



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA

INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 2000 - 13

INFORME : DINAMICA DEL RECLUTAMIENTO DE
FINAL MERLUZA DEL SUR

UNIDAD : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
EJECUTORA

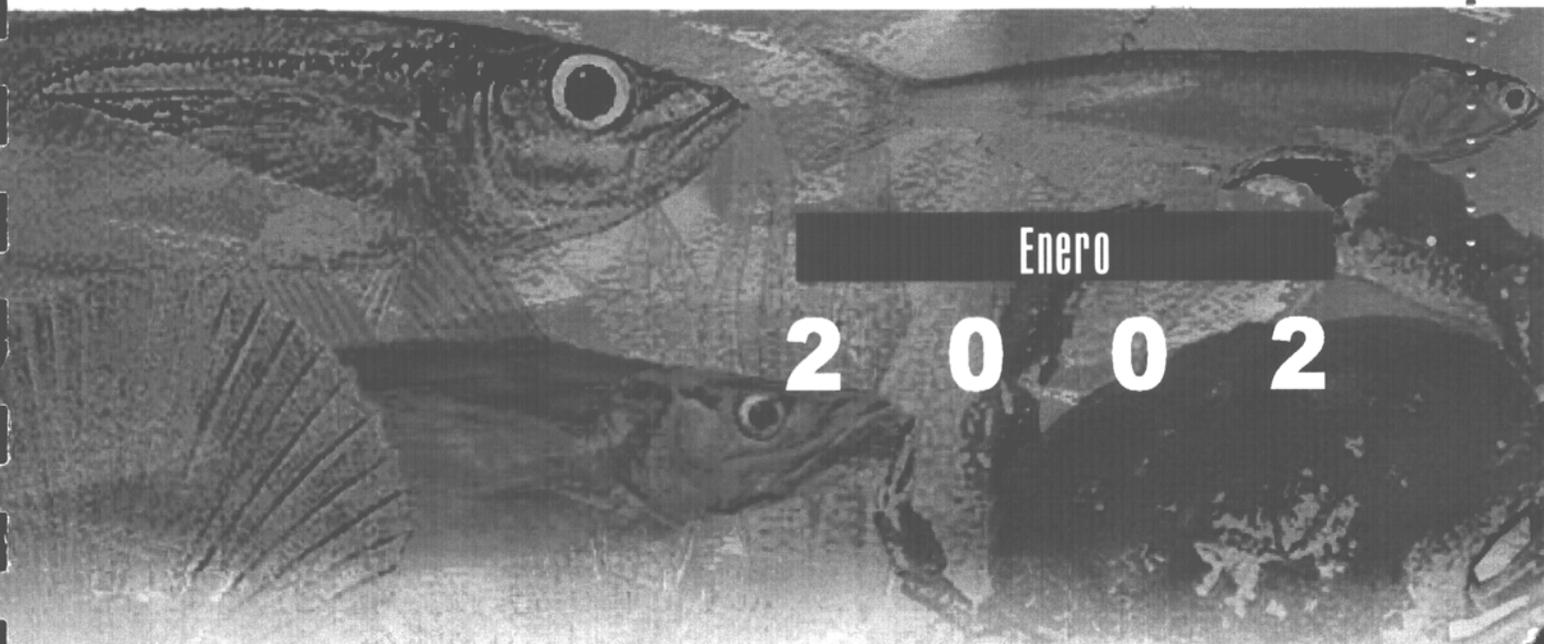


INFORME FINAL CORREGIDO

FONDO INVESTIGACION PESQUERA

FIP Nº 2000-13

Dinámica del reclutamiento de merluza del sur



Enero

2002



INFORME FINAL CORREGIDO

FIP 2000-13

**Dinámica del
reclutamiento de
merluza del sur**

• Enero, 2002 •



REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP
Presidente del Consejo:
Felipe Sandoval Precht

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP
División Evaluación Pesquerías Nacionales:
Guillermo Moreno Paredes
Directora Ejecutiva:
Juanita Gana Quiroz



JEFE DE PROYECTO

PEDRO S. RUBILAR

AUTORES

PEDRO S. RUBILAR
IGNACIO PAYÁ
ALEJANDRO ZULETA
CARLOS A. MORENO
FERNANDO BALBONTIN
HERNÁN REYES
RENATO CÉSPEDES
HUMBERTO POOL
LUIS ADASME
ALFREDO CUEVAS

