la captura de este recurso proviene principalmente de la operación de un buque surimero (arrastrero fábrica) y dos buques arrastreros fábricas

(congeladores), estableciéndose cuotas anuales de capturas en el área comprendida entre los 41°28,6' y 57° S, zona en donde opera principalmente la flota demersal sur austral (Céspedes *et al.*, 2001).

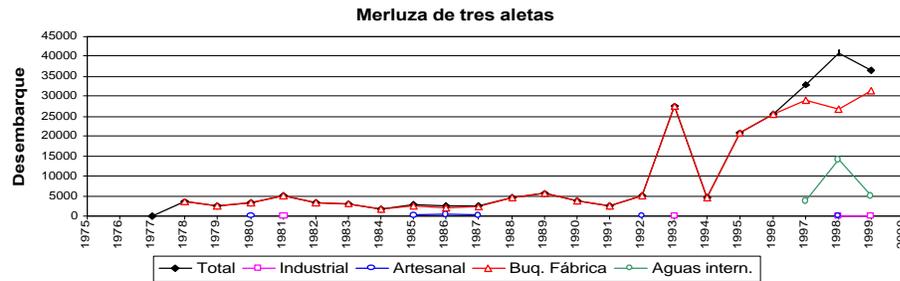


Fig. 1 Distribución de desembarque total país de merluza de tres aletas por tipo de procedencia. Fuente SERNAPESCA.

Merluza de tres aletas a partir de 1993 es capturada principalmente por un buque surimero entre los 47° y 57° S., bordeando el talud y la plataforma continental, durante la temporada de pesca que se inicia en mayo y finaliza en noviembre, asociado a un proceso migratorio del recurso (Lillo *et al.* 1994; Lillo y Paillamán, 1995; Córdova y Céspedes, 1997; Lillo y Céspedes, 1998; Lillo *et al.* 1999, Céspedes *et al.* 2001). Esta captura se caracteriza por un pesca dirigida a este recurso con escasa fauna acompañante y altos rendimientos de pesca (70 t/hr arrastre, Fig. 2) en el período de máxima concentración reproductiva (agosto). Mientras, los restantes meses merluza de tres aletas es capturada principalmente de forma incidental por la flota arrastrera fábrica, con menores rendimientos de pesca.

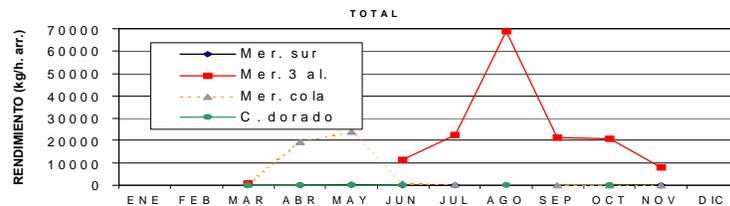


Fig. 2 Distribución mensual del rendimiento de pesca nominal de merluza de tres aletas del buque surimero, temporada 2000.

Sin embargo, la captura incidental histórica de merluza de tres aletas realizado por la flota arrastrera fábrica en la zona austral muestra sesgos producto del descarte, proveniente de los buques fábricas que no elaboraban harina de pescado (Céspedes *et al.* 1997 y 1998). No obstante, barcos con planta de harina de pescado registraron importantes capturas incidentales y rendimientos de pesca, e incluso dentro de dichos buques se resalta la operación de tres buques (Fig. 3). En este sentido, en la búsqueda de índices de abundancias relativos con los menores sesgos posibles se sugiere analizar el comportamiento de la cpue de dichos buques, aspecto que podría dilucidar otros factores, como son los cambios tecnológicos en las redes empleadas.

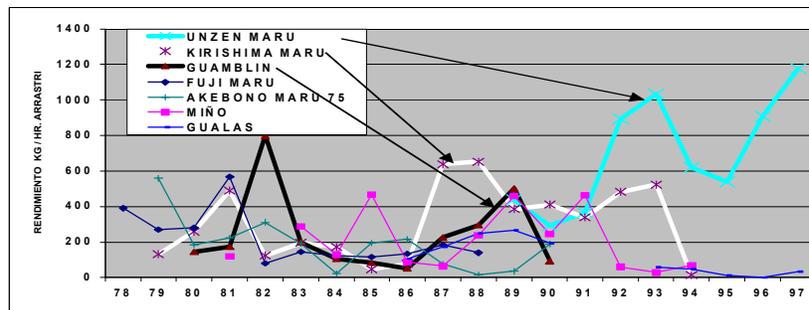


Fig. 3 Distribución del rendimiento de pesca de merluza de tres aletas de 7 buques arrastreros fábricas que han operado históricamente en la pesquería demersal sur austral (1978 – 1997).

Sin embargo, es importante destacar que en Argentina también se desarrolla una importante actividad de pesca dirigida a merluza de tres aletas, con un tamaño de flota superior a Chile (com. pers. Dr. Otto Whöler), operando principalmente en la Islas de los Estados, área cercana al límite con Chile. Además, presenta variaciones estacionales de rendimiento de pesca debido a migraciones reproductivas hacia las Islas Malvinas

en agosto, sugiriendo que ambas flotas explotan una o dos unidades de stock; identificándose la necesidad de realizar estudios que tiendan a dilucidar estos aspectos básicos para una adecuada evaluación y manejo de la pesquería.

Análisis biológico de las capturas

En Chile las estructuras de tallas de las capturas de merluza de tres aletas de la flota arrastrera fábrica y el buque surimero en la zona sur austral muestran diferencias en el aporte de las diferentes fracciones del stock (Fig. 4, Céspedes *et al.* 1998 y 2001). La flota arrastrera fabrica captura tanto fracción juvenil como adulta de la población. En cambio el buque surimero basa la pesca sobre una fracción adulta de la población, con una moda entre 50 y 54 cm y escasa participación de tallas juveniles (menores de 35 cm)

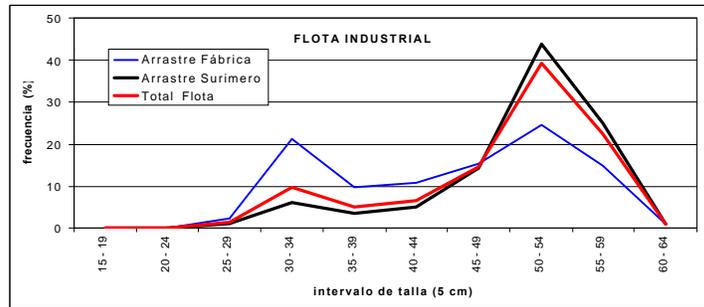


Fig. 4 Distribución de talla de merluza de tres aletas para la flota industrial en la pesquería demersal sur austral 2000.

Las distribuciones de tallas de las capturas mensuales del buque surimero muestran variaciones que están asociado a patrones migratorio de la fracción adulta del recurso que ingresa a aguas chilenas a desovar en agosto (Córdova y Céspedes, 1997; Lillo *et al.* 1999). En los meses de verano y otoño predomina los ejemplares menores de 40 cm (Fig. 5); situación que cambia en el inicio de la temporada (mayo) hacia una estructura de talla a con moda adulta entre los 50 y 54 cm, y escasa participación de peces menores de 35 cm; característica estable en toda la temporada de pesca.

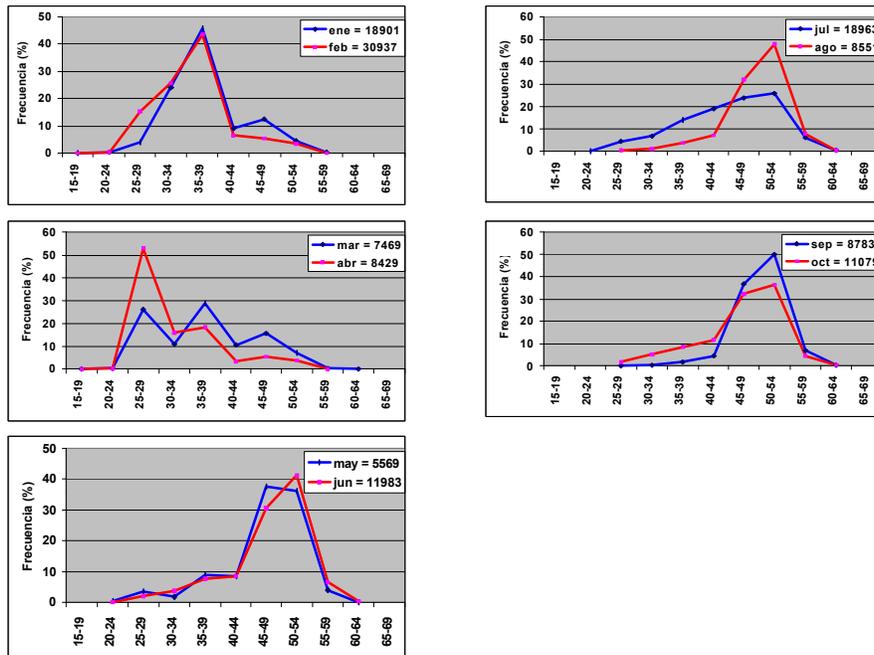


Fig. 5 Distribución mensual de la talla de merluza de tres aletas efectuada por un buque surimero en una pesca de investigación de 1995, entre los 47° y 57° S.

La actividad reproductiva tiene lugar principalmente durante el mes de agosto (Fig. 6, Céspedes *et al.* 1998, 1999 y 2001; Lillo y Céspedes, 1998; Lillo *et al.* 1999, Balbontín y Lillo, 1999), pudiendo el área de desove en algunos años variar en extensión y concentración, a su vez los cardúmenes de adultos tienden a acercarse a la plataforma continental. En aguas chilenas se ha identificado un foco de desove entre los 47° y 51° S (Céspedes *et al.*, 1998). Durante el período de máxima actividad reproductiva en aguas chilenas se registran los mayores rendimientos de pesca (Fig. 2). Paralelamente en aguas atlánticas se ha descrito para un mismo período un área desove en Islas Malvinas (com. pers. Dr. Otto Whöler, INIDEP).

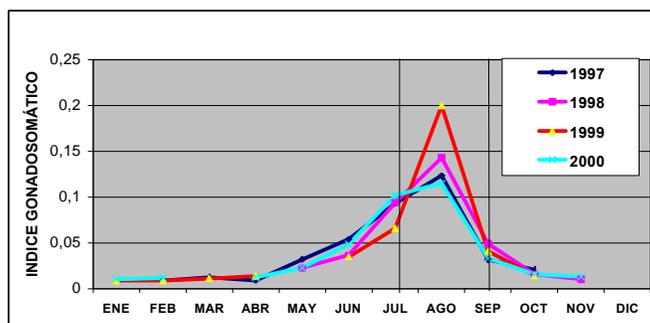


Fig. 6 Índice Gonadosomático de merluza de tres aletas para los años 1997 al 2000 en la zona demersal sur austral.

La merluza de tres aletas es una especie relativamente longeva (Céspedes *et al.* 1998; Ojeda *et al.*, 1998) . En el Atlántico sudoccidental incluyendo la parte de Islas Malvinas se han observado ejemplares de hasta 23 años. La edad máxima observada para la especie en las costas chilenas es de 20 años tanto para machos y hembras, existiendo crecimiento diferenciado entre sexo, alcanzando las hembras mayores tamaños.

Existe en general poca información en relación a la dieta de esta especie. Análisis de contenidos estomacales mostraron que principales presas identificables correspondieron a restos de teleósteos y crustáceos. De los crustáceos identificables destacan los siguientes grupos: copépodos, anfípodos, eufáusidos y ostrácodos (ocasionales), todos ellos organismos planctónicos (Pool *et al.*, 1997). No obstante, es importante señalar que merluza de tres aletas se encuentra como la segunda presa importante para merluza del sur después de merluza de cola.

Migración

La merluza de tres aletas es una especie que forma cardúmenes de adultos sobre la plataforma y talud continental registrando desplazamientos rápidos en períodos previos y posteriores al desove, lo cual caracteriza el patrón migratorio de esta especie en aguas chilenas. Además, el comportamiento de los adultos sugieren una posible disgregación espacial con los ejemplares juveniles (Lillo y Paillamán, 1995, Lillo *et al.*, 1999; Céspedes *et al.*, 1998 y 2001) .

Analizada la información pesquera y biológica de las capturas dirigidas a merluza de tres aletas se ha postulado el siguiente patrón migratorio (Lillo y Paillamán, 1995; Lillo *et al.* 1999): grandes cardúmenes de peces adultos procedentes de aguas atlánticas ingresan por el extremo sur de Chile hacia mediados de año, desplazándose hacia el norte para desovar en el mes de agosto, entre las latitudes 47° y 51° S; posterior al desove los cardúmenes retornan hacia el extremo sur en dirección a aguas atlánticas, posiblemente para alimentarse (Fig. 7). Esta hipótesis del patrón migratorio plantea la necesidad de dilucidar la presencia de una o más unidades de stock asociadas al cono sur de América.

Estudios realizados sobre esa especie en las aguas del océano atlántico dicen relación con patrones migratorios complejos y no completamente dilucidados. Sin embargo, Madirolas *et al.* (1997) sugieren que existiría una migración de grandes cardúmenes que atraviesan la zona oeste del banco de Burdwood por el sur a inicios de invierno, con dirección a la costa de Islas Malvinas con fines de desove entre invierno y primavera, donde los cardúmenes se mueven hacia fuera e interior del área para desovar. Posteriormente se sugiere para cerrar el patrón migratorio y en forma dudosa, una dispersión de los adultos en dirección sur en

verano. Adicionalmente y complementando esta información, Perrota (1982) señala que a partir de los 55° S y de la época estival, merluza de tres aletas de la población que se encuentra en Patagonia migra hasta el Mar de Scotia, las Georgias del Sur y las Islas Shetland del Sur, siendo una migración de carácter trófico.

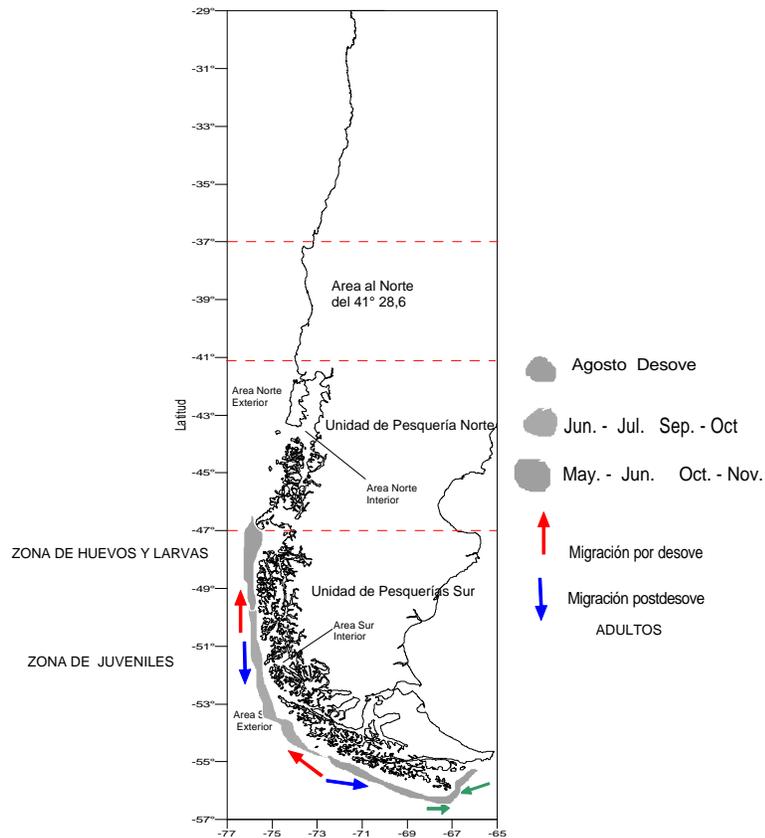


Fig. 7 Distribución de los patrones de migración sugeridos para merluza de tres aletas en aguas chilenas, basados principalmente en información de la pesquería sur austral.

DISCUSIÓN

Céspedes *et al.* (1998) señalan que el comportamiento operacional de los buques surimeros obedece, principalmente a la búsqueda de cardúmenes de merluza de tres aletas con altas concentraciones de que sustenten la actividad en su conjunto. Por otro lado, el desplazamiento de grandes distancias tras los cardúmenes, sugiere una gran capacidad migratoria del recurso, característica de la especie que también ha sido descrita en aguas Atlánticas (Madirolas *et al.*, 1997). Además, la información permite plantear la hipótesis de interacción tecnológica por el extremo austral entre la flota surimera chilena y Argentina; es decir ambas pesquerías aportan mortalidad por pesca sobre fracciones de una o dos poblaciones; aspecto que también requiere ser dilucidado, con objeto de mejorar la evaluación y estado del recurso

En este sentido, la dinámica operacional de la flota estaría asociada a un comportamiento de tipo biológico, es decir de un pulso migratorio que ha sido descrito por Lillo *et al.* (1994), Lillo y Paillamán (1995) y Córdova y Céspedes (1997). El pulso migratorio se asocia a un patrón reproductivo el cual se observa claramente en el comportamiento temporal del índice Gonadosomático con su máximo en agosto, así también se observa un cambio en las distribuciones de tallas de las capturas del recurso, la cual muestra un aumento de la proporción de ejemplares pertenecientes a la fracción adulta del stock en la temporada de pesca.

Sin embargo, estudios dirigidos a merluza de tres aletas para dilucidar los patrones y procesos biológicos que se perciben de la información de las capturas son escasos; quedando muchas de las fases del ciclo de vida en

el plano de hipótesis. Por otro lado, se requiere buscar un mejor índice de abundancia relativa de la información de la pesquería, disminuyendo el sesgo por descarte.

BIBLIOGRAFÍA

- Balbontín, F. y S. Lillo. 1999. Madurez sexual y talla de primera madurez en hembras de la merluza de tres aletas en el sur de Chile. Resúmenes de las Jornadas de Ciencias del Mar XIX, Antofagasta.
- Céspedes, R.; Z. Young; V. Ojeda; L. Adasme; F. Cerna; H. Miranda; C. Vera y R. Bravo. 1997. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur-Austral, 1996. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 97 p.
- Céspedes, R., H. Robotham, A. Zuleta, L. Adasme y P. Gálvez. 1998. Análisis de la pesquería de la merluza de tres aletas en la zona sur austral. Informe Final (FIP 96-36), IFOP, 124 p.
- Céspedes, R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1999. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur-Austral, 1998. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe final, IFOP, 122 p.
- Céspedes, L. Adasme, C. Vera y H. Miranda. 2001. Investigación Estado de Situación Pesquería Demersal Zona Sur-Austral 2000. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA, Parte I, Informe final, IFOP, 60 p. (+ tablas, figuras y anexos).
- Córdova, J. y R. Céspedes. 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 34 p. (+ tablas y figuras).
- Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino. 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° L.S. Informe Final. Requirente SUBPESCA. IFOP, 65 p.
- Lillo, S. y A. Paillamán. 1995. Selectividad en redes de arrastre de mediagua utilizadas en la captura de merluza de tres aletas. Etapa II. Informe Final, IFOP, 30 p.
- Lillo, S. y R. Céspedes. 1998. Pesca de investigación análisis de los procesos biológicos y migratorios del recurso merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Inform. Final, IFOP, 38 p. (+ figuras)
- Lillo, S. R. Céspedes, y M. Barbieri. 1999. Evaluación directa del stock desovante de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final, IFOP, 48 p. (+ figuras)
- Madirolas, A., E. Guerrero, R. Sánchez, L.B Prenske, M. Sabatini, M. pájaro and L. Machinandiarena. 1997. Acoustic, oceanographic and ichthyoplankton surveys on the spawning grounds of the austral blue whiting (*Micromesistius australis*), off southern patagonian, 1994-1996. ICES, CM 1997/Y:26.
- Ojeda, V., F. Cerna, M. Aguayo, I. Payá, H. Miranda y C. Canales. 1998. Estudio de crecimiento y estructura de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. Informe Final (FIP 97-15), IFOP, 131 p.
- Perrota, R. 1982. Distribución y estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). Rev. Inv. Des. Pesq., Argentina, 3:35-50.
- Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortés y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas recursos demersales sur austral. Informe final FIP 94-32. IFOP, 75 p. (más tablas y figuras)

EVALUACIÓN DIRECTA DE MERLUZA DE TRES ALETAS (*Micromesistius australis*) POR MÉTODOS HIDROACÚSTICOS.

S. Lillo.
Instituto de Fomento Pesquero
Valparaíso

1. ANTECEDENTES

La merluza de tres aletas (*Micromesistius australis* Norman, 1937) es un recurso euribático de gran movilidad asociado a la plataforma y talud continental de la región sur austral de Chile y Argentina, y alrededor de las islas Malvinas, Orcadas del sur, Shetland del sur y Georgias del sur.

Su distribución geográfica en el Océano Atlántico ha sido referida entre las latitudes 38°S a 55°S en invierno y desde los 42° a 55°S en verano, en profundidades de 80 a 800 m en aguas próximas al talud continental. Otero (citado por Wöhler y Marí (1996), señalan que durante la temporada estival la distribución de la merluza de tres aletas se extiende hacia el extremo meridional del mar de Escocia entre las islas Georgias y Shetland del sur, asociada a un desplazamiento de carácter trófico del recurso el cual se alimenta en esa área durante el primer trimestre del año.

En el Océano Pacífico, Avilés y Aguayo (1979) la sitúan entre las latitudes 42°26'S a 57°00'S, y Lillo **et al.** (1994) a partir de la información de datos de pesca informan que su presencia siempre está asociada a la plataforma y talud continental.

En el período 1981-1992, los desembarques de merluza de tres aletas variaron entre 2.000 y 5.000 toneladas anuales, obteniéndose las mayores capturas durante el tercer trimestre (Sernapesca, 1990, 2001), sin embargo a partir de 1993 y conjuntamente con el inicio de proyectos de pesca de investigación orientadas al desarrollo de su pesquería, las capturas se han elevado a niveles superiores a las 22 mil toneladas.

En el Atlántico suroccidental, los desembarques de merluza de tres aletas se incrementan a partir de 1978 para alcanzar en 1983 un primer pico situado en las 258 mil toneladas. Posteriormente y hasta 1988 los desembarques disminuyeron y se estabilizaron entorno a las 100 mil toneladas/año. A partir de 1989 los desembarques experimentaron un nuevo crecimiento alcanzando un segundo pico en 1990 (193 mil t), producto de la operación de la flota rusa y la presencia de una flota con base en la Argentina orientada a la elaboración de surimi. Entre 1991 y 1998, los desembarques han fluctuado entre 150 y 100 mil toneladas.

Aunque la merluza de tres aletas está presente durante todo el año, se han observado fuertes variaciones en su distribución y rendimientos de pesca. Giakoni (1992), señala la ausencia en diciembre de merluza de tres aletas al norte de la latitud 52°S, mientras Lillo y Paillamán (1996), Córdova y Céspedes (1997), Lillo y Céspedes (1998) y Lillo **et al.** (1997; 1999), señalan variaciones estacionales en la distribución de la merluza de tres aletas estimada a partir de las áreas de operación de un buque en actividades de

pesca de investigación, con un límite septentrional localizado al norte de la latitud 47°S en invierno y 52°S en verano.

En lo que respecta a la localización de las áreas de pesca, tanto en el sector Atlántico como Pacífico las mayores capturas se efectúan entre el segundo y tercer trimestre, esto es, cuando el recurso se dirige hacia su área de desove. Wohler y Marí (1996), señalan que las principales áreas de pesca de la flota Argentina se localizan en un área restringida ubicadas al este y noreste de las islas de los Estados, obteniéndose las mayores capturas en el bimestre mayo-junio cuando según Madirolas **et al**, (1996), grandes concentraciones de merluza de tres aletas cruzan en las cercanías del banco Burdwood en dirección a su área de desove en las cercanías de las islas Malvinas.

2. METODOS

Durante el año 1993 se efectuaron dos cruceros de evaluación directa destinados a evaluar mediante el método acústico la distribución y la biomasa del stock de merluza de tres aletas en el área comprendida entre las latitudes 47° y 57° S (Fig. 1).

La estimación de la biomasa de merluza de tres aletas, mediante métodos hidroacústicos, se estimó según la relación (Simmonds **et al**,1992):

$$Bo = A * \bar{Sa} * \sum_i \frac{w_i * k_i}{k_i * s_i}$$

siendo: A el área de distribución del recurso, \bar{Sa} el promedio de las unidades de ecointegración, k_i la fracción de la talla "i" estimados de los lances de pesca de identificación, w_i el peso promedio estimado para la "i" y s_i la sección de retrodispersión de la talla "i", calculada como: $\sigma_i = 4 * \pi * 10^{((-68.1 + 20 * \log(L_i))/10)}$.

La varianza de la biomasa, se estimó mediante el método geoestadístico Petitgas (1991), a través de la expresión (Petitgas y Prampart, 1993), donde sus términos se representan mediante sus respectivos variogramas :

$$s_e^2 = 2 * \bar{g}(S,V) - \bar{g}(V,V) - \bar{g}(S,S)$$

La distribución espacial de la merluza de tres aletas, se presenta mediante cartas de contornos estimadas mediante el módulo Surfer del paquete Winsurf (Kelckner, 1996).

Además, durante los años 1993 y 1995-1998, se han realizado en la zona sur-austral entre las latitudes 47° y 57° S, trabajos de pesca de investigación dirigidos al monitoreo de los procesos biológico y pesqueros de la merluza de tres aletas. En estos estudios participaron los buques American Dynasty (1993) y Unionsur (1995-1998), donde se recolectaron datos operacionales de los lances de pesca (duración, posición, captura, profundidad, etc) y se efectuaron muestreo biológico de las capturas (talla, sexo, peso, madurez sexual).

Para efectuar un análisis del modelo espacial de dispersión de la merluza de tres aletas el área de estudio (47°-57°) fue dividida en subáreas de 1° de latitud, luego se estimó el índice de agregación de Green (Green, 1996) que permite obtener un indicador de la dispersión o de la agregación de una especie cuando el tamaño de las muestras es diferente (Ludwig and Reynolds, 1988) y se estima como :

$$IAG = \frac{\left(\frac{s^2}{x} - 1\right)}{n - 1}$$

donde s^2 y x corresponden a la estimadores de varianza y media de los rendimientos de pesca (t/h) para cada subzona y año. Valores de IAG igual a cero indica una distribución al azar, $IAG < 0$ distribución uniforme e $IAG > 0$ distribución agregada o contagiosa.

RESULTADOS

Las estimaciones de biomasa y abundancia efectuadas el año 1993 fueron las siguientes:

Período	Biomasa (t)	Límite			Abundancia (N°*10 ⁶)
		inferior	superior		
Junio	172.000	126.303	217.697	16,2	246
Noviembre	66.654	46.868	86.440	18,1	122

La distribución espacial de la merluza de tres aletas derivada a partir de los datos acústicos y localización de los lances de pesca de identificación aparece asociada al área de la plataforma y talud continental del área de estudio, conformando una estrecha franja en sentido normal a la dirección general de la costa (Fig. 2) y en ambos cruceros localizados al sur de la latitud 49° S.

Un hecho que llamó la atención fue la disminución de la biomasa y abundancia entre ambos cruceros, planteándose que tal situación se originaría en la presencia de un pulso migratorio de merluza de tres aletas presente durante el segundo semestre en la zona sur austral de Chile (Lillo et al, 1994). Para confirmar este hecho se analizó en una base mensual la operación de las naves participantes.

Los resultados obtenidos, muestran en la distribución espacial de los centros de gravedad de los rendimientos de pesca ($t \cdot h^{-1}$) un desplazamiento latitudinal en dirección general sur-norte entre los meses de junio-agosto y un movimiento en sentido inverso (norte-sur) a partir de septiembre hasta el fin de la temporada de pesca (Fig. 3). Este patrón de distribución con leves variaciones intraanuales se ha mantenido relativamente estable durante los distintos años considerados, alcanzando su límite norte en el mes de agosto cuando el recurso se localiza entre las latitudes 47° y 50°S (Fig. 4).

La distribución espacial del recurso, muestra diferentes niveles de agregación según el mes período, alcanzando valores de IAG que variaron entre 0,11 y 2,96; indicador de niveles distintos de agregación (Tabla 1), una con altos índices de agregación (0,3-2,96) que corresponde a los meses de agosto y septiembre, otra de agrupación intermedia (0,16-1,01) en el bienio junio-julio y una tercera de valores bajos de IAG (0,12-0,31) para octubre.

Sin embargo, la concentración reproductiva que se localiza entre las latitudes 47°-50° S, también se ha reflejado en el tamaño promedio de las agregaciones de merluza de tres aletas allí presentes. Al respecto, en la tabla 2 se entregan los resultados de los variogramas estimados para el período 1995-1998 en el área de concentración reproductiva, observándose que el tamaño o rango de las agregaciones es mínima 9 millas náuticas en 1997, se corresponde con la menor área ocupada por la concentración reproductiva, y agregaciones de mayor tamaño ocupan áreas mas extensas de concentración.

Considerando los resultados obtenidos en el sector del Pacífico suroriental y lo señalado por Madirolas **et al**, (1997) quienes postulan para el Atlántico suroccidental un esquema tentativo de comportamiento migratorio de la merluza de tres aletas, en el cual durante los meses de mayo y junio, grandes concentraciones proveniente del sur, cruzan por el weste del banco Burdwood en dirección a la plataforma del sur de las Islas Malvinas, pero suponiendo en su modelo que el origen de estas concentraciones posiblemente se ubicaría en el Pacífico suroccidental. Sin embargo, esto último no es real, lo que permitió plantear la siguiente hipótesis.

Durante el período de verano y comienzos de otoño, la merluza de tres aletas se localiza en el mar de Escocia en proceso de alimentación. Hacia fines del otoño, comienza un movimiento migratorio de características reproductivas hacia la plataforma y talud continental del Atlántico suroccidental y Pacífico suroriental, alcanzando a mediados del invierno las áreas de desove, que se localizarían entre las latitudes 49°S y 53°S y 47° y 51°S respectivamente. Una vez concluido el proceso reproductivo, la merluza de tres aletas iniciaría un desplazamiento de carácter trófico en dirección hacia el sur, hacia el mar de Escocia.

Es la presencia de este pulso migratorio en el sector sur austral de Chile, asociado a un proceso de desove localizado en el área comprendida entre las latitudes 47° a 51°S y que se caracteriza por la creciente presencia y concentración del recurso en dicha zona a partir de julio hasta septiembre, desplazándose posteriormente hacia el sur, para abandonar el sector Pacífico suroriental a mediados de noviembre la causa de la disminución de la biomasa y abundancia de merluza de tres aletas entre los cruceros efectuados en los meses de junio y noviembre de 1993.

CONCLUSIONES

La merluza de tres aletas presenta un pulso migratorio de carácter reproductivo que ingresa por el este del cabo de Hornos y se desplaza hacia un área de desove localizada en la plataforma continental entre las latitudes 47° y 50°S.

La biomasa y abundancia de la merluza de tres aletas en la costa sur austral de Chile, está asociada al ingreso del pulso migratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Avilés, S., M. Aguayo.** 1979. Merluza común. En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Ifop-Corfo. AP-79-18.
- Córdova, J. y R. Céspedes.** 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final, IFOP, 34 p. (más tablas y figuras).
- Giakoni, I.** 1992. Pesca exploratoria de recursos presentes en mediagua en el área comprendida entre los paralelos 47°-57° L.S.. IFOP. 32 p.
- Green, R.** 1996. Measurements of non randomness in spatial distributions. *Researches Population Ecology* 8: 1-7.
- Kleckner, D.** 1996. Surfer for Windows user guide. Golden Software Inc
- Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino.** 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° L.S. Informe Final. Requirente SUBPESCA. IFOP, 65 p.
- Lillo, S. R. Céspedes, y M. Barbieri.** 1999. Evaluación directa del stock desovante de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final, IFOP, 48 p. (+ figuras)
- Lillo, S. y R. Céspedes.** 1998. Pesca de investigación análisis de los procesos biológicos y migratorios del recurso merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*). Inform. Final, IFOP, 38 p. (+ figuras)
- Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino.** 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° L.S. Informe Final. Requirente SUBPESCA. IFOP, 65 p.
- Ludwig, J. and J. Reynolds.** 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing.* John Wiley & Sons., 337 p.
- Madirolas, A., E. Guerrero, R. Sánchez, L. Prenskey, M. Sabatini, M. Pájaro and L. Machindiarena.** 1996. Acoustic, oceanographic and ichthyoplankton surveys on the spawning grounds of the austral blue whiting (*Micromesistius australis*), off southern patagonian, 1994-1996. ICES, CM 1997/Y:26.
- Otero, H.** 1977. Relación largo-peso y alimentación de la “polaca” (Gadidae, *Micromesistius australis* Norman 1937) del Atlántico sudoccidental. *Physis* (37): 13 – 23.
- Petitgas, P.** 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des peches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 p.

Petitgas, P. And A. Prampart. 1993. EVA. Estimation Variance. A geostatistical software for structure characterization and variance computation. Éditions de l'Orstom. 22 p.

SERNAPESCA, 1990, 2001. Anuario estadístico de pesca. Servicio nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Chile.

Simmonds, J., N. Williamson, F. Gerlotto and A. Aglen. 1992. Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1992, 113 p.

Tabla 1. Índice de agregación de Green de merluza de tres aletas estimados para el período 1993, 1995-1998.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
1993	3,25*	0,77	1,21	1,03	0,27	1,02
1995	1,01	0,16	0,69	1,82	0,20	
1996	0,34	0,33	0,30	0,36	0,13	3,10*
1997	0,28	0,26	2,96	0,42	0,24	0,18
1998	0,23	0,31	2,83	0,62	0,31	0,11

* bajo número de lances

Tabla 2. Parámetros de los variogramas ajustados y del krigging en los meses de agosto del período 1995-1998

Variograma					
Año	Modelo	Nugget*10 ³	Sill*10 ³	Rango(mn)	Area (mn ²)
1995	Exponencial (90°)	190	220	18	567
1996	Esférico (90°)	155	240	24	515
1997	Exponencia (90°)	200	1150	9	292
1998	Esférico (90°)	10	10	15	400

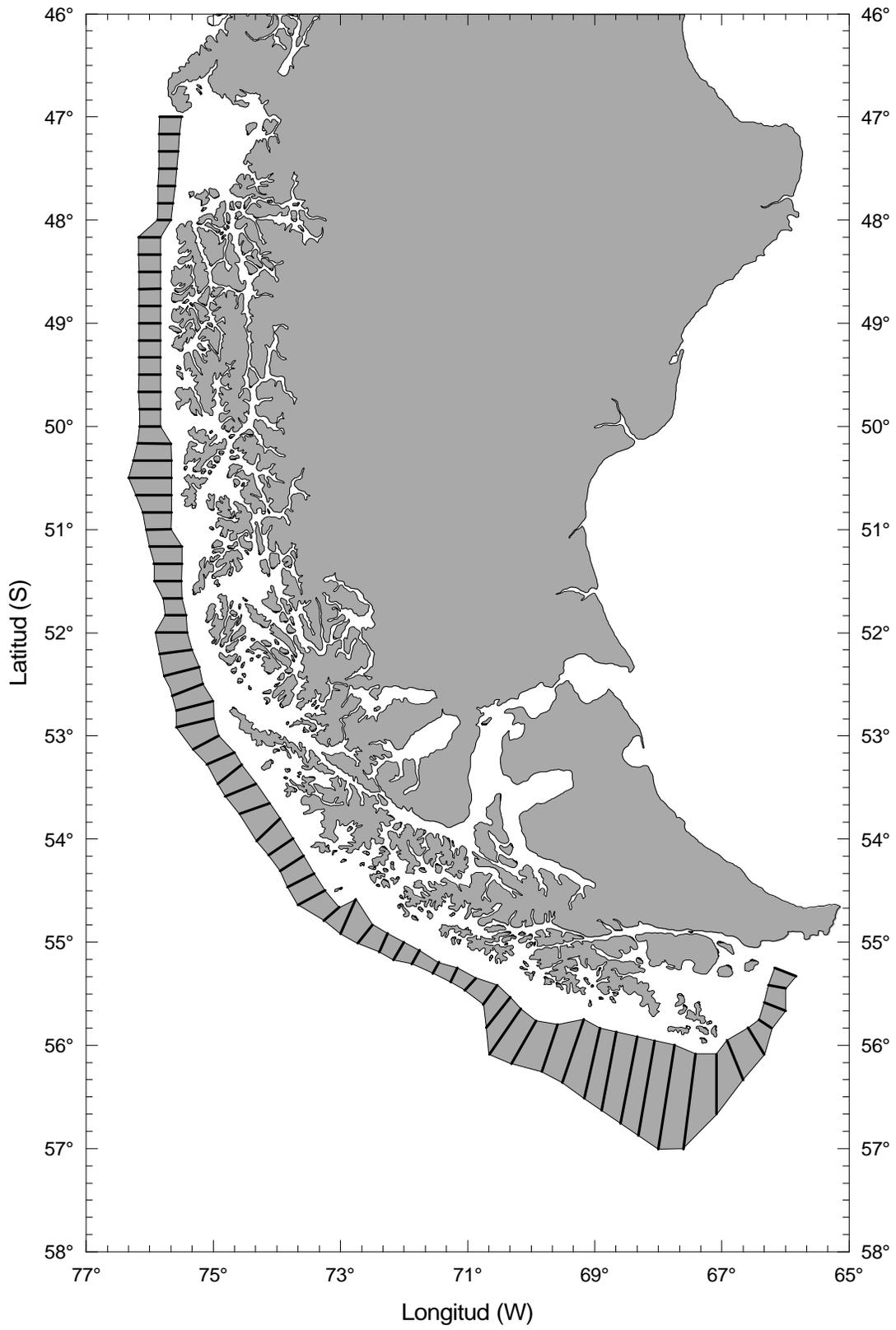


Figura 1. Zona de estudio y distribución de las transectas.

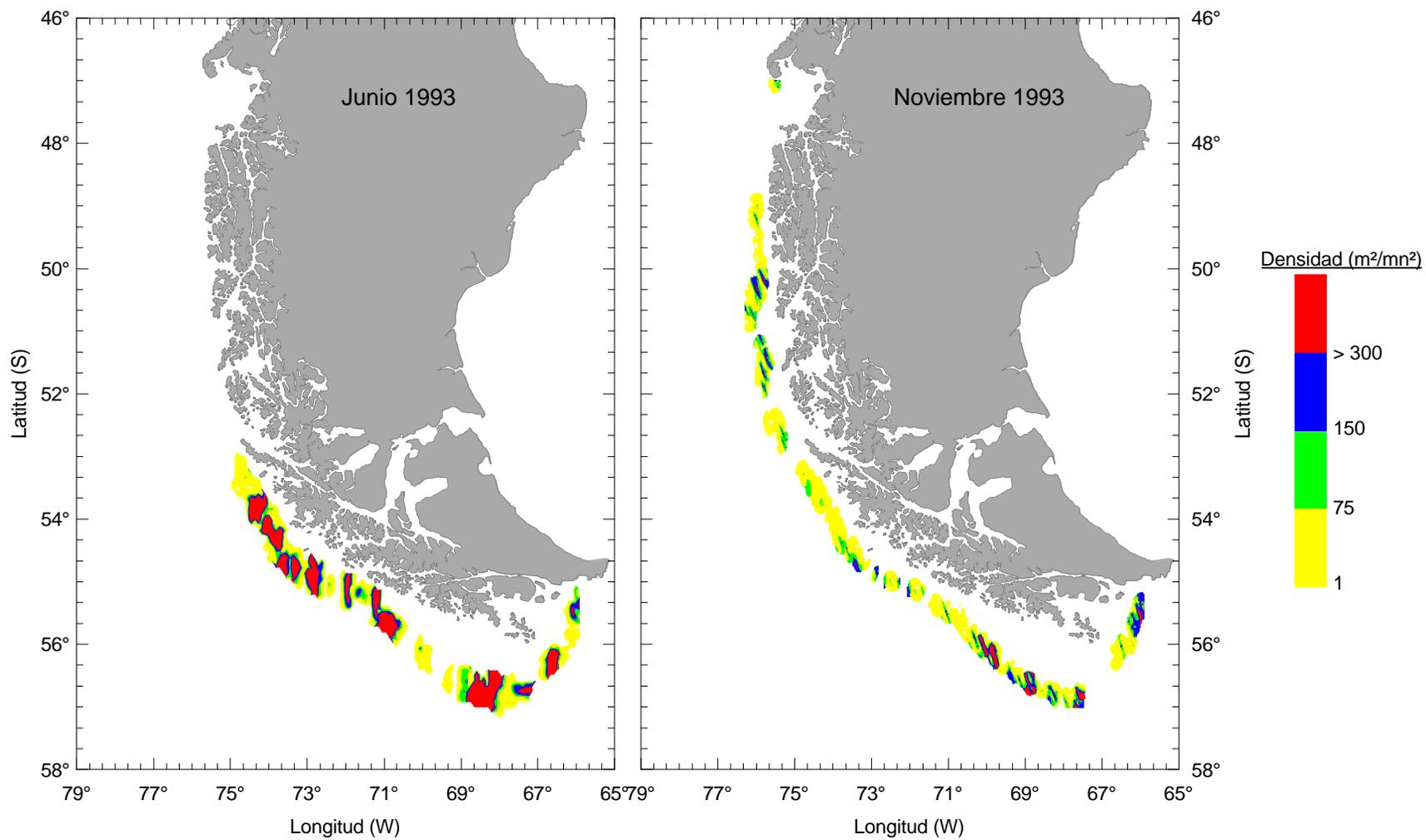


Figura 2. Distribución espacial de la biomasa de merluza de tres aletas. Cruceros 1993.

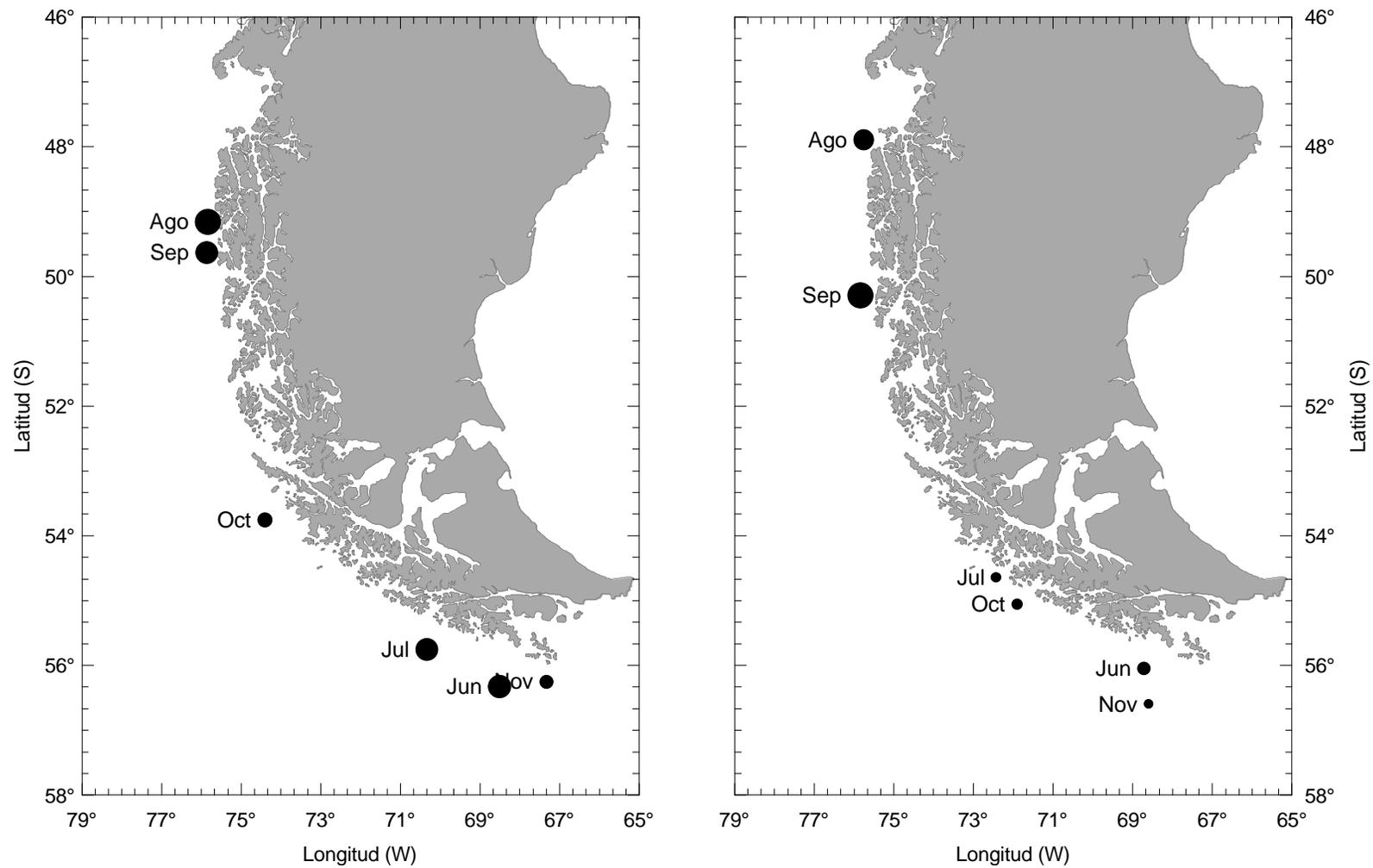


Figura 3. Localización geográfica mensual de los centros de gravedad de las capturas de merluza de tres aletas 1993 y 1995

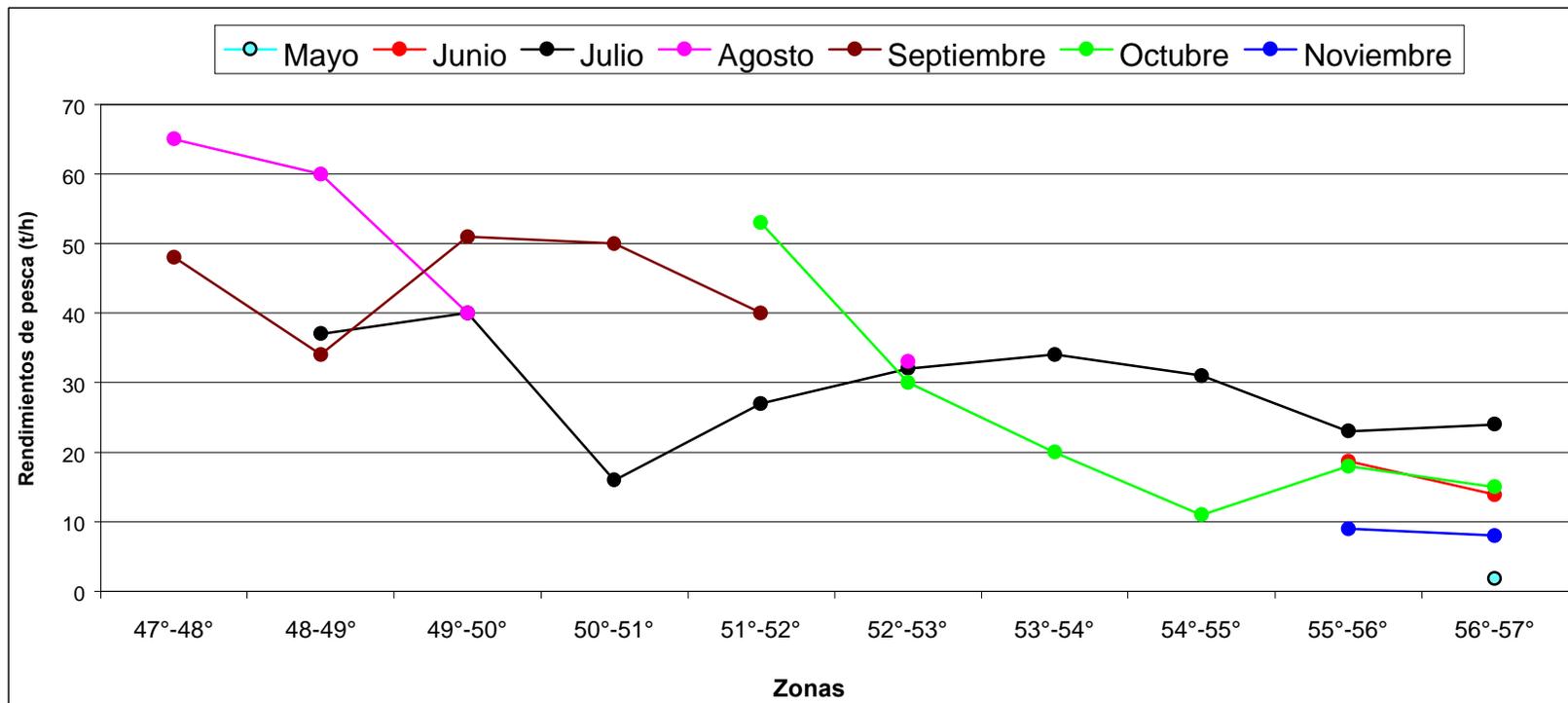


Figura. 4. Distribución mensual de los rendimientos de pesca por grado de latitud.

Migración Estacional de Merluza de cola hacia Chile central: Consideraciones para la Evaluación de Stock.

Luis Cubillos

Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile
e-mail: lcubillos@inpesca.cl

Resumen

Se analiza las implicancias para la evaluación de stock de la hipótesis de migración estacional de la fracción juvenil de merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, hacia Chile central en primavera. La hipótesis sostiene que en primavera de cada año, la fracción más juvenil del stock de *M. magellanicus* migraría hacia la zona central de Chile, determinando una mayor disponibilidad del recurso para la flota industrial de cerco. Las observaciones que sustentan esta hipótesis se encuentran en la fuerte estacionalidad de la pesquería de cerco, con mayores rendimientos asociados a la estación de surgencias costeras, y la dominancia de la fracción juvenil (menor a 55 cm LT) en la estructura de tallas de las capturas de la flota industrial de cerco. Además, se ha observado una progresión de la talla modal juvenil en un sentido sur-norte (Lillo et al., 2000).

Las capturas de merluza de cola en septiembre-diciembre tienden a ser más bajas cuando en Chile central hay condiciones cálidas (Figura 1). A su vez, las capturas en dicho período tienden a ser más altas cuando el período de surgencia costera comienza en septiembre en Chile central (Figura 1). Observaciones cualitativas sugieren que la fracción juvenil de merluza de cola tiende a distribuirse en el borde externo de los frentes de surgencia oceánicos.

La evaluación indirecta debe considerar que la pesquería de cerco se sustente en un pulso de juveniles que migran y se hacen disponible para la flota de cerco, y que la incidencia de esta flota en las capturas totales es muy importante. Prácticamente, la mortalidad por pesca está muy concentrada, prácticamente con las más altas capturas concentradas en 2 a 3 meses.

¿Qué procesos o mecanismos podrían explicar la migración?

- a) Comportamiento trófico, migración relacionada con la mayor productividad que se da en los frentes oceánicos de surgencia.
- b) Advección, intensificación de la rama costera del sistema de corrientes de Humboldt o cambios interanuales en la Corriente de Deriva del Oeste.
- c) Escape de depredadores, implica evadir el impacto del canibalismo y la depredación (p.e. merluza del sur). Área de reclutamiento, implicaría acumulación de juveniles en zonas de resguardo y posterior migración hacia un área de alimentación.
- d) Exceso de producción, implica un rebalse de la producción externa del stock y por lo tanto una pérdida reproductiva (los juveniles no retornan y, por ende, no se incorporarían al stock adulto).

e) Colonización potencial, implicaría la probabilidad latente de colonización de un ecosistema más productivo.

Consecuencias

a) Las hipótesis de migración trófica, de advección, y de escape de depredadores podrían traducirse mayormente en un problema de disponibilidad. Si esta hipótesis es correcta, los cambios interanuales de la abundancia acústica de la fracción juvenil no necesariamente podrían reflejar cambios reales de abundancia.

b) La zona central de Chile podría constituir un área de reclutamiento si se demuestra que existe un retorno de juveniles avanzados hacia la zona sur-austral. En este contexto, es deseable analizar el circuito migratorio ontogenético de merluza de cola, y su relación con las áreas de desove en el Pacífico.

c) La hipótesis de pérdida de producción implica que los efectos de la pesquería de la zona central no afectarían al stock adulto.

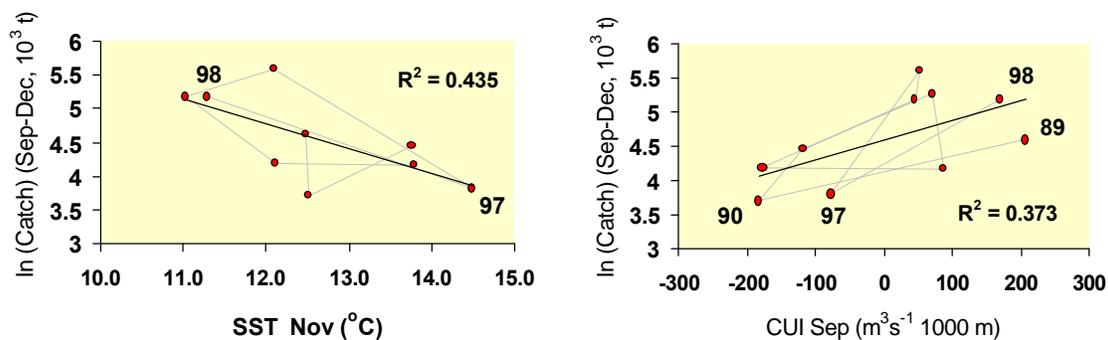


Figura 1. Relación entre la captura en septiembre-diciembre y su relación con la temperatura superficial del mar en noviembre y el índice de surgencia en septiembre.

Referencias

Lillo S., R. Céspedes, V. Ojeda, R. Vega, L. Adasme y H. Hidalgo. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centro sur 1999. Proyecto FIP (99-06). Informe Final IFOP, 52 pág.

EVALUACIÓN INDIRECTA DE MERLUZA DE TRES ALETAS EN CHILE.

Ignacio Payá¹ y Nelson Ehrhardt²
1. Instituto de Fomento Pesquero, 2. U. de Miami

I. ANTECEDENTES.

La merluza de tres aletas que vive hasta 16 años, posee una mortalidad natural $M=0,21$ y presenta crecimiento similar por sexo (Ojeda et al. 1998). Desde 1993 se captura con redes de media-agua cuando ingresa a desovar en Chile, por lo que no es un stock cerrado. La merluza de tres aletas ingresa desde el Atlántico donde es capturada en la frontera con Chile (I. de los Estados). El desove ocurre en agosto y se conocen dos zonas de desove: Golfo de Penas e Islas Malvinas (Wöhler et al. 1996). Por lo tanto, lo más probable es que existan dos unidades de stock que se mezclan para alimentarse en la I. de los Estados.

Modelo de desplazamiento de Payá y Ehrhardt (1999):

Período de inicio, donde $T < T1$

$T1$ es el tiempo de inicio de la inmigración, que corresponde al mes de julio (5,93 meses). Las capturas se realizan en el límite de la frontera a la espera del ingreso del stock desovante, la posición se mantiene constante en los $55,57^{\circ}L.S$ (Fig. 1).

Período de inmigración, donde $T1 > T < T2$

$T2$ es el tiempo de término de la inmigración y es igual a agosto (7,3 meses). Período sujeto a una tasa constante de inmigración "I" (21 km/día o $5,65^{\circ}/mes$), en que la latitud media es igual a: $LAT_t = LAT_{T1} - I * (T - T1)$.

Período de emigración, donde $T2 > T < T3$

$T3$ es el tiempo de término de la emigración que ocurre en octubre (9,66 meses). Período sujeto a una tasa constante de emigración "E" (12,5 km/día o $3,38^{\circ}/mes$), en que la latitud media es igual a: $LAT_t = LAT_{T2} + E * (T - T2)$.

Período de término, donde $T > T3$

La emigración ha terminado, las capturas se realizan en la frontera en latitudes similares que al inicio.

II. MATERIALES Y METODOS

Modelo de Evaluación.

Payá y Ehrhardt (1999) desarrollaron un modelo que básicamente describe el pulso de peces que ingresan a desovar y que luego emigran hacia el Atlántico. Para esto se integró la información de CPUE cada 10 días y la evaluación acústica de 1993. Posteriormente, Payá et al. (2000) incorporaron modificaciones al modelo anterior, basadas en la correlación entre el índice de oscilación del sur (IOS) y la CPUE durante agosto:

El modelo de evaluación de stock posee dos fases, las que son secuenciales. La primera transcurre desde el ingreso de los peces en julio hasta la máxima concentración reproductiva, la que se verificaría aproximadamente en los primeros 10 días de agosto. Esta primera fase sólo es modelada para el año 1993, dado el volumen de información que se dispone.

Se supone que la totalidad del stock desovante ingresa en julio y que la disminución del número de individuos (N) se debe a las muertes por causas naturales y las producidas por la pesca, según la ecuación:

$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2)} - C_t) * e^{(-M/2)}$$

y el número medio de individuos (\bar{N}) se estima por:

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2)} - C_t / 2$$

es importante notar que tanto M como E están referidas a períodos de 10 días, por que el valor de M anual fue dividido por 36 (número de períodos de 10 días en un año).

La segunda fase del modelo se inicia una vez que el recurso ha alcanzado la máxima concentración reproductiva en el mes de agosto. Seguidamente, los peces se disgregan y comienza la emigración hacia aguas atlánticas; por consiguiente, a las ecuaciones anteriores se les debe agregar el término (E), que corresponde a la tasa de emigración año-específica, modelada cada 10 días:

$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t) * e^{(-M/2-E/2)}$$

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t / 2$$

El proceso de concentración o disgregación reproductiva (FCR), describe los cambios en el coeficiente de capturabilidad (q_t) respecto del valor de noviembre, el que es estimado en función de la tasa de cambio cada 10 días (A), como.

$$FCR_t = 1 + A * (t - t_{noviembre})$$

Por lo tanto, el coeficiente de capturabilidad a tiempo t, se estima como $q_t = q_{noviembre} * FCR_t$.

En consecuencia, la captura por unidad de esfuerzo en número de individuos se calcula como el producto entre la abundancia media en número y el coeficiente de capturabilidad del período correspondiente, la que multiplicada por el peso medio permite estimar el valor de la CPUE en toneladas/h.a. La expresión matemática de la CPUE expresada en número es.

$$\hat{CPUE} = q_t * \bar{N}_t$$

Y la tasa instantánea de mortalidad por pesca cada 10 días, se calcula como.

$$F_t = C_t / \bar{N}_t$$

A la vez que la abundancia en número por grupo de edad se estima como.

$$N_{t,i} = \left(\frac{CPUE_{t,i}}{\sum CPUE_{t,i}} \right) * N_t$$

La biomasa total, corresponde al producto entre la abundancia por grupo de edad y su peso medio.

$$B_t = \sum N_{t,i} * W_t$$

Un paso clave del modelo es la estimación del número de individuos en agosto, que es cuando se logra la máxima concentración y se inicia el desove y la emigración. Para estimar este número se aplican dos procedimientos. Para el año 1993 el número en agosto se estima desde los cambios en abundancia registrados de la evaluación hidroacústica de junio y noviembre, descontando las pérdidas por pesca, emigración y mortalidad natural (ver sección siguiente de ajuste). Para el resto de los años se emplea el supuesto que la disponibilidad (abundancia) de los peces en agosto sea función del IOS. Por lo tanto, los cambios relativos en la CPUE estimada por el modelo se ajustaron a los cambios relativos observados en la CPUE estimada desde el IOS.

Para esto, se estimaron los valores de $CPUE_{IOS}$ de agosto de los diferentes años (j) según los valores del IOS y dada la ecuación:

$$CPUE_{IOS,j} = a + bIOS_j + e$$

donde “a” y “b” corresponden a los parámetros de la relación lineal y “e” al término de error. Luego, se calculó el factor de cambio (FCA) de cada año con respecto a 1993:

$$FCA_j = \frac{CPUE_{IOS,j}}{CPUE_{IOS,93}}$$

Con este factor se estimaron las CPUE que debe presentar el modelo, mediante la siguiente fórmula.

$$CPUE_j = FCA_j CPUE_{93}$$

luego se estimó el número medio de agosto por

$$\bar{N} = \frac{CPUE_j}{\bar{W}}$$

y el número al inicio de agosto como

$$N = (\bar{N} + C/2) \exp(M/2 + E/2)$$

Ajuste del modelo

La secuencia de ajuste se realiza en dos etapas, la primera consiste en estimar la tasa de emigración para el año 1993 (E93), considerando para tales efectos que el número de individuos medidos por acústica corresponde al total individuos presentes en el momento de la evaluación, es decir, que la capturabilidad del método acústico es igual a 1. Luego, el número de individuos presentes en junio, menos las pérdidas por mortalidad natural, mortalidad pesca y emigración producidas entre junio y octubre, deben dejar un número de sobrevivientes igual al número de individuos registrados en noviembre por acústica. Por lo tanto, la suma de cuadrados a minimizar es:

$$SCR_{noviembre} = \left(\hat{NACUS}_{noviembre} - NACUS_{noviembre} \right)^2$$

La segunda etapa consiste en estimar la pendiente (A) que determina el factor de concentración y las tasas de emigración para los años 1995 a 1998, lo que se logra minimizando.

$$SCR_{CPUE} = \sum_{\text{año}, t} \left(\ln(CPUEDAT_{\text{año}, t} + 1) - \ln(\hat{CPUE}_{\text{año}, t} + 1) \right)^2$$

donde CPUEDAT es la captura por unidad de esfuerzo observada.

Incertidumbre

Se midió la incertidumbre en el conocimiento de los datos y parámetros de entrada que son relevantes en el modelo de evaluación, desarrollando un procedimiento de simulación MonteCarlo, generando 1.000 eventos para cada variable, implementado en Microsoft VisualBasic para Excel. Los principales parámetros considerados fueron la mortalidad natural (0,22 y 0,33), el número de individuos en 1993, relación entre IOS y CPUE, y los parámetros de crecimiento en peso.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El modelo de evaluación presentó un buen ajuste a los datos de CPUE, presentando los residuales distribuidos aleatoriamente (Fig. 2). La tendencia decreciente de la abundancia media del stock (8-11 años) en aguas chilenas fue similar a la tendencia del índice de abundancia relativa obtenidos desde las capturas comerciales realizadas en el Atlántico (Fig. 3), lo cual respalda la hipótesis que las capturas de la Isla de los Estados se realiza sobre el mismo stock. La biomasa estimada para el mes de agosto, cuando se produce la máxima concentración reproductiva, muestra fluctuaciones en torno a las 150 mil t, con grandes intervalos de confianza al 95%, mientras que la biomasa en noviembre, cuando se retira el stock, muestra una tendencia decreciente (Fig. 4). La abundancia estimada para

agosto y para el período agosto-noviembre, muestra una clara disminución (Fig.5). La mortalidad por pesca se observa relativamente estable en torno al valor de 0,15, con intervalos de confianza que cubren valores desde 0,75 a 0,22 (Fig.6). Los estimados de tasas de emigración presentan mayor variabilidad con un valor máximo en 1997 (Fig. 6). Aunque el modelo de evaluación no es estructurado por edades, al descomponer la abundancia por edades en función de la CPUE por edades, se observa el pasar de las cohortes a través de los años (Fig. 7).

El modelo posee los siguientes supuestos.

- Todos los peces que ingresan a aguas chilenas lo realizan en julio.
Este se basa en la percepción de terreno obtenida durante las evaluaciones directas del stock mediante hidroacústica (Lillo *et al.* 1994, 1999 y 2001). El recurso ingresa muy compacto y sincronizado
- La magnitud del pulso de peces que ingresan a desovar es función lineal del índice de oscilación del sur (IOS).
Los valores más negativos del IOS están asociados al fenómeno de “El Niño”, y aunque este índice no mide *in situ* directamente lo que sucede en la zona de concentración reproductiva, debido a la teleconexión de los sistemas océano-atmósfera, si se puede esperar efectos importantes. La disminución del IOS refleja el desplazamiento del centro de alta presión de la zona antártica hacia el norte, el cual se acerca a la zona de desove del recurso (Quintana 1998). Esto genera mejoras en el clima, mediante la disminución de la intensidad de los vientos (Cheng *et al.* 1995), que se traducirían en una mayor calma en el mar, aumento de la estabilidad de la columna de agua, y por ende de la termoclina, lo cual en su conjunto favorecería el proceso de retención larval. En otras palabras, los aumentos de la CPUE se relacionarían a la mayor disponibilidad del recurso, el cual ingresa en mayor cantidad cuando las condiciones oceanográficas de la zona de desove mejoran.
- La capturabilidad del barco American Dynasty es igual a la del UniónSur.
Se basa en que las CPUE obtenidas por ambos barcos fueron similares a través de los días y las latitudes, aunque operaron en años diferentes. También se considera que este recurso tiene una conducta de agregación muy fuerte, lo que lo hace muy vulnerable y fácil de capturar (S.Lillo com.pers.) por lo que es difícil que existan grandes diferencias entre barcos similares.
- La capturabilidad aumenta hacia el máximo de reproducción y luego disminuye.
Esto se basa en la conducta del recurso que logra su máxima concentración en el momento y zona de desove, donde se generan “berries” que corresponden a concentraciones esféricas de alta densidad, las cuales luego del desove se disgregan para pasar a formar parte del contingente que se retira.

Aunque el modelo es capaz de estimar la abundancia del pulso que ingresa a desovar, este no es capaz de representar explícitamente la dinámica de las cohortes entre años. Para lograr implementar un modelo de mayor capacidad explicativa de la dinámica del recurso se requiere integrar esfuerzos con los investigadores de Argentina e Islas Malvinas/Falklands, de forma de contar con una matriz de captura a la edad que incluya todas las mortalidades por pesca que sufre el stock.

IV. REFERENCIAS.

- Chen, B., S. Smith y D. Bromwich. 1995. Evolution of the tropospheric split jet over the South Pacific Ocean during the 1986-1989 ENSO cycle. Contribution 995 of the Byrd Polar Research Center. 23 páginas y 16 figuras.
- Lillo S., A. Paillaman y S. Pino. 1994. Pesca de Investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47°00'L.S. Instituto de Fomento Pesquero-Subsecretaría de Pesca. 65 págs.
- Lillo S., R. Céspedes y M. Barbieri. 1999. Evaluación directa del stock de merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) y monitoreo de sus procesos biológicos y migratorios. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 48 pp. + Figuras + Tablas.
- Lillo S. 2001. Evaluación acústica de merluza de tres aletas 2001. FIP 2001-20. Informe de avance. Instituto de Fomento Pesquero.
- Ojeda V., F. Cerna, J. Chong, M. Aguayo e I. Payá, 1998. Estudio de crecimiento y construcción de claves talla-edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. Informe final, Instituto de Fomento Pesquero, FIP 97-15.
- Payá, I, N. Ehrhardt y V. Espejo. 2000. Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47° L.S. 2000. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 19 figuras y 13 tablas.
- Payá, I y N. Ehrhardt. 1999. Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47°L.S. 1999. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 14 figuras y 6 tablas.
- Quintana, J. 1998. Condiciones atmosféricas observadas en Chile durante 1997/1998 asociadas al fenómeno "El niño / oscilación del sur". CPPS. Informe presentado a la XIII reunión del comité científico del programa ERFEN estudio regional del fenómeno "El Niño". Guayaquil-Ecuador. 7 páginas, 9 figuras y 2 tablas.
- Wöhler O. C., LB. Prenski, J.E. Hansen y M.C. Cassia. 1996. Evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. INIDEP Doc. Cient, X: 5-27.

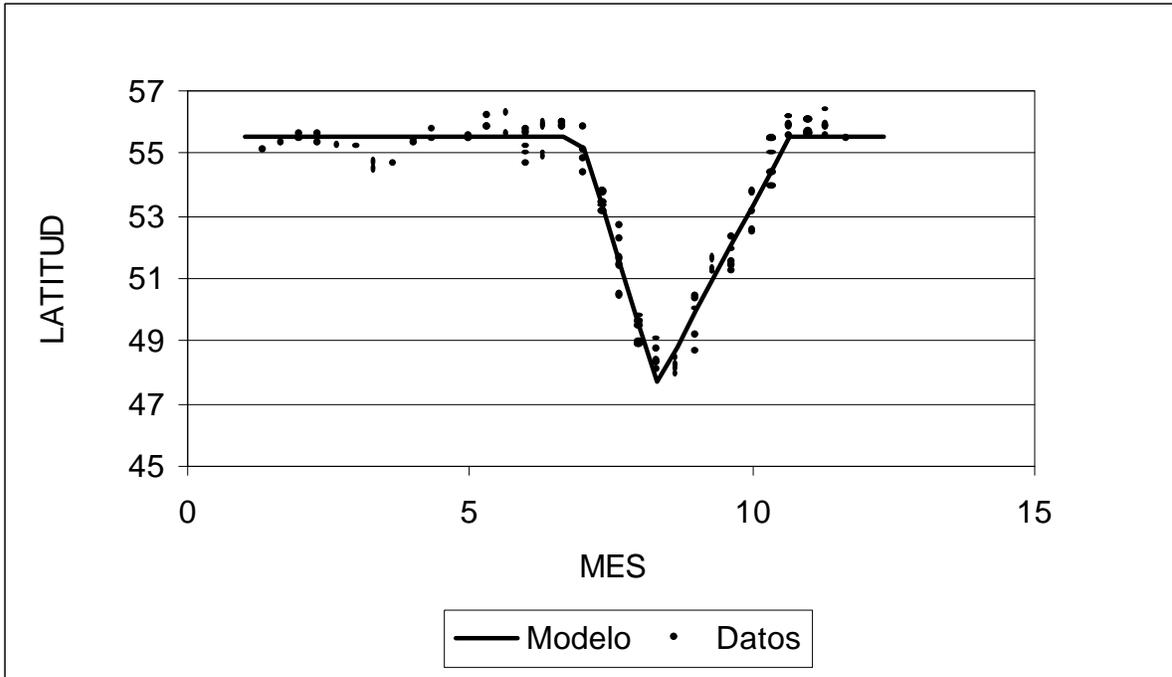


Figura 1. Ajuste del modelo de desplazamiento, la posición estimada corresponde a línea y la posición observadas a los puntos.

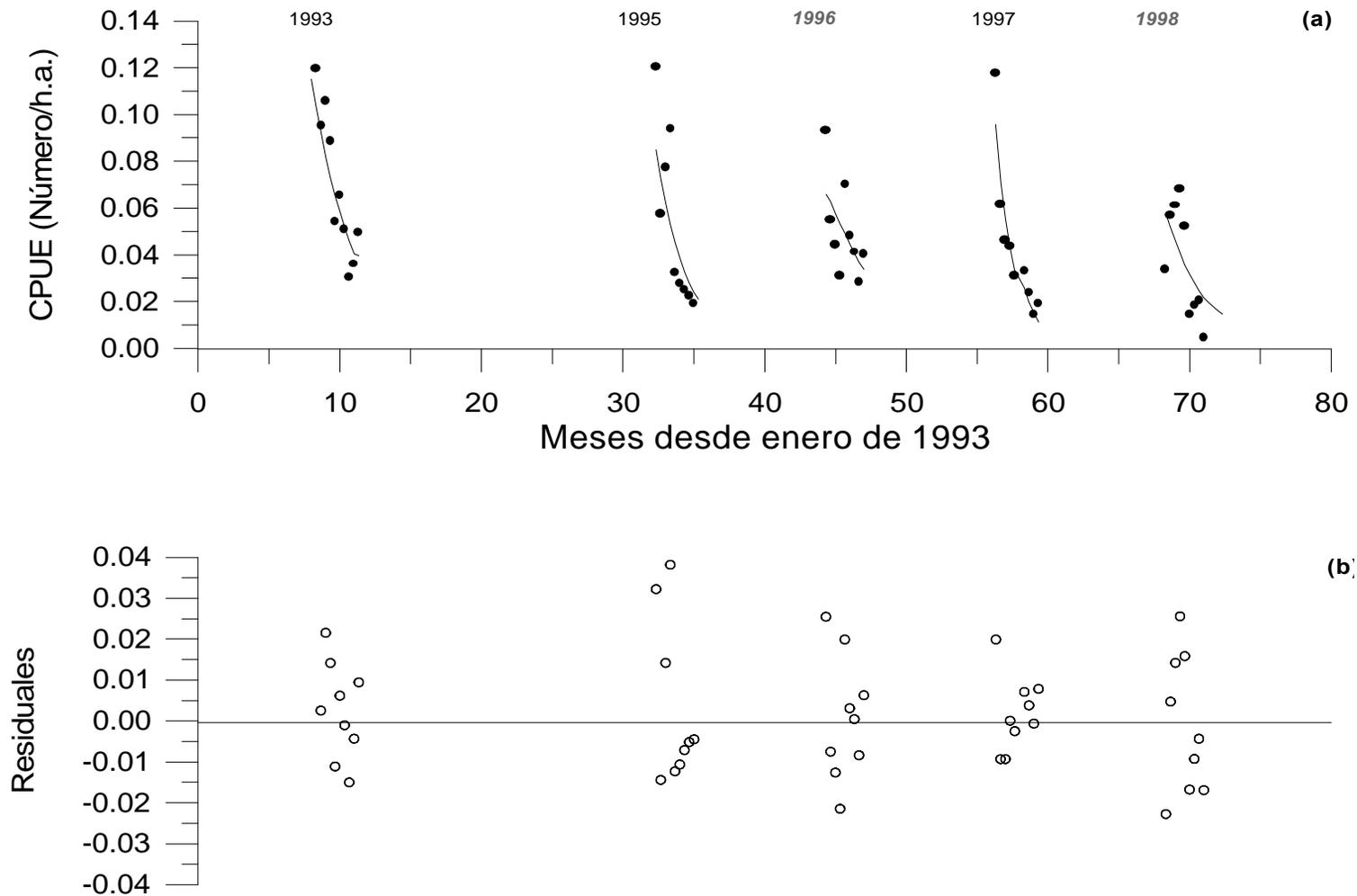


Figura 2. Ejemplo de uno de los 1000 ajustes del modelo de evaluación. La numeración de los meses esta referenciada a enero de 1993. En el gráfico superior se presentan los valores estimados (líneas) y los datos (círculos), en el gráfico inferior se muestran los residuales.

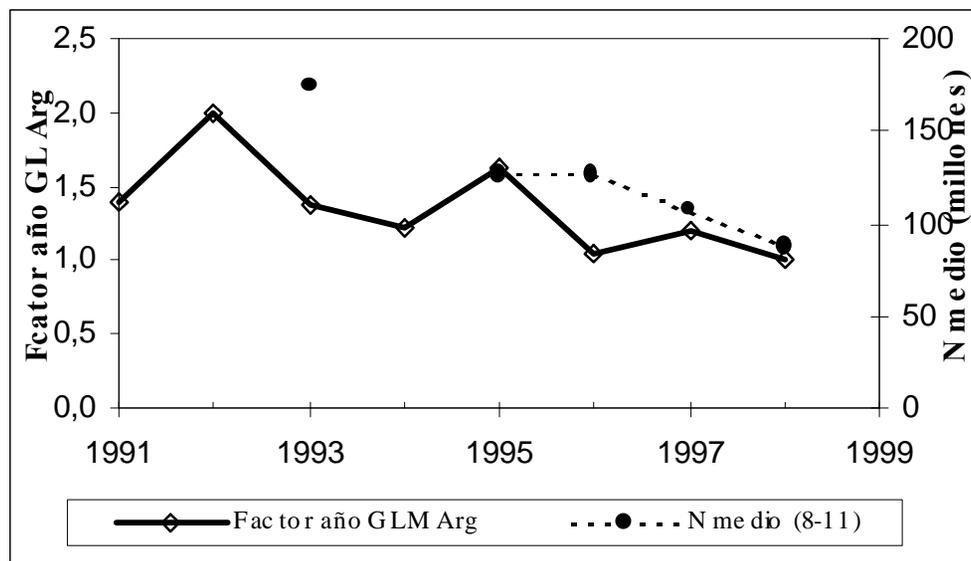
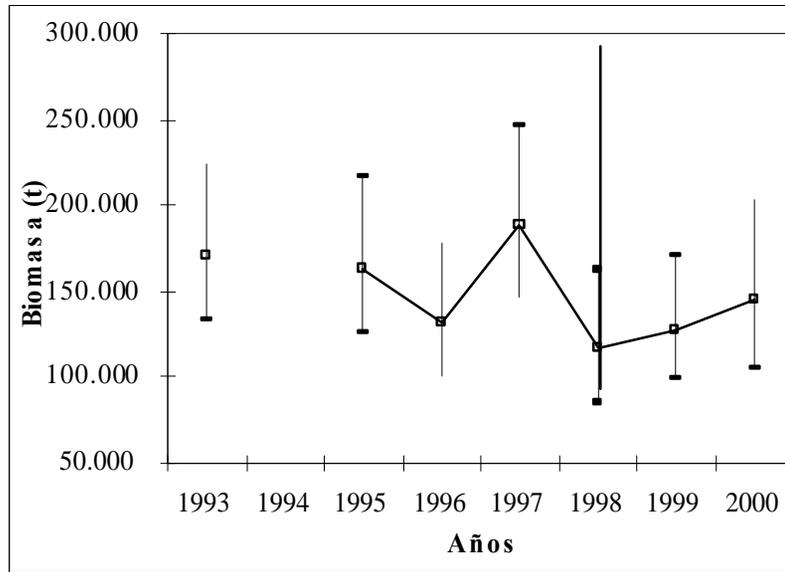
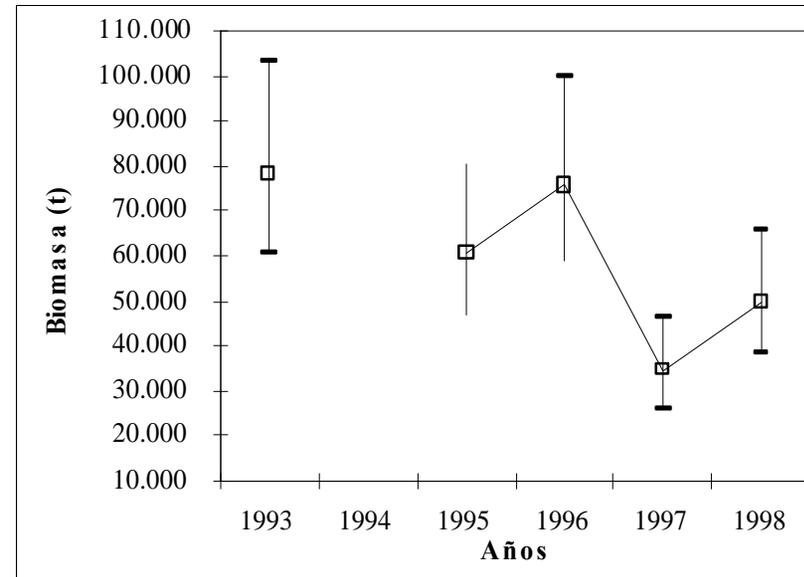


Figura 3. Tendencia del factor año del GLM de datos de las capturas en el Atlántico y abundancia media en millones de individuos presentes en aguas chilenas, período agosto-noviembre.

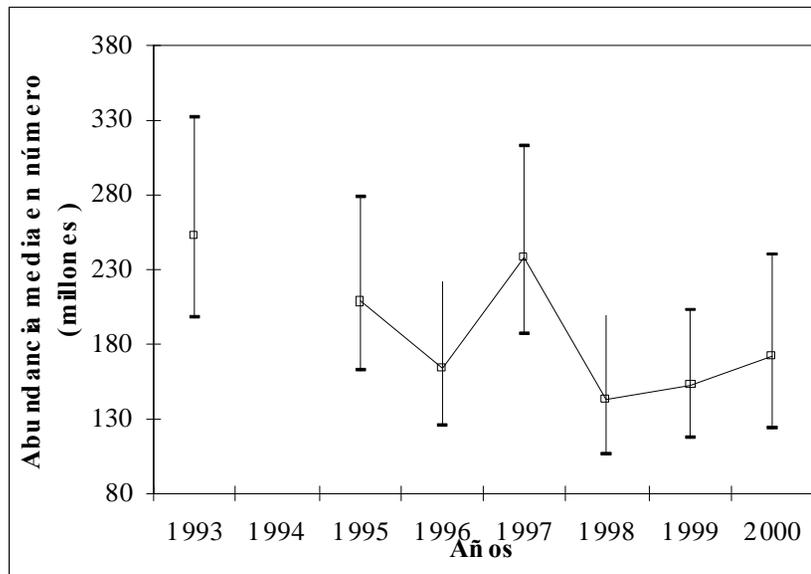


(a)

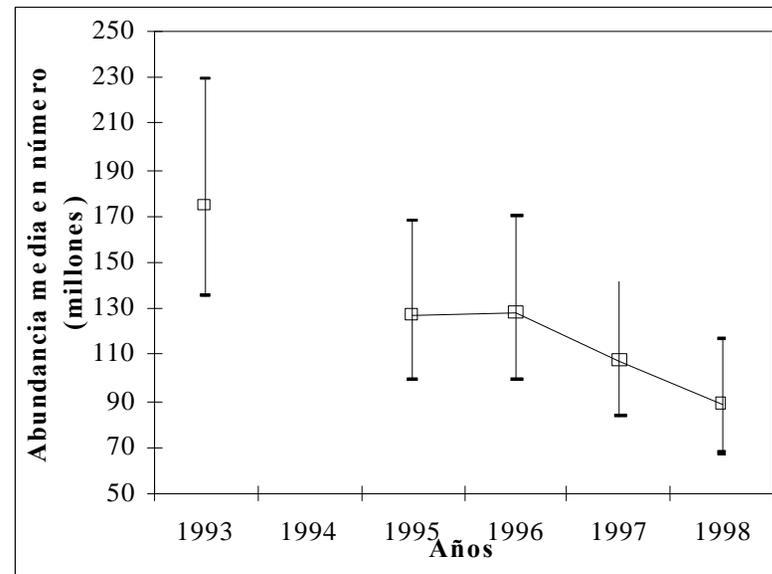


(b)

Figura 4. Biomasa presente en (a) agosto y (b) noviembre. Años 1999 y 2000 corresponden a proyecciones. Las líneas verticales corresponden al intervalo de confianza al 95%.

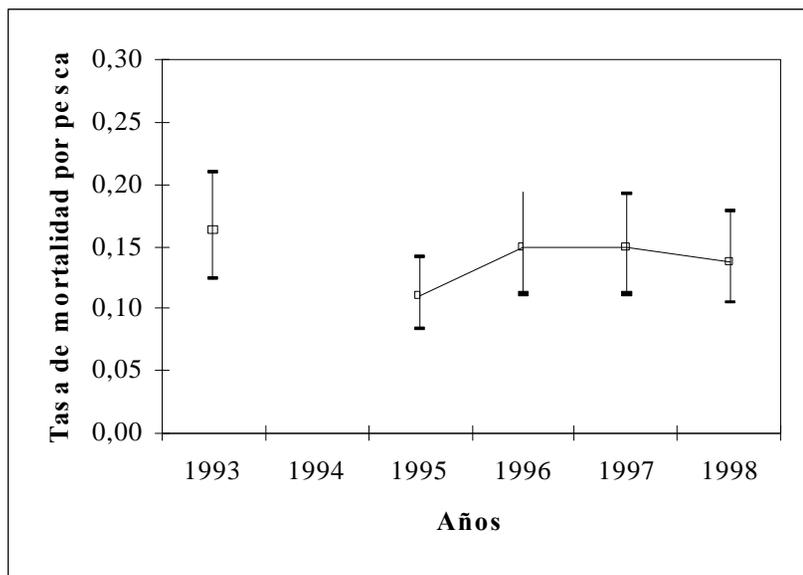


(a)

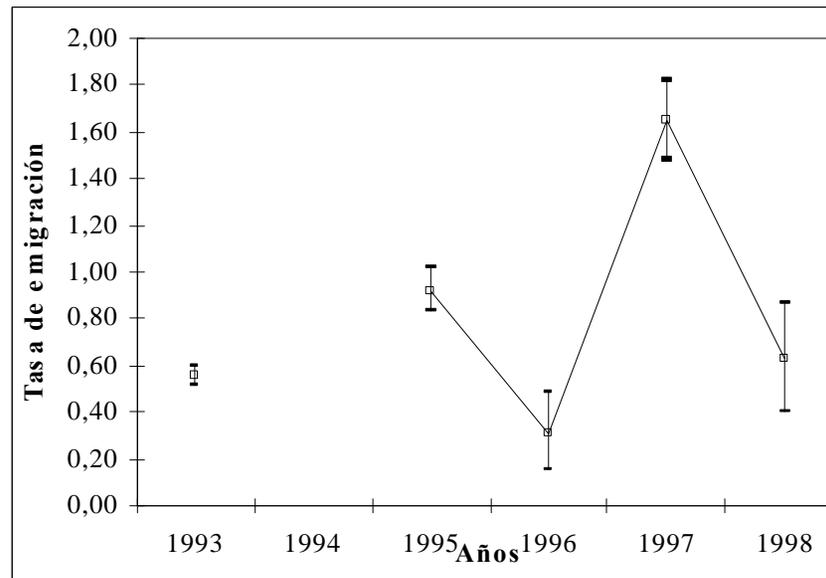


(b)

Figura 5. Abundancia media en número presente en (a) agosto y (b) agosto-noviembre. Años 1999 y 2000 corresponden a proyecciones. Las líneas verticales corresponden al intervalo de confianza al 95%.



(a)



(b)

Figura 6. Tasa instantánea de (a) mortalidad por pesca y (b) emigración, temporada agosto-noviembre. Las líneas verticales corresponden al intervalo de confianza al 95%.