• Enero, 2002 •



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

PERSONAL PARTICIPANTE

1. Equipo nacional

NOMBRE	FUNCIÓN	INSTITUCIÓN
Pedro S. Rubilar	Jefe Proyecto y Biología Pesquera	IFOP
Humberto Pool	Análisis Pesquero	IFOP
Alejandro Zuleta	Dinámica Poblaciones	IFOP
Ignacio Payá	Evaluación Stock	IFOP
Hernán Reyes	Oceanografía	IFOP
Renato Céspedes	Biología Pesquera	IFOP
Dr. Carlos Moreno	Ecología	U. AUSTRAL DE CHILE
Fernando Balbontin	Biología Larval y Reproductiva	U. VALPARAISO
TECNICOS		
Alfredo Cuevas	Procesamiento (datos e información)	IFOP
Luis Adasme	Procesamiento (datos e información)	IFOP

2. Equipo extranjero

NOMBRE	PAIS	INSTITUCION
Dr. Otto C. Wöhler	ARGENTINA	INIDEP
Ph.D. John McKoy	NUEVA ZELANDA	NIWA
Ph.D. Martin Dorn	USA	NOAA/ ASFC
Ph.D. David Agnew	UK	RRAG Imperial College
Ph.D. David Middleton	UK/Falkland Island	FIFD
Ph.D. Nelson Erhardt	USA	U. of MIAMI



RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se presentan los resultados de los análisis de la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras, con relación al ciclo de vida, reclutamiento y pesquería de merluza del sur. Se propone un modelo del ciclo de vida en el contexto espacio temporal con énfasis en el proceso de reclutamiento. Asimismo, se entrega un programa de investigación básica-aplicada, que tiene como objetivo establecer la dinámica espacio temporal del reclutamiento en base a procesos que ocurren al interior y entre las diferentes etapas del ciclo vital, por lo tanto está enfocado a dar respuesta a las interrogantes surgidas durante la construcción del modelo del ciclo de vida de merluza del sur en su contexto espacio temporal y también a entregar información útil y oportuna a la administración.

La modalidad de trabajo del proyecto estuvo basada en la recopilación y análisis de información a escala nacional e internacional sobre merluza del sur y otras especies de merlúcidos. Los resultados y análisis fueron discutidos en dos talleres de trabajo (Anexos). El primero de carácter nacional y el segundo de carácter internacional, donde se reunió información proveniente de Chile, Argentina, Islas Malvinas, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

Los resultados indican que en merluza del sur uno de los aspectos menos estudiados, en relación con la importancia que ello reviste, es el proceso de reclutamiento, tanto en Chile como en el sector Atlántico y en Nueva Zelanda. Las dos grandes pesquerías de merluza del sur, en relación con los aportes económicos y la magnitud de sus desembarques, son las desarrolladas en aguas chilenas y de Nueva Zelanda. En Argentina e Islas Malvinas, la pesquería de merluza del sur es de menor magnitud, llegándose en conjunto a una captura total aproximada de 7.000 toneladas en el año



2000. En el caso chileno la mayoría de la información recolectada durante el desarrollo de esta pesquería ha estado orientada a recopilar datos de desembarques, estructura de talla, esfuerzo de pesca, etc. Debido a esto la mayoría de la información sobre la biología y ecología de esta especie ha sido derivada desde la operación de la flota comercial y ha estado enfocada a la fracción vulnerable a los artes de pesca. Lo anterior, ha traído como consecuencia una escasez de estudios sobre la biología y ecología de los estadios más tempranos.

A raíz de lo anterior, en la reconstrucción del ciclo de vida de la merluza del sur, se ha encontrado una serie de interrogantes surgidas fundamentalmente por la falta de información de los estadios tempranos que se han transformado en hipótesis de trabajo. Así en las etapas de huevos, larvas y juveniles es necesario definir los factores bióticos y abióticos que más influyen en la supervivencia de estos estados, su distribución horizontal y vertical, el transporte de ellos, la depredación y otras causas de mortalidad a que son sometidos. Es necesario determinar si existen zonas de retención o transporte en el mar exterior o dicho de una forma más general, conocer los flujos de estos estadios a partir de los lugares de reproducción y desove.

El modelo conceptual general del ciclo de vida de merluza del sur presentado en la **Figura 56**, fue construido considerando dos poblaciones en el cono sur de América, la población del Pacífico y la del Atlántico, con algún grado de conexión desconocido entre ellas. Hasta el momento no existen antecedentes suficientes para rechazar o aceptar esta hipótesis; por lo tanto, es posible plantear un modelo del ciclo vital para aguas chilenas y otro para el sector Atlántico.

Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas

Reconociendo una sola zona de reproducción, gran parte del stock adulto desovaría en el área Guafo-Guambllín, hacia fines de invierno y principio de primavera (julio a



septiembre), para lo cual los desovantes (adultos y jóvenes recién maduros) migrarían hacia esta zona de reproducción a partir de sus distintas zonas de alimentación. Los huevos y larvas producto del último período de desove podrían mantenerse en aguas exteriores alrededor de la zona de reproducción y/o bien ser transportados por las corrientes marinas en distintas direcciones. Durante este periodo las larvas y huevos están sujetos a fuentes de mortalidad natural como depredación, inanición especialmente durante el periodo crítico, enfermedades, etc. La dispersión larvaria tiene lugar a partir de la zona de reproducción hacia las áreas de cría, la cual podría estar causada por el movimiento propio de las larvas y por las corrientes marinas. Dependiendo de la ubicación de los huevos en la columna de aguas éstos podrían ser arrastrados en distintas direcciones o bien mantenerse en áreas contiguas al área de desove próximos a la costa, en zonas de retención, donde estas fases tendrían una mejor sobrevivencia producto de una mayor oferta de alimento y una depredación menor por la fracción adulta. Estos factores podrían explicar el desove en aguas exteriores y la permanencia de estas fases en dicha zona. Sin embargo, también es probable que parte de estos huevos y larvas sean arrastrados al norte y sur de las áreas de reproducción por las corrientes, llegando a constituir los nuevos reclutas y juveniles que colonicen esos lugares.

El cambio de comportamiento alimentario (de planctófago a piscívoro, consecuencia del paso de postmetamórfico a juvenil) provocaría en estos peces la búsqueda de zonas de alimentación apropiadas, desplazándose los juveniles temprano y reclutas hacia aguas interiores de la zona norte y zona sur. Otra fracción se movería en forma latitudinal en áreas cercanas a la costa, senos y esteros conectados al mar abierto. La fracción recluta que ingresa a aguas interiores de la X y XI Región utilizando como transporte la "Corriente del Guafo", se ubicaría finalmente en el extremo norte y sur de la X y XI Región, (Seno de Reloncaví y Seno Aysén - Canal Costa, respectivamente). Estos extremos corresponden a localidades menos profundas, menos turbulentas y con concentraciones importantes de alimento íctico (merluza de cola pequeña) y con concentraciones menores de merluza adulta, evitando con esto el canibalismo. Igual situación podría ocurrir con los juveniles



originados del transporte hacia el norte y sur. La permanencia de los juveniles en estos sectores se extiende hasta alcanzar la talla de madurez sexual (cercano a 69-73 cm y edad 9 años), proceso biológico que los convierte en individuos adultos, momento en que se incorporarían al stock desovante que realizaría una vez más el proceso de migración hacia las zonas de reproducción completando el ciclo natural de la especie. Posterior, al desove los adultos realizarían una migración trófica en sentido latitudinal y transversal, en busca de zonas de alimentación apropiadas, tanto hacia el mar exterior como al mar interior de la región sur, durante primavera y verano. Estas fracciones adultas se reagruparían nuevamente en el próximo período de desove.

El esquema anteriormente propuesto, operaría sobre toda el área de distribución de la merluza del sur en Chile y no estaría restringido a una zona en especial. De hecho puede aplicarse si existieran otros focos de desove o zonas de reproducción importante, por lo tanto tiene generalidad. También hay que tener en consideración el efecto de la pesca sobre la fracción juvenil y adulta en las tres regiones, tanto en aguas exteriores e interiores.