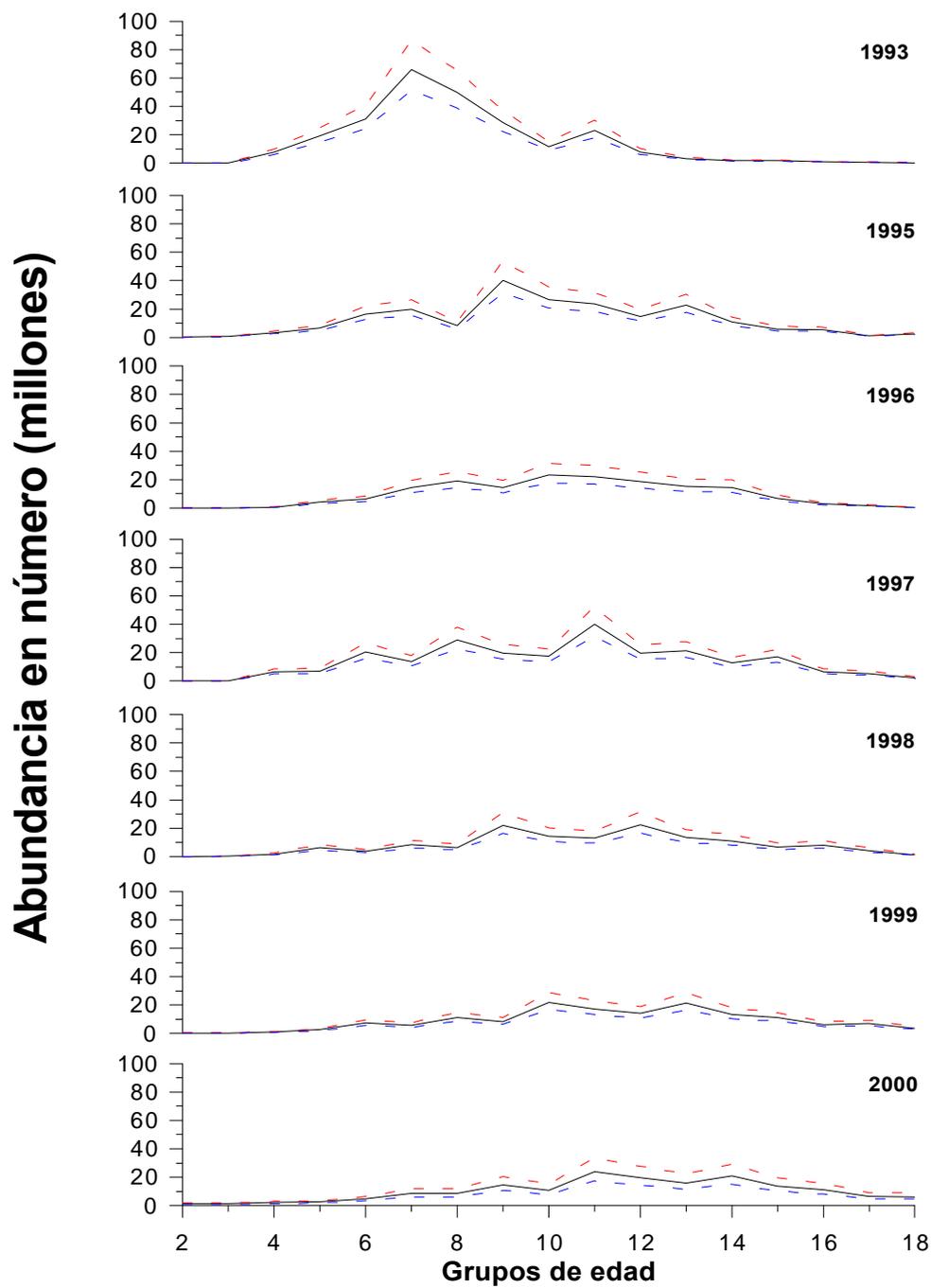


Figura 7. Estructura de edad e intervalo de confianza al 95%, merluza de tres aletas. Años 1999 y 2000 corresponden a proyecciones.

ESTRATEGIAS DE EXPLOTACIÓN EN MERLUZA DE TRES ALETAS.

Ignacio Payá¹ y Nelson Ehrhardt²
1. Instituto de Fomento Pesquero, 2. U. de Miami

Los conceptos de estrategias de explotación, sobrepesca, puntos biológicos de referencia (PBR) objetivos y límites y riesgos, fueron presentados en este mismo anexo por Payá y Ehrhardt en el documento sobre estrategias de explotación para merluza de cola, por lo tanto este trabajo se orienta a las particularidades de la pesquería de merluza de tres aletas y a presentar algunos ejemplos de los métodos propuestos.

Debido a que la pesquería se basa principalmente en la captura del stock desovante que ingresa a desovar en aguas chilenas y que luego regresa hacia el Atlántico, este stock migratorio experimenta mortalidades por pesca tanto en aguas chilenas como en el Atlántico. Por lo tanto, para estimar los puntos biológicos de referencia basados en los análisis de rendimiento por recluta y biomasa desovante por recluta, se deben emplear las mortalidades totales que experimentará el recluta a lo largo de su paso por la pesquería.

Rendimiento por recluta

El análisis de rendimiento por recluta (Y/R) debe considerar la suma del rendimiento que se obtiene en Chile (Ych) y Argentina (Yarg) por cada individuo reclutado.

$$Y/R = \frac{(Ych + Yarg)}{R}$$

La información disponible, no permite conocer los niveles de mortalidad por pesca que sufre el stock cuando se encuentra en el Atlántico. Debido a que se desconoce el grado de mezcla que podría existir con el stock que desova en las inmediaciones de las Islas Malvinas. Por lo tanto, se debe simular diferentes niveles de mortalidad por pesca argentinas.

Considerando como inicio del año el mes de julio, cuando ingresa el stock desovante a Chile, se estima el rendimiento en Chile como:

$$Ych_i = \frac{F_{Ch} r_i (1 - e^{-(F_{Ch} r_i - 5M/12)})}{F_{Ch} r_i + 5M/12} * N_{julio} * W_i$$

luego el stock migra al Atlántico a donde llega el 1° de diciembre, por lo que el rendimiento argentino se calcula por:

$$Y_{arg_i} = \frac{F_{arg} r_i (1 - e^{-(F_{arg} r_i - 7M/12)})}{F_{arg} r_i + 7M/12} * N_{julio} e^{-(F_{ch} r_i - 5M/12)} * W_{arg_i}$$

donde:

- F : es la tasa de mortalidad por pesca de las edades completamente reclutadas,
M : es la tasa de mortalidad natural,
i : representa la edad i
ri : es el patrón de explotación a la edad i, que corresponde a la mortalidad por pesca de la edad i con respecto a la edad que presenta la mayor mortalidad por pesca Fmayor: Se consideró que este patrón de explotación es el mismo para Chile y Argentina, debido a que la flota argentina también usa redes de media-agua y a que la misma embarcación que opera en Chile pesca en Argentina.
wi : es el peso promedio a la edad i en Chile.
wargi: es el peso en el Atlántico de la edad i que se estima como el promedio geométrico entre edades, para recoger el crecimiento que ocurre en 6 meses.

$$W_{arg,i} = \sqrt{W_i W_{i+1}}$$

Por ser un análisis por recluta el Njulio para la primera edad es igual a 1, mientras que para las edades mayores se estima como:

$$N_{julio,i} = N_{JULIO,i-1} e^{-(F_{ch} r_{i-1} - F_{arg} r_{i-1} - M)}$$

Sumando los rendimientos chilenos más los argentinos a través de las edades se obtiene el rendimiento total por recluta.

Biomasa desovante por recluta

La biomasa desovante por recluta (BD/R), se calculó considerando que solo la biomasa media presente en Chile desova:

$$BD_i = \frac{N_{julio,i} (1 - e^{-(F_{ch} r_i - 5M/12)})}{(F_{ch} r_i + 5M/12)} m_i w_i$$

donde m_i corresponde a la proporción de individuos maduros a la edad y Njulio corresponde a 1 para la 1° edad y para el resto de las edades se estima de igual forma que para el Y/R. Finalmente, se suman a través de las edades las biomásas desovantes para obtener el total por recluta en condiciones de equilibrio.

En la figura 1, se representan los rendimientos por recluta y biomasa desovantes por recluta considerando como ejes la mortalidad por pesca aplicada en Chile y en Argentina.

Puntos biológicos de referencia

Los PBR se estiman desde el Y/R y BD/R total considerando diferentes niveles de mortalidad por pesca argentina, por lo tanto el PBR total es la suma de los PBR chileno y argentino:

$$PBR = PBR_{ch} + PBR_{arg}$$

La incertidumbre se incorpora en los valores de la mortalidad natural, pesos medios y fecundidad. Las dos primeras variables corresponden a las obtenidas en la salida del modelo evaluación de evaluación, en que se empleó el procedimiento de MonteCarlo. Para obtener la variabilidad de la fecundidad a la edad se emplea un procedimiento de “bootstrappings” que consiste en generar 1000 muestras y ajustar a cada una de éstas la función de madurez a la talla por máxima verosimilitud, obteniendo como resultado 1000 vectores de madurez a la edad.

Captura total permisible (CTP) y riesgos de sobrepesca.

La CTP total para el stock corresponde a la suma de las CTP que se pueden realizar en Chile y Argentina.

$$CTP = CTP_{ch} + CTP_{arg}$$

La CTP chilena se calcula como:

$$CTP_{ch} = \sum_{i=tr}^{imax} \frac{N_{julio,i} * r_i * PBR_{ch} * \bar{w}_i * (1 - e^{-r_i * PBR_{ch} - 5M/12})}{r_i * PBR_{ch} + 5M/12}$$

La CTP argentina como:

$$CTP_{arg} = \sum_{i=tr}^{imax} \frac{N_{julio,i} e^{-r_i * PBR_{ch} - 5M/12} * r_i * PBR_{arg} * \bar{w}_{arg,i} * (1 - e^{-r_i * PBR_{arg} - 7M/12})}{r_i * PBR_{arg} + 7M/12}$$

Para cada PBR se calculan 1000 valores de CTP, considerando los 1000 vectores de número de individuos, los pesos medios, mortalidad natural y puntos biológicos de referencia que fueron estimados en los procedimientos anteriores.

En la figura 2, se presenta un ejemplo de las distribuciones de CTP con PBR de F0,1 para diferentes niveles de mortalidad por pesca aplicadas por Chile y Argentina.

El riesgo corresponde a la probabilidad de que un evento no deseado ocurra en un determinado lapso de tiempo. En el presente caso el evento no deseado es sobrepasar el

PBR y el lapso de tiempo es de 2 años de proyección. El riesgo se estima como la frecuencia acumulada de los 1000 valores de CTP para cada PBR:

En la figura 3, se presenta un ejemplo de las distribuciones de CTP para el PBR F0,1 y las curvas de riesgo, para el total de la CTP (chilena + argentina) y para la CTP de Chile, claramente la mortalidad por pesca argentina debería ser menor para permitir mayores CTP en Chile.

Los ejemplos presentados corresponden al F0,1, que es un PBR objetivo orientado a aprovechar el crecimiento somático de los peces. Debido a que la explotación Chilena del stock se centra en el stock desovante, la administración de esta pesquería debería orientarse a la protección de la renovación del stock, asegurando un nivel mínimo de stock desovante y teniendo como objetivo no acercarse a este límite, para lo cual se deben definir PBR objetivos específicos para esta pesquería.

Independiente del PBR que finalmente se aplique, el problema principal es poder conocer las mortalidades por pesca que se generan en Chile y Argentina sobre el mismo stock, para esto es urgente determinar el grado de mezcla que existe entre el stock chileno y aquel que desova en las Islas Falkland/Malvinas. Esta mezcla se produce principalmente en la zona de la Isla de los Estados, donde los peces se concentran para alimentarse y donde son capturados por la flota pesquera argentina.

Referencias

- Payá, I y N. Ehrhardt. 1999. Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47°L.S. 1999. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 14 figuras y 6 tablas.
- Payá, I, N. Ehrhardt y V. Espejo. 2000. Investigación CTP merluza de tres aletas, sur 47° L.S. 2000. Instituto de Fomento Pesquero. 37 páginas, 19 figuras y 13 tablas

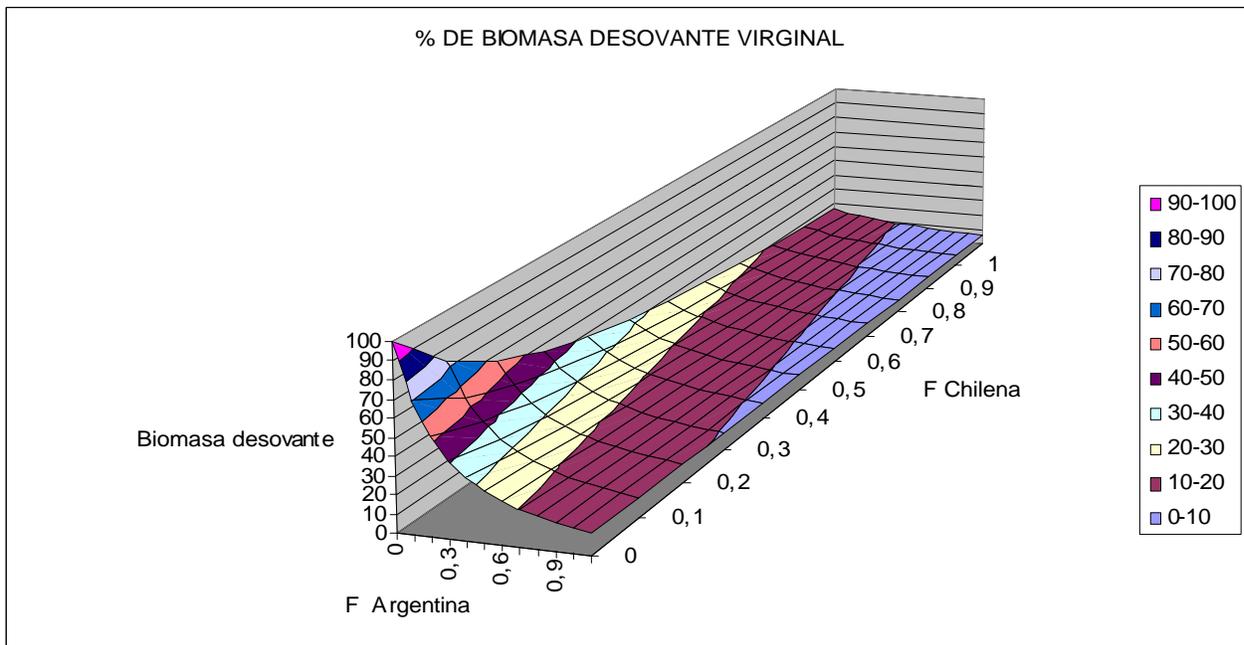
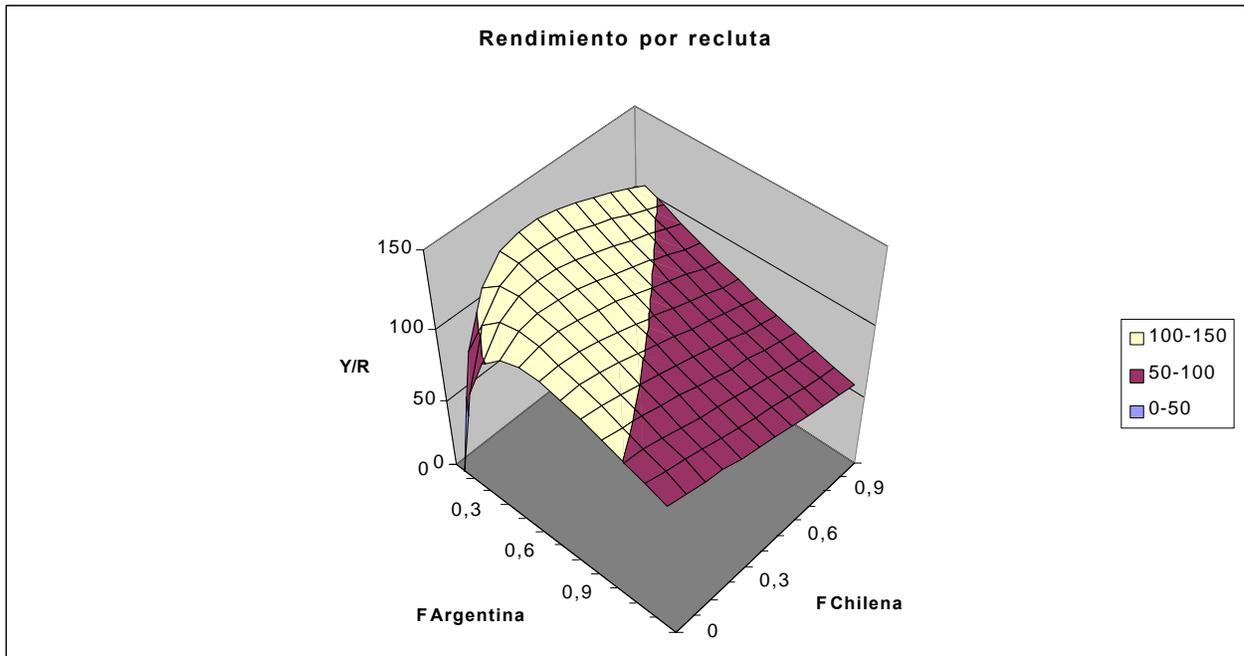


Figura 1. Rendimiento por recluta (arriba) y biomasa desovante por recluta (abajo) en función de las mortalidades por pesca aplicadas por Chile y Argentina.

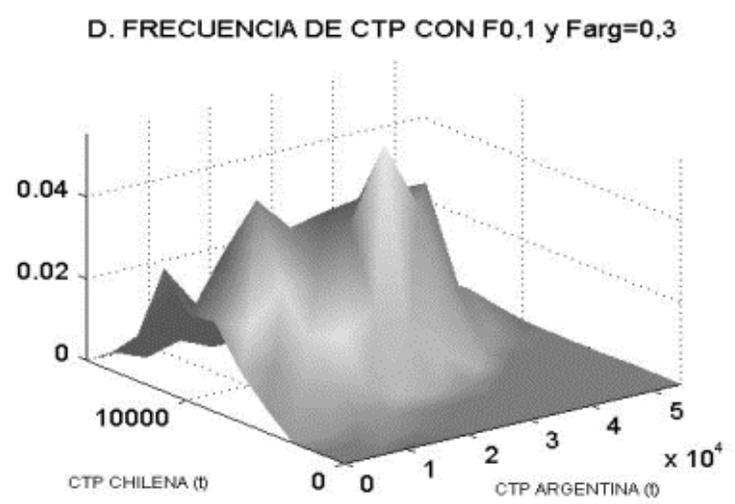
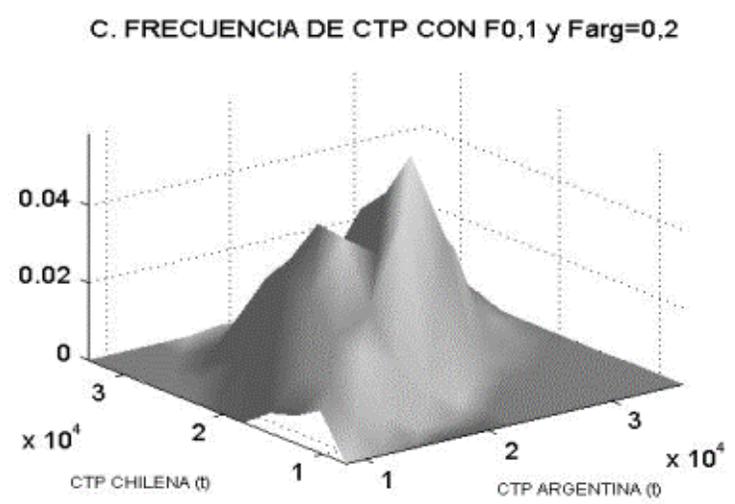
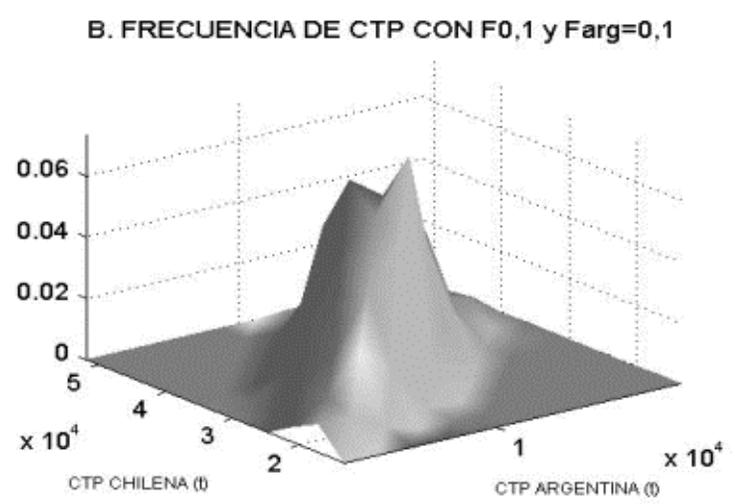
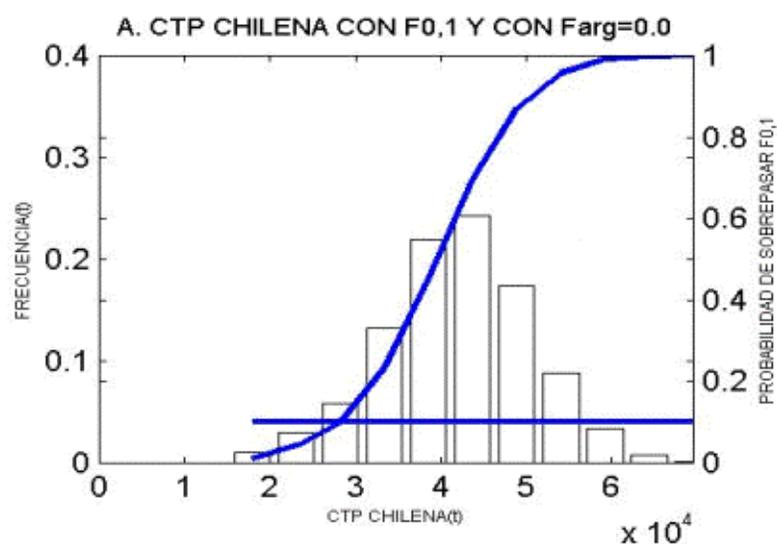


Figura 2. Ejemplo de la distribución de CTP para PBR F0,1 considerando que cuatro niveles de mortalidad por pesca aplicada en Argentina (Farg). El primer gráfico es bidimensional por que considera la Farg. igual a cero.

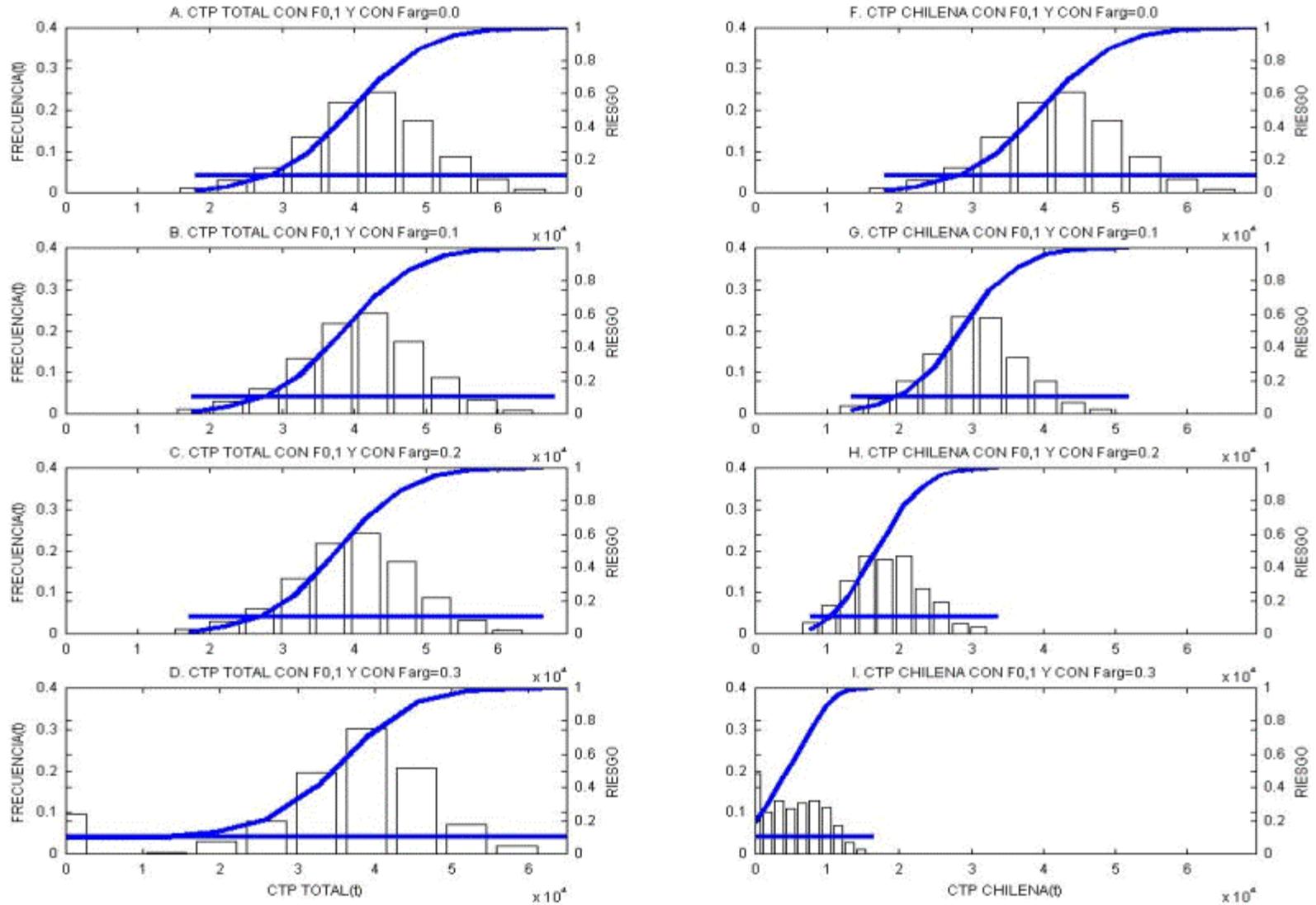


Figura 3. Distribuciones de CTP (histogramas) para el PBR F0,1 y curva de riesgo para al CTP total (chilena + argentinas) representadas en la columna derecha y para la CTP chilena en la columna izquierda. Las diferentes filas corresponden a diferentes niveles de mortalidad por pesca aplicada en Argentina.

A N E X O C

**Taller Internacional:
Participantes,
Programa de trabajo
y presentaciones
extranjeras**

CONTENIDO DEL ANEXO C- TALLER INTERNACIONAL

- **Participantes e invitados, programa del taller**

- **Presentaciones**
 1. An overview of the life history, fisheries and stock assessment of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*). **Mary Livingston** (NIWA)
 2. The biology and fishery of *Macruronus magellanicus* in Falkland Islands waters, **David A.J. Middleton, A. I. Arkhipkin & R. Grzebielec** (FIFD).
 3. La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el mar argentino, **Otto C. Wöhler & Analía R. Giussi**. (INIDEP)
 4. Biology, fisheries, stock assessment and harvest strategies of southern blue whiting (*Micromesistius australis*), **S.M. Hanchet** (NIWA).
 5. Review of southern blue whiting *Micromesistius australis australis* in Flakland Islands waters, **Simeon Hill, D. Agnew, D. A.J. Middleton & A.I. Arkhipkin** (RRAG, FIFD).
 6. La polaca o merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en el mar argentino, **Otto C. Wöhler** (INIDEP).
 7. Evaluación directa de merluza de cola en Argentina, **Adrián Madirolas** (INIDEP).
 8. Evaluación directa del efectivo de polaca (merluza de tres aletas) en Argentina, **Adrián Madirolas** (INIDEP).

1. PARTICIPANTES E INVITADOS DEL TALLER INTERNACIONAL

PARTICIPANTES:

Expertos Nacionales.

1. Luis Adasme, IFOP
2. Renato Céspedes, IFOP
3. Luis Cubillos, INPESCA VIII Región
4. Javier Chong, U. C. de la Sma. Concepción
5. Héctor Hidalgo, IFOP
6. Sergio Lillo, IFOP
7. Ignacio Payá, IFOP
8. Humberto Pool, IFOP
9. Hernán Reyes, IFOP
10. Pedro S. Rubilar, IFOP

Expertos extranjeros.

- 11 Dr. Nelson Ehrhardt, Universidad de Miami, USA
- 12 Dr. Stuart Hanchet, NIWA, Nueva Zelanda
- 13 Dr. Simeon Hill, Imperial College, UK
- 14 Dr. Mary Livingston, NIWA, Nueva Zelanda
- 15 Dr. David Middleton, Falkland, UK
- 16 Dr. Otto Wöhler, INIDEP, Argentina
- 17 Dr. Analía Giussi, INIDEP, Argentina

INVITADOS

IFOP:

Alejandro Zuleta, Cristian Canales, Gabriela Böhm, José Córdova, María Ángela Barbieri, Patricio Barría, Rodolfo Serra, Sergio Avilés, Víctor Espejo, Vilma Ojeda, Zaida Young y Jorge Farías.

SUBPESCA:

Claudio Bernal, Gonzalo Taboada, Marcelo García, Ricardo Norambuena y Rubén Pinochet

TÉCNICOS DE EMPRESAS:

Julio Olivares, Patricio Arana y Luis Cubillos

UNIVERSIDADES:

Fernando Balbontín, Carlos Moreno, Eleuterio Yáñez, Renato Quiñónez, Ricardo Galleguillos y Hugo Arancibia.

Los invitados que finalmente asistieron a lo menos durante un día fueron:

Patricio Arana, Universidad Católica de Valparaíso - Pesca Chile.

Sergio Avilés, IFOP

Fernando Balbontín, Universidad de Valparaíso.

Claudio Bernal, SUBPESCA

Luis Cubillos, INPESCA VIII Región

Raúl Gili, IFOP

Ricardo Norambuena, SUBPESCA.

Rubén Pinochet, SUBPESCA.

Gonzalo Taboada, FIP

2. PROGRAMA DEL TALLER INTERNACIONAL

Martes 3

Hora	Tema
9:30	Inauguración
9:45	Presentación de objetivos y esquema de trabajo del taller. Expositor: Ignacio Payá
10:00	Pesquería de merluza de cola en Nueva Zelanda Expositor: Dr. Mary Livingston
11:00	Café
11:15	Pesquería de merluza de cola en las Islas Falkland Expositor: Dr. David Middleton - Dr. Simeon Hill
12:30	Almuerzo
14:00	Pesquería de merluza de cola en Argentina Expositor: Dr. Otto Wöhler.
15:00	Edad, crecimiento y CPUE de merluza de cola en Argentina Expositor: Dr. Analía Giussi.
16:45	Café
16:00	Pesquería de merluza de tres aletas en Nueva Zelanda Expositor Dr. Stuart Hanchet
17:00	Pesquería de merluza de tres aletas en las Islas Falkland Expositor: Dr. David Middleton - Dr. Simeon Hill
18:00	Pesquería de merluza de tres aletas en Argentina Expositor: Dr. Otto Wöhler.
19:00	Término

Miércoles 4

Merluza de cola

Hora	Tema
9:00	Descripción de pesquería de merluza de cola en Chile. Expositor: Renato Céspedes y Antonio Aranís
9:30	CPUE de cerco y arrastre como índice de abundancia. Expositor: Pedro Rubilar y Renato Céspedes
10:00	Crecimiento y reproducción. Expositor: Javier Chong
10:30	Café
10:45	Migración estacional de merluza de cola hacia Chile central: Consideraciones para la Evaluación de Stock Expositor: Luis Cubillos
11:15	Evaluación directa en merluza de cola Expositor: Sergio Lillo
11:45	Relaciones tróficas en la pesquería demersal sur austral Expositor: Humberto Pool
12:15	Evaluación de stock de merluza de cola Expositor: Ignacio Payá
12:45	Almuerzo
14:00	Estrategias de explotación en merluza de cola Expositor: Ignacio Payá y Nelson Ehrhardt
14:30	Estrategias de explotación de merluza de cola Expositor: Claudio Bernal (SUBPESCA)
15:00	Café
15:30	Delineamiento del programa de evaluación de stock Expositor: Ignacio Payá y Nelson Ehrhardt
16:00	Discusión del programa de evaluación para merluza de cola Trabajo en grupo
19:00	Término
<u>Jueves 5</u>	
9:00	Discusión del programa de evaluación para merluza de cola

Trabajo en grupo
10:30 Café
10:45 Delineamiento del programa de investigación de merluza de cola
Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
11:15 Discusión del programa de investigación para merluza de cola
Trabajo en grupo
12:30 Almuerzo
14:00 Discusión del programa de investigación para merluza de cola
Trabajo en grupo
19:00 Término

Viernes 6 **Merluza de tres aletas**

9:00 Pesquería de merluza de tres aletas y CPUE como índice de abundancia
Expositor: **Renato Céspedes**
9:30 Evaluación directa de merluza de tres aletas y migración en Chile
Expositor: **Sergio Lillo**
10:00 Crecimiento y reproducción en merluza de tres aletas
Expositor: **Javier Chong**
10:30 Café
10:45 Evaluación indirecta de merluza de tres aletas y estrategias de explotación
Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
11:45 Estrategias de explotación de merluza de tres aletas
Expositor: **Marcelo García (SUBPESCA)**
12:30 Almuerzo
14:00 Delineamiento del programa de evaluación de stock
Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
14:30 Discusión del programa de evaluación para merluza de tres aletas
Trabajo en grupo
16:00 Café

- 16:15 Discusión del programa de evaluación para merluza de tres aletas
Trabajo en grupo
- 19:00 Término

Sabado 7

- 9:00 Delineamiento del programa de investigación de merluza de tres aletas
Expositor: **Ignacio Payá** y Nelson Ehrhardt
- 9:30 Discusión del programa de investigación de merluza de tres aletas
Trabajo en grupo
- 10:30 Café
- 10:45 Discusión del programa de investigación de merluza de tres aletas
Trabajo en grupo
- 13:00 Clausura del taller
- 13:15 Almuerzo

Como actividad recreativa para los participantes extranjeros, se realizó un tour por las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Concón, durante el lunes 2 de julio. Este tour incluyó entre otras cosas, la visita a la Caleta de Pescadores Artesanales Portales, La casa de Pablo Neruda, El puerto, el mall de Viña del Mar y el mirador del Sausalito.

Preliminary report of the first workshop

1. INTRODUCTION

The southern Demersal fishery (PDA) is located between 41°28,6 ' and 57°00' south latitude and it made extractive activities mainly on southern hake and kingclip. In the last years, due to the intense exploitation of these resources, the industry has diversified its target catches toward other resources such as hoki (*Macruronus magellanicus*) and southern blue whiting (*Micromesistius australis*). Under this scenario, in the southern area of Chile, a mid-water trawl fishery is target to hoki and southern blue whiting (SBW).

On the other hand the pelagic fishery of hoki has its main center of operations in the VIII Region (36°S), and a purse seine fishery carries out the catch.

At the moment it is in validity the ordinance N#144 of 1980 that it establishes selectivity norms for the trawl fishery developed to the south of the parallel 43°00'S, that consists basically in a minimum size of mesh of 130 mm and prohibition of the liner use. On the other hand from October 31 of 1999, according to the ability granted in the article 20 of the General Law of Fishing and Aquaculture, through the D.S. N 418 and 419 of 1999, it was suspended transitorily by the lapse of one year, the reception of applications and the grant of new authorizations of fishing of hoki, for the area between the V and the XII Region. In this period a maximum limit of capture of 198.000 tons settled down for the fishing area understood between the V Region and the south limit of the X Region, and of 14.500 tons for the area of established fishing between the north limit of the XI Region and the south limit of the XII Region. Also, in similar situation it is the SBW, which has a limit of catch of 27.000 tons for same period.

2. GENERAL OBJECTIVE

To formulate a program of stock assessment of the resources hoki and southern blue whiting in the area of their fisheries.

3. SPECIFIC OBJECTIVES

- 3.1 To identify the key processes of the dynamics of both resources and of their fisheries for the assessment of both stocks.
- 3.2 To propose a program of stock assessment for both species, identifying indicators of the fishery at the same time and of the resources that supplement the results of the stock assessment models
- 3.3 To propose a research program associated to the implementation of the program of stock assessment for each one of the resources in study.

4. METHODOLOGY

The present study has a duration of 12 months and the general methodology is based on the summary of the existent information in the national and international environment. The project contemplates 2 workshops with the participation of national experts and foreigners. In this sense, the first workshop was guided to present, to analyze, to discuss and to validate the existent information, in order to identify the key processes of the dynamics of both resources and of its fisheries for the stock assessments.

The second workshop contemplates the participation of foreign experts, which will contribute with the information on the life cycle and the fisheries, the stock assessment and the strategies of exploitation applied to the present resources in its respective countries. All this information will serve to complement the one gathered by the national team. Also, during this workshop, the key processes of the dynamics of both resources that should be considered in the stock assessment will be discussed. Finally a research program will be delineate.

5. PRELIMINARY REPORT OF THE FIRST WORKSHOP.

The workshop was hold between 22 and 25 of May in Valparaíso Port.

5.1 Participants

The members of the national team that participated in the workshop were:

1. Luis Adasme, IFOP
2. Antonio Aranís, IFOP
3. Renato Grasses, IFOP
4. Javier Chong, Catholic U. of the Sacred Concepción
5. Héctor Hidalgo, IFOP
6. Sergio Lillo, IFOP
7. Paz Pantoja, IFOP
8. Ignacio Payá, IFOP
9. Humberto Pool, IFOP
10. Pedro S. Rubilar, IFOP

The foreign experts that participated were:

11. Dr. Nelson Ehrhardt, University of Miami
12. Dr. Otto Whöler, INIDEP
13. Dr. Adrián Madirolas, INIDEP

Other participants were

Mr. Julio Olivares, manager of operations of the fishing company EMDEPES

Mr. Claudio Bernal, manager of the undersecretary of fishing

Mr. Marcelo Garcia, manager of the undersecretary of fishing

5.2 Preliminary list of hypothesis

Of the discussions of the workshop it was evident the lack of knowledge on the life cycle of both resources, due to a preliminary list of hypothesis was analyzed. This list was modified and adapted from the list of hypothesis generated by the same working team in the project FIP 2000-13 “Dynamics of the recruitment of hake of the south”.

A) Eggs and larvae

1. **Null hypothesis:** Areas of retention of eggs and larvae exist in the external sea (continental platform) that impedes their dispersion.
Alternative hypothesis: Flows of eggs and larvae exist through the external sea and toward the inner water.
2. **Null hypothesis:** The survival is not associated to physical processes that originate changes in the temperature, salinity, oxygen, turbulence, circulation, etc.
Alternative hypothesis: The survival depends on the influence of physical processes that they originate changes in the temperature, salinity, oxygen, turbulence, circulation, etc.

B) Pre-recruits

3. **Null hypothesis:** The prerecruits (<2 years old for hoki and <7 years old for SBW) inhabit the same areas of eggs and larvae, developing an pelagic habit
Alternative hypothesis: The prerecruits inhabit areas different to those of the areas of eggs and larvae.

C) Recruits to the fishery

4. **Null hypothesis:** The recruits (2 years old for hoki and 7 years old for SBW) inhabit in the column water independently of the migratory dynamics of the adults.
Alternative hypothesis: The recruits are segregated in the space following the migratory dynamics of the adults.
5. **Null hypothesis:** The recruits are in the whole area of distribution of the resource (south cone).
Alternative hypothesis: The recruits select their habitat being located in certain coastal areas (south cone).

6. **Null hypothesis:** Relationship doesn't exist between the production of eggs and the strength of recruitments.
Alternative hypothesis: The strength of the recruitment depends essentially on the production of eggs.
 7. **Null hypothesis:** The changes in the availability of the resource and selectivity of fishing gear don't affect the catchability.
Alternative hypothesis: The changes in the availability of the resource and selectivity of fishing gear influence in the catchability.
- D) Adults
8. **Null hypothesis:** The decrease of the size of the stock doesn't affect the growth, the maturity, and neither the fecundity.
Alternative hypothesis: The decrease of the size of the stock affects the growth, the maturity and the fecundity.
 9. **Null hypothesis:** The individuals of different feeding areas (Pacific–Atlantic) converge toward the same spawning area (only for Hoki).
Alternative hypothesis: Individuals of different feeding areas (Pacific–Atlantic) use different spawning areas.
 11. **Null hypothesis:** The CPUE is proportional to the abundance in the area of spawning concentration.
Alternative hypothesis.: The CPUE is not proportional to the abundance in the area of spawning concentration.
 12. **Null hypothesis:** The CPUE outside of the area and reproductive season is not proportional to the mean abundance of stock.
Alternative hypothesis: The CPUE outside of the area and reproductive season is proportional to the mean abundance of stock.
 13. **Null hypothesis:** It exists more than a population unit in the area of distribution of the species in South America.
Alternative hypothesis: It exists only one population unit in the area of distribution of the species in South America.

5.3 Preliminary indexes for the diagnosis of the resources

The current indexes use for diagnosis are: Total and spawning biomasses; Production of eggs; Total number of individuals and recruits; Fishing mortality; Rate of exploitation; Surplus production ; CPUE; reproductive Success (Recruits/egg), etc. The indexes use for analyze the structure of the stock are: Mean and mode size of fish in the catch and percentage of juveniles in the catch by fleet.

For the definition of new indexes it is required a framework of the sustainable use of the resources. Ideally the indexes should be based on an integrative model of all the indexes. In the conception of the indexes it should be considered the resilience of the stocks, defined as the answer capacity or recovery toward a particular situation after the stock has suffered some interferences. The interferences may have low or high frequency, the fishery and the environment could correspond to one or both types.

On the other hand, the resilience is associated to the use of the niche of the species, therefore a significant decrease of the species can allow that its niche can be occupied by another species, this will complicate the recovery of the species of interest.

5.3.1 Indexes for hoki fishery

Indexes of the state of state of the system:

Ind11 = current state of exploitable biomass / initial state of exploitable biomass.

Ind12 = current state of biomass surplus / state of sustainable biomass (E.g. maximum sustainable catch).

Ind13 = current biomass / biomass threshold or objective

The structure of the biomass can be varied: recruits, juveniles, adults, etc.

Ind14 = current area of the fishery / initial area of the fishery.

Indexes of the stress of the stock :

Ind21 = catches made during a specified period / mean catches in the period used as base

Example = Period associated to “El niño” events.

Ind22 = actual catch in one period / surplus of net production.

The surplus corresponds to what you can take out without affecting the recruitment.

The captures can have different structures: recruits, juveniles, adults, etc.

Ind23 = current duration of the fishing time / duration of the fishing time at the beginning of the fishery.

Ind24 = current spawning area / spawning area at the beginning of the fishery

To analyze area or perimeter could be used the range of the semi-variogram

Indexes of answer to the management:

Ind31 = actual catch in a period / biological allowable catch (BAC) or annual quota.

Estimation of discards should be considered

Ind32 = BAC projected for one year / effective BAC (retrospective)

Indexes of environmental answer:

Ind41 = standardized value of the recruitment / value standardized maximum of the IOS

Ind42 = (standardized value of R/D / value max. R/D) / maximum turbulence

Value standardized and of the environmental variable of interest; w^3 , IS, IOS, etc

5.3.2 Indexes for SBW fishery

The indexes should be specified by region (Pacific and Atlantic)

Indexes of the state of state of the system:

They correspond to the same identified indexes for hoki

Indexes of the stress of the stock :

Ind21 = catches made during a specified period / mean catches in the period used as base

Example = Period associated to “El niño” events.

Ind22 = actual catch in one period / surplus of net production.

The surplus corresponds to what you can take out without affecting the recruitment.

The captures can have different structures: recruits, juveniles, adults, etc.

Ind23 = current duration of the fishing time / duration of the fishing time at the beginning of the fishery.

Ind24 = current spawning area/ spawning area at the beginning of the fishery

To analyze area or perimeter could be used the range of the semi-variogram

Ind25 = it Carves of first sexual maturity (warhead of maturity)

Ind26 = Reason among slopes of the diagram “V” of displacement.

Ind27 = Rate of production of eggs of the Surimi vessels

Indexes of answer to the management:

It is required first to understand the degree of mixture of the stocks before developing the indexes of the administration process.

Indexes of environmental answer:

Ind41 = standardized value of the recruitment to the spawning stock / value standardized maximum of the IOS

Ind42 = (standardized value of R^*/D / value max. R/D) / maximum turbulence

Value standardized and of the environmental variable of interest; w^3 , IS, IOS, etc

* = Recruitment to the stock desovante

Ind43 = (standardized value of CPUE / value max. CPUE) / environmental variable

Environmental variables: IOS, rain falls in Pta. Arenas, SST in Pta. Arenas

Ind44 = aggregation degree among shoal of fish during the spawn / environmental variable.

5.4 Preliminary research program.

Next it is presented a delineate of general and preliminary character that it was elaborated by the work team in the last section of the workshop.

In the discussion it was recognized that it was necessary to separate the research plan in the short term plan to strengthen the current stock evaluations, which have a single-species character, and to develop a plan of medium long term guided to change the assessment focus toward an multi-species and multi-fleet approach.

5.3.1 Preliminary short term research

Hoki fishery

1. To develop an index of relative abundance based on the CPUE of purse seine fishery, having in consideration possible changes in the catchability and availability of the resource and their relationship with environmental variables.
2. To develop an index of relative abundance based on the CPUE of a selected group of factory trawls ships of the southern area
3. To generate indexes of the relative abundance of the recruitments and of the spawning stock by means of acoustic surveys.
4. To estimate target force using the purse seine catch

5. Revision of the local natural mortality, considering that the decrease of the abundance of southern hake can have relaxed the predation mortality.
6. To develop a procedure to estimate the discards of fish that southern fishery have been carried out.
7. Evaluation of impact of long term of the management measures adopted for short term.
8. To revise the recovery strategies and sustainability.
9. To consider a program of joint research among IFOP, INIDEP and Falkland Fisheries Department, with special reference to the migratory behavior of the species, validation of ages and growth and natural mortality.
10. To study the answer of stock assessment model to: compensatory behavior of the recruitments, discard, calibration index and pattern of exploitation.

Southern Blue Whiting fishery

1. Stock unit and it mixes among stocks
2. Estimation of catchability experimentally by years and within the years
3. Acoustic estimate of biomasses to the entrance and exit of the migratory pulse
4. Revision of the parameters of growth
5. Functional natural mortality
6. To generate reproductive information (fecundity, shifts of it spawns, etc)
7. To consider a program of joint research among IFOP, INIDEP and Falkland Fisheries Department, with special reference to the migratory behavior of the species, validation of ages and growth and natural mortality.
8. To analyze the effect of the capacity of the plant on board the factory vessels on the fishing effort and CPUE.
9. To develop a functional model considering the dynamic changes of the fishing and environment.

5.3.2. Preliminary long-term research program

A. Multi-species

1. To develop a multi-species model
2. To study the functional natural mortality considering the trophic relationships.
3. To analyze CPUE as a index of abundance and the effect of the schedule of the fleet operations
4. To study recruitment mechanism according to physical properties of the environment
5. Stock unit identification
6. To investigate performance of sustainability indexes
7. To develop multi-species biological reference points
8. To study the dynamics of the catchability (q)

B. Mechanisms of multi-species management

1. To study operational dynamics among fleets, areas and species in the time
2. To study the impacts of interacting management mechanisms on species and fleets
3. Quantification of the use of demersales and pelagic biomasses in the contexts of interactive multi-species management strategies
4. To investigate the socio-economic value of the multi-species complex under different multi-species management strategies.

C. Depletion state of resources

1. Historical evolution of the contribution to the carry capacity of the multi-species system in study.

Stock Assessment of Hoki and Southern Blue Whiting

I. Stock assessment model of hoki

Base model

Catch at the Age Analysis was formulated considering the catches of the center-south area and south-southern area separately, by means of the modeling of specific patterns of exploitation.

In this sense, and considering a vector of abundances at age for the first year ($N_{i,1}$) and the recruitments from the second to the last year ($N_{2,t}$), the survivals were projected until the most recent year through the expression:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} * \exp(-F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa} - M)$$

where $N_{i,t}$ is the abundance of the "i" age group in the "t" year, "M" is the natural mortality, as long as $F_{i,t}^{cs}$ and $F_{i,t}^{sa}$ are the fishing mortalities for age group and year for the center south (cs) and southern south (sa) fisheries, respectively. The value of M was considered similar to 0,35 on the base of the different estimates carried out by Ojeda et al. (1998)

The fishing mortalities were modeled in the way:

$$F_{i,t}^{cs} = F_t^{cs} * S_i^{cs}$$
$$F_{i,t}^{sa} = F_t^{sa} * S_i^{sa}$$

being F_t the annual fishing mortalities of the groups totally recruited to the fishery, and S the age-specific pattern of exploitation in the form Gamma:

$$S_i^{cs} = \frac{i^{a_1} * \exp(-b_1 * i)}{\max(i^{a_1} * \exp(-b_1 * i))}$$
$$S_i^{sa} = \frac{i^{a_2} * \exp(-b_2 * i)}{\max(i^{a_2} * \exp(-b_2 * i))}$$

where $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 are parameters to solve.

In this way, and with the matrix of abundances fisheries, the catches at the age and year were predicted by fishery in the form:

$$\hat{C}_{i,t}^{cs} = \frac{F_{i,t}^{cs}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp(-M - F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa}));$$

$$\hat{C}_{i,t}^{sa} = \frac{F_{i,t}^{sa}}{Z_{i,t}} N_{i,t} (1 - \exp(-M - F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa}))$$

The model was solved determining the vector of abundances at the age for the first year ($N_{i,1}$), the recruitments from the second to the last year ($N_{2,t}$), the annual fishing mortalities of groups fully recruited to the fishery (F_t^{cs} and F_t^{sa}) and the parameters of the exploitation patterns $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 ,

Model 1: Constant exploitation pattern by fishing gear

It was considered that the exploitation pattern of each fishing gear (trawl and purse seine) has stayed constant during the whole period of analysis.

Model 2: Different exploitation pattern by fishing gear and year

They were considered different periods of exploitation pattern:

Trawl in the center-south area:

1) ' 88,89,90,93,94,95 and 98 '

2) ' 91 and 92 '

3) ' 99 '

4) ' 96 and 97 '

Purse seine in the southern area:

- 1) ' 88 at 96 '
- 2) ' 97, 98 and 99 '

Fitting the models

1) Least squares

$$SCR(C) = \sum_i \sum_t (\ln(C_{i,t}^{cs}) - \ln(\hat{C}_{i,t}^{cs}))^2 + I_1 \sum_i \sum_t (\ln(C_{i,t}^{sa}) - \ln(\hat{C}_{i,t}^{sa}))^2$$

The standardized CPUE of the purse seine fleet was used to tune the fishable mean biomass. Therefore, a second source of error was incorporated in the sum of squares:

$$SRC(CPUE) = \sum_t (\ln(CPUE_t) - \ln(q * \overline{BV}_t))^2$$

where q is the catchability coefficient (to solve) and fishable mean biomass is calculated as:

$$\overline{BV}_t = \sum_i \frac{N_{i,t} (1 - \exp(-F_{i,t}^{cs} - F_{i,t}^{sa} - M))}{F_{i,t}^{cs} + M} * S_i^{sc} * \overline{W}_{i,t}$$

where $\overline{W}_{i,t}$ is the mean weight at age.

In order to minimize the difference between the actual total catch and predicted total catch, a third source of error was added:

$$SCR(Y) = \left(\sum_t (\ln(Y_t^{cs} + Y_t^{sa}) - \ln(\sum_i (\hat{C}_{i,t}^{cs} + \hat{C}_{i,t}^{sa}) * \overline{W}_{i,t})) \right)^2$$

therefore, the total objective function was expressed as:

$$SCRT = SCR(C^{cs}) + I_1 SCR(C^{sa}) + I_2 SCR(CPUE) + I_3 SCR(Y^{cs}) + I_4 SCR(Y^{sa})$$

2. Robust estimation

To avoid the possible effects of large residuals (“outliers”) a robust estimation was used. This it is based on considering that the residuals do not have a normal distribution, but rather a t-student distribution. This distribution has long tail, which allows to include the large residuals. This mean to give low weights to the large residuals.

3. Maximum likelihood

For the parameters of the model lognormal priors were settled down with coefficient of variation (CV) between 0,01 and 0,25, except for the recruitments for which non-informative priors was used.

The mode of the posterior density was found by means of the Quasi-Newton algorithm:

$$-L = -T1 p1 \ln(pe1) - T2 p2 \ln(pe2) + I_1 SCR(CPUE) + I_3 SCR(Y) + I_4 SCR(Y) + SCR(PRIO)$$

For the proportion of the ages in the catch a multinomial distribution was considered and for the rest of terms a lognormal distribution was used.

The posteriori distribution was sampled from a t-student multivariate distribution by means of a Monte-Carlo procedure .

II. Stock assessment of Southern Blue Whiting (SBW)

1. Introduction

The SBW is a species that inhabits on the bank and the continental platform among 42° 57°L.S, in the ocean Pacific and from the 37° at 56°L.S in the Atlantic, being also distributed until the sea of Scotland, including the Islands Georgia, Shetland and Orcas of the south (Wöhler et al. 1996).

In Chile, since 1978 the SBW has been caught as a by-catch of southern hake fishery. These by-catches have fluctuated annually among 3 to 5 thousand tons. The catches target on SBW begun in 1993, by the survey carried out by the factory vessel (F/V) “American Dynasty”. In the following years these catches have been made by F/V “South Union”; which has reported catches around 20 to 25 thousand annual tons.

The available estimates of abundance carried out by acoustic methods indicate levels of 172 thousand tons in June and of 66 thousand tons in November of 1993 (Lillo et al. 1994). The authors hypothesized the existence of two stocks, one local stock that would remain in Chilean waters and another migratory stock which would immigrate from Atlantic waters to spawn in Chilean waters during the months of July-September, and then emigrate to the Atlantic.

2) Movement model

Payá and Ehrhardt (1999) developed a simple model to describe the displacement of the resource, which was adjusted to the latitude of the catches every ten days. The model consists of the following periods:

Period of beginning, where $T < T_1$

T is the time of the catches, T_1 is the time of beginning of the immigration that corresponds to the month of July (5,93 months). The catches are carried out in the limit of the frontier awaiting the entrance of the spawning stock, the position stays constant in the 55,57°L.S. (LAT_1)

Period of immigration, where $T_1 \geq T \leq T_2$

T_2 is the time of term of the immigration and it is similar to August (7,3 months). During this period the fish immigrates with a constant rate “ I ” (21 km/day or 5,65 °/month). The mean latitude of the catches is calculated by: $LAT_t = LAT_1 - I * (T - T_1)$.

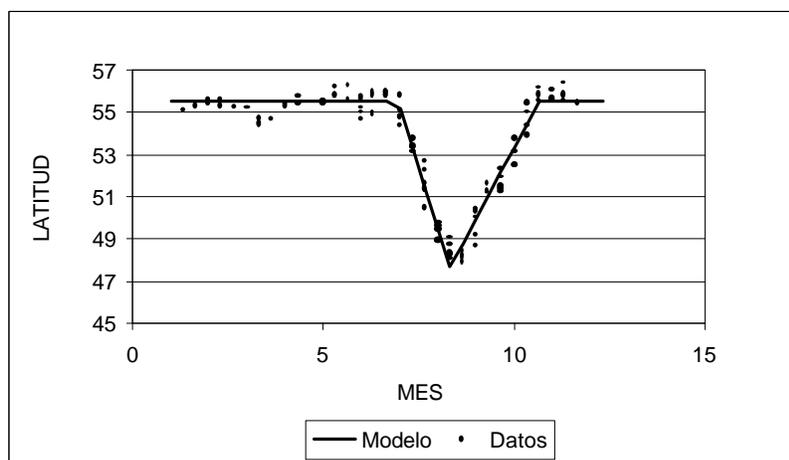
Period of emigration, where $T_2 > T \leq T_3$

T_3 is the time of term of the emigration that happens in October (9,66 months). During this period the fish emigrates with a constant rate “ E ” (12,5 km/day or 3,38°/month). The mean latitude of catches is calculated by: $LAT_t = LAT_{t=T_2} + E * (T - T_2)$.

Period of term, where $T > T_3$

The emigration has finished, the catches are carried out in the frontier in similar latitudes that to the beginning.

The fit of this model to data is shown in next graph



Once described the displacement pattern, Payá and Ehrhardt (1999) developed a new stock assessment model. This consisted basically on modeling the pulse of fish that enters to spawn and then it emigrates toward the Atlantic, for that which was integrated the information of the catch per unit of effort every ten days and the information of the acoustic survey of 1993. This model allowed to estimate the fishing mortalities, the changes of catchability due to reproductive concentration and the emigration rates.

The last stock evaluation (Payá et al 2000) incorporated modifications to the model of Payá and Ehrhardt (1999), incorporating the magnitude of the index of oscillation of the south (IOS) and their relationship with the magnitude of the reproductive aggregation that is formed by the middle of August in Chilean waters.

3. Model of SSB

The model possesses two sequential phases (Payá et al. 2000). The first one lapses from the entrance of the fish in July until the maximum reproductive concentration, the one that would be verified approximately in the first 10 days of August. This first phase is only modeled for the year 1993, given the scarce information available for the other years.

It is supposed that the entirety of the spawning stock enters in July and then the number of individuals (N) decline by natural mortality and catch (C), according to the equation:

$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2)} - C_t) * e^{(-M/2)}$$

and the mean number of individuals (\bar{N}) is calculated as

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2)} - C_t / 2$$

The second phase of the model begins once the resource has reached the maximum reproductive concentration in the month of August. Subsequently, the fish disintegrate and the emigration begins toward Atlantic waters; consequently, to the previous equations the term should be added "E" that corresponds to the rate of emigration every 10 days:

$$N_{t+1} = (N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t) * e^{(-M/2-E/2)}$$

$$\bar{N}_t = N_t * e^{(-M/2-E/2)} - C_t / 2$$

It is important to notice that "M" and "E" are referred to periods of 10 days. Therefore the value of annual M is divided by 36 (number of periods of 10 days in one year).

The concentration factor (FCR) describes the changes in the catchability coefficient (qt) regarding the value of November and it is estimated in function of the rate of change every 10 days (A).

$$FCR_t = 1 + A * (t - t_{noviembre})$$

Therefore, the catchability coefficient on time t, is considered as

$$q_t = q_{noviembre} * FCR_t$$

In consequence, the catch per unit of effort in individuals' number is calculated as the product among the mean abundance in number and the coefficient of catchability of the corresponding period

$$\hat{CPUE} = q_t * \bar{N}_t$$

And the instantaneous rate of mortality for fishing every 10 days, it is calculated as.

$$F_t = C_t / \bar{N}_t$$

At the same time that the abundance in number for age group is considered as.

$$N_{t,i} = \left(\frac{CPUE_{t,i}}{\sum CPUE_{t,i}} \right) * N_t$$

The total biomass, corresponds to the product among the abundance for age group and its mean weight.

$$B_t = \sum N_{t,i} * W_t$$

A key step of the model is to estimate the number of individuals in August that is when the maximum concentration is achieved and the spawn and emigration begin. To estimate this number two procedures are applied. For the year 1993 the number in August is considered from the changes in registered abundance of the acoustic survey of June and November, discounting the lost ones for fishing, emigration and natural mortality. For the rest of the years it is supposed that the availability (abundance) of fish in August is function of the IOS. Therefore the relative changes in the CPUE estimated by the model are tuned to the relative changes observed in the CPUE estimated from the IOS.

For this, they are considered the values of $CPUE_{IOS}$ of August of the different years (j) according to the values of the IOS and given the equation:

$$CPUE_{IOS,j} = a + bIOS_j + e$$

where “a” and “b” correspond to the parameters of the lineal relationship and “e” to the error. Then, the factor of change was calculated (FCA) of every year with regard to 1993:

$$FCA_j = \frac{CPUE_{IOS,j}}{CPUE_{IOS,93}}$$

The CPUE estimated by the model is calculated by:

$$CPUE_j = FCA_j CPUE_{93}$$

The mean number in August is calculated by

$$\bar{N} = \frac{CPUE_j}{W}$$

and the number at the beginning of August by

$$N = (\bar{N} + C/2) \exp(M/2 + E/2)$$

The procedure to fit the model to the data is carried out in two stages, the first one consists on estimating the emigration rate for the year 1993 (E93), considering for such effects that the number of individuals measured by acoustics corresponds the total present individuals in the moment of the survey, that is to say that the effective of the acoustic method is similar to 1. Then, the number of present individuals in June, less the losses for natural mortality, fishing mortality and emigration taken place between June and October, they should leave a number of survivors similar to the number of individuals registered in November by acoustics. Therefore the sum of squares to minimize is:

$$SCR_{noviembre} = \left(\hat{NACUS}_{noviembre} - NACUS_{noviembre} \right)^2$$

The second stage consists on estimating the slope (A) that determines the concentration factor and the emigration rates for the years 1995 to 1998, what is achieved minimizing.

$$SCR_{CPUE} = \sum_{a\tilde{n}o,t} \left(\ln(CPUEDAT_{a\tilde{n}o,t} + 1) - \ln(\hat{CPUE}_{a\tilde{n}o,t} + 1) \right)^2$$

where CPUEDAT is the catch per unit of effort observed.

DRAFT only, not to be cited

An overview of the life history, fisheries
and stock assessment of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*)

Compiled by Mary Livingston for Chilean workshop,
July 2001

NIWA
PO Box 14-901
Wellington

Introduction

The merluccid hake *Macruronus novaezelandiae* Hector (Figure 1) is found in New Zealand waters in depths of 200 to 800 m, mostly around the South Island. A closely related species *Macruronus magellanicus* is found off Chile and Argentina.

The total annual catch of hoki in New Zealand is about 250 000 t. Hoki are mostly caught off the west coast of the South Island, on the Chatham Rise, and on Campbell Plateau in Sub-Antarctic waters (Colman 1995). The life-cycle, recruitment and stock structure of New Zealand hoki are not well understood, however there has been some research which suggests that there are 2 sub-populations of hoki which are potentially vulnerable to localised over-exploitation. While the legislation requires that hoki are managed as a single fishstock (HOK1), the assessment treats the two sub-populations as two stocks.

Successful recruitment of hoki in New Zealand waters appears to be linked to periods of negative Southern Oscillation Index (SOI) which may produce favourable conditions for larval survival. The distribution of 0+hoki (less than 1 year old) shows that newly hatched larvae from spawning locations move inshore and around shallow coastal waters during the first year of life (Hurst et al 2001). Between ages 1 and 2, most hoki move from coastal waters to the Chatham Rise. As they reach maturity, (4-7 years), they move to deeper waters on the Chatham Rise to become part of the Eastern stock, or south to the Campbell Plateau to become part of the Western stock.

In this paper, we summarise current understanding of the biology and life cycle of hoki within the New Zealand oceanographic regime. We also describe the history of the New Zealand hoki fishery, the management regime, and the current approach to stock assessment. In conclusion, gaps in our understanding of hoki biology are given and directions for planned and other future research identified.

Export and economic statistics of hake

Total seafood exports from New Zealand in 2000 were worth about \$1.43 billion. Hoki accounted for \$311 million of these earnings, with major export markets in Japan, U.S.A. and Europe (New Zealand Industry Seafood Council 2001).

Most of the hoki catch is exported frozen, as headed and gutted or fillet product. There is some surimi product although this has dropped considerably in recent years.

Bathymetry and oceanography of the New Zealand region

The main islands of New Zealand (i.e. North Island, South Island, and Stewart Island) are located between latitudes 34° S and 47° S centered on longitude 175° E. Apart from South America, New Zealand is the closest substantial land mass to Antarctica. The 3 islands lie across the westerly wind flow which prevails between latitudes 40° S and 60° S, and the oceanography of the area is strongly influenced by the West Wind Drift, the circumpolar water movement induced by the westerly winds.

The New Zealand land mass that is above sea level is comparatively small (about 268 000 km²), but is surrounded by 3 large plateaux which extend out across the continental shelf and slope to a depth of 1000 m (Fig. 4a). The bathymetry greatly increases the effective size of the New Zealand land mass as an obstruction to the west wind drift. The largest plateau is the Campbell Plateau which extends south of the Stewart and Snares Islands shelf at 49° S to reach 1000 m depth at about 54° S. It briefly breaks the surface at Campbell Island and the Auckland Islands. Most of the Campbell Plateau is relatively flat and

lies at a depth of 300 to 600 m. The second largest plateau is the Chatham Rise which runs about 700 km eastwards from the ECSI to the Chatham Islands at the eastern end. The Chatham Rise has a narrow ridge at depths of 50 to 200 m which breaks the surface at the Chatham Islands. There are extensive flat areas at depths of 200 to 600 m. The third major plateau is the Challenger Plateau to the west, which links New Zealand with the Lord Howe Rise. Most of the flat portion of this plateau is deeper than 500 m.

Circulation in New Zealand waters is strongly constrained by the bathymetry. The Subtropical Front (labelled STF in Figure 1), which is the boundary between Sub-Tropical (STW) and Sub-Antarctic water masses (SAW), lies across New Zealand. To the west, the STF is ill-defined, but generally lies in the latitudes of the southern half of the South Island (Stanton 1973). The Challenger Plateau is therefore mostly bathed in STW. Around the south of the South Island and off the ECSI the STF is effectively the southern limit of the Southland Current, and the Campbell Plateau lies mostly in SAW. To the east of New Zealand the STF is attenuated by the Chatham Rise bathymetry and the STF is almost permanently located within 100 km north or south of the area.

2. BIOLOGY

Hoki are widely distributed throughout New Zealand waters from 34° S to 54° S, from depths of 10 m to over 900 m, with greatest abundance between 200 and 600 m. Large adult fish are generally found deeper than 400 m, while juveniles are more abundant in shallower water.

The two main spawning grounds on the WCSI and in Cook Strait are considered to have separate stocks, based on the geographical separation of these spawning grounds and a number of other factors (see section 3 “Stocks and areas” below).

Hoki migrate to spawning grounds in Cook Strait, WCSI and Puysegur areas in the winter months. Throughout the rest of the year the adults are dispersed around the edge of the Stewart and Snares shelf, over large areas of the Southern Plateau and Chatham Rise, and to a lesser extent around the North Island. Juvenile fish (2–4 yrs) are found on the Chatham Rise throughout the year.

Hoki spawn from late June to mid-September, releasing multiple batches of eggs. They have moderately high fecundity with an average sized female of 90 cm TL spawning over 1 million eggs in a season (Schofield and Livingston 1998). Not all hoki within the adult size range spawn in a given year. Winter surveys of both Chatham Rise and Southern Plateau have found significant numbers of large hoki with no gonad development, at times when spawning is occurring in other areas. Livingston *et al.* (1997) estimated that 67 to 82% of Southern Plateau hoki 7 years and older spawned in 1992 and 1993.

The main spawning ground is centred on the Hokitika Canyon off the WCSI. The planktonic eggs and larvae are dispersed north and south with the result that 0+ and one year old fish can be found in most coastal areas of the South Island. However the major nursery ground for juvenile hoki aged 2–4 years is along the Chatham Rise, in depths of 200 to 600 m. The older fish disperse to deeper water and are widely distributed on both the Southern Plateau and Chatham Rise. There is also strong circumstantial evidence from trawl surveys that hoki recruit to the Southern Plateau from the Chatham Rise. Analyses from the earlier Tangaroa trawl surveys (1992–95) suggest that most year classes disperse to other areas between 4 and 8 years old (Livingston and Schofield 1996).

Growth is fairly rapid with juveniles reaching about 27–30 cm TL at the end of the first year. There is some variability in growth rates, but hoki reach about 40–45, 50–55 and 60–65 cm TL respectively in the

following three years. Males appear to mature at 60–65 cm TL at 4–5 years, while females mature at 65–70 cm TL. From the age of maturity the growth of males and females differs. Males grow up to about 115 cm TL, while females grow to a maximum of 130 cm TL and up to 7 kg weight. Horn & Sullivan (1996) estimated growth parameters for the two hoki stocks (Table 2). Fish from the eastern stock sampled in Cook Strait are smaller on average at all ages than fish from the WCSI. Maximum age is from 20–25 years, and the instantaneous rate of natural mortality in adults is about 0.25 to 0.3 per year.

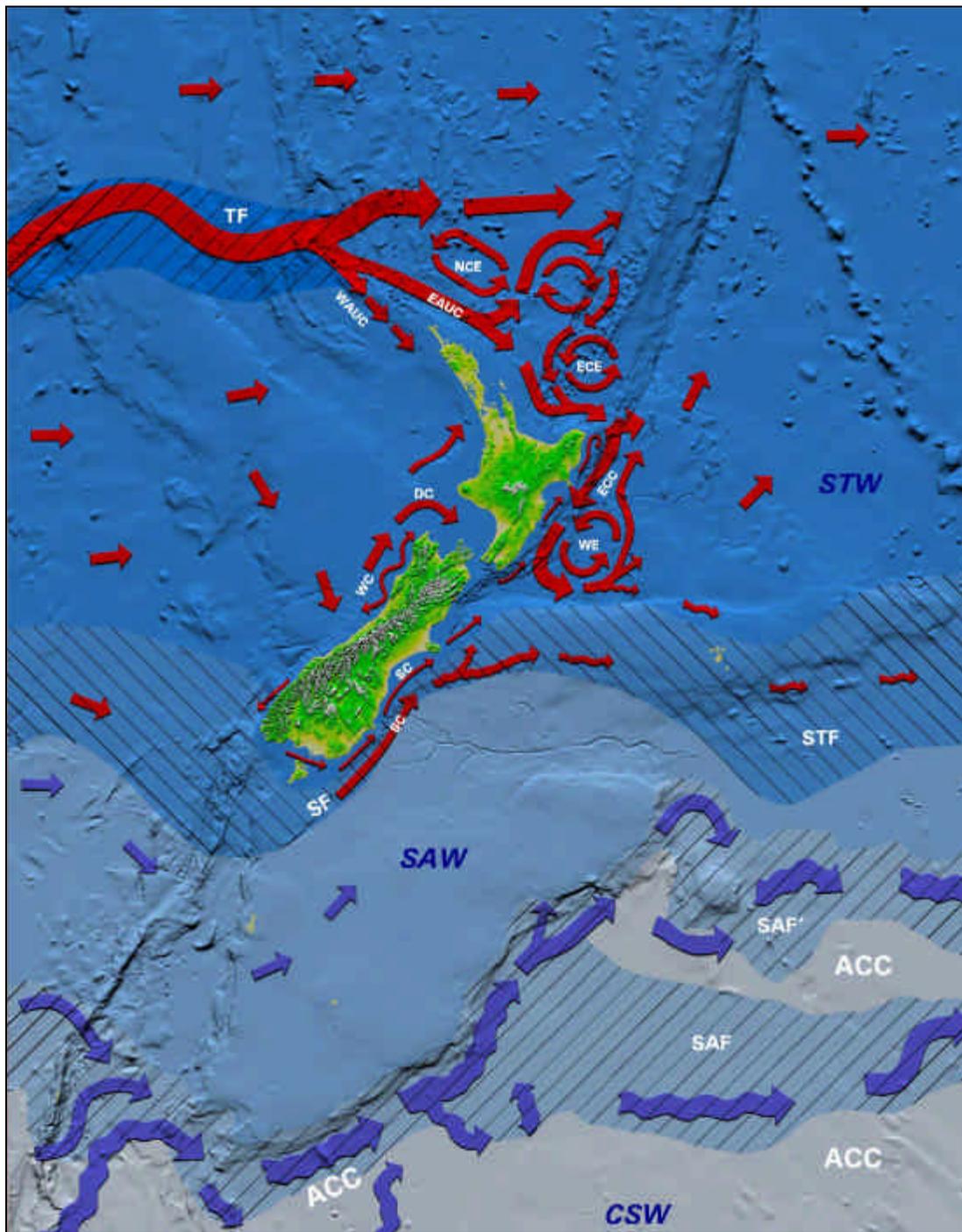


Figure 1: Surface circulation and water masses around New Zealand. (Carter et al. 1998. © NIWA. Not to be reproduced without permission.)

There is evidence that the ageing data become prone to errors as the fish grow older; in particular, this is a problem for estimating weak year classes. For example, the 1989 year class is showing up as an important component in the catch at age data of older fish, yet this year class is believed to have been extremely weak in comparison to the preceding 1988 and 1987 year classes. This also appears to be the case with the 1995 year class which is showing up strongly in the catch at age data, but was relatively weak compared with the preceding 1994 year class. Although attempts have been made recently to improve the accuracy of ageing data, the numbers at age used in the assessments presented here from both commercial and research samples are based on the original methodology (otolith readings) of Horn and Sullivan (1996).

Hoki feed in mid-water on small fish, crustaceans and squid (Stevens et al. in press), but are prey to many deep water species, particularly as juveniles.

Estimates of biological parameters relevant to stock assessment are shown in Table 2.

Table 2: Estimates of biological parameters

Fishstock	Estimate					
1. Natural mortality (M)						
	Females	Males				
HOK 1	0.25	0.30				
2. Weight = a (length)^b (Weight in g, length in cm total length)						
HOK 1	a = 0.006	b = 2.85	(Western stock)			
HOK 1	a = 0.004	b = 2.95	(Eastern stock)			
3. von Bertalanffy growth parameters (Horn & Sullivan 1996)						
	Females			Males		
	K	t₀	L_∞	K	t₀	L_∞
HOK 1	0.213	-0.60	104.0	0.261	-0.50	92.6 (Western stock)
HOK 1	0.161	-2.18	101.8	0.232	-1.23	89.5 (Eastern stock)
4. Recruitment parameters (both stocks)						
Steepness (Beverton & Holt stock recruit relationship)0.9						
Recruitment variability (std. deviation of log recruitment)				1.0		

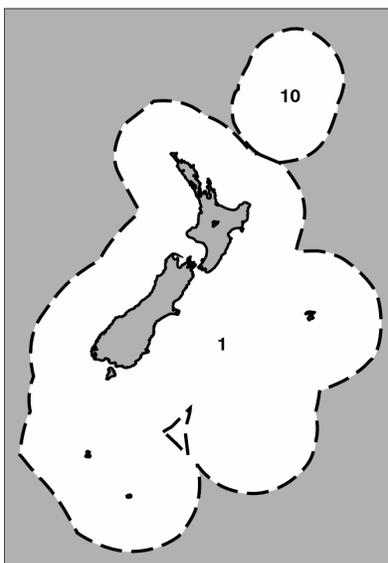
A study of links between hoki recruitment and climate variation found strong negative associations between year class strength of the western stock and the Southern Oscillation Index, WCSI sea surface temperatures, and westerly or southwesterly flow over the South Island (Bull & Livingston submitted). The results support earlier studies which have suggested that cooler conditions and negative SOI or 'El Nino' conditions favour western hoki recruitment. The results suggest that the conditions not only favour upwelling and therefore high productivity on the larval feeding grounds, but also transportation of larvae inshore to favourable feeding grounds (Livingston 1997)

3. STOCKS AND AREAS

Morphometric and ageing studies have found consistent differences between adult hoki taken from the two main dispersed areas (Chatham Rise and Southern Plateau), and from the two main spawning grounds in Cook Strait and WCSI (Livingston *et al.* 1992, Livingston and Schofield 1996, Horn and Sullivan 1996). These differences clearly demonstrate that there are two sub-populations of hoki. Whether or not they reflect genetic differences between the two sub-populations, or they are just the result of environmental differences between the Chatham Rise and Southern Plateau, is not known. No genetic differences have been detected with selectively neutral markers (Smith *et al.* 1981, 1996), but a low exchange rate between stocks could reduce genetic differentiation.

The Hoki Working Group has assessed the two spawning groups as separate stock units. The west coast of the North and South Islands and the area south of New Zealand including Puysegur, Snares and the Southern Plateau has been taken as one stock unit (the "western stock"). The area of the east coast South

Island, Mernoo Bank, Chatham Rise, Cook Strait and the east coast North Island up to North Cape has been taken as the other stock unit (the "eastern stock").



1. FISHERY SUMMARY

(a) Commercial fisheries

Historically, the main fishery for hoki has operated from mid-July to late August on the west coast of the South Island (WCSI) where hoki aggregate to spawn. The spawning aggregations begin to concentrate in depths of 300–700 m around the Hokitika Canyon from late June, and further north off Westport later in the season. Fishing in these areas continues into September in some years. Since 1988 another fishery has developed in Cook Strait, where separate spawning aggregations of hoki occur. The spawning season in Cook Strait also runs from late June to mid September, peaking in July and August. Small catches of spawning hoki are taken from other spawning grounds off the east coast South Island (ECSI) and late in the season at Puysegur Bank.

Outside the spawning season, when hoki disperse to their feeding grounds, substantial fisheries have developed on the Chatham Rise and to some extent in the Sub-Antarctic. These fisheries generally operate in depths of 400–800 m, peaking in December/January and May/June on the Chatham Rise, and October/November and April/May in the Sub-Antarctic. Out-of-season catches are also taken from Cook Strait and the east coast of the North Island, but these are small by comparison.

The hoki fishery was developed by Japanese and Soviet vessels in the early 1970s. Catches peaked at 100 000 t in 1977, but dropped to less than 20 000 t in 1978 when the EEZ was declared and quota limits were introduced (Table 1a). From 1979 on, the hoki catch increased to about 50 000 t until an increased TACC from 1986 to 1990 saw the fishery expand to a maximum catch in 1987–88 of about 255 000 t (Table 1b). The annual catch ranged from 175 000 t and 215 000 t from 1988–89 to 1995–96 fishing years (Table 1b) but increased to 246 000 t in 1996–97. The total catch for 1997–98 was estimated to be

the highest ever at 269 000 t, and has since reduced to 245 000 t in 1998–99, and 242 000 t in 1999–2000.

The pattern of fishing has undergone dramatic changes since 1987–88 when over 90% of the total catch was taken in the WCSI spawning fishery. The catch from the WCSI declined steadily from 1988–89 to 1995–96 but increased again from 1996–97 (Table 1c). In the Cook Strait fishery, which is primarily on spawning fish, catches rose from 1988–89 to 1995–96 but have since dropped. Non-spawning season catches on the Chatham Rise increased from 1993–94, peaked at 76 000 t in 1997–98, then decreased to 57 000 t in 1999–2000. This drop may be part due to efforts to reduce fishing pressure on the western Rise. However, this fishery remains the second largest hoki fishery in the EEZ for the third year running. Non-spawning season catches from the Sub-Antarctic were at 23–25 000 t for 3 years and then increased in the latest year to 33 500t. ECNI and Puysegur fisheries remained at similar levels to 1998–99, at 2 000 to 3 000 t each. Overall, there has been a marked reduction in the proportion of catch from spawning fisheries and an increase in the catch from year round fisheries since 1989–90 (Table 1d).

From 1986 to 1990 surimi vessels dominated the catches and took about 60% of the annual WCSI catch. However, since 1991, the surimi component of catches has decreased and processing to head and gut, or to fillet product has increased. Although a greater proportion of the total catch is still taken during the spawning season, the hoki fishery now operates throughout the rest of the year as well, producing high quality fillet product from both spawning and non-spawning fisheries.

Table 1: (a) Reported trawl catches (t) from 1969 to 1987–88, 1969–83 by calendar year, 1983–84 to 1987–88 by fishing year (Oct-Sept). Source – FSU data

Year	USSR	Japan	South Korea	New Zealand		Total
				Domestic	Chartered	
1969	–	95	–	–	–	95
1970	–	414	–	–	–	414
1971	–	411	–	–	–	411
1972	7 300	1 636	–	–	–	8 936
1973	3 900	4 758	–	–	–	8 658
1974	13 700	2 160	–	125	–	15 985
1975	36 300	4 748	–	62	–	41 110
1976	41 800	24 830	–	142	–	66 772
1977	33 500	54 168	9 865	217	–	97 750
1978*	2 028 †	1 296	4 580	678	–	8 581
1979	4 007	8 550	1 178	2 395	7 970	24 100
1980	2 516	6 554	–	2 658	16 042	27 770
1981	2 718	9 141	2	5 284	15 657	32 802
1982	2 251	7 591	–	6 982	15 192	32 018
1983	3 853	7 748	137	7 706	20 697	40 141
1983–84	4 520	7 897	93	9 229	28 668	50 407
1984–85	1 547	6 807	35	7 213	28 068	43 670
1985–86	4 056	6 413	499	8 280	80 375	99 623
1986–87	1 845	4 107	6	8 091	153 222	167 271
1987–88	2 412	4 159	10	7 078	216 680	230 339

* Catches for foreign licensed and New Zealand chartered vessels from 1978 to 1984 are based on estimated catches from vessel logbooks. Few data are available for the first 3 months of 1978 because these vessels did not begin completing these logbooks until 1 April 1978.

† Soviet hoki catches are taken from the estimated catch records and differ from official MAF statistics. Estimated catches are used because of the large amount of hoki converted to meal and not recorded as processed fish.

Table 1: (b) Reported catch (t) from QMS, estimated catch (t) from TCEPR and CELR data, and TACC (t) for HOK 1 from 1986–87 to 1999–2000

Year	Reported catch	Estimated catch	TACC
1986–1987	158 171	175 000	250 000
1987–1988	216 206	255 000	250 000
1988–1989	208 500	210 000	250 000
1989–1990	210 000	210 000	251 884
1990–1991	215 000	215 000	201 897
1991–1992	215 000	215 000	201 897
1992–1993	195 000	195 000	202 155
1993–1994	191 000	190 000	202 155
1994–1995	174 000	168 000	220 350
1995–1996	210 000	194 000	240 000
1996–1997	246 000	230 000	250 000
1997–1998	269 000	261 000	250 000
1998–1999	244 500	234 000	250 000
1999–2000	242 000	238 000	250 000

Note: Discrepancies between QMS data and actual catches from 1986 to 1990 arose from incorrect surimi conversion factors. The estimated catch in those years has been corrected from conversion factors measured each year by Scientific Observers on the WCSI fishery. Since 1990 the new conversion factor of 5.8 has been used, and the total catch reported to the QMS is considered to be more representative of the true level of catch.

Table 1: (c) Estimated* catch (t) of hoki by area, 1988–89 to 1999–2000

Fishing Year	Cook Strait	C.Rise, ECSI	ECNI	WCSI	Sub-Antarctic	Puys.	Unrep.	Total
1989–1990	14 000	13 000	–	165 000	10 000	8 000	–	210 000
1990–1991	26 500	12 500	–	154 000	18 000	4 000	–	215 000
1991–1992	25 000	46 000	–	105 000	34 000	5 000	–	215 000
1992–1993	21 000	43 000	2 000	98 000	26 000	2 000	3 000	195 000
1993–1994	37 000	24 000	2 000	113 000	12 000	2 000	1 000	191 000
1994–1995	40 000	39 000	1 000	80 000	13 000	1 000	–	174 000
1995–1996	67 000	50 000	3 000	73 000	12 000	3 000	2 000	210 000
1996–1997	61 000	58 000	5 000	91 000	25 000	5 000	1 000	246 000
1997–1998	53 000	76 000	4 000	107 000	24 000	2 000	3 000	269 000
1998–1999	46 000	74 000	2 500	96 000	23 000	3 000	–	244 500
1999–2000	41 000	57 000	2 000	105 000	33 500	2 500	1 000	242 000

Table 1: (d) Proportions of total catch

Fishing Year	Cook Strait	WCSI	Spawning fisheries (WCSI, Cook Str. Puys)	Non-spawning fisheries (C.Rise, ECSI, ECNI, SubAnt.)
1989–1990	7%	79%	89%	11%
1990–1991	12%	72%	86%	14%
1991–1992	12%	49%	65%	35%
1992–1993	11%	50%	62%	38%
1993–1994	19%	59%	80%	20%
1994–1995	23%	46%	69%	31%
1995–1996	32%	36%	67%	33%
1996–1997	25%	37%	64%	36%
1997–1998	21%	39%	60%	40%
1998–1999	19%	39%	59%	41%
1999–2000	17%	43%	61%	39%

* Estimated catches adjusted pro rata to the reported catch in Table 1(b) for 1994–95 to 1999–2000.

Total Allowable Commercial Catch (TACC)

In the 1999–2000 fishing year the TACC for HOK1 was 250 000 t. This applied to all areas of the EEZ except the Kermadec Fishery Management Area which had a TACC of 10 t.

Chartered vessels may not fish inside the 12-mile Territorial Sea and there are various size restrictions for vessels fishing within limited fishing zones around some parts of the coast. On the WCSI, a 25-mile line

closes much of the hoki spawning area in the Hokitika Canyon and most of the area south to the Cook Canyon to vessels larger than 43 m. In Cook Strait, the whole spawning area is closed to vessels over 43 m length. Since 1994–95, there has been an increase in the number of vessels <43 m total length; fishing inside the 25-mile line on the WCSI has increased.

2000 hoki spawning season (June–September 2000)

The total catch on the WCSI was 105 000 t, and 9 000 t higher than in 1999. Observer data show that the WCSI spawning fishery had few small fish with catches dominated by the 1991 to 1994 year classes. The WCSI female length frequency distribution was unimodal with the bulk of the female catch made up of the 1991 to 1996 year classes, the peak of which comprised primarily the 1991 to 1994 year classes. Fish from the strong 1987 and 1988 year classes are now a minor part of the catch. The male distribution was also unimodal and was made up of the 1991 to 1996 year classes. The peak at 76 cm, represents the 1994 year class.

In Cook Strait, the catch decreased from 46 000 to 41 000 t in 1999–2000. About 3 400 t of hoki was caught before the spawning season in this fishery. Length frequencies showed a bimodal distribution, with the left hand mode comprising the 1997 year class (age 3). No clear year class modes were apparent. There were fewer large male fish than females.

(b) Recreational fisheries

Recreational fishing for hoki is negligible.

(c) Maori customary fisheries

The level of this fishery is believed to be negligible.

(d) Illegal catch

No information is available about illegal catch.

(e) Other sources of mortality

There may be some dumping of small fish. If there is, however, the level is unknown. Net damaged fish have been recorded in the west coast fishery in some years. The extent of damage and resulting mortality is unknown.

4. STOCK ASSESSMENT

The stock assessment results presented here were completed in March/April 2001. New information included the results from the acoustic survey in July–August 2000 (WCSI), revised acoustic indices for the WCSI series, updated CPUE indices for the WCSI, trawl surveys of the Sub-Antarctic in December 2000 and Chatham Rise in January 2001, and the 1999–2000 catch at age data.

The hoki stock assessment was carried out for western and eastern stocks using research time series of abundance indices (trawl and acoustic surveys), catch, effort and catch at age data from the commercial fishery, and estimates of biological parameters. Results are presented from two alternative assessment models, each assuming two stocks that mix as juveniles but with a range of different structural

assumptions; one model uses the MIAEL estimation method and the other adopts a Bayesian approach. Both models were developed specifically for New Zealand hoki.

4.1 ABUNDANCE INDICES

Western stock

The new abundance indices available for the western stock were, updated CPUE indices, results from an acoustic survey in July–August 2000 (WCSI), revised acoustic indices for the WCSI series, results from a trawl survey of the Sub-Antarctic in December 2000, and the 1999–2000 catch at age data (WCSI).

Standardised indices of CPUE from 1990 to 2000 were estimated using a multivariate regression model similar to that described by Gavaras (1982), and as implemented by Vignaux (1994), Dunn & Harley (1999), and Langley *et al.* (2001). This employed a simultaneous forwards stepwise multiple regression that iteratively adds additional variables, based on the percentage change in model residual deviance, with a stopping rule of a change in residual deviance of less than 0.5%.

Mid-water tows by core vessels from the surimi, dressed and fillet fleets were analysed separately (see Langley *et al.* 2000). The surimi analysis showed a decrease in the yearly index since 1995 while the other 2 data sets both showed an increasing trend. The WG discussed the use of CPUE in the stock assessment and agreed not to use the surimi or fillet core vessels CPUE indices, but to include the CPUE indices for the dressed core vessels in various model runs. The surimi core vessels data set was not used, as the number of core vessels operating in the fishery had declined over time to the point where only 1 vessel operated and 31 tows were completed in 2000. The fillet and dressed data sets had larger numbers of core vessels throughout the period 1990–2000, but it was decided to use the dressed core vessels CPUE indices, as the data set was larger in each year. Both these series showed similar trends. The CPUE indices from the core dressed vessels showed an increase from 1990 to 1992, a decrease through to 1995, and then an increase to 1.63 in 2000 (Table 3).