La descripción pictórica del ciclo de vida de merluza del sur (grafo), fue construida considerando que las edades son representadas por nodos y las transiciones entre las edades, debido a procesos de sobrevivencia y reproducción, por flechas entre los nodos y la hipótesis principal es que las tasas vitales de las hembras son las determinantes en la dinámica de la población. Se consideraron edades del 1 a la 23 (nodos 1 al 23) y un grupo de edad terminal que reúne las edades iguales y mayores a 24 años (nodo 24+) con un intervalo de proyección de un año. Un análisis simple del ciclo de vida permite establecer que la supervivencia de los primeros estadios (edades 1 y 2) son desconocidas y son fundamentales en la determinación de la dinámica poblacional, ya que una tasa supervivencia similar a las de las edades más viejas determinará una tasa de crecimiento poblacional alta.



Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas del Atlántico

El ciclo de vida de merluza del sur en aguas del sector Atlántico es menos conocido. La información desde Argentina y de Malvinas indica una falta de peces juveniles en dicha área. Es así como en el sector de Malvinas se indica que los peces encontrados en sus aguas son esencialmente adultos y que éstos se ausentan durante junio y julio. Según Agnew *et al.* 2001 y Cotrina 1981, en el sector Atlántico el desove de merluza del sur ocurriría al suroeste de Malvinas, en el mar Argentino entre los 51° a 52°S a una profundidad de 200 a 400 m, lo cual explicaría la existencia de juveniles en esa zona. Chiechomsky (1975) indica que ellos nunca han encontrado huevos de esta especie en las muestras de ictioplancton. Pero concluyen desde análisis de post larvas que el desove tendría lugar entre octubre y noviembre, en la costa fueguina, entre 51° 45' S y 55° 02'S y al sur Oeste de Malvinas .

Según estos antecedentes debería ocurrir una migración de los distintos lugares de alimentación hacia dichas zonas de desove, mencionadas anteriormente. A partir del análisis de cruceros de investigación se observa un desplazamiento estacional de las concentraciones de merluza del sur hacia el extremo sur. Es así como durante el verano la especie se encuentra ampliamente distribuida entre los 47° a 56°S, con concentraciones altas en la costa patagónica entre los 51° a 56°S y al sur de Isla de los Estados. En otoño, se distribuye a partir de los 51° al sur, manteniendo los focos de abundancia mayores de la estación anterior. En Invierno, el área de distribución estuvo restringida al sur de los 52° S, mientras que en primavera bajas concentraciones fueron detectadas en toda el área, registrándose grandes abundancias en la boca del Beagle (Giussi *et al.*, 2001).

Toda esta información indica un proceso migratorio hacia el sur durante la época de desove y, una posible migración hacia el lado chileno, o en su efecto una migración



desde Chile hacia Argentina en primavera, lo cual podría explicar estas abundancias en la boca del Canal Beagle, en el límite con Chile.

Modelo general del ciclo de vida en el cono sur de América

Si el grado de conexión o mezcla entre las población del Pacífico y del Atlántico, es importante, entonces la población adulta residente de ambos océanos presentaría una zona de reproducción en cada uno de ellos y quizás una o más zonas de desove de menor importancia. El stock desovante generaría huevos y larvas, los cuales posteriormente conformarían la población juvenil y los nuevos adultos en ambos océanos. Sobre los peces adultos, juveniles, huevos y larvas se estaría ejerciendo una mortalidad natural representada por el sistema depredador-presa y también por los factores ambientales. A su vez en ambos océanos se está ejerciendo una mortalidad por pesca sobre la fracción adulta y fracción juvenil vulnerable a los artes de pesca. En el caso chileno esta mortalidad por pesca la ejerce una flota industrial en aguas exteriores e interiores y una flota artesanal en aguas interiores. En cambio, en el Atlántico la mortalidad por pesca sobre juveniles vulnerables a los artes de pesca y adultos, es ejercida por las flotas industriales de Argentina y Malvinas. También hay que tener en cuenta los descartes que se producen en cada pesquería. Este descarte no ha sido plenamente dimensionado ni medido en toda el área de distribución de la especie.

Programa de investigación

En la reconstrucción del modelo del ciclo de vida de merluza del sur se han usado una serie de suposiciones, traducidas como hipótesis de trabajo y que constituyen la base en la formulación del programa de investigación.

Los temas de investigación identificados deben ser abordados en su totalidad para establecer con mayor certeza el ciclo de vida de la especie y la variación espacio



temporal del reclutamiento. La idea es enfrentar íntegramente la investigación del recurso merluza del sur, de modo de ir avanzando sistemáticamente en el conocimiento de la **biología y ecología** de la especie como también en aspectos relevantes para la **evaluación y manejo**.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone la siguiente secuencia. Un primer grupo considerado de ejecución inmediata y el cual debería desarrollarse primero, y un segundo grupo, no menos importante que el anterior, sin embargo, este puede llevarse a cabo a continuación y lo hemos denominado de prioridad secundaria.

Prioridad inmediata (en los primeros 3 años)

- Identificación de las unidades de stock (Tema 1)
- Identificación de los mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas (Tema 2).
- Evaluación de post- metamórficos y juveniles tempranos (Tema 4).
- Evaluación de índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería (Tema 5).

Prioridad secundaria (a continuación de la anterior, es decir a partir del tercer año)

- Estudios de las interacciones tróficas (Tema 8).
- Identificación o generación de datos ambientales a macroescala para ser utilizados en análisis de reclutamiento (Tema 3).
- Estudiar la problemática del stock desovante (Tema 7).
- Modelación del reclutamiento y otras etapas relacionadas con el ciclo de vida (Tema 6).



INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO -----	i
ÍNDICE GENERAL -----	ix
ÍNDICE DE TABLAS -----	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xv
1. INTRODUCCIÓN -----	1
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO -----	3
Objetivo general -----	3
Objetivos específicos -----	3
3. METODOLOGÍA -----	5
Información -----	5
Análisis y discusión de la información -----	5
4. RESULTADOS -----	7
Organización de los talleres de trabajo -----	7
Objetivo específico 1: Recopilar, validar y analizar toda la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de reclutamiento de la merluza del sur -----	8
<i>Aspectos generales</i> -----	8
Definición de reclutamiento -----	8
Revisión del proceso de reclutamiento desde el punto de vista ecológico -----	9
Fluctuaciones de corto período -----	9
Fluctuaciones de largo período -----	13



<i>Historia de vida</i> -----	15
Distribución -----	15
Unidades de stock -----	16
Hábitat: Caracterización oceanográfica -----	17
a) Sector Pacífico -----	17
b) Sector Atlántico -----	26
c) Nueva Zelanda -----	28
 <i>Aspectos reproductivos</i> -----	 28
Fecundidad -----	28
Talla 50% de madurez sexual -----	29
Desove -----	30
En el Atlántico -----	31
Frecuencia de desove -----	32
Primeros estadios del ciclo de vida de merluza del sur -----	33
Reclutamiento en merluza del sur (variabilidad, distribución y abundancia) -----	41
Estados de vida adultos -----	45
 <i>Pesquería</i> -----	 51
En aguas chilenas -----	51
En aguas del Atlántico -----	52
En nueva Zelanda -----	54
Efectos de pesca sobre la fracción recluta o juvenil -----	56
Reclutamiento a la pesquería y condiciones ambientales -----	59
 Objetivo específico 2. Formular un modelo biológico del ciclo de vida de la merluza del sur, en un contexto espacio temporal, con énfasis en el proceso de reclutamiento -----	 61
 <i>Modelo de ciclo de vida</i> -----	 61
 <i>Descripción del modelo general del ciclo de vida de merluza del sur</i> -----	 63
Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas -----	64
Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas del Atlántico -----	66



<i>Modelo del ciclo vital de merluza del sur mediante grafos</i> -----	68
Representación matricial -----	69
Parametrización -----	70
Tasa de crecimiento poblacional -----	71
Objetivo específico 3. Formular un programa estructurado de investigación básica y aplicada que permita corroborar y/o complementar las hipótesis establecidas para la construcción del modelo de dinámica espacio temporal -----	77
<i>Hipótesis del modelo del ciclo de vida</i> -----	77
<i>Identificación y selección de temas de investigación</i> -----	99
<i>Programa de investigación</i> -----	104
Prioridad inmediata -----	107
Prioridad secundaria (a partir del tercer año) -----	108
5. DISCUSIÓN -----	111
6. CONCLUSIONES -----	121
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	123