Acoustic survey indices of abundance are shown in Table 3. The 2000 acoustic survey included a large scale trawl programme to estimate species mix in the northern strata (1&2 and 4), as it appeared that a significant proportion of the backscatter in these strata in 1997 and 2000 was produced by species other than hoki. The acoustic survey data collected in 2000 were used to produce an acoustic index of hoki biomass in winter 2000 and also to revise the earlier points in the time series (by accounting for mixed species layers in the northern strata).

An index for 2000 was calculated using three alternative methods: the “old” method (in which a small constant is subtracted from the backscatter in the northern strata), the “standard” method (where backscatter is partitioned amongst species on the basis of trawl catches assuming equal vulnerability across all species), and a model-based method where the data are fitted (and relative vulnerabilities across species are estimated). The old method was used on the 2000 data simply for comparative purposes (see Table 3). The “standard” method results were adopted by the Working Group. The model based method produced results similar to the standard method for hoki, but it requires some refinement as it attributed the largest proportion of the total biomass to hake (which was not considered a plausible result).

The earlier points in the acoustic time series were revised by using the “standard” method to partition backscatter from the mixed species layers in the northern strata. The species proportions each year were determined by using the Scientific Observer data (proportion by weight for each species) and species specific calibration constants determined from the observer data in 2000 and the acoustic-survey trawl data

in 2000. In a relative sense, the indices from the standard method differ most from the “old” indices in the years 1991 and 1997, with the standard time series showing less of an increase from 1990 to 1997 (Table 3). The index in 2000 is also much lower than that obtained using the “old” method (95% of the 1988 index, rather than 155%).

Trawl survey indices of abundance from the Southern Plateau are shown in Table 3. The survey in December 2000 continued a series of summer surveys carried out in 1991, 1992 and 1993. In addition there is a series of autumn trawl surveys in this area carried out in 1992, 1993, 1996 and 1998. The survey carried out in April-May 1993 has not previously been included in this series as it is not considered comparable to the other autumn surveys (the 1993 survey was carried out slightly later in the year), but it has been included in the UW/SeaFIC assessment presented here.

Eastern stock

The new abundance indices available for the eastern stock were, results from an acoustic survey in July-August 1999 (Cook Strait), results from trawl surveys of the Chatham Rise in January 2000 and 2001, and the 1999–2000 catch at age data (Cook Strait).

In 1999, an acoustic survey of the Cook Strait spawning grounds included 6 snapshots, with 2 snapshots in late July and 4 in mid August. The time series of spawning biomass indices from this area declined from 1988 to 1992, but increased in 1993 to twice the 1988 level. The indices remained high until 1995 but have since declined to about half that level (Table 3).

In the 1998 assessment, because of the pattern of increasing biomass through the season in the 1997 survey, the Hoki Working Group agreed to apply a correction factor to the 1995 and 1996 biomass indices to account for the possibility that the peak biomass abundance of these seasons had not been surveyed. The ratio of the last three snapshots to the first three snapshots in 1997 was 121% and this was used to increase the 1995 and 1996 estimates. The corrected indices were also used in this year’s assessment.

Another two trawl surveys in the Chatham Rise series were completed in January 2000 and 2001 by *Tangaroa*. These are directly comparable to the 9 previous surveys. The hoki biomass estimates in both surveys were considerably lower than previous surveys in the time series (Table 3). The 1998 year class appeared to be reasonably abundant at 2+ (Table 4) but the 1999 year class appeared very weak at 1 year old.

4.2 METHODS

(i) NIWA assessment model

The spatially disaggregated two-stock hoki model was used in the hoki stock assessment as in 1998 and 1999. The model is a component of an overall approach which has been refined over the last few years. The approach has three major components: the population model, the data inputs, and the estimation procedure. The population model is used to generate predicted values for any given set of parameters. The unknown parameters of the model (eg., virgin biomass, year class strengths, etc.) are estimated by a modified least squares fitting procedure: the estimates are those parameters which produce predicted values which “best” fit the observations (conditioned by an estimator performance criterion).

Table 3: Indices of stock abundance for the hoki stock assessments. – no data.

Year	CPUE (WCSI)	Acoustic Survey (WCSI)		Trawl survey Sub-Antarctic December (‘000 t) ¹	Trawl survey Sub-Antarctic April (‘000 t) ¹	Trawl survey Chatham Rise January (‘000 t)	Acoustic survey (Cook Strait) (‘000 t)
		Old method ² (‘000 t)	Standard ² (‘000 t)				
1988	–	274	247	–	–	–	128
1989	–	171	170	–	–	–	–
1990	1.00	160	143	–	–	–	–
1991	1.38	259	191	80.	–	–	77
1992	1.60	218	207	87	68	120	54
1993	1.33	383	334	100	54 ⁴	186	256
1994	1.10	–	–	–	–	146	244
1995	0.85	–	–	–	–	120	206
1996	0.95	–	–	–	89	153	97
1997	1.04	644	413	–	–	158	124
1998	1.25	–	–	–	68	87	68
1999	1.35	–	–	–	–	109	101
2000	1.63	426	235	56	–	72	–
2001	–	–	–	–	–	60	–

Notes:

1. Trawl survey results from Sub-Antarctic are total biomass estimates (‘000 t) in the core 300-800 m strata.
2. Old method acoustic indices were calculated assuming a low and constant background density of non-hoki targets in the survey area (as in previous years). The standard method indices use species mix estimates from *Tangaroa* catches in 2000 and Scientific Observer data collected during the acoustic snapshots.
3. The CPUE indices and standard method acoustic indices were used in both the NIWA and UW/SeaFIC assessments. Trawl survey data were not used as biomass indices, but instead split into age specific indices over a range of ages.
4. The biomass estimate from the April 1993 Sub-Antarctic survey was used in the UW/SeaFIC assessment but not in the NIWA assessment.

Table 4: Numbers of 2+ hoki from trawl surveys of the Chatham Rise in January 1992 – 2001.

Cohort	Number of 2+ hoki (millions)	
	Males	Females
1989	1.8	3.9
1990	3.1	2.9
1991	53.6	55.0
1992	47.9	48.6
1993	24.6	18.4
1994	83.5	82.7
1995	8.4	6.9
1996	16.6	12.4
1997	28.0	30.4
1998	26.3	24.4

Note: The abundance of 2+ (millions) at age was determined from otolith readings .

Population model

The population model is a two-stock adaptation of a succession of deterministic two-sex age-structured hoki models (Cordue *et al.* 1992, Cordue 1993c, 1994a, 1995). The earlier models were successive refinements of that of Mace & Doonan (1988). The model has a multi-stage annual cycle incorporating a two-stage pre-spawning season and a two-stage spawning season. Six areas are defined: eastern and western spawning grounds; the western home ground; the nursery, which is also the eastern home ground; and two "corridors" which are used to move fish between spawning grounds and the nursery. Each stock is assumed to have a Beverton-Holt spawning-biomass to recruitment relationship. Unknown parameters in the model include the virgin spawning biomass (B_0) of each spawning ground and the year class strengths of the cohorts spawned in each ground. Other parameters which may be specified or estimated within the model are: the proportion of fish spawned in a ground which as

adults return to spawn in the ground (100% for both grounds is equivalent to "stock fidelity"); and various migration parameters (eg. the proportion of mature western fish which spawn each year).

The pre-spawning season is split into two periods so that various March/April/May data can be used. During the March-May period hoki migrate from the Chatham Rise (nominally the nursery and eastern home ground) to the Sub-Antarctic (nominally the western home ground), and also from the Sub-Antarctic to WCSI (the western spawning ground). In the model, at the end of the first pre-spawning season period, a first wave occurs for the western spawning migration (Sub-Antarctic to WCSI). Similarly, the home migration (Chatham Rise to Sub-Antarctic) is split into two waves, with the first occurring at the end of the first pre-spawning season period. The second (final) waves of these migrations occur at the end of the pre-spawning season.

The model structure is unchanged from that used in the 1999 assessment (Cordue 2000a) except for an option of changing the point in the annual cycle when immature fish can become mature fish. In the 1999 formulation this could only happen at the start of the fishing year, prior to the migrations from the nursery ground to the western home ground. An option was added for the 2001 assessment whereby the maturation point could be moved to after the first nursery-western home wave, but before the first spawning wave. This enables western fish to move from the nursery ground to their home ground, mature, and spawn all in the same year.

Another model of "intermediate" complexity was used in one sensitivity test. This was implemented as a special case of the six-area model, but it was effectively a four-area model as the migration corridors were not used. It has no stock recruit-relationships and fish are only present in the population from age 2 years.

Data inputs

Before *Tangaroa* was available there were many bottom trawl surveys of the Chatham Rise and Sub-Antarctic by other research vessels. Prior to the 1998 assessment these data were not used in the formal assessment because they could not easily be incorporated into spatially-aggregated single-stock models. The Chatham Rise data are particularly problematic for single stock models because of the mixing of eastern and western fish on the Rise. With the introduction of the two-stock model the trawl survey data for earlier years were incorporated into the assessment. A description of the abundance data used in the NIWA assessment is given in Table 6. In addition, the estimated proportions of mature females at age on the Sub-Antarctic in April/May 1992 (Livingston *et al.* 1997) and April 1998 were used in the initial least squares fitting procedure.

The catch history is an important model input, and since 1998 the Chatham Rise catches have been input directly into the model rather than being arbitrarily split into catches from the eastern and western stocks. The estimated catches for 1999–2000 (*see* Table 1c) were assumed for the 2000–01 fishing year.

In the intermediate model, the Southland data and all observations of 1 year old fish were excluded from the analysis.

Estimation method

A MIAEL estimation procedure was used (Cordue 1993a, 1993b, 1993c, 1994a, 1995, 1998, 1999, 2000a, 2000b). MIAEL estimation is a general estimation method which was developed specifically for fisheries risk analysis. The idea behind the approach is that an optimal estimator should be used for any given estimation problem, rather than relying on the usual estimators which generally only have optimal asymptotic properties. A MIAEL estimator is usually determined by simulation: a class of estimators is searched for the one which has the best average performance for a given definition of estimation loss.

Table 6: A description of the data used in the NIWA assessment model. The years for individual time series are indicated by ranges when the years are consecutive, and are enclosed in curly brackets when they are not

Survey area	Method*	Data type	Years	Ages	
				Male	Fem
WCSI	Acoustics [§]	Biomass	{1988–93, 1997, 2000}	–	–
	CPUE [#]	Biomass	1990–2000	–	–
	Observers (otoliths)	Catch proportions	1988–2000	3–11	3–12
Sub-Antarctic	Observers (MIX)	Catch proportions	1992–98	2–6 ⁺	2–6 ⁺
	<i>Shinkai Maru</i> (MIX)	Numbers	1982	3–6 ⁺	3–6 ⁺
	<i>Shinkai Maru</i> (otoliths)	Numbers	1983	2–11	2–12
	<i>Amaltal Explorer</i> (MIX)	Numbers	1989–90, 1990	2–6 ⁺	2–6 ⁺
	<i>Tangaroa</i> (otoliths)	Numbers	{1991–93, 2000} {92},{92, 96, 98}	1–11 ⁺	1–12 ⁺
	<i>Tangaroa</i> (otoliths)	Proportion spawning	{1992, 1998}	–	3–9 ⁺
Southland	<i>Tangaroa</i> (length data)	Numbers	1993–96	1–2	1–2
Cook Strait	Acoustics	Biomass	{1988, 1991–99}	–	–
	Shed sampling (otoliths)	Catch proportions	1988–2000	3–11	3–12
Chatham Rise	Observers (MIX)	Catch proportions	1992–98	2–6 ⁺	2–6 ⁺
	<i>Shinkai Maru</i> (MIX)	Numbers	1986	2–6 ⁺	2–6 ⁺
	<i>Shinkai Maru</i> (otoliths)	Numbers	1983	1–10 ⁺	1–11 ⁺
	<i>Amaltal Explorer</i> (MIX)	Numbers	1989	2–6 ⁺	2–6 ⁺
	<i>Tangaroa</i> (otoliths)	Numbers	1992–2001	1–10 ⁺	1–11 ⁺

* For trawl surveys the vessel name is given with the method of ageing in parentheses.

+ Denotes a plus group

Used in the CPUE run with both acoustics time series excluded.

§ Used in the basecase run, with the WCSI CPUE time series excluded.

One of the components of MIAEL estimation is a natural measure of estimator performance. The “performance index” (PI) is a measure of the “information content” of the available indices or the reliability of the MIAEL estimates. A low performance index indicates that the estimated quantity is not well estimated within the range of possible values. Note, the range of possible values may be very restricted so the estimated quantity may be well known, but the observed data may not add significantly to its determination. However, PIs can sometimes being difficult to interpret and an alternative presentation of uncertainty has been developed for MIAEL estimates (Cordue 2000b) which is used in this report. It involves the construction of a MIAEL frequency distribution. The MIAEL estimate is approximately at the mean of the distribution and the spread and shape of the distribution represent the certainty with which the quantity is estimated. The MIAEL distribution has been used to construct “confidence intervals” at a specified level of confidence. These intervals are not confidence intervals in the strict statistical sense.

A two-stage MIAEL estimation procedure was used. In the first stage, least squares point estimates of many model parameters were made. The parameters included the virgin biomasses, year class strengths, fishing selectivities, trawl survey vulnerabilities, and maturity and migration parameters. In the second stage, MIAEL estimation was used with all parameters assumed equal to their point estimates from the first stage except for virgin biomasses, year class strengths, and trawl survey vulnerabilities (and relative abundance proportionality constants). At all stages, time series and indices within time series were assigned relative weights (across time series and within time series) as in the 1999 assessment (Cordue 2000a).

Bounds on each quantity estimated were obtained for the MIAEL estimation, as in 1999, from a bootstrap distribution (bootstrapping on the least squares estimates of biomass and year class strength obtained in the first stage). Bounds on virgin biomass were obtained directly from the bootstrap distribution (with the appropriate projection function) using a 99% confidence interval. For derived function values, such as current biomass or stock risk, the appropriate function was applied to each simulated parameter estimate to obtain a distribution for the derived value; a 99% confidence interval was then used as bounds for the MIAEL estimation.

Penalty functions

The least squares estimator was modified (on most runs) by imposing a variety of penalty functions. The first two functions were the same as those used in 1998 and 1999: a penalty on year class strength estimates that did not average to 1 (for each stock) and a penalty on estimated proportionality constants that differed between area within "method" (i.e., for the two acoustics time series, and for trawl surveys of the Chatham Rise and Sub-Antarctic by the same vessel). The penalties were not severe enough to force the year class strengths to average to 1, or the proportionality constants to be equal, but they strongly encouraged these effects.

Two additional penalty functions were added in 1999: a penalty on non-zero fourth differences for the fishing selectivities and the trawl survey vulnerabilities (this effectively imposes a cubic parameterisation on each selectivity or vulnerability, having a smoothing effect on them, and reducing the effective number of free parameters); and a penalty on female selectivities and vulnerabilities if greater than males at the same age (females should probably have less or equal vulnerability at age than males since they are on average larger).

In 2001, one further penalty function was added: a penalty on the *Tangaroa* and *Shinkai Maru* proportionality constants differing for the same area.

Basecase and sensitivity runs

Numerous preliminary runs were done to the least squares stage of the MIAEL procedure to explore sensitivities to the data inputs, penalty functions, and model assumptions. On the basis of *a priori* assumptions (and the lack of sensitivity in the least squares results to some model assumptions) a basecase run was chosen. This is characterised by the following features:

- All the data in Table 6 are used (excluding the WCSI CPUE time series)
- Full maturity is no later than age 8 years
- Maturation cycle point is after the first migration wave from the nursery to the western home
- Bell-shaped fishing selectivities and trawl vulnerabilities in the home grounds
- Use of all penalty functions
- Equal selectivity pattern across all ages and both sexes for every WCSI spawning season

Five sensitivity runs were chosen to be taken through the full MIAEL estimation procedure:

- CPUE data set (excludes both acoustic time series)
- Lower values of natural mortality
- Higher values of natural mortality
- Excluding the *Tangaroa-Shinkai Maru* penalty function
- Using the "intermediate" model

In this report, detailed results are presented only for the basecase (acoustics data set) and CPUE sensitivity but the results for the other sensitivities are described.

(ii) University of Washington/SeaFIC (UW/SeaFIC) assessment model

A new Bayesian two-stock model was constructed for hoki for the 2001 stock assessment. This model addresses the complex dynamics of the mixed-stock hoki population using a minimum number of areas and movement parameters. It encompasses four areas: two spawning fisheries (west coast South Island and Cook Strait) and two non-spawning fisheries (Chatham Rise and Sub-Antarctic). Juvenile fish from both

stocks rear only on the Chatham Rise but western stock fish gradually move off the Chatham Rise and move to the Sub-Antarctic. This model assumes that mature fish on the Chatham Rise only belong to the eastern stock and that the Sub-Antarctic only contains western stock fish. The ogive which controls the movement of western stock fish to the Sub-Antarctic assumes that only immature fish move and that all western fish have moved off the Chatham Rise by age eight.

Maturity is handled differently in this model compared to the NIWA model. The maturity proportions by age are calculated for the entire population, regardless of which region the fish are located and the eastern and western stock fish have the same estimated maturities. Selectivities for each of the spawning and non-spawning fisheries are age and sex specific, with logistic parameterisations for the spawning fisheries. Selectivities were not estimated for the two trawl surveys, except for ages 2 and 3 on the Chatham Rise.

The model assumes that each stock begins with an equilibrium age structure but this is scaled by a stock-specific parameter which allows for starting the population at a level other than the biomass level generated by average recruitment in the absence of fishing (virgin biomass or B_0).

The Bayesian procedure uses uniform priors with very wide bounds for the mean recruitment and the recruitment deviations. Normal priors have been adopted for the natural mortality and initial deviation priors (Table 8). Uniform priors with wide bounds are used for all other parameters, including selectivity, maturation, and movement parameters.

The model was fitted to catch-at-age data from the fishery, acoustic and *Tangaroa* trawl survey indices, a set of CPUE indices, proportion-at-age data from the surveys and proportion mature-at-age data from histological studies in the 1992 and 1998 Sub-Antarctic surveys (Table 7). All abundance indices were assumed to be log-normally distributed with known coefficients of variation. Catch at age proportions were assumed to be multinomially distributed with an effective sample size of 100 (except for the non-spawning fisheries which had an effective sample size of 1).

Following standard practice in assessments worldwide, the Bayesian procedure was conducted in three steps: first, the mode of the posterior distribution (MPD) was found by maximising the product of the likelihood and the priors with respect to model parameters (virgin biomass, recruitment multipliers, maturity and selectivity parameters, and catchabilities); second, samples of the posterior distribution of parameters were generated using Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods (Hastings algorithm as implemented in the software AD Model Builder), and the mean, median and 90% confidence intervals of the parameters of interest were estimated from these samples; third, 5-year projections were generated under four fixed catch policies using starting values and parameters sampled from the Bayesian posterior. The last step was used to compute fishery performance indicators and biomass trajectories. Sensitivity of the results with respect to some of the model assumptions was evaluated.

Parameters estimated and priors used

A total of 95 parameters are estimated in the Bayesian two-stock model (Table 8). Most of these parameters specify annual deviations from average recruitment from 1976 to 1998, the movement by sex and age off the Chatham Rise for the western stock, and selectivities by sex and age for the non-spawning fisheries. Other estimated parameters include natural mortality by sex, the average level of recruitment for each stock, the proportion of mature hoki which spawn in each year, maturity and spawning fishery selectivity parameters. The latter two parameter categories are parameterised as a logistic function.

Table 7: Data used in the Bayesian models for the western and eastern stocks. The years for individual time series are indicated by ranges when the years are consecutive.

<u>Method & Area</u>	<u>Data type</u>	<u>Years</u>	<u>Ages Used</u>
West Coast South Island			
WCSI Acoustics	Biomass	1988–93, 1997, 2000	–
WCSI CPUE	Biomass	1989–90 to 1999–00	–
WCSI Catch-at-age (observer data)	Catch proportions	1987–88 to 1999–00	2-13+
Cook Strait			
Cook Strait Acoustics	Biomass	1988, 1991-99	–
Cook Strait Catch-at-age (shed sampling)	Catch proportions	1988–98	2-13+
Chatham Rise			
Chatham Rise <i>Tangaroa</i>	Total Number & Proportions at age	1992–2001	13+
Chatham Rise: Catch-at-age (observer data)	Catch proportions	1990–91 to 1996–97	2-6+ (Mix data)
Sub-Antarctic			
Sub-Antarctic <i>Tangaroa</i> –Summer	Abundance & Proportions at age	1991-93, 2000	13+
Sub-Antarctic <i>Tangaroa</i> –Autumn	Abundance & Proportions at age	1992, 1993, 1996, 1998	13+
Sub-Antarctic <i>Tangaroa</i> –Autumn	Maturity Proportions – female	1992, 1998	3-9 (1992) 3-10 (1998)
Sub-Antarctic: Catch-at-age (observer data)	Catch proportions	1990–91 to 1996–97	2-6+ (Mix data)

Table 8: Estimated parameters for the model run designated “1” in Table 9 and their associated priors. The number of estimated parameters is limited by the years for which recruitment multipliers are estimated (1976 – 1998), no survey selectivities are estimated except for the Chatham Rise for ages 2 and 3, all western stock hoki have moved off the Chatham Rise by age 8 and the plus group is fixed at age 13. U: uniform prior with indicated bounds; N: normal distribution prior with indicated mean and variance.

<u>Number of parameters</u>	<u>Parameter</u>	<u>Parameter description</u>	<u>Prior/bounds</u>
1	R_0	Average recruitment level	U[0,]
1	k	Fraction of recruitment in eastern stock	U[0.2,0.4]
2	d_0^E, d_0^W	Recruitment multiplier by stock for the initial year	N[1,0.25 ²]
44	d_y^E, d_y^W	Annual recruitment multiplier by stock (mean=1)	U[0,1000]
2	M^s	Natural mortality by sex s	$M^M \sim N[0.3, 0.035^2]$ $M^F \sim N[0.25, 0.035^2]$
2	${}^{50}m^s$	50% maturation by sex s	U[1,6]
2	${}^{95}m^s$	95% maturation by sex s	U[1,10]
14	p_a^s	Movement for sex s and age a (non-decreasing with age)	U[0,1]
2	l_a^v	Survey selectivity for survey V and age a	U[0,1]
2	${}^{50}f_R$	50% fishery selectivity for spawning fishery R	U[1,10]
2	${}^{95}f_R$	95% fishery selectivity for spawning fishery R	U[1,10]
20	$f_{r,a}^s$	Fishery selectivity for non-spawning fishery R , sex s and age a	U[0,1]
1	g	Proportion of mature fish that spawn Prior to ensure that recruitment multipliers for eastern and western stocks are the same in 1998	U[0.001,1] $d_{1998}^E - d_{1998}^W \sim N[0,0.25^2]$

Runs investigated

Following extensive sensitivity testing using MPD runs only, four runs were investigated using the full MCMC Bayesian assessment model (Table 9). These varied in terms of the data used, the estimation of initial deviations relative to B_0 , and the age at which the age composition data are accumulated (plus group).

Table 9: Runs investigated with the Bayesian assessment model. Data sources are listed in Table 7 and the “plus group” is the age at which age composition data are accumulated. Also presented is the length of the MCMC chain for each of the Bayesian runs.

<u>Run</u>	<u>Data Used</u>	<u>Plus Group</u>	<u>Initial Biomass = B_0</u>	<u>Length of MCMC chain</u>
1	Trawl & CPUE	Age 13	No	3 000 000
2	Acoustic & Trawl	Age 13	No	3 000 000
3	Trawl & CPUE	Age 13	Yes	2 521 000
4	Trawl & CPUE	Age 10	No	2 478 000

(iii) Comparison of assessment procedures

The NIWA and UW/SeaFIC assessment methods have many similarities, yet several differences which in combination could produce quite different assessment results. Each assessment method has three distinct components: the population dynamics model, the data inputs, and the estimation procedure.

Population model

Both procedures use deterministic spatially disaggregated, two-sex, age-structured, two-stock models. The NIWA model is more complex than the UW/SeaFIC model having six areas instead of four, with more parameters and more time periods in the annual cycle. The extra areas and time points allow the NIWA model to use a larger set of observations. However, this is at the cost of increased complexity including more unknown parameters.

One point of difference, which could be important is in the parameterisation of commercial fishing selectivities and trawl survey vulnerabilities. The NIWA model uses bell-shaped curves for the non-spawning grounds whereas the UW/SeaFIC model has monotonic increasing curves.

Data inputs

There is a very large volume of data available for use in hoki assessments. As much data as possible is used in the NIWA assessment including early trawl survey data collected in the 1980s by *Shinkai Maru* and in 1989 and 1990 by *Amaltal Explorer*. In the UW/SeaFIC assessment the trawl survey data are restricted to that collected by *Tangaroa* on the Chatham Rise and Sub-Antarctic. As already stated, each approach is valid, in one case more data but with more parameters, in the other less data and fewer unknown parameters to estimate. Apart from the early trawl survey data, the other differences in data inputs are:

- the UW/SeaFIC assessment uses a plus group for the older ages in the spawning season catch at age, but the age classes are truncated in the NIWA assessment;
- the 1993 April-May *Tangaroa* Sub-Antarctic abundance data are used in the UW/SeaFIC assessment but are not included in the NIWA assessment;
- the trawl survey estimates of 1 and 2 year old hoki collected from the Southland area by *Tangaroa* (1993-96) are used in the NIWA assessment.

Estimation procedures

There are major differences in estimation procedures between the two assessments. UW/SeaFIC use a Bayesian estimation approach with uniform prior distributions on most parameters. NIWA use MIAEL estimation.

The NIWA procedure uses a least squares estimator in the construction of the MIAEL estimators. The least squares estimates of YCS and biomass trajectories are often useful for interpreting the MIAEL estimates. Similarly, in the UW/SeaFIC procedure MPD estimates can also provide useful insights into the consequent Bayesian estimates. A fundamental difference in the estimation procedure is found in the

contrast between the least squares and MPD estimators. No distributional assumptions about the observations are made in the formulation of the least squares estimator and it incorporates several penalty functions which encourage joint relationships between otherwise independent parameters. In contrast, the MPD estimator is derived from the distributional assumptions made about the observations and imposes no internal relationships between independent parameters.

These “preliminary” estimators differ in the following ways:

- there appear to be different effective weightings between the commercial catch at age data, the trawl survey abundance indices, and the acoustic or CPUE indices (depending on the run); the NIWA estimator appears to give more weight to the biomass indices (acoustic or CPUE) relative to the catch at age data, than the UW/SeaFIC estimators.
- the NIWA estimator has an imposed relationship between the proportionality constants (qs) for a given “method” across areas (e.g., the acoustic q in Cook Strait cannot be very different from the acoustic q on the WCSI; similarly for trawl surveys by the same vessel in different areas). Also in the basecase NIWA run, the *Tangaroa* and *Shinkai Maru* qs are encouraged to be similar.

There are three other differences of note:

- in the UW/SeaFIC estimation the starting biomass (that just prior to fishing) is allowed to differ from the mean virgin biomass for runs 1, 2 and 4. In the NIWA procedure these parameters are equivalent.
- penalties are imposed by both estimators if catches in the spawning grounds are too large relative to the spawning biomass. In the UW/SeaFIC assessment this imposes a limit of 95% on the catch to spawning biomass ratio (in each ground). However, in the NIWA estimation procedure, an effective limit of 80% exists in the eastern spawning ground with a limit of 56% in the western spawning ground (the latter allows for the closed area on the WCSI).
- Bounds are imposed on the trawl and acoustic survey qs in the NIWA estimation procedure. In the UW/SeaFIC procedure the qs are unbounded.

(iv) Fishery performance indicators

Risk to the stock was assessed by the NIWA model. The other performance indicators (numbered 2-7 below) were estimated by the UW/SeaFIC model.

1. Stock risk $P(B_{low} < 0.2 B_0)$

where B_{low} is the minimum mid-spawning season biomass in any year from 2001 to 2006, and B_0 is the virgin mid-season biomass. Therefore, this is the probability that mid-season stock size will fall below 20% of the unexploited stock size in any year from 2001 to 2006.

2. Stock risk in 2002 $P(B_{2002} < 0.2 B_0)$

where B_{2002} is the mid-spawning season biomass in 2002, and B_0 is the virgin mid-season biomass.

3. Ratio B_{2005}/B_{2000} $E(B_{2005}/B_{2000})$

The expected ratio of the mid-spawning season biomass in 2005 relative to the mid-spawning season biomass in 2000.

4. Ratio B_{2005}/B_0 $E(B_{2005}/B_0)$

The expected ratio of the mid-spawning season biomass in 2005 relative to the mid-spawning season biomass at the level generated by average recruitment in the absence of fishing (B_0).

$$5. \quad \text{Probability } B_{2005} < B_{2000} \quad P(B_{2005} < B_{2000})$$

The probability that the mid-spawning season biomass in 2005 will be less than the mid-season biomass in 2000.

$$6. \quad \text{Final year risk} \quad P(B_{2005} < 0.2 B_0)$$

where B_{2005} is the mid-spawning-season mature biomass on the spawning grounds in 2005 and B_0 is the mid-spawning season biomass at the level generated by average recruitment in the absence of fishing. This is the probability that the mid-season stock size at the end of the projection will be less than 20% of the stock size that is generated by average recruitment in the absence of fishing.

$$7. \quad \text{Final year risk} \quad P(B_{2005} < 0.3 B_0)$$

where B_{2005} is the mid-spawning-season mature biomass on the spawning grounds in 2005 and B_0 is the mid-spawning season biomass at the level generated by average recruitment in the absence of fishing. This is the probability that the mid-season stock size at the end of the projection will be less than 30% of the stock size that is generated by average recruitment in the absence of fishing.

(v) Analysis of management policies

The UW/SeaFIC model evaluated performance indicators 2 to 7 (above) at four catch levels which were split between the four main fisheries using the observed proportions of catch in the 1999–2000 fishing year (Table 10a). The NIWA model estimated performance indicator 1 for the current TACC using the values given in Table 10b.

Table 10: Catch splits ('000 t) used for risk analyses based on the distribution of catch in the four main fisheries in 1999–2000.

(a) UW/SeaFIC model

<u>Policy</u>	<u>Cook Strait</u>	<u>West Coast</u>	<u>Chatham Rise</u>	<u>Sub-Antarctic</u>
250	50	107	59	34
200	40	86	48	27
150	30	64	36	20
100	20	43	24	14

(b) NIWA model

<u>Policy</u>	<u>Cook Strait</u>	<u>West Coast</u>	<u>Chatham Rise</u>	<u>Sub-Antarctic</u>
250	40	115	60	35

4.2 RESULTS

4.2.1 Western stock

(i) NIWA results (MIAEL estimates)

Year Class Strength

The relative strengths of year classes spawned from 1972 to 1998 were estimated in the first step of the estimation procedure (Figure 1). The pattern of YCS estimates is very similar between the two runs. The other

sensitivity runs also had a similar pattern of YCS estimates to the basecase (with some exceptions in the early 1970s where the high-M run had higher estimates and the low-M run had lower estimates).

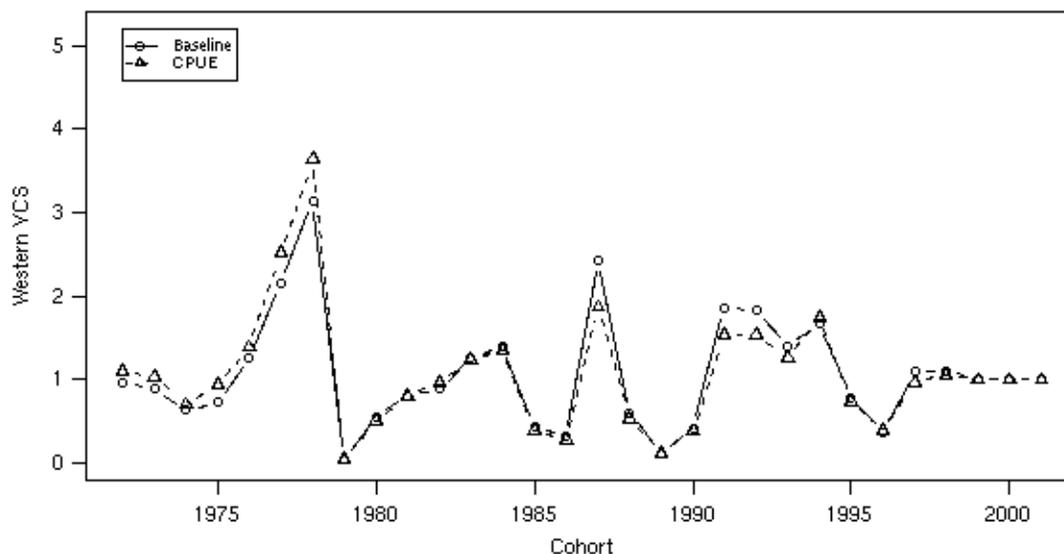


Figure 1: NIWA results: least squares estimates of year class strengths (YCS) for the western stock in the basecase and CPUE runs. YCS is assumed to be 1.0 from 1999.

Biomass estimates

Virgin and current biomass were estimated for the western stock. In terms of virgin biomass the basecase and CPUE runs gave very similar estimates, but for current biomass the CPUE is somewhat more pessimistic (Table 11, Figure 2). Compared to the basecase, lower values of natural mortality give more pessimistic estimates, and higher values more optimistic estimates (for both virgin and current biomass). Excluding the *Tangaroa-Shinkai Maru* penalty gives more optimistic results and the intermediate model gives very similar results to the basecase.

The biomass trajectories for the basecase and CPUE runs have a similar shape, both peaking in the mid 80s, reaching a minimum in 1994 or 1995, a secondary peak in 1999 (with the strong recruitment from the 1991–94 cohorts) before declining in 2000 and 2001 (Figure 2). The other sensitivities show a similar pattern, but with varying levels in the mid 80s peak (high-M highest, low-M lowest) and subsequent trends.

Table 11: NIWA results: MIAEL estimates of biomass for the western stock, with the associated least squares estimates (Lsq.), the MIAEL 99% intervals, and the *best p* values (*best p* is the proportion of the Lsq. estimate used in the MIAEL estimate). B_{current} is the 2001 mid-season biomass on the spawning grounds as a percentage of virgin biomass (B_0)

	Run	<i>best p</i>	Lsq.	MIAEL estimate	99% interval	
B_0 (t)	Basecase	0.45	699	768	653	1024
	CPUE	0.38	722	773	669	972
B_{current} (% B_0)	Basecase	0.62	42	38	22	68
	CPUE	0.57	30	30	18	47

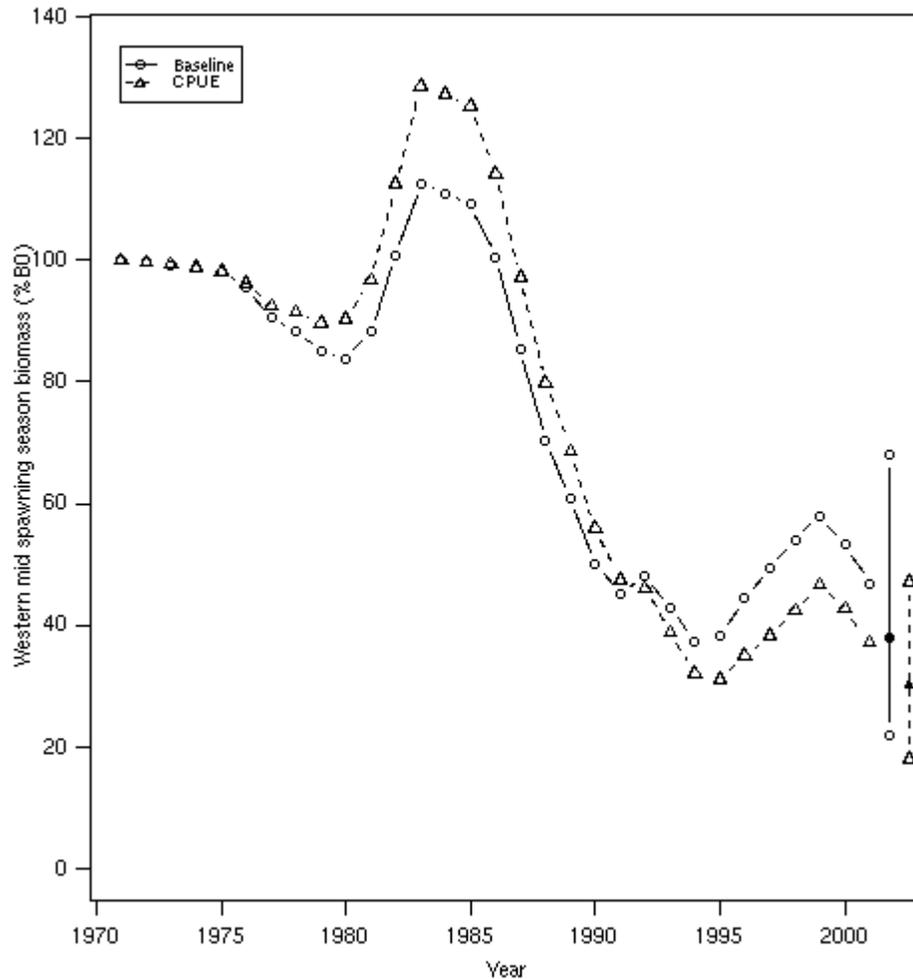


Figure 2: NIWA results: least squares western stock biomass trajectories and the MIAEL estimates of current biomass and their 99% intervals for the basecase and CPUE runs.

(b) Stock projections

The estimated 5 year stock risk is large for both runs (Table 12). The 2002 stock risk was also estimated. However, as this risk tends to be either 0 (if current biomass is above about 35% B_0) or 1 (if current biomass is below about 25% B_0), it is very difficult to estimate (within the range) and the MIAEL estimates were very poorly defined (and are not reported).

Table 12: NIWA results: MIAEL estimates of stock risk for the western stock, with the associated least squares estimates (Lsq.), the MIAEL 99% intervals and the *best p* values (*best p* is the proportion of the Lsq. estimate used in the MIAEL estimate).

Run	<i>best p</i>	Lsq.	MIAEL estimate	99% interval	
Basecase	0.60	0.71	0.62	0.06	1.00
CPUE	0.60	0.87	0.75	0.25	1.00

(ii) UW/SeaFIC results (Bayesian estimates)

Year class strength

The Bayesian procedure estimates the relative year class strengths using the catch at age data, survey proportion at age data and the abundance indices. The recruitment multipliers are given a wide uniform prior which is parameterised so that the mean is equal to one but no distributional assumptions are made.

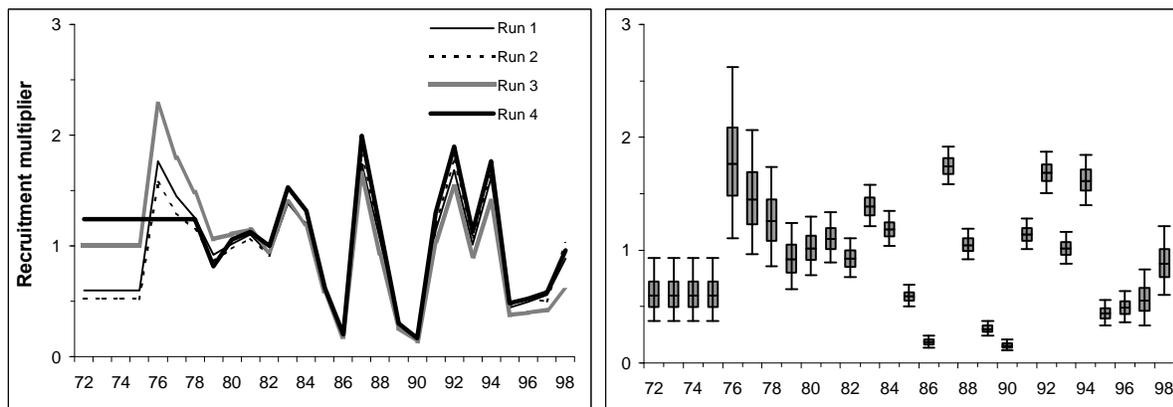


Figure 3: UW/SeaFIC results for the western stock: [Left panel] Median recruitment multipliers for the four runs presented in Table 9. [Right panel] posterior distributions by year for the recruitment multipliers for “Run 1” (Table 9). Upper and lower “whiskers” show the 95% and 5% probability bounds, the top and bottom of the shaded boxes show the 75% and 25% probability bounds, and the central line is the median.

A comparison of the median recruitment deviations for the four Table 9 runs shows that the main differences between these runs lie in the model estimates of the early recruitment deviations (Figure 1 [left panel]). Model estimates of initial recruitment are less than one-half average when the “plus group” is set to age 13 and initial deviations are estimated (Runs 1 and 2; Figure 1 [left panel]). This probably occurs because the model obtains a better fit to the catch-at-age data by reducing the relative strength of the plus group in the early years. When the “plus group” is reduced to age 10, the initial deviations are estimated at higher than average (Run 4; Figure 1 [left panel]). However, the estimated recruitment deviations for all the runs become similar by about 1980 (once there is a reasonable amount of age composition data). Run 4 (plus group at age 10) estimates slightly lower recruitment deviations in the most recent years compared to the other runs. The Run 1 posteriors for the recruitment deviations (Figure 1 [right panel]) are tight for the years with good age data (after about 1982), indicating reasonable agreement in the ageing between years and between the surveys and the commercial fishery.

Biomass estimates

The Bayesian model distinguishes between all mature fish (wherever they may be) and those mature fish which have travelled to the spawning grounds. The exploitable spawning season biomass will necessarily be smaller than the mature biomass as an estimated constant fraction has been applied to the total mature biomass to allow for the observation that not all mature fish spawn in every year.

Model biomass estimates for B_0 are similar for all four runs investigated, ranging from 650 000 to 750 000 t (Table 10). The highest B_0 was obtained when the model was fitted to the acoustic and survey data and the lowest occurred when the plus group was fixed at age 10. However, the range of estimates for B_0 is not large and all runs estimated similar ratios for the current biomass to B_0 (medians: 17-24%; Table 13). The estimates of B_0 and B_0/B_{2000} appear to be relatively insensitive to assumptions on which data are used, the age of the plus group and the initial conditions. Examination of the MPD fits to the data using this model

showed that the trajectory of the west coast acoustic biomass indices could not be fitted unless the age frequency data from the west coast fishery were substantially downweighted.

A comparison of the median trajectories of the four runs investigated (Figure 2 [left panel]) shows that the initial part of the trajectories varied considerably depending on the assumptions made regarding the age of the plus group or the deviation from B_0 . However, after about 1988, the four trajectories converge and have similar patterns (Figure 2 [left panel]), which is consistent with the converged recruitment deviations from around 1980 shown in Figure 1 [right panel]. The model run which begins from an equilibrium population at B_0 (Run 3) lies slightly higher than the other three runs. Posterior distributions of the biomass become much tighter for Run 1 after about 1988 (Figure 2 [right panel]), which is consistent with the observation that all median trajectories for the four runs investigated were very similar (Figure 2 [left panel]).

Table 13: Results for the western stock: Midseason spawning biomass estimates (in '000 t and rounded to nearest 10 000 t) for the four runs investigated (Table 9). Results presented are the median, 5% and 95% confidence bounds and the mode of the posterior distribution (MPD). Confidence bounds are calculated from a sub-sample of the posterior.

	<u>Median</u>	<u>5%</u>	<u>95%</u>	<u>MPD</u>
Run 1				
B_0	740	660	820	860
B_{1972}	440	280	660	370
B_{2000}	130	90	180	90
B_{2000}/B_0	17%	12%	24%	11%
B_{2000}/B_{1972}	29%	18%	48%	25%
Run 2				
B_0	760	680	860	860
B_{1972}	400	260	580	340
B_{2000}	150	100	230	110
B_{2000}/B_0	20%	14%	29%	13%
B_{2000}/B_{1972}	38%	23%	63%	31%
Run 3				
B_0	680	600	780	650
B_{1972}	670	600	770	650
B_{2000}	160	110	250	110
B_{2000}/B_0	24%	17%	33%	17%
B_{2000}/B_{1972}	24%	17%	33%	17%
Run 4				
B_0	650	570	740	710
B_{1972}	800	650	1000	710
B_{2000}	140	90	210	100
B_{2000}/B_0	21%	15%	31%	14%
B_{2000}/B_{1972}	17%	12%	25%	14%

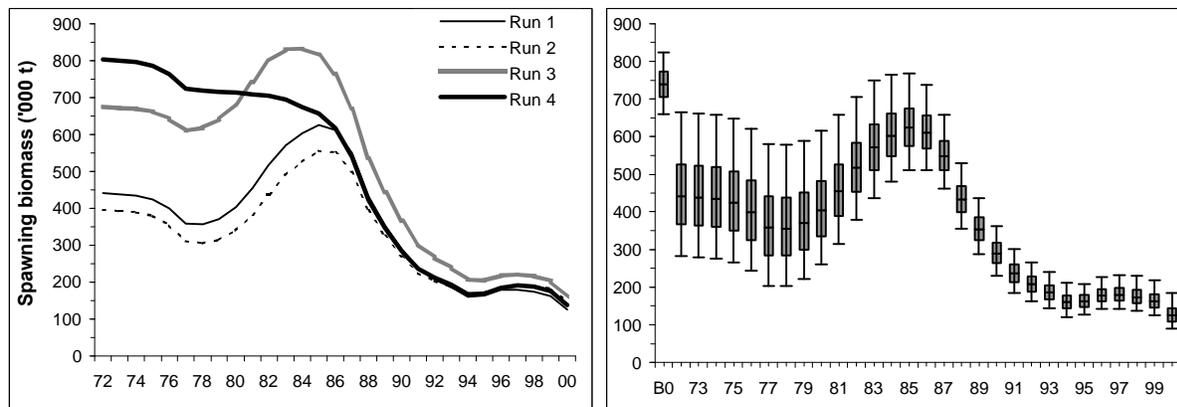


Figure 4: UW/SeaFIC results for the western stock: [Left panel] Median mid-season spawning biomass for the four runs presented in Table 9. [Right panel] posterior distributions by year and for B_0 of the mid-season spawning biomass for “Run 1” (Table 9). Upper and lower “whiskers” show the 95% and 5% probability bounds, the top and bottom of the shaded boxes show the 75% and 25% probability bounds, and the central line is the median.

Stock projections

The probability of B_{2005} being above 20% B_0 is less than 0.50 in all runs investigated when the constant catch levels are greater than 150 000 t per year (Table 14). Biomass levels are also expected to decline at catch levels greater than 150 000 t per year for all runs (Table 14). The risks in 2005 for the western stock which are estimated by this model are high but are likely to be poorly estimated due to uncertainty in the model structure and assumptions and uncertainty in future year class strengths.

Table 14: UW/SeaFIC results for the western stock: fishery performance indicators resulting from four constant catch policies (Table 10) for each of the runs investigated (Table 9). Definitions of the performance indicators are given in Section 4(iv)

	<u>Run 1</u>	<u>Run 2</u>	<u>Run 3</u>	<u>Run 4</u>
2. $P[B_{2002} < 0.2B_0]$				
100	0.64	0.39	0.76	0.27
150	0.92	0.73	0.80	0.68
200	0.99	0.91	0.85	0.90
250	1.00	0.97	0.89	0.98
3. $E[B_{2005}/B_{2000}]$				
100	181%	166%	158%	155%
150	116%	110%	116%	99%
200	59%	57%	77%	49%
250	32%	28%	49%	26%
4. $E[B_{2005}/B_0]$				
100	31%	32%	38%	33%
150	20%	22%	28%	21%
200	10%	12%	19%	11%
250	6%	6%	12%	6%
5. $P[B_{2005} < B_{2000}]$				
100	0.03	0.04	0.10	0.09
150	0.36	0.40	0.38	0.53
200	0.88	0.91	0.76	0.94
250	0.99	1.00	0.93	1.00
6. $P[B_{2005} < 0.2B_0]$				
100	0.08	0.04	0.04	0.06
150	0.51	0.42	0.25	0.45
200	0.91	0.87	0.59	0.87
250	0.99	0.99	0.85	0.99
7. $P[B_{2005} < 0.3B_0]$				
100	0.46	0.39	0.26	0.37
150	0.89	0.86	0.60	0.82
200	0.99	0.98	0.86	0.99
250	1.00	1.00	0.96	1.00

4.2.2 EASTERN STOCK

(i) NIWA results (MIAEL estimates)

Year class strength

The YCS from 1972 to 1998 were estimated as for the western stock. Estimated YCS were very similar for both runs except for some differences in the relative strength of the 1987 and 1988 cohorts (Figure 4). The estimates for the other sensitivities were very similar.

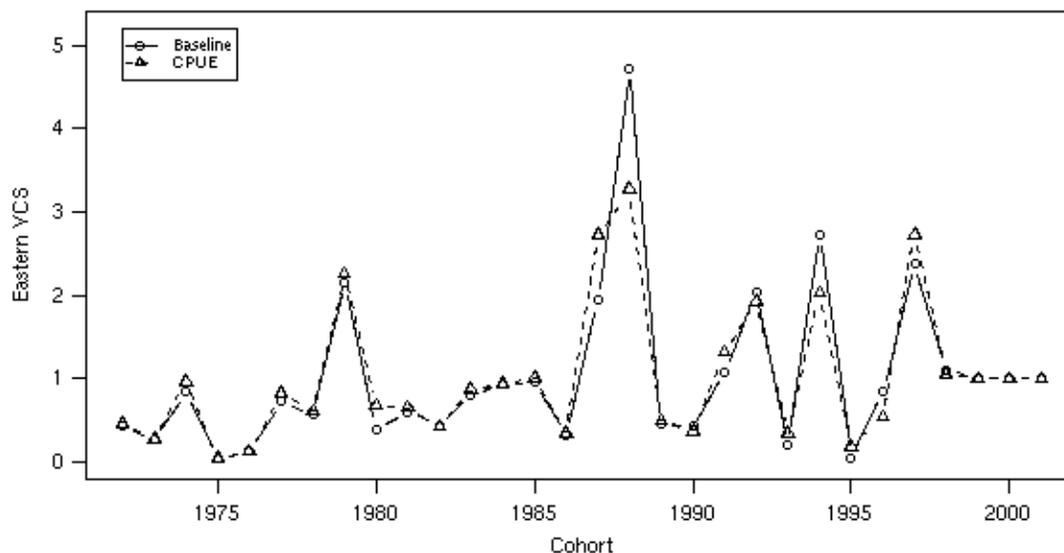


Figure 5: NIWA results: least squares estimates of year class strength (YCS) for the eastern stock in the basecase and CPUE runs. YCS is assumed to be 1.0 from 1999.

Biomass estimates

The basecase and CPUE runs gave very similar estimates of virgin and current biomass (Table 15). The other sensitivity runs show the same pattern as for the western stock.

The least squares biomass trajectories are similar showing an initial sharp decline through the 70s, a step up in the 80s, a sharp increase in the early 90s, and then a sharp decline through to 2001 (although the CPUE trajectory does increase between 2000 and 2001) (Figure 5). The other sensitivity runs have similar trajectories except that the high-M run has a much higher biomass through the 80s, and the low-M run has correspondingly lower biomass.

Table 15: NIWA results: MIAEL estimates of biomass for the eastern stock, with the associated least squares estimates (Lsq.), the MIAEL 99% intervals, and the *best p* values (*best p* is the proportion of the Lsq. estimate used in the MIAEL estimate). B_0 is in thousands of tonnes. B_{current} is the 2001 mid-season biomass on the spawning grounds as a percentage of virgin biomass (B_0)

B_0 (t)	Run	<i>best p</i>	Lsq.	MIAEL estimate	99% interval	
	Basecase	0.57	268	268	221	365
	CPUE	0.59	261	253	211	326
B_{current} (% B_0)	Basecase	0.63	23	21	9	51
	CPUE	0.66	23	22	9	51

Stock projections

The estimated 5 year stock risk is large for both runs (Table 16). The 2002 stock risk was also estimated. However as this risk tends to be either 0 (if current biomass is above about 25% B_0) or 1 (if current biomass is below about 6% B_0), it is very difficult to estimate (within the range) and the MIAEL estimates were very poorly defined (and are not reported).

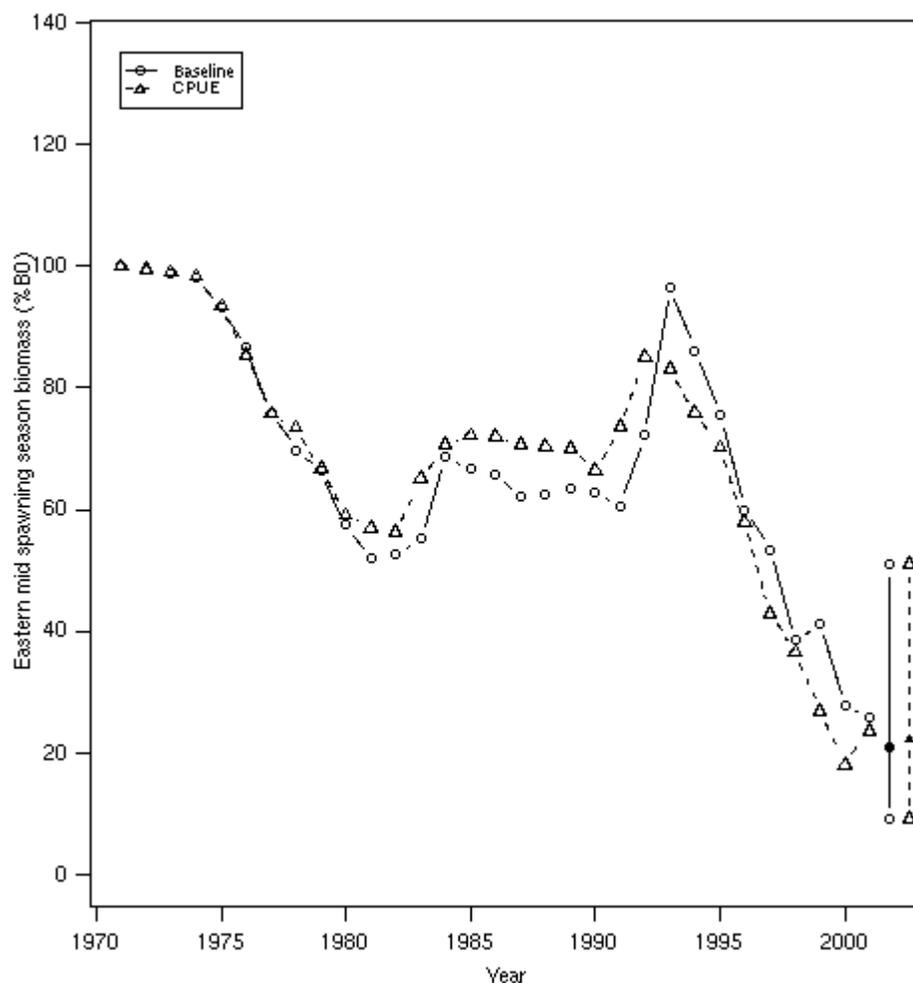


Figure 6: NIWA results: least squares eastern stock biomass trajectories and the MIAEL estimates of current biomass and their 99% intervals for the basecase and CPUE runs.

Table 16: MIAEL estimates of stock risk for the eastern stock, with the associated least squares estimates (Lsq.), the MIAEL 99% intervals and the *best p* values (*best p* is the proportion of the Lsq. estimate used in the MIAEL estimate).

Run	<i>best p</i>	Lsq.	MIAEL estimate	99% interval	
Basecase	0.61	0.72	0.63	0.06	1.00
CPUE	0.58	0.75	0.65	0.06	1.00

(ii) (UW/SeaFIC results (Bayesian estimates))

Year class strength

The Bayesian procedure estimates the relative year class strengths using the catch at age data, survey proportion at age data and the abundance indices. The recruitment multipliers are given a wide uniform prior which is parameterised so that the mean is equal to one but with no distributional assumptions.

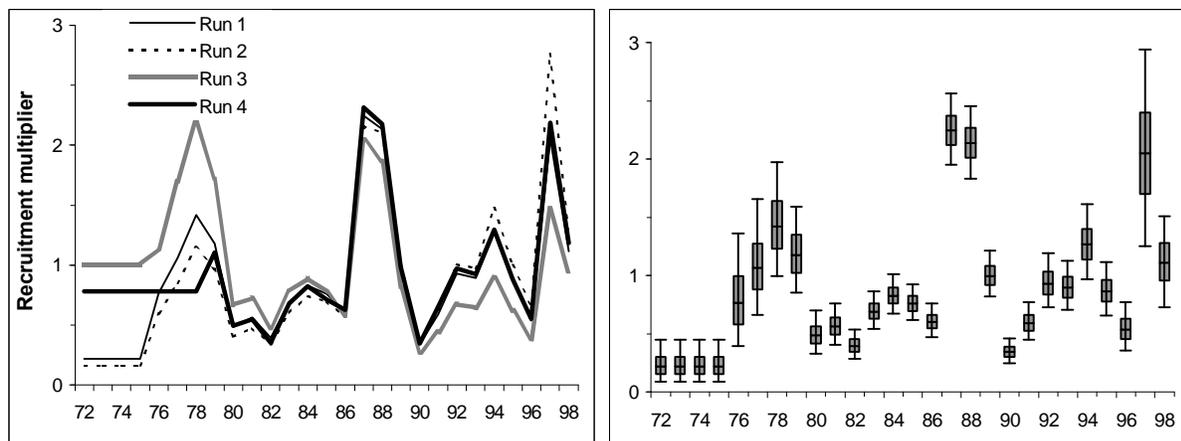


Figure 7: UW/SeaFIC results for the eastern stock: [Left panel] Median recruitment multipliers for the four runs presented in Table 9. [Right panel] posterior distributions by year for the recruitment multipliers for “Run 1” (Table 9). Upper and lower “whiskers” show the 95% and 5% probability bounds, the top and bottom of the shaded boxes show the 75% and 25% probability bounds, and the central line is the median.

As with the western stock, the main differences between the median recruitment deviations for the four Table 9 runs lie in the model estimates for the early recruitment deviations (Figure 3 [left panel]). However, there is more variation at the end of the model reconstruction for this stock than for the western stock. In this case, the model run which begins at B_0 (Run 3) estimates higher levels of recruitment in the early period and lower levels at the end relative to the other three runs (Figure 3 [left panel]). The model fits for this stock are even more extreme than for the western stock when the “plus group” is set to age 13 and the initial deviations are estimated (Runs 1 and 2). Then these runs estimate the initial population at around one-fifth of the average (Figure 3 [left panel]). When the “plus group” is reduced to age 10, the initial deviations are estimated slightly less than average, which differs from the western stock results for the same run (Figure 3 [left panel]).

For the eastern stock, the estimated recruitment deviations are similar between about 1982 and 1990 and then they begin to differ, depending on the run assumptions. As for the western stock, the posteriors for Run 1 (Figure 3 [right panel]) are tight for the years with good age data (after about 1982).. Note that while the 1997 year class is estimated to be strong for this stock, there is considerable uncertainty.

Biomass estimates

Model biomass estimates for B_0 are similar for all four runs investigated, ranging from 240 000 to 290 000 t (Table 17). Higher estimates for B_0 were obtained when the model was fit to the acoustic and survey data and when the initial biomass was forced to equal B_0 . The lowest estimate for B_0 was obtained when the plus group was fixed at age 10. The range of estimates for B_0 is even tighter than for the western stock as are the estimated levels for the current biomass as a proportion of B_0 (medians: 23-28%; Table 17). The comparative insensitivity of the estimates of B_0 and B_0/B_{2000} is likely due to similar reasons as for the western stock.

A comparison of the median trajectories of the four runs investigated (Figure 4 [left panel]) shows considerable variation in the initial years, depending on the assumptions made regarding the age of the plus group or the deviation from B_0 . The median trajectories do not converge until the early 1990s, after which they show similar patterns (Figure 4 [left panel]). As for the western stock, the model run which begins from an equilibrium population at B_0 (Run 3) lies slightly higher than the other three runs. Run 2 posterior distributions of the mid-season spawning biomass appear to have a broader distribution than for the same

run in the western stock (Figure 4 [right panel]). The tightening of the posterior distributions also occurs later than for the western stock, being delayed to the mid-1990s (Figure 4 [right panel]).

Table 17: UW/SeaFIC results for the eastern stock: Midseason spawning biomass estimates (in '000 t and rounded to nearest 10 000 t) for the four runs investigated (Table 9). Results presented are the median, 5% and 95% confidence bounds and the mode of the posterior distribution (MPD). Confidence bounds are calculated from a sub-sample of the posterior.

	<u>Median</u>	<u>5%</u>	<u>95%</u>	<u>MPD</u>
Run 1				
B_0	260	220	310	250
B_{1972}	60	20	120	30
B_{2000}	60	30	90	40
B_{2000}/B_0	22%	13%	31%	15%
B_{2000}/B_{1972}	98%	41%	247%	139%
Run 2				
B_0	280	240	330	280
B_{1972}	50	20	90	30
B_{2000}	80	50	120	60
B_{2000}/B_0	28%	21%	37%	22%
B_{2000}/B_{1972}	174%	86%	430%	243%
Run 3				
B_0	290	230	370	250
B_{1972}	290	230	370	250
B_{2000}	70	40	120	60
B_{2000}/B_0	24%	16%	34%	25%
B_{2000}/B_{1972}	24%	16%	34%	25%
Run 4				
B_0	240	200	290	240
B_{1972}	190	130	290	130
B_{2000}	60	30	90	40
B_{2000}/B_0	23%	13%	33%	17%
B_{2000}/B_{1972}	29%	16%	50%	31%

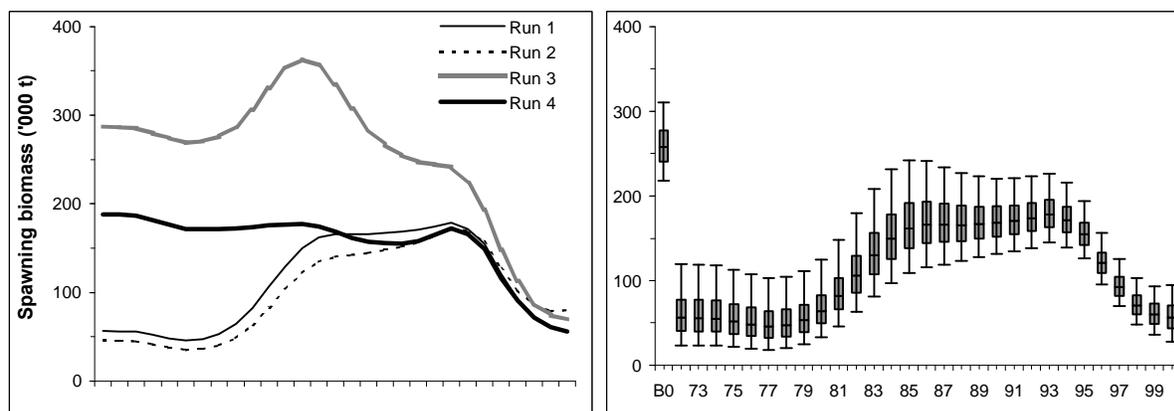


Figure 4: UW/SeaFIC results for the eastern stock: [Left panel] Median mid-season spawning biomass for the four runs presented in Table 9. [Right panel] posterior distributions by year and for B_0 of the mid-season spawning biomass for “Run 1” (Table 9). Upper and lower “whiskers” show the 95% and 5% probability bounds, the top and bottom of the shaded boxes show the 75% and 25% probability bounds, and the central line is the median.

Stock projections

Probabilities of B_{2005} being above 20% and 30% B_0 are higher for the eastern stock than for the western stock (Table 18). The probability of being above 30% B_0 is above 0.50 in all runs investigated when the constant catch levels are 200 000 t per year or less (Table 15). Biomass levels are also expected to increase at catch levels of 200 000 t per year for all runs (Table 8). The risks for the eastern stock in 2005 estimated

by this model are lower than for the western stock but are likely to be poorly estimated due to uncertainty in the model structure and assumptions and uncertainty in future year class strengths.

Table 18: UW/SeaFIC results for the eastern stock, fishery performance indicators resulting from four constant catch policies (Table 10) for each of the runs investigated (Table 9). Definitions of the performance indicators are given in Section 4(iv)

	<u>Run 1</u>	<u>Run 2</u>	<u>Run 3</u>	<u>Run 4</u>
2. $P[B_{2002} < 0.2B_0]$				
100	0.04	0.00	0.01	0.02
150	0.13	0.00	0.05	0.09
200	0.29	0.01	0.14	0.21
250	0.49	0.07	0.29	0.39
3. $E[B_{2005}/B_{2000}]$				
100	239%	215%	237%	237%
150	187%	179%	202%	186%
200	136%	143%	167%	135%
250	90%	107%	133%	89%
4. $E[B_{2005}/B_0]$				
100	51%	61%	56%	54%
150	41%	51%	48%	43%
200	30%	41%	40%	32%
250	21%	31%	32%	22%
5. $P[B_{2005} < B_{2000}]$				
100	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.01
200	0.18	0.07	0.04	0.20
250	0.62	0.44	0.27	0.62
6. $P[B_{2005} < 0.2B_0]$				
100	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.03	0.00	0.00	0.03
200	0.21	0.03	0.05	0.19
250	0.52	0.17	0.18	0.49
7. $P[B_{2005} < 0.3B_0]$				
100	0.02	0.00	0.01	0.02
150	0.20	0.03	0.06	0.17
200	0.52	0.17	0.23	0.47
250	0.79	0.49	0.45	0.74

Discussion of assessment results

Change in assessment results between 1999 and 2001

NIWA assessment

There has been a substantial change in the NIWA assessment results between 1999 and 2001 for the western stock, with a much more pessimistic outlook in 2001. For the eastern stock the point estimates and qualitative results are very similar between the assessment years, except that the possibility of a healthy eastern stock has been largely excluded in the 2001 assessment.

There are several reasons for the change in the western stock assessment. The primary influence has come from data which have been collected since the 1999 assessment. The revision of the WCSI CPUE indices has probably only had a small effect as the revised indices have a similar trend over the reduced period for which they were calculated (from 1990, rather than from 1987). Indeed, when comparing the CPUE runs between the two assessment years the results are similar.

The largest difference from 1999 is seen in the run which uses acoustic indices; in this case the strongest effects are from the inclusion of the WCSI 2000 acoustic index and the 2000 Sub-Antarctic trawl survey data. The 2000 indices are both at about 55% of the maximum indices within their times series, which in

each case are the previously last recorded indices (in 1997 for WCSI and 1993 for the Sub-Antarctic). It was not possible for the model to fit the extent of this downturn without reducing both the virgin biomass and the strength of the 1991 to 1994 cohorts (in particular the 1994 cohort; still strong at about twice the average, but not three times the average as in the 1999 assessment). The combined effect of this shift in the biomass trajectory is a peak in 1999 at a lower level than predicted in the 1999 assessment (comparing exactly comparable least squares estimates, a shift from about $110\%B_0$ to about $75\%B_0$). Also, the 2001 acoustic run results are made more pessimistic than the comparable run in 1999 because of the inclusion of a new penalty function to encourage the *Tangaroa* and *Shinkai Maru* to have more similar proportionality constants within the same area (in comparable least squares runs, the inclusion of this penalty reduced the estimated 2001 biomass from $66\%B_0$ to $45\%B_0$).

UW/SeaFIC assessment

The estimates of B_0 from the 4 runs with the UW/SeaFIC model are all much smaller than were estimated in previous assessments for the western stock of hoki. The level of current biomass relative to B_0 is also much lower than previous assessments. These results are partly due to the addition of new data into this assessment (new and revised acoustic biomass indices, a new CPUE analysis and two new survey biomass indices). As for the western stock, the eastern stock estimates of B_0 and current biomass from the 4 runs are smaller than those estimated in previous assessments.

In 2001 the UW/SeaFIC assessment modelled hoki in a multi-area 2-stock model whereas previously separate single stock models were used for western and eastern stocks. The MIAEL estimation model fitted to the same data is more optimistic than the UW/SeaFIC model for this stock. Therefore, it is likely that the pessimism resulting from this assessment may be due to specific assumptions (or combinations of assumptions) made by this model which differ from those made in the MIAEL estimation model, including the relative weighting of the data sets, the way maturity and selectivity are handled, and not including the requirement that the proportionality constants for comparable indices of biomass (q 's) be similar between different model regions.

Both models make many structural assumptions. Some of these structural assumptions may have important consequences for the stock assessment and they are yet to be fully explored. However, the two-stock model will enable explicit exploration of some of these assumptions in the future.

Comparison of results from the two assessments

Western stock

A comparison of the NIWA basecase with run 1 of UW/SeaFIC shows that estimates of virgin biomass and the pattern of year class strengths in the two assessments are very similar. However, the initial biomass in the UW/SeaFIC model is much lower than B_0 (initial biomass in 1972 is 440,000 t) and this leads to a lower current biomass (stock status is $17\% B_0$ while the NIWA assessment gives current biomass at $38\% B_0$). The difference in current biomass leads to much higher risk in the stock projections of the UW/SeaFIC assessment at current catch levels.

To investigate the large difference in stock status between the 2 assessments the Working Group looked at a number of diagnostics of the base runs. Table 19 gives a comparison of the proportionality constants from the least squares fit (NIWA assessment) and the MPD fit (UW/SeaFIC assessment).

Some members of the Working Group felt that the values for the acoustic qs and the trawl survey qs in the UW/SeaFIC assessment were too high and therefore biomass estimates were too low. They also considered that the estimated current levels of exploitation in the UW/SeaFIC runs of over 60% were highly

improbable given that there is a closed area on the WCSI spawning grounds. Their conclusion was that the SeaFIC assessment results for the western stock did not accurately reflect stock status.

Other members of the Working Group consider that the high values obtained for the acoustic q is a problem only if the acoustic estimate is considered to be an absolute estimate of biomass. They do not consider that acoustic estimates, given the many assumptions on which they are based, can be considered absolute; therefore the value of q obtained by the UW/SeaFIC assessment is reasonable.

Eastern stock

The two assessments of the eastern stock are much more similar. Estimates of virgin biomass (NIWA 268,000 and UW/SeaFIC 260,000 – 290,000 t) and current stock status (23% and 22 – 28%) are very close. Although run 1 of the UW/SeaFIC assessment starts at very low biomass levels (23% B_0) it estimates current stock status to be similar to the NIWA assessment in this case. The Working Group agreed that based on these assessments the eastern stock appears to be in poor shape currently.

Table19: Comparison of estimates of acoustic and trawl survey proportionality constants from the UW/SeaFIC and NIWA assessment models (Sthld: Southland, Tan: *Tangaroa*, Sh.: *Shinkai Maru*, Am.: *Amatal Explorer*).

Run	Acoustics		Sthld	Sub Antarctic			Chatham Rise		
	West	East	Tan.	Tan.	Sh.	Am.	Tan.	Sh.	Am.
Basecase	0.59	0.75	0.22	0.11	0.21	0.13	0.13	0.26	0.14
CPUE	0.75	0.75	0.24	0.11	0.19	0.14	0.14	0.25	0.14
(a) UW/SeaFIC assessment									
Run	Acoustics		Sub Antarctic			Chatham Rise			
	West	East	Tan. (summer)		Tan. (autumn)	Tan.			
Run 1	1.30	1.18	0.39		0.31	0.16			

Technical issues

Some members of the Working Group consider that the poor performance by the NIWA model when doing retrospective analyses indicates that this model is probably not capturing the true uncertainty in the hoki assessment and therefore the results presented by this model, especially the estimates of uncertainty, should be viewed with caution.

It was not accepted by all members of the Working Group that the NIWA model behaves poorly in retrospective analyses. All methods of presenting uncertainty in fisheries stock assessment have their problems and therefore all such estimates should be viewed with caution.

Some members of the Working Group view the strong constraints imposed by the estimation procedure of the NIWA model, particularly the penalties, which encourage survey proportionality constants to be equal within a survey type across regions and between *Tangaroa* and *Shinkai Maru*, as an indication of confidence in model structure and processes that is not justified. Model results that are highly influenced by these assumptions of model structure should be viewed with caution because they may cause unexpected effects in other model estimates.

The NIWA two-stock model was first used for stock assessment in 1997 in parallel with the more established single stock models. Although it provided reasonable fits to the data the estimates it produced were not considered plausible because of poor diagnostics, including unrealistic estimates of survey proportionality constants. Since 1998 penalty functions have been used to incorporate prior beliefs shared by the majority of the HWG with regard to relationships between proportionality constants. The effect of using these penalty functions has been extensively studied through sensitivity tests.

5. Status of stocks

Results are presented from two alternative models; the NIWA assessment using the MIAEL estimation method, and the UW/SeaFIC assessment which used a Bayesian approach. Both assessments used a multi-area two-stock model which included migration of fish between areas and 4 separate fisheries operating on the hoki stocks: two spawning fisheries (WCSI and Cook Strait) and two non-spawning fisheries (Chatham Rise and Sub-Antarctic). However, there are important differences between the models; section 4.2(iii) describes these differences in detail.

Western stock

Estimates of current and virgin biomass are available for this stock from the two assessment models.

(a) Results from NIWA assessment

From the basecase run using trawl and acoustic survey results but excluding CPUE data the MIAEL results indicate the stock is about 38% of B_0 (99% interval 22–68%). The stock is probably below B_{MCY} but at about the level of B_{MAY} in 2001; MCY was estimated at **xxx** t and CAY at **yyy** t for 2001–2002. The estimated risk that the biomass would go below 20% B_0 in the next 5 years was 62% based on this assessment. Using the alternative run where acoustic data is excluded and CPUE included, the MIAEL results indicate the stock is about 30% of B_0 (99% interval 18–47%) and the estimated risk that the biomass would go below 20% B_0 in the next 5 years was 75%.

There has been a substantial change in the NIWA assessment results between 1999 and 2001 for the western stock, with a much more pessimistic outlook in 2001. There are several reasons for the change in the western stock assessment. The primary influence has come from data which have been collected since the 1999 assessment. The WCSI 2000 acoustic index and the 2000 Sub-Antarctic trawl survey data are both at about 55% of the maximum indices within their time series, which in each case are the previously last recorded indices (in 1997 for WCSI and 1993 for the Sub-Antarctic). The estimates of virgin biomass and the strength of the 1991-94 year classes have been reduced relative to the last assessment.

(b) Results from UW/SeaFIC assessment

From run 1 using trawl and CPUE results, the Bayesian results indicate the stock is about 17% of B_0 (90% confidence interval 12–24%). At the current catch levels the stock was projected to decline in the next 5 years to low levels (99% risk it would be below 20% B_0 in 2005). The alternative runs which used acoustic indices or alternative assumptions gave very similar results.

The estimates of B_0 from these runs are all much smaller than were estimated in previous assessments for the western stock of hoki. The level of current biomass relative to B_0 is also much lower than previous assessments which used single stock models. These results are partly due to the addition of new data into this assessment (new and revised acoustic biomass indices, a new CPUE analysis and two new survey biomass indices). However, when using the same data, the NIWA assessment is more optimistic than this model for this stock. Therefore, it is likely that the difference from the NIWA results may be due to the different assumptions (or combinations of assumptions) made by the UW/SeaFIC model, including the relative weighting of the data sets, the way maturity and selectivity are handled, and not requiring the proportionality constants for comparable indices of biomass (q 's) to be similar between different model regions.

Eastern stock

Estimates of current and virgin biomass are available for this stock from the two assessment models.

(a) Results from NIWA assessment

From the basecase run using trawl and acoustic survey results but excluding CPUE data the MIAEL results indicate the stock is about 21% of B_0 (99% interval 9–51%). The stock was probably below the level of B_{MAY} in 2000; MCY was estimated at xxx t and CAY at yyy t for 2001–2002. The estimated risk that the biomass would go below 20% B_0 in the next 5 years was 63% based on this assessment. Using the alternative run where acoustic data is excluded and CPUE included, the MIAEL results indicate the stock is about 22% of B_0 (99% interval 9–51%) and the estimated risk that the biomass would go below 20% B_0 in the next 5 years was 65%.

(b) Results from UW/SeaFIC assessment

From run 1 using trawl and CPUE results, the Bayesian results indicate the stock is about 22% of B_0 (90% confidence interval 13–31%). At the current catch levels the stock was projected to remain at about this level over the next 5 years (52% risk it would be below 20% B_0 in 2005). The alternative runs which used acoustic indices or alternative assumptions gave similar stock status in 2000 but varying risk in the stock projections.

Summary

Based on the assessment results there is uncertainty over the current status of the western stocks while the eastern stock appears to be in poor shape. At current catch levels the biomass of hoki is expected to decline over the next 5 years. The strengths of recent year classes are not well known but these will determine the sustainable catch level over the projection period. The results from the most recent trawl survey on the Chatham Rise suggest that the 1999 year class may be weak.

6. FOR FURTHER INFORMATION

- Bagley N. W., & Livingston, M. E. 2000: Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, January 1999 (TAN9901). NIWA Technical Report 81. 52 p.
- Ballara, S.L., Hurst, R.J. & Cordue, P.L. 1999: Estimates of natural mortality for hoki. Final Research Report Ministry of Fisheries Project HOK9801 – Objective 10. 11 p
- Ballara, S.L., Cordue, P.L., & Livingston, M.E. 2000: A review of the 1997–98 hoki fishery and assessment of hoki stocks for 1999. N.Z. Fisheries Assessment Report 2000/08. 65 p.
- Ballara, S.L., Livingston, M.E and Cordue, P.L. 1998: A review of the 1996–97 hoki fishery and assessment of hoki stocks for 1998. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 98/25. 58 p.
- Ballara, S.L.; Livingston, M.E. (2001). Catches, size and age structure of the 1998–99 hoki fishery. New Zealand Fisheries Assessment Report 2001/6. 63 p.
- Bull, B. 2000: An acoustic study of the vertical distribution of hoki on the Chatham Rise. N.Z. Fisheries Assessment Report 2000/05. 60 p.
- Bull, B.; Livingston, M.E. (submitted) Links between climate variation and the year class strength of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*): an update. Submitted to the New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research.
- Cordue, P.L. & Ballara, S.L. 1998: Acoustic surveys of spawning hoki off the west coast South Island and in Cook Strait during winter 1997. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 98/24. 31 p.
- Cordue, P.L. 2000: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1999 assessment of hoki stocks. N.Z. Fisheries Assessment Report 2000/10. 69 p.
- Cordue, P.L. 1993a: A Minimised Integrated Average Mean Squared Error Approach to Biomass and Risk Estimation. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 93/1. 21 p.
- Cordue, P.L. 1993b: A Minimised Integrated Average Expected Loss approach to biomass and risk estimation. p. 1665–1670. In McAleer, M. & Jakeman, A.J. (Eds.): Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation, Dec. 6–10 1993, University of Western Australia.
- Cordue, P.L. 1993c: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1993 hoki stock assessment. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 93/15. 33 p.
- Cordue, P.L. 1994a: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1994 assessment of hoki stocks. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 94/21. 51 p.

- Cordue, P.L. 1994b: Hoki acoustic biomass estimates for Cook Strait 1987–93. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 94/9. 24 p.
- Cordue, P.L. 1995: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1995 assessment of hoki stocks. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 95/13. 38 p.
- Cordue, P.L. 1998: Designing optimal estimators for fish stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 376–386.
- Cordue, P.L. 1999: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1998 assessment of hoki stocks. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 99/1. 64 p.
- Cordue, P.L. 2000a: MIAEL estimation of biomass and fishery indicators for the 1999 assessment of hoki stocks. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/10*. 69 p.
- Cordue, P.L. 2000b: MIAEL estimation improvements. Final Research Report to the Ministry of Fisheries for project MOF1999/01B. 36 p.
- Cordue, P.L., Ballara, S.L., & Harley, S.J. 1999: Acoustic survey of spawning in Cook Strait during winter 1998. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 99/21. 15 p.
- Cordue, P.L., McAllister, M., Pikitch, E.K. and Sullivan, K.J. 1992: Report of the Working Group on stock assessment of hoki 1991. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 92/10. 41 p.
- Dunn, A. 2001 Draft FAR
- Dunn, A and Harley, S.J. 1999: Catch-per-unit-effort (CPUE) analysis of the non-spawning season hoki fisheries on the Chatham Rise for 1989/90 – 1997/98 and the Sub-Antarctic for 1990/91 – 1997/98. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 99/50. 19 p.
- Francis, R.I.C.C. 1992: Recommendations concerning the calculation of Maximum Constant Yield (MCY) and Current Annual Yield (CAY). N.Z. Fisheries Assessment Research Document 92/8. 23 p.
- Francis (2001): Improving the consistency of hoki age estimation. Draft New Zealand Fisheries Assessment Report 2001/12. 18 p.
- Horn, P.L. and Sullivan, K.J. 1996: Validated aging methodology using otoliths, and growth parameters for hoki (*Macruronus novaezelandiae*) in New Zealand waters. N.Z. Journal of Marine and Freshwater Research 30: 161–174.
- Langley *et al.* 2000. Draft FAR
- Livingston, M.E. 1998: Links between climate variation and the year class strength of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) Hector. Final Research Report to the Ministry of Fisheries.
- Livingston, M.E. and Schofield, K.A. 1996: Annual changes in the abundance of hoki and other species on the Chatham Rise, Jan 1992 – Jan 1995 and the Southern Plateau, Dec 1991 - Dec 1993. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 96/14. 35 p.
- Livingston, M.E. and Schofield, K.A. 1996: Stock discrimination of hoki (*Macruronus novaezelandiae* Merlucciidae) in New Zealand waters, using morphometrics. N.Z. Journal of Marine and Freshwater Research 30: 197–208.
- Livingston, M.E., Schofield, K.A. and Sullivan, K.J. 1992: The discrimination of hoki groups in New Zealand waters using morphometrics and age-growth parameters. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 92/18. 30 p.
- Livingston, M.E., Vignaux, M. and Schofield, K.A. 1997: Estimating the annual proportion of non-spawning adults in the New Zealand hoki, *Macruronus novaezelandiae* Hector. *Fishery Bulletin* 95: 99–113
- Mace, P.M. & Doonan, I.J. 1988: A generalised bioeconomic simulation model for fish population dynamics. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 88/4. 52 p.
- Parma, A., Punt, A., Starr, P.J., Hilborn, R. in prep. (WG-HOK-97/09). Draft N.Z. Fisheries Assessment Research Document.
- Punt, A.E., McAllister, M.K., Pikitch, E.K. and Hilborn, R. 1994: Stock assessment and decision analysis for hoki (*Macruronus novaezelandiae*) for 1994. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 94/13. 39 p.
- Schofield, K.A., Livingston, M.E. 1998: Ovarian development and the potential annual fecundity of western stock hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 32(1): 147–159.
- Smith, P.J., Patchell, G., Benson, P.G. 1981: Genetic tags in the New Zealand hoki *Macruronus novaezelandiae*. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 12: 37–45.
- Smith, P.J., McVeagh, S.M., Ede, A. 1996: Genetically isolated stocks of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*), but not of hoki (*Macruronus novaezelandiae*), in the Tasman sea and southwest Pacific ocean around New Zealand. *Marine Biology* 125: 783–793.
- Sullivan, K.J., Cordue, P.L., and Ballara, S.L. 1995: A review of the 1992–93 hoki fishery and assessment of hoki stocks for 1994. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 95/5. 43 p.
- Vignaux, M. 1994: Catch per unit of effort (CPUE) analysis of west coast South Island and Cook Strait spawning hoki fisheries, 1987–93. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 94/11. 29 p.

The biology and fishery of *Macruronus magellanicus* in Falkland Islands waters

David A. J. Middleton, Alexander I. Arkhipkin and Ryszard Grzebielec

Falkland Islands Fisheries Department, Stanley, Falkland Islands

This paper was submitted for consideration at the Workshop on Hoki and Southern Blue Whiting, Chile, 3 - 7 July 2001, and must not be cited without prior reference to the authors.

Introduction

The Patagonian whiptail hake, or hoki, *Macruronus magellanicus* Lonnberg, 1907 is an abundant pelagic and near-bottom fish, inhabiting shelf and slope waters of the Southwest Atlantic and Southeast Pacific mostly between 48°S and 55°S (Cohen *et al.*, 1990). *M. magellanicus* biology on the Falklands-Patagonian shelf was first described by Norman (1937) and Hart (1946). The existence of a small-scale fishery (primarily in the San Matias and San Jorge Gulfs) in 1960s and 1970s initiated studies of different aspects of *M. magellanicus* biology (reviewed by Bezzi, 1984). It was suggested that the distribution of *M. magellanicus* was associated with the waters of the Falkland Current. Dense shoals of *M. magellanicus* were found, primarily between the South Patagonian coast and the Falkland Islands, with the largest concentrations near the coast of Tierra del Fuego (Bellisio and Lopez, 1973). Research surveys carried out onboard 'Walter Herwig' and 'Kayio Maru' showed that *M. magellanicus* occurred mainly between 32 and 120 m on the Patagonian Shelf with little size variation with depth (Bellisio and Lopez, 1973). The occurrence of juveniles in shallow waters of the Gulf of San Matias south of 48°S led to an assumption that this was one of the spawning sites for *M. magellanicus* (FAO, 1983). However, mature fishes were found only on the continental Patagonian slope south of 54°S. Macroscopic analysis of the gonads suggested that *M. magellanicus* spawning took place in winter (Bezzi, 1984).

Catches of *Macruronus magellanicus* from the Southwest Atlantic were first recorded in FAO statistics in 1979 (Janusz, 1986), but commercial fishing had occurred in the region from the 1970s (FAO, 1983). However, at present only limited data is available for catches prior to 1987. Near the Falkland Islands, *M. magellanicus* was exploited initially by the Polish fleet beginning in 1978. Significant quantities of *M. magellanicus* were taken as bycatch in the southern blue whiting *Micromesistius australis australis* fishery to the southwest of the Islands. Catches by the Polish fleet grew from 559 tonnes in 1978 to 5,478 t in 1979, and peaked at 6,589 t in 1980 (Janusz, 1986).

The fishery in waters around the Falkland Islands has been actively managed since 1987 following the declaration of the Falklands Interim Conservation and

Management Zone (FICZ) in October 1986. At the start of the managed fishery *M. magellanicus* was the third most important finfish species (in terms of annual catch) from the Falklands zones after *Micromesistius a. australis* and *Merluccius* spp. With the introduction of restrictions to limit catches of *Merluccius hubbsi*, *M. magellanicus* catches rose and by the end of the 1990's it was the second most important finfish species in terms of annual catch (Figure 1).

This paper synthesises the available biological information for *M. magellanicus* occurring in Falkland's waters and describes the fishery for this species since the creation of the FICZ.

Data sources

Two main data sources are available: commercial catch reports and data from fisheries observers. All Falklands licensed vessels submit daily reports of catch, effort and position. *M. magellanicus* is included in these daily reports and the vessel's midday position has been used to associate this catch with a particular grid square. The reporting grid has a resolution of 0.25° latitude by 0.5° longitude.

The Falkland Islands Fisheries Department places scientific observers on a subset of licensed commercial vessels. Fisheries observers collect accurate catch and discard information, collect length-frequency and length-weight samples, and take otoliths for age determination. In this paper data from scientific research cruises has been considered together with the data from observers on commercial vessels. Maturity was assigned on the basis of an eight stage scale (Table 1) based on macroscopic examination of the gonads. In *M. magellanicus* length is measured as pre-anal length (PAL) to the nearest centimetre under.

The otolith readings used in this paper were carried out at the MIR Sea Fisheries Research Institute in Gdynia, Poland (SFI). Ages are determined by surface readings after hydration for 24 hours in water. Under the auspices of the South Atlantic Fisheries Commission (SAFC) a comparison was made in 2001 of otolith readings by SFI and INIDEP based on 200 otolith pairs supplied by INIDEP. Ages determined by the two institutes were comparable for fish of five years and older, but readings by SFI tended to estimate a significantly higher age for younger fish.

Biology

Sex and maturity

Females predominate in catches of *M. magellanicus* around the Falkland Islands (Figure 2) with the majority of sampled trawls having 50-70% females. The proportion of individuals at each maturity stage was assessed separately for males and females on a monthly basis, using aggregated data from 1988 to 2000 (

Figure 3). Spawning animals are present in October and November but not as an especially large proportion of sampled animals. Reasonable proportions of late-developing (stage IV) animals are also present at this time. Post-spawning individuals have been recorded throughout the year, but are particularly evident in November and December. The proportion of immature fish is elevated in July through September. From January to May there is a gradual increase in overall maturity. Resting (stage II) animals are present in significant proportions throughout the year.

Figure 4 shows the proportion of adult fish (maturity II and above) by 1cm length class using data both for the entire year, and only the pre-spawning period (March to May). Estimation using data from the pre-spawning period, rather than the whole year, is generally preferred as all animals capable of spawning should have attained an adult maturity stage by this time. Confidence intervals are large for the smaller sizes, due to small sample sizes, but pre-anal length at 50% maturity is 15-20cm for both sexes. Likewise Figure 5 shows proportion adult by age, and demonstrates that 50% maturity is reached by 2-3 years in both sexes.

Size frequency

Length-frequency distributions were constructed separately for females (Figure 6) and males (Figure 7) on an annual basis from 1988 to 2000. The year was divided into quarters (Q1 = January to March, Q4 = October to December) and histogram bars are coloured to represent the proportion of different maturity stages present, grouping developing (III and IV), mature (V and VI) and spent (VII and VIII) individuals for clarity.

It is evident that the majority of fish taken by the fishery in Falkland's waters have pre-anal lengths of 25 – 40 cm, and most of the quarterly distributions show one mode in this size range. A number of the distributions are bimodal with the smaller mode generally in the 10 – 20cm PAL size range. The quarterly size distributions of males and females are generally similar.

There is seasonal variation in the size distribution of *M. magellanicus* caught in Falkland's waters. The distributions are most often bimodal, indicating the presence of smaller fish, in the third quarter (Figure 6 and Figure 7). Larger fish also tend to be absent in the third quarter, reappearing in the fourth quarter. This effect is demonstrated more clearly in Figure 8 where the monthly mean pre-anal length of *M. magellanicus* is shown; computation of the mean PAL was restricted to fish greater than 20cm PAL to avoid this mean being unduly influenced by the presence or absence of the second mode of smaller fish.

Differing maturity status of fish of different sizes through the year is also clearly demonstrated by Figure 6 and Figure 7. In bimodal size distributions the smaller fish are generally maturity stage I or II. The post-spawning (stages VII and VIII) fish from Falkland' waters are generally 24cm PAL or larger. The occurrence of post-spawning individuals varies from year to year. Spawning (stage V and VI) animals which, as noted previously (

Figure 3), account for only a small proportion of the total and are generally males, were only recorded in a few years, notably the fourth quarter of 1995.

Growth

Size at age is shown separately for females and males in Figure 9 using combined otolith samples over the period 1988 to 2000. Variability in size at age is reduced, but still significant, when otoliths sampled in a single month (October, the month for which the number of otolith readings is largest) are considered.

Comparing mean size at age for the October samples otoliths shows a significant difference between the sexes ($F = 10.76$, $p < 2.2e-16$), with the mean size of females larger than that of males for ages of 4 years and upwards.

Distribution

Figure 10 illustrates the monthly abundance of *M. magellanicus* in the Falklands zones using daily catch report data from 1988 to 2000. For each vessel that reported catches of *M. magellanicus* catch per unit effort (CPUE) was calculated as tonnes per hour and midday position used to assign the catch to grid square. Mean CPUE was then calculated per grid square per month. Catches by surimi vessels were excluded from this process because of the greater fishing power of these vessels. However, the presentation in Figure 10 remains fairly crude as no distinction has been made between vessels targeting finfish and those taking it as bycatch in the squid fisheries, nor has a distinction been made between pelagic and bottom trawling (though the majority of catches are by bottom trawl).

Some seasonal patterns in the abundance of *M. magellanicus* in Falkland's waters are apparent in Figure 10. In the first three months of the year *M. magellanicus* is caught in the west and north of the FICZ, but is particularly abundant to the North of the Islands with catches in this region extending eastwards to the shelf edge. *M. magellanicus* also appears as a bycatch in the *L. gahi* fishery to the south and east of the Islands. In April through to July there is a westwards shift in abundance, and a general absence of catches north of East Falkland. During June and July the area to the south and east of the Islands is not open to the fishery generally. However, there has been experimental fishing at this time of year so the absence of catches from these areas does indicate a real absence of *M. magellanicus* during these months. Catches are more widespread in August and September, though CPUE is generally lower in all areas. *M. magellanicus* is again taken in the *L. gahi* fishery, but not in the area immediately north of the Islands. Overall CPUE increases in October, particularly along the western edge of the FICZ, with the highest abundance being found north of the Islands in November and December.

Further information on the seasonal abundance of is available from trawls observed by observers placed on a subset of vessels. Aggregated data from 1988 to 2000 is shown in Figure 11. Comparison with Figure 10 demonstrates that observer coverage does not include all areas fished, but the observer data clarifies some of the patterns seen in the catch data. The observer data confirms that while *M. magellanicus* is abundant in *L. gahi* fishery area in the first four months of the year, it is largely absent in June and July and much less abundant in August to October. Small fish (less than 20cm PAL), when present, occur largely in the western part of the Falkland's zones (Figure 12). On the occasions when spawning animals have been found in they have been largely on the western extremes of the FICZ (Figure 13).

The depth of catches varies seasonally (Figure 14). In January to March peak CPUEs are at 150 and 300m. In the following quarter CPUE is high over the entire range from 150 to 325m. In the third quarter CPUEs are generally lower, but highest from 150 to 275 m, whilst in the fourth quarter peak CPUE is at 125 to 150m.

Fishery

The annual catch of *M. magellanicus* from the Falkland's zones from 1987 to 2000 is shown in Figure 15, the average over this period being just over 13,800 tonnes

annually. Figure 15 also demonstrates that the pattern of catches throughout the year has not remained constant over this period. The period 1997 – 2000 saw first season (Q1 and Q2) catches rise some way above previous levels. Over this period the majority of *M. magellanicus* has generally been taken in the second season (Q3 and Q4), although this has varied from year to year.

M. magellanicus is taken by a number of different fleets fishing in the Falkland's zones. Catch by different fleets, together with raw annual CPUE, is shown in Figure 16. The majority of the catch is taken by three trawling fleets, the "unrestricted" finfish fleet which is allowed to target *Merluccius* spp., the "restricted" finfish fleet which should not target *Merluccius* spp., and a fleet termed "*Illex argentinus* trawlers". In the case of the latter fleet a combined *I. argentinus*/finfish license has existed since 1997 and it is clear that *M. magellanicus* has been an important component of that fleet's catch. Two surimi vessels have fished in Falkland's waters since 1993 and their catch of *M. magellanicus* has been rising, with a particularly large increase in catch from 1999 to 2000. *M. magellanicus* has remained a small bycatch species in the *L. gahi*; catches were unusually large in 1993, but have otherwise remained rather consistent. With the exception of the *L. gahi* fishery, the *M. magellanicus* CPUE attained by all fleets has risen over the last decade, and in particular since 1994.

Targeting of *M. magellanicus* by each of these fleets was investigated by considering the proportion of a vessel's daily catch that is composed of *M. magellanicus* (Figure 17). For all fleets *M. magellanicus* most commonly represents between 0 and 10% of a vessel's daily catch. Only the unrestricted finfish fleet shows evidence of obtaining reasonably pure (90-100%) daily catches of *M. magellanicus*, and these were only obtained in 1989-90. In the restricted finfish fleet *M. magellanicus* can commonly make up anywhere from 10-100% of a vessel's daily catch, and this pattern shows no major change over the period 1989-2000. *M. magellanicus* usually comprises much less than 50% of the daily catch of surimi vessels, with most exceptions occurring in 1993. In recent years (1996 – 2000), however it has become more common for *M. magellanicus* to account for 10 to 50% of a surimi vessel's daily catch. The pattern in trawlers licensed to fish for *Illex argentinus* is similar to that in the restricted finfish fleet, with the exception that days where *M. magellanicus* comprised more than 80% of the catch are less common. As noted previously (Figure 16) *M. magellanicus* has become more important in catches by this fleet since the mid-1990s.

Standardised CPUE

It is apparent from Figure 17 that the restricted (non hake-targeting) finfish fleet has shown the most consistent fishing pattern for *M. magellanicus* over the period 1989-2000. The uniform distribution of *M. magellanicus* as a proportion of daily catch suggests that this species is taken as part of a mixed finfish fishery rather than specifically targeted. The predominance of days where *M. magellanicus* is less than 10% of the catch does confirm that this fleet is specifically targeting other species at times. The proportion of *M. magellanicus* in individual trawls by vessels with restricted finfish licenses (Figure 18) shows a similar pattern to that of the daily catch totals. This indicates that specific targeting of *M. magellanicus* to yield clean catches may not be easy.

The restricted finfish fleet appears to be a good choice for use in construction of a standardised CPUE series. The nature of the catches suggests that all catch reports where *M. magellanicus* represents more than 10% of the daily catch should be included. There is a case for including all catch reports from this fleet, but without further analysis it is difficult to distinguish a genuine absence of *M. magellanicus* from specific targeting of other species in catches of less than 10% *M. magellanicus*.

A linear model was constructed where $\ln(\text{CPUE})$ was modelled as a function of year, month, fishing depth, vessel GRT and quadrant of the FICZ in which the catch occurred. Interactions were included between quadrant and month. This standardised CPUE is shown in

Figure 19. There is an increasing trend in standardised CPUE over the period 1991 to 2000, but the increase is generally not as great as that seen in the raw CPUE of the individual fleets (Figure 16).

Catch numbers at age

Estimates of catch numbers at age are currently being refined. There will be further investigation of issues such as whether there are significant inter-annual differences in the length-weight relationship or whether sex related differences are important. A current estimate is illustrated in Figure 20; catch numbers at age are represented on a linear colour scale in Figure 20(a) and a logarithmic scale in Figure 20(b). It is clear that in the early 1990's older fish were largely absent from the fishery, in contrast to the situation in the late 1980s. Older animals have become more apparent since the mid-1990s. In 1988 and 1989 the majority of individuals taken by the fishery were three to eight years old. Modal age in catches increased in the early 1990's, but decreased again in the late 1990s. Two particularly strong year classes (1994 and 1996) dominate in catches from 1998-2000.

Assessments

There has not been a full assessment of *M. magellanicus* in Falkland's waters since the establishment of the FICZ. *M. magellanicus* has, however, been considered by the Scientific Sub-Committee of the SAFC.

Discussion

Life history in Falkland's waters

M. magellanicus is present in Falkland's waters year round. It is generally abundant over the main shelf area (depths up to 200m), but especially in the north and west of the FICZ. However it is also common over the deeper (200 – 500m depths) shelf in the south-west of the FICZ. Since 1988 *M. magellanicus* has only rarely been fished on the Burdwood Bank in the south of the FICZ. However, early catches by the Polish indicate a reasonable abundance of *M. magellanicus* in this area (Janusz, 1986). Overall, however, the species is largely associated with the warmer waters of the shelf.

The waters around the Falkland Islands are primarily a feeding ground for *M. magellanicus*. Spawning animals migrate westwards to spawn in the austral winter; fish present in Falkland's waters in the third quarter are smaller animals generally at maturity stages I or II. On the rare occasions that spawning individuals have been recorded these have been on the western edge of the FICZ. Although individuals from age one and up (and 9cm PAL and up) have been found in Falkland's waters it is the larger individuals that generally dominate. Length frequencies in catches do not always show a mode representing smaller fish. Females dominate in catches indicating that they travel further than males in their feeding migrations. Smaller individuals tend to be found in the western part of the FICZ, indicating that the Falkland's zones are on the eastern margin of the nursery grounds.

Fifty percent maturity is reached at 2 to 3 years of age (15-20cm pre-anal length) in both males and females. Males grow faster initially, but size at age is greater in females from age four onwards.

Fishery

The fishery for *M. magellanicus* near the Falklands was opened by the Polish fleet in 1978 with catches peaking at over 6,500 t in 1980. The fishery was initially on the northern and eastern slopes of Burdwood Bank (Janusz, 1986) but moved to the SW of the Falkland Islands as the Polish fleet targeted spawning aggregations of *M. a. australis*. Since the establishment of the FICZ in 1986 annual catches have varied between approximately 5,000 and 20,000 tonnes annually. In 1998 to 2000 catches have been over 15,000 with the main increase being associated with catches in the first half of the year.

M. magellanicus is taken by a number of different fleets. Fishing performance has been most consistent in the restricted (non-hake) finfish fleet where *M. magellanicus*, if taken, can commonly comprise anywhere between 10-100% of a vessel's daily catch or of individual trawls. Catches by the surimi fleet have increased in recent years and the proportion of *M. magellanicus* in surimi vessels' daily catches have shown an increase. Trawlers licensed to target *Illex argentinus* have taken significant catches of *M. magellanicus* since the mid-1990's, and this was recognised officially in 1997 with the introduction of a restricted finfish license allowing targeting of *Illex argentinus* in the first half of the year.

Raw total CPUE of all fleets considered has increased since the mid-1990's with the exception of the *L. gahi* fishery where *M. magellanicus* remains a rare bycatch and is apparently avoided reasonably successfully when present. The standardised CPUE series (

Figure 19) supports the idea that abundance of *M. magellanicus* has increased, though the increase is not as great as seen in the raw CPUE series. This suggests that changes in fleet behaviour (possibly due to declining availability of *M. a. australis*) have been partially responsible for the increasing catches. Catch at age data indicates strong recruitment associated with year classes from the mid-1990s and 1980s with lower recruitment in the intervening period.

Management

M. magellanicus is not currently the subject of specific management measures in Falkland's waters. It is taken as part of a mixed finfish fishery that is managed by effort limitation. Limits on other species have been responsible for determining the allowable licensed effort over the period since the establishment of the managed fishery. In the early 1990s effort limitation was specifically aimed at limiting catches of the over-exploited *Merluccius hubbsi* stock. In the last two years *M. a. australis* has become the limiting species.

Stock assessments by INIDEP have suggested that the *M. magellanicus* stock in the Southwest Atlantic is not currently at full exploitation. However, the current high abundance appears to have been associated with a few years of particularly good recruitment and part of the reason for increased catches appears to be the declining availability of more traditional target species such as *M. hubbsi* and *M. a. australis*. A cautious approach to increasing catches is therefore required.

References

- Anon. (2000). *Fisheries Statistics*. Falkland Islands Government Fisheries Department, Stanley, Falkland Islands.
- Bellisio N.B., Lopez R.B. 1973. Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). *Monogr. Resour. Pesq.*, N 1, Ministerio de Agricultura y Ganadaria, Buenos Aires, 46p.
- Bezzi, S.I. 1984. Aspectos biológico-pesqueros de la merluza de cola del Atlántico sudoccidental. *Rev. INIDEP*, Mar del Plata, N 4, 63-80.
- Cohen, D.M., Inada, T., Iwamoto, T, Scialabba, N. 1990. FAO species catalogue. V.10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadoid fishes known to date. *FAO Fisheries Synopsis*, N.125, v. 10, Rome, FAO, 442 p.
- FAO, 1983. Report of the ad hoc working group on fishery resources of the Patagonian Shelf. Rome, 7-11 February 1983. *FAO Fish. Rep.*, N 297, 83 p.
- Hart, T.J. 1946. Report on trawling surveys on the Patagonian Continental shelf. *Discovery Report*, 23: 246-250.
- Janusz, J. 1986. Occurrence and biology of patagonian whiphake *Macruronus magellanicus* in the Falkland Islands area. *Bull. Sea Fisheries Institute*, No. 3-4 (95-96), 14-19.
- Norman, J.R. 1937. Coast fishes. Part II. Patagonian region. *Discovery Rep.*, 16, 150p.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. 4th edition. Prentice Hall International, Inc.

Table 1. The maturity scale used for assessment of finfish maturity by observers in the Falkland Islands fisheries, based on macroscopic examination of the gonads.

<i>Maturity stage</i>	<i>Description</i>
I	Immature
II	Resting
III	Early developing
IV	Late developing
V	Ripe
VI	Running
VII	Spent
VIII	Recovering spent

Figure 1. Total catch (tonnes) of principal commercial species within the Falkland Islands fisheries zones in 1989 and 1999 (Anon., 2000).

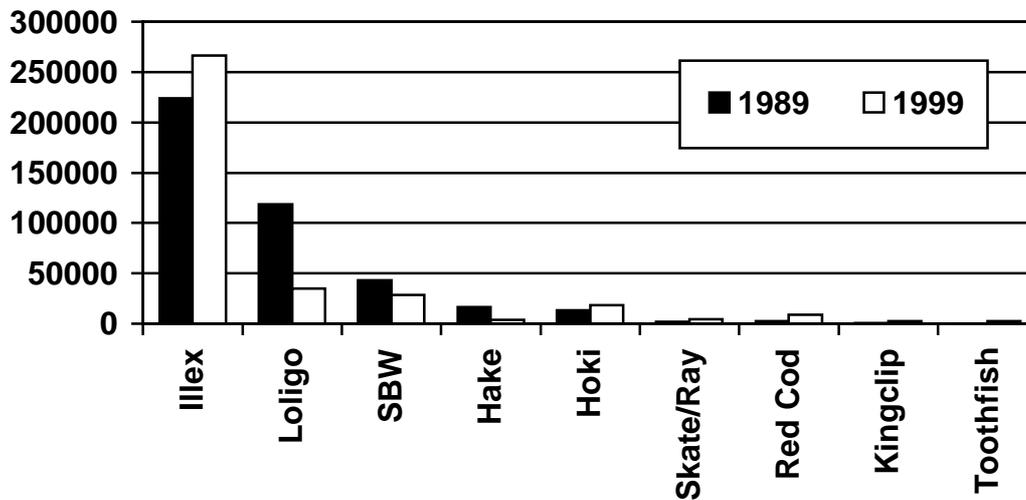


Figure 2. The proportion of female *M. magellanicus* in all sampled trawls with more than 10 individuals over the period 1988 to 2000.

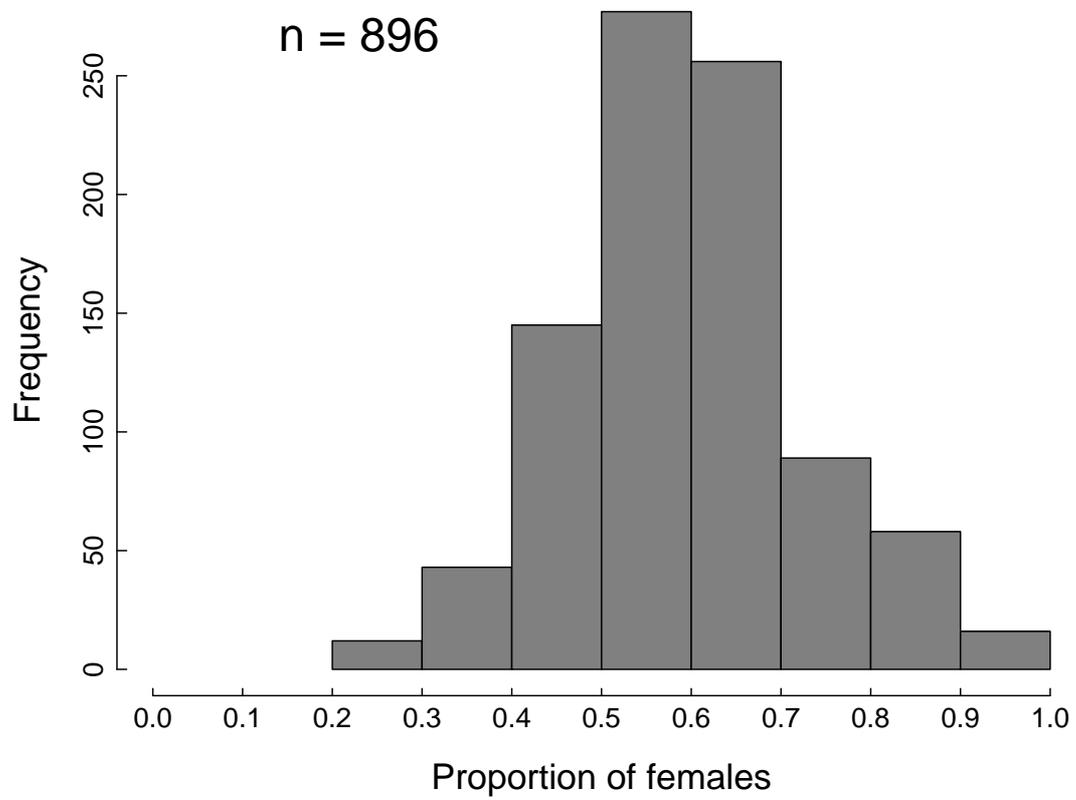


Figure 3. The proportion of individuals assigned to each maturity stage for females (top) and males (bottom), on a monthly basis using data aggregated over the period 1988 to 2000.

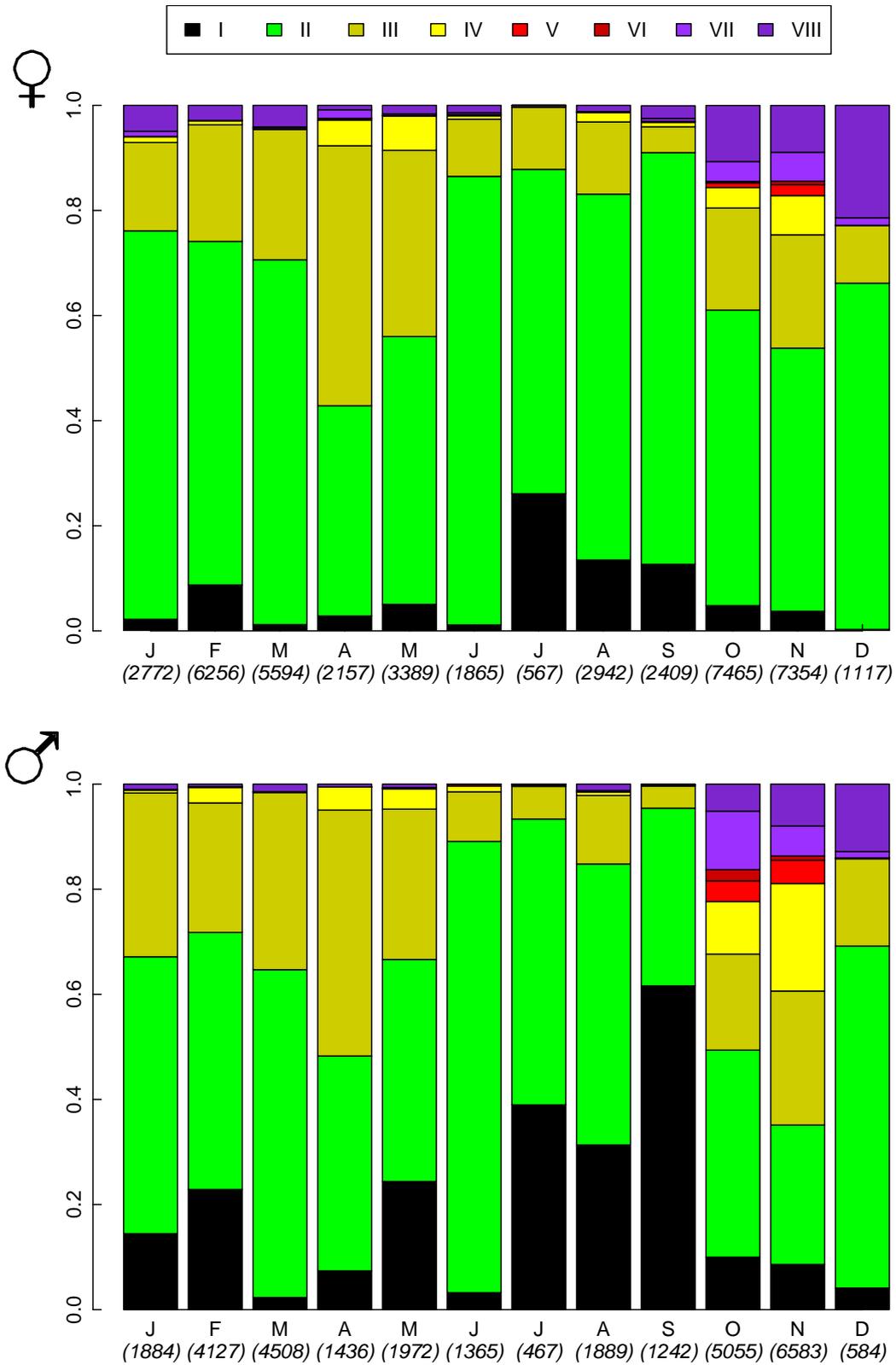


Figure 4. The proportion of adult (maturity II and above) *M. magellanicus* at different lengths in Falkland's waters, for the pre-spawning period (March to May, left column) and all samples (right column). 95% confidence intervals are calculated using the method given by Zar (1999, pp. 527-529). The dashed line is a logistic curve, fitted with weights inversely proportional to the confidence interval width, and length at 50% maturity is given as the inflection point of the fitted curve.

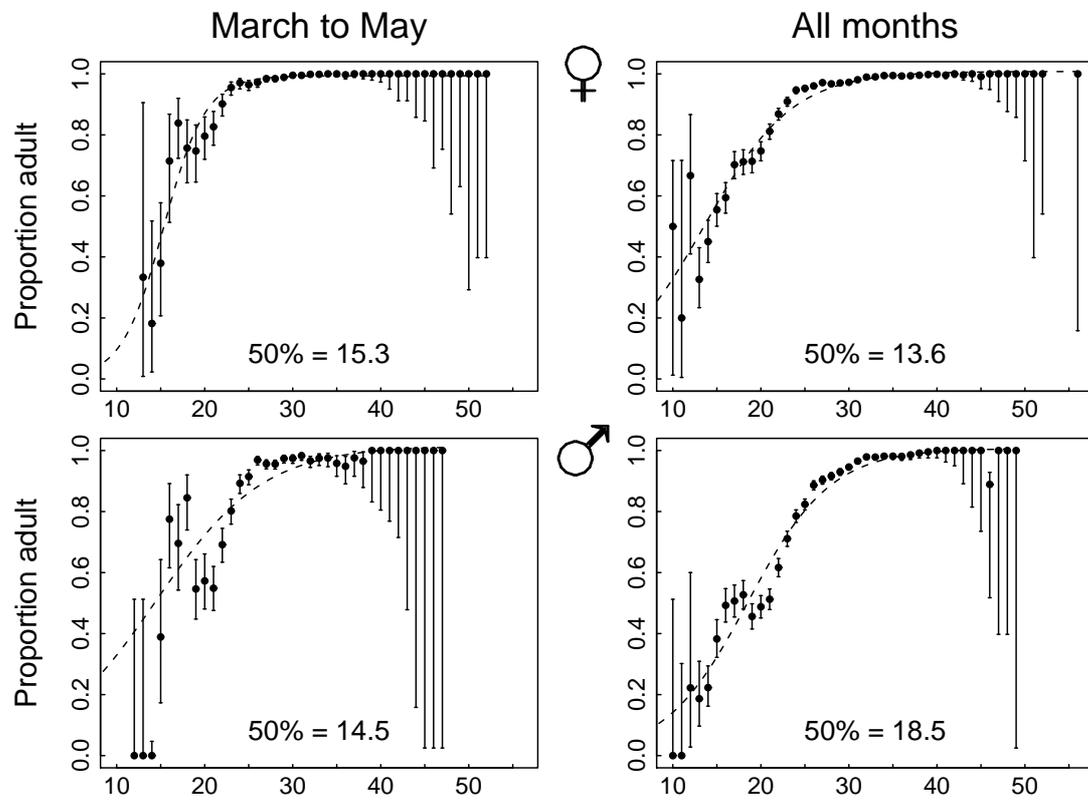


Figure 5. The proportion of adult (maturity II and above) *M. magellanicus* at different ages in Falkland's waters, for the pre-spawning period (March to May, left column) and all samples (right column). 95% confidence intervals are calculated using the method given by Zar (1999, pp. 527-529). The dashed line is a logistic curve, fitted with weights inversely proportional to the confidence interval width, and length at 50% maturity is given as the inflection point of the fitted curve.

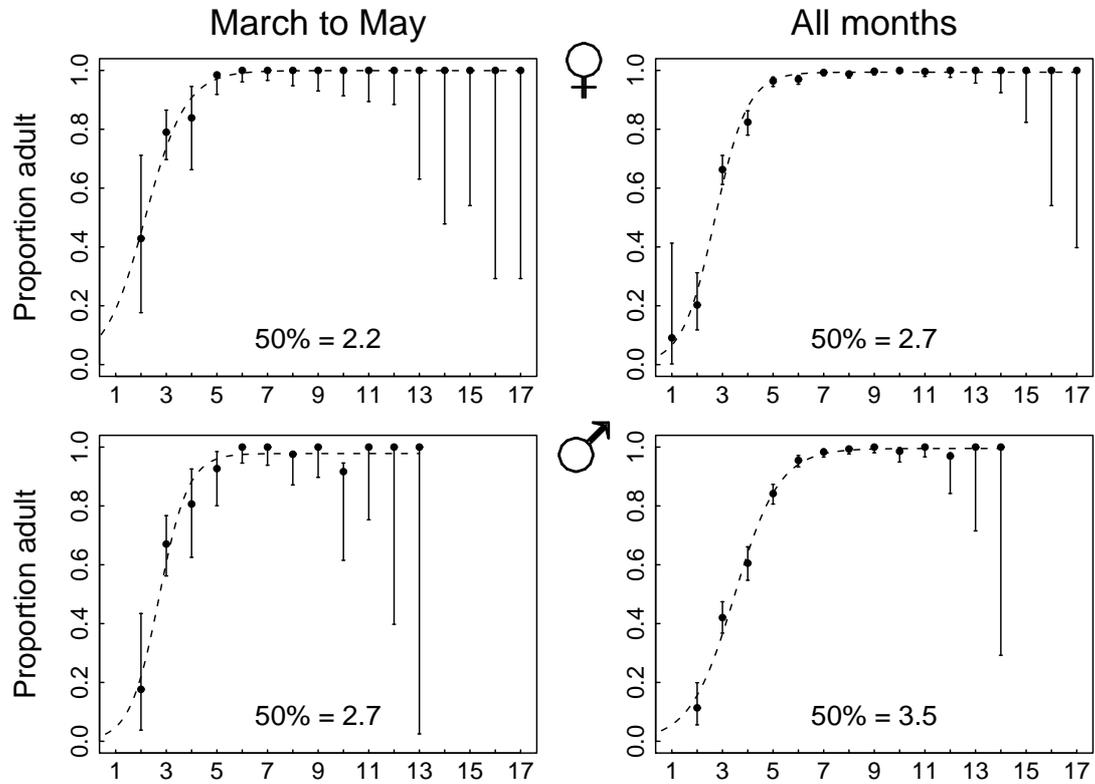


Figure 6. Quarterly length frequency distribution of female *M. magellanicus* in catches from Falkland's waters using 3cm length classes, from 1988 – 2000 (Q1 = January to March, Q2 = April to June, Q3 July to September, Q4 = October to December). Histogram bars are coloured according to proportion in that size class in five maturity stage groupings.

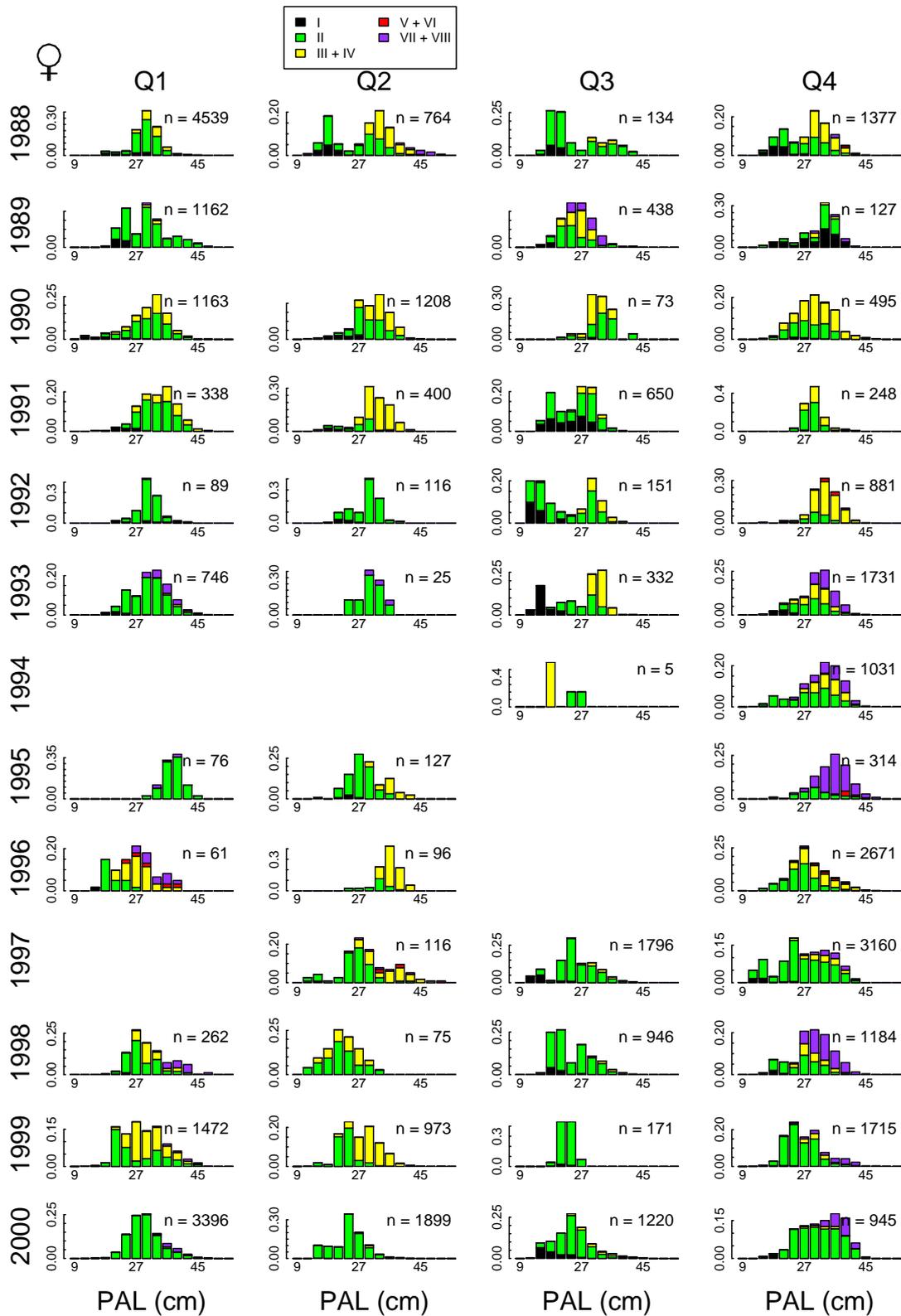


Figure 7. Quarterly length frequency distribution of male *M. magellanicus* in catches from Falkland's waters using 3cm length classes, from 1988 – 2000 (Q1 = January to March, Q2 = April to June, Q3 July to September, Q4 = October to December). Histogram bars are coloured according to proportion in that size class in five maturity stage groupings.

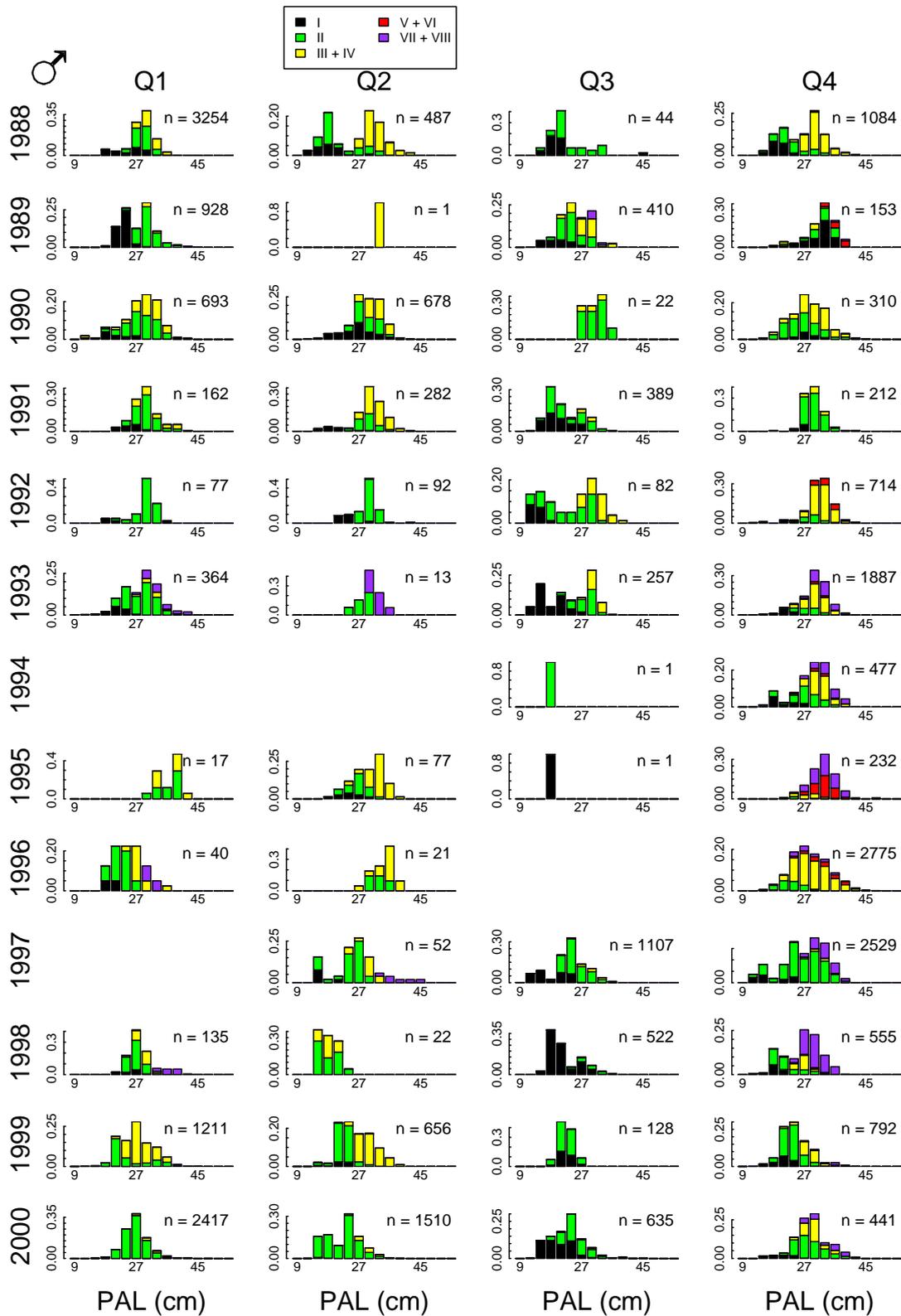


Figure 8. Mean pre-anal length of large (> 20cm PAL) *M. magellanicus* in the Falkland's fishery on a monthly basis using aggregated data from 1988 to 2000.

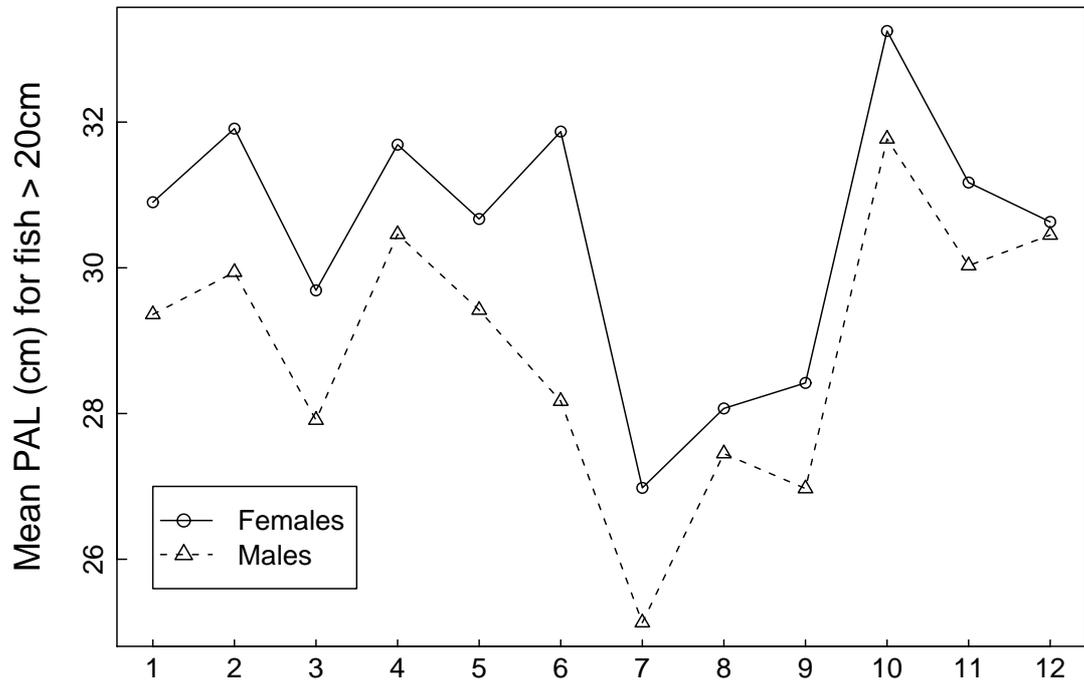


Figure 9. Size at age for females (top) and males (bottom), from all otolith readings over the period 1988 to 2000 (left column) and otoliths collected in October (right column).

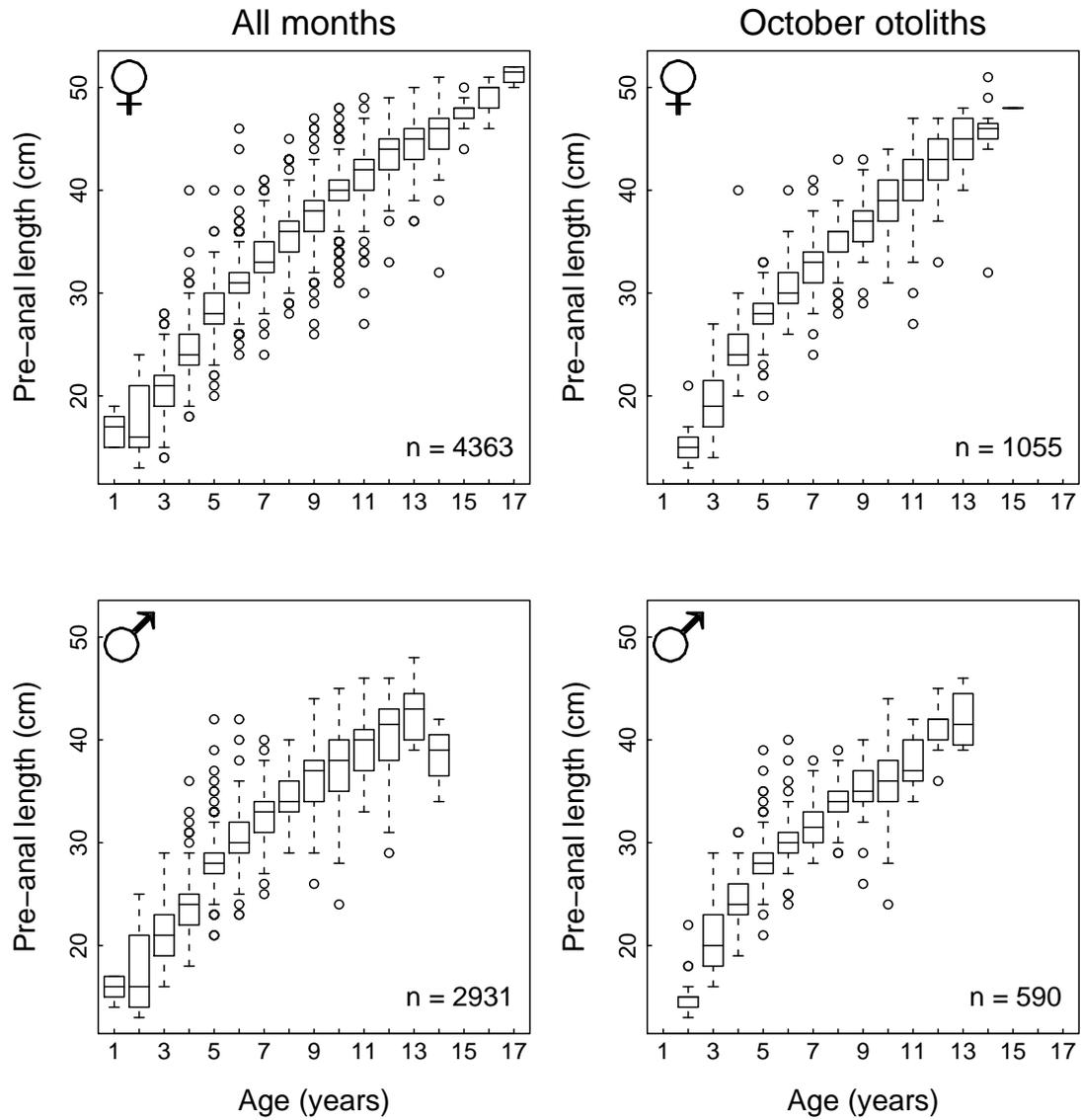


Figure 10. Monthly distribution of *M. magellanicus* based on daily catch reports from all licensed vessels, with the exception of surimi vessels. Daily CPUE (t/hr) is assigned to reporting grid on the basis of a vessel's midday position. The value plotted is mean CPUE per grid square over the period 1988-2000. The 200m and 500m depth contours are included, based on GEBCO data.

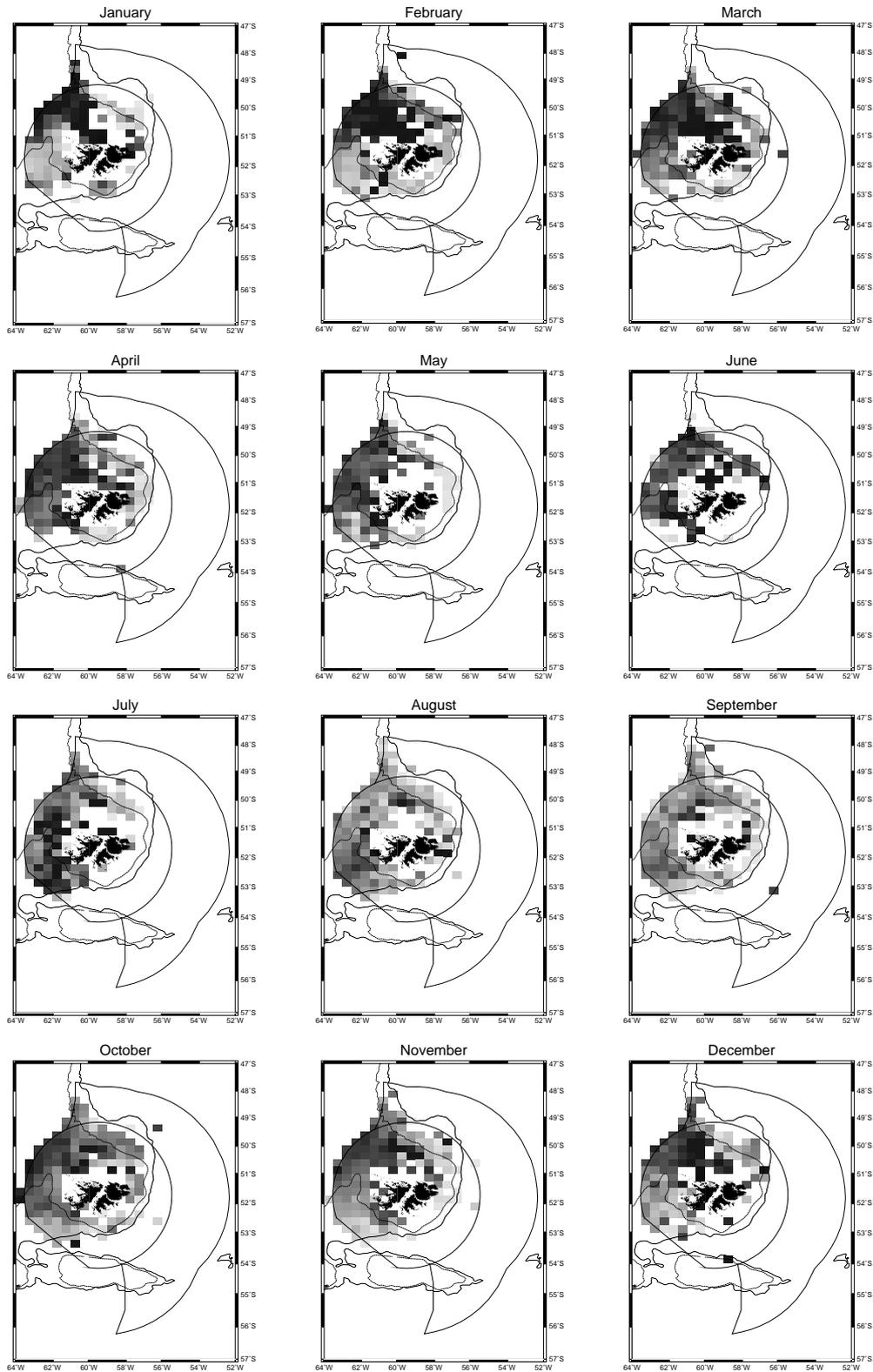


Figure 11. Monthly distribution of *M. magellanicus* from data collected by Fisheries Department observers, from 1988 to 2000. The locations of observed trawls without *M. magellanicus* are shown as grey crosses. Filled circles mark the position of trawls containing *M. magellanicus*; circle diameter is proportional to the logarithm of catch per unit effort (calculated as kg/hr).

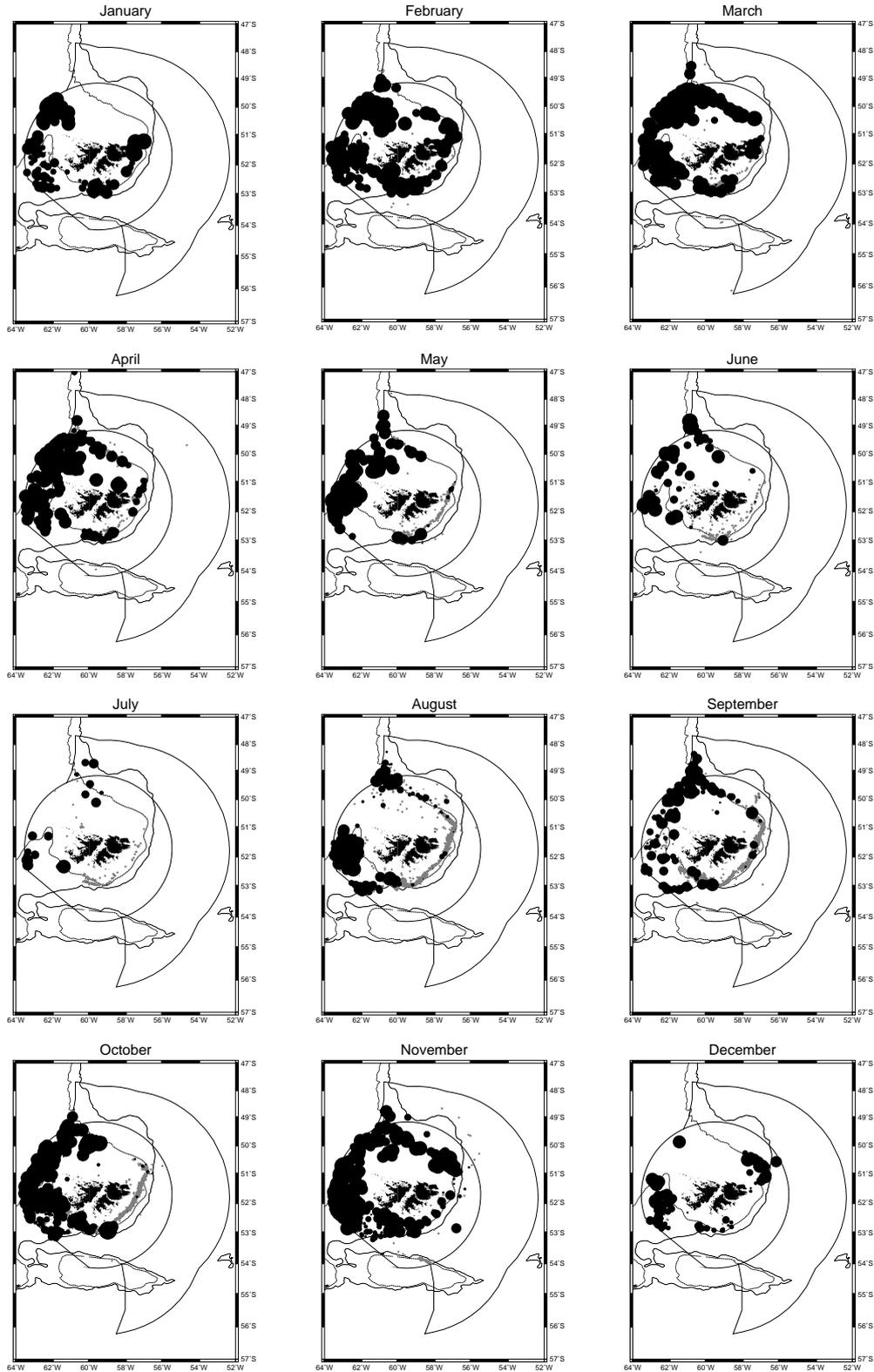


Figure 12. Monthly distribution of smaller (less than 20cm PAL) *M. magellanicus* from data collected by Fisheries Department observers, from 1988 to 2000. The locations of observed trawls without small *M. magellanicus*, or without length frequency samples, are shown as grey crosses. Filled circles mark the position of trawls containing small *M. magellanicus*; circle diameter is proportional to the logarithm of catch per unit effort (calculated as numbers/hr).

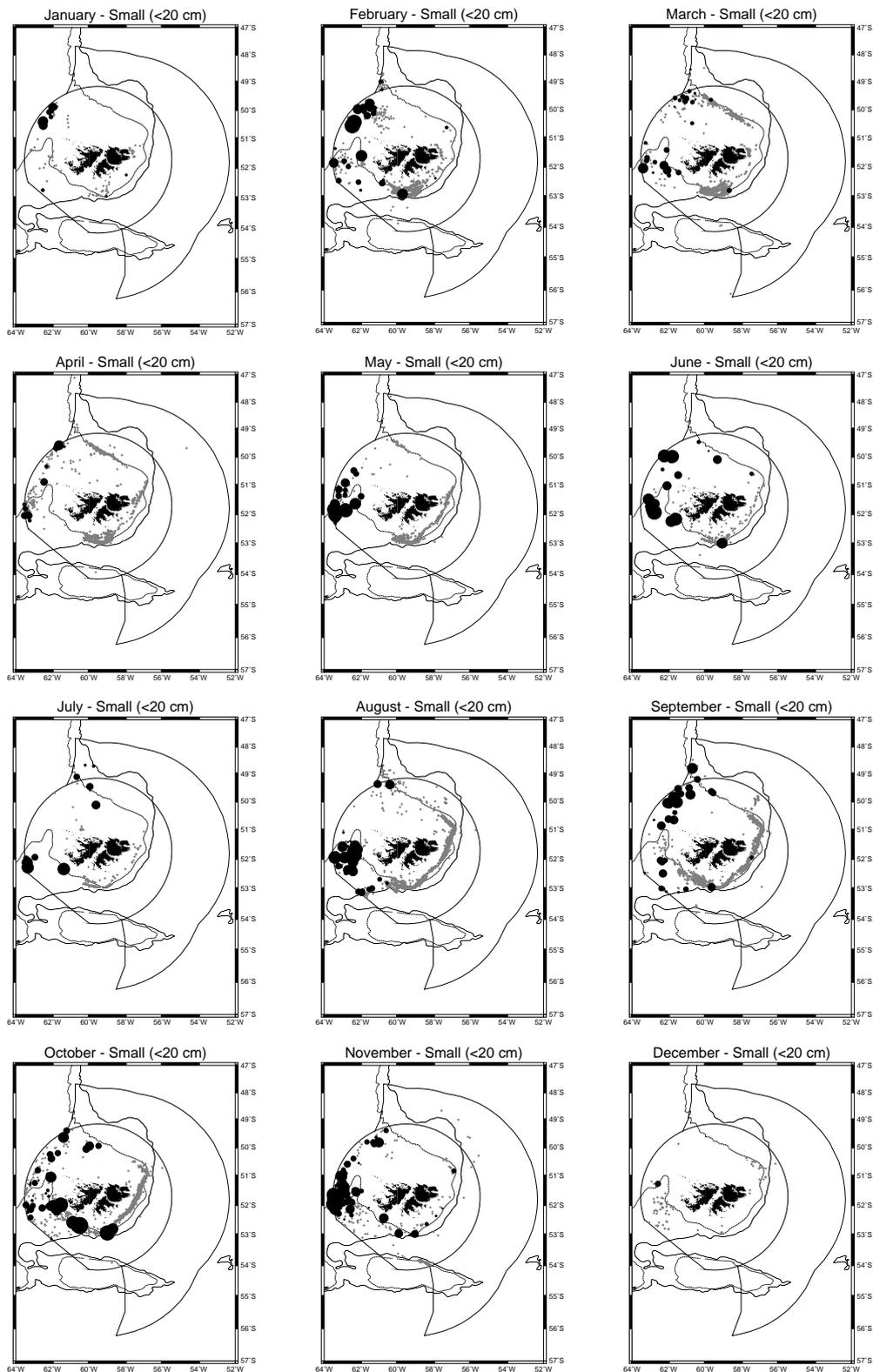


Figure 13. Monthly distribution of spawning (maturity stage V and VI) *M. magellanicus* using aggregated observer data from 1988 to 2000. The locations of observed trawls without spawning *M. magellanicus*, or without maturity samples, are shown as grey crosses. Filled circles mark the position of trawls containing spawning *M. magellanicus*; circle diameter is proportional to the logarithm of catch per unit effort (calculated as numbers/hr).

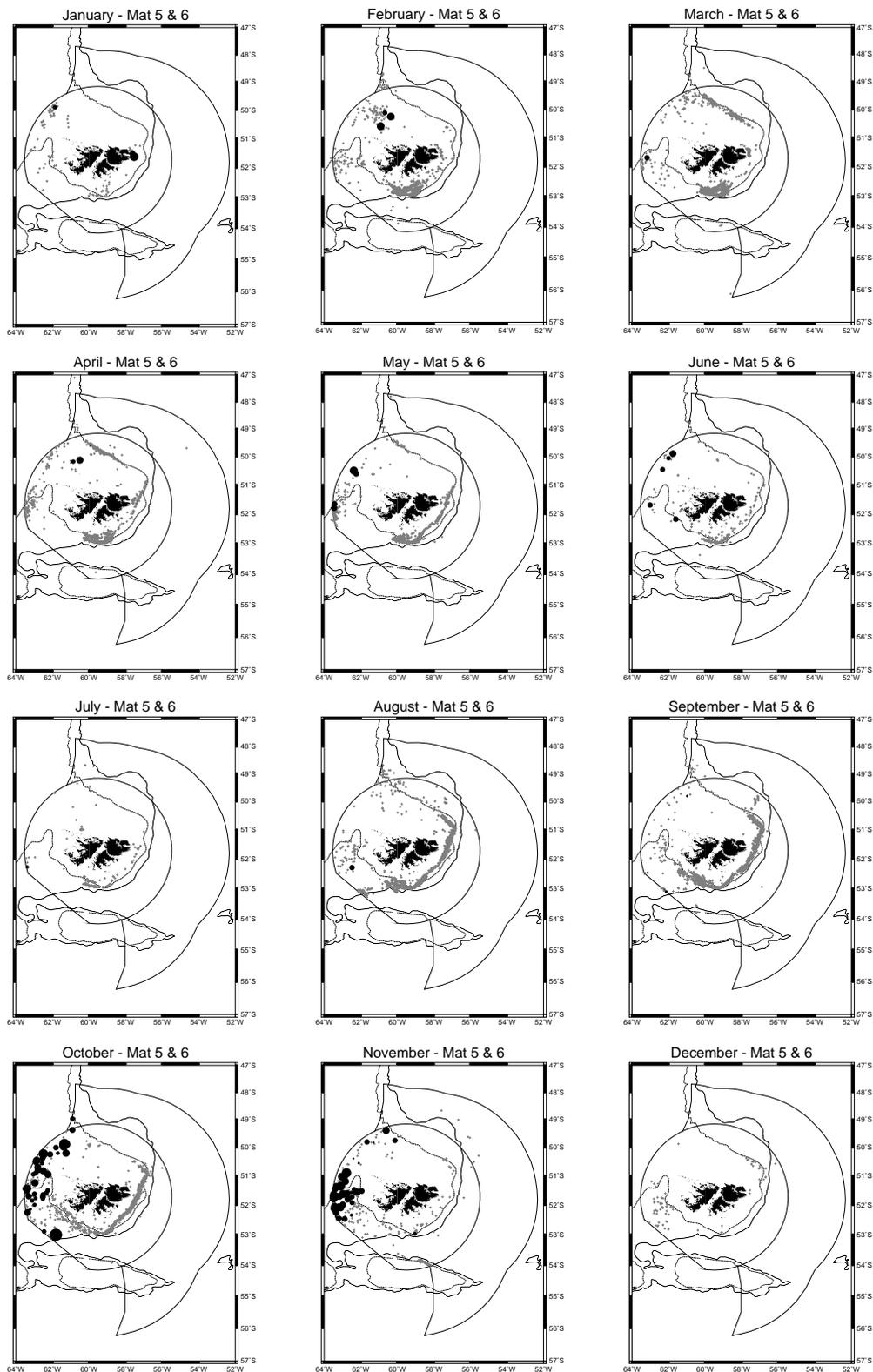


Figure 14. Boxplots of daily CPUE (t/hr) of *M. magellanicus* in Falkland's waters, by depth. Mean fishing depths were grouped in 25m classes (labelled with the lower limit) and are shown separately for each quarter. The solid lines join the median CPUE, whilst the dashed horizontal line indicates the overall mean CPUE.

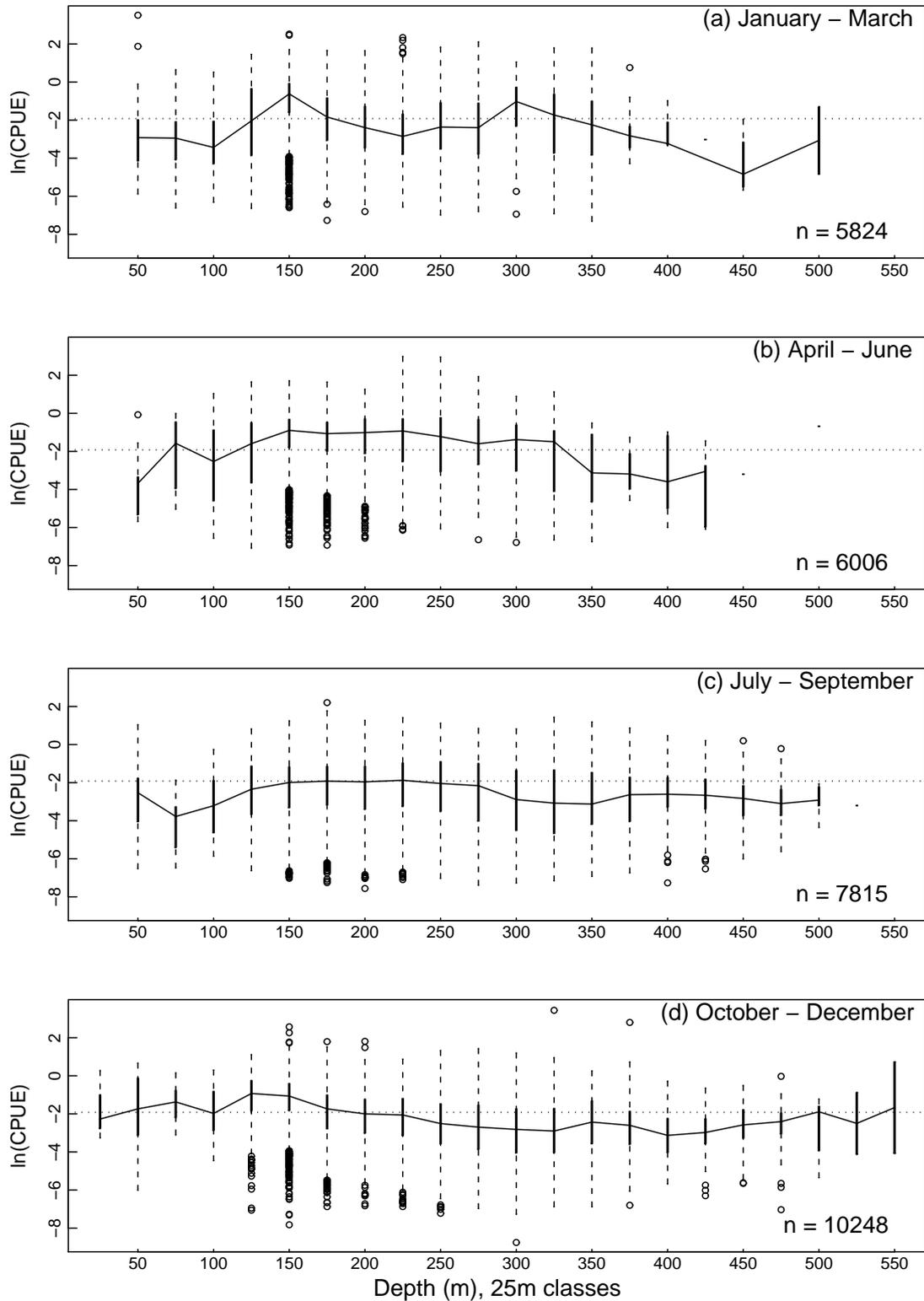


Figure 15. Annual catch of *M. magellanicus* by licensed vessels in the Falkland's zones, partitioned by quarter: (a) total catch (tonnes), (b) proportion of total year's catch taken in each quarter.

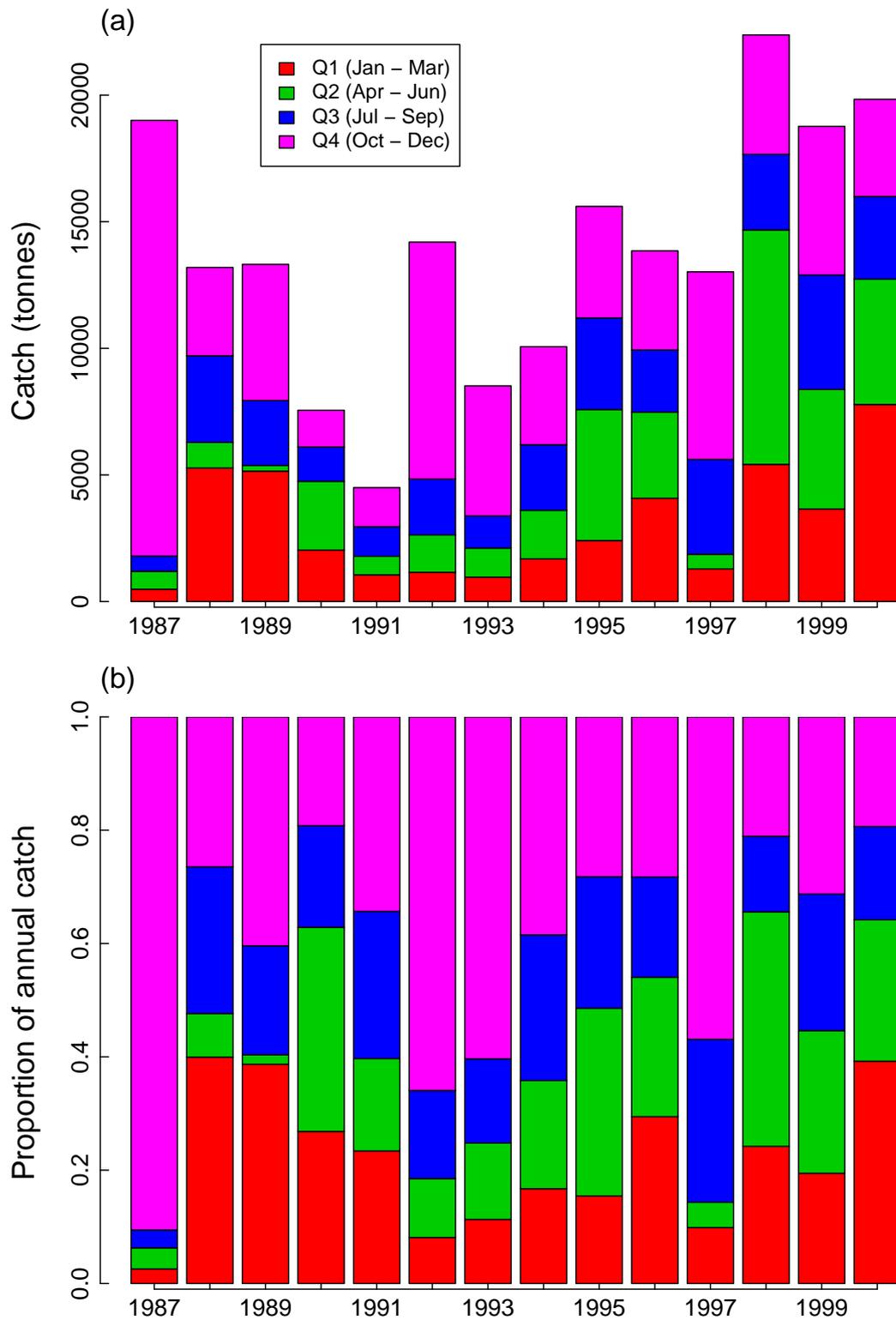


Figure 16. Catch (left column, solid lines) and raw total annual CPUE (right column) of *M. magellanicus* by different fleets fishing in the Falkland's zones. For trawlers targeting the squid *Illex argentinus* and *Loligo gahi* annual catch of the target squid species is also shown (dashed line).

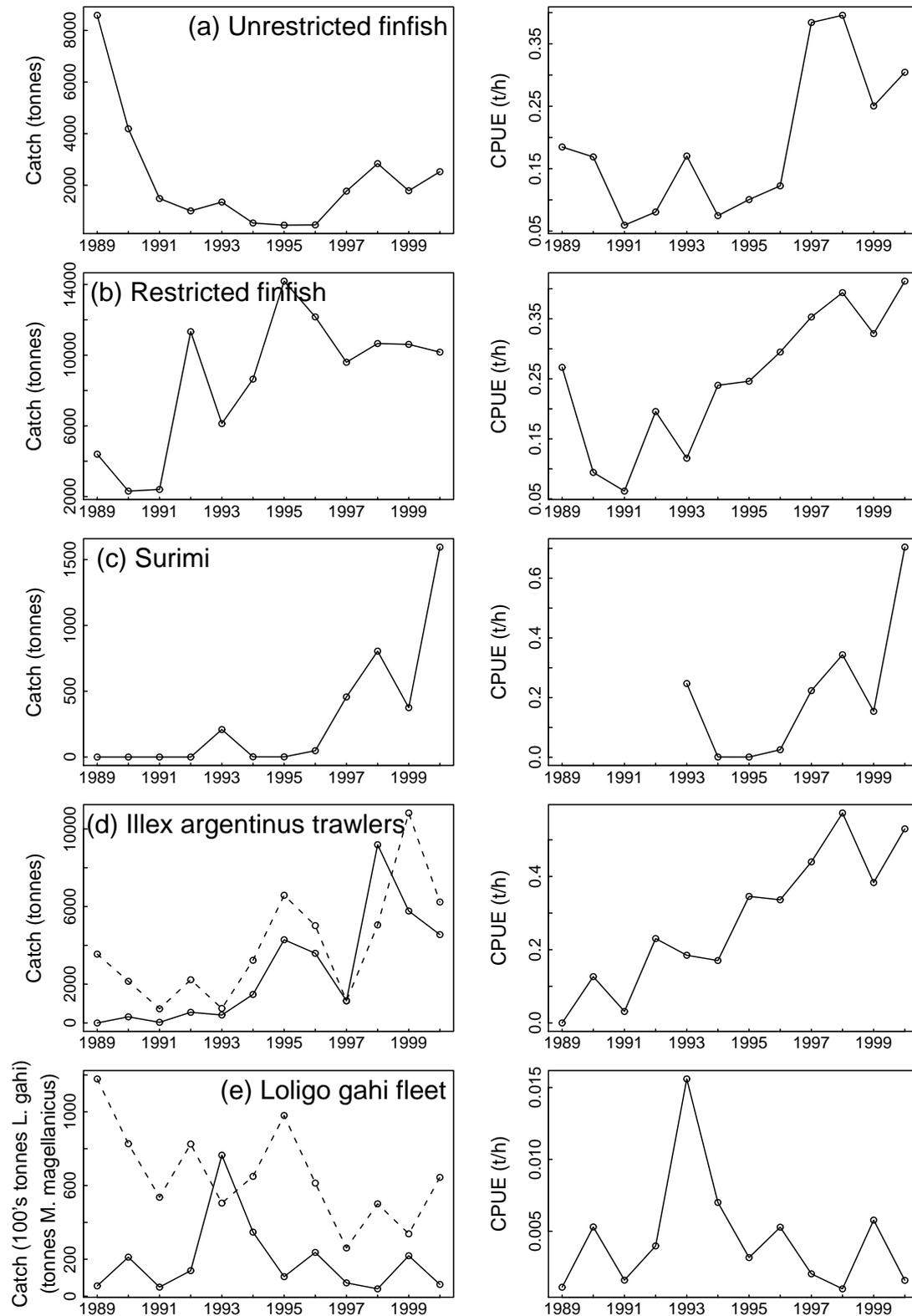


Figure 18. The proportion of *M. magellanicus* in individual trawls by vessels with restricted finfish licenses.

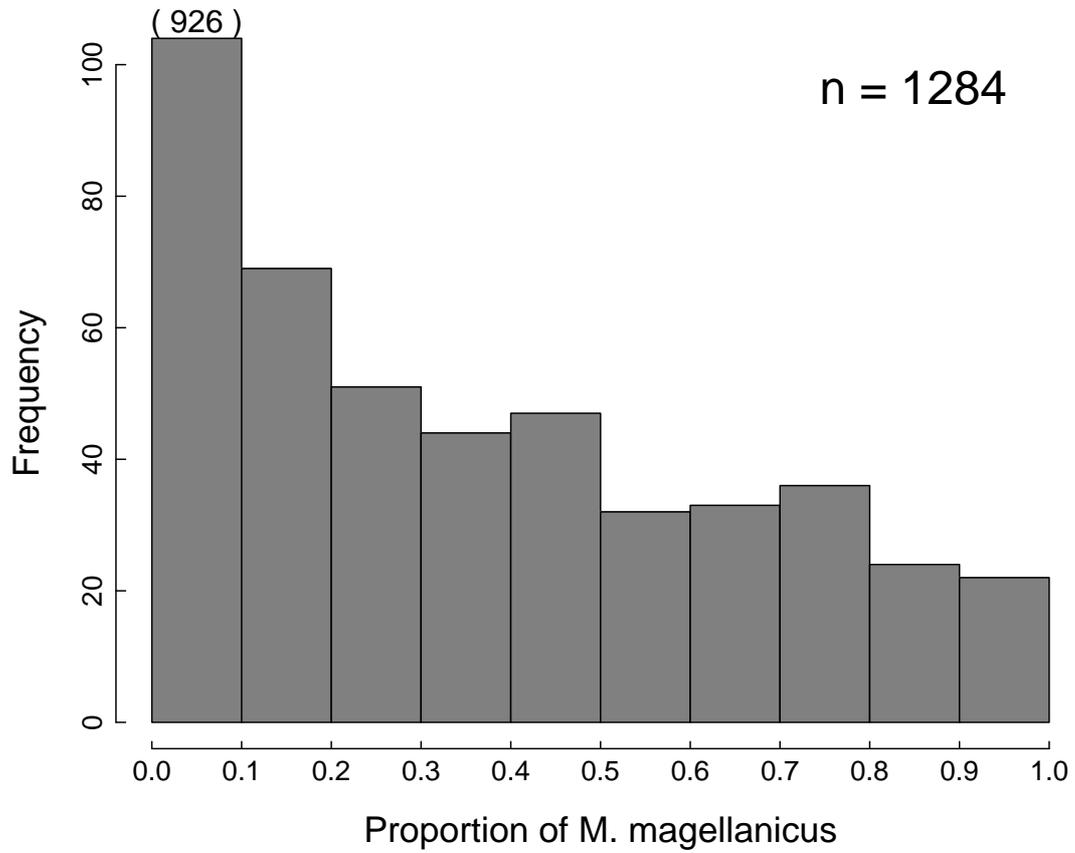


Figure 19. Standardised CPUE for the restricted finfish fleet, for catches where *M. magellanicus* comprised 10% or greater of a vessel's daily catch. Ln(CPUE) was fitted as a function of year, month, fishing depth, vessel GRT and quadrant of the FICZ in which fishing occurred, allowing interactions between quadrant and month.

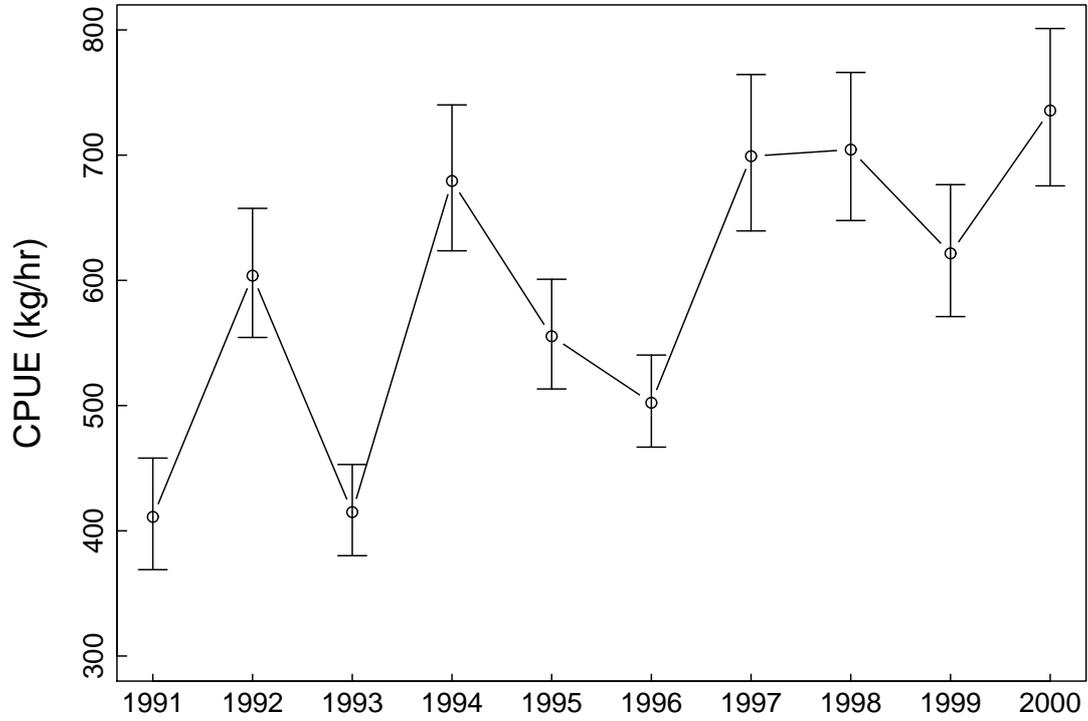
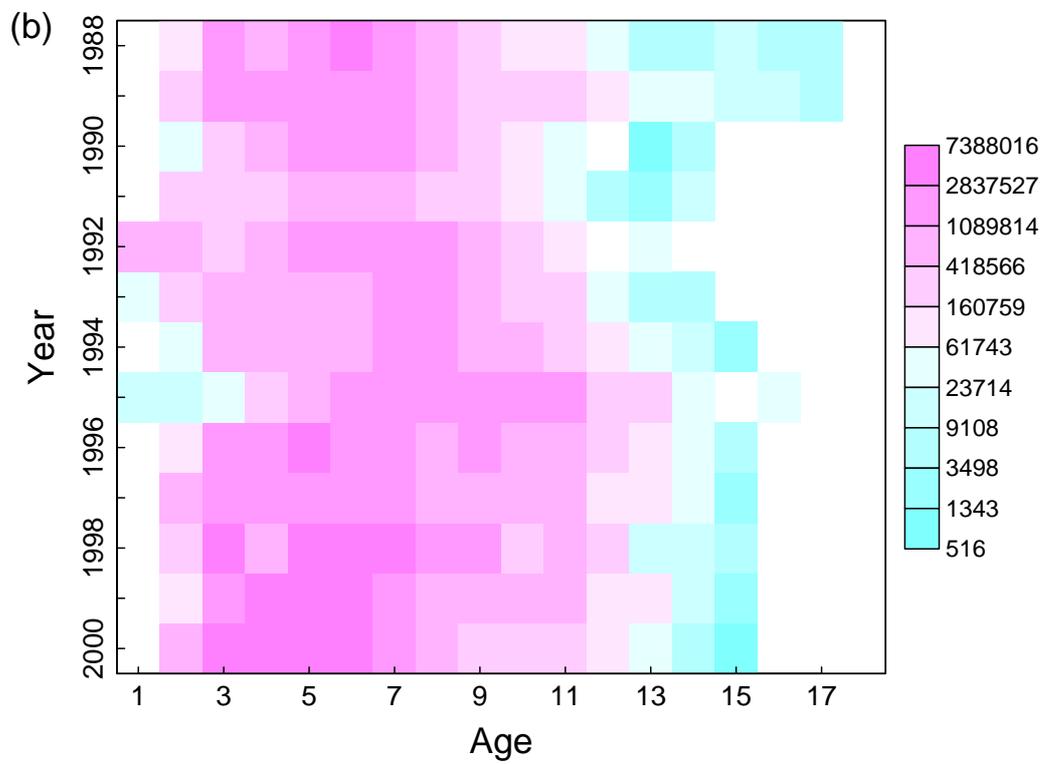
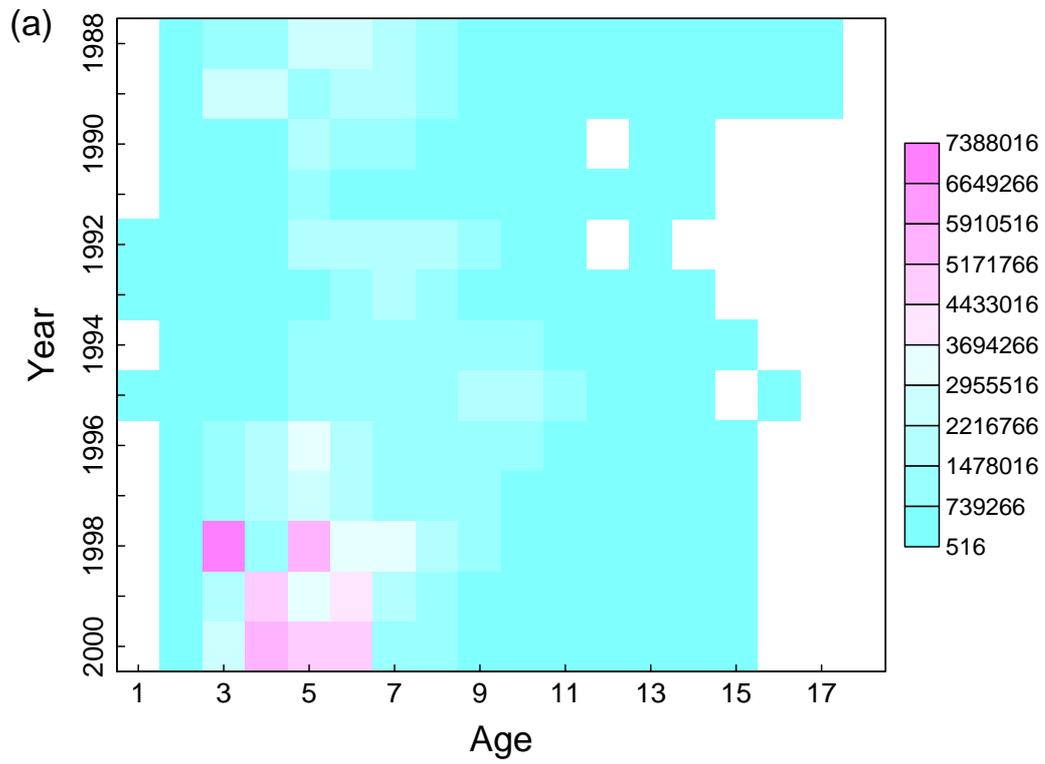


Figure 20. Illustration of estimated catch numbers at age for *M. magellanicus* caught in the Falkland's fishery zones. (a) linear colour scale, (b) logarithmic colour scale.



TALLER INTERNACIONAL

EVALUACION DE STOCK DE MERLUZA DE COLA Y MERLUZA DE TRES ALETAS

TEMA DESARROLLADO:

LA MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL MAR ARGENTINO

por

Otto C. Wöhler & Analía R. Giussi

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Paseo Victoria Ocampo N°
1. (7600) Mar del Plata. República Argentina.

INTRODUCCIÓN

El presente informe constituye una síntesis de las presentaciones realizadas por los científicos del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) de Argentina, efectuadas durante el Taller Internacional sobre “Evaluación de stock de Merluza de cola y Merluza de tres aletas, organizado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en Villa Alemana, Chile, entre el 3 y 7 de julio de 2001. La mayor parte del contenido expuesto en las presentaciones del Taller está incluida en Giussi *et al.* (En Prensa), habiéndose incorporado algunos análisis de reciente elaboración.

La merluza de cola o hoki patagónico, *Macruronus magellanicus*, es una especie demersal-pelágica (Angelescu & Prenski, 1987; Wöhler, 1987) siendo el recurso íctico de mayor biomasa en el Atlántico Sudoccidental al sur de los 45°S. Su hábitat está caracterizado por amplios límites batimétricos y térmicos, y comprende un extenso rango de latitudes.