TABLAS

FIGURAS

ANEXOS

- ANEXO 1.** Agenda Taller Nacional
- ANEXO 2.** Agenda Taller Internacional
- ANEXO 3.** Resúmenes Taller Nacional
- ANEXO 4.** Resúmenes Taller Internacional



INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Comparación de estimaciones de fecundidad modal en merluza del sur y en otras especies del género *Merluccius*.
- Tabla 2.** Parámetros A y B de la función logística y talla 50% de madurez en hembras de merluza del sur. Datos microscópicos.
- Tabla 3.** Parámetros biológicos de *M. australis* en Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).
- Tabla 4.** Caracteres diferenciables de *M. australis* y *M. hubbsi* (adultos y post larvas) (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Tabla 5.** Índices de importancia relativa de las presas de merluza del sur por zona y estación del año. (Fuente: Pool *et al.* 1997).
- Tabla 6.** Espectro trófico de *M. australis* en el mar Argentino, en frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N) y peso (%W) (Rosecchi & Nouaze, 1987) (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Tabla 7.** Capturas anuales (tons) de *M. australis* efectuadas por flota Argentina durante 1989-1998. (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Tabla 8.** Puertos de desembarque (tons) de *M. australis* durante 1999 y 2000 (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Tabla 9.** Desembarques reportados (tons) de merluza del sur desde 1984 a 2000 y Captura total permisible (TAC) desde 1987 a 2000, en los 3 stocks principales de Nueva Zelanda.



- Tabla 10.** Descarte porcentual en peso y número de individuos de la captura de merluza del sur, durante la pesca de investigación en la XII Región, temporada de invierno (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).
- Tabla 11.** Problemas identificados, proceso asociado, escala espacial y método de estudio en las diversas fases del ciclo vital de merluza del sur.



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1** Distribución de la merluza del sur (*Merluccius australis*) y división administrativa de la pesquería en Chile.
- Figura 2** Distribución espacial de Merluza del sur en el mar Argentino, con datos obtenidos desde observadores a bordo de buques comerciales (Fuente. Giussi *et al.*, 2001)
- Figura 3** Distribución global de *M. australis* en las áreas muestreadas por los observadores del departamento de Pesquería de las Islas Malvinas (Falkland Islands Fisheries Department). Cada cuadrado rojo indica la posición de un arrastre muestreado donde *M. australis* fue registrada. La línea segmentada indica el contorno de 200m de profundidad, y la línea punteada el contorno de los 500 m (Fuente : Agnew *et al.*, 2001).
- Figura 4** Localizaciones de las capturas comerciales de *M. australis* desde registros TCEPR desde 1989-1990 a 1999-2000, N=números de registros TCEPR (reproducido con permiso de Phillips 2001). (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).
- Figura 5** Distribución de todos los lances de investigación con arrastre con *M. australis* en Nueva Zelanda (Reproducido con permiso desde Anderson *et al.*, 1998) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).
- Figura 6** Esquema de la circulación general frente a las costas chilenas. (Fuente: Atlas Oceanográfico para la Educación, SHOA).
- Figura 7** Esquema de la circulación general en aguas interiores de la X y XI regiones a distintos niveles de profundidad (Silva *et al.* 1998).



- Figura 8** Ubicación de los 5 sectores oceanográficos descritos en el texto para la XI región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1996).
- Figura 9** Ubicación de los sectores oceanográficos 1 al 3 descritos en el texto para la XII región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).
- Figura 10** Ubicación de los sectores oceanográficos 4 y 5 descritos en el texto para la XII región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).
- Figura 11** Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea segmentada) del sector oceanográfico 1 (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).
- Figura 12** Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea segmentada) del sector oceanográfico 2 (Fuente: Céspedes *et al.* 1993).
- Figura 13** Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea segmentada) del sector oceanográfico 3 (Fuente: Céspedes *et al.* 1993).
- Figura 14** Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea segmentada) del sector oceanográfico 4 (Fuente: Céspedes *et al.* 1993).
- Figura 15** Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea segmentada) del sector oceanográfico 5 (Fuente: Céspedes *et al.* 1993).
- Figura 16** **A)** Esquema de circulación general en el Atlántico sur, **B)** Ubicación geográfica de los conjuntos ícticos: 1) Conjunto Boanerense, 2) conjunto plataforma internas y externas de sectores bonaerense y patagónico hasta 48°S, 3) Conjunto de tres Golfos del sector patagónico norte, 4) Conjunto Austral de la plataforma patagónica



fueguina y malvinense, 5) Conjunto de aguas profundas de la zona del talud continental de profundidades de 220 a 2300 m.