La calidad de su carne convierte a la especie en materia prima apta para el consumo humano directo, tanto en forma de filetes como para la elaboración de pasta de pescado (*surimi*). No obstante, hasta hace poco tiempo este recurso en Argentina sólo era un producto incidental en la de pesca dirigida a otras especies. La situación preocupante de otros recursos tradicionales para la flota argentina de arrastre, como la merluza común (*Merluccius hubbsi*) y la polaca o merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), en contraste con el actual potencial ofrecido por la merluza de cola, sugiere que la presión

pesquera sobre esta última puede aumentar en el futuro próximo a niveles aún mayores a los registrados durante los últimos años.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Distribución geográfica y comportamiento migratorio

La merluza de cola habita extensas regiones, tanto en el Atlántico Sudoccidental como en el Pacífico sudoriental, hallándose el límite norte de su distribución entre los 33° y 34°S en ambos océanos (Angelescu & Gneri, 1960, Arana, 1970, Giussi, 1996, Giussi *et al.*, 2000 a). Su distribución continúa dentro de los canales fueguinos, en latitudes cercanas a los 56°S, bordeando, de este modo, el extremo sur del continente americano (Figura 1). En el Atlántico la especie es típica de las aguas templado-frías propias de la Patagonia, localizándose desde las regiones costeras hasta la plataforma externa y talud, donde prevalecen las aguas de la Corriente de Malvinas (Giussi *et al.*, 1999 b). En esta amplia área de distribución, la mayor parte de la población, y por lo tanto la zona de mejores rendimientos comerciales, se localiza al sur de los 45°S, entre 50 y 200 m de profundidad. Al norte de dicha latitud y hasta los 36°S, se ubica preferentemente sobre el talud continental (Giussi *et al.*, 2000 a). La abundancia en este sector es mucho menor respecto de aquella estimada en el área principal (Giussi & Marí, 1999), aunque suelen encontrarse concentraciones relevantes (Scarlatto *et al.*, 2000).

La distribución de la merluza de cola es diferencial en las distintas épocas del año (Prenski *et al.*, 1996). Desde fines de la primavera hasta el otoño la especie se distribuye principalmente sobre la plataforma al sur de los 48° S, frente a Bahía Grande (50°-51°S) y la isla de Tierra del Fuego (54°-55°S), así como en la plataforma intermedia (52°-53°S) y sobre la isobata de 200 m de profundidad (Figura 2). Las concentraciones tienden a desaparecer de la plataforma intermedia durante el invierno, y sólo se han comprobado altas densidades cerca de la isobata de 200 metros, sobre dos sectores ubicados entre 47°-49°S y 53°-54°S. En la plataforma externa y talud bonaerense, tanto Giussi *et al.* (2000 a), como Scarlatto *et al.* (2000) y Wöhler *et al.* (2001) han detectado altas concentraciones de individuos durante el otoño y el invierno, y más bajas durante el resto del año, con una presencia casi exclusiva de juveniles durante la época estival.

Estos hechos sugerirían que en el Océano Atlántico las mayores concentraciones de merluza de cola permanecerían en la plataforma patagónica durante el verano y el otoño, desplazándose la fracción adulta de la población durante el invierno hacia aguas más profundas y hacia el norte, coincidiendo con el área de influencia de la corriente de Malvinas. No puede descartarse, sin embargo, la existencia de un posible movimiento migratorio de parte del efectivo en la misma época hacia el Océano Pacífico. No se conoce con certeza la naturaleza de dichos desplazamientos, pero posiblemente se relacionen con propósitos reproductivos. A partir de la primavera, el efectivo se reagruparía nuevamente al sur de los 45°S, con fines tróficos, en busca de los hipéridos, ítem principal de su dieta (Sánchez, 1999).

Estudios de diversa índole están siendo encarados de modo de dilucidar estos movimientos o bien aportar conocimientos acerca de la existencia de grupos poblacionales distintos. La presencia simultánea de juveniles en latitudes próximas a los 43°S, sobre el

talud continental, y en cercanías de la Isla Grande de Tierra del Fuego (Figura 3) fueron tomados como base para las comparaciones. La morfología de los otolitos y su relación con la longitud corporal fueron analizados (Figura 4 y 5), obteniéndose resultados preliminares que hacen suponer homogeneidad poblacional (D'Atri, com. pers.¹).

Los golfos San Matías y San Jorge constituyen también ambientes propicios para el desarrollo de la merluza de cola. En el primero, es la especie más abundante (Perrier & Di Giácomo, 1999). No se conoce aún si ocurre intercambio genético entre los individuos que habitan este golfo y aquellos de la plataforma y talud (Figura 3). Sin embargo, la presencia dentro del mismo tanto de juveniles como de adultos y la ocurrencia de agregaciones reproductivas (Perrier & Di Giácomo, 1999), junto con resultados de estudios recientes que indican diferencias en las modalidades de crecimiento (Giussi *et al.*, 1999 a) condujeron a plantear hipótesis sobre unidades poblacionales independientes. Estos autores analizaron la composición de longitudes de los individuos (Figura 6), la relación entre el crecimiento de los otolitos respecto de la longitud total de los peces (Figura 7) y la modalidad de crecimiento y sus parámetros (Figura 8). Los resultados arrojaron diferencias significativas, por tanto este grupo podría considerarse como un efectivo unitario.

Existe incertidumbre sobre la unidad poblacional de los individuos capturados dentro del Golfo San Jorge. Se ha detectado actividad reproductiva en el área (Giussi, 1993), desconociéndose si es un grupo aislado o si aporta al efectivo de plataforma.

En la Figura 9 se ha bosquejado el patrón migratorio hipotético de la merluza de cola en el Mar Argentino. El mismo es preliminar y responde a numerosas observaciones y hechos conocidos como así también a hipótesis de trabajo actuales que necesariamente deben ser puestas a prueba mediante futuras investigaciones. Una descripción sintética del mismo indica que existirían al menos dos poblaciones identificadas en el Mar Argentino. La primera de ellas es una población pequeña que sería propia del Golfo San Matías, y que se diferencia de la segunda, o población sudpatagónica en varios aspectos, como el crecimiento, maduración y área de reproducción (Perrier y Di Giácomo, 1999, Giussi *et al.*, 1999 a). El *stock* de plataforma, que es el más importante desde el punto de vista comercial, es mucho más abundante y se localizaría entre los 37°S y los 57°S. Si bien los juveniles son los más abundantes en la plataforma y su permanencia es constante durante el transcurso del año, existe un área intermedia sobre la plataforma donde la presencia de ejemplares adultos suele ser mayoritaria (principalmente en verano). Estos adultos se desplazarían con fines reproductivos hacia menores latitudes en aguas del talud a finales de otoño para retornar a la plataforma intermedia durante la primavera. Sin embargo, no puede descartarse una posible migración en la misma época de parte de esos adultos hacia áreas más costeras al sur de los 54°S o incluso hacia el Pacífico, como así tampoco un aporte hacia el Atlántico de la población que habita en el sur de Chile.

¹ Srta. Luciana D'Atri, Proyecto Evaluación de Peces Demersales Australes INIDEP, Argentina.

Area y época de reproducción

Giussi *et al.* (En Prensa) han sintetizado los conocimientos que se poseen acerca de la reproducción de la especie en el Atlántico. Señalaron que la estación reproductiva no se ha podido determinar con certeza, y es un tema que actualmente se encuentra en estudio. Varios autores han formulado hipótesis respecto de las épocas y áreas en las que ocurriría la reproducción. Hart (1946) sugirió que los desoves se producirían durante la primavera, fundamentando su suposición en que los peces se alimentan más activamente después de la reproducción, como efectivamente sucede con la merluza de cola en la época estival. Sin embargo, Inada (1983), Bezzi (1984) y Chesheva (1995) postularon, sobre la base de observaciones macroscópicas de las gónadas, que la reproducción tendría lugar durante el invierno y en media agua. Adicionalmente, Inada (1983) indicó que podría existir una migración reproductiva desde las aguas más profundas, cercanas al talud continental, hacia diferentes áreas costeras donde se producirían los desoves, al sur de los 48°S y en cercanías del Golfo San Matías. Ello haría suponer que el efectivo del mencionado golfo cohabitaría en ciertos momentos del año con el efectivo que se distribuye en la plataforma. Perrier & Di Giácomo (1999) observaron que en las aguas internas de este golfo el proceso reproductivo se lleva a cabo durante el mes de agosto.

En el talud continental frente a la provincia de Buenos Aires (39-42°S), durante los meses de agosto y septiembre del año 2000, se encontraron individuos recientemente desovados (Scarlatto *et al.*, 2000), aunque información proveniente de la misma época del año 2001, indicaría que la mayor parte de los ejemplares estaban en maduración (Scarlatto, *et al.*, 2001). Esta diferencia podría deberse a influencias de los factores ambientales entre los años considerados.

En función de localizar las principales áreas de reproducción en el Atlántico, Giussi *et al.* (En Prensa) indicaron que deben considerarse algunas observaciones puntuales, tales como el hallazgo de individuos en puesta en el Golfo San Jorge durante el mes de octubre (Giussi, 1993), huevos en cercanías de las Islas Malvinas (Ciechomski *et al.*, 1975), y larvas en el norte del Golfo San Matías y en Isla de los Estados durante noviembre y diciembre (Machinandiarena & Ehrlich, 1999). Basándose en estos últimos resultados, Machinandiarena & Ehrlich (1999) definieron un área de cría ubicada entre los 52° y 55°30'S y entre 90 y 160 m de profundidad.

Asimismo, puede aportar a este fin el estudio de las áreas de distribución de los juveniles de edad 0. Aunque escasos, éstos han sido hallados en el interior del Golfo San Matías (Giussi *et al.*, 1999 a) y en la boca del Golfo San Jorge (Giussi *et al.*, 2000 a), y sobre la isobata de 200 m, al norte de la Isla de los Estados. Si bien durante los primeros estadios de vida, los peces son susceptibles de ser arrastrados por las corrientes, la distancia que separa las áreas mencionadas podría indicar la existencia de diversas zonas de puesta. De hecho, es poco probable que la reproducción de esta especie, que habita amplias extensiones sobre la plataforma y el talud del Mar Argentino, ocurra sólo en un área. De todas formas, resulta sorprendente que nunca se hayan encontrado concentraciones relevantes de merluza de cola en reproducción sobre la plataforma, quizás porque buena parte de la actividad reproductiva se desarrolle en aguas más profundas, como ocurre en Chile y Nueva Zelandia (Céspedes, com. pers.², Livingston, 1990).

² Lic. Renato Céspedes. Instituto de Fomento Pesquero. Valparaíso, Chile.

Edad y crecimiento

La determinación de la edad en esta especie se realiza mediante la utilización de los otolitos *sagittae* enteros, siguiendo la metodología de hidratación y posterior observación a través de un microscopio estereoscópico de discusión (Giussi, 1996). En cuanto a la validación de los anillos se observó que se forma un anillo anualmente (Giussi, 1996), siendo el invierno el período de mayor incidencia de borde hialino en los otolitos (Figura 10). Se adoptó como fecha de cumpleaños el 1° de julio basándose en la probable época de reproducción (Inada, 1983; Bezzi, 1984; Perrier & Di Giacomo, 1999), asignándose la edad de la manera que se esquematiza en la Figura 11.

Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy (1938), L_{∞} , k y t_0 , se estimaron por el método de máxima verosimilitud (Aubone & Wöhler, 2000), recalculándose los mencionados parámetros desde el año 1987 (Tabla 1). Los parámetros y las curvas de crecimiento de machos y de hembras fueron comparados estadísticamente mediante un test de χ^2 , a través del cual se detectaron diferencias en la modalidad de crecimiento entre sexos, reflejadas fundamentalmente en la tasa de crecimiento k (Giussi, 1996). Las hembras alcanzan mayor longitud asintótica, y mayores longitudes medias por edad a partir de la edad de primera madurez.

Las longitudes medias por edad de las distintas pseudo-cohortes analizadas anualmente evidencian una alta similitud hasta el grupo de edad 10, a partir del cual las diferencias son más evidentes debido a la baja numerosidad de individuos presentes en la población (Figura 12). Pudo observarse que durante los primeros 4 años, momento en el que finaliza la etapa juvenil, alcanzan longitudes cercanas al 50 % de las máximas observadas entre los ejemplares más longevos (Giussi, 1996).

Escasos ejemplares cuyas edades superan los 14 años son capturados en el Mar Argentino. Las edades más frecuentes en las capturas suelen ser los grupos de edad 3 a 5, dependiendo del éxito de las cohortes que los originan. El análisis de las distribuciones de longitudes por edad en la población puso de manifiesto las cohortes cuyos reclutamientos fueron exitosos, notoriamente evidenciadas a partir de los grupos de edad 2 y 3. Las clases 1993 y 1995 son un ejemplo claro de estos resultados (Figura 13). Este hecho podría deberse tanto a características específicas relacionadas con un comportamiento reproductivo particular o bien, como respuesta a factores ambientales que provocarían efectos directos sobre las distintas etapas que preceden al reclutamiento, haciendo variable incorporarse de los primeros estadio de vida a la población.

Los índices de abundancia por grupo de edad, expresados como número de individuos por edad, fueron utilizados para estimar índices relativos de abundancia, tomando como referencia los valores obtenidos durante el año 1992 (Figura 14). Pudo observarse una alta variabilidad en dichos índices, producto de la intensidad de las clases anuales de las cuales provinieron. Los grupos de edad 1 y 2 no se encontraron totalmente reclutados al área de prospección de las campañas de investigación, o bien el arte de pesca utilizado produjo efectos que impidieron la captura de individuos menores de 25 cm LT. Desde el grupo de edad 4 en adelante pueden considerarse como totalmente reclutados al efectivo pesquero en el área prospectada, la cual se extiende al sur de los 45°S, sobre la plataforma continental argentina.

Longitud y edad de primera madurez sexual

La longitud de primera madurez sexual (LT_{50%}) de merluza de cola capturada en aguas de la plataforma continental argentina ha sido estimada en forma conjunta para machos y hembras, obteniéndose valores que oscilaron entre 54,65 y 60,07 cm de longitud total (Figura 15) para el período 1995 a 2001 (Giussi & Wöhler, 2001). Dichas estimaciones se efectuaron sobre la base de estadios de desarrollo gonadal determinados macroscópicamente (Wöhler *et al.*, 1999 b; Cordo, MS b). Tales longitudes correspondieron a individuos cuyas edades se hallaron entre 2,9 y 4 años (Figura 16), siendo adultos los individuos mayores de 5 años. Los resultados de estos estudios coincidieron con investigaciones previas, realizadas desde el año 1978 (Bezzi, 1984; Giussi, 1993).

Perrier y Di Giácomo (1999) estimaron la longitud de primera madurez de los peces presentes en el Golfo San Matías en 54,14 cm de LT para el caso de las hembras y 45,19 cm LT para el caso de los machos. Si consideramos que estos individuos presentan un crecimiento diferencial respecto del efectivo de plataforma, que genera menores longitudes medias por edad (Giussi *et al.*, 1999 a), las edades a las que madurarían serían similares, es decir cercanas a 4 años.

Alimentación y relaciones tróficas

A partir de la composición de su dieta alimentaria, la merluza de cola puede ser considerada una especie generalista (Prenski *et al.*, 1989). Utiliza la aprehensión como método de ingestión, según se infiere de la disposición y características de sus branquias (Sánchez, 1999). Integra el grupo de los micrófagos, en relación al tamaño de presas consumidas (Wöhler *et al.*, 1999b). Ecológicamente, puede ser definida como especie demersal pelágica debido a su comportamiento como presa y como predador, por cuanto explora toda la columna de agua en busca de alimento (Angelescu & Prenski, 1987; Sánchez & Prenski, 1996), incluyendo en su ingesta al anfípodo *Themisto gaudichaudii*, que realiza movimientos verticales durante el día. Accede además a la trama demersal bentónica, consumiendo peces de ese hábitat (Sánchez, 1999). La especie es principalmente carcinófaga y secundariamente ictiófaga y malacófaga (Bezzi, 1984; Prenski *et al.*, 1996).

Sánchez (1999) no observó diferencias entre sexos en la alimentación, aunque eran evidentes entre las distintas etapas del ciclo vital y entre las áreas de procedencia de los individuos. Las principales presas fueron crustáceos zooplanctónicos, como los anfípodos hipéridos y los eufáusidos. La presencia de los primeros fue mayoritaria en los contenidos estomacales de ejemplares capturados en cercanías de la costa, mientras que los eufáusidos aumentaban en frecuencia hacia el talud. Entre los peces, con menor incidencia en peso y en frecuencia que las presas anteriores, se encontró sardina fueguina (*Sprattus fuegensis*) en áreas cercanas a la costa, y nototénias (*Patagonotothen ramsayi*) en la plataforma intermedia y alrededor de las Islas Malvinas. Otros peces hallados fueron juveniles de rayas (varias spp.), polaca (*Micromesistius australis*), merluza de cola y bacalao austral (*Salilota australis*), aunque en muy bajas frecuencias. Los anfípodos hipéridos y los eufáusidos predominaron en la dieta de individuos menores de 70 cm de longitud total, aunque en los juveniles (20 a 49 cm LT) se encontraron además copépodos calánidos y juveniles de

eufáusidos. La presencia de estas presas disminuyó paulatinamente con el incremento de la talla del predador, y las merluzas de cola mayores de 72 cm de LT consumían una mayor diversidad de peces y calamares. En ejemplares de longitud superior a 92 cm las nototénias constituían la base de la dieta. En la Figura 17 se ha sintetizado el espectro trófico de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental.

La incidencia del canibalismo es relativamente baja. Ha sido comprobado en ejemplares que alcanzaban entre 60 y 87 cm de longitud, ingiriendo individuos de edad 0 cuyas tallas variaron entre 3 y 5 cm LT.

La predación sobre merluza de cola está a cargo fundamentalmente de los peces ictiófagos, como la merluza austral, la merluza negra, la merluza común y el abadejo, mientras que entre los cartilagosos se destaca el tiburón espinoso. La merluza austral y la merluza negra son las especies que causan un mayor impacto de predación, mientras que, para las otras mencionadas, la merluza de cola es un integrante secundario de la dieta, limitada a la ingesta de juveniles (Sánchez, 1999; Wöhler *et al.*, 1999b). De acuerdo a resultados preliminares, la mortalidad por predación no parece ser la causa más importante de mortalidad natural en el Mar Argentino.

Mortalidad natural y por pesca

Las estimaciones de la mortalidad natural han sido particularmente variables, entre 0,23 y 0,46 (Giussi, 1996; Ehrhardt & Prenski, 1996). Sin embargo, valores de 0,3 a 0,35 han sido juzgados como buenas aproximaciones a dicho parámetro (Wöhler *et al.*, 1999 c; Wöhler *et al.*, 2000).

Mediante análisis secuencial de la población se estimaron bajos valores de las tasas de mortalidad pesquera por edad durante el año 2000, con una media $F = 0,07$ sobre las edades totalmente reclutadas (5 a 12). Ello sugiere una modesta tasa de explotación ($F/Z = 0,18$), quizás como consecuencia de haberse capturado una proporción relativamente baja de individuos adultos (Wöhler *et al.*, 2001).

EXPLOTACIÓN DEL RECURSO

Historia de la pesquería

Giussi *et al.* (En Prensa), mencionan que la pesca de merluza de cola en el Atlántico comenzó a mediados de los años '70, aunque recién a mediados de los '80 se observaron niveles importantes de captura, cuando buques de varios países faenaban alrededor de Malvinas y en inmediaciones de la Zona Económica Exclusiva Argentina (ZEE). Las capturas crecieron rápidamente como consecuencia de la actividades de buques búlgaros y soviéticos que operaron bajo convenio con empresas argentinas, hasta alcanzar valores cercanos a las 145.000 toneladas en el año 1988 (Figura 18). Luego, las capturas totales volvieron a decrecer, para superar nuevamente las 100 mil toneladas anuales desde el año 1998, y llegando a su máximo de 170 mil t en el año 2000. Los valores correspondientes a la

flota argentina han sido recientemente corregidos por el efecto de la subdeclaración y el descarte (Sánchez & Wöhler, 2001).

En la última década la mayor proporción de las capturas correspondió a barcos con bandera argentina (Tabla 2), especialmente desde 1998, como consecuencia de un cambio de especie objetivo de un sector de la flota que tradicionalmente faenaba merluza común. Actualmente la mayor parte de las capturas corresponde a buques congeladores y factorías, mientras que los surimeros han perdido proporcionalmente su importancia en la explotación de la especie (Figura 19).

Áreas de pesca, épocas y puertos de desembarque

El área de pesca localizada en el sector más austral de la plataforma coincide parcialmente con la zona principal de explotación de la polaca, *Micromesistius australis*. Por ello la merluza de cola fue capturada incidentalmente por buques que tenían a la polaca como objetivo. Sin embargo, hasta 1997 existió un pequeño número de embarcaciones que operó en forma dirigida a la especie, constituido por buques factoría tradicionales y surimeros. En los últimos años, particularmente a partir de 1998, gran parte de la flota de congeladores de altura que formaban parte de la flota merlucera han incrementado su esfuerzo sobre merluza de cola como consecuencia de las restricciones en las capturas de merluza común anteriormente comentadas. También algunas embarcaciones fresqueras y costeras han aumentado sus capturas de la especie, aunque con volúmenes poco significativos (Hansen *et al.*, 2000).

El área de operación de los buques fresqueros se limita a zonas cercanas al sur de la plataforma y talud bonaerense y norpatagónico (Figura 20). Los congeladores se superponen en esta área y se extienden sobre la plataforma patagónica hasta el extremo sur, localizando el área de mayor actividad entre los 47° y 50°S y entre 100 y 200 m de profundidad. Los buques factorías operan en el área que se encuentra al sur de los 47°S, localizándose las zonas de mayor operatividad en Bahía Grande (50°-52°S, a menos de 100 m de profundidad) y entre 52° y 56°S, cerca de la isobata de 200 m. Los surimeros operan más al sur y coinciden con la última área de los factorías como la de mayor operatividad, además de incursionar en una zona secundaria, localizada entre 47° y 49°S, sobre la isobata de 200 m de profundidad. (Figura 20).

No existen áreas de veda o de acceso restringido para la flota que opera sobre la especie, a excepción de la prohibición de operar al norte de los 48°S para los buques congeladores, factorías y surimeros, como consecuencia de medidas de protección en la explotación de la merluza común, impuestas por la Administración pesquera de Argentina entre 1999 y 2000. A partir de inicios de 2001 se permitió la operación de buques factorías y congeladores al norte de los 48°S y en un corredor ubicado entre la milla 170 y la milla 200 de la ZEE.

Las estadísticas oficiales no indican, para el conjunto de la flota argentina, una variación estacional muy acentuada en las capturas de la especie (Figura 21), aunque es evidente que éstas han aumentado durante el último cuatrimestre. Sin embargo, Wöhler *et al.* (1999a) han observado que la estacionalidad es más notable si se considera exclusivamente a los buques surimeros que operan en el área, cuyo objetivo principal es la

polaca. Ésta, a partir de setiembre y hasta noviembre, tiende a localizarse en el área alrededor de las Islas Malvinas donde no accede la flota argentina, que entonces dedica una mayor parte de su esfuerzo a la merluza de cola.

Los datos del año 1998 también consignan que la mayor parte de los desembarques se produjeron en las localidades de Ushuaia (41%) y Puerto Deseado (34%), siguiendo en importancia Puerto Madryn (10%) y Mar del Plata (9%). El resto se repartió entre los puertos de Bahía Blanca, Caleta Córdoba, Caleta Olivia, Camarones, Comodoro Rivadavia, Necochea/Quequén, Punta Quilla y San Antonio Oeste.

Composición de la flota

La información disponible sobre la flota argentina dirigida a merluza de cola durante el período 1995-1999 indica que han intervenido, en alguno u otro momento del período, 13 barcos costeros responsables en conjunto de aproximadamente el 1% de las capturas, 58 fresqueros (3%), 60 congeladores (21%), 10 factorías convencionales (36%) y 5 factorías surimeros (39%). Evidentemente, los volúmenes alcanzados por costeros y fresqueros de altura han sido poco significativos (Hansen *et al.*, 2000).

Las artes de pesca utilizadas en la captura de esta especie fueron redes de arrastre de fondo o semipelágicas, dependiendo del tipo de embarcación, del área de operación y de las características de agregación de los cardúmenes.

El tratamiento de la captura varía con el tipo de producto que se fabrica a partir de merluza de cola. El proceso de fabricación de *surimi* es similar al descrito para la polaca por Wöhler y Marí, (1999), mientras que para el procesamiento para obtener filetes, filetes desgrasados y troncos se sigue el proceso tradicional de un buque congelador-factoría.

Tanto el área de operación, el arte de pesca utilizado y fundamentalmente el tipo de producto procesado influyen en las distintas composiciones de tallas de las capturas de la flota. El análisis realizado para 1998 evidencia que, si bien el rango de longitudes de los peces capturados por los buques surimeros era similar al de los congeladores y factorías, existe una tendencia a capturar más juveniles por parte del primer tipo de embarcaciones. Este hecho tal vez radique en que el procesamiento de *surimi* puede hacerse con individuos de clases de longitud menores a los utilizados para filetes. En cambio, para los fresqueros, congeladores y factorías la talla de los peces influye en mayor medida en la calidad del producto final (Figura 22).

Esfuerzo y cpue

La evolución anual de las CPUE fue analizada por Wöhler *et al.* (2001) mediante la estandarización de datos de capturas comerciales por unidad de esfuerzo (CPUE) en la pesquería argentina. La información básica de las capturas provino de los partes de pesca que los capitanes de las embarcaciones comerciales argentinas deben entregar a autoridades de la Dirección Nacional de Pesca. Se empleó un modelo lineal generalizado que explicó la modalidad del esfuerzo, donde resultaron significativos los factores año, mes, área, categoría de HP y tipo de flota. Las medias de las CPUE estandarizadas de merluza de cola (t/h), aunque bastante variables (Figura 23), mostraron un incremento notorio entre los años 1996

y 1997, y una posterior estabilización, tendencia que resultó coincidente con la serie de abundancias estimadas mediante campañas de investigación (Giussi *et al.*, 2000 b).

Estimaciones de la abundancia

Numerosas evaluaciones de la abundancia de merluza de cola en el Mar Argentino se han realizado desde el año 1969, comprendiendo distintas fracciones del área de distribución de la especie (Bellisio & López, 1973; Otero *et al.*, 1981 y 1982; Cordo, MS a; Chesheva y Shlibanov, 1991). En 1992, el INIDEP inició una serie sistemática de cruceros de arrastre de fondo destinados a estimar la biomasa de la especie, al sur de 45°S y entre 50 y 400 m de profundidad (Wöhler *et al.*, 1999 b), por el método del área barrida (Alverson & Pereyra, 1969) (Figura 24). A partir de dichas campañas Giussi *et al.* (2000 b) han estimado índices de abundancia por edad de la especie en el Atlántico Sudoccidental (Figura 25). Dichos cruceros fueron llevados a cabo por los buques del INIDEP “Capitán Oca Balda” y/o “Dr. E.L.Holmberg”, ambos arrastreros por popa de tamaño similar (60 m). Fueron realizados durante los meses de febrero marzo y, en algunos casos, hasta mediados de abril debido a que los peces se hallan concentrados mayormente en el área durante esa época. Un diseño de muestreo estratificado al azar fue originalmente empleado para las evaluaciones, aunque posteriormente las distribuciones de densidad de merluza de cola (t/mn^2) fueron revisadas por Hansen *et al.* (En Prensa), recomendándose la aplicación de un modelo basado en la distribución *delta*-log normal (Pennington, 1983, 1986, De La Mare, 1994) para la estimación de la densidad media.

La abundancia del efectivo del Atlántico también ha sido estimada, desde el año 1997, mediante la aplicación de modelos analíticos, tales como Análisis de la población virtual (APV) (Prenski *et al.*, 1997) o análisis de cohortes (Wöhler *et al.*, 1999 a, c; Wöhler *et al.*, 2000). La última evaluación de biomasa realizada para el *stock* de plataforma (Wöhler *et al.*, 2001 b), excluyendo la unidad poblacional del Golfo San Matías, fue realizada mediante la técnica de ADAPT, utilizando para la calibración del modelo siete índices de la abundancia (Wöhler *et al.*, 2001 a). Estos provinieron de estimaciones realizadas a partir de campañas de investigación llevadas a cabo en 1987 y luego en forma anual desde el año 1992 (con excepción del año 1996). De ellos, dos índices correspondieron a las densidades medias (t/mn^2) calculadas por área barrida, empleando dos diferentes estimadores (aritmético y *delta*-log normal). Otros cuatro indicaron la abundancia relativa de la edades 3 a 6, y el séptimo índice señaló la tendencia derivada de los datos de captura por unidad de esfuerzo ($t/hora$) de la flota argentina dirigida a la pesca de la especie durante el período 1995 a 2000 (Wöhler *et al.*, 2001 a).

Tanto métodos directos como modelos analíticos describieron una tendencia creciente de la biomasa, principalmente a partir de 1995. Wöhler *et al.* (2000) y Wöhler *et al.* (2001 a) han señalado dos etapas de incremento del tamaño del recurso que estarían asociadas a altos niveles de reclutamiento. La primera, observada hacia fines de los años 80, se relacionó con el elevado reclutamiento ocurrido en 1986 (Figura 26), correspondiente a la clase anual 1984 (edad 1+ en 1986). La segunda etapa, mucho más conspicua, incluyó dos clases anuales muy numerosas, aquellas de 1993 (edad 1+ en 1995) y 1995 (1+ en 1997). El éxito de las clases anuales 1993 y 1995 ya fue mencionado por Giussi *et al.* (2000 b) y

comprobado en evaluaciones directas durante campañas de investigación (Wöhler *et al.*, 1999 b). Los valores correspondientes a los últimos dos años son menos confiables debido a la forma de cálculo del modelo empleado, por lo que necesitan ser ratificados mediante campañas de investigación (Wöhler *et al.*, 2001 a).

El análisis ha estimado, para inicios del el año 2000, una biomasa explotable cercana a los 1,9 millones de toneladas (Figura 27). La biomasa de reproductores siguió la tendencia observada en la biomasa total, calculándose para la fracción reproductiva de la población, durante la temporada de puesta de 2000 (invierno), una biomasa de alrededor de 1,1 millones de toneladas.

Potencial de la pesquería y manejo del recurso

Con el fin de establecer niveles de extracción sustentables en el largo plazo, Wöhler *et al.* (2001 b) realizaron una proyección de los rendimientos que deberían obtenerse considerando el punto de referencia aplicado al manejo de la pesquería de merluza de cola, denominado como captura biológicamente aceptable (CBA). Esta captura resultaría de aplicar a la biomasa proyectada al inicio del siguiente año un valor de mortalidad por pesca (F) de referencia que, en el largo plazo, tienda a mantener a la población en un nivel tal que el riesgo biológico de sobreexplotación, definido como la disminución de la biomasa del efectivo reproductor por debajo un nivel límite, sea igual o menor al 10%.

El valor de biomasa de reproductores límite fue establecido en 500 mil toneladas, sobre la base de los estimados de reclutamiento en función de la abundancia del efectivo parental (Figura 28). Los mayores reclutamientos estuvieron asociados a valores de biomasa de reproductores que oscilaron entre 500 mil y 600 mil toneladas. En el análisis se incluyeron distintos supuestos acerca de la incorporación de nuevos individuos a la pesquería, los patrones de selección actuantes en la misma y la proporción de individuos maduros por edad en la población. Suponiendo niveles de mortalidad por pesca crecientes, Wöhler *et al.* (2001 b) obtuvieron 4 curvas de riesgo (Figura 29). Dos de ellas (A y B) suponen niveles de reclutamiento similares a los observados en todo el período, mientras otras dos (C y D) contemplan reclutamientos medios más elevados, resultantes de considerar los estimados en la segunda mitad del período. Los valores de CBA calculados para el 2001 variaron entre 183 mil y 307 mil toneladas, según el escenario (Figura 29). Como en análisis anteriores (Wöhler *et al.*, 2000), el factor decisivo en dicha variación fue el nivel supuesto acerca de los futuros reclutamientos, mientras que el patrón de explotación y la ojiva de madurez, en los rangos considerados, no parecieron tener una influencia tan notoria en los niveles de extracción reconocidos como sustentables en el largo plazo.

A pesar del notorio incremento de las capturas producido desde el año 1998, Wöhler *et al.* (2000) han señalado que la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental puede ser considerada como un recurso subexplotado. Si bien el esfuerzo pesquero ejercido sobre la especie podría ser aumentado con un bajo riesgo biológico para el efectivo, Wöhler *et al.* (2000) y Giussi *et al.* (En Prensa), han aconsejado que debería actuarse con cautela en el establecimiento de los niveles de captura permitidos, dado que resulta difícil efectuar una proyección confiable en el largo plazo cuando la tendencia actual creciente de la abundancia es notoria, pero también reciente. Es probable que el aumento observado derive de cambios

ecológicos, ya sean del medio ambiente físico, o biológico, como producto de la relación de la población de merluza de cola con otros miembros de la comunidad. Si la nueva situación fuese permanente, entonces la población podría estabilizarse en niveles distintos de los históricos. Existen algunas evidencias de cambios en el ecosistema austral del Mar Argentino, como la disminución del tamaño de poblaciones de polaca y de merluza común, históricamente muy abundantes. No obstante, el conocimiento de las relaciones de estos efectivos con el de merluza de cola es muy escaso como para arribar a alguna conclusión. Se ignora también la influencia de posibles cambios ambientales en el éxito de las nuevas clases anuales.

Por lo tanto, debe considerarse que el efectivo de merluza de cola en el Mar Argentino se encuentra en un nivel de abundancia elevado, que no se puede asegurar si se mantendrá en el tiempo, o si retornará a valores del pasado siguiendo la natural fluctuación de las poblaciones. Wöhler *et al.* (2000) también señalan que “reconocer esta incertidumbre es importante cuando se pretende establecer estrategias de explotación en el largo plazo, y debe evitarse plantear de manera demasiado optimista la actividad extractiva como es común en períodos de abundancia favorables”.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVERSON, D.L. & PEREYRA, W.T. 1969. Demersal fish explorations in the Northeastern Pacific Ocean. An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock and yield forecast. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26 (8): 1985-2001.
- ANGELESCU, V. & GNERI, F. 1960. Contribución al conocimiento bioecológico de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lön.). Actas y trabajos del Primer Congreso Sudamericano de Zoología (La Plata) 12-24/10/59 CIC. CNICT I(I). *Ecología*: 3-18.
- ANGELESCU, V. & PRENSKI, L.B. 1987. Ecología trófica de la merluza común del Mar Argentino (Merlucciidae, *Merluccius hubbsi*). Parte 2. Dinámica de la alimentación, analizada sobre la base de las condiciones ambientales, la estructura y las evaluaciones de los efectivos en su área de distribución. . *INIDEP, Ser. Contr*, 561, 205 pp.
- ARANA, P. 1970. Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) frente a la costa de Valparaíso. *Investigaciones Marinas*, 1 (3): 55-68.
- AUBONE A. & WÖHLER, O.C. 2000. Aplicación del método de máxima verosimilitud a la estimación de parámetros y comparación de curvas de crecimiento de von Bertalanffy. *INIDEP Inf. Téc.*, 37, 21 pp
- BELLISIO, N. & LÓPEZ, R. 1973. Prospección pesquera del Mar Argentino. I. Merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lönnberg. *Monografías*. Recursos Pesqueros, Buenos Aires, Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1, 48 pp.

- BERTALANFFY, L. VON. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213.
- BEZZI, S. 1984. Aspectos biológico pesqueros de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental. *Rev. Invest. y Des. Pesq.*, 4: 63-80.
- CHESHEVA, Z.A. 1995. The biology of Magellan hake (*Macruronus magellanicus*) from the Southwest Atlantic. *Jour. of Ichthyology*, 35 (3): 29-39.
- CHESHEVA, Z.A. & SHLIBANOV, V.I. 1991. Magellan hake of the Falkland - Patagonian Area: distribution, stock and fishery. En: State of fishing industry's biological resources in the central and south Atlantic and east Pacific Oceans. *Publication of AtlantNIRO*, Kaliningrad, Russia: 85 - 92.
- CIECHOMSKI, J. DE, CASSIA, M.C. & WEISS, G. 1975. Distribución de huevos, larvas y juveniles de peces en los sectores sur bonaerense, patagónico y fueguino del Mar Epicontinental Argentino en relación con las condiciones ambientales, en noviembre 1973-enero 1974. *Ecosur*, 2(4): 219-248.
- CORDO, H.D. MS a. Informe de Campaña OB-01/87: Campaña estival para el monitoreo de las especies australes entre 46°00'S y 55°00'S, excepto en la Zona de Exclusión. Biblioteca del INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 5 p. + 2 tablas. + 12 mapas.
- CORDO, H.D. MS b. Informe de la campaña OB-03/99: Evaluación estival de peces demersales australes. Informe Interno INIDEP, Mar del Plata, Argentina (1999), 31 pp.
- DE LA MARE, W.K. 1994. Estimating confidence intervals for fish stock abundance estimates from trawl surveys. *CCAMLR Science*, Vol. 1: 203-207.
- EHRHARDT, N.M. & PRENSKI, L.B. 1996. Estimación preliminar de la mortalidad natural de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la plataforma sur-patagónica (Argentina). *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 10: 23-29.
- GIUSSI, A.R. 1993. Análisis de la composición por clases de longitud y edad de la merluza de cola en el Golfo San Jorge (años 1989-1991). En: Informe Final Beca de Iniciación CONICET, 4 pp. y 5 fig..
- GIUSSI, A.R. 1996. Estudio de algunos aspectos del ciclo vital de la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, Lönnberg, 1907. Tesis Doctoral. Univ. Nac. Mar del Plata, 151 pp.
- GIUSSI, A.R. & MARÍ, N.R. 1999. Distribución y abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) al norte de los 45°S. Informe Interno INIDEP 102, 5pp.
- GIUSSI, A.R., HERNÁNDEZ, D. & ABACHIÁN, V. 1999 a. Differences in growth of long tailed hake (*Macruronus magellanicus*) from two areas of south-western Atlantic Ocean . En: *Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final de Proyecto INIDEP-JICA sobre Evaluación y monitoreo de recursos pesqueros 1994-1999*, INIDEP, Mar del Plata, 6-9 de septiembre de 1999: 131-134.
- GIUSSI, A.R., ABACHIAN, V.E., RETA, R., ÁLVAREZ COLOMBO, G.L. & SABATINI, M.E. 1999 b. Environmental preferences of long tailed hake, *Macruronus magellanicus*, during its life cycle in the southern Patagonian area (45°-55°S). *Proceedings of the 4th Open Science Meeting LOICZ, Regimes of Coastal Change*. Bahía Blanca, Argentina, 15-18 November 1999, page 105.

- GIUSSI, A.R., GARCÍA DE LA ROSA, S.B. & SÁNCHEZ, M.F. 2000 a. Distribución espacial y por tallas de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Macruronidae) entre 34° y 48°S, en el período 1997-1999, *Res.IV Jorn.Nac.Cs.Mar*, Puerto Madryn, 11-15 Setiembre 2000: 70.
- GIUSSI A.R., HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. 2000 b. Variations in the total abundance and numbers at age of long tail hake (*Macruronus magellanicus*) from the Southwest Atlantic during the years 1987-1998. *Res.IV Jorn.Nac.Cs.Mar*, Puerto Madryn, 11-15 Setiembre 2000: 70.
- GIUSSI A.R., & WÖHLER, O.C. 2001. Estimación de la edad y la longitud de primera madurez de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Mar Argentino. Informe Técnico Interno INIDEP 82, 6 pp.
- GIUSSI A.R., HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. (En Prensa). Biología y Pesquería de la Merluza de cola (Pisces, Macruronidae, *Macruronus magellanicus*). En: Sánchez R.P. & Bezzi, S.I. (Eds.) *El mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Tomo IV. INIDEP, Mar del Plata.
- HANSEN, J.E., AUBONE, A. & WÖHLER, O.C. (En Prensa). A review of two methods for biomass assessment of long tale hake from the Southwestern Atlantic (45°-55°S) based on swept area data. *Frente Marítimo*, 19.
- HANSEN, J. E., CORDO, H.D. & WÖHLER, O.C. 2000. Algunas posibilidades para aumentar el esfuerzo de la flota argentina de arrastre en la pesquería de merluza de cola. Informe Interno INIDEP, 62, 22 pp.
- HART, T. 1946. Report on trawling surveys on the Patagonian continental shelf. *Discovery Report*. Cambridge. 23: 223-408.
- INADA, T. 1983. A review of the species composition, distribution and migration of the bottom fishes in the waters off Argentina. En: Informe del grupo *Ad hoc* de trabajo sobre los recursos pesqueros de la plataforma continental patagónica, Roma, 7-11 febrero 1983. *FAO Informe Pesquero*. 297, 83 pp.
- LIVINGSTON, M E. 1990. Spawning hoki (*Macruronus novaezelandiae* Hector) concentrations in Cook Strait and off the east coast of the South Island, New Zealand, August-September 1987. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 24: 503-517.
- MACHINANDIARENA, L. & EHRLICH, M. 1999. Detección de un área de cría de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Mar Argentino. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 12: 45-50.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., PERROTTA, R.G., PÉREZ COMAS, J.A., SIMONAZZI, M.A. & RENZI, M.A. 1981. Los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Parte III: Distribución, estructura de la población, biomasa y rendimiento potencial de la polaca, el bacalao austral, la merluza de cola y del calamar. En: Campañas de investigación pesquera realizadas en el Mar Argentino por los B/I “Shinkai Maru” y “Walther Herwig” y el B/P “Marburg”. Años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. Angelescu, V. (Ed.). *INIDEP, Ser.Contr*, 383: 28 - 41.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., RENZI, M.A. & VERAZAY, G.A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. *INIDEP, Ser.Contr*, 423: 248 pp.
- PENNINGTON, M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics*, 39: 281-286.

- PENNINGTON, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance from trawl surveys. *Fish.Bull.*, U.S., 84: 519- 525.
- PERRIER M. & DI GIACOMO, E. 1999. La merluza de cola en la pesquería del Golfo San Matías: un recurso. En: *Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final de Proyecto INIDEP-JICA sobre Evaluación y monitoreo de recursos pesqueros 1994-1999*, Mar del Plata, 6-9 de septiembre de 1999: 209-211.
- PRENSKI, L.B., GIUSSI, A.R., WÖHLER, O.C., GARCÍA DE LA ROSA, S.B., HANSEN, J.E., MARÍ, N.R. & SÁNCHEZ, F. 1996. Southwest Atlantic Long Tail Hake (*Macruronus magellanicus*). State of the stock and management. En: *Second World Congress of Fisheries*, Brisbane, Australia, 28 July - 02 August 1996.
- PRENSKI, L.B., EHRHARDT, N.M, & LEGAULT, C. 1997. Evaluación del estado de explotación de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la plataforma sur-argentina. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 11: 5-17.
- PRENSKI, L., RETA, R., MARÍ, N. & LOGIOIA, A. 1989. How to identify a fishery ecologic impact? A methodology approach applied to a fishing exploratory cruise. 28 pp. (no publicado).
- SÁNCHEZ, M.F. 1999. Ecología trófica de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. En: *Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final de Proyecto INIDEP-JICA sobre Evaluación y monitoreo de recursos pesqueros 1994-1999*, Mar del Plata, 6-9 de septiembre de 1999: 135-138.
- SANCHEZ, M.F. & PRENSKI, L.B. 1996. Ecología trófica de peces demersales en el Golfo San Jorge. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 10: 57-71.
- SÁNCHEZ, F. & WÖHLER, O.C. 2001. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina durante 1998 y 1999 a partir de la información derivada del programa observadores. . Informe Interno INIDEP N° 24/01: 6 pp.
- SCARLATO, N.A, REMAGGI, C.A., HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. 2000. Informe preliminar de la Campaña B/P COALSA SEGUNDO. Pesca exploratoria de Merluza de Cola (*Macruronus magellanicus*) en el talud continental y sector adyacente al norte de 48°S. Informe Interno INIDEP, 88, 24 pp
- SCARLATO, N.A., HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. 2001. Resultados de la primera etapa de la campaña B/P Coalsa Segundo 2001. Prospección pesquera y localización de áreas de reproducción de Merluza de Cola (*Macruronus magellanicus*) entre 37°15'S y 48°S, en aguas próximas o sobre el talud continental. Informe Interno INIDEP, 26 pp.
- WÖHLER, O.C. 1987. Contribución al estudio de la distribución batimétrica de algunas especies de peces demersales y calamares en el Mar Argentino. Tesis de grado, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 87 pp.
- WÖHLER, O.C. & MARÍ, N.R. 1999. Aspectos de la pesca de la polaca (*Micromesistius australis*) por parte de la flota argenina en el período 1989-1995. *INIDEP Inf. Téc.*, 25, 26 pp
- WÖHLER, O.C., A.R. GIUSSI & HANSEN, J.E. 1999 a. Análisis secuencial de la población de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1995. *Rev. Invest. Des. Pesq.*, 12: 27-43.

- WÖHLER, O.C., GIUSSI, A.R, GARCÍA DE LA ROSA, S.B., SÁNCHEZ, F., HANSEN, J.E., CORDO, H.D., ALVAREZ COLOMBO, G.A., INCORVAIA, S., RETA, R. & V.E. ABACHIAN. 1999 b. Resultados de la Campaña de Evaluación de Peces Demersales Australes efectuada en el verano de 1997. *INIDEP Inf, Téc.*, 24, 70 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., CORDO, H.D. & GIUSSI, A.R. 1999 c. Evaluación del estado de explotación y recomendaciones para el manejo de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1997. Informe Interno INIDEP, 6, 16 pp.
- WÖHLER, O.C., CORDO, H.D., GIUSSI, A.R. & HANSEN, J.E. 2000. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1998. Informe. Interno INIDEP 8, 27 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E. & CORDO, H.D. 2001 a. Indices de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) derivados de la flota comercial argentina en el periodo 1995-2000. Informe Interno INIDEP 21, 7 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E. , Giussi A. R. & CORDO, H.D. 2001 b. Tendencia de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental durante el período 1985-2000 y recomendación de la captura biológicamente aceptable correspondiente al año 2001. Informe Interno INIDEP 15, 11 pp.
- WÖHLER, O.C., MARÍ, N.R., BERGAMASCHI, N.J., MARTÍNEZ, P.A., INCORVAIA, I.S., MANCA, E., CARRIZO, J.C. & GIUSSI, A.R. 2001 c. Pesca experimental al norte de los 48° S, entre la milla 170 y la isobata de 1000 metros. Informe Interno INIDEP 44: 34 pp.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento en longitud de la merluza de cola, estimados para ambos sexos. Años 1987-2000.

	1987*	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000
L_∞	43,53	86,27	88,14	88,17	92,13	96,43	104,36	96,75	101,34
k	0,171	0,278	0,257	0,291	0,240	0,204	0,159	0,186	0,154
t₀	-0,700	-0,150	-0,201	0,132	-0,302	-0,523	-0,938	-0,834	-1,509

*Longitud pre-anal,

Tabla 2.- Capturas anuales estimadas (en toneladas) de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental, correspondientes a la flota de Argentina y a la que opera en el área de las Islas Malvinas.

AÑO	ARGENTINA	MALVINAS	BULGARIA Y URSS	TOTALES
1991	5289	4499	12149	21937
1992	9335	14188	7250	30773
1993	44382	8506	128	53016
1994	18640	10064		28704
1995	29779	15603		45382
1996	52090	13813		65903
1997	50826	13006		63832
1998	117464	22378		139842
1999	141795	18692		160487
2000	151138	19566		170704

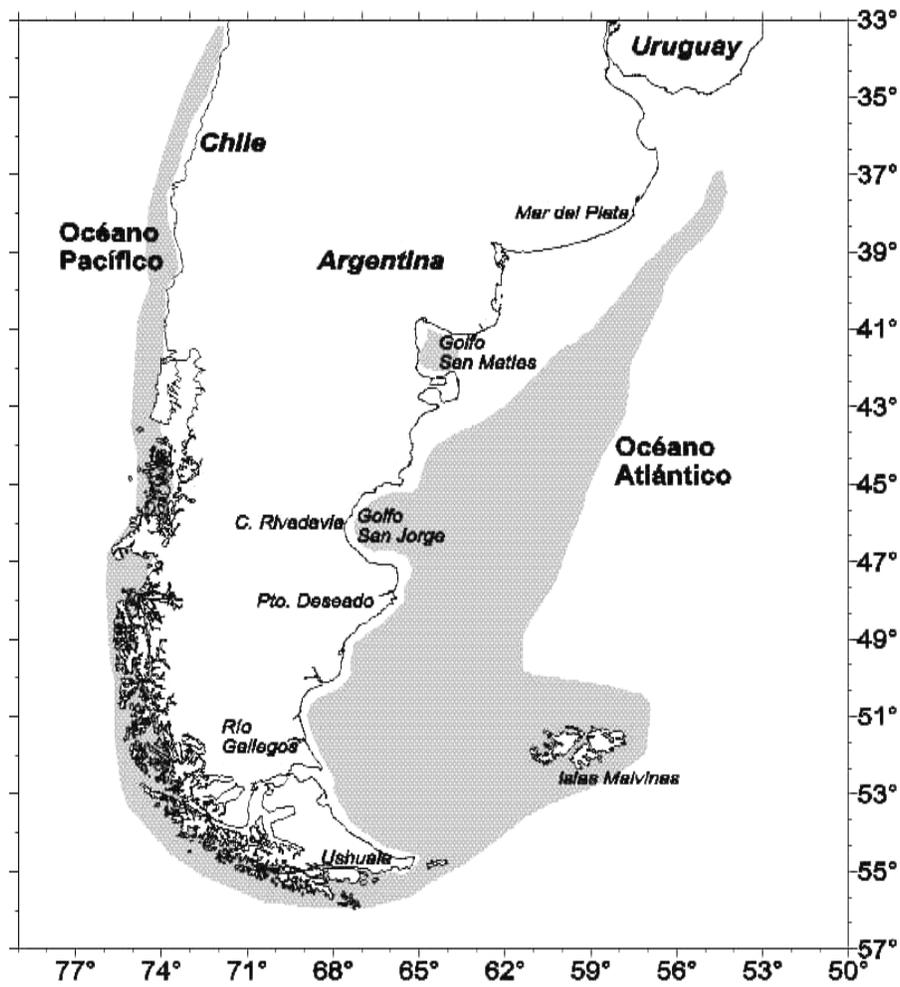


Figura 1. Distribución de la merluza de cola en aguas Sudamericanas. Tomada de Giussi *et al.* (En Prensa).

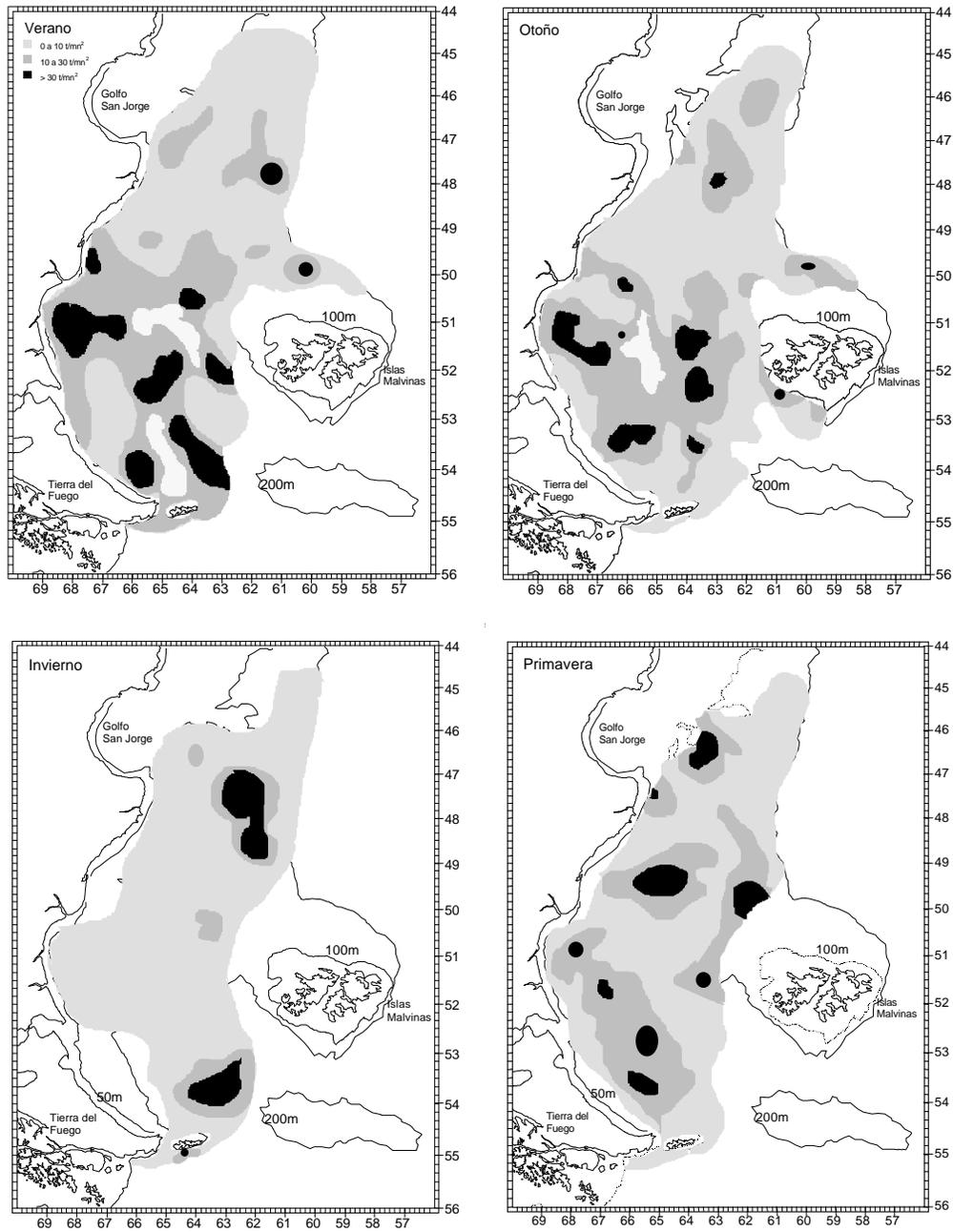


Figura 2. Distribución y áreas de concentración estacional de la merluza de cola en el Mar Argentino, al sur de los 45°S. Tomada de Giussi *et al.* (En Prensa).

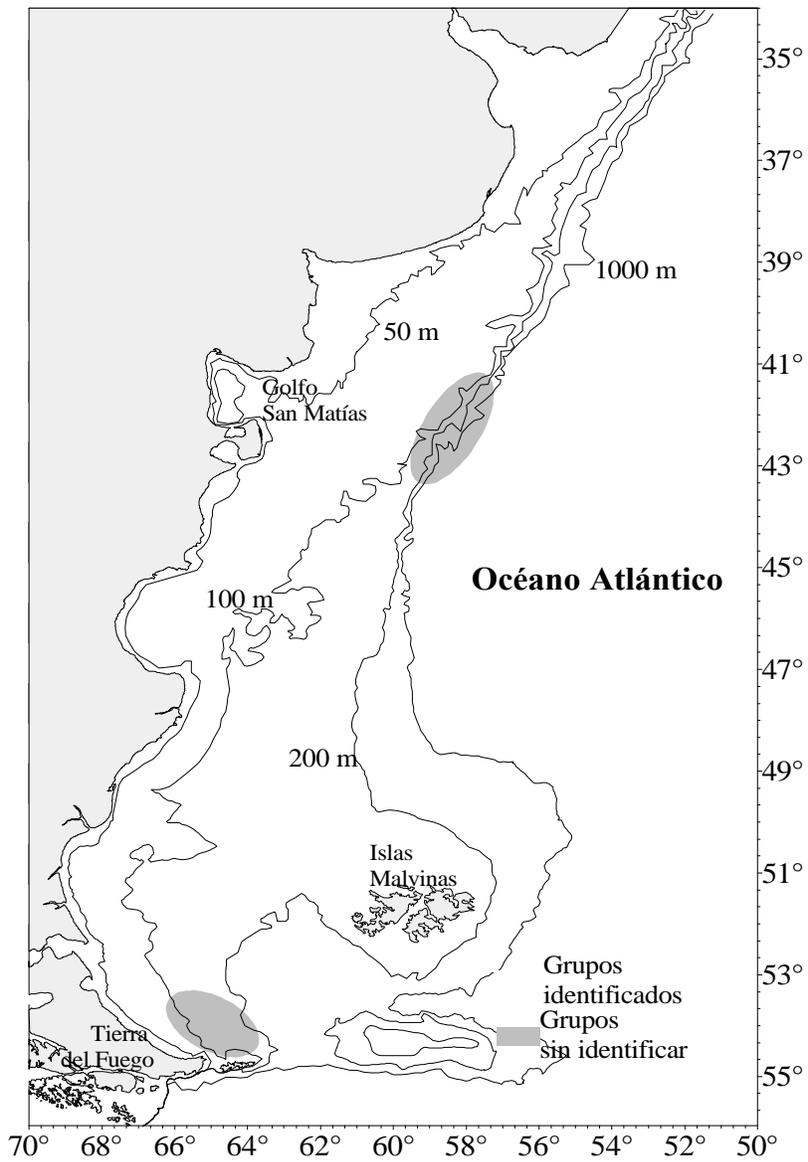


Figura 3. Localización de altas concentraciones de individuos juveniles que fueron comparados estadísticamente, a los efectos de determinar diferencias poblacionales.

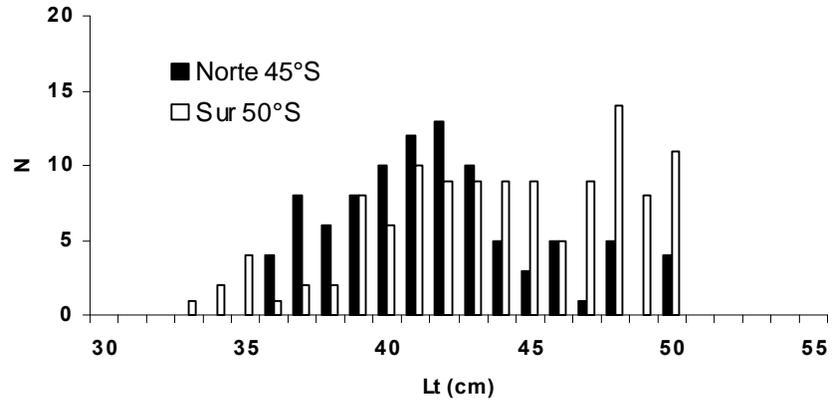


Figura 4. Distribución de frecuencia de longitudes de los individuos juveniles capturados en dos áreas distanciadas geográficamente en la plataforma continental del Mar Argentino.

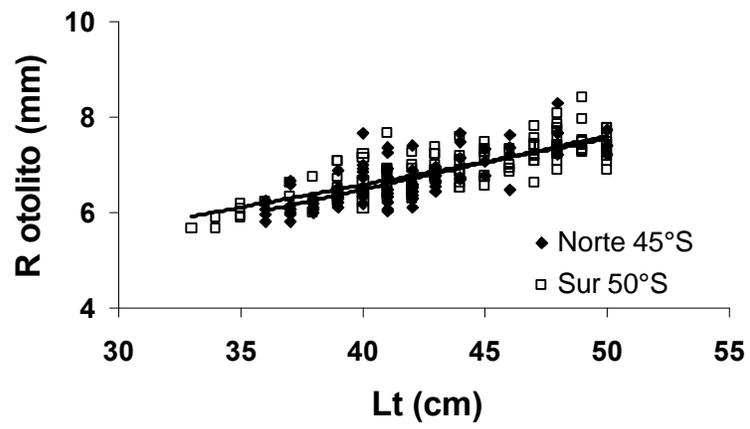


Figura 5. Relación entre el radio del otolito y las longitudes de los individuos juveniles capturados en dos áreas distanciadas geográficamente en la plataforma continental del Mar Argentino.

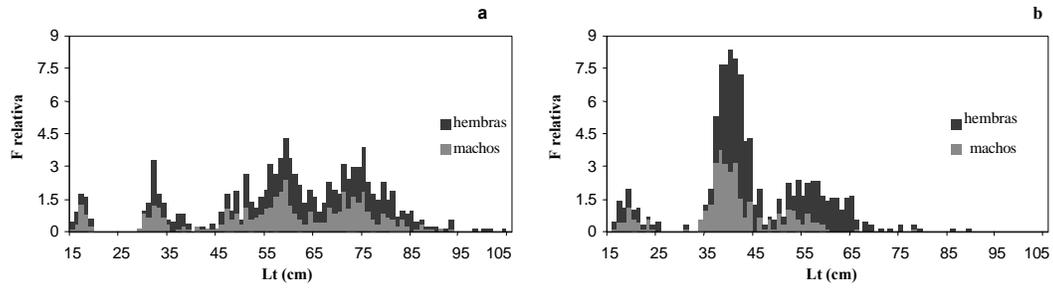


Figura 6. Distribución de frecuencia de longitudes de los individuos juveniles capturados en dos áreas distanciadas geográficamente: a. plataforma patagónica; b. Golfo San Matías. Redibujado de Giussi *et al.* (1999 a).

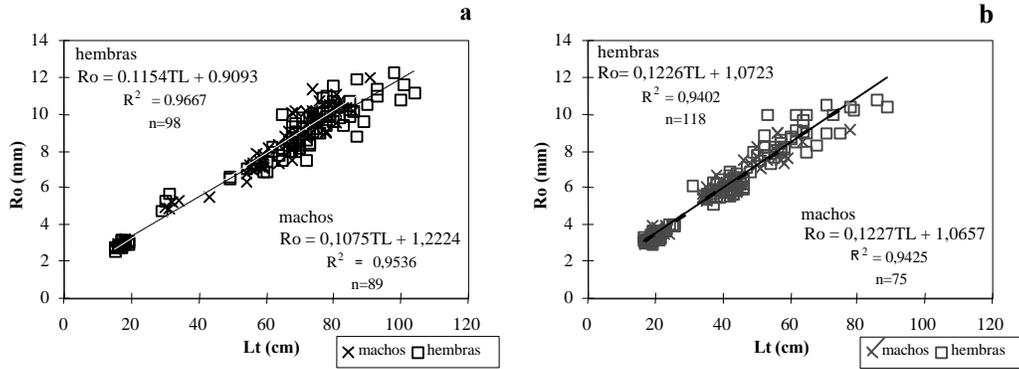


Figura 7. Relación entre el radio del otolito y las longitudes de los individuos juveniles capturados en dos áreas distanciadas geográficamente: a. plataforma patagónica; b. Golfo San Matías. Redibujado de Giussi *et al.* (1999 a).

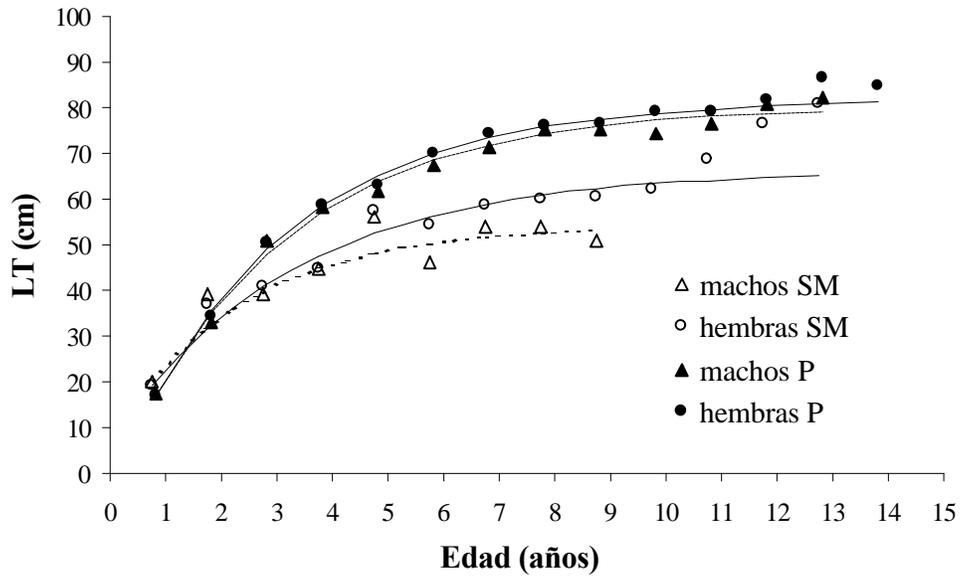


Figura 8. Función de crecimiento de von Bertalanffy ajustada a los datos de talla media por edad de la merluza de cola de individuos capturados dentro del Golfo San Matías (SM) y en aguas de plataforma (P). Redibujado de Giussi *et al.* (1999 a).

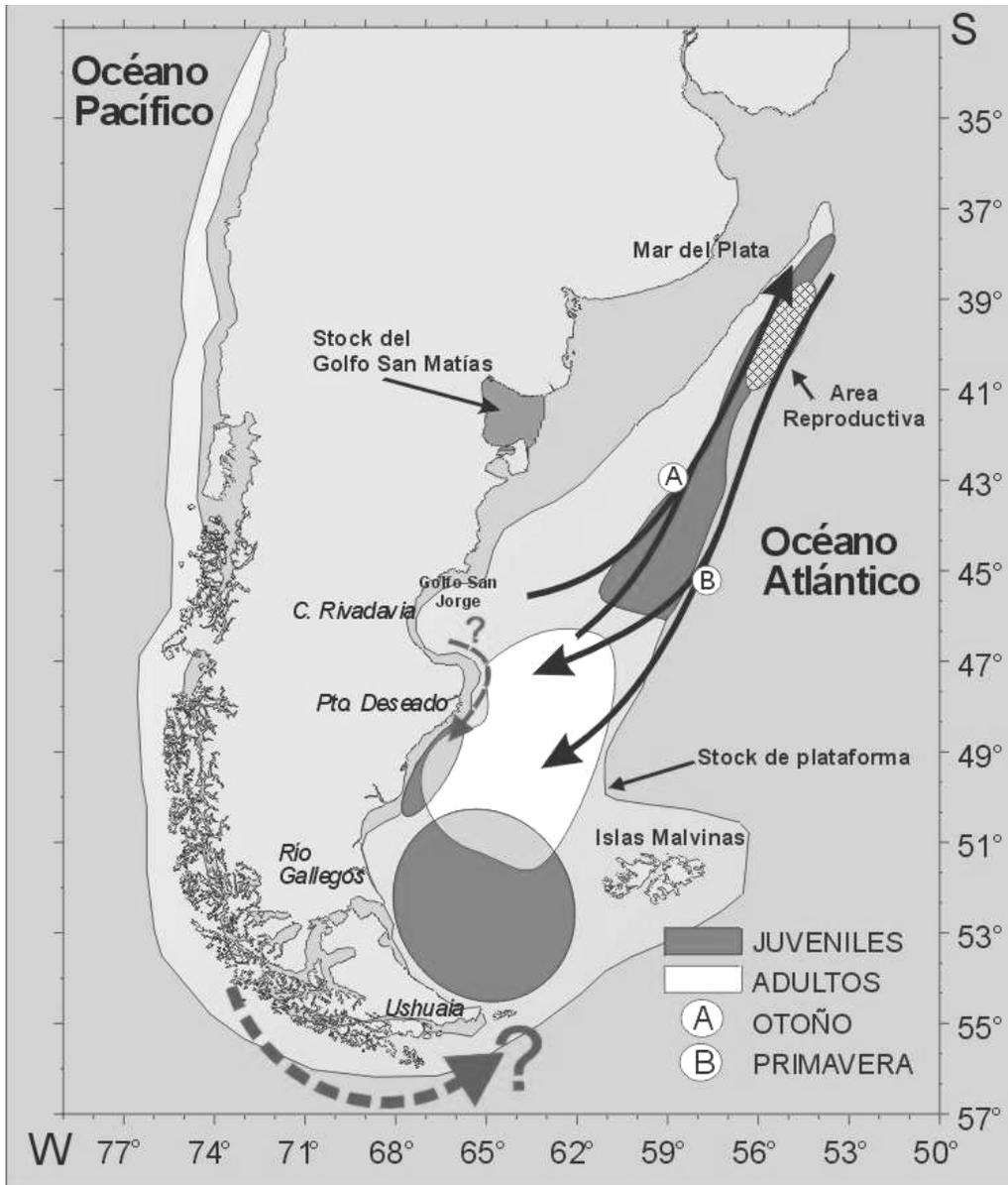


Figura 9. Esquema hipotético del patrón migratorio de la merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental.

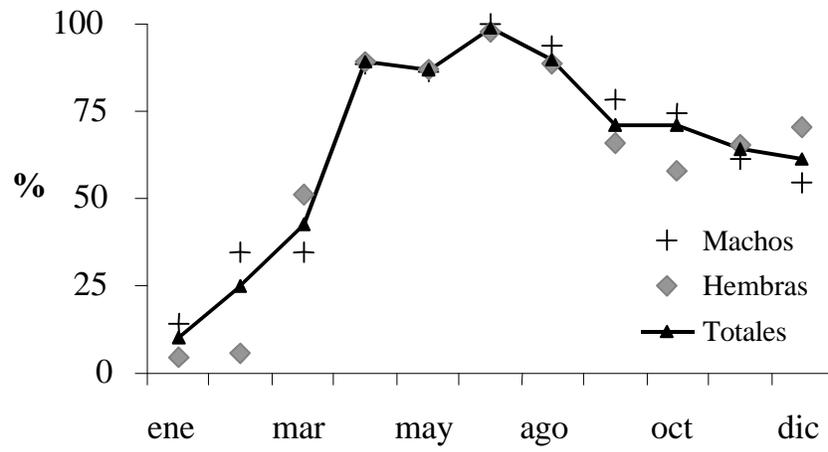


Figura 10. Porcentajes de borde hialino tomados mensualmente Redibujado de Giussi (1996).

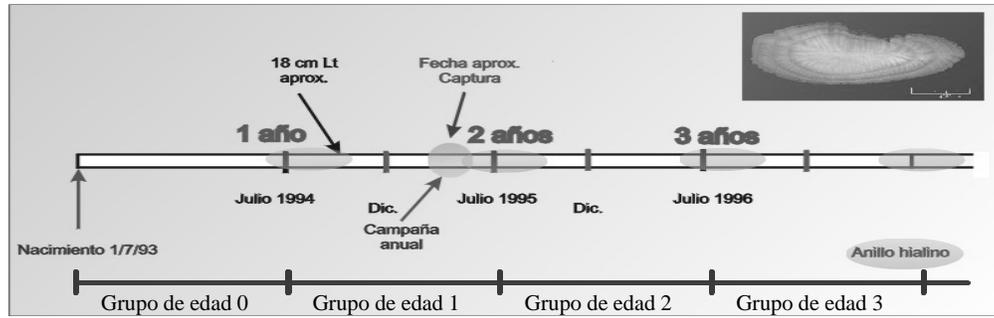


Figura 11. Esquema de la asignación de la edad en merluza dse cola, de acuerdo con las marcas presentes en los otolitos y la fecha de captura de los individuos.

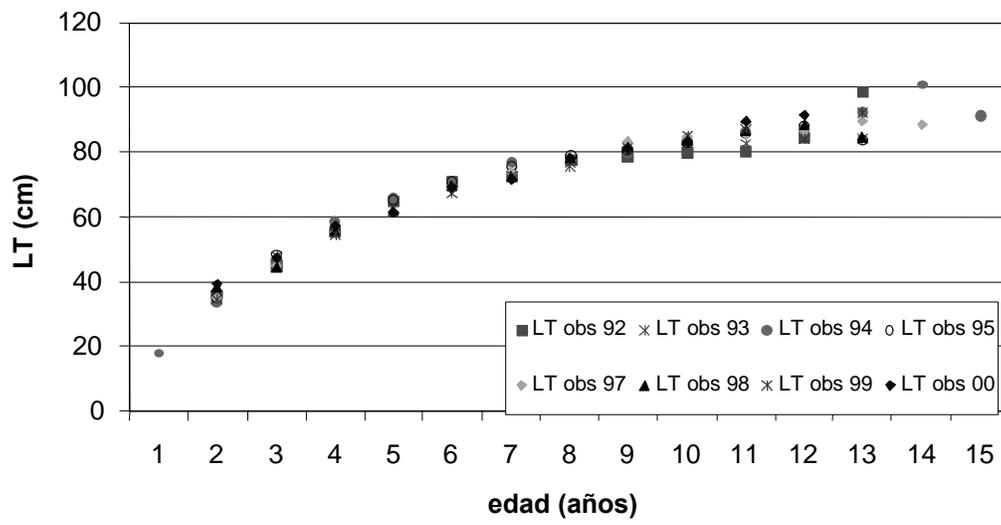


Figura 12. Longitudes medias por edad observadas durante el período 1992-2000.

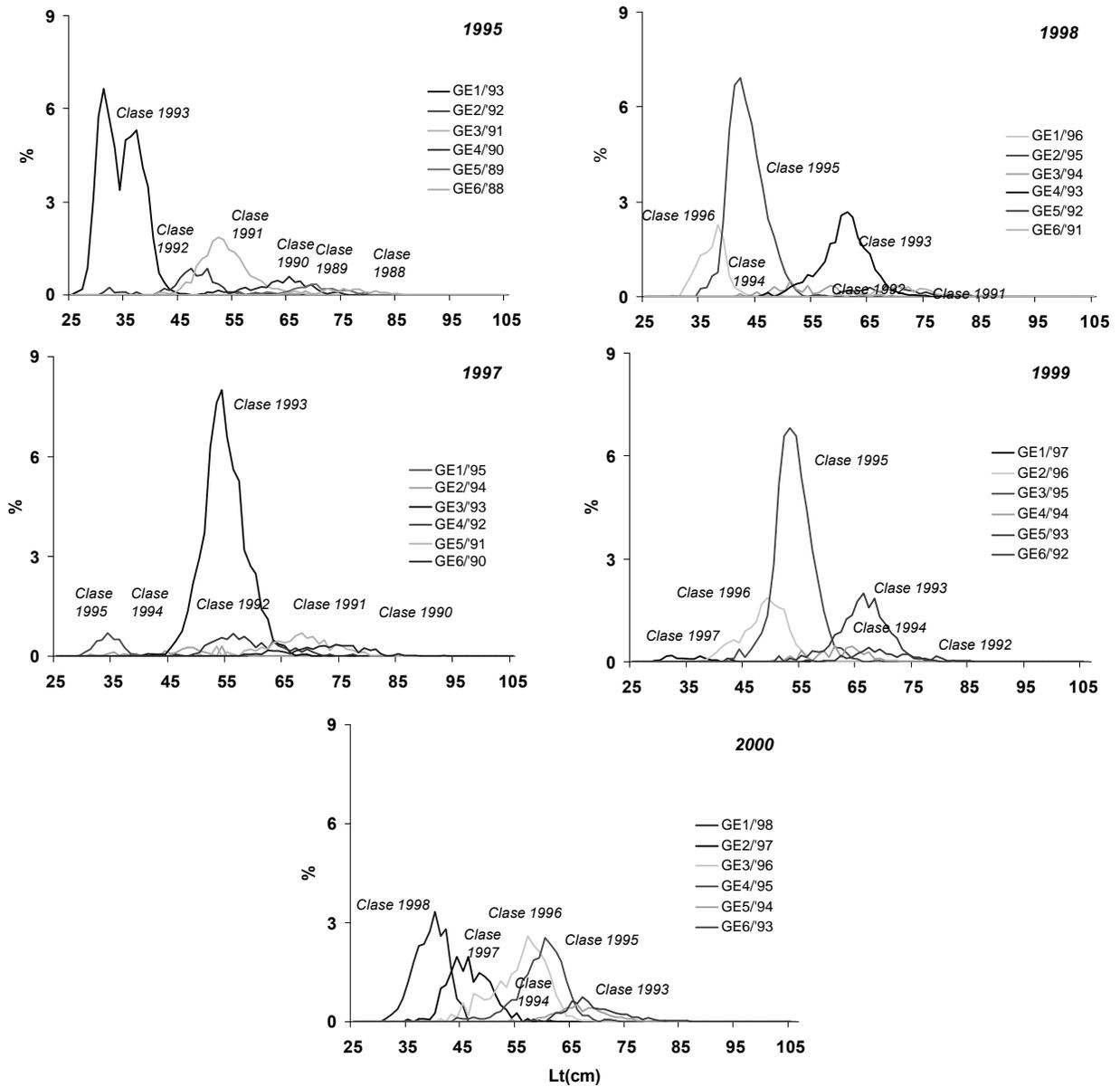


Figura 13. Distribuciones de frecuencias de longitudes por edad. Años 1995-2000.

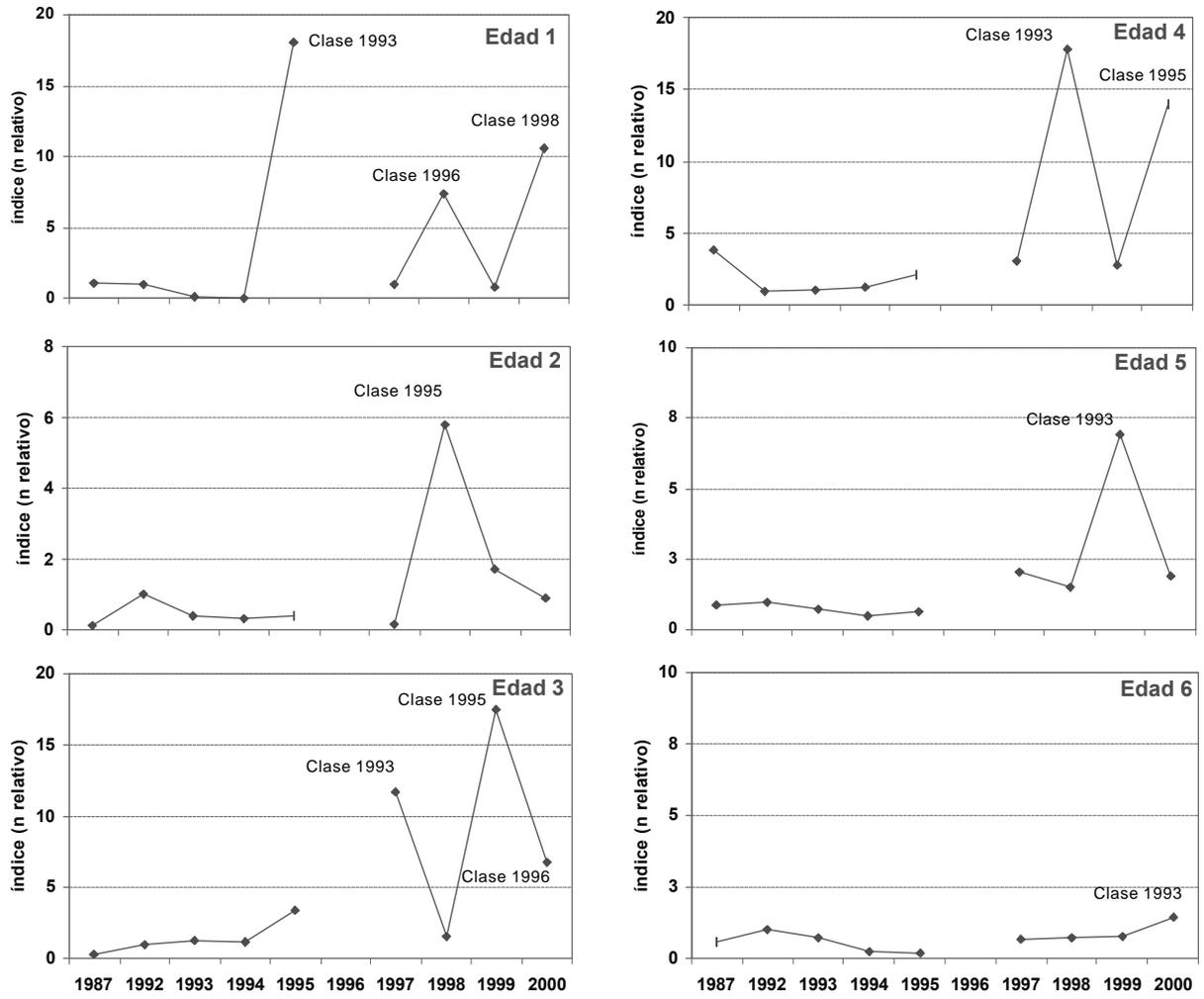


Figura 14. Indices de abundancia por edad estimados para las edades 1 a 6.

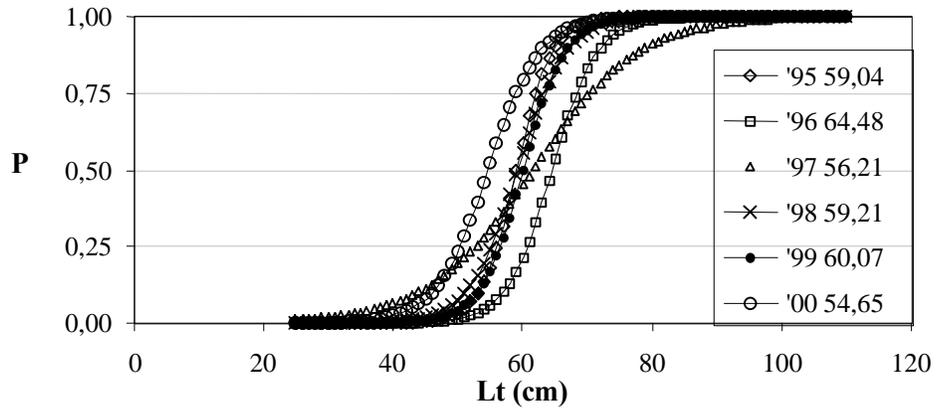


Figura 15. Curvas de madurez en función de la longitud de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental, para el período 1995-2000. Tomada de Giussi & Wöhler (2001).

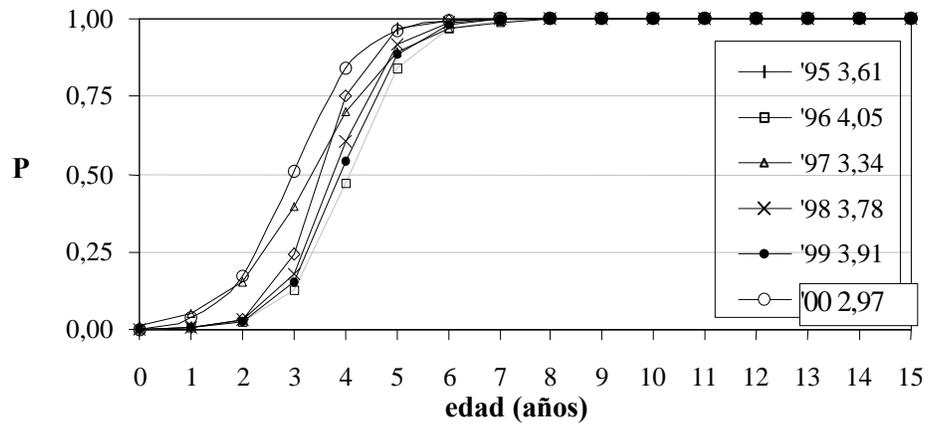


Figura 16. Curvas de madurez en función de la edad de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental, para el período 1995-2000. Tomada de Giussi & Wöhler (2001).

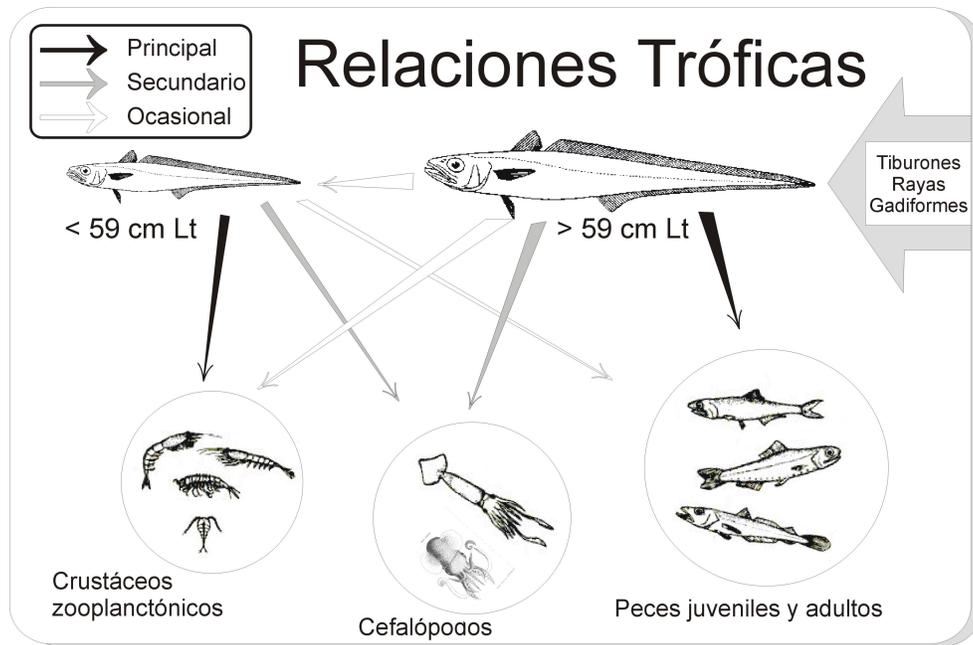


Figura 17. Esquema del espectro trófico de la merluza de cola durante su ciclo vital. Tomada de Sánchez (1999).

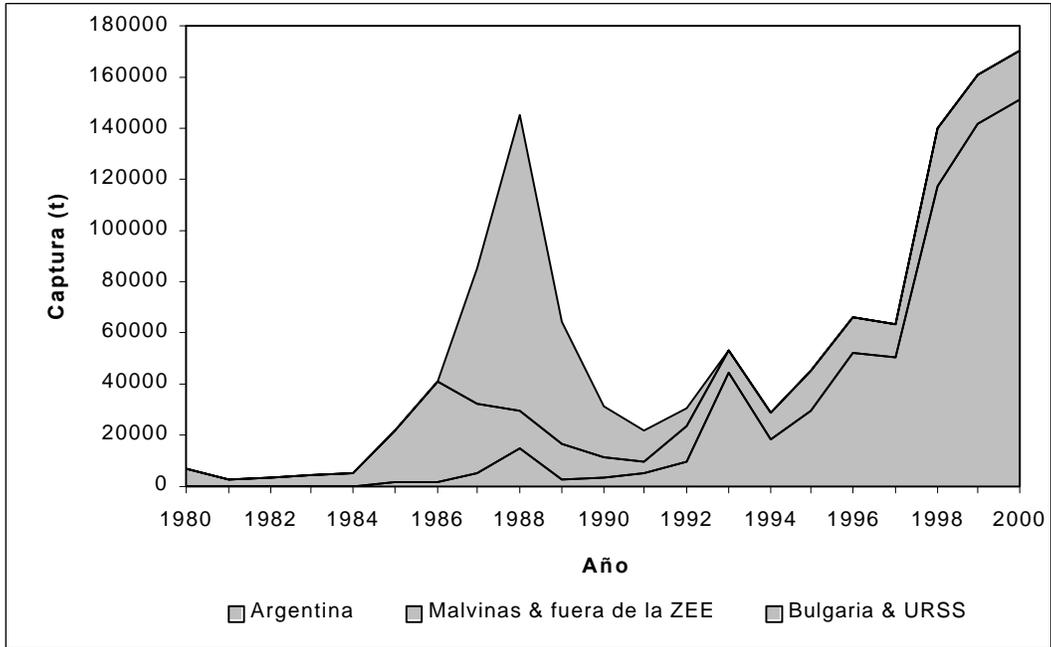


Figura 18. Capturas anuales de merluza de cola por buques de diferentes banderas, período 1980-2000.