- Figura 17** Ubicación, batimetría y Zona Económica Exclusiva de Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001)
- Figura 18** Circulación superficial y masas de aguas alrededor de Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001)
- Figura 19** Ojiva de madurez para sexos combinados de *M. australis* en el mar Argentino (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Figura 20** Areas de distribución de larvas y postlarvas de *M. australis* en el Atlántico suroeste. Datos obtenidos del crucero de "Profesor Siedlecki", llevado a cabo durante noviembre de 1973 – enero de 1974 (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Figura 21** Esquema de probable distribución de huevos y larvas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.
- Figura 22** Larvas de merluza del sur (Fuente: Pool *et al.* 1997). LE: longitud estándar
- Figura 23** i) Patrón pigmentario de una postlarva de *M. australis* A: 4 mm SL; B: 6 mm SL; C: 10 mm SL; D: 17 mm SL and E: 25 mm SL, ii) Vista dorsal de la cabeza y región caudal de una postlarva de *M. australis* F, 12 mm SL y G, 17 mm SL (Fuente Ciechowski & Weiss, 1974). SL: Longitud estándar.(Fuente: Giussi *et al.*, 2001)
- Figura 24** Esquema migratorio de los juveniles tempranos de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.
- Figura 25** Distribución de *M. australis* de edad 0+ (≤ 25 centímetros de longitud total, pero también de longitudes menores que dependen de la estación de la captura, vea Hurst *et al.* (2000) para mayor detalle). Los círculos



indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducción con permiso de Hurst *et al.* 2000) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001)

- Figura 26** Esquema migratorio de los prereclutas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.
- Figura 27** Distribución de *M. australis* de edad 1+ (normalmente definidos como >25 centímetros y ≤45 centímetros de longitud total, pero también de otras longitudes que dependen de la estación de la captura, vea Hurst *et al.* (2000) para mayor detalle). Los círculos indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducido con permiso de Hurst *et al.* 2000) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).
- Figura 28** Esquema migratorio de los reclutas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.
- Figura 29** Variación estacional de la estructura de talla de la captura de merluza del sur en el Seno de Reloncaví, durante 1999. Verano (enero 1999), otoño (abril 1999), invierno (julio 1999) y primavera (octubre 1999) (Fuente: Rubilar *et al.* 2000).
- Figura 30** Variación espacio temporal de las estructuras de talla de la captura de merluza del sur en el Golfo de Ancud, durante 1999. Verano (enero 1999), otoño (abril 1999), invierno (julio 1999) y primavera (octubre 1999) (Fuente: Rubilar *et al.* 2000).
- Figura 31** Variación estacional de la estructura de talla de la captura de merluza del sur en el en la X región, por caladeros durante 1999. Verano (enero 1999), otoño (abril 1999), invierno (julio 1999) y primavera (octubre 1999) (Fuente: Rubilar *et al.* 2000).



- Figura 32** Variación estacional de la estructura de talla de la captura de merluza del sur en la XI región, por caladeros. Primavera (noviembre 1998), verano (enero 1999), otoño (abril 1999) e invierno (agosto de 1999) (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).
- Figura 33** Estructura de talla de la captura de merluza del sur en la XII región por estación del año. La línea roja indica la talla mínima legal y la línea celeste la talla de primera madurez. (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000)
- Figura 34** Distribución de talla de la merluza del sur en aguas exteriores de forma bimensual en 1987 en la flota arrastrera fábrica.
- Figura 35** Distribución de talla de la merluza del sur por grado de latitud en 1987 en la flota arrastrera fábrica.
- Figura 36** Distribución de frecuencias de la longitud total de la captura, por mes y área durante el año 2000, en aguas Argentinas (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).
- Figura 37** Distribución de *M. australis* inmaduros ≤ 75 centímetros de longitud total. Los círculos indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducido con permiso de Hurst *et al.*, 2000) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001)
- Figura 38** Esquema migratorio para merluza del sur propuesto por Aguayo 1994.
- Figura 39** Esquema del posible ciclo migratorio de merluza del sur propuesto por George-Nascimento y Arancibia (1994).
- Figura 40** Esquema migratorio de los ejemplares adultos de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.