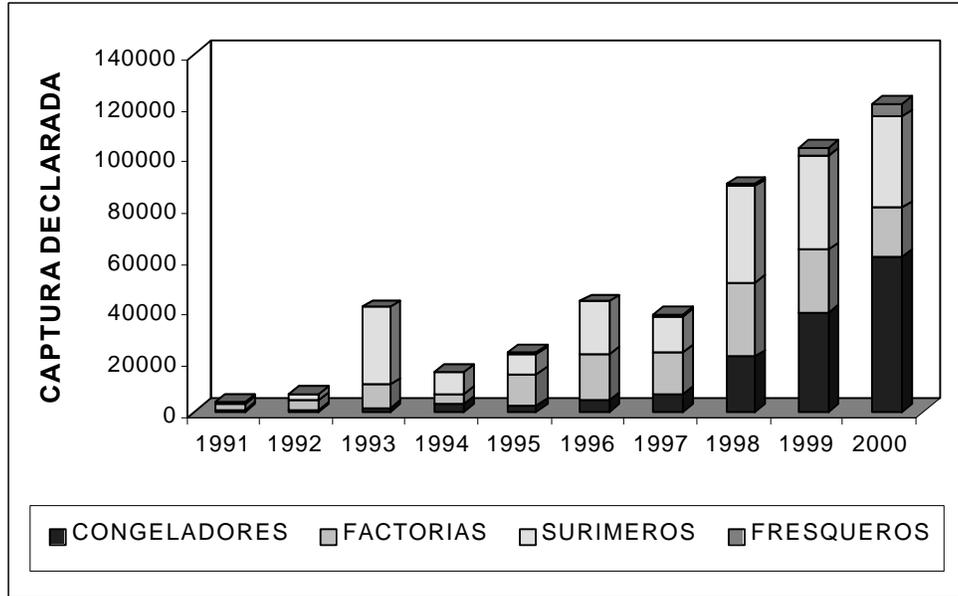


Figura 19. Evolución de las capturas anuales de merluza de cola por tipo de buque, de acuerdo a las estadísticas pesqueras argentinas, período 1991-2000.

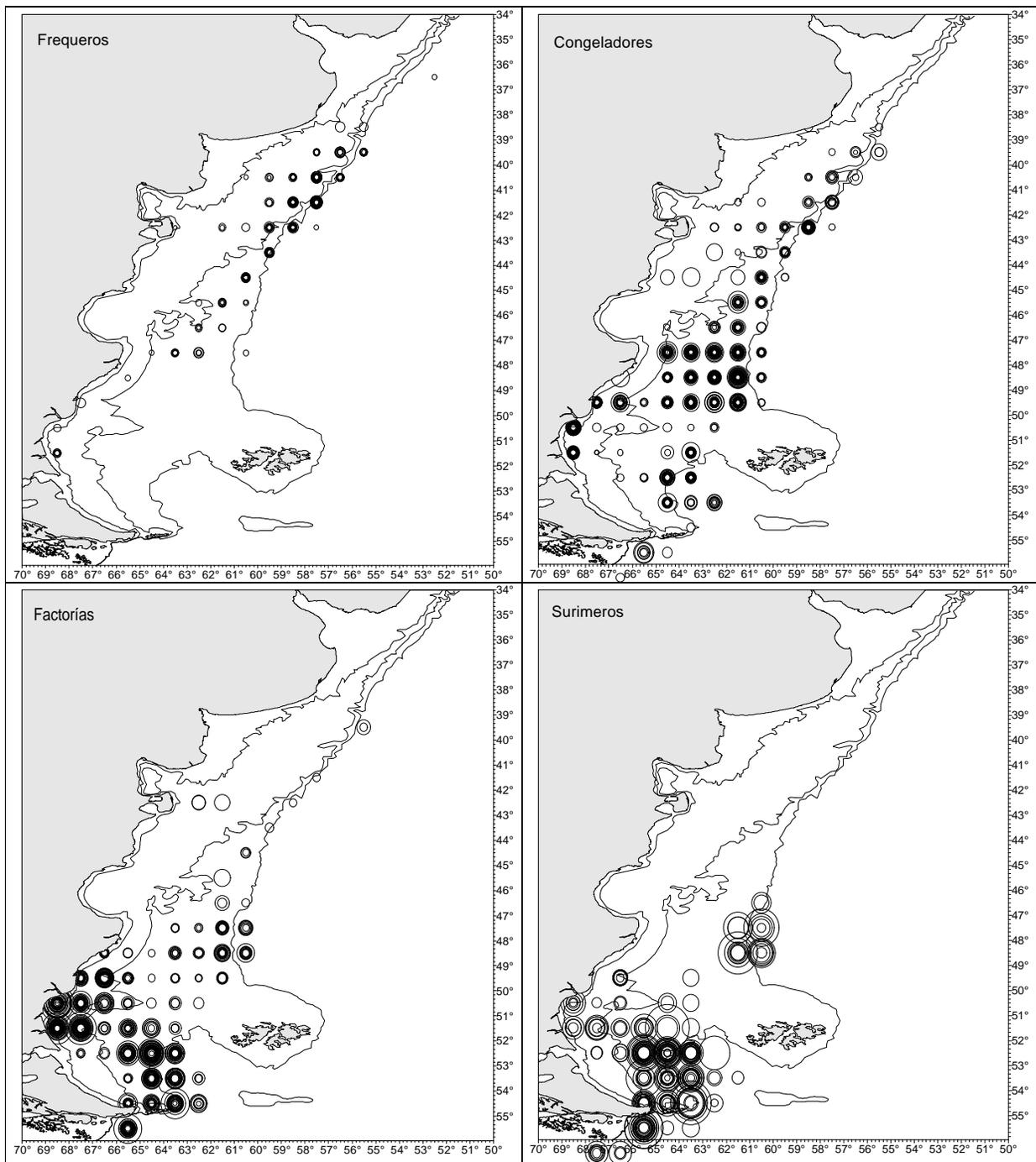


Figura 20. Zonas de Pesca de Merluza de cola como objetivo de los principales grupos componentes de la flota argentina de arrastre que operó sobre merluza de cola en el período 1995-1999. Tomada de Hansen *et al.* (2000).

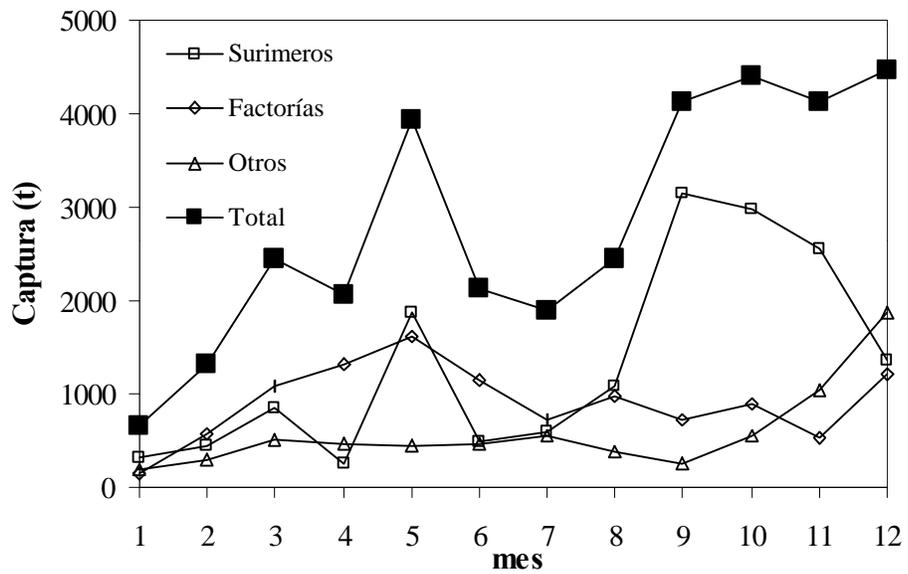


Figura 21. Distribución mensual por tipo de flota de las capturas argentinas de merluza de cola durante el año 1998. Tomada de Giussi *et al.* (En Prensa).

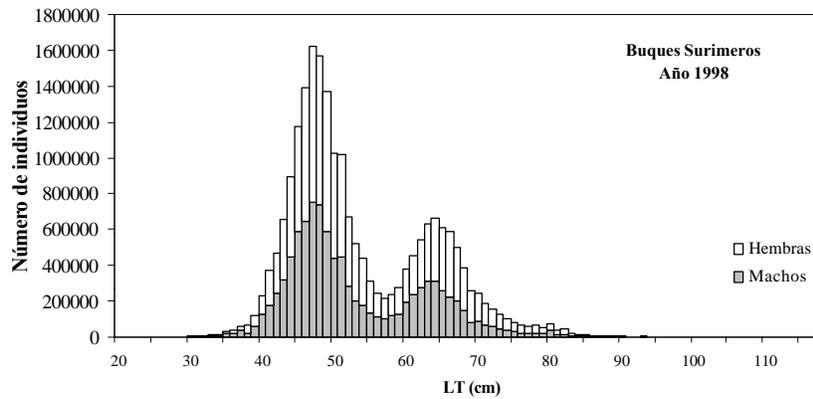
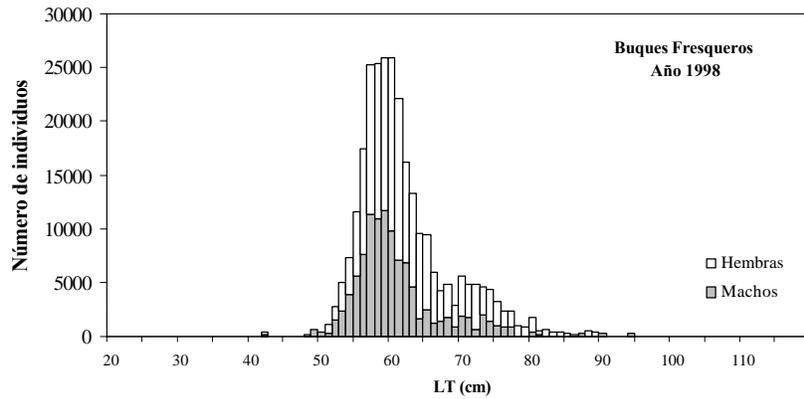
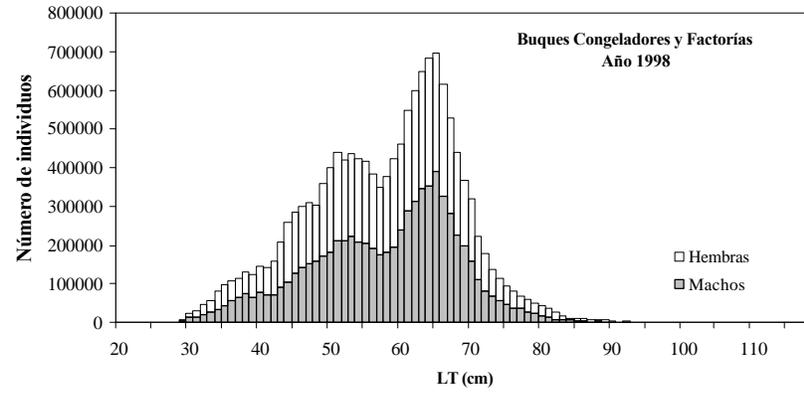


Figura 22. Distribuciones de longitudes de individuos de merluza de cola capturados por distintos tipos de embarcaciones durante el año 1998. Tomada de Giussi *et al.* (En Prensa).

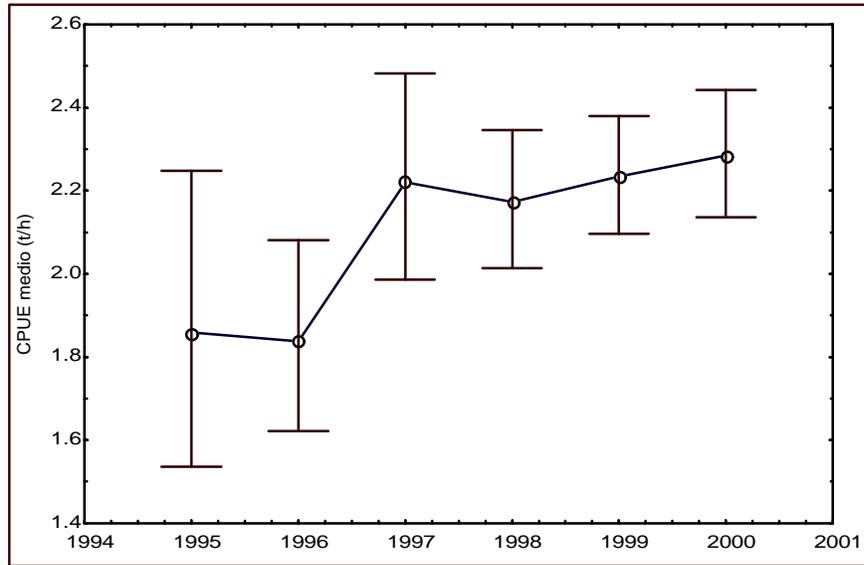


Figura 23. Valores medios anuales estandarizados e intervalos de confianza de la CPUE (toneladas/hora) de merluza de cola durante el periodo 1995 – 2000. Tomada de Wöhler *et al.* (2001 a).

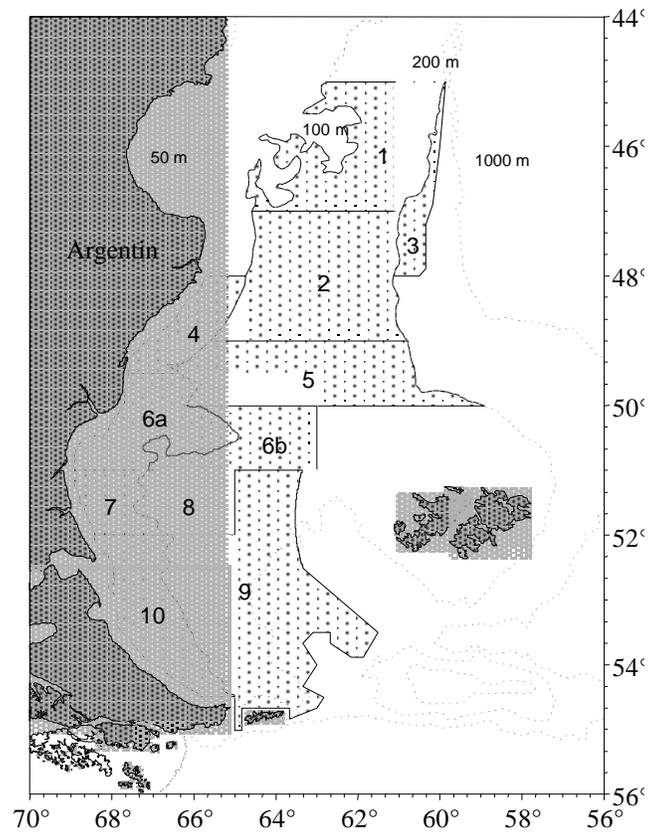


Figura 24. Área donde se llevan a cabo los cruceros de investigación dirigidos a la evaluación, mediante el método de área barrida, de la merluza de cola durante la temporada estival. Se indica la estratificación empleada para la localización de los lanzes de pesca.

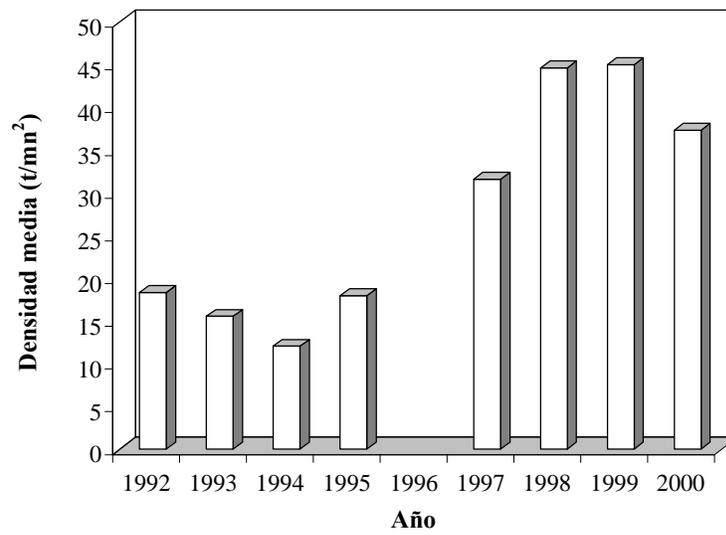


Figura 25. Estimados recientes de la densidad media de la merluza de cola (en t/mn²) realizadas mediante campañas de investigación por el método de área barrida y un modelo basado en la distribución *delta*-lognormal.

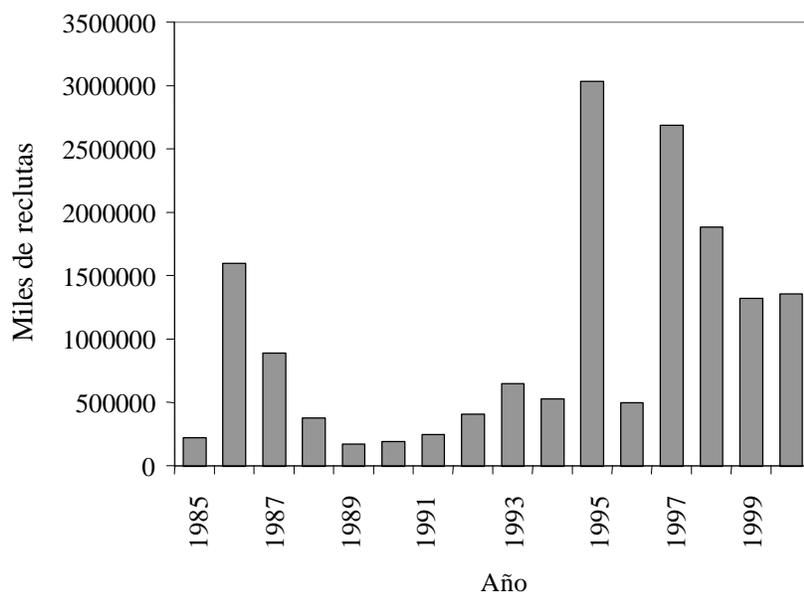
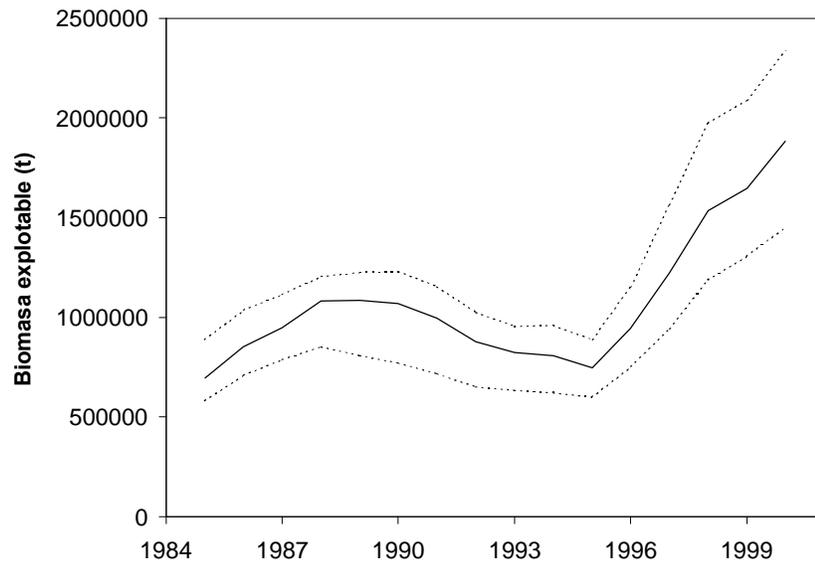
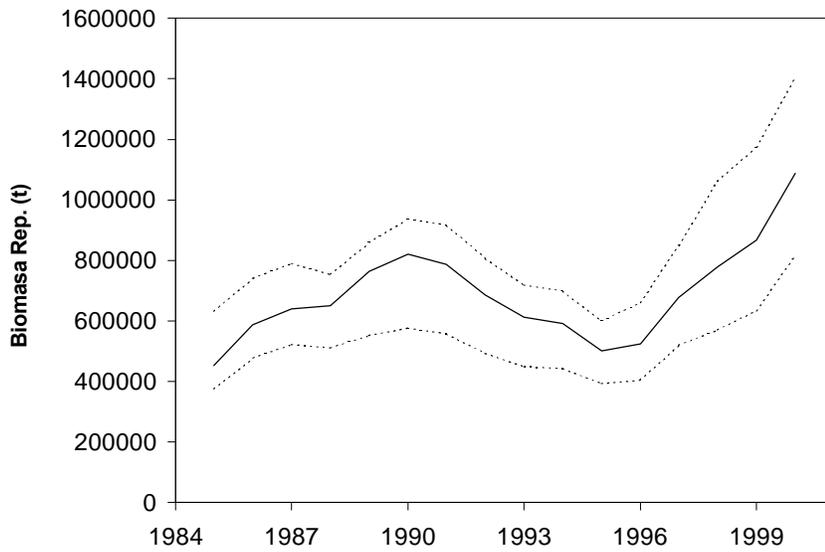


Figura 26. Estimaciones de la fuerza de las distintas clases anuales que componen la población de merluza de cola del Atlántico Sudoccidental. Se indica el número de ejemplares incorporados a la pesquería a la edad de 1+ año. Tomada de Wöhler *et al.* (2001 b).



(a)



(b)

Figura 27. Biomasa explotable (a) y biomasa de la fracción reproductiva de la población (b), estimadas mediante métodos analíticos (Wöhler, *et al.*, 2001 b).

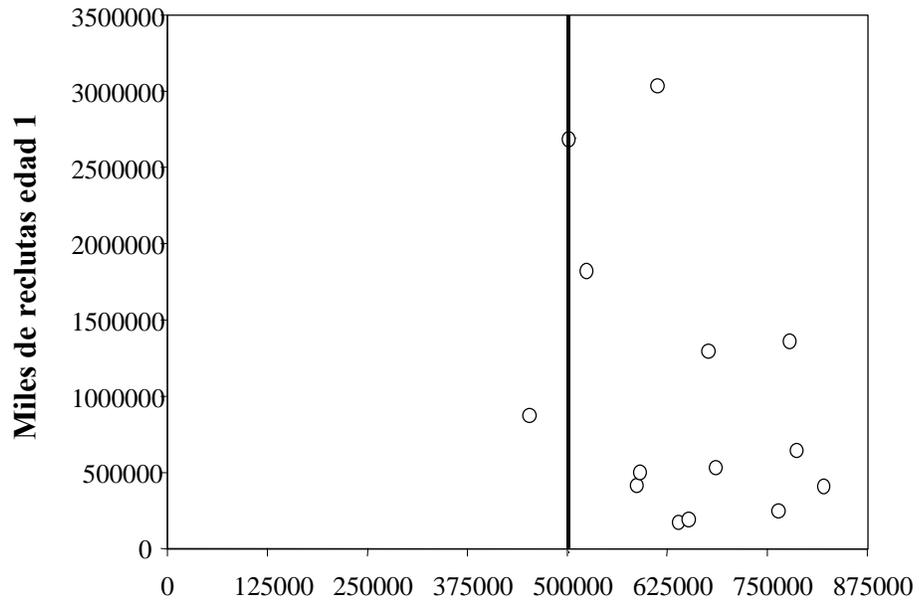


Figura 28. Reclutamiento anual en función de la biomasa estimada para el correspondiente efectivo de reproductores (Wöhler *et al.*, 2001 b).

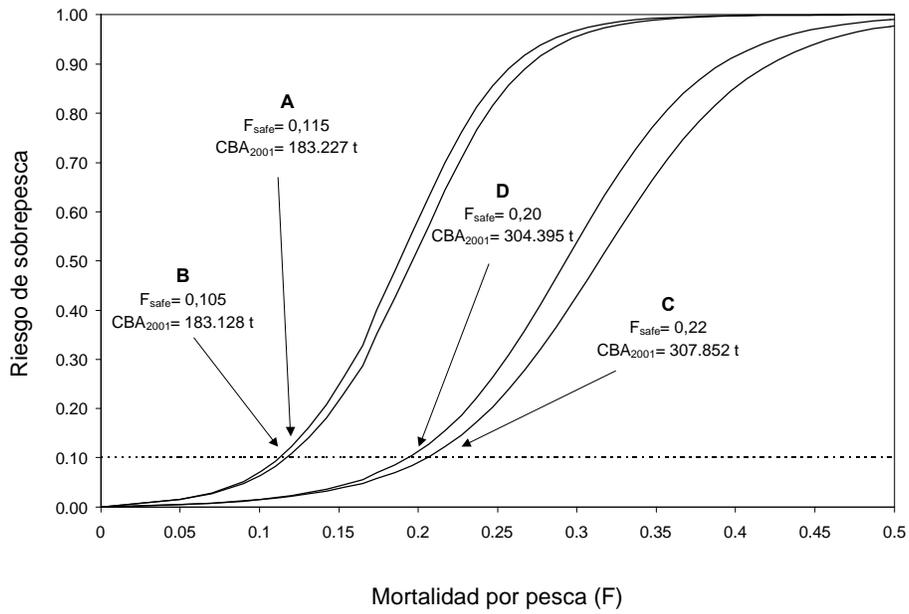


Figura 29. Curvas de riesgo estimadas por Wöhler *et al.* (2001 b) derivadas de la aplicación de niveles crecientes de mortalidad por pesca a la población de merluza de cola para los distintos escenarios proyectados. Las dos curvas de la derecha incluyen los reclutamientos observados en el período 1985-2000, mientras que las de la izquierda suponen la incorporación de nuevos individuos a la pesquería similar al promedio del período 1993-2000.

Biology, fisheries, stock assessment and harvest strategies of southern blue whiting (*Micromesistius australis*)

S. M. Hanchet

ABSTRACT

Southern blue whiting are almost entirely restricted in distribution to sub-Antarctic waters in New Zealand, with a bottom water temperature of 6–8°C. They are dispersed throughout the Campbell Plateau and Bounty Platform for much of the year, but during August and September they aggregate to spawn near the Campbell Islands, on Pukaki Rise, on Bounty Platform, and near Auckland Islands.

Southern blue whiting are highly synchronised batch spawners. Spawning on Bounty Platform begins in mid August and finishes by mid September. Spawning begins 3–4 weeks later in the other areas, finishing in late September/early October. Spawning appears to occur at night, in midwater, over depths of 400–500 m on Campbell Island Rise but shallower elsewhere.

Early growth has been well documented with fish reaching a length of about 20 cm fork length (FL) after one year and 30 cm FL after two years. Growth slows down after five years and virtually ceases after ten years. Ages have been validated up to at least 15 years by following strong year classes, but ring counts from otoliths suggest individual fish may reach 25 years (Hanchet & Uozumi 1996). During most years fish in the spawning fishery range from 35–50 cm FL. The age and length of maturity varies between areas and between years. In most years a small proportion of males mature at age 2, but the majority do not mature until age 3 or 4, usually at a length of 33–40 cm FL. The majority of females also mature at age 3 or 4 at a length of 35–42 cm FL.

The stock structure of southern blue whiting was reviewed by Hanchet (1999). He examined historical data on southern blue whiting distribution and abundance, reproduction, growth, and morphometrics. In addition to the four main spawning grounds, there are also consistent differences in the size and age distribution of fish, in the recruitment strength, and in the timing of spawning between the four areas. Multiple discriminant analysis of data collected in October 1989 and 1990 showed that fish from Bounty Platform, Pukaki Rise and Campbell Island Rise could be distinguished on the basis of their morphometric measurements. He concluded that this constitutes strong evidence that fish in these areas return to spawn on the grounds to which they first recruit. They are therefore assessed and managed as four separate stocks.

The Soviet foreign licensed fleet developed the fishery during the 1970s and early 1980s, and the fishery fluctuated considerably peaking at almost 50,000 t in 1973 and again at almost 30,000 t in 1979. Japanese surimi vessels entered the fishery in 1986 and catches gradually increased to a peak of 76,000 t in 1992. A catch limit of 32,000 t, with area sub-limits, was introduced for the first time in the 1993 fishing year. The total catch limit increased to 58,800 t in 1997, but dropped to 35,000 t in 2000. Landings have averaged 25,000 t in the last five years; chartered Japanese surimi and Soviet and Polish head and gut vessels currently take the majority of the catch.

Annual or biannual acoustic surveys of the spawning grounds have been carried out since 1993 (Hanchet *et al.* 2000). Southern blue whiting are an ideal candidate for acoustic surveys, because the marks are very distinctive, there is little bycatch, the spawning areas are consistent between years, and there is no evidence of turnover. Furthermore, once the target strength has been resolved the biomass estimates can be treated as absolute indices of abundance.

Stock assessments are carried out separately for each stock using an age structured stock assessment population model (Hanchet *et al.* 1998). Catch-at-age data are fitted using a multinomial distribution. Acoustic indices of adult and pre-recruit abundance are fitted as relative indices of abundance with a log-normal error distribution. Standardised CPUE indices have been developed for the Campbell fishery but are not currently used in the assessment. Simulated data are used to estimate confidence limits, and include uncertainty in the annual catch, catch-at-age, and acoustic data. Recent assessments suggest a current annual yield for the whole area of about 40,000 t.

The number of 2 year old fish in the Campbell Island stock of southern blue whiting, as estimated from the assessment model, has varied over 100-fold since 1970. A number of environmental variables were analysed to determine whether they could predict this large variation in year class strength (Hanchet & Renwick 1999). Three environmental variables explained 86% of the variation in year class strength. Southern blue whiting year class strength was negatively correlated with anticyclonic, stable atmospheric conditions centred over the Campbell Plateau.

1. DISTRIBUTION

There have been over 20,000 research bottom trawls carried out over the entire New Zealand zone since 1961 (Anderson *et al.* 2000). However, southern blue whiting are almost entirely restricted in distribution to sub-Antarctic waters to the south of New Zealand. Bottom temperatures in these waters typically range from 6–8°C. Fish are mainly found in depths of 300 to 600 m.

The fish are dispersed throughout the sub-Antarctic area for much of the year, but during August and September they aggregate to spawn on the Campbell Island Rise, Pukaki Rise, Bounty Platform, and Auckland Islands Shelf over depths of 250–600 m (Figure 1). It is these spawning aggregations that form the basis of the New Zealand fishery.

2. BIOLOGY

2.1 Reproduction

Southern blue whiting are highly synchronised batch spawners (Svirski & Shpak 1977). The female ovaries undergo rapid maturation from the maturing stage to the running ripe stage in only 3-4 days (Figure 2). Spawning typically lasts about a week after which most ovaries revert back to the maturing stage. These ovaries are now about 30% of their original weight, and have residual ovulated eggs in their lumen. The second spawning typically starts about 2 weeks after the first spawning. After the second spawning the proportion of spent fish increases to about 50%. Fish probably disperse as they finish spawning and leave the grounds. It is unclear whether fish spawn more than two batches.

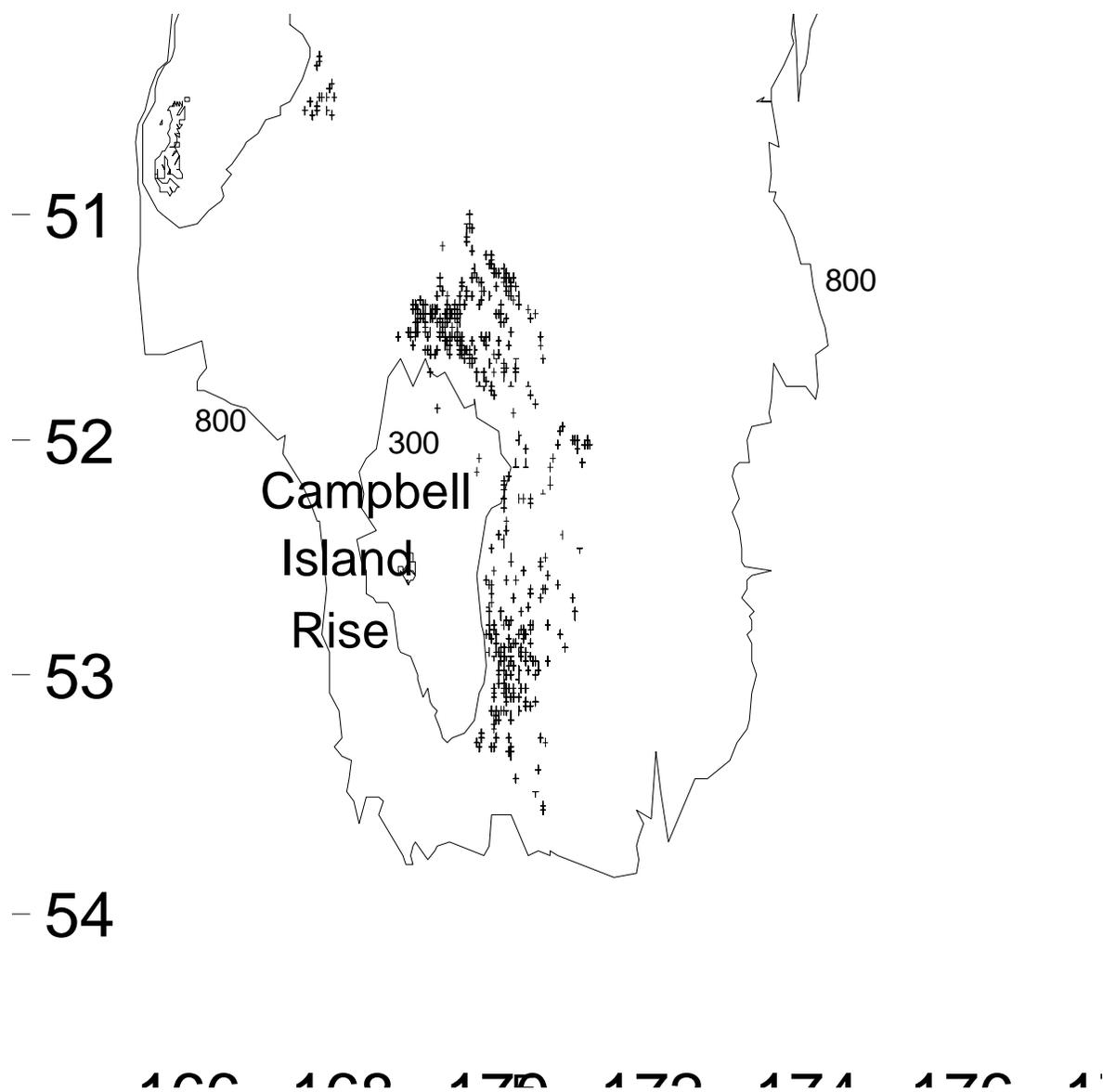


Figure 1: Location of observed commercial trawls catching running ripe fish.

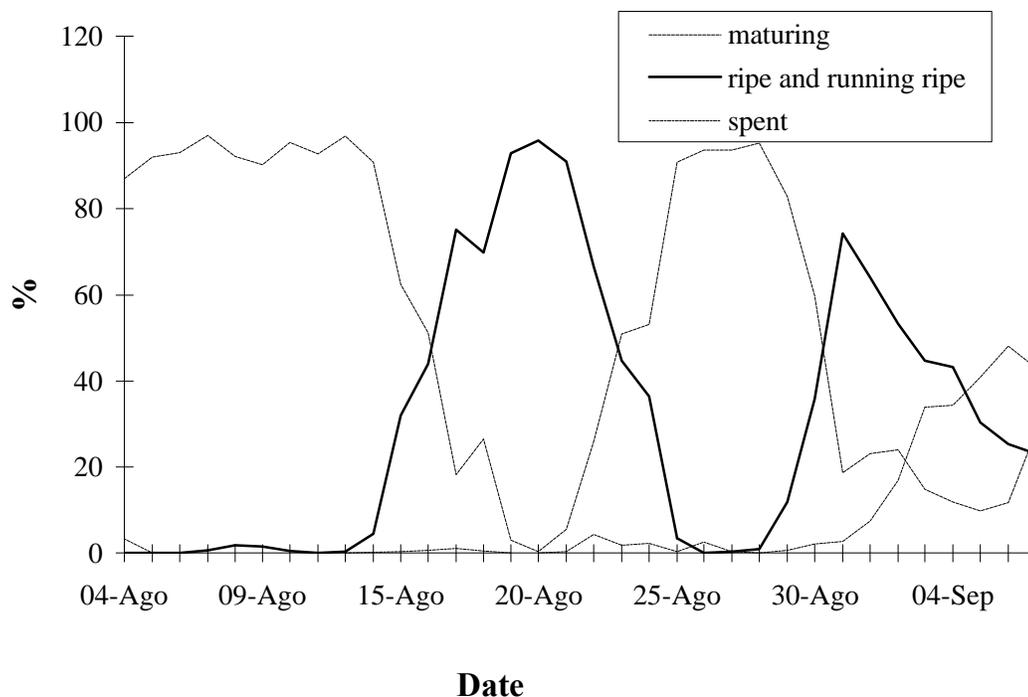


Figure 2: Proportion of females at each gonad stage on the Bounty Platform

The timing of spawning varies considerably between years and areas. Spawning appears to start first on the Bounty Platform, usually in mid to late August, and finishes by mid September (Figure 3). Spawning begins 2–3 weeks later in the other areas, finishing in late September/early October. Spawning appears to occur at night, in midwater, over depths of 400–500 m on Campbell Island Rise but shallower elsewhere.

2.2 Age and growth

Early growth has been well documented with fish reaching a length of about 20 cm FL after one year and 30 cm FL after two years (Hanchet & Uozumi 1996). Growth slows down after five years and virtually ceases after ten years. Ages have been validated up to at least 15 years by following strong year classes, but ring counts from otoliths suggest individual fish may reach 25 years. Females grow 3–4 cm longer than males. The von Bertalanffy growth parameters are given in Table 1.

Table 1: Estimates of biological parameters for southern blue whiting.

1. Natural mortality (M)

Males	Females
0.2	0.2

2. Weight = a (length)^b (Weight in g, length in cm fork length)

Males		Females	
a	b	a	b
0.00515	3.092	0.00407	3.152

3. von Bertalanffy growth parameters

Males			Females		
K	t ₀	L _∞	K	t ₀	L _∞
0.35	-0.93	47.6	0.32	-1.03	51.5

4. Maturity at age

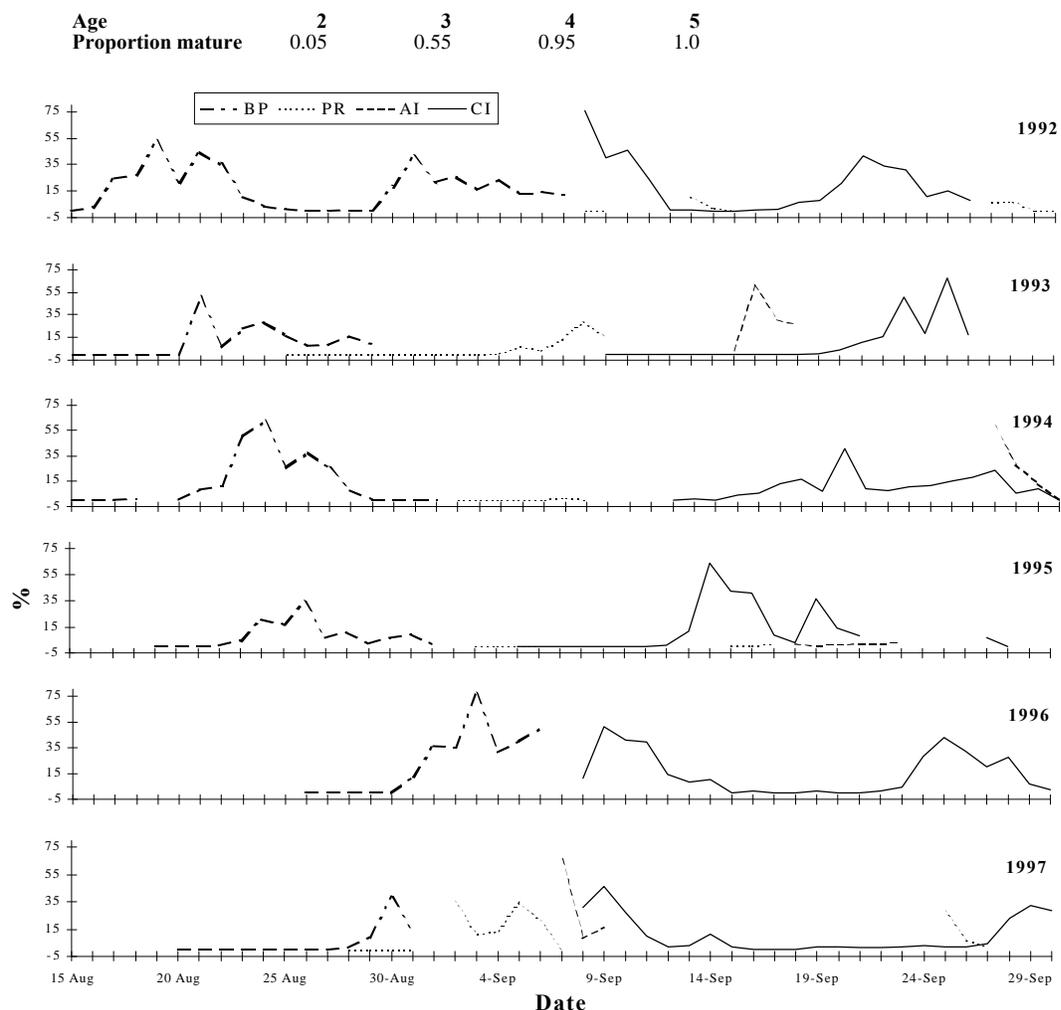


Figure 3: Percentage of running ripe females by area and year.

The age and length of maturity, and recruitment to the fishery, varies between areas and between years. In some years a small proportion of males mature at age 2, but the majority do not mature until age 3 or 4, usually at a length of 33–40 cm FL. The majority of females also mature at age 3 or 4 at a length of 35–42 cm FL. The age composition of the commercial catch on the Campbell Island Rise for the period 1991 to 2000 is shown in Figure 4.

2.3 Natural mortality

M was estimated using the equation $\log_e 100/\text{maximum age}$, where maximum age is the age to which 1% of the population survives in an unexploited stock. Using a maximum age of 22 years, M was estimated to equal 0.21. The value of 0.2 is assumed to reflect the imprecision with which this value is known. Biological parameters relevant to the stock assessment are shown in Table 1.

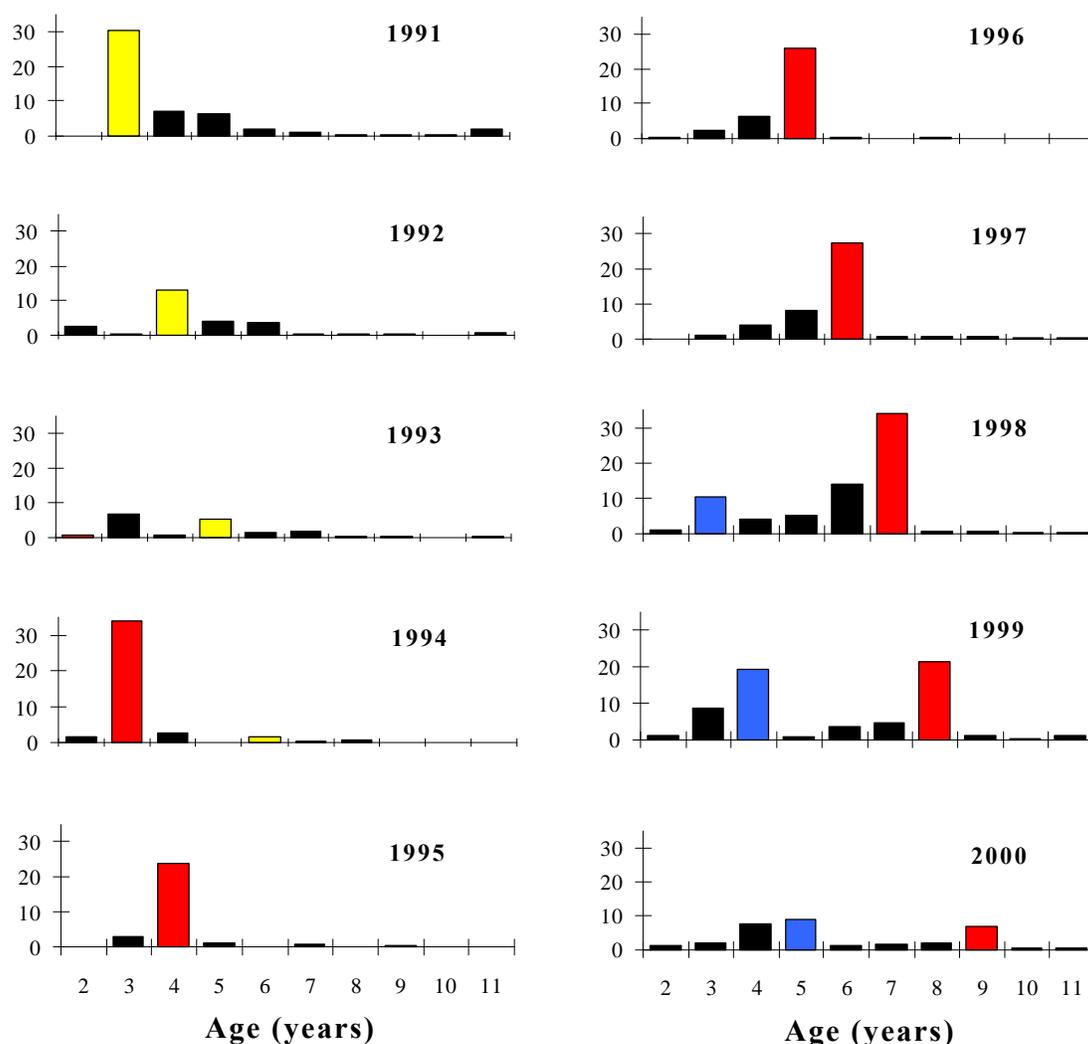


Figure 4: Age composition of the commercial catch on the Campbell Island Rise.

3. STOCKS AND AREAS

The stock structure of southern blue whiting was reviewed by Hanchet (1999). He examined historical data on southern blue whiting distribution and abundance, reproduction, growth, and morphometrics. There appear to be four main spawning grounds of southern blue whiting on the Bounty Platform, Pukaki Rise, Auckland Islands Shelf, and Campbell Island Rise. There are also consistent differences in the size and age distributions of fish, in the recruitment strength, and in the timing of spawning between these four areas. Multiple discriminant analysis of data collected in October 1989 and 1990 showed that fish from Bounty Platform, Pukaki Rise and Campbell Island Rise could be distinguished on the basis of their morphometric measurements. He concluded that this constitutes strong evidence that fish in these areas return to spawn on the grounds to which they first recruit. No genetic studies have been carried out, but, given their close proximity, it is unlikely that there would be detectable genetic differences in the fish between these four areas.

For the purposes of stock assessment it is assumed that there are four stocks of southern blue whiting with fidelity within stocks: the Bounty Platform stock, the Pukaki Rise stock, the Auckland Islands stock, and the Campbell Island stock.

4. COMMERCIAL FISHERY

4.1 Catches

Reported landings for the period 1971 to 2001 are shown by area in Figure 5. The Soviet foreign licensed fleet chiefly took landings during the 1970s and early 1980s, and the fishery fluctuated considerably peaking at almost 50,000 t in 1973 and again at almost 30,000 t in 1979. The Japanese surimi vessels first entered the fishery in 1986 and catches gradually increased to a peak of 76,000 t in 1991–92. A catch limit of 32,000 t, with area sub-limits, was introduced for the first time in the 1992–93 fishing year (Table 2). The total catch limit was increased to 58,800 t in 1996–97 for three years, but has since been reduced to 35,140 t. Landings have averaged 25,000 t in the last five years; the majority of the catch is currently taken by chartered Japanese surimi and Soviet head and gut vessels. The catch limits have been undercaught on most grounds and in most years since their introduction. This appears to reflect the economic value of the fish and difficulties in timing experienced by operators in this fishery rather than low stock sizes.

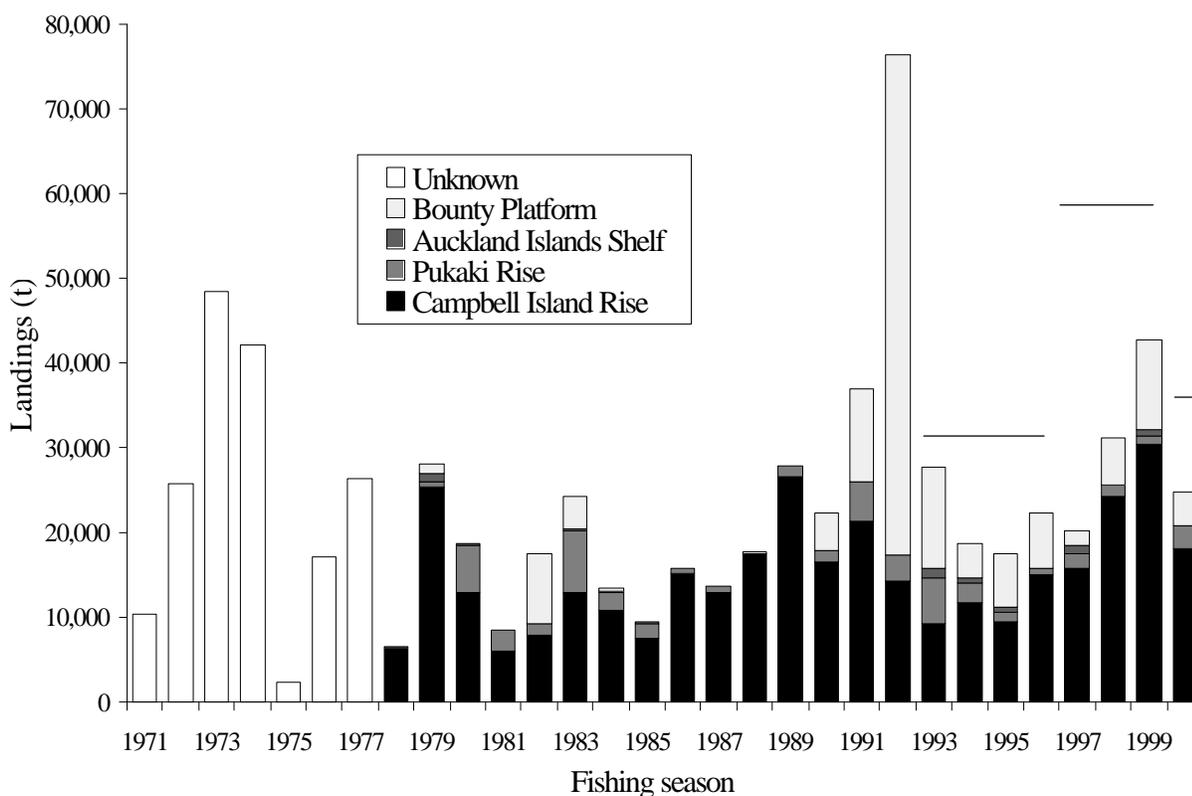


Figure 5: Landings of southern blue whiting by area since 1971. Horizontal line indicates catch limit.

Table 2: Estimated catches and catch limits (t) of southern blue whiting by area for the period 1993 to 2001.

Year	Bounty		Campbell		Pukaki Catch	Auckland Catch	PR+AI Limit	Total Catch	Total Limit
	Catch	Limit	Catch	Limit					
1993	11 908	15 000	9 316	11 000	5 341	1 143	6 000	27 708	32 000
1994	3 877	15 000	11 668	11 000	2 306	709	6 000	18 560	32 000
1995	6 386	15 000	9 492	11 000	1 158	441	6 000	17 477	32 000
1996	6 508	8 000	14 959	21 000	772	40	3 000	22 279	32 000
1997	1 761	20 200	15 685	30 100	1 806	895	7 700	20 147	58 000
1998	5 647	15 400	24 273	35 460	1 245	0	1 640	31 165	58 000
2000	8 741	15 400	30 386	35 460	1 049	750	1 640	40 926	58 000
2001	3 997	8 000	18 049	20 000	2 673	19	1 640	24 743	35 140

4.2 CPUE analysis

A standardised CPUE analysis of the Campbell Island Rise fishery was carried out by Hanchet (2000), and the results are shown in Table 3. There are concerns that the CPUE series may not be monitoring abundance accurately. This is partly because of the highly aggregated nature of the fishery, and the associated difficulty in finding and maintaining contact with the highly mobile schools in some years. There is also concern that there is not a direct relationship between CPUE and abundance. A decline in biomass may not necessarily lead to a decline in CPUE because the fleet may still be able to target dense aggregations and maintain high catch rates. Similarly an increase in biomass may not lead to a proportional increase in CPUE. For this reason the CPUE indices are not currently used in the stock assessment.

Table 3: Results of CPUE analysis of the Campbell Island Rise stock of SBW, showing the number of tows, percentage of zero tows, standardised and unstandardised relative year effect

Year	Number of tows	Percentage zero tows	Standardised year effect	Standard deviation	Unstandardised year effect
1986	893	4.6	1.00	–	1.00
1987	637	5.3	0.72	0.08	0.85
1988	843	7.1	0.59	0.07	0.68
1989	1 008	4.7	0.60	0.08	0.85
1990	994	7.8	0.52	0.07	0.65
1991	1 057	3.7	0.52	0.08	0.70
1992	1 091	18.7	0.27	0.07	0.33
1993	411	10.7	0.69	0.09	0.77
1994	384	6.8	0.74	0.09	0.80
1995	170	2.4	1.30	0.13	1.15
1996	342	5.8	1.54	0.10	1.38
1997	393	3.5	1.03	0.09	0.92
1998	765	5.3	0.99	0.07	1.10

5. RESOURCE SURVEYS

The four known spawning grounds for southern blue whiting (SBW) are on the Bounty Platform, Pukaki Rise, Campbell Island Rise, and Auckland Islands Shelf. A programme to estimate SBW spawning stock biomass on the first three grounds using acoustic techniques began in 1993 (Hanchet *et al.* 2000). The three grounds were surveyed again in 1994, and the Auckland Islands Shelf ground was added in 1995. After the first three surveys it was decided to survey these areas every 2-3 years: the Bounty grounds were surveyed in 1997 and 1999, the Campbell grounds in 1998 and 2000, and the Pukaki grounds in 1997 and 2000 (Table 4).

The main aim of the acoustic surveys has been to develop a time series of abundance indices of recruited fish (i.e., fish which have recruited into the commercial fishery) for modelling. Because the commercial fishery targets mainly the dense spawning aggregations, the recruited fish are mainly sexually mature. In addition to the spawning fish, pre-recruit fish (immature 1, 2, and 3 year olds) are also found in shallower parts of the survey area.

The estimates of backscatter are turned into biomass estimates by using the target strength–fish length relationship derived for blue whiting in the Northern Hemisphere (Monstad *et al.* 1992). Recent studies on gadoids in the Northern Hemisphere have suggested a higher target strength (similar slope but higher intercept). *In situ* target strength work carried out during recent SBW acoustic surveys and theoretical modelling studies suggest a steeper slope than the Northern Hemisphere studies (e.g., Dunford 2001). The blue whiting relationship has been retained because it is not yet known which alternative relationship is most likely.

Table 4: Estimates of biomass (000 t) for age 1, 2, 3 and 4+ fish from acoustic surveys of Bounty Platform, Pukaki Rise, and Campbell Island Rise, used in modelling the fisheries. –, no data.

Year	Bounty Platform				Pukaki Rise				Campbell Island Rise			
	1	2	3	4+	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	8.8	6.9	1.4	62.9	0.6	26.9	9.3	31.2	1.8	71.9	14.8	24.0
1994	0.1	5.9	32.1	27.7	0.1	1.2	6.4	36.0	0.3	12.3	139.6	28.8
1995	59.3	4.9	6.7	30.8	0.0	0.0	0.8	11.7	0.0	11.2	23.2	130.5
1996	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1997	1.7	4.1	24.6	37.5	0.0	2.8	0.9	34.1	–	–	–	–
1998	–	–	–	–	–	–	–	–	2.3	13.1	28.0	167.7
1999	0.4	0.8	5.0	42.7	–	–	–	–	–	–	–	–
2000	–	–	–	–	0.0	3.0	2.1	29.5	1.0	10.5	8.4	135.6

6. STOCK ASSESSMENT

6.1 The population model

A population dynamics model was developed in 1994 to analyse the data from the southern blue whiting fishery (Hanchet & Haist 1994). The model known as a separable Sequential Population Analysis (sSPA) is described in more detail in Hanchet (1998) and Hanchet *et al.* (1998). The model is implemented using AD Model Builder software (Fournier 1994), which gives simple and ready access to minimisation routines, and provides the ability to estimate the variance-covariance matrix for all dependent and independent parameters of interest.

The sSPA uses a maximum likelihood method to find the set of parameter values which minimises the following objective function:

$$-n_i \tilde{p}_{ij} \ln p_{ij} + \mathbf{s}_C \sum_i \left(\ln(\tilde{C}_i) - \ln(C_i) \right)^2 + \mathbf{s}_B \sum_i \left(\ln(\tilde{B}_i) - \ln(sB_i) \right)^2 + \mathbf{s}_r \sum_i \left(\ln(\tilde{R}_i) - \ln(rR_i) \right)^2$$

where n_i is the sample size and \tilde{p}_{ij} and p_{ij} are the observed and predicted proportion of fish of age j in year i respectively. \tilde{C}_i is the observed catch in year i , C_i is the predicted catch in year i , and \mathbf{s}_C , \mathbf{s}_B and \mathbf{s}_r are standard deviations for catch and biomass which are described below. \tilde{B}_i is the observed adult acoustic biomass estimate in year i , B_i is the modelled estimate of mid-season spawning stock biomass in year i , \tilde{R}_i is the observed pre-recruit acoustic biomass estimate in year i , R_i is the modelled estimate of pre-recruit biomass in year i , and s and r are the adult and pre-recruit abundance scalars.

The model estimate of spawning stock biomass is:

$$B_i = \sum_j l_j w_{ij} \exp(-0.5 Z_{ij}) N'_{ij}$$

where l_j is the mean selectivity of fish in age class j , w_{ij} is the weight of fish in age class j in year i , Z_{ij} is the instantaneous total mortality rate for age class j in year i during the fishing season, and N_{ij} is the number of age class j fish in the population at the beginning of the fishing period in year i .

In this formulation it is assumed that the average selectivity l_j is synonymous with maturity, which is probably valid for these spawning fisheries. It is assumed that the survey abundance estimates have a log-normal error distribution. The proportion-at-age data are assumed to be multinomially distributed.

It was not possible to estimate the various standard deviations so they were fixed at values that represented the levels of confidence in the various data sets. A convenient way to do this was in terms of weights where $w_x = \mathbf{S}_x^{-2}$, for each variate x , and the corresponding *c.v.s* are given for each dataset considered. An estimate of the confidence came from a consideration of both the estimated variance and possible bias inherent in the data.

90% confidence limits for the results were estimated using parametric bootstrapping. The length at age data within individual years were resampled (with replacement) and then scaled up to proportion-at-age using the weighted length frequency of the catch for that year. Uncertainty in the acoustics data was included by resampling from the MLE estimate with an acoustic *c.v.* calculated empirically from the model fits. For each of the 500 bootstrap runs data were randomly selected from each distribution. Bias corrected confidence intervals were obtained by “inverting” the bootstrap distribution following Gilbert et al. (2000).

6.2 Campbell Island assessment

6.2.1 Methods

A similar approach is used for the assessment of the three main stocks. As an example of its use the 2001 Campbell Island stock assessment is summarised below. Other recent assessments can be found in more detail in Hanchet (2000).

The model was fitted to proportion-at-age data from 1979 to 2000, and the acoustic indices given in Table 4. Because of uncertainty over target strength, the acoustic indices were fitted in the model as relative estimates of mid-season abundance (i.e., after half the catch has been removed).

The following parameters were estimated by minimising the negative log-likelihood terms in the objective function:

- Initial population structure in 1979 for ages 2 - 11+
- Annual recruitments for 1979 to 2000
- Mean fishing selectivity for ages 2-4 (ages 5-11 assumed fully selected)
- Annual deviations from mean selectivity for ages 2 and 3
- Acoustic catchability coefficients

Adult (4+) and age 3 acoustic *c.v.s* for Campbell were weighted by the number of snapshots, resulting in *c.v.s* of 0.35 for the 1993–95 and 2000 surveys and 0.25 for the 1998 survey. A *c.v.* of 0.5 was used for the Campbell age 1 and 2 acoustic survey indices.

Although the observed c.v.s suggested a sample size of over 100, this is probably too high given factors such as ageing error and sampling bias. Also, because of the large number of data points, a value of more than 100 gave too much weight to the age data relative to the acoustic data. For the base case a weight of 100 (equivalent to a c.v. of about 0.2) was given to the age data.

A number of sensitivity tests were run to evaluate the sensitivity of the assessment to M , to the weightings used for the age data, and to the estimation of annual selectivity deviations.

6.2.2 Results

The assessment suggests that the stock biomass showed a steady decline from the early 1980s until 1993, followed by a large increase to 1996 and a slight decline to 2000 (Figure 6, Table 5). The extent of this recent increase and subsequent decline is uncertain as shown by the wide confidence intervals in current biomass. Selectivity at age was consistent with the results of previous assessments, with about 50% of fish being selected at age 3 and over 90% selected at age 4. The reason for the initial large increase in biomass was due to the 1991 year class which is estimated to be almost eight times the average year class strength over the period 1979 to 2000. The biomass has remained high due to the recruitment of the moderately strong 1995 and 1996 year classes to the fishery. In fact, the assessment suggests most recent year classes have been moderately high with seven of the last eight year classes above the median value for the 1979 to 2000 period.

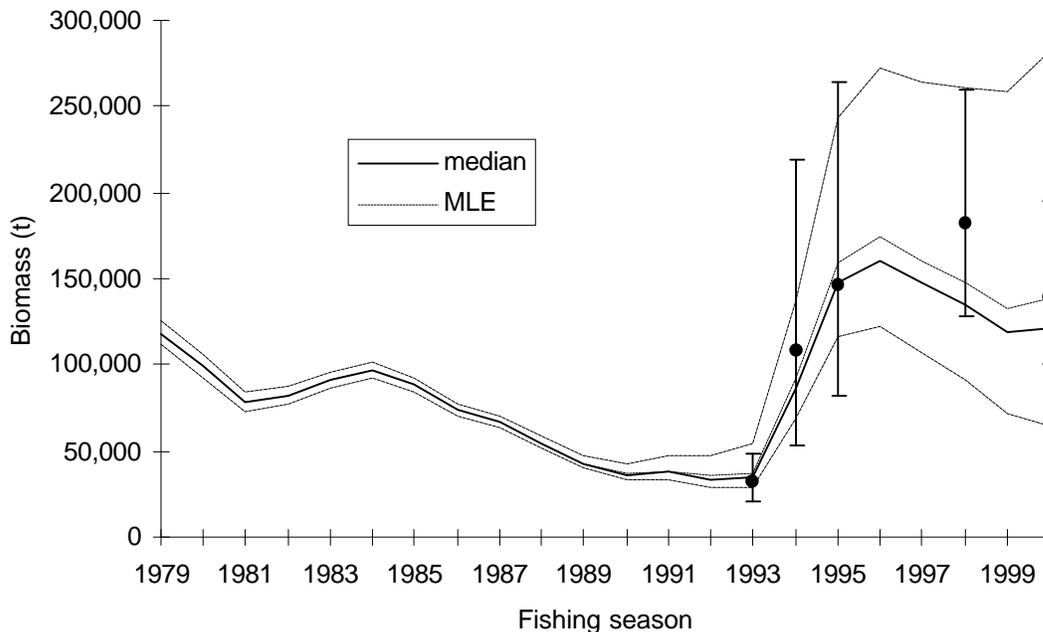


Figure 6: Mid-season spawning stock biomass trajectory and 90% confidence intervals showing fit to adult acoustic indices. MLE, point estimate; median, median of bootstraps.

Table 5: Campbell Island estimates (MLE) of B_0 , B_{mid00} (mid-season spawning stock biomass), $B_{pre2001}$ (pre-season spawning stock biomass), MCY, CAY₂₀₀₁, CAY₂₀₀₂, and their 90% confidence intervals and bias corrected 90% confidence intervals. All values in t x 10³.

	B_0	B_{mid00}	$B_{pre2001}$	B_{mid00} (% B_0)	MCY	CAY ₂₀₀₁	CAY ₂₀₀₂
Base case	215	139	150	65%	10.9	31.6	27.8
CI	175-294	64-282	71-310	37-96%	8.9-15.0	14.8-65.1	14.0-54.6
CI (corrected)	157-262	68-299	73-321	44-114	7.9-13.4	15.4-67.4	14.2-55.2

There are generally good fits to the catch-at-age and acoustics data. The acoustic q for the adults (4+) and age 3 fish were very similar and were close to 1.0. Because the current target strength is believed to be too low the model is probably overestimating the abundance of the stock. The acoustic q for 2 year olds was slightly lower than for adults, suggesting that not all 2 year old fish are present in the survey area. This is consistent with trawl survey results, which have shown some 2 year old fish in the east of the Campbell Plateau away from the acoustic survey area.

The assessment was sensitive to several parameters tested (Table 6). A higher M and less weight (lower sample size) for the catch-at-age data both increased the estimates of current biomass. Trends in year class strength were similar between runs.

Table 6: Parameter estimates as a result of alternative model assumptions (see Table 5) for the Campbell Island stock. B_{mid} , mid-season spawning stock biomass (000 t); $N_{2,1993}$ size of the 1991 year class (millions).

Parameter	B_0	B_{mid79}	B_{mid00}	$N_{2,1993}$	B_{mid00} (% B_0)	B_{mid00} (% B_{may})	MCY	CAY 2001	CAY 2002
Base case	215	118	139	770	65	180	10.9	31.6	27.8
$M = 0.15$	236	89	100	500	42	124	10.2	20.0	18.4
$M = 0.25$	236	166	222	1368	94	254	15.3	56.5	47.2
Lower weight on age data	240	118	184	931	77	213	12.3	42.4	36.4
Higher weight on age data	211	119	133	753	63	175	10.8	30.1	26.8
No annual selectivity deviations (2 & 3 y)	209	112	125	745	60	166	10.7	30.0	27.6

6.2.3 Yield estimation

Estimates of Current Annual Yield (CAY) were calculated for the Campbell Island stock for 2001. The simulation method of Francis (1992) was used to determine u_{CAY} , the ratio of catch to pre-season biomass. Using the input parameters shown in Table 3, u_{CAY} equalled 0.21. This harvest rate is the highest constant F policy that allows the stock to go below $0.2B_0$ only 10% of the time. Under a CAY harvest strategy the mean biomass (B_{MAY}) was estimated to be $0.38B_0$, and the mean yield to be $8.6\%B_0$.

CAY was estimated by multiplying u_{CAY} by pre-season biomass in 2001. Pre-season biomass in 2001 was calculated by projecting forward the 2000 beginning of year numbers at age. The number of 2 year olds in 2001 was assumed to be equal to the arithmetic mean of the recruitment of 2 year olds over the period 1978-79 to 1996-97. The estimate of CAY was 31 600 t for 2001.

The long-term yield available from the southern blue whiting stocks depends on the strategy used to manage the fishery. The stock size will fluctuate because of recruitment variability and maximising the long-term yield would require a CAY based management strategy. Based on the model of Francis (1992) incorporating stochastic recruitment and a CAY-based fishing strategy resulted in a mean yield (MAY) of $9.6\% B_0$.

6.3 Prediction of recruitment

The number of 2 year old fish in the Campbell Island stock of southern blue whiting, as estimated from the assessment model, has varied over 100-fold since 1970 (Figure 7). A number of environmental variables were analysed to determine whether they could predict this large variation in year class strength (Hanchet & Renwick 1999). Two separate analyses were carried out. In the first, estimates of year class strength over the period 1977 to 1992 were modelled as a continuous variable using multiple regression. Three environmental variables explained 86% of the variation in year class strength. However, the predictive powers of the model for 1970 to 1976 and 1993 to 1994 was poor (Figure 7). This poor predictive power may be due to errors in the original estimated year class strengths or to spurious correlations arising from the large number of environmental variables and short time series of recruitment data.

In the second analysis, estimates of year class strength for 1970 to 1994 were categorised into weak, medium, and strong, and modelled as a discrete variable using multiple discriminant analysis. Three environmental variables were selected into the model and classified more than 88% of the year classes into the correct year class using re-substitution. The predictive power of the discriminant function was tested using a cross-validation procedure which resulted in 20 (76%) of the year class strengths being correctly classified. Several of the misclassified years were from the less reliable part of the data set, and no year classes were misclassified from weak to strong or vice versa.

In both models, southern blue whiting year class strength was negatively correlated with anticyclonic, stable atmospheric conditions centred over the Campbell Plateau. The underlying water circulation patterns over the Campbell Plateau, and the influence of climate on its variability, are poorly understood. The reasons for the high variability in the year class strength are therefore unclear.

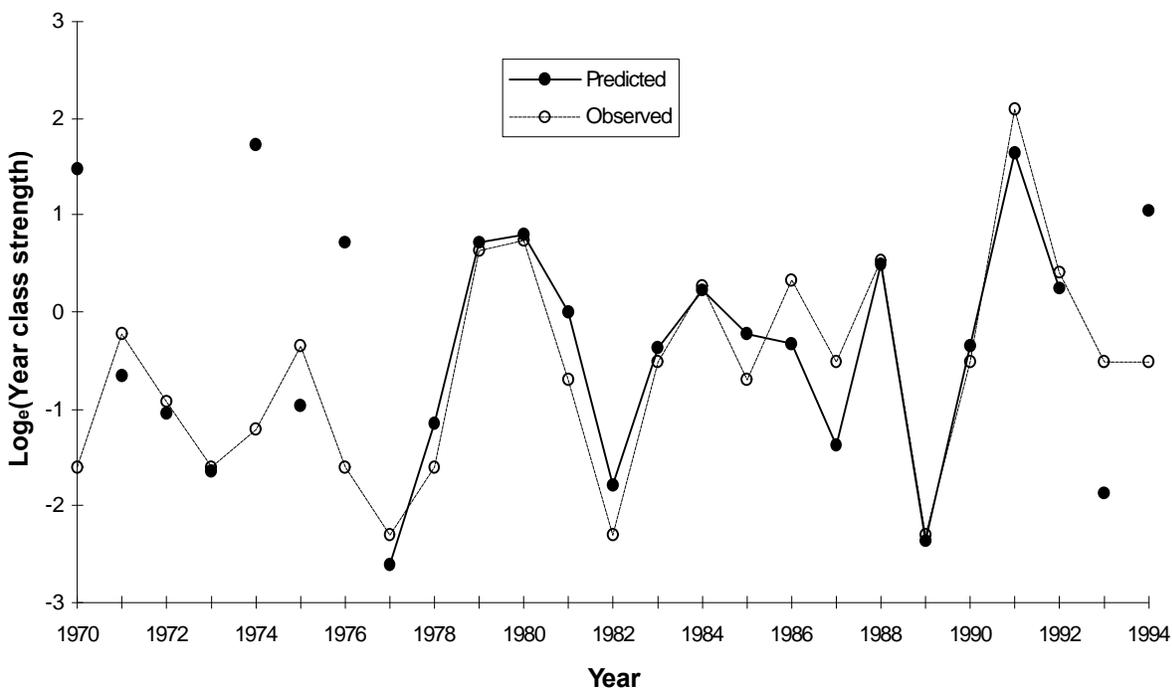


Figure 7: Predicted and observed \log_e (year class strength) for 1970-94. Observed values from the population model. Predicted values based on regression model using data from 1977 to 1992.

7. REFERENCES

- Anderson, O., Bagley, N.W., Hurst, R.J., Francis, M.P., Clark, M.R., & McMillan, P.J. 1998: Atlas of New Zealand fish and squid distributions from research bottom trawls. *NIWA Technical Report 42*. 303 p.
- Dunford, A. 2001: Estimates of target strength of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) from the Campbell Rise and Pukaki Rise, September 2000. Final Research Report for Ministry of Fisheries Research Project SBW1999/01 Objective 3. 18 p. (Unpublished report held by the Ministry of Fisheries, Wellington.)
- Francis, R.I.C.C. 1992: Recommendations concerning the calculation of Maximum Constant Yield (MCY) and Current Annual Yield (CAY). N.Z. Fisheries Assessment Research Document 92/8. 23 p.
- Gilbert, D.G., McKenzie, J.R., Davies, N.M., Field, K.D. 2000: Assessment of the SNA 1 stocks for the 1999–2000 fishing year. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/38*. 52 p.
- Hanchet, S.M. 1998: Documentation of the separable Sequential Population Analysis used in the assessments of southern blue whiting, and a comparison with other models. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 98/33. 22 p.
- Hanchet, S.M. 1999: Stock structure of southern blue whiting (*M. australis*) in New Zealand waters. *New Zealand journal of marine and freshwater research* 33(4): 599–610.
- Hanchet, S.M. 2000: Southern blue whiting (*Micromesistius australis*) stock assessment for the Bounty Platform and Campbell Island Rise for 2000. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/44*. 35 p.
- Hanchet, S.M. & Haist, V. 1994: Southern blue whiting fishery assessment for the 1994–95 fishing year. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 94/22. 41 p.
- Hanchet, S.M., Haist, V., & Fournier, D. 1998: An integrated assessment of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) from New Zealand waters using separable Sequential Population Analysis. In Funk, F., Quinn II, T. J., Heifetz, J., Ianelli, J. N., Powers, J. E., Schweigert, J. F., Sullivan, P. J., & Zhang, C. -I (eds). Fishery stock assessment models pp 155–169. Alaska Sea Grant College Program Report No. AK-SG-98-01, University of Alaska Fairbanks, 1998.
- Hanchet, S.M. & Renwick, J.A. 1999: Prediction of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) year class strength in New Zealand waters. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 99/51. 24 p. (Draft report held in NIWA Library, Wellington.)
- Hanchet, S.M., Richards, L. & Bradford, E. 2000: Decomposition of acoustic biomass estimates of southern blue whiting (*Micromesistius australis*) using length and age frequency data. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/43*. 37 p.
- Hanchet, S.M. & Uozumi, Y. 1996: Age validation and growth of southern blue whiting, *Micromesistius australis* Norman, in New Zealand. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 1996 30: 57–67.
- Monstad, T., Borkin, I. & Ermolchev, V. 1992: Report of the joint Norwegian-Russian acoustic survey on blue whiting, spring 1992. ICES C.M. 1992/H:6. 26p.
- Svirskii, V.G. & Shpak, V.M. 1977: Oogenesis, sexual cycle, and fertility of the southern blue whiting *Micromesistius australis* Norman (1937) from the south-west part of the Pacific Ocean. *Transactions of the Pacific Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography 1 (TINRO) 101*: 65–74. (In Russian, Translation held in NIWA library, Wellington).

**Review of southern blue whiting, *Micromesistius australis australis*
in Falkland Islands waters.**

Simeon Hill¹, David Agnew¹, David Middleton², Alexander Arkhipkin²

¹Renewable Resources Assessment Group, Imperial College, Royal School of Mines, Prince Consort Road, London, SW7 2BP.

²Falkland Islands Government Fisheries Department, PO Box 598, Stanley, Falkland Islands.

Contact details for SH: 44 (0) 20 7594 9275 (Phone)/ 44 (0) 20 7589 5319 (Fax)/ simeon.hill@ic.ac.uk (e-mail)

UNPUBLISHED PAPER – NOT TO BE CITED WITHOUT PERMISSION FROM
THE AUTHORS.

Introduction

Micromesistius australis (southern blue whiting) is a pelagic or mesopelagic fish associated with subantarctic waters. There are two populations which are regarded as separate subspecies, *M. a. pallidus* (Inada & Nakamura, 1975) which is found around New Zealand, and *M. a. australis* (Norman, 1937), which is found in the Southwest Atlantic and Southeast Pacific and includes the stock fished in Falklands waters.

In the Southwest Atlantic *M. a. australis* occurs from 38°S to Burwood Bank and the Scotia Sea in the south. North of 47°S, it is confined to the shelf break and slope (Sanchez & Ciechomski, 1995) but it is also found on the shelf in the southern part of its range. It is associated with the Subantarctic Surface (SASW) and Antarctic Intermediate (AIW) water masses. In the Falkland-Patagonian region, it is encountered mainly near the bottom where these water masses are concentrated. In the northwestern Scotia Sea the species occurs mainly in the upper pelagic layer (10-60 m) occupied by the SASW while in the south-western part of the Sea it is found above the thermocline in summer-warmed AIW (Barabanov, Shnar and Fedoseev, 1984).

Shubnikov et al. (1969) and Shust (1971) have the population structure of *M. a. australis* in the Southwest Atlantic, but found quite large variation in the 30 different morphometric parameters chosen for analysis. As a result they detected no segregation between three sample locations (high seas at 46°S, Falkland Islands, South Shetland Islands). They suggested that *M. a. australis* had only one population in the Southwest Atlantic, but that temporal aggregations of adults can be formed in different areas of the species range (Shubnikov et al., 1969; Shust, 1971).

In the Southwest Atlantic, Spawning concentrations of *M. a. australis* have been found only to the south and southwest of the Falkland Islands, and this is thought to be the main spawning region (Shubnikov et al., 1969). These spawning areas vary between years in size and location. Intensification of the Falkland Current in relatively cold years (i.e. 1972, 1980) resulted in an expansion of the spawning grounds from the south to the eastern part of the Falkland shelf. In relatively warm

years (i.e. 1975, 1983-1985) the intensity of the Falkland Current decreased, and spawning occurred only in the southern part of the Falkland shelf, mainly to the west of Beauchene Island (Barabanov, 1987a).

M. a. australis is a batch spawner with determinate fecundity, meaning that mature eggs are released in batches but that the number of oocytes that will develop is fixed prior to the spawning season (Macchi & Pajaro, 1999). It spawns intermittently, producing eggs in between 3 and 40 batches (Lisovenko et al., 1982), in the productive upwelling waters to the southwest of the Islands, usually in September and October although there may be spawning concentrations before this (in August; Macchi & Pajaro, 1999). Eggs are thus distributed to the southwest and south of the islands and are often found in the same area as gravid females and larvae (Ehrlich et. al., 1999). Sanchez & Ciechomski (1995) and Perrotta (1982) have found larvae to the south and northeast of the Islands, possibly transported there by the anticlockwise passage of the Falkland current around the Islands and feeding in the area of high summer productivity and zooplankton reported over the northern shelf edge. They are also, however, found further south and west on the shelf (Ehrlich et. al., 1999).

After spawning, the gonads return to the 'resting' stage, unlike many other subantarctic fishes whose gonads return immediately the 'early developing' stage. Lisovenko et al. (1982) report that by December-February, the gonads of all adult fishes had returned to the 'resting' stage. In summer, a part of the population migrates to the north with the Falkland Current, reaching 37-42°S on the Argentinean Shelf, to feed on euphausiids to the north of the Falkland Islands. Another part of population moves southwards, penetrating to the Scotia Sea in summer to feed on Antarctic krill (Barabanov, 1982; Barabanov et al., 1984; Barrera-Oro & Tomo 1988). Seasonal warming of the superficial water layers enables *M. a. australis* to migrate down to the South Shetland and South Orkney Islands. In autumn-winter, both parts of the population migrate to spend the winter around Staten Island and on the southern Patagonian shelf, migrating once again to the southwest Falkland area to spawn on the shelf and shelf edge in the spring (Agnew, in press).

M. a. australis is a zooplanktivore (Cousseau & Perrotta, 1998), with euphausiids forming the bulk of the diet throughout the year, particularly *Thysanoessa gregaria* and *Euphausia vallentini* which are thought to supply the feeding requirements of juvenile and adult blue whiting around the Falkland Islands (Sabatini et. al., 1999). Copepods and hyperiid amphipods (*Themisto gaudichaudi*) may be more seasonally important (Sabatini et. al., 1999).

Aggregations of *M. a. australis* were found on the Patagonian shelf during the 'Discovery' expeditions in the Southwest Atlantic (Norman, 1937). It was thought that the species' range was restricted to the Patagonian and Falkland shelves from 45°S in the north to 55°S in the south (Burdwood Bank) (Hart, 1946). However, in the early 1960s *M. a. australis* was encountered in large numbers in the Scotia Sea, near the South Orkney and South Sandwich Islands (Mikheev, 1965, Merret, 1963). It was suggested that *M. a. australis* had a large commercial fishery potential at the end of 1960s (Prosvirov and Vasiliev, 1969; Shubnikov et al., 1969), but the actual fishery started about 10 years later.

Fisheries around the Falkland Islands have developed rapidly over the past three decades. According to Csirke (1987), commercial fishing in the area began in 1978, when the fish stocks were unmanaged and exploited largely by distant-water fleets from the Northern Hemisphere and Argentina. There was a rapid expansion of effort and catch during the early 1980s. In the late 1970s and early 1980s the unregulated fishery was prosecuted mainly by Russian and Polish vessels. Catches for the SW Atlantic as a whole increased from 16,000 t in 1978 to 137,000 t in 1982. The annual catch doubled to 258,000 t in 1983 and then fell to below 80,000 t in 1985.

Regulation of fisheries around the Falkland Islands began with the declaration of the Falkland Islands Interim Conservation Zone (FICZ) in October 1986. This zone extends 150 nautical miles from the Islands to the North and East, and somewhat less to the southwest (see Fig 7). Fishing in this area, and in the Falkland Islands Outer Conservation Zone (FOCZ, established in 1990) is controlled by licensing. The most important commercial species in this area, by catch and revenue are the squids *Illex argentinus* and *Loligo gahi*. There are also several commercially important finfish species, of which Southern Blue Whiting, *Micromesistius australis australis*, is the most important by catch and revenue in the FICZ (Statistical Bulletin Vol 5, FIFD, Stanley).

This paper provides a synthesis of biological and catch data for *M. a. australis* from Falklands waters after the establishment of the FICZ.

Biology

Data sources

Scientific data on species caught in Falkland Island fisheries is gathered by on-board observers. For each observed catch, observers record species composition and discard information. They also record standard length (to the nearest cm below), sex and reproductive state (which is assessed by macroscopic examination of the gonads and is recorded on an eight point scale; Table 1) of 100 representative specimens of the most abundant species and take samples for age and weight determination. The age in years is determined from otoliths by the Sea Fisheries Research Institute in Gdynia, Poland. The Fisheries Department also runs scientific research cruises, which have encountered *M. australis* to the south and east of the Islands during the austral summer. The UK and Argentina have run joint annual acoustic surveys of *M. australis* since 1995.

The following analyses are based on data collected by FIFD observers aboard commercial vessels between 1991 and 2000.

Sex and maturity

Of 764 sampled hauls with >10 adult specimens of *M. australis*, 60% had more males than females (Fig. 1). 48% of specimens whose sex was recorded were female. This sex ratio differs significantly from 1:1 (normal approximation of binomial test,

$P < 0.001$, $n = 89,913$). Monthly trends in sex ratio and reproductive state are shown in Figure 2. Spawning around the islands (indicated by the presence of reproductive states V and VI) occurs from August to October with a peak in September. This month is associated with a predominance of females in the catch. The proportion of females then declines until February. During this period, recovering (post-spawning) individuals are common. The proportion of early developing males and females increases from January until May, but the sample size falls by an order of magnitude in this time. No specimens were measured in June and July. This is partly due to low sampling effort, but is also indicative of low abundance of *M. a. australis* in Falklands waters during these months. When samples are available again in August, late developing and mature individuals are common. Although few spawning animals were observed in November and none were seen after this time, late developing animals were found in November, December and even February, suggesting a prolonged spawning season.

Size frequency

A frequency distribution of the mean length of *M. a. australis* in catches where >10 individuals of this species were measured shows two modes (Fig 3). In the majority of catches the average length was in the range 45 to 50cm. However, there was a minor mode at 15 to 20cm and the mean length was <25 cm in 2% of observed catches, suggesting catches consisting of 0+ and 1+ animals. Aggregation on the basis of size could introduce bias into the length-frequency data. However, small immature fish are clearly rare in the fishery.

Length-frequency plots were produced for three periods in the southern-blue whiting fishery: the spawning season (August to October), the post-spawning period (November to March) and the austral autumn (April and May) (Fig 4). From these it is apparent that a larger size-range of animals are normally caught after than during the spawning period and that intermediate sized animals are almost absent from samples taken in the austral autumn. It is also apparent that, in the years 1996 and 1999, when higher-than-usual abundances of small animals were observed in the austral spring, shoals of small animals were sampled in the preceding autumn.

Separate plots were also produced for females and males, showing the reproductive state of animals (Figs 5 & 6). Plots were produced for each month during which spawning animals have been sampled and for aggregated data for the other months. Inevitably this excludes data for animals whose sex cannot be established, so very small animals are underrepresented in the length-frequency plots. Again, the size range sampled in September is usually narrower than that sampled later in the fishing season. September is clearly the peak spawning month in many years. In 1999, significant numbers of spawning animals were found as late as November and pre-spawning animals were observed after this time. Large numbers of pre-spawners were also observed after September in 1996, 1997 and 2000.

Migration patterns around the Falkland Islands

Figure 7 shows the distribution, by month of observed catches containing *M. a. australis*. Sampling is not randomised in space and time, so this does not provide a

definitive picture of the migration pattern of *M. a. australis*. However, it is known that there is a major migration into Falkland Waters from the southwest during the austral spring. In spring, the animals concentrate on the spawning grounds to the south of west Falkland. Spawning reaches a peak in September and, from October onwards, the animals disperse around the islands. Fishing usually begins in August, with vessels either tracking migrating animals or fishing the spawning aggregation. In September, fishing effort is concentrated in the spawning area. The average depth of capture of spawning animals was 223 m (+/-84m SD). From October to March, fishing effort is more diffuse, focusing on the shelf edges to the south west of and north east of the islands. The area to the south and east of the islands is open only to vessels licensed to catch *L. gahi*. The distribution of catches suggests that after the spawning season, *M. a. australis* disperses widely. While it might occupy other areas, the concentration of catches along the shelf edge may indicate that the species feeds in these areas rather than in shallower or deeper water. From March onwards, *M. australis* is less abundant in Falkland Island waters.

Growth and maturity functions

Separate von Bertalanffy growth curves were fitted to data for females and males, from the period 1991 to 2000 (Fig 8). Parameters were compared between males and females using the method described by Kimura (1980). Significant differences were detected in each parameter. Most importantly, the L_{∞} calculated for females was larger than that for males, implying that females generally reach a greater maximum size than males.

Standard biological functions were fitted separately to data from females and males (Table 2). In general, parameter values estimated for males were significantly different than those estimated for females. The age (2.17 years) and length (30 cm) at 50% maturity (i.e. reproductive state >1) for females were slightly lower than those for males (2.49 years and 31 cm) (Fig 9).

The fishery

General description and data sources

M. a. australis can be caught on two licence types issued for Falkland Island waters. General finfish licences allow the targeting of all demersal roundfish in the FICZ, with the exception of hakes, *Merluccius hubbsi* and *M. australis*, and toothfish, *Dissostichus eleginoides*. However, hakes can be targeted under a supplementary licence. The second licence type covers larger (c 5,000t) factory trawlers specialising in catching *M. a. australis* to make the minced fish product, surimi. Until 1999 these vessels were covered by the general finfish licence, however they will be treated separately in this analysis. Only trawl gears are licensed and there is a minimum mesh size of 90mm.

Initially, after the FICZ was established, the general finfish fleet consisted mainly of Polish flagged vessels. These were joined in 1989 by Spanish flagged vessels, some

of which re-flagged to the Falklands around 1995 (Fig 10). In the 1999 to 2000 season, the fleet consisted of 43 trawlers of various nationalities, in the size range 500 to 3,500 t IGRT. One or two surimi vessels per year have participated in the fishery since 1993.

Micromesistius australis is the main species in the catches of surimi vessels. In 2000 it also made up about 20% of the catches of 'general finfish' licensed vessels including those with the hake supplement (Table 3). Only 6 t was taken as bycatch in other fisheries.

The fishing effort by month in the period 1999 to 2000 for the licence types likely to target *M. a. australis* is shown in Fig.11 and the corresponding CPUEs are shown in Fig. 12. Surimi vessels fished only during the austral summer and achieved monthly average CPUEs between 7 and 12 t h⁻¹. The monthly effort of finfish vessels reached a peak in September and October, but CPUE for *M. a. australis* peaked between November and February and was particularly low in June to August. The long term (1987 to 2000) average CPUE for August, however, was 0.4 t h⁻¹, suggesting that the increase in effort during this month usually coincides with the arrival of immigrating *M. a. australis*. The pattern of CPUE is somewhat different when only catches containing >40% *M. a. australis* are taken into account. CPUEs are clearly highest in September and fairly stable for the rest of the year except June and July when no targeting occurs. Surprisingly, the highest proportion of effort targeted at *M. a. australis* occurred in November, on the shelf to the far west of the islands, whereas the figure was 12 to 14 % in September and October, suggesting that few vessels persistently target spawning aggregations of *M. a. australis*.

Assessment and inter-annual trends

Annual assessments of *M. a. australis* are performed using virtual population analysis (VPA). The assessment applies to both Falkland Island and Argentine waters and is based on data for the two areas supplied by both FIFD and INIDEP, as well as earlier data obtained from Csirke (1987).

Since the fishing season is continuous throughout the austral summer, assessments are done in terms of split years, running from July to June. The catch by split year for Falklands waters is presented in Table 3.

Because *M. a. australis* forms dense shoals, the CPUE of catches dominated by the species are more likely to indicate local density rather than global abundance. Surimi vessels specifically target *M. a. australis*, to the northwest and south east of the islands between October and March. However, only approximately 22% of all daily catches reported by non-surimi vessels contained over 90% *M. a. australis* while 72% contained under 10%. There is a discontinuity at about 40% *M. a. australis* suggesting that catches with higher proportions of *M. a. australis* represent targeting of this species (Fig 13).

The UK indices of CPUE are derived with regard to the targeting characteristics of the various fleets. The VPA is tuned to CPUE series for five fleets (two operating in Argentine waters and three in the FICZ), including the Polish fleets which are no-

longer active. A further index is potentially available from the annual joint UK-Argentine acoustic survey but, to date, this has not been used in UK assessments.

These assessments suggest that the SSB declined rapidly from around 1,600,000 t in 1979 to around 450,000 t in 1987, but recovered to about half of its virgin level in the late 1980s and early 1990s only to decline again after 1992 (Figs 14, 15). This decline appears to have been arrested in recent years and projections suggest that tight catch controls (55,000 t per year) should allow moderate recovery in the next few years. The large increase in stock size in the late 1980s appears to have been a result of two or three large cohorts which recruited at during this period.

Discussion

Although catches are reported around the Falkland Islands for each month of the year, *M. a. australis* is clearly a highly migratory species. The eastward migration which culminates in the formation of spawning aggregations to the south of the Islands in the austral spring is well documented. After this time, catches occur mainly to the northeast and south west of the islands. Catch rates reach a peak during December and January and decline throughout the early months of the year as the animals migrate westwards out of Falklands waters. The mean size of animals sampled around the Islands drops sharply during the austral autumn, suggesting that some smaller animals remain in the area for longer than the larger animals. The fact that catch rates are higher during December and January than at spawning time suggests that post-spawning feeding aggregations are often denser than spawning aggregations, perhaps because they also include smaller fish that do not take part in spawning aggregations. There is also evidence from studies of penguin feeding on the Falkland Islands (Thompson, 1989, 1993) that young *M. a. australis* form part of the diet of inshore-foraging Magellanic and Gentoo penguins in the summer. These penguins, from colonies in the west and north of the Islands, had eaten fish of standard length 5-10 cm (i.e. aged 0+ fish) (Clausen, pers comm), which were presumably spawned the previous September. Whether these young fish remain in the area throughout the year is currently unknown.

One potential source of information which could be used for tuning the VPA is the acoustic survey data. Madirolas et al (1997) and Madirolas (1999) have presented the results of these surveys for the years 1994, 1995 and 1996. These surveys take place in September-October, between the Falkland Islands and Staten Island, so that they cover both the spawning areas and the supposed migration pathway between the SW Patagonian shelf to the Falkland Islands. They obtained estimates of 84,801 t, 140,953 t and 91,405 t for 1994, 1995 and 1996 respectively. These, and more recent estimates, are obviously far below the approximately 500,000 t of spawning stock biomass estimated by the VPA.

There are a number of possible explanations for the lack of agreement between the acoustic surveys. There could be difficulties actually associated with the acoustic method, but since this has been examined in some depth by Madirolas et al (1999) this is probably unlikely. The most likely explanation is that the full stock is not consistently in the survey area at the time of the survey. As previously noted, *M. a. australis* is a batch spawner with determinate fecundity (McWilliams, 1997; Macchi

& Pajaro, 1999). While September is usually the month of peak spawning around the islands, there is some inter-annual variability in the timing of spawning migrations and evidence of late developing animals late in the year which might indicate serial spawning. Spawning may therefore take place in waves, with animals moving through the spawning ground throughout the spawning season. A snapshot survey would therefore not see all the stock. Furthermore, the surveys have usually taken place between mid-September to mid-October. It could be that the fish are dispersing rapidly at this post-spawning time, and are to be found both north of the Falkland Islands and perhaps to the south, over Burdwood Bank. This would be another reason for the survey to have only surveyed part of the stock. A further reason might be that not all mature animals spawn each year, although there is little evidence for this.

Acknowledgements

We thank all FIFD observers past and present for their efforts in collecting data. We also acknowledge the otolith ageing work carried out by MIR Sea Fisheries Research Institute, Gdynia.

References

- Agnew, D. J. Critical aspects of the Falkland Islands pelagic ecosystem: distribution, spawning and migration of pelagic animals in relation to oil exploration. *Mar. Cons.* 000-000 (in press).
- Barabanov A.V. 1982. Influence of hydrometeorological conditions of the Southwest Atlantic on migrations of southern blue whiting in Scotia Sea. In: Abstracts of the Symposium 'Usage of physical irritants in development of the marine fishery'. VNIRO Press, Moscow, 60-61.
- Barabanov A.V. 1987a. Biological characteristics and distribution of the spawning southern blue whiting in the Southwest Atlantic in relation to ambient oceanographic conditions. In: Fishery resources of the Southern Ocean and problems of their managed utilization. Abstracts of the II All-Union Symposium (22-24 September 1987), AzCherNIRO Press, Kerch, 149-150.
- Barabanov A.V. 1987b. Growth and natural mortality of the southern blue whiting from the Southwest Atlantic. In: Fishery resources of the Southern Ocean and problems of their managed utilization. Abstracts of the II All-Union Symposium (22-24 September 1987), AzCherNIRO Press, Kerch, 150-152.
- Barabanov A.V., Shnar V.N. Fedoseev A.F. 1984. Species range of southern blue whiting (*Micromesistius australis* Norman) and its relation to water masses of the Southwest Atlantic in summer and autumn. In: Oceanological factors in fishery forecasts. AtlantNIRO Press, Kaliningrad, 55-55-61.
- Barrera-Oro, E. R. & A. P. Tomo. 1988. New information on age and growth in length of *Micromesistius australis*, Norman 1937 (Pisces, Gadidae), in the southeast Atlantic. *Polar Biol.* 8: 341-351.
- Cousseau, MB, Perrotta, RG. 1998. Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca. INIDEP: Mar del Plata, Argentina.

- Ehrlich, MD, Sanchez, RP, de Ciechowski, JD, Machinandiarena, L, Pajaro, M. 1999. Ichthyoplankton composition, distribution and abundance on the southern Patagonian shelf and adjacent waters. In, reproductive habitat, biology and acoustic biomass estimates of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the sea off southern Patagonia, Sanchez, RP (Ed). INIDEP Documento Cientifico 5: 37-65.
- Hart, T.J. 1946. Report on trawling surveys on the Patagonian Continental shelf. *Discovery Report*, 23: 246-250.
- Lisovenko L.A., Barabanov A.V., Efremenko V.N. Some new data of reproduction of the southern blue whiting *Micromesistius australis* Norman (Gadidae) from the falkland-Patagonian zoogeographical region. *Voprosy Ichthyologii*, 22, 588-598.
- Macchi, GJ, Pajaro, M. 1999. Features of the reproductive biology of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). In, reproductive habitat, biology and acoustic biomass estimates of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the sea off southern Patagonia, Sanchez, RP (Ed). INIDEP Documento Cientifico 5: 67-79
- Madirolas, A, R. Guerrero, R. P. Snachez, L. B. Prenski, M. Sabatini, M. Pajaro and L. Machinandiarena, 1997. Acoustic, oceanographic and ichthyoplankton surveys on the spawning grounds of the austral blue whiting (*Micromesistius australis*), off Southern Patagonia 1994-1996. ICES CM 1997/Y:26.
- Madirolas, A. 1999. Acoustic surveys on the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). INIDEP Doc. Cient. 5: 81-93
- McWilliams, S. A report concerning the fecundity of Southern Blue Whiting caught in the waters surrounding the Falkland Islands. FIFD, 1997.
- Merret H.R. 1963. Pelagic gadoides fish in the Antarctic. *Norsk Hvalfanstidende*, 9: 245-247.
- Mikheev, B.I. 1965. On biology and fishery of some fish on the Patagonian Shelf and Scotia Sea. In: Antarctic krill. AtlantNIRO Press, Kaliningrad, 78-84.
- Norman, J.R. 1937. Coast fishes. Part II. Patagonian region. *Discovery Rep.*, 16, 150 p.
- Perrotta, RG. 1982. Distribución y estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). *Rev. Invest. Des. Pesq.* 3: 35-50.
- Prosvirov, E.S., Vasiliev G.D. New fishery regions in the Southwest Atlantic. AtlantNIRO Press, Kaliningrad, 165 p.
- Sabatini, M, Alvarez Colombo, GL, Ramirez, F. 1999. Zooplankton biomass in the reproductive area of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). In, reproductive habitat, biology and acoustic biomass estimates of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the sea off southern Patagonia, Sanchez, RP (Ed). INIDEP Documento Cientifico 5: 23-35.
- Sanchez, PR, Ciechowski, JD de. 1995. Spawning and nursery grounds of pelagic fish species in the sea-shelf off Argentina and adjacent areas. *Sci. Mar.* 59: 455-478.

- Shubnikov, D.A., Permitin Yu.E and Voznyak, S.P. 1969. Biology of the pelagic gadoid fish *Micromesistius australis* Norman. *Trudy VNIRO*, 66: 299-306.
- Shust K.V. 1971. On the population structure of the southern blue whiting in the Southwest Atlantic. *Trudy VNIRO*, 86: 82-93.
- Shust K.V. 1978. On distribution and biology of species of the genus *Micromesistius* (Gadidae). *Voprosy Ichthyologii*, 18: 541-543.
- Thomson, K. 1989. An assessment of the potential for competition between seabirds and penguins. FISMP Report #1, 1989.
- Thompson, KR. 1993. Variation in Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* diet in the Falkland Islands. *Mar. Ornithol.* 21: 57-67.

Table 1. The scale used by FIFD observers to classify the reproductive state of finfish.

Reproductive state	Description
I	Immature
II	Mature resting
III	Early Developing
IV	Late Developing
V	Ripe
VI	Running
VII	Spent
VIII	Recovering spent

Table 3. Percentage of *M. a. australis* in reported catches, and as a proportion of the total reported catch by licence type for the period 1987 to 2000 inclusive and for the calendar year 2000.

Licence type	% in catch	% of total catch
General finfish	16%	18%
General finfish + Hake	21%	8%
General finfish + Illex	4%	2%
Surimi	91%	72%
Others	<0.01%	0%

Table 4. Total Falkland catches of *M. a. australis* by split year.

Split year	Catch
1986	214
1987	48,814
1988	47,490
1989	44,698
1990	81,201
1991	52,672
1992	28,797
1993	30,741
1994	38,399
1995	35,963
1996	27,610
1997	32,796
1998	30,490
1999	22,706
2000	27,085

Table 2 Parameter values, R^2 and significance for various standard functions fitted to *M. a. australis* data. Sample size, N , the probability, P , associated with the relationship and the probability, $P_{M=F}$, that the relationship for females is the same as that for males are also given.

Relationship Function	Sex	Parameter values (\pm SE)			N	R^2	P	$P_{M=F}$
		a	b	c				
weight (g) at Weight= $a(\text{length})^b$	F	0.005 (\pm 0.12)	3.057 (\pm 0.03)		3967	0.93	<0.001	
length (cm)	M	0.008 (\pm 0.10)	2.943 (\pm 0.02)		3913	0.92	<0.001	<0.001
length (cm) Length= $a(1-e^{-b(\text{age}-c)})$	F	58.445 (\pm 0.001)	0.220 (\pm 0.003)	-0.953 (\pm 0.039)	3422	0.84	<0.001	
at age (yr)	M	54.952 (\pm 0.001)	0.229 (\pm 0.003)	-1.158 (\pm 0.041)	3259	0.84	<0.001	<0.001
proportion mature at	F	-2.76	-6.00		3362	0.99	<0.001	
age (yr)	M	-2.85	-7.12		3256	0.99	<0.001	<0.001
proportion mature at	F	-55.99	-16.60		1242	0.99	<0.001	
length (m)	M	-52.85	-16.39		1329	0.99	<0.001	<0.001

Figure 1. Frequency distribution of observed catches by proportion female. The midpoint for each class is shown.

Figure 2. Percentage of females (top) and males (middle) at each maturity stage by month. Total sample size is shown in parentheses. Sex ratio and the number of observed stations (for general finfish and hake licenced vessels) are also shown (bottom).

Figure 3. Frequency distribution of mean *M. a. australis* length in observed catches.

Figure 4. Length-frequency plot for three periods (Spawning: August to October, Post-Spawning: November to March and Autumn: April and May) grouped by split-year (the period from August of the label year to July of the following year).

Figure 5. Length-frequency plot for female *M. a. australis* in the month in the spawning season and for all other months, grouped by split-year.

Figure 6. Length-frequency plot for male *M. a. australis* in the month in the spawning season and for all other months, grouped by split-year.

Figure 7. Monthly distribution of *M. a. australis* from data collected by Fisheries Department observers, from 1988 to 2000. The locations of observed trawls without *M. a. australis* of the appropriate category are shown as grey crosses. Filled circles mark the position of trawls containing *M. a. australis*; circle diameter is proportional to the logarithm of catch per unit effort (calculated as kg/hr).

Figure 8. Age versus length for male and female *M. a. australis* with fitted von Bertalanffy curves.

Figure 9. Percentage of male and female *M. a. australis* at reproductive state 2 or above by age and length, with fitted logistic curves.

Figure 10. Total catch by selected fleets.

Figure 11. Distribution of effort by month grouped by licence type and whether (T) or not (N) the vessel was targetting *M. a. australis* (defined as having >40% *M. a. australis* in the catch).

1

Figure 12. CPUE by month for surimi vessels and smaller vessels which were targetting (T) and not-targetting (N) *M. a. australis*.

Figure 13. Frequency distribution of proportion of *M. a. australis* in catches where this proportion is >10% and <90%.

Figure 14. Estimated spawning stock biomass of *M. a. australis*, with 95% confidence intervals resulting from a recent VPA assessment. Total catch for the southwest Atlantic are also shown.

Figure 15. VPA using latest catch series and tuning indices. This VPA excludes Argentine catch at age data for 1997 and 2000 and uses original UK selectivity vector. a). Agreement of tuning fleet with SSB. b). Retrospective VPAs for years 1996 - 2000. c). The average F for ages 8 to 20 over years 1996 - 2000, and d). Number of recruits at age 3 for years 1996 - 2000.

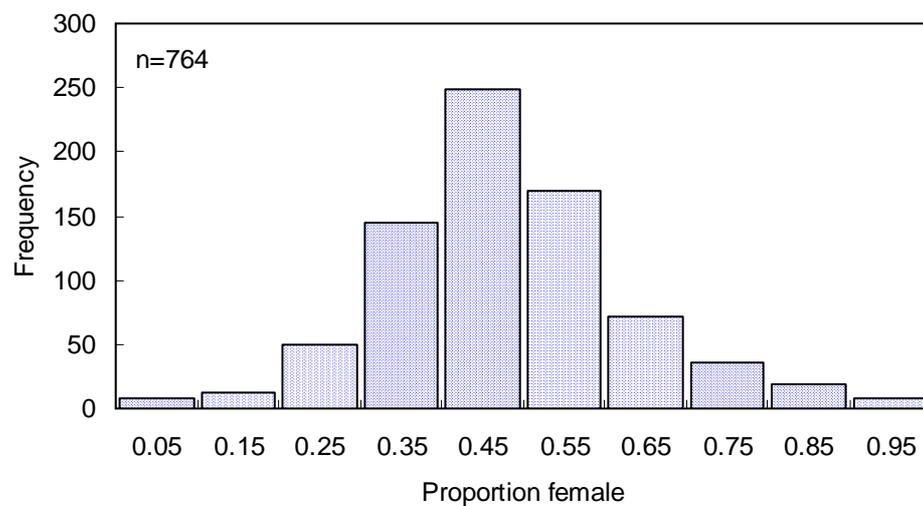


Figure 1

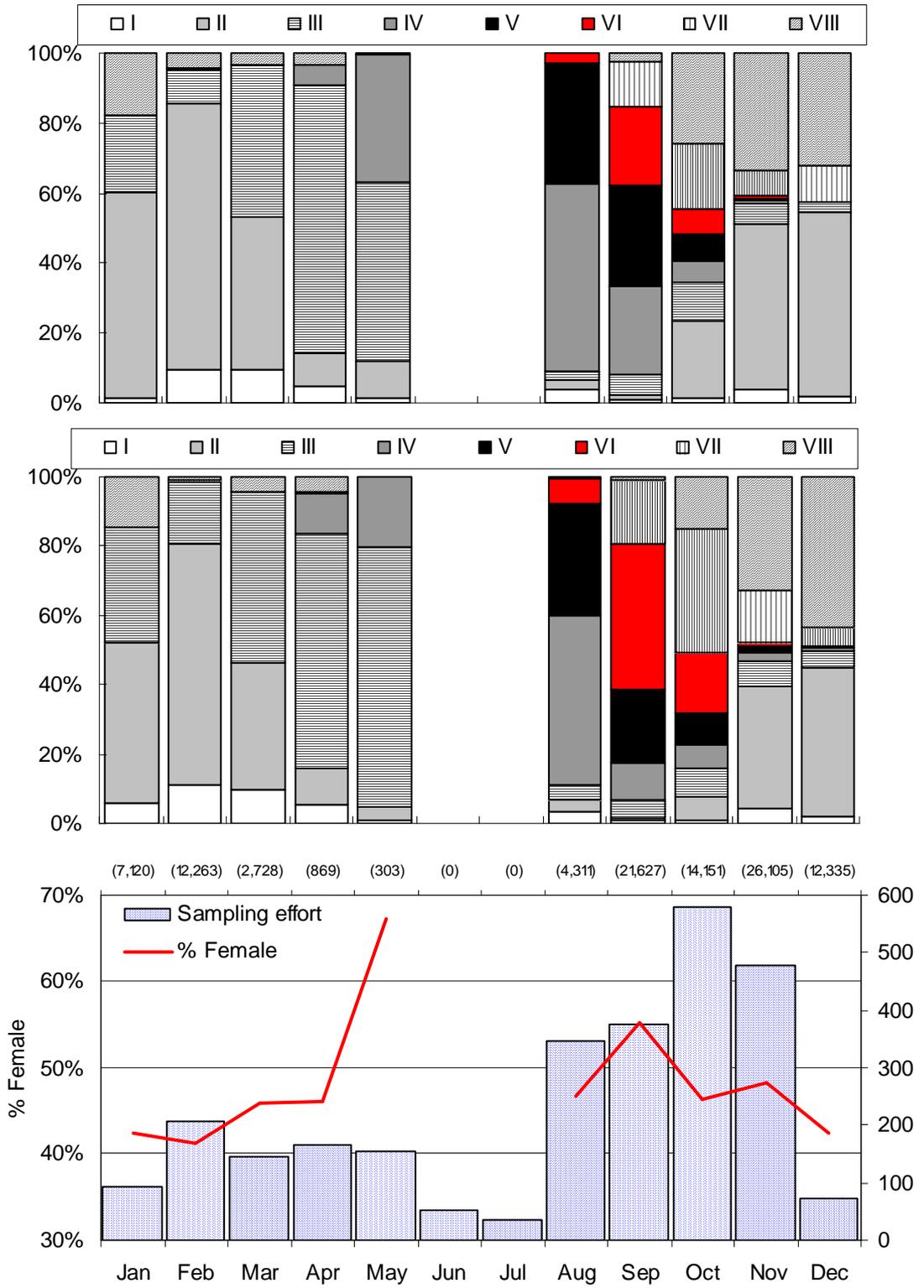


Figure 2

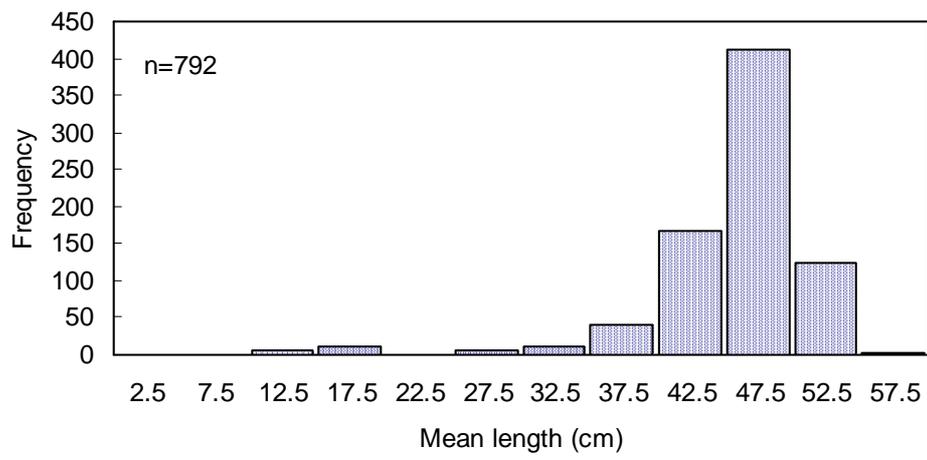


Figure 3

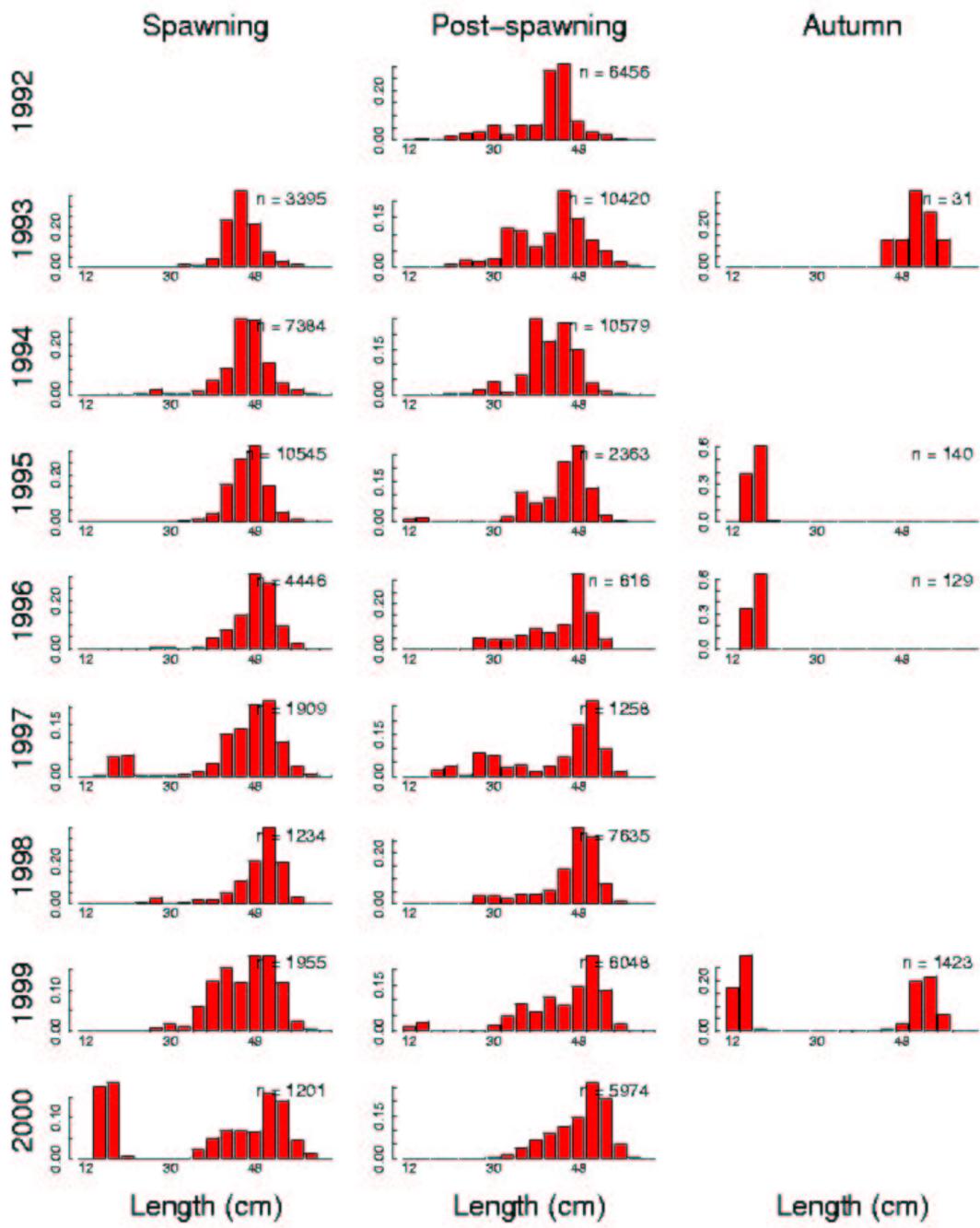


Figure 4

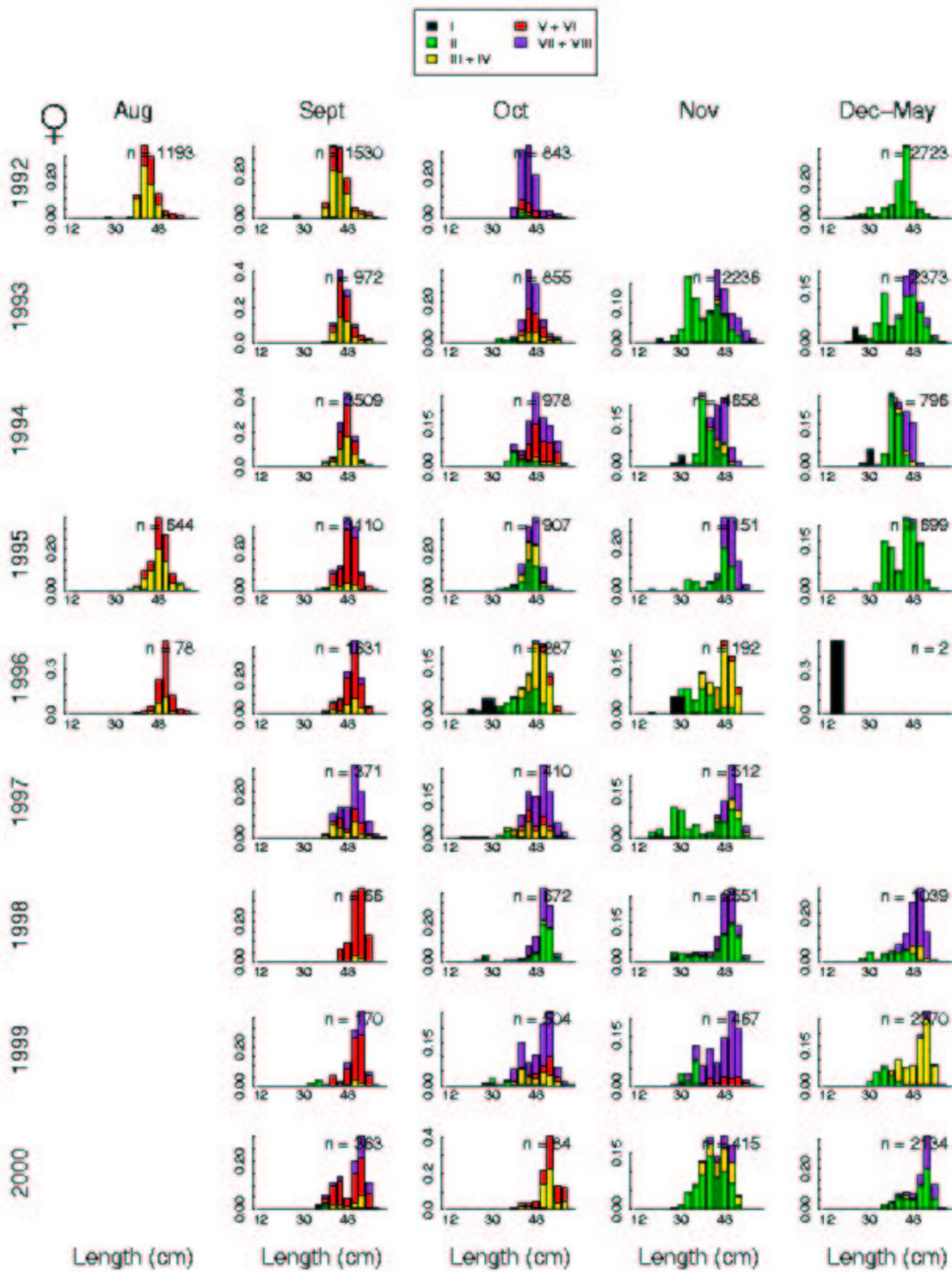


Figure 5

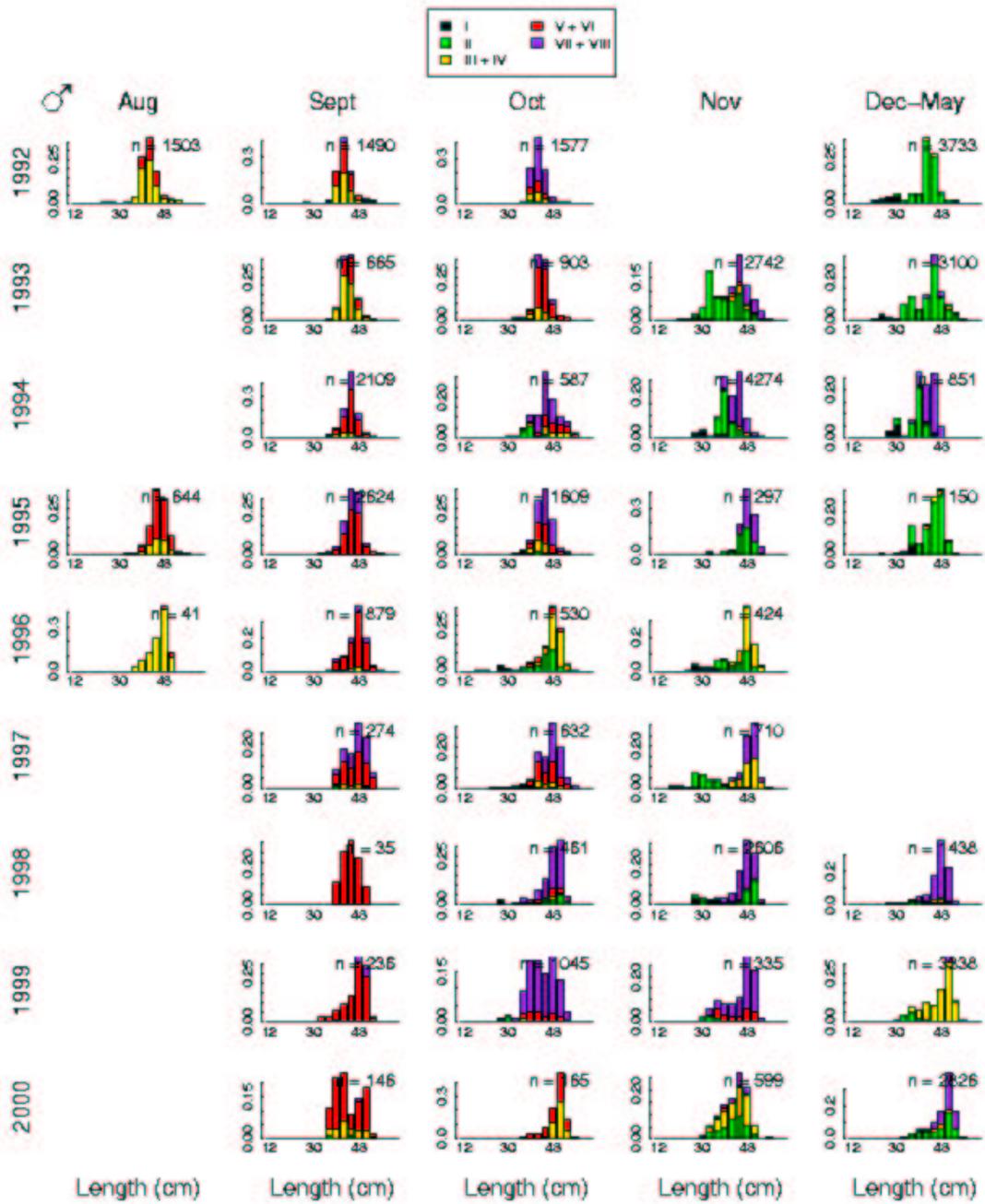


Figure 6

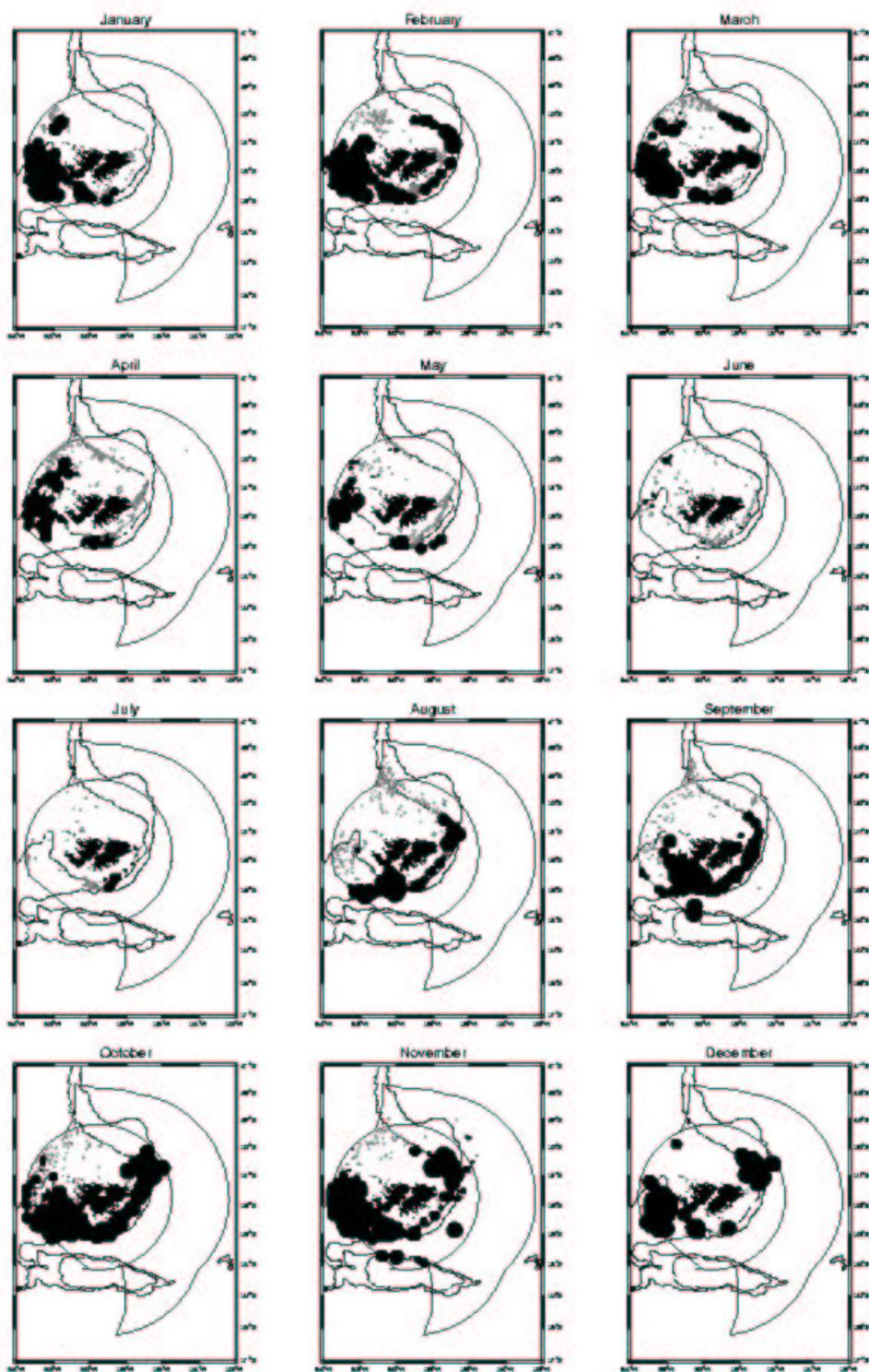


Figure 7

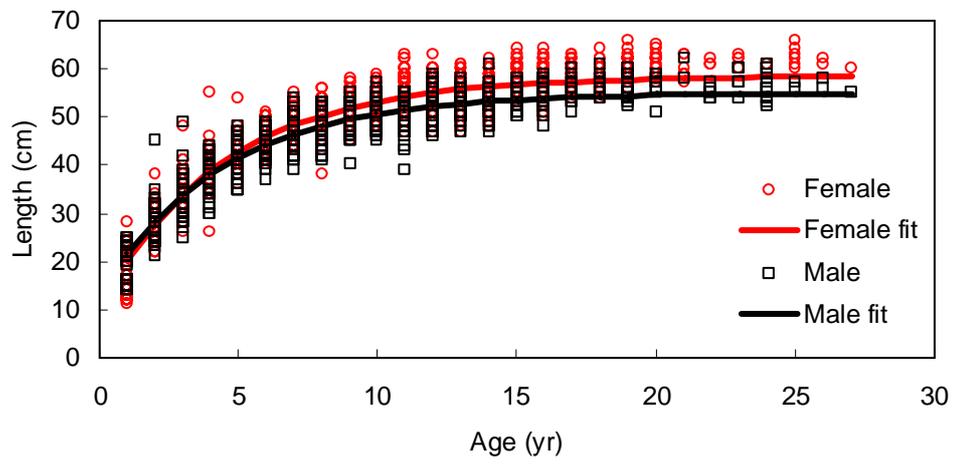


Figure 8

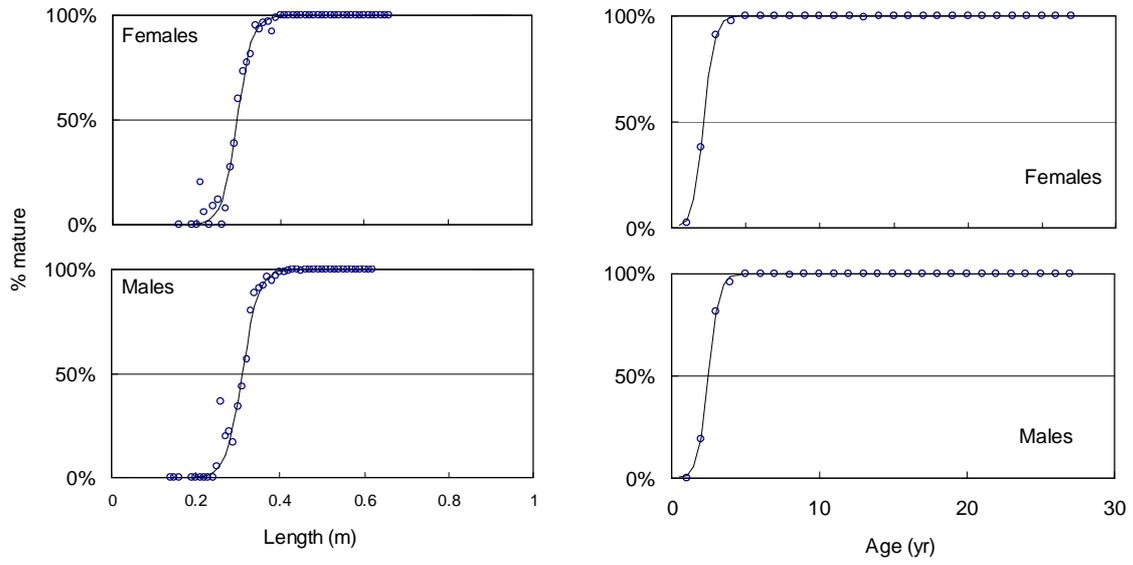


Figure 9

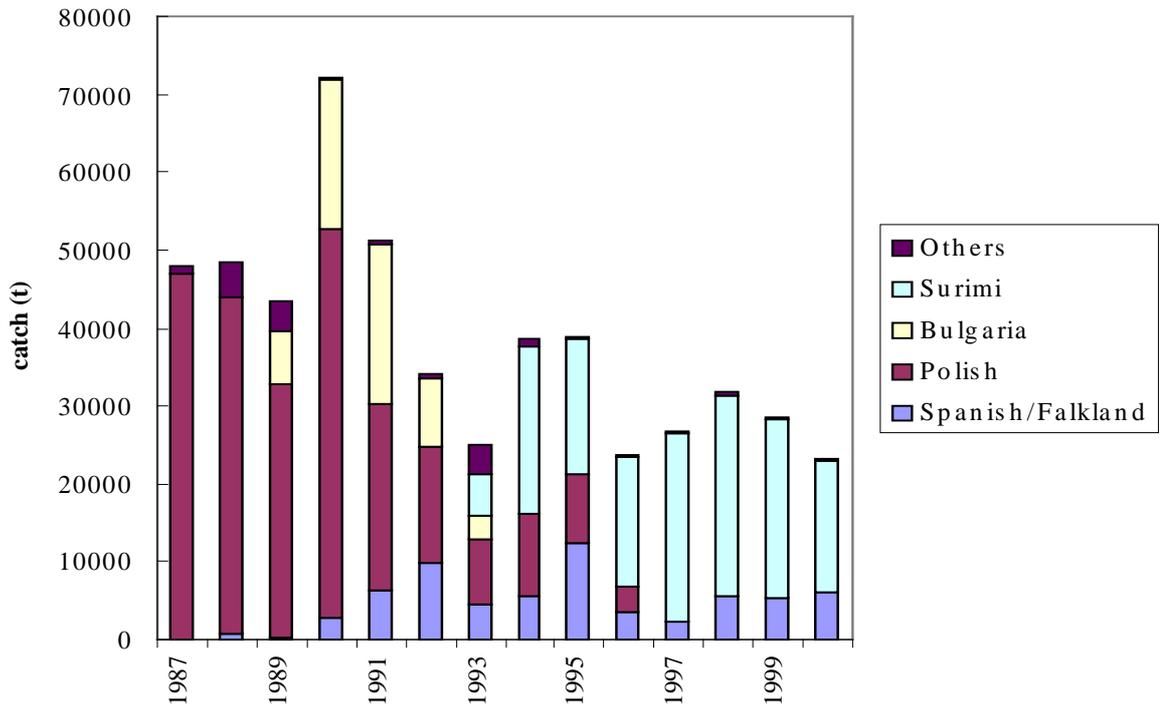


Figure 10

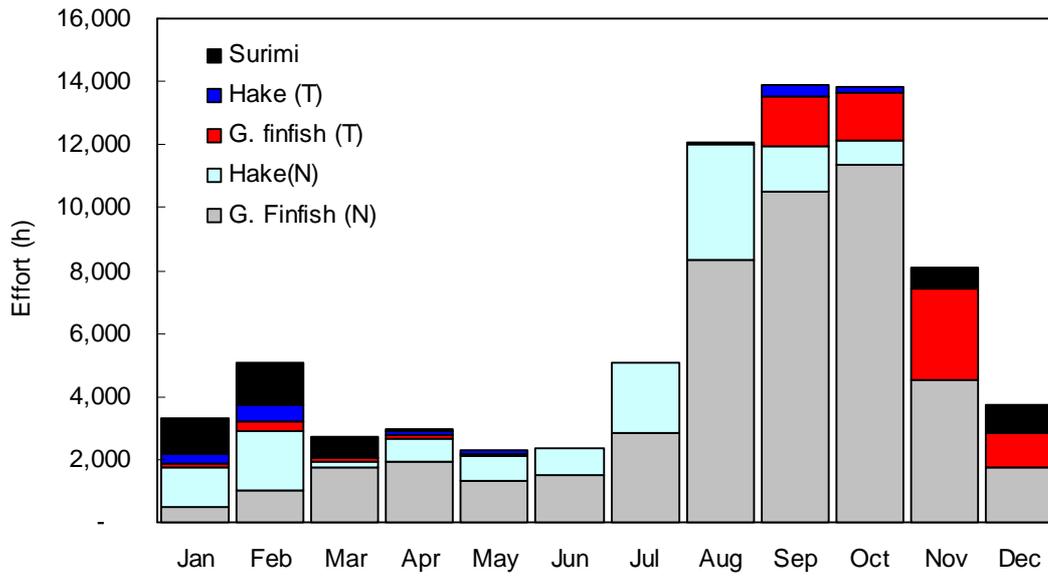


Figure 11

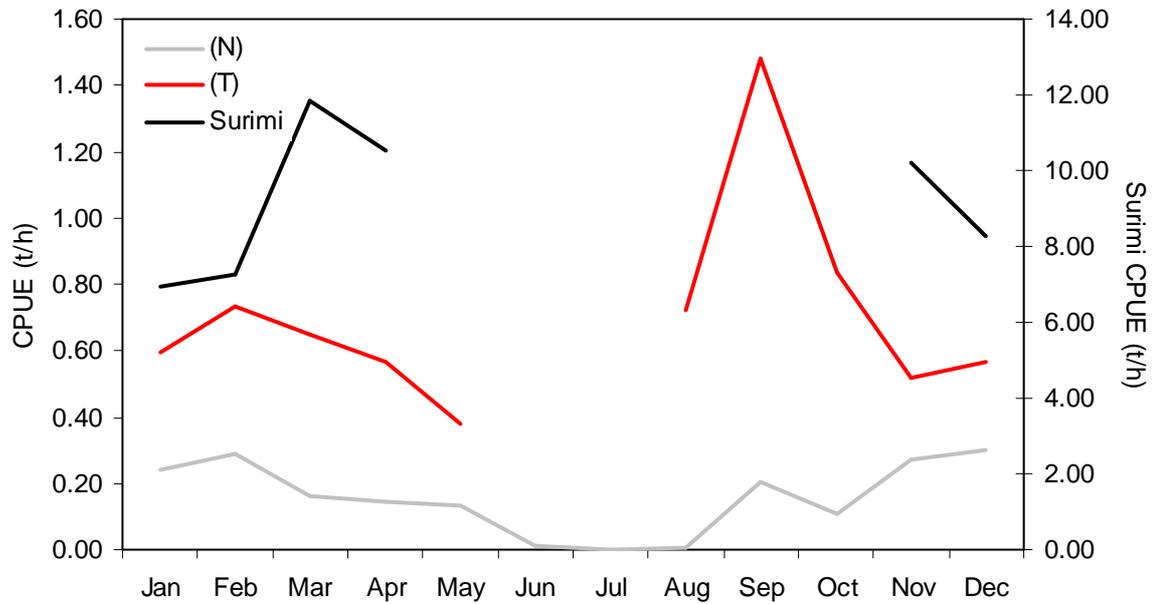


Figure 12

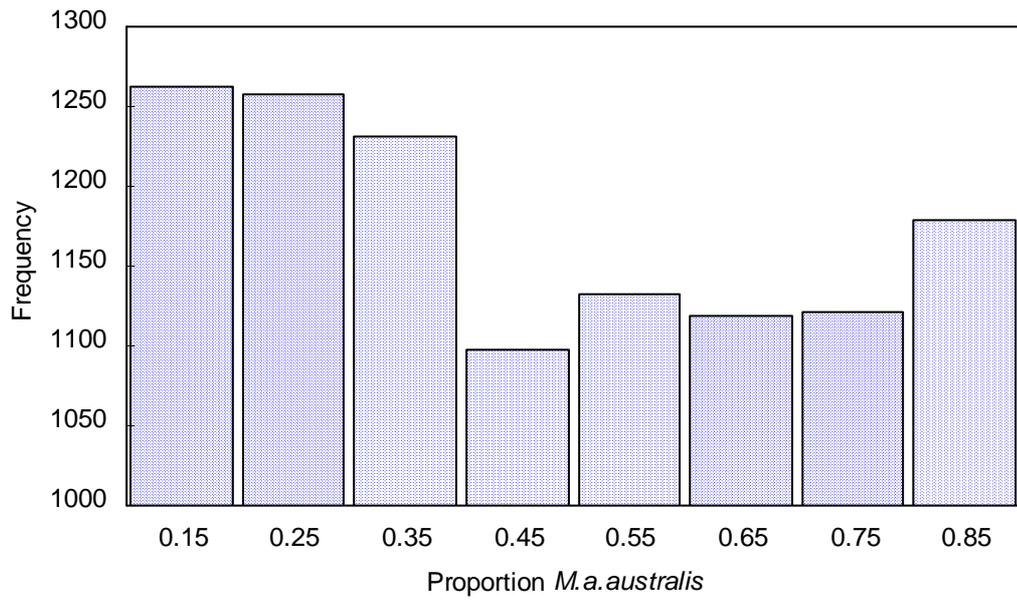


Figure13

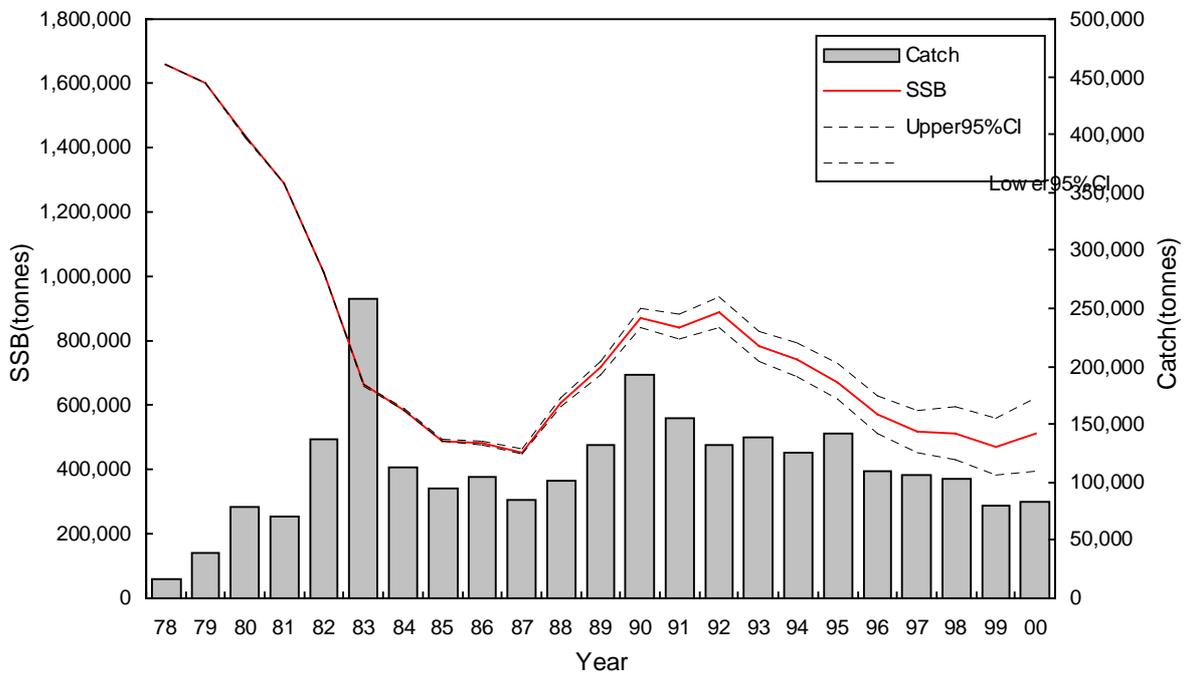


Figure 14

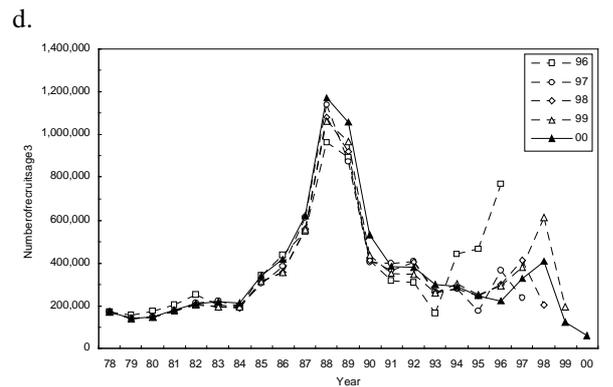
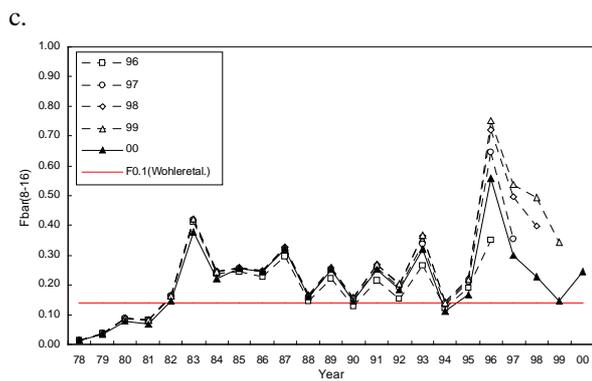
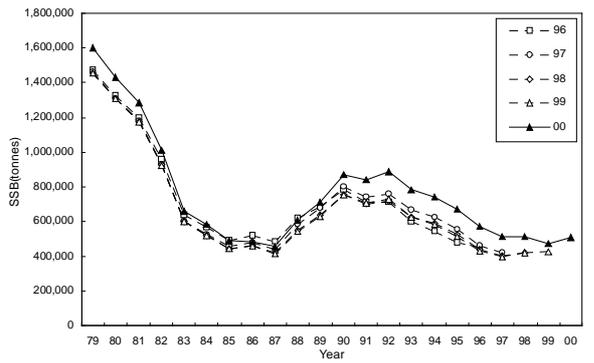
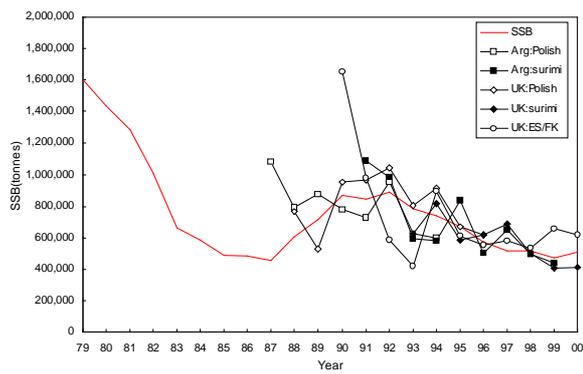


Figure15.

TALLER INTERNACIONAL

EVALUACION DE STOCK DE MERLUZA DE COLA Y MERLUZA DE TRES ALETAS

TEMA DESARROLLADO:

LA POLACA O MERLUZA DE TRES ALETAS (*Micromesistius australis*) EN EL MAR ARGENTINO.

Por

Otto C. Wöhler

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). Paseo Victoria Ocampo N° 1. (7600) Mar del Plata. República Argentina.

INTRODUCCIÓN

El presente informe incluye los contenidos de las presentaciones realizadas en el *Taller Internacional de Evaluación de stock de Merluza de cola y Merluza de tres aletas*, organizado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en Villa Alemana, Chile, entre el 3 y el 7 de julio de 2001. La mayor parte de la información aquí presentada ha sido extractada de los análisis realizados por Wöhler *et al.*, (2000 a) y Wöhler *et al.*, (en prensa), a la que se ha incorporado el resultado de estudios recientes llevados a cabo en el marco del Proyecto de Evaluación de Peces Demersales Australes del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), con sede en Mar del Plata, Argentina.

La polaca o merluza de tres aletas (*Micromesistius australis* Norman, 1937) puede ser considerada como una especie de hábitos demersal-pelágicos cuya distribución está estrechamente ligada a la presencia de aguas de origen subantártico. Su nombre común en Argentina deriva posiblemente de la deformación del término “*pollock*” el cual se utiliza para denominar a una especie de similares características que se distribuye en el hemisferio norte.

La polaca constituye un recurso pesquero de gran importancia para la Argentina. Durante la mayor parte de la década del 90 fue la segunda especie íctica en cuanto al volumen de las

capturas y el cuarto recurso pesquero en función del valor de las exportaciones. También es importante para las flotas que desarrollan sus actividades en el área de las Islas Malvinas.

No es un pez apto para el consumo humano directo, debido fundamentalmente al elevado índice de parasitismo por mixosporidios que presenta su musculatura (Lupín y Soulé, 1976; Sardella, 1988). El principal producto que se obtiene es una pasta de pescado procesada denominada “surimi”, de alto valor agregado, y que sirve como materia prima base para la elaboración de un gran número de alimentos. Las exportaciones de dicho producto por parte de Argentina han oscilado entre 43 y 67 millones de dólares en la última década, siendo el principal país comprador el Japón, con cerca del 80% del valor comercializado.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Distribución geográfica y movimientos migratorios

La especie se distribuye a ambos lados del extremo austral de Sudamérica y en el Mar de Scotia, alrededor de las islas Georgias, Shetland y Orcadas del Sur (Merrett, 1963; Mikheyev, 1967; Shubnikov *et al.*, 1969; Shust, 1971; Sosinski y Skóra, 1984; Kock *et al.*, 1985; Chiu y Markle, 1990; Cousseau, 1993; Gordon-Miller, 1993). También está presente en áreas de plataforma al sur de Nueva Zelanda, hasta las Islas Campbell y Auckland (Bailey, 1982). Aunque aparentemente estos dos núcleos de distribución permanecerían aislados, Shpack (1975) mencionó la existencia de la especie en un área intermedia del Pacífico sur, el Mar de Bellingshausen.

En el Atlántico la polaca se encuentra presente entre los 37° y 47° S en la zona del talud, y entre los 47° y 56° S sobre talud y plataforma (Otero, 1976; Otero *et al.*, 1982; Perrotta, 1982), a profundidades desde los 100 m hasta alrededor de los 800 m (Wöhler, 1987; Madirolas, 1999) (Figura 1). El extremo norte de la distribución varía considerablemente con la época del año, y se relaciona a una mayor o menor influencia de las aguas de origen subantártico de la corriente de Malvinas. Así, durante el invierno y sobre el talud continental la especie llega hasta los 37°S, mientras que durante el verano el límite norte parece ubicarse alrededor de los 42°S (Perrotta, 1982). En el Pacífico el extremo norte de su distribución se ubica en los 42°30'S, extendiéndose hacia el sur hasta rodear la isla de Tierra del Fuego (Avilés y Aguayo, 1979). Las profundidades reportadas en esta área son similares a las del Atlántico, entre 130 y 800 m (Lillo *et al.*, 1994).

La especie presenta una marcada tendencia a permanecer agrupada en cardúmenes cuyo tamaño, densidad y posición en la columna de agua es variable, aunque por lo general se ubican en zonas próximas al borde de la plataforma e inicio del talud (Madirolas, 1999). Su movilidad es considerable, tanto en sentido horizontal como vertical. Los cardúmenes suelen realizar migraciones verticales diurnas, ascendiendo y dispersándose en mayor medida durante las horas nocturnas y concentrándose durante el día en áreas de mayor profundidad.

Las primeras menciones acerca de los movimientos migratorios de la polaca que habita en el Atlántico Sudoccidental corresponden a Shubnikov *et al.* (1969), quienes describieron un

desplazamiento anual que incluiría las aguas de plataforma, desde cercanías de las Islas Malvinas, cuando el efectivo se concentra con fines reproductivos (setiembre-octubre), hacia el sector oceánico comprendido por el Mar de Scotia. El movimiento de los cardúmenes dirigido hacia el sur ocurriría durante los meses estivales y tendría por finalidad la alimentación sobre las altas concentraciones de krill presentes en el área. También señalaron una migración reproductiva hacia el norte, retornando a la plataforma patagónica y el área de Malvinas, que se iniciaría hacia fines del verano (marzo). Perrotta (1982) en base a la información de los investigadores rusos, señaló también que la migración tiene lugar hacia el mar de Scotia, deduciendo sobre la base de la estructura de edades que parte de la población de la Patagonia llega hasta las Islas Georgias del Sur y Orcadas del sur al este, y hasta las Shetland del Sur en el oeste. En tal sentido, Shust (1971) sostuvo también la existencia de esa migración, basado en la coincidencia de los caracteres merísticos de los peces provenientes de dicha zona y de los presentes en la plataforma argentina. Por el contrario, Madirolas *et al.* (1997) señalaron que las migraciones anuales de la polaca son más complejas y que aún no han sido bien establecidas. Al respecto, indicaron que podrían ser el resultado de diferentes unidades poblacionales que habitan parcialmente en la misma área. En el Atlántico, describieron un circuito migratorio que incluye grandes cardúmenes de la especie, provenientes del sur o bien del oeste, que se desplazarían hacia el área de reproducción al sur de Malvinas, a través del canal formado por la Isla de los Estados y el Banco Burdwood. A partir de esa información, así como de observaciones propias, Lillo (1999) planteó una hipótesis de migración que incluye tanto al efectivo del Pacífico Sudoriental como a la población presente en el Atlántico. Propuso un circuito que incluiría la mezcla de los dos grupos poblacionales en el Mar de Scotia durante el verano, y un retorno hacia las áreas de puesta que comenzaría a principios del otoño y que culminaría en el período reproductivo (agosto-setiembre) a ambos lados del extremo austral de Sudamérica (Figura 2). Fundamentando esta idea, indicó la presencia de un fuerte pulso migratorio de carácter estacional de la polaca en las costas de Chile, que comienza con el ingreso de ejemplares adultos desde el sureste hacia el mes de junio, y un paulatino ascenso hacia el área de reproducción localizada en cercanías del Golfo de Penas (47°-51°S), donde se concentra fundamentalmente durante el mes de agosto. A partir de ese momento comienzan a desplazarse hacia el sur, para abandonar el Pacífico suroriental a mediados de noviembre, aparentemente con dirección sur-este, siguiendo el recorrido del talud continental.

En términos generales, el patrón migratorio de ambos efectivos (Figura 2) sería similar al descrito por Shubnikov *et al.* (1969). Sin embargo, aún persisten algunos interrogantes. Debe mencionarse que mientras en las costas chilenas se produce un desplazamiento estacional muy marcado, en el Atlántico una fracción considerable del *stock* permanece todo el año en cercanías del área de puesta, en un sector que abarca desde el noreste de las Malvinas hasta el sur de la Isla de los Estados, donde es objeto de extracción por parte de las flotas de Argentina y de la que opera con base en Malvinas. Se desconoce el grado de mezcla que podría existir entre ambos efectivos, y el aporte que cada uno de ellos hace a las capturas totales declaradas en el área. También debería establecerse si efectivamente la presencia de la polaca en los sectores más alejados del mar de Scotia obedece al movimiento de los cardúmenes desde las zonas meridionales o corresponde a núcleos poblacionales independientes.

Reproducción

El período de reproducción de la especie en el Atlántico Sudoccidental es relativamente corto. De acuerdo a estudios histológicos realizados para determinar el ciclo reproductivo de la polaca se ha podido comprobar que se trata de un desovante parcial, cuya época de puesta abarca desde fines de julio hasta principios de noviembre, y alcanza el máximo durante los meses de agosto a octubre al sur de las Islas Malvinas. (Lisovenko *et al.*, 1982; Sánchez *et al.*, 1986, Sánchez y Ciechowski, 1995; Trella, 1998; Macchi y Pájaro, 1999) (Figura 1). La fecha de nacimiento estimada sobre la base de la lectura de anillos diarios en otolitos de juveniles permitió suponer que la eclosión ocurriría entre setiembre y noviembre (Cassia y Morioka, 1998). Madirolas *et al.* (1997) han señalado una contracción actual del área reproductiva, y Ehrlich *et al.* (1999), una menor densidad de huevos respecto de estudios anteriores. Estas disminuciones estarían relacionadas a una menor abundancia de la fracción reproductiva de la población (Hansen *et al.*, 1999). Según Fedulov *et al.* (1990), la disminución de la extensión del área de puesta y la migración reproductiva de la polaca estarían relacionadas a una reducción de la intensidad del brazo occidental de la corriente de Malvinas.

La época de reproducción en el Pacífico sudoriental, aunque más acotada, es similar a la descrita para el Atlántico (Avilés y Aguayo, 1979; Lillo, 1999). En este caso, el efectivo reproductor se concentra principalmente durante el mes de agosto en una estrecha franja asociada al inicio del talud desde el sur del Golfo de Penas (47°S) hasta los 51°S (Figura 1). De acuerdo a la diferente localización de las áreas de puesta conocidas hasta el presente, y atendiendo a la superposición temporal de las mismas, existirían al menos dos poblaciones de *Micromesistius australis* en las costas sudamericanas: la población del Atlántico y la del Pacífico. Recientemente Scarlato *et al.* (2001) han indicado la existencia de actividad reproductiva de la especie en aguas del talud continental al norte de las Islas Malvinas, entre 41 y 48°S, desconociéndose si los peces que allí desovan constituyen una población independiente o podrían provenir de la continuación hacia el norte del área de reproducción de Malvinas.

Los relevamientos de ictioplancton realizados por Weiss (1974), Ciechowski *et al.* (1981), Ciechowski y Booman (1981), Lisovenko *et al.* (1982), Cassia y Booman (1985) y Erlich *et al.* (1999) permitieron corroborar y completar la información acerca del área y período reproductivo de esta especie en el Océano Atlántico. Los huevos han sido encontrados en varias oportunidades en el plancton alrededor de las Islas Malvinas, mientras que las larvas y postlarvas se distribuyeron sobre la plataforma patagónica y talud adyacente desde los 49° hasta los 55°S (Figura 3).

Las mayores concentraciones de juveniles se encuentran entre los 48° y 54° S, al oeste de las Islas Malvinas, zona que se considera como el área de crianza en el Atlántico (Perrotta, 1982; Cassia y Prenski, 1993).

La fecundidad de la polaca presente en el Atlántico ha sido estimada por Lisovenko *et al.* (1982), Sánchez *et al.* (1986), Trella (1998) (Figura 4). En el primer caso se obtuvieron valores más pequeños debido a que se trabajó con ejemplares mayores de 50 cm LT que probablemente se

encontraban parcialmente desovados (Sánchez *et al.*, 1986). Macchi y Pájaro (1999) y Pájaro y Macchi (2001) han reportado un valor de fecundidad promedio de 478 mil ovocitos para una hembra de 51 cm LT, y una fecundidad relativa promedio de 706 ovocitos por gramo de hembra, cifras cercanas a las indicadas por los autores antes citados.

Edad y crecimiento

Es una especie relativamente longeva. La edad máxima determinada contando los anillos de crecimiento en los otolitos ha sido de 30 años (Zukowski y Liwoch, 1977). Esta observación correspondió a los inicios de la explotación en el Atlántico, cuando la población aún podía considerarse como virgen. Estimaciones posteriores no evidenciaron la presencia de ejemplares de más de 25 años (Barrera Oro y Tomo, 1988; Liwoch, 1990). Actualmente, en la plataforma patagónica argentina, se ha señalado una longevidad de 23 años y tallas máximas de alrededor de 58 cm para machos y 64 cm para hembras (Cassia, 1996; 1998; 1999a).

El crecimiento es relativamente rápido hasta alcanzar la talla de primera madurez sexual, que representa alrededor del 60% de la longitud teórica máxima (Cassia, 1996). Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, estimados por la misma autora, indican un crecimiento diferencial respecto del sexo, siendo las hembras las que alcanzan mayores tallas. El dimorfismo sexual en el crecimiento de la polaca ya había sido reportado por Shubnikov *et al.* (1969), Lisovenko *et al.* (1982), Barrera Oro y Tomo (1988) y Liwoch (1990). En la Tabla 1 se indican los parámetros de crecimiento estimados por distintos autores. Existen coincidencias respecto de la edad y el crecimiento de la población que habita en el Pacífico sudoriental (Payá, 1997, Ojeda *et al.*, 1998). Cassia (1999b) encontró también gran similitud de las estimaciones de edad realizadas con material proveniente del área de las Islas Malvinas y de ejemplares capturados en el resto de la plataforma sudpatagónica argentina. Las estimaciones realizadas para Nueva Zelanda (Hanchet y Uozumi, 1996) son diferentes, posiblemente por haberse calculado en función de la longitud de furca y no con la longitud total.

Aplicando el método propuesto por Pannella (1971), Cassia y Morioka (1998) investigaron la formación de los anillos de crecimiento diario en juveniles. De acuerdo a sus resultados, el primer anillo anual se produce cuando los peces miden entre 19 y 24 cm, lo que coincide con las estimaciones hechas mediante retrocálculo por Barrera Oro y Tomo (1988).

Talla y edad de primera maduración sexual

Shubnikov *et al.* (1969), indicó que la edad de maduración de la polaca se producía entre los 3 y 4 años. Posteriormente, Perrotta (1982) estimó la longitud de primera madurez en 34,96 y 35,59 cm para machos y hembras, respectivamente. Lisovenko *et al.* (1982) encontraron que el comienzo de la maduración en el área alrededor de Malvinas ocurría a partir de los 28,5 y 35,5 cm, estando la totalidad de los individuos maduros a partir de los 40,5 y 46,5 cm. Sánchez *et al.*

(1986) han interpretado que los datos presentados por aquellos autores corresponderían a una longitud de primera maduración sexual de 35,5 y 39,5 cm para machos y hembras. Por otra parte, Liwoch (1986), a partir de información procedente de la pesca de la flota de Polonia, estimó la edad de primera madurez en 3,5 y 4,5 años, respectivamente. Sánchez *et al.* (1986), basándose en el análisis histológico de las gónadas de ejemplares procedentes de la plataforma y el talud, estimaron la longitud de primera maduración en 35,4 cm para los machos y en 38,0 cm para las hembras. Trella (1998) indicó que las hembras de polaca se reproducen por primera vez cuando tienen entre 3 y 4 años, cuando han alcanzado una talla de 38-39 cm y una masa corporal de 380-400 g.

Las estimaciones realizadas por Cassia (1999a), con ejemplares provenientes de la plataforma patagónica resultaron en una longitud de primera maduración sexual de 35,5 cm y una edad de 3,3 años para ambos sexos agrupados. Pájaro & Macchi (2001) han indicado una talla de primera madurez de 37,8 cm para las hembras, basándose en estudios histológicos de las gonadas. Balbontín y Lillo (1999) han calculado una talla de primera madurez de 38,4 cm LT para la población del Pacífico. Estos valores señalan una muy temprana maduración sexual, teniendo en cuenta que se trata de una especie considerablemente longeva. Hanchet (1993) ha indicado que la primera maduración sexual de *Micromesistius australis* en Nueva Zelanda se produce también entre los 3 y 4 años de edad.

Alimentación y predadores

La cadena alimentaria de la polaca es típica de los peces carnívoros de aguas subantárticas (niveles 3-4). Es un pez fundamentalmente micrófago, cuyo alimento principal está constituido por crustáceos (cerca de un 90%), siendo los más representados los eufáusidos y los anfípodos, y en menor proporción los copépodos. Siguen en orden de importancia los moluscos (Loligínidos y Omastréfidos) y los peces (Mictófidos y Nototénidos) (López y Bellisio, 1973; Otero, 1976; Perrotta, 1982). Sabatini *et al.* (1999) han mencionado que los requerimientos nutricios de las larvas y los juveniles de polaca en el Atlántico se encontrarían cubiertos por las altas concentraciones de copépodos y eufáusidos disponibles en las áreas de reproducción y cría ubicadas al sur y sudoeste de las Islas Malvinas.

Se ha informado que en ocasiones la polaca, al sur de los 55°S, puede alimentarse principalmente de anfípodos hipéridos (*Themisto gaudichaudii*) y secundariamente de eufáusidos (*Euphausia lucens*) (Wöhler *et al.*, 1999). Dado que la distribución de estas presas en el medio es diferencial, sólo en el 30% de los contenidos estomacales suelen encontrarse juntas. También se ha reportado canibalismo sobre estadios larvales, aunque esta característica parece ser ocasional (Sánchez, datos sin publicar)*. Según Barrera Oro y Tomo (1988), en la Antártida la polaca se alimenta principalmente de krill (*Euphausia superba*).

* Lic. M. Felisa Sánchez. INIDEP. Paseo V. Ocampo N° 1. (7600) Mar del Plata.

Los zooplancteres están presentes en la dieta en todo el rango de longitudes (11-60 cm LT) de la polaca mientras que el resto de los alimentos son consumidos generalmente a partir de los 35 cm (Sánchez, datos sin publicar)*.

Otero (1976) encontró una mayor presencia de eufáusidos con el aumento de la batimetría, constituyéndose este ítem en el alimento exclusivo en las muestras provenientes de las mayores profundidades. Comparando la alimentación de juveniles y adultos el mismo autor señaló que la alta incidencia de eufáusidos en la dieta de los últimos puede estar relacionada con su distribución en aguas más profundas, donde los eufáusidos constituyen el ítem presa más abundante. Respecto de las variaciones estacionales en la dieta, Perrotta (1982) observó una mayor diversidad específica durante la temporada estival, probablemente relacionada con la mayor dispersión que presenta la especie en esa época.

La polaca constituye el alimento principal de otros carnívoros primarios y secundarios como la merluza, la merluza austral y la merluza de cola. Puede considerarse como una especie importante en la cadena trófica de la comunidad íctica en el sector más austral la plataforma patagónica argentina (Malaret, 1986).

EXPLOTACIÓN DEL RECURSO

Captura histórica

La explotación dirigida del recurso comenzó hacia finales de la década del 70, y se caracterizó por un rápido crecimiento de las capturas hasta llegar a un máximo de 258.000 toneladas en el año 1983 (Wöhler *et al.*, 1996). Tal incremento fue provocado por la actividad de flotas extranjeras, entre las que se destacó la de Polonia, que operaron principalmente en el área de Malvinas. Posteriormente se observó un descenso de las capturas, permaneciendo alrededor de las 100.000 t hasta 1989-1990, cuando se produjo un segundo pico, en gran medida producto del ingreso de buques de la URSS y Bulgaria mediante convenios con empresas argentinas, conocidos como "Convenios Marco". La flota bajo licencia argentina comenzó a operar sobre el recurso en 1989, con un pequeño número de embarcaciones destinadas a la fabricación de *surimi* (Wöhler y Marí, 1999). Entre 1993 y 1994 esta flota estuvo integrada por 6 embarcaciones, mientras que durante el 2000 sólo cuatro continuaban operativas, capturando alrededor del 65% de los rendimientos totales reportados para el área, y más de un 90% si se consideran sólo las capturas argentinas. En el área de Malvinas han operado 2 buques surimeros, siendo responsables del 85-95% de las capturas en dicha zona.

La capturas de polaca en el Atlántico Sudoccidental han tenido una tendencia declinante en la presente década. A comienzos de los 90' los volúmenes declarados superaban las 190.000 t, mientras que en 2000 fueron de alrededor de 86.000 t. En la Figura 5 se ha indicado la evolución de las capturas en el período 1978-2000.

Áreas y épocas de pesca

Wöhler *et al.* (en prensa) ha señalado que el área en que operó la flota argentina dirigida a la polaca es relativamente restringida (Figura 6). Si bien las capturas suelen provenir desde el sur de los 45° S hasta los 56° S, sólo se destaca una zona ubicada al este y noreste de la Isla de los Estados, entre 52°S y 55°S y 63°W y 64°W. Dicho sector, y en particular un área pequeña al sudeste de la isla, generó las mayores capturas, y fue el más visitado por la flota de surimeros desde 1992 (Wöhler y Marí, 1999).

La flota que capturó polaca en el área alrededor de las Islas Malvinas lo hizo básicamente en dos zonas de explotación (Figura 6). La primera ubicada al noreste del archipiélago, que es visitada durante casi todo el año, y la segunda al oeste, con una ampliación hacia el sudoeste en el segundo semestre del año, cuando ocurre la reproducción.

Se ha observado cierta estacionalidad en las capturas de polaca (Figura 7). Mientras los mayores rendimientos en cercanías de la Isla de los Estados ocurren entre mayo y junio, en el área de Malvinas las capturas son mínimas. Por el contrario, cuando descienden las capturas de la flota argentina (septiembre–octubre), la extracción en el área de Malvinas se torna más importante. Posiblemente ello se relaciona con las migraciones que efectúa el efectivo reproductor desde el sur de Tierra del Fuego hacia el área de puesta ubicada al sur de Malvinas. Madirolas *et al.* (1997) y Madirolas (1999) han mencionado que cuando se producen las mayores capturas de la flota argentina, la polaca suele concentrarse en densos cardúmenes en áreas próximas al talud sudoriental de la Isla de los Estados en su movimiento migratorio reproductivo.

El principal puerto de operación de la flota argentina que captura polaca es Ushuaia, en la Provincia de Tierra del Fuego, desde donde operan todas las embarcaciones *surimeras*, fundamentalmente por su proximidad a las principales áreas de pesca. En segundo lugar se ubica Puerto Deseado, en la Pcia. de Santa Cruz, donde ocurren cerca de un 10% de los desembarques.

Flota y artes de pesca

La flota argentina que explota a la polaca puede ser dividida básicamente en dos tipos, de acuerdo al procesado a bordo del producto de la pesca (Wöhler y Marí, 1999): Los buques *surimeros* o factoría-*surimeros* elaboran a bordo pasta de pescado para producir *surimi* y los buques congeladores y factorías tradicionales procesan la polaca para obtener “truncos”, que son almacenados congelados.

La flota *surimera* está compuesta por embarcaciones de gran tamaño, todas con eslora mayor a 100 m, y un registro bruto de entre 3000 y 3900 toneladas. La potencia del motor varía entre 4400 y 5900 HP, destacándose sólo una embarcación (Centurión del Atlántico) con 8100 HP. En general se trata de embarcaciones construidas hace más de 20 años. La capacidad de bodega de estos buques supera en promedio los 3000 m³. Los buques factoría son de menores dimensiones que los *surimeros* (Wöhler y Marí, 1999).

La composición específica de las capturas en la pesquería de polaca varía significativamente de acuerdo al tipo de flota considerado. Los buques surimeros tienen como objetivo primario a la especie, aunque su proporción en la captura total ha declinado notoriamente hacia finales de la década del 90 (Figura 8). En dicha flota, la principal especie acompañante es la merluza de cola, también utilizada para la producción de *surimi*, y que representa proporciones de hasta un 40 % del total capturado.

Los buques factoría que obtienen polaca presentan, por el contrario, una marcada diversificación de las capturas. La polaca no es la especie principal, constituyendo sólo cerca de un 15% en peso (Wöhler y Marí, 1999). Mayor importancia han tenido la merluza común (29%), la merluza de cola (28%), la merluza austral (9%), la merluza negra (7%) y el calamar (6%).

Las artes empleadas en la pesquería de polaca son redes de arrastre del tipo pelágico, semipelágico o de fondo. En general, cada embarcación se encuentra equipada con los tres tipos de red, y el empleo de cada una responde a las características del cardumen y su proximidad al fondo, así como de la topografía del mismo. El diseño y las dimensiones de las redes varían entre embarcaciones. Poseen aberturas verticales y horizontales promedio alrededor de 50 x 60 m, habiéndose reportado valores de hasta 50 x 110 m. La longitud de las relingas (superior e inferior) es una de las medidas más fluctuantes, estando comprendidas entre 80 y 254 m. El mallero ha sido registrado en el copo entre 80 y 145 mm y la longitud total de los equipos entre 144 y 700 m.

El tiempo de arrastre en cada lance lo determina generalmente la magnitud de la pesca, pudiendo establecerse un valor promedio de unas 6 hs.

Esfuerzo y CPUE

Las variaciones del esfuerzo en el período se relacionan principalmente con el número de embarcaciones que operaron cada año en la pesquería (Cordo y Wöhler, 1999 y 2000). En 1991 operaban el B/P *Kongo* y el B/P *Yamato*; en 1992 ingresaron los B/P *Centurión del Atlántico*, *Gran Estrella* y *Ohtori*, completándose la flota en 1993 con el ingreso del B/P *Rikuzen*. Ello determinó la tendencia creciente de los primeros años. A comienzos de 1994 se retiró de la pesquería el B/P *Kongo*, lo que produjo la caída del esfuerzo, que luego se mantuvo prácticamente constante en los dos años siguientes hasta que decreció en los dos últimos por el egreso del B/P *Gran Estrella* en 1997 y del B/P *Ohtori* hacia fines de 1998. Posteriormente ingresó el B/P *Tai-An*, a mediados de 1999.

Los rendimientos anuales promedio por embarcación superaron las 17.000 t. Los factorías alcanzaron valores significativamente menores, no sobrepasando en ningún caso las 800 t por barco. Los buques surimeros obtuvieron cerca del 95 % de las capturas argentinas de polaca en el período considerado, alcanzando la flota argentina en su conjunto una singular importancia respecto de las capturas totales en el área, cercana al 70 % de los rendimientos en el período 1991-2000 (Figura 5).

Cordo (2001) ha realizado recientemente un análisis detallado de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de polaca por la flota de surimeros argentinos en el período 1992-2000. Basándose en que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota comercial puede constituir

un índice de abundancia, a condición que el esfuerzo de pesca sea debidamente normalizado, estimó las CPUE anuales estandarizadas. Analizó también el efecto de la selección de datos de capturas de polaca sobre las tendencias de los índices de abundancia obtenidos. De acuerdo con los resultados obtenidos, concluyó que la selección de aquellos viajes dirigidos a la especie como objetivo produciría una falsa estabilidad en las CPUE y por lo tanto una posible subestimación de la declinación del recurso (Figura 9). Este hecho se hace evidente a partir de 1997, cuando la participación de polaca en las capturas de los surimeros comienza a disminuir notoriamente. Antes de ese año, las consecuencias del filtrado de los datos no son significativas porque en esos años la pesquería de polaca era prácticamente monoespecífica.

Otros índices de abundancia de la especie en el Atlántico han evidenciado una tendencia similar, habiéndose calculado con información derivada de campañas de investigación por área barrida y valores de CPUE de otras flotas comerciales que operaron en la plataforma sudpatagónica y en el área de Malvinas (Wöhler, *et al.*, 1998; Cordo y Wöhler, 1999, Wöhler *et al.*, 2000 b) (Figura 10). Si bien no todos los índices derivados de otras flotas comerciales han sido sujetos a un proceso de estandarización, la coincidencia en la tendencia final resulta significativa.

ESTIMACIONES DE LA ABUNDANCIA

Wöhler *et al.*, (en prensa) ha sumariado los antecedentes de las evaluaciones de abundancia de polaca en el Atlántico Sudoccidental. Estas han sido bastante numerosas y por lo general disímiles entre sí pero coincidentes en mostrar una tendencia declinante en el tiempo. La primera de ellas correspondió al crucero de evaluación acústica llevado a cabo en 1973 por el buque "*Profesor Siedlecki*", cuando aún no existía explotación comercial de la especie. En dicha oportunidad, se reportó una biomasa de más de 6,3 millones de toneladas (Anón., 1974). Durante el mismo período, López y Bellisio (1973) estimaron por área barrida una biomasa cercana a los 2,1 millones de toneladas. Posteriores evaluaciones llevadas a cabo por los científicos japoneses y alemanes a partir de la información proveniente de los B/I "*Shinkai Maru*" y "*Walther Herwig*" en el período 1978-1979, indicaron valores de 1,6 y 1,24 millones de toneladas respectivamente (Csirke, 1987). Sin embargo, Prenski *et al.* (1989) recalcularon una biomasa de 2,7 millones de toneladas con datos provenientes de la misma fuente, Otero *et al.* (1981) estimaron un valor de 523000 t y Sánchez *et al.* (1986) calcularon una biomasa para el stock reproductivo de 515000 t, en base a datos de fecundidad y de abundancia de huevos en el plancton. Por otra parte, Otero *et al.* (1982) evaluaron la abundancia del recurso, aunque sin considerar todo el área de su distribución, en 442500 t, basándose en las campañas llevadas a cabo por el BIP argentino "*Dr. E.L. Holmberg*" entre 1981 y 1982.

Las evaluaciones acústicas del efectivo reproductor localizado al sur de las Islas Malvinas, realizadas entre 1994 y 1998, resultaron en valores de biomasa pequeños y variables, entre 85 mil y 265 mil toneladas (Madirolas *et al.*, 1997; Madirolas, 1998).

Las primeras estimaciones realizadas mediante la aplicación de Análisis de Poblaciones Virtuales, o APV, sobre el efectivo de polaca del Atlántico (Csirke, 1987) indicaron una tendencia declinante en la abundancia para el período 1978-1985 desde 2,6 a 1,5 millones de toneladas. Una tendencia similar se evidenció en la biomasa calculada mediante análisis de cohorte y APV separable por Grzebielec y Trella (1992) para el período 1978-1989, esto es, una disminución de dichos valores desde 2,0 a 0,6 millones de toneladas y mediante APV tradicional aplicado por Wöhler *et al.* (1996) en cuyo caso el descenso fue de 2,4 a 1,2 millones de toneladas durante los años 1978-1994. La principal dificultad que presentaron las evaluaciones indirectas hasta ese entonces fue la falta de índices apropiados de la abundancia estimados en forma independiente para el ajuste de los modelos (Cordo y Wöhler, 2000). Sin embargo, la tendencia declinante se ha visto corroborada por las últimas evaluaciones de la abundancia realizadas por modelos dinámicos de la biomasa o por métodos secuenciales de la población, en las que se han empleado índices de calibración. Así, tanto Aubone *et al.* (1996), como Cordo (1997), Wöhler *et al.* (1998), Wöhler *et al.* (2000 b) y Wöhler *et al.* (2001) han señalado tendencias decrecientes de la abundancia. Habrían declinado tanto la biomasa total como la biomasa de reproductores, la primera desde un máximo cercano a 1,4 millones de toneladas en el año 1990 hasta unas 700 mil toneladas en 2000 (Figura 11), mientras que la segunda se encontraría en un 33% de la existente cuando el recurso no era explotado (Wöhler *et al.*, 2001).

Los reclutamientos también han mostrado una pendiente negativa en el período, llegando a niveles actuales relativamente pobres, aunque a finales del período han evidenciado una leve recuperación (Figura 12). Esta parece ser una de las principales causas de declinación poblacional, posiblemente también relacionada a una tasa de explotación (F/Z) demasiado elevada ($\sim 0,56$), así como una tasa anual de mortalidad por pesca ($F= 0,19$) que resultó la mayor de todo el período analizado (Figura 13), y que es superior al punto biológico de referencia límite ($F_{30\%}$) y mucho mayor que aquellos que aquel considerado como objetivo de manejo (F_{safe}) (Wöhler *et al.*, 2001).

Existen sobradas evidencias de que la población de polaca del Atlántico sudoccidental se encuentra en declinación desde por lo menos 8 a 10 años atrás. A las evaluaciones de abundancia deben sumarse otros elementos preocupantes mencionados por Hansen *et al.* (1998; 1999), como la tendencia decreciente de los índices de abundancia, la marcada disminución de la presencia de individuos juveniles tanto en el área de acción de la flota argentina como alrededor de las Islas Malvinas y el reemplazo gradual de la polaca por la merluza de cola en las capturas de los buques surimeros, a pesar de que la primera especie constituye su principal objetivo. Otro signo de alerta, que posiblemente sea el que más claramente refleje la situación referida, es la retracción observada en las áreas de distribución y de reproducción de la especie. Hansen *et al.* (1999) estimaron las densidades por milla náutica cuadrada obtenidas de campañas de investigación llevadas a cabo durante febrero y marzo, correspondientes a los años 1979, 1987 y 1997, en un área estándar limitada entre los 45° y $55^\circ S$ y las isobatas de 50 y 400 m de profundidad (Figura 14). La mayor parte de la componente del efectivo distribuida sobre la plataforma a comienzos de la explotación estuvo ausente en los otros cruceros considerados. Aunque el área principal de distribución de la polaca es más amplia, su retracción es evidente. Algo similar ocurre cuando se considera el área de reproducción. Madirolas *et al.* (1997) han señalado dicho fenómeno al comparar los inicios de la

explotación, cuando se encontraban individuos en puesta y huevos en el plancton en gran parte de la plataforma austral de Argentina, con la actualidad, cuando la reproducción ocurriría en un área mucho más restringida, localizada al sur de las Islas Malvinas, y los huevos en el plancton parecen ser mucho menos frecuentes (Ehrlich *et al.*, 1999).

EL MANEJO DEL RECURSO Y LA SUSTENTABILIDAD DE LA PESQUERÍA

Objetivos biológicos de manejo

Para efectuar proyecciones acerca de la evolución futura de la abundancia y los rendimientos, (Wöhler *et al.*, 2000 b y Wöhler *et al.*, 2001) han indicado tres posibles objetivos de manejo biológico en el largo plazo:

I.- Bajo riesgo biológico de colapso. Probabilidad menor o igual al 10% de que la biomasa de reproductores disminuya por debajo del 30% de aquella existente al inicio de la explotación del recurso.

II.- Bajo riesgo biológico de colapso. Idem anterior, con una cota igual al 20% de la biomasa reproductiva virgen.

III.- Mantenimiento en el largo plazo de la abundancia actual. Se trata de evitar que la biomasa continúe la tendencia declinante detectada en los últimos años.

El objetivo I es aquel adoptado tradicionalmente en las recomendaciones de capturas biológicamente aceptables de peces demersales australes del Mar Argentino. Se basa en aplicar una estrategia de explotación, expresada como un valor de mortalidad por pesca (F_{safe}), que tiende en el largo plazo a mantener a la población en un nivel tal que el riesgo biológico de sobreexplotación o colapso sea inferior al 10%. La diferencia con el objetivo II radica en el límite en el cual se considera sobreexplotación, que en este caso se define en el 20% de la biomasa reproductiva virgenal. El primer objetivo es claramente más conservativo que el segundo.

El tercer objetivo busca detener en el largo plazo la actual declinación del *stock*. La aplicación de la mortalidad por pesca (F) de referencia para dicha estrategia de explotación no resultaría en una recuperación de la abundancia del efectivo, pero la biomasa en el largo plazo tendería a permanecer en los niveles estimados para el último año.

Proyección de la abundancia y los rendimientos

Con el fin de evaluar las consecuencias de las distintas estrategias de explotación asociadas a los mencionados objetivos de manejo, Wöhler *et al.* (2001) realizaron proyecciones de la abundancia poblacional y de los rendimientos futuros en el largo plazo, midiendo el riesgo de

sobreexplotación asociado a cada objetivo y nivel de mortalidad por pesca. Los resultados se expresan en la Figura 15.

En dos de los tres análisis, la F de referencia fue inferior a la mortalidad por pesca ejercida durante 2000, mientras en el otro resultó superior. Las capturas biológicamente aceptables correspondientes a los objetivos I, II y III se situaron respectivamente en 48.485, 84.363 y 58.742 toneladas para el año 2001. Sólo en el primer caso se produciría una leve recuperación de la biomasa en el largo plazo, indicando las simulaciones un crecimiento promedio del 6% en la biomasa total y de un 14% en la fracción reproductiva de la población (Figura 16). La adopción del segundo objetivo implicaría una reducción promedio en el largo plazo de un 21% y un 23%, mientras que en el último de los casos, de mantenerse los reclutamientos medios como en la última década, no cabría esperar que se produjeran cambios significativos en la abundancia.

El manejo del recurso

Las medidas dictadas por la Administración Pesquera de Argentina para la ordenación de la pesquería de polaca han sido la limitación del tamaño mínimo de malla y el establecimiento anual de una cuota global de captura. La obligación vigente, establecida mediante resolución de la SAGyP N° 245 del año 1991, señala que el tamaño mínimo del mallero en el copo de las redes de arrastre para todas las especies demersales debe ser de 120 mm (Ercoli *et al.*, 2000). Sin embargo, otras flotas que participan de la pesquería, como las que operan en el área de las Islas Malvinas o en el Pacífico Sudoriental, utilizan mallas de 90 mm.

La cuota global, o Captura Máxima Permisible, como regla general ha sido fijada atendiendo a las recomendaciones realizadas por el INIDEP. Sin embargo, las sugerencias de este organismo técnico han surgido históricamente de estudios sobre la potencialidad biológica del recurso que habita en todo el Atlántico Sudoccidental y no sólo en el área de acción de la flota argentina (Wöhler, *et al.*, 1996; Wöhler *et al.*, 1998; Wöhler, 1998; 1999). Debido a que la flota argentina desde el establecimiento de la regulación ha explotado plenamente al recurso, al sumarse la acción de otras flotas, las capturas máximas recomendadas han sido superadas desde 1992 (Figura 17).

La polaca del Atlántico sudoccidental se encuentra sujeta a una tasa de explotación superior a la recomendada para la conservación del recurso en el largo plazo. Hansen, *et al.* (1998) han advertido que si dicha situación continuase y el nivel de los reclutamientos permaneciese tan bajo como el observado en los últimos años, la población podría situarse al borde del colapso. Otro hecho preocupante, y que suele condicionar el ingreso de futuros reclutas al efectivo adulto, es que la fracción reproductiva de la población se encuentra muy cercana al límite aceptado internacionalmente para el manejo de pesquerías, esto es, el 30% de la biomasa reproductiva existente en ausencia de explotación.

Sin embargo, ciertos aspectos podrían condicionar la visión actual acerca de la sustentabilidad del recurso. El más importante es la identificación de la unidad de *stock*. Si bien existirían al menos dos poblaciones de polaca, una que se reproduce en el Pacífico y otra que lo

hace simultáneamente en el Atlántico, se desconoce el grado de mezcla que podría existir cuando los efectivos se desplazan hacia el sur durante la época estival. Tampoco está claro si las capturas que se realizan en el Atlántico reciben algún aporte de la población del Pacífico, o ello pudiera suceder también en forma inversa.

Hasta tanto se avance en el conocimiento de dichos aspectos, Wöhler, *et al.* (1998) y Wöhler (1999), basándose en el principio precautorio para el manejo de pesquerías (FAO, 1995), han sugerido restringir la mortalidad por pesca al nivel de referencia de F_{safe} y adoptar medidas para tender a la recuperación del efectivo. Entre ellas, la necesidad de alentar la captura de especies alternativas para restringir el esfuerzo de pesca dirigido a la polaca; establecer en forma consensuada con otros países que participan de la pesquería los puntos biológicos de referencia límites o niveles mínimos aceptables de biomasa reproductiva, e iniciar la realización de estudios que permitan disminuir la incertidumbre acerca de la información científica que origina las recomendaciones de manejo. En particular, aquellas sobre la identificación de la unidad poblacional (Atlántico-Pacífico) y sobre la estimación de índices de abundancia de los individuos que se incorporan anualmente a la pesquería.

BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 1974. Apreciación preliminar de las pesquerías de la plataforma continental argentina sobre la base de las investigaciones efectuadas por el buque “Profesor Siedlecki” en el período de noviembre - diciembre de 1973. Manuscrito. INIDEP, Mar del Plata, Argentina.
- AUBONE, A., CORDO, H.D., PRENSKI, L.B. Y WÖHLER, O.C. 1996. Análisis preliminar de la dinámica de la biomasa de la polaca. Una alternativa para el manejo de corto plazo. Informe Interno INIDEP N° 148/96: 6 pp.
- AVILÉS, S. & AGUAYO, M. 1979. Merluza de tres aletas, *Micromesistius australis* Norman Teleostomi, Gadiformes, Gadidae. Stgo.de Chile. Sinopsis.
- BAILEY, R.S. 1982. The population biology of Blue Whiting in the North Atlantic. *Adv. Mar. Biol.*, Vol. 19: 257-355.
- BALBONTÍN, F. & LILLO, S. 1999. Madurez sexual y talla de primera madurez en hembras de la merluza de tres aletas en el sur de Chile. Res. XIX Congreso Cs. del Mar, Antofagasta, Chile. Pág. 70.
- BARRERA ORO, E.R. & TOMO, A.P. 1988. New information on age and growth in length of *Micromesistius australis*, Norman 1937 (Pisces, Gadidae), in the South-west Atlantic. *Polar Biol.*,8:341-351.
- CASSIA, M.C. 1996. Edad y crecimiento de la polaca (*Micromesistius australis* Norman, 1937) en el Atlántico Sudoccidental. *Inf. Téc.INIDEP*, 10: 15-23.

- CASSIA, M.C. 1998. Age and growth of the Southern Blue Whiting (*Micromesistius australis*) in the Argentine Sea. Res. Second Int. Symp. On Fish Otolith Res. and applicat. Bergen, Norway, 1998. Pág. 108.
- CASSIA, M.C. 1999a. Estructura poblacional de la polaca *Micromesistius australis* en el Atlántico Sudoccidental. Res. XIX Congreso Cs. del Mar, Antofagasta, Chile. Pág. 85.
- CASSIA, M.C. 1999b. Comparación de criterios de determinación de la edad mediante lecturas de otolitos de polaca (*Micromesistius australis*) efectuadas en Argentina y Gran Bretaña. Informe Interno INIDEP 63/99: 13 pp.
- CASSIA, M.C. & BOOMAN, C.I. 1985: Distribución del ictioplancton en el Mar Argentino en los años 1981-1982. Physis (Buenos Aires), Secc.A, 43 (105): 91-111.
- CASSIA, M.C. & MORIOKA, S. 1998. Otolith daily increments and first annuli formation of *Micromesistius australis* in the Argentina sea. Res. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application. Bergen, Norway, Pág. 120.
- CASSIA, M.C. & PRENSKI, B. 1993. Aspectos de la estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). Res. X Simposio Científico Tecnológico Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo Argentino-Uruguayo. Montevideo, Uruguay. Pág. 79.
- CIECHOMSKI, J.D. & BOOMAN, C.I. 1981: Descripción de embriones y de áreas de reproducción de los granaderos *Macrourus whitsoni* y *Coelorhynchus fasciatus*, de la polaca *Micromesistius australis* y del bacalao austral *Salilota australis* en la zona patagónica y fueguina del Atlántico sudoccidental. Physis 40 (98): 5-14.
- CIECHOMSKI, J.D., EHRLICH, M.D., LASTA, C.A. & SÁNCHEZ, R.P. 1981. Distribución de huevos y larvas de peces en el Mar Epicontinental Argentino y evaluación de los efectivos desovantes de anchoíta y merluza. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq., 383: 59-79.
- CORDO, H.D. 1997. Actualización del modelo dinámico de la biomasa de la polaca y de la evolución del recurso en el corto plazo. INIDEP, DNI, Informe Técnico N°145: 6 pp.
- CORDO, H.D. 2001. Efectos del filtrado de los datos de CPUE en la tendencia de los índices de abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) (Período 1992-2000). Informe Interno INIDEP N° 35/01: 14 pp.
- CORDO, H.D. & WÖHLER, O.C. 1999. Índices de abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) derivados de campañas de investigación y de la flota comercial argentina en el período 1991-1998. Informe Interno INIDEP N° 36/99: 9 pp.
- CORDO, H.D. & WÖHLER, O.C. 2000. Estimación de índices de abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Frente Marítimo, 18 (A): 125-134.
- COUSSEAU, M.B. 1993. Las especies del Orden Gadiformes del Atlántico Sudamericano comprendido entre 34° y 55°S y su relación con las de otras áreas. Frente Marítimo, 13 (A): 7-108.
- CSIRKE, J. 1987. The Patagonian fisheries resources and the offshore fisheries in the South-West Atlantic. FAO Fish. Tech. Pap., 286: 75 pp.
- CHIU, T.S. & MARKLE, D.F. 1990. Gadidae. En Gon, O. & Heemstra, O.C. (Eds.). Fishes of the southern Ocean. J. L. B. Smith Inst. Ichthyol., Grahamstown., 461 pp.

- EHRlich, M.D., SANCHEZ, R.P., CIECHOMSKI, J.D., MACHINANDIARENA, L. & PAJARO, M. 1999. Ichthyoplankton composition, distribution and abundance on the southern patagonian shelf and adjacent waters. INIDEP. Doc.Cient. N° 5: 37-65.
- ERCOLI, R., IZZO, A., SALVINI, L., GARCÍA, J., BARTOZZETTI, J. & ROTH, R. 2000. Selectividad de las artes de pesca para merluza (*Merluccius hubbsi*) y merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). En: Bezzi, S, Akselman, R. & Boschi, E. (Eds.). Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con una actualización de 1999. Publicaciones especiales. INIDEP, Mar del Plata, 388 pp.
- FAO, 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1: Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 350, Part 1. Rome, FAO. 52 pp.
- FEDULOV, P.P., REMESLO, A.V., BURYKIN, S.N. & PULISHCHUCK, J.A. 1990. Variabilidad de la corriente de Malvinas. *Frente Marítimo*, 6 (A): 121-130.
- GORDON-MILLER, R. 1993. A history and atlas of the fishes of the Antarctic Ocean. Nevada: Foresta Institute for Ocean and Mountain Studies: 792 pp.
- GRZEBIELEC, R. & TRELLA, K. 1992. An assessment of Falkland blue whiting stock on the basis of age composition of Polish catches. ICES C.M. 1992/H:11. 6 pp.
- HANCHET, S.M. 1992. Southern blue whiting fishery assessment for the 1992-93 fishing year. N.Z. Fisheries Assessment Research Document 92/19: 42 pp.
- HANCHET, S.M. 1993. Southern blue whiting (*Micromesistius australis*) fishery assessment for the 1993-94 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document, 93/17: 56 pp.
- HANCHET, S.M. & UOZUMI, Y. 1996. Age validation and growth of southern blue whiting *Micromesistius australis* Norman. *New Zealand J. Mar. Fresh. Res.*, 30:57-67.
- HANSEN, J.E., WÖHLER, O.C. & CORDO, H.D. 1998. Situación actual del recurso polaca (*Micromesistius australis*). Informe Interno INIDEP N° 114: 8 pp.
- HANSEN, J.E., WÖHLER, O.C. & CORDO, H.D. 1999. Evidencias acerca de la declinación del efectivo de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Res. XIX Congreso Cs. del Mar, Antofagasta, Chile, Pág. 123.
- KOCK, K.H., DUHAMEL, G. & HUREAU, J.C. 1985. The biology and present status of exploited Antarctic fish stocks: A review. *Biomass Sci. Ser.*, 6: 1-143.
- LILLO, S. 1999. Desplazamiento espacio temporal de la merluza de tres aletas en la zona sur austral. Res. XIX Congreso Cs. del Mar, Antofagasta, Chile, Pág. 134.
- LILLO, S., PAILLAMAN, A. & PINO, S. 1994. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° 00' L.S. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. Chile. 65 pp.
- LISOVENKO, L.A., BARAVANOV, A.V. & YEFREMENKO, V.N. 1982. New data on the reproduction of the southern poutassou *Micromesistius australis* (Gadidae), from the Falkland-Patagonian zoogeographic region. *J. of Ichthyology*, 22 (4): 55-67.
- LIWOCH, M. 1986. Information concerning the results of Polish biological and fishery investigations of southern poutassou (*Micromesistius australis*, Norman, 1937) on the

- Patagonian Shelf and Falkland Islands (Malvinas) in the years 1981-1985. Gdynia, Sea Fish. Institut., 6 pp. (mimeo).
- LIWOCH, M. 1990. Characteristics of catches and stocks of Southern Poutassou (*Micromesistius australis*, Norman 1937) in the Falkland Islands area. Bull. of the Sea Fish. Institut., Gdynia, Polland, 5-6 (121-122): 18-27.
- LÓPEZ, R.B. & BELLISIO, N.B. 1973. Monografía de Recursos Pesqueros N° 2. Prospección Pesquera del Mar Argentino. II. Polaca *Micromesistius australis*, Norman, 1937. Mus. Arg. Cs. Nat. "Bernardino Rivadavia". Min. Agr. y Ganad., Bs.As., 48 pp.
- LUPÍN, H.M. & SOULÉ, C.L. 1976. Características y factibilidad de explotación de la Polaca (Pollock). Cámara Marplatense de Industriales del Pescado. Boletín N° 91: 1-6.
- MACCHI, G. J. & PÁJARO, M. 1999. Features of the reproductive biology of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). En: Reproductive hábitat, biology and acoustic biomass estimates of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the sea off southern patagonia. INIDEP, Doc. Cient., 5: 67-79.
- MADIROLAS, A. 1998. Campaña conjunta Argentino-Británica para el estudio de *Micromesistius australis*. Informe de Campaña. Informe Interno INIDEP, 21 pp.
- MADIROLAS, A. 1999. Acoustic surveys on the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). En: Reproductive hábitat, biology and acoustic biomass estimates of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the sea off southern patagonia. INIDEP, Doc. Cient., N° 5: 81-93.
- MADIROLAS, A., GUERRERO, R., PRENSKI, L.B., SABATINI, M., PÁJARO, M. & MACHINANDIARENA, L. 1997. Acoustic, oceanographic and ichthyoplankton surveys on the spawning grounds of the Austral Blue Whiting (*Micromesistius australis*) off Southern Patagonia. ICES CM 1997/Y:26, 17 pp.
- MALARET, A.E. 1986. Impacto ecológico y económico de las capturas alrededor de Malvinas después de 1982. Serie Contrib.INIDEP, N°513: 115 pp.
- MERRET, N.R. 1963. Pelagic gadoid fish in the Antarctic. Nor Hvalfangst-Tid, 52: 9 pp.
- MIKHEYEV, B.I. 1967. On the biology and fisheries of certain fishes from the Patagonian Shelf (Falkland region) and the Scotia Sea. En: Soviet fishery research on the Antarctic krill. R.N.Burukovskiy (Ed.), Kaliningrad, Atl. Sci. Res. Inst. Fish. Oceanography: 177-182.
- OJEDA, V., CERNA, F., CHONG, J., AGUAYO, M. & PAYÁ, I. 1998. Estudio de crecimiento y construcción de claves talla edad de merluza de tres aletas y merluza de cola. IFOP. Informe final FIP N° 97-15: 260 pp.
- OTERO, H.O. 1976. Contribución al estudio biológico pesquero de la polaca Gadidae (*Micromesistius australis*, Norman, 1937) del Atlántico Sudoccidental. Physis, Secc.A, 35(91): 155-168.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., PERROTTA, R.G., PÉREZ COMAS, J.A., SIMONAZZI, M. & RENZI, M.A. 1981. Los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Parte III. Distribución, estructura de la población, biomasa y rendimiento potencial de la polaca, el bacalao austral, la merluza de cola y el calamar. Contr. INIDEP 383: 28-41.

- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., RENZI, M.A. & VERAZAY, G.A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Contr. INIDEP 423: 248 pp.
- PAJARO, M. & MACCHI, G.J. 2001. Spawning pattern, length at maturity, and fecundity of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*) in the south-west Atlantic Ocean. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 35:375-385.
- PANNELLA, G. 1971. Fish otoliths: Daily growth layers and periodic patterns. Science, 173: 1124-1127.
- PAYÁ, I. 1997. Investigación CTP merluza de tres aletas 1997. Requirente SUBPESCA. Ejecutor IFOP. 31 pp.
- PERROTTA, R.G. 1982. Distribución y estructura poblacional de la polaca (*Micromesistius australis*). Rev.Invest.Des.Pesq., 3: 35-50.
- PRENSKI, L.B., RETA, R., MARÍ, N.R. & LOGIOIA, A. 1989. How to identify a fishery ecological impact. A methodology approach applied to a fishery exploratory cruise. Res. Int. Simp. Op. Fish. Oc., Canada, Octubre 1989.
- SABATINI, M., ALVAREZ COLOMBO, G.L. & RAMÍREZ, F. 1999. Zooplankton biomass in the reproductive area of the southern blue whiting (*Micromesistius australis*). INIDEP Doc. Cient., N° 5: 23-35.
- SAFC. 1999. South Atlantic Fisheries Commission. Report of the Argentine-UK Workshop on Southern Blue Whiting. Imperial College, London, June 10-11th 1999: 7 pp.
- SÁNCHEZ, R.P. & CIECHOMSKI, J.D. 1995. Spawning and nursery grounds of pelagic fish species in the sea-shelf off Argentina and adjacent areas. Sci. Mar., 59 (3-4): 455-478.
- SÁNCHEZ, R.P., CIECHOMSKI, J.D. & ACHA, E.M. 1986. Estudios sobre la reproducción y fecundidad de la polaca (*Micromesistius australis*, Norman, 1937) en el Mar Argentino. Rev. Invest. Des. Pesq., 6: 21-43.
- SARDELLA, N.H. 1988. Secuencia de la infestación y reacciones tisulares en la musculatura de *Merluccius hubssi* y *Micromesistius australis* por la presencia de mixosporidios del género *Kudoa* Meglitsch. Parasitología al día, 12: 13-18.
- SCARLATO, N.A., REMAGGI, C.A., WÖHLER, O.C. & PAJARO, M. 2001. Detección de un área de reproducción de polaca (*Micromesistius australis*) en el talud continental argentino al norte de los 48°S. XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar, Chile. 22 al 25 de mayo de 2001.
- SHUBNIKOV, S.A., PERMITINN JU, E. & VOZNJAK, S.P. 1969. Some data on the biology of the poutassou. Proceeding VNIRO 66: 299-303 (en ruso).
- SHUST, K.V. 1971. On the population structure of the south poutassou (*Micromesistius australis*) in the South-West Atlantic. Proceeding VNIRO 86 (6): 82-93 (en ruso).
- SHPACK, V.M. 1975. Morphometric description of the "Southern putassu" *Micromesistius australis* Norman from the área of the New Zealand plateau with notes on the diagnosis of the genus *Micromesistius* Gill. *Journal of Ichthyology* 15: 175-181.
- SOSINSKI, J. & SKÓRA, K. 1984. Observations on the ichthyofauna of the South Georgia shelf in 1977. Prace Morskiego. Gdynia. Poland. Reports of the Fisheries Institute, 19: 91-100.

- TRELLA, K. 1998: Fecundity of blue whiting (*Micromesistius australis* Norman 1937) from the Falkland fishing grounds in the years 1983, 1984 and 1986. Bulletin of the Sea Fisheries Institute 2 (144): 25-37.
- WEISS, G. 1974. Hallazgo y descripción de larvas de polaca (*Micromesistius australis*) en aguas del sector patagónico (Pisces, Gadidae). Physis, Secc.A, 33 (87): 537-542.
- WÖHLER, O.C. 1987. Contribución al estudio de la distribución batimétrica de algunas especies de peces demersales y calamares del Mar Argentino". Tesis de grado. Fac. Cs. Exactas y Naturales. Univ. Nac. de Mar del Plata. Biblioteca INIDEP, Mar del Plata. 87 pp.
- WÖHLER, O.C. 1998. Recomendación de Capturas Máximas Permisibles de peces demersales australes para el año 1998. Informe Interno INIDEP N° 13/98: 4 pp.
- WÖHLER, O.C. 1999. Recomendación de capturas máximas biológicamente aceptables de peces demersales australes para el año 1999. Informe Interno INIDEP N° 20/99: 5 pp.
- WÖHLER, O.C., CORDO, H.D., HANSEN, J.E. & CASSIA, M.C. 1998. Análisis secuencial de la población de polaca (*Micromesistius australis*) en el período 1987-1997. Informe Interno INIDEP N° 132/98: 18 pp.
- WÖHLER, O.C., GIUSSI, A.R., GARCÍA DE LA ROSA, S.B., SÁNCHEZ, F., HANSEN, J.E., CORDO, H.D., ALVAREZ COLOMBO, G.L., INCORVAIA, S., RETA, R. & ABACHIAN, V. 1999. Resultados de la campaña de evaluación de peces demersales australes efectuada en el verano de 1997. INIDEP Informes técnicos.
- WÖHLER, O.C. & MARÍ, N.R. 1999. Aspectos de la pesca de la polaca (*Micromesistius australis*) por parte de la flota argentina en el período 1989-1995. INIDEP Informes técnicos.
- WÖHLER, O.C., PRENSKI, L.B., HANSEN, J.E. & CASSIA, M.C. 1996. Evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico sudoccidental. Manuscrito.
- WÖHLER, O.C.; CORDO, H.D.; CASSIA, M.C. & HANSEN, J.E. 2000 b. Evaluación de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-1999. Informe Interno INIDEP N° 54/00: 21 pp.
- WÖHLER, O.C.; HANSEN, J.E. & CASSIA, M.C. 2000 a. Polaca (*Micromesistius australis*). En: Bezzi, S, Akselman, R. & Boschi, E. (Eds.). Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con una actualización de 1999. Publicaciones especiales. INIDEP, Mar del Plata, 388 pp.
- WÖHLER, O.C. HANSEN, J.E., CORDO, H.D. & CASSIA, M.C. 2001. Evaluación de la abundancia y recomendación de la captura biológicamente aceptable de polaca (*Micromesistius australis*) para el año 2001. Informe Interno INIDEP N° 16/01: 12 pp.
- WÖHLER, O.C., CASSIA, M.C. & HANSEN, J.E. (en prensa). Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación de la polaca (*Micromesistius australis*) del Atlántico Sudoccidental. En: Sánchez R.P. & Bezzi, S.I. (Eds.) El mar Argentino y sus recursos pesqueros. Tomo IV. INIDEP, Mar del Plata.
- ZUKOWSKI, CZ. & LIWOCH, M. 1977. Biologia i Polowy Blekitka Poludniowego. Studia i materialy, Seria B, Morski Instytut Rybacki, Gdynia, 40: 5-52.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de la polaca o merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) en distintas regiones del hemisferio sur, de acuerdo a las estimaciones de diversos autores. * Mediciones realizadas respecto de la longitud furca.

REGION	PARAMETROS						Autor
	MACHOS			HEMBRAS			
	L _∞ (cm)	K	t ₀	L _∞ (cm)	K	t ₀	
Chile	51,50	0,267	-1,47	55,10	0,246	-1,46	Ojeda <i>et al.</i> , 1998
“	53,30	0,233	-1,49	56,47	0,227	-1,16	Payá, 1997
Argentina	54,25	0,258	-0,64	58,06	0,241	-0,66	Cassia, 2001
“	54,72	0,220	-0,94	59,74	0,190	-1,11	Cassia, 2000
“	53,85	0,240	-0,95	59,66	0,210	-1,20	Cassia, 2000
“	56,90	0,198	-1,84	60,10	0,177	-2,07	Barrera Oro & Tomo, 1988
“	56,93	0,203	-1,80	60,28	0,193	-1,90	Liwoch, 1990
Nueva Zelanda	46,50*	0,390	-0,68	50,10*	0,350	- 0,71	Hanchet & Uozumi, 1996

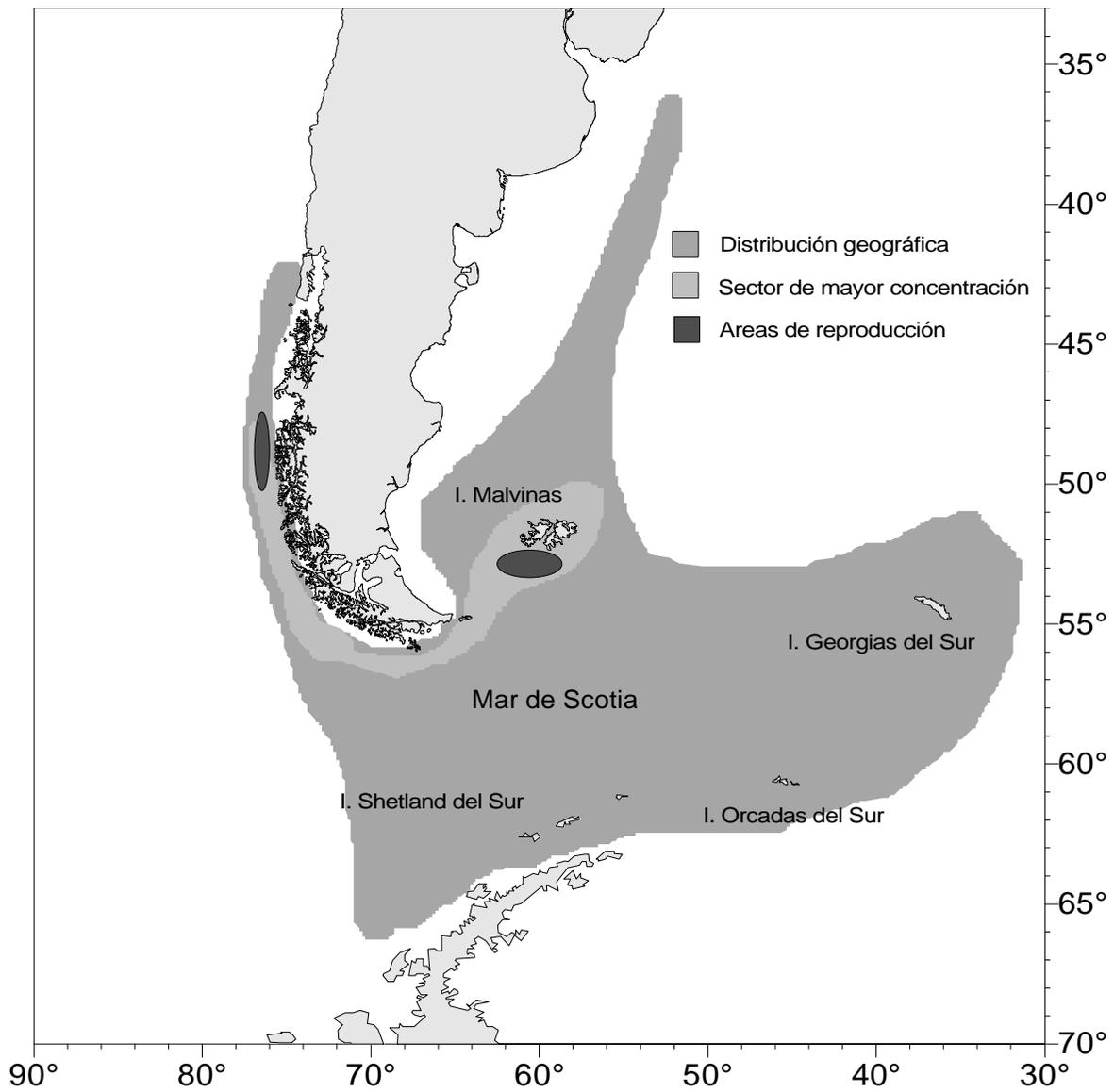


Figura 1. Area de distribución, zonas de reproducción y localización de las principales concentraciones de polaca en el Atlántico Sudoccidental y en el Pacífico Sudoriental.

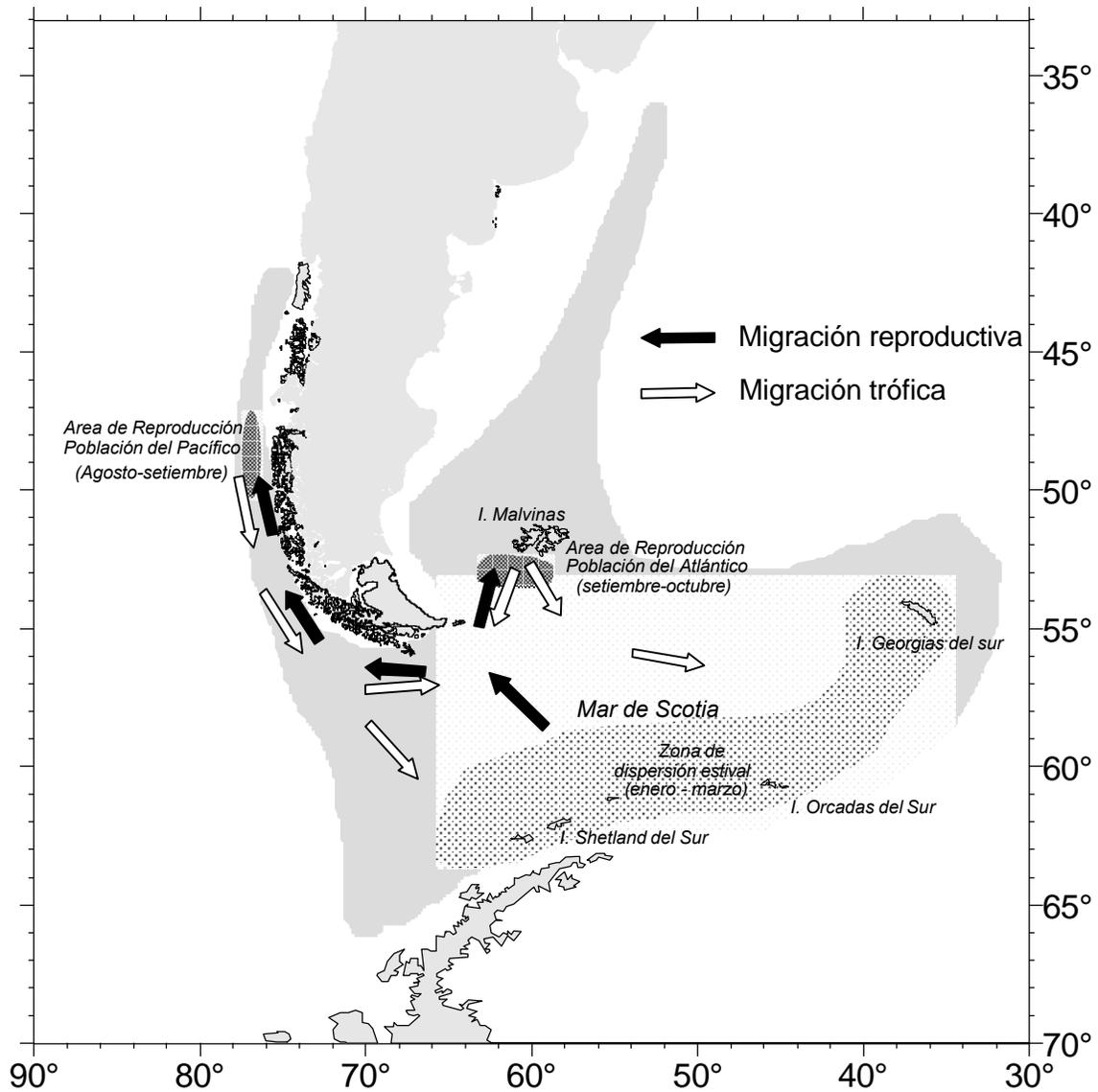


Figura 2. Representación esquemática del patrón de migración de la polaca, basado en las observaciones de diversos autores. En junio-julio se observa un ascenso latitudinal caracterizado por la fuerte concentración de cardúmenes en el extremo sur del continente americano, dirigidos hacia el norte y siguiendo el borde del talud continental. En agosto y setiembre se produce la puesta en las dos áreas de reproducción, ubicadas al sur de Malvinas (O. Atlántico) y en el sector externo del Golfo de Penas (O. Pacífico). Posteriormente existiría un retorno hacia el sur,

produciéndose una dispersión estival con fines de alimentación en el Mar de Scotia (tomado de Wöhler *et al.*, en prensa).

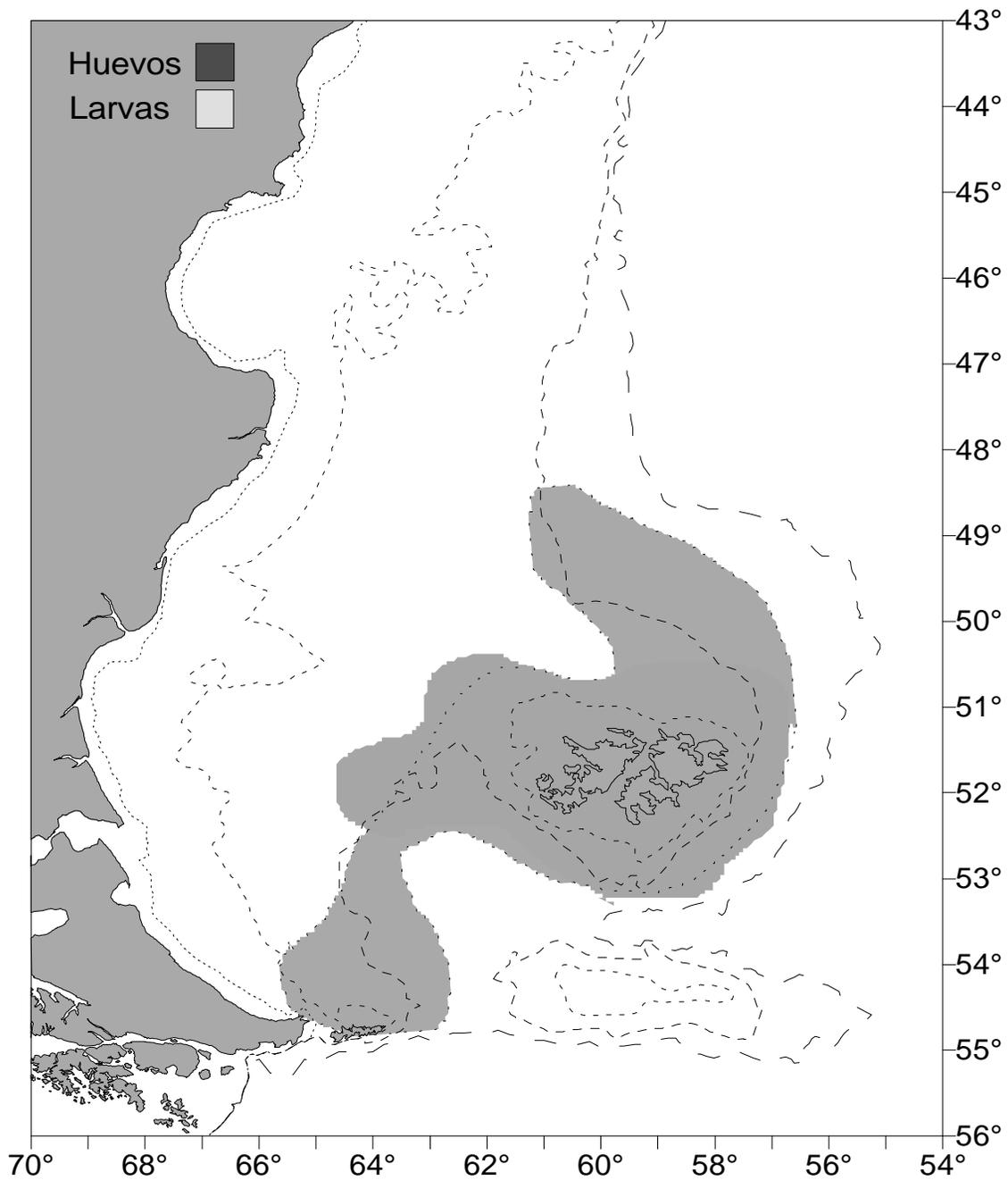


Figura 3. Distribución de huevos y larvas de polaca en el Atlántico sudoccidental de acuerdo a los registros de varios autores.

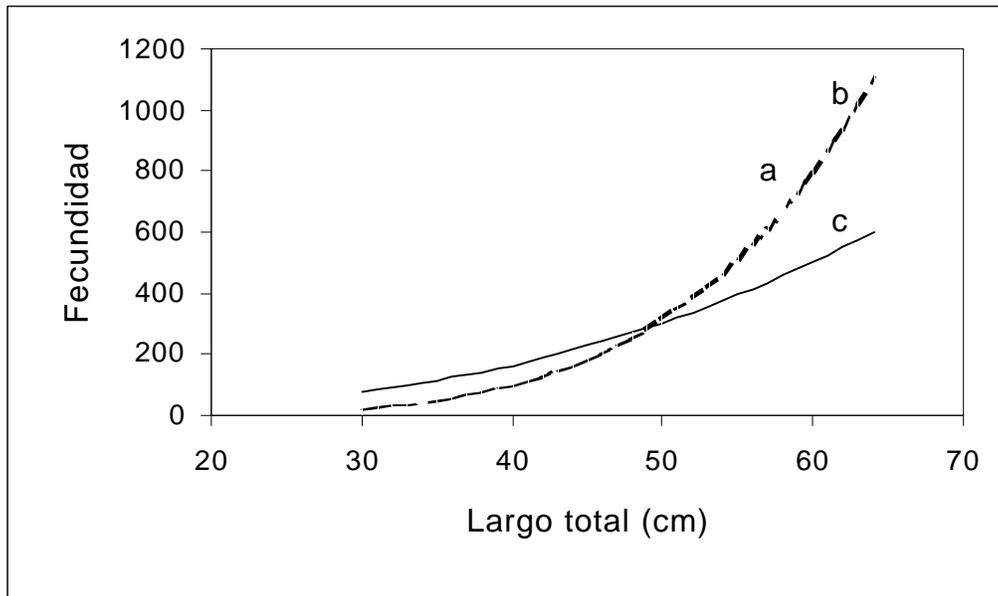


Figura 4. Relaciones fecundidad-largo total (LT) correspondientes a distintos autores para la polaca del Atlántico Sudoccidental. a) Sánchez *et al.* (1986), b) Trella (1998), c) Lisovenko *et al.* (1982). (tomado de Pájaro & Macchi, 2001)

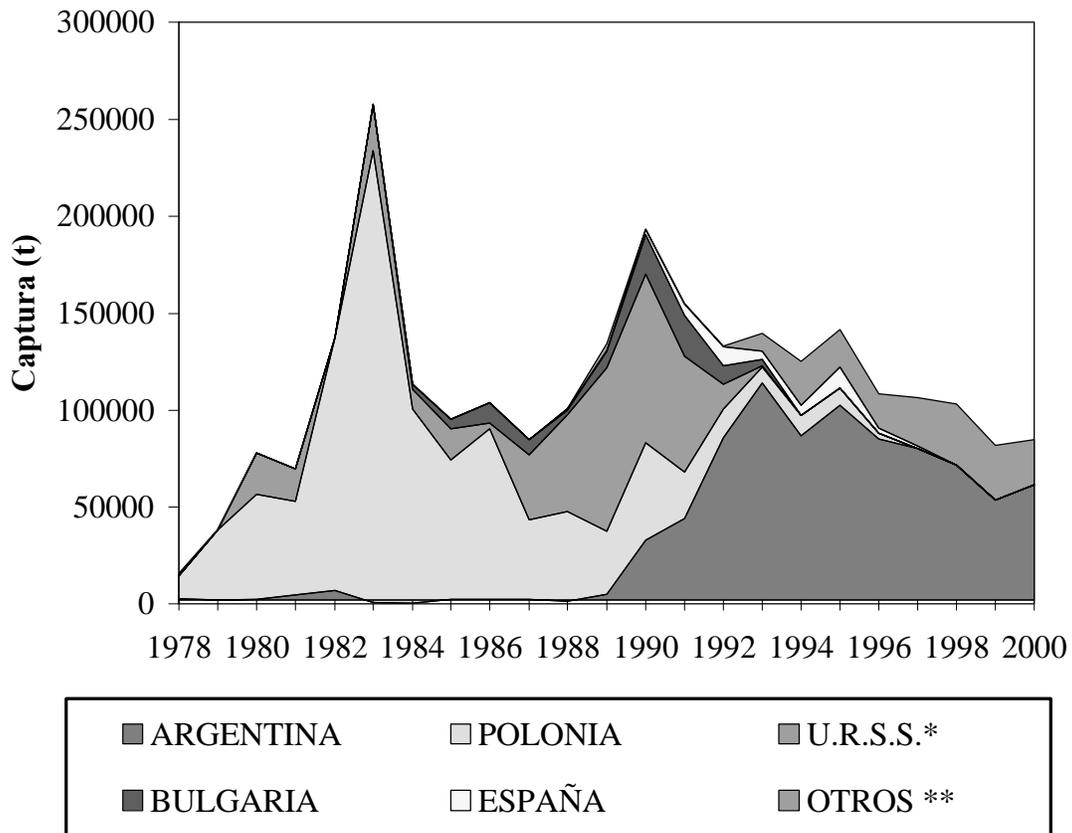


Figura 5. Capturas anuales de polaca en el Atlántico Sudoccidental agrupadas por flota. (*) URSS hasta 1990. Luego incluye Rusia, Ucrania, Lituania, Letonia y Estonia. (**) Incluye capturas producidas en el área de las Islas Malvinas por buques de Australia, Chile, Japón, Korea, Namibia, Portugal y Gran Bretaña.

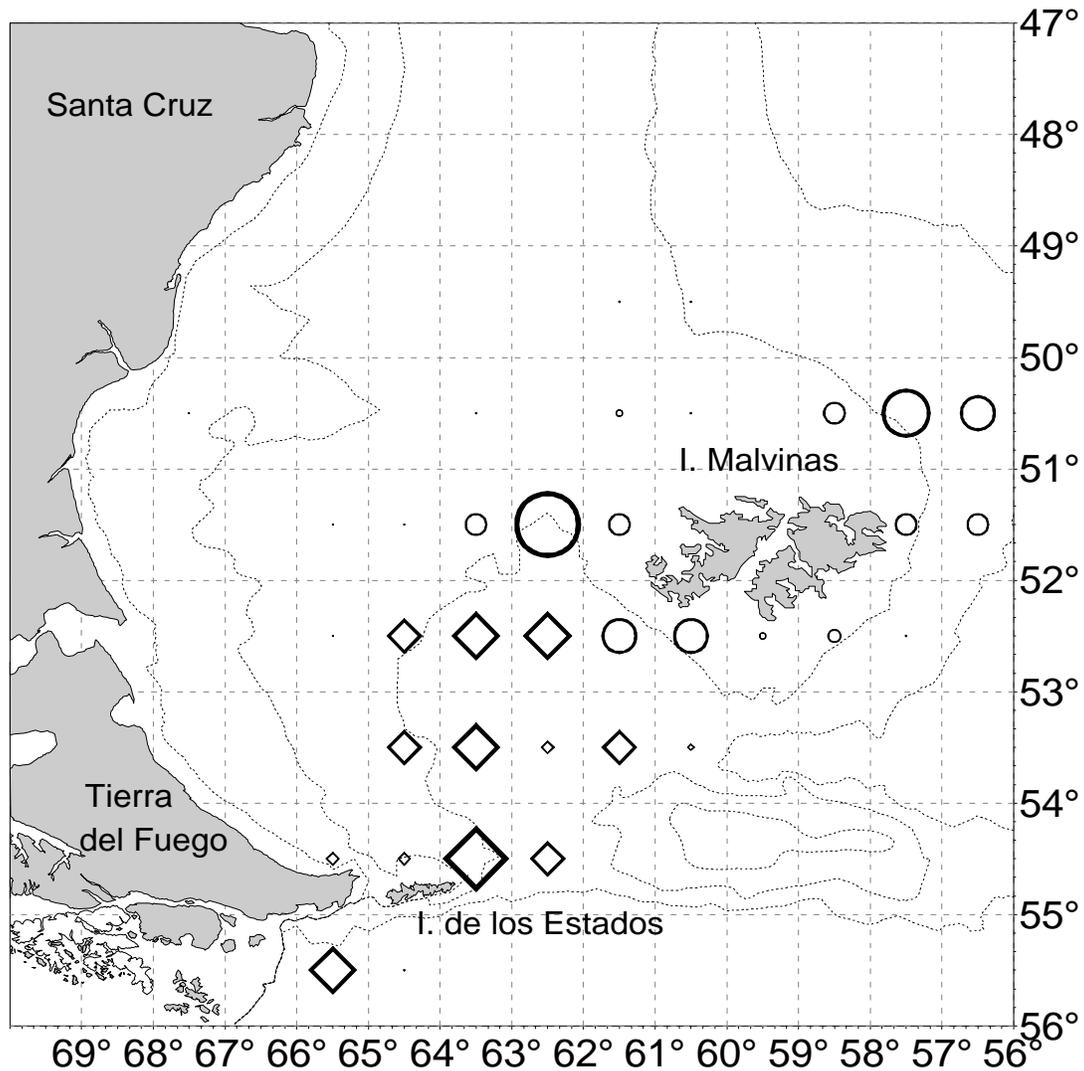


Figura 6. Principales áreas de pesca de polaca de la flota argentina (rombos) y de la que opera alrededor de las Islas Malvinas (círculos). El tamaño de los símbolos indica la importancia relativa de las capturas en un área de un grado de latitud por uno de longitud.

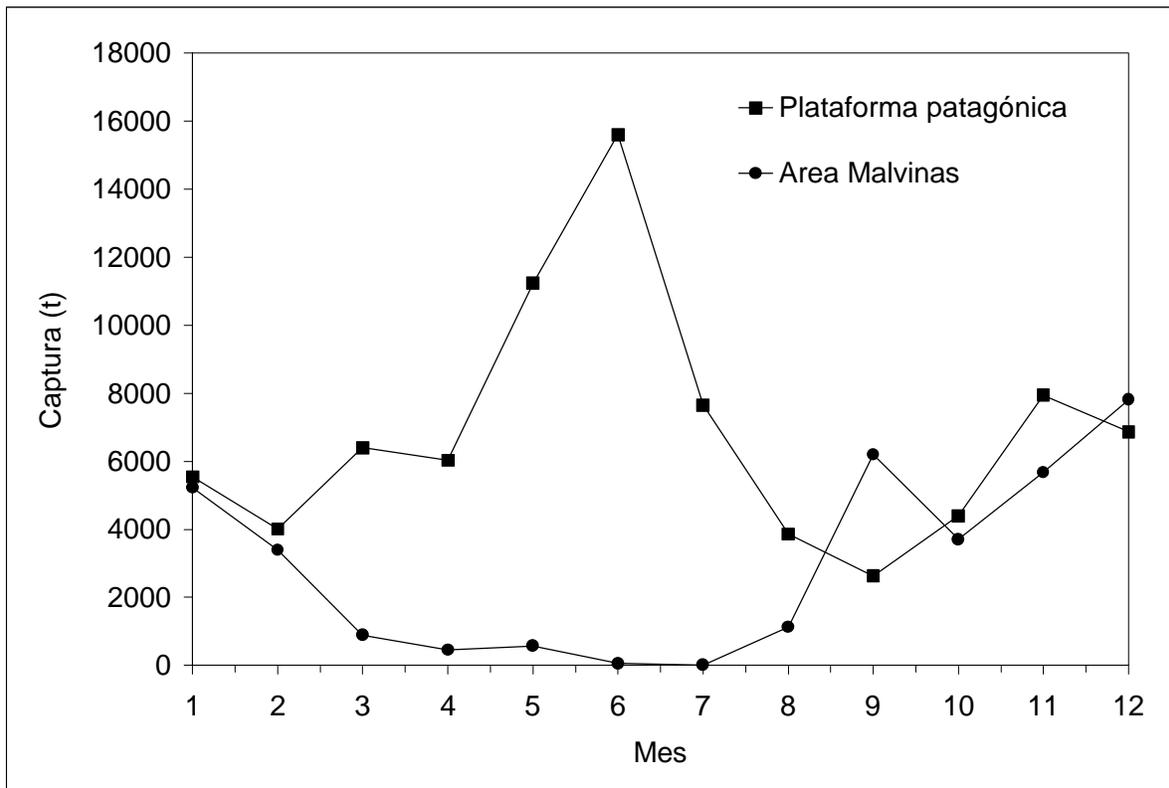


Figura 7. Capturas de polaca promedio mensuales declaradas por la flota argentina y la que opera en el área de las Islas Malvinas.

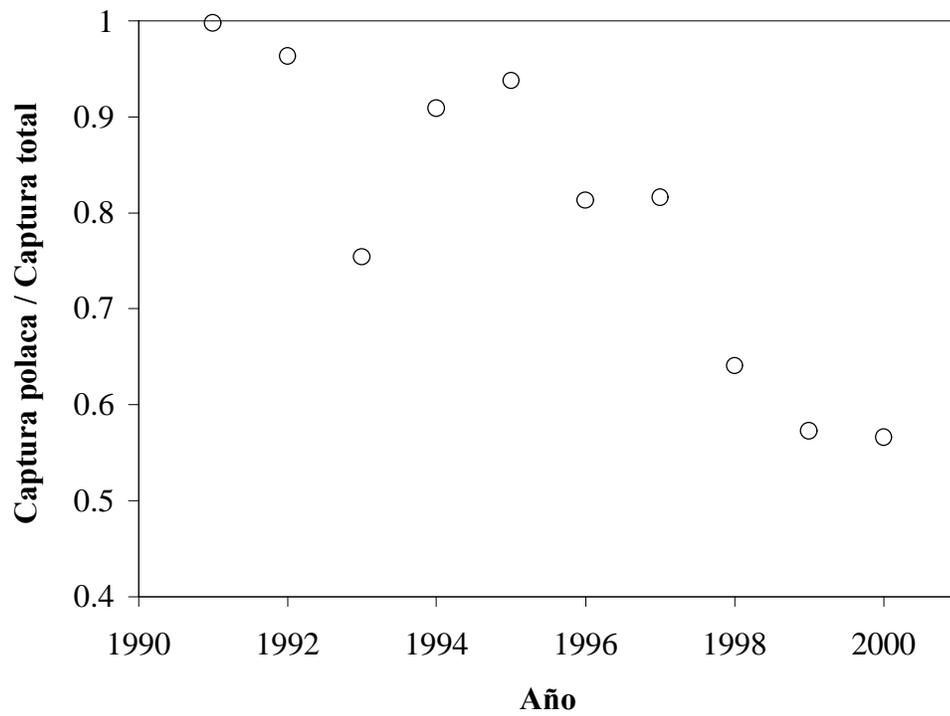


Figura 8. Proporción de polaca en las capturas de buques *surimeros* en el período 1991-2000.

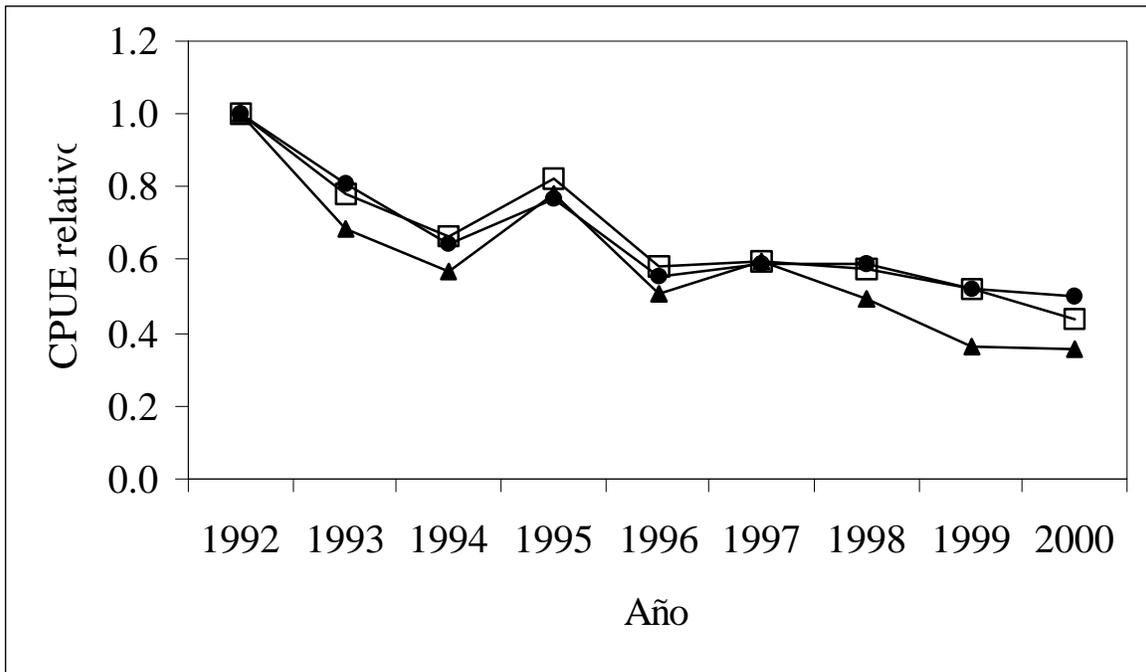


Figura 9. CPUE medias estimadas por el modelo, relativas a 1992, correspondientes a todos los registros de pesca (▲), a los datos con más del 25% de captura de polaca (◻) y a los datos con más del 50% de captura de polaca (●) (Cordo, 2001).

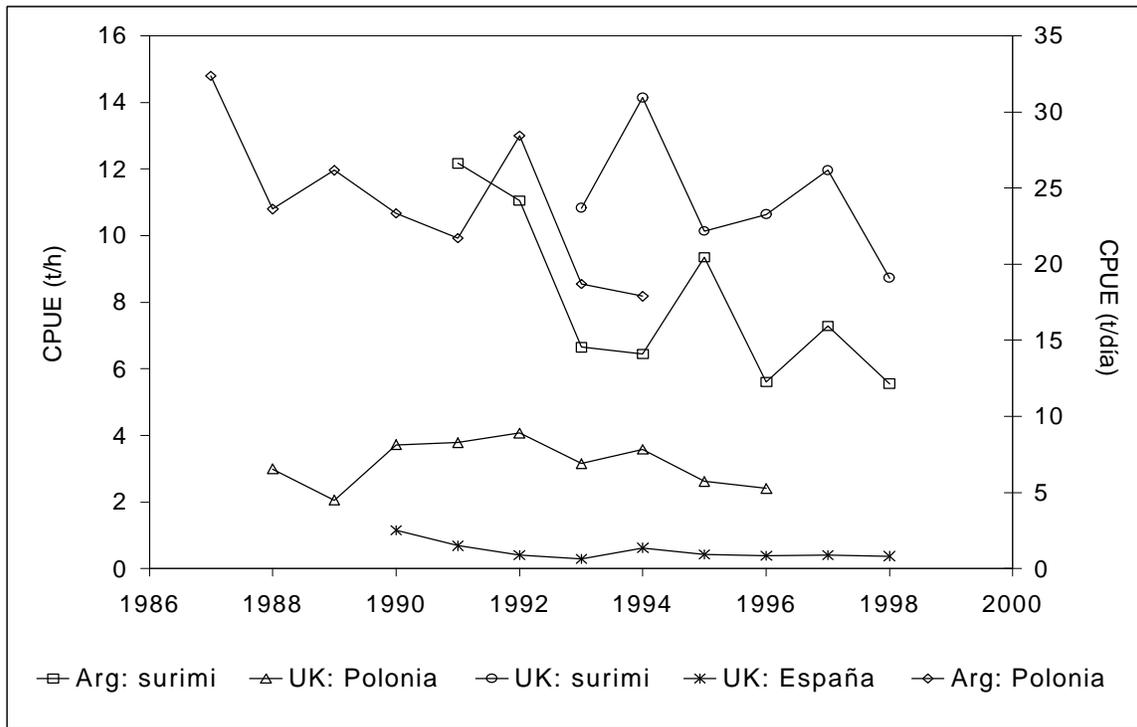


Figura 10. Series de CPUE promedio anual calculadas con información de distintas flotas (Polonia, España y buques surimeros en su mayoría de origen japonés) que operaron sobre la plataforma patagónica y en el área de las Islas Malvinas desde 1987.

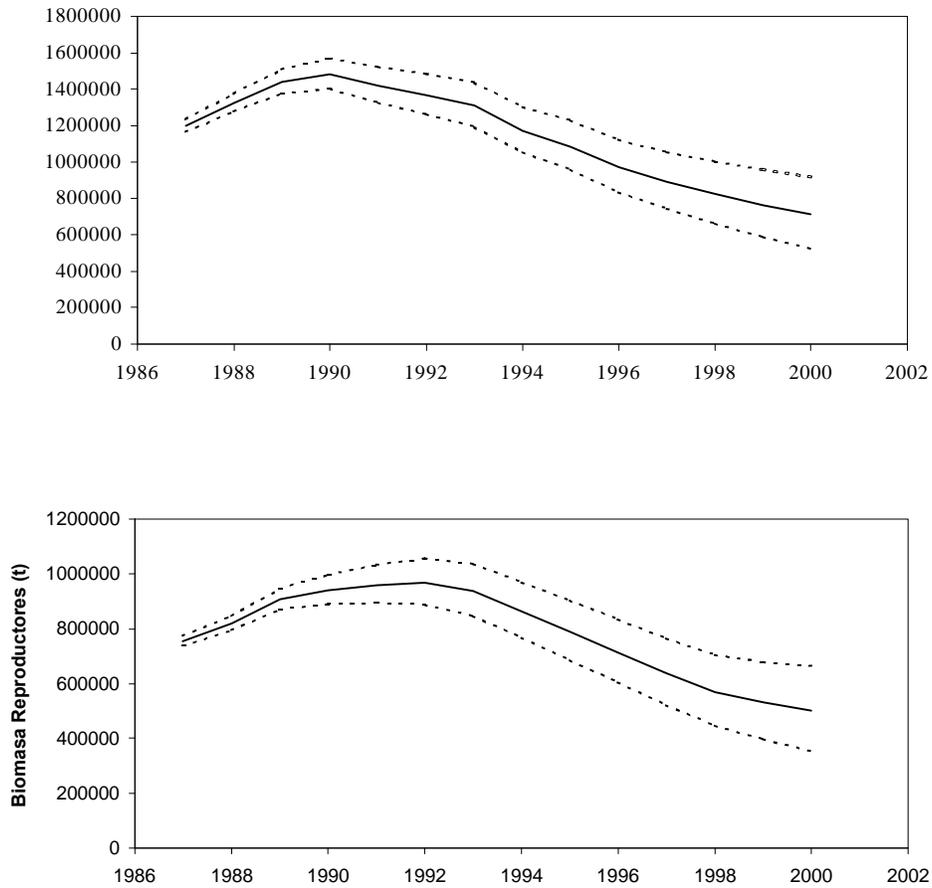


Figura 11. Estimaciones de la biomasa total y de la fracción reproductiva de la población, y los límites de sus respectivos intervalos de confianza (según Wöhler *et al.*, 2001).

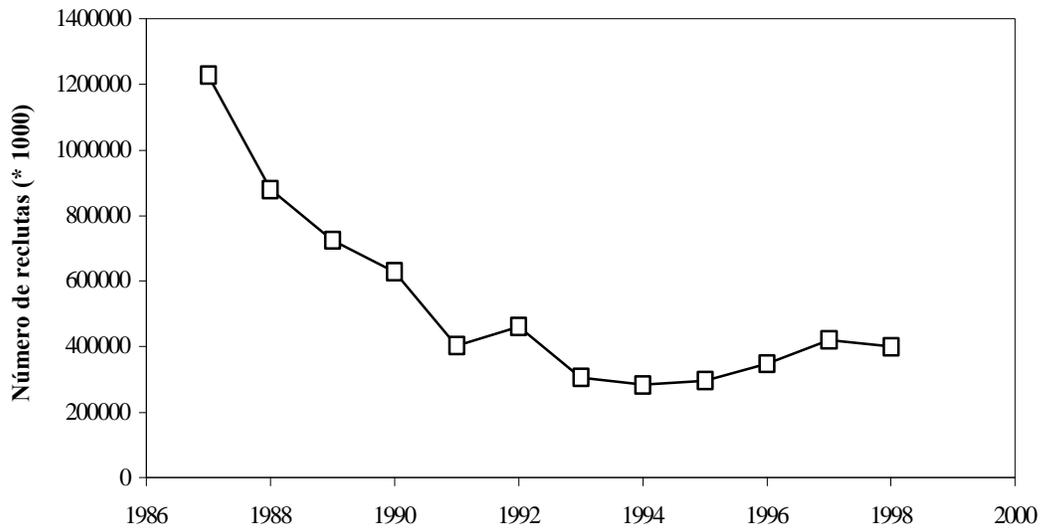


Figura 12. Estimaciones del número de reclutas a la edad de 1 año (Wöhler *et al.*, 2001).

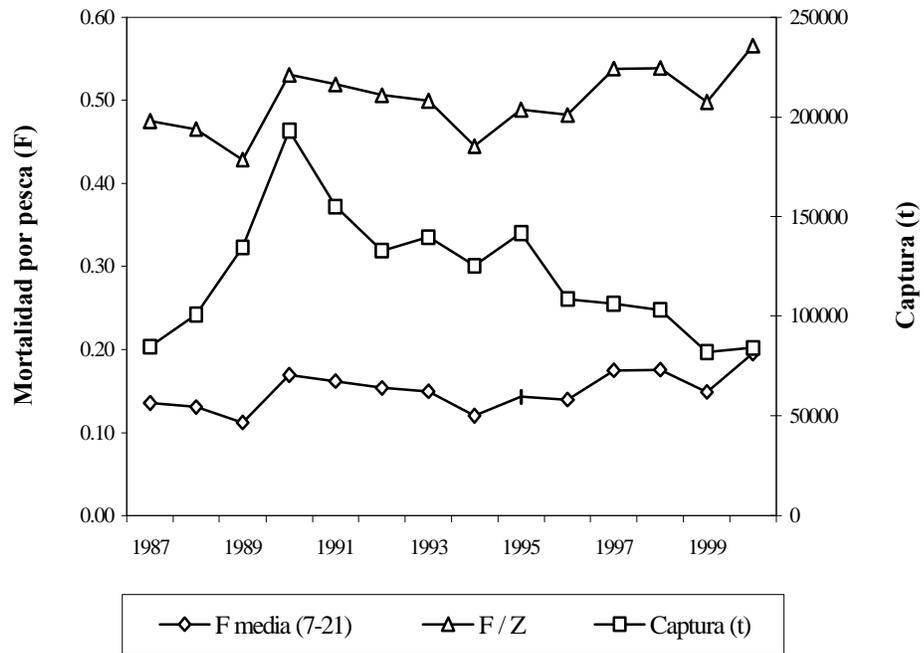


Figura 13. Tasa anual de mortalidad por pesca estimada por el modelo como promedio anual de las edades totalmente reclutadas (7-21+), tasa de explotación (F/Z) y capturas totales anuales (Wöhler *et al.*, 2001).

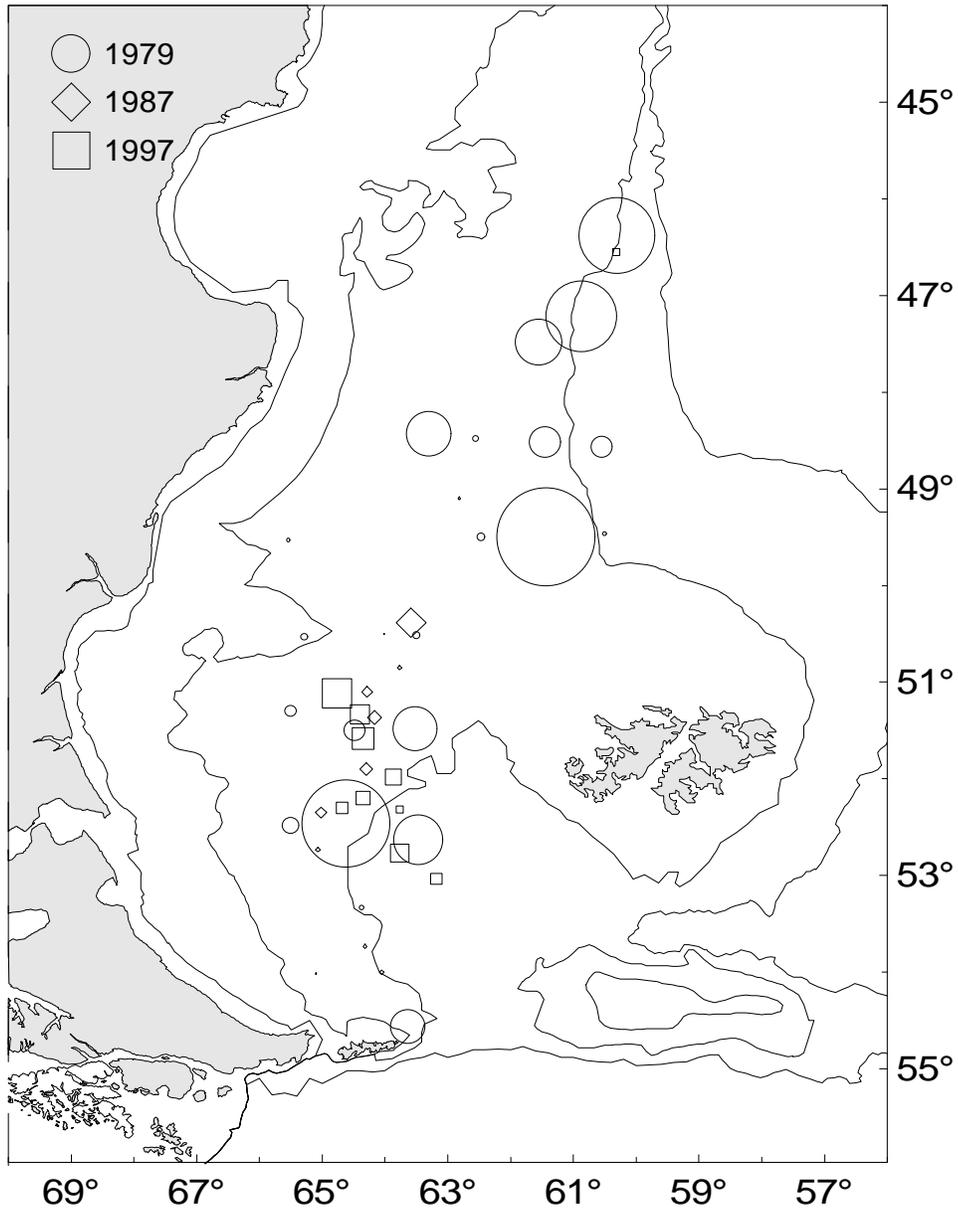


Figura 14. Densidades de polaca (t/mn^2) observadas en campañas de investigación llevadas a cabo en 1979, 1987 y 1997 en el área comprendida por los meridianos de 45° y 55° S y las isobatas de 50 a 400 m de profundidad. El tamaño de los símbolos es proporcional a la abundancia.

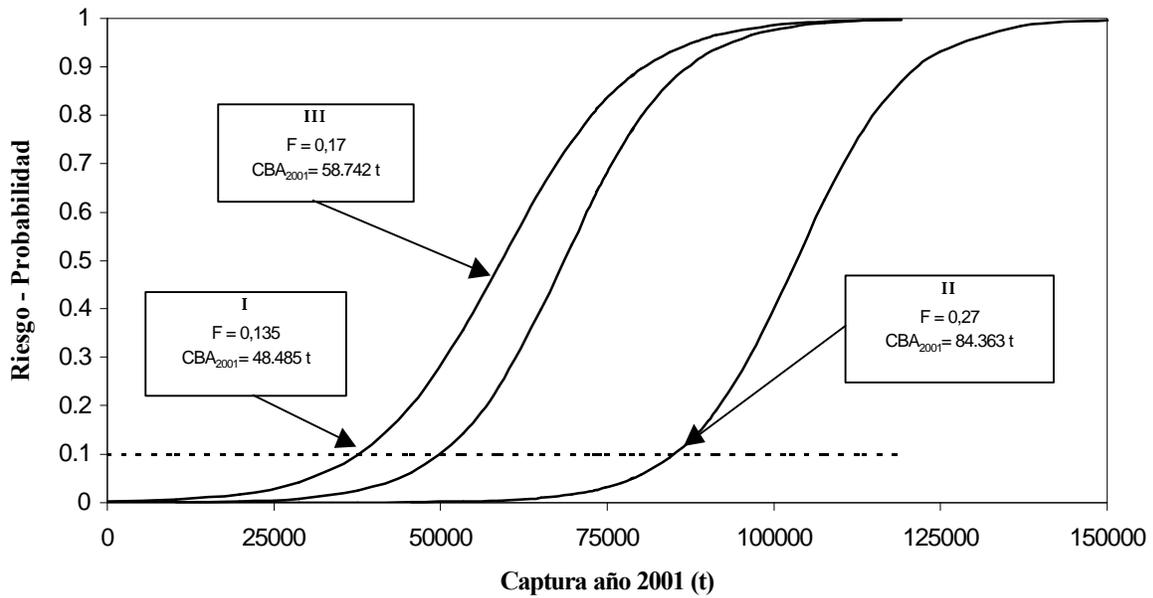


Figura 15. Curvas de probabilidad de alcanzar cada uno de los objetivos de manejo especificados (según Wöhler *et al.*, 2001). Para los objetivos I y II, las curvas describen el riesgo de colapso de la pesquería en función de la captura, asumiendo que éste ocurriría al disminuir la biomasa de reproductores por debajo del 30%, o del 20% de aquella existente al inicio de la explotación. La curva correspondiente al objetivo III describe la probabilidad de que la biomasa en el largo plazo sea menor a la estimada en el año 2000.

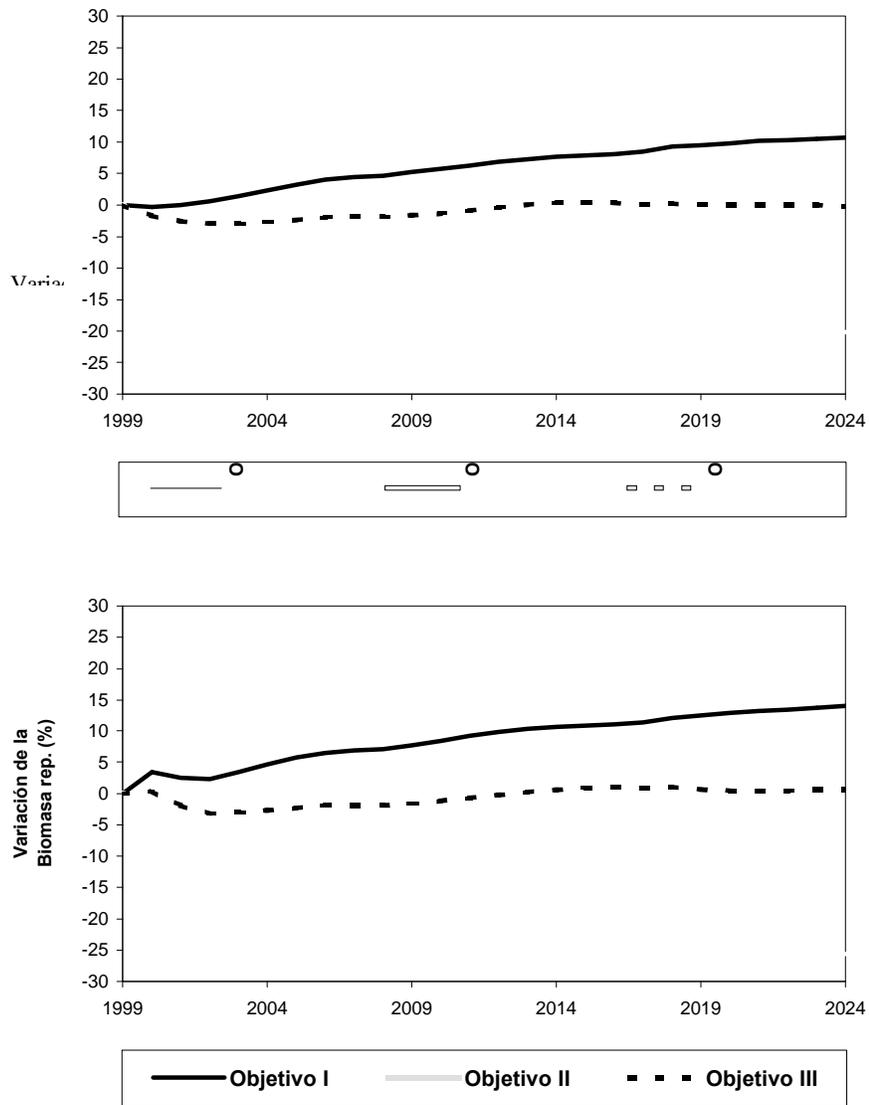


Figura 16. Porcentajes de variación de la biomasa total y de reproductores respecto de la existente en el año 2000, resultante de las proyecciones realizadas para las mortalidades por pesca de referencia definidas en función de cada uno de los objetivos de manejo analizados (Tomada de Wöhler *et al.*, 2001).

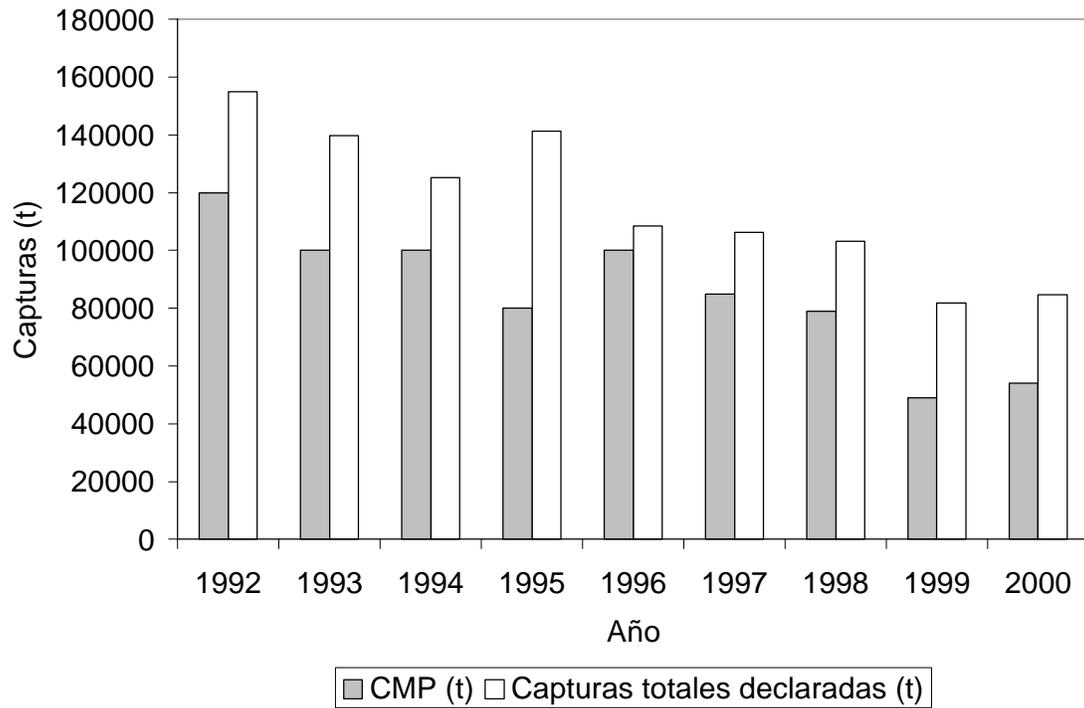


Figura 17. Capturas Máximas Permisibles (CMP) de polaca establecidas por la Administración Pesquera de Argentina, y capturas totales declaradas por la flota argentina y la que opera en el área de las Islas Malvinas (Período 1992-2000).

RESUMEN

EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE MERLUZA DE COLA EN ARGENTINA

Adrián Madirolas
INIDEP
Argentina.

Se presentó una revisión del uso de técnicas hidroacústicas empleadas en la merluza de cola en el mar argentino. El trabajo en este recurso ha sido muy escaso, ya que las evaluaciones directas se han realizado principalmente mediante campañas de área barrida. No obstante, se presentó una revisión de los eco-trazos registrados en la zona norte y sur de la plataforma Argentina, así como las diferencias observadas entre los registros del día y de la noche. También, se discutió la dificultad de la identificación del vigor de blanco y de las incertidumbres del uso de la relación entre el vigor de blanco y la talla de los peces, especialmente el uso de la ecuación generada por los investigadores del NIWA. Debido a las dificultades de transformar la información acústica en valores de biomasa del recurso, se postula la idea de emplear directamente la información acústica como un índice de abundancia relativa de forma de evitar posibles sesgos en la transformación a biomásas.

RESUMEN

EVALUACIÓN DIRECTA DEL EFECTIVO DE POLACA (MERLUZA DE TRES ALETAS) EN ARGENTINA

Adrián Madirolas
INIDEP
Argentina

Se presentó la distribución espacial histórica de las capturas mensuales de Polaca en la plataforma Argentina y la distribución espacial de las diferentes evaluaciones acústicas realizadas sobre el efectivo.

Se discutieron los diseños de muestreos basados en transectas y su evolución a través de las diferentes campañas, siendo en el último tiempo de carácter adaptativo, intensificando la densidad de transectas en las zonas de mayor abundancia.

La forma de los ecotrazos fueron presentados y discutidos para agregaciones reproductivas y para juveniles en la zona de las Islas Malvinas. También se presentaron las características de las agregaciones tróficas que se producen en la zona de la Isla de los Estados. El análisis de las estructuras de los cardúmenes se presentó mediante las características de los semi-variogramas.

También se discutió las relaciones de fuerza de blanco y talla del pez, reconociéndose incertidumbres importantes y comparándolas con las relaciones empleadas en Nueva Zelanda. Se discutió la conveniencia de emplear directamente los datos acústicos como índices de abundancia relativa sin necesidad de ser transformados a niveles de biomasa, reduciendo la incertidumbre que involucra el uso de las relaciones de fuerza de blanco.

De los factores a favor para una prospección acústica se destacaron la identificación relativamente sencilla de los coregistros de polaca y que los cardúmenes tienen escasa (o nula) presencia de especies acompañantes, Los principales desafíos que se presentan son que las concentraciones son altamente migratorias y con alta variabilidad anual; el área de distribución muy extensa y las condiciones meteorológicas adversas en las zonas de estudio.

Los objetivos inmediatos son optimizar los tiempos de los cruceros; incrementar el conocimiento sobre la fuerza de blanco de la especie; investigar importancia del componente demersal disperso; superar limitantes de índole geopolítico y conseguir un barco mas grande apto para la zona de estudio.

A N E X O D

**Personal
participante por
objetivo y actividad**

D. TALLERES

HHJ DISPONIBLES	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
IGNACIO PAYA			45			45						
HUMBERTO POOL			30			30						
ANTONIO ARANIS			45			45						
PEDRO S. RUBILAR			45			45						
HERNAN REYES			45			45						
SERGIO LILLO			45			45						
RENATO CESPEDES			45			45						
LUIS ADASME			45			45						
HECTOR HIDALGO			45			45						
GLADYS JOFRE			0			56						

E. INFORMES

HHJ DISPONIBLES	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
IGNACIO PAYA				38		57					150	44
MARIO AGUAYO				4		6					15	10
ANTONIO ARANIS				4		6					15	10
PEDRO S. RUBILAR				14		6					22	15
JORGE OSSES				12		18					23	10
SERGIO LILLO				12		0					23	10
RENATO CESPEDES				6		9					10	10
LUIS ADASME				8		18					5	10
HECTOR HIDALGO				8		18					5	10
GLADYS JOFRE				0		0					0	0

TOTAL

HHJ DISPONIBLES	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
IGNACIO PAYA	95	95	190	95	190	95	10	10	120	150	190	44
MARIO AGUAYO	10	10	30	10	30	10	30	30	30	30	30	10
ANTONIO ARANIS	10	45	95	10	95	10	30	30	30	30	30	10
PEDRO S. RUBILAR	30	47	95	35	95	10	10	44	44	44	44	15
JORGE OSSES	30	45	45	30	45	30	30	30	30	30	45	10
SERGIO LILLO	30	45	45	30	45	0	30	30	30	30	45	10
RENATO CESPEDES	15	15	45	15	45	15	20	20	20	20	20	10
LUIS ADASME	20	20	45	20	45	30	10	10	10	10	10	10
HECTOR HIDALGO	20	20	45	20	45	30	10	10	10	10	10	10
GLADYS JOFRE	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	260	342	635	265	691	230	180	214	324	354	424	129

Nota: El Sr. Humberto Pool reemplaza al Sr. Mario Aguayo y el Sr. Hernan Reyes al Sr. Jorge Osses

El cambio del Sr. Mario Aguayo se debe a su alejamiento de la institución

El cambio del Sr. Jorge Osses se realizó por que el Sr. Osses es Oceanográfico y el Sr. Reyes es Oceanográfico biológico, lo cual era más conveniente para el proyecto.

A N E X O E

Base de datos



BASE DE DATOS

Debido a la naturaleza del proyecto, que consistió en la revisión de la información disponible en el ámbito nacional e internacional, no se realizaron muestreos, por lo tanto no se generaron bases de datos. La revisión de algunos de los tópicos del proyecto se basó en las bases de datos históricas de la pesquería demersal sur-austral y centro-sur, que posee el Instituto de Fomento Pesquero. En otros casos se emplearon los resultados de diversos proyectos del Fondo de Investigación Pesquera. Las fuentes revisadas están descritas en la bibliografía del proyecto y en los diferentes documentos entregados en los anexos. Todas las presentaciones realizadas en los talleres de trabajo se encuentran en extenso en la sección de anexos.



**Unidad Técnica Promoción y
Ediciones**

**Valparaíso
Chile**