- Figura 41** Distribución estacional, en densidad (t/mn^2) de *M. australis* obtenida de cruceros de investigación. A: verano, B: otoño, C: invierno y D: primavera (Fuente: Giusssi *et al.*, 2001).
- Figura 42** Tamaños a la edad para hembras (arriba) y machos (abajo) de merluza del sur, desde todas las lecturas de otolitos en el periodo 1988 a 2000. Los otolitos colectados en noviembre son mostrados con círculos llenos, los otolitos de otros meses como cruces. La comparación de las curvas crecimiento de von Bertalanffy se muestran para los peces de la pesquería chilena (Ojeda y Aguayo, 1986, línea sólida) y para la pesquería de Nueva Zelanda (Colman, 1995, línea segmentada) (Fuente Agnew *et al.*, 2001).
- Figura 43** Capturas totales (tons) de Merluza del sur reportadas por la flota Argentina, al sur de 48° LS durante 1989-2000 (Fuente : Giusi *et al.*, 2001).
- Figura 44** Principales zonas de pesca de la flota Argentina que operó sobre merluza del sur durante 1998-2000 (Fuente : Giusi *et al.*, 2001).
- Figura 45** Capturas totales (tons) de las principales especies comerciales en la zona de pesquería de Islas Malvinas en 1989 y 1999 (Anon., 2000) (Fuente Agnew *et al.*, 2001).
- Figura 46** Captura estimada de merluza del sur *M. australis* en aguas de Islas Malvinas. Las estimaciones fueron hechas por separado para las dos áreas (Sur y Norte). El número total de días de pesca para barcos con licencia, y la captura total de ambas especies de merluza para todos los barcos, es también mostrada. (Fuente : Agnew *et al.*, 2001).
- Figura 47** Áreas de manejo de cuotas (Quota management Areas (QMAs) para la merluza del sur en la Zona Económica Exclusiva (EEZ) de Nueva Zelanda. El oeste de Chatham Rise (llamado HAK1) es considerado parte del stock de Chatham Rise para propósitos de evaluación.



- Figura 48** Distribución de frecuencia de longitud para merluza del sur por sexo y estación (Fuente : Giussi *et al.*, 2001).
- Figura 49** Frecuencias de longitud estimadas para machos (azul) y hembras (rojo) de merluza del sur, de datos del observador científico para la captura comercial (Figuras lado izquierdo) y de datos de pesca (Figuras lado derecho) para la costa oriental de la Isla Sur, Chatham Rise, y Sub-Antártica (Fuente : Dunn *et al.*, 2001).
- Figura 50** Descartes en peso y número producidos durante 1999 en la pesca de investigación de merluza del sur (Fuente: datos proyecto FIP 98-02).
- Figura 51** Relación de los residuos del modelo huevos-reclutas y la temperatura superficial del mar en Pto. Williams (arriba) y el ajuste del modelo huevos reclutas con esta variable ambiental incorporada (abajo).
- Figura 52** Forma de las transformadas realizadas por el algoritmo ACE del reclutamiento (R) , producción de huevos (H), mínimo valor del IOS entre junio del año t y julio del año t+1 (IOSMIN), la temperatura superficial del mar de Pto. Williams (TSM) y las precipitaciones de Pta. Arenas (PP).
- Figura 53** Contribución a la transformada del reclutamiento (TR) de las transformadas de la producción de huevos (TH), mínimo valor del IOS entre junio del año t y julio del año t+1 (TIOSMIN), la temperatura superficial del mar de Pto. Williams (TTSM) y las precipitaciones de Pta. Arenas (TPP).
- Figura 54** Proporción sexual por talla, estación y sector en la X región año 2000 (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).
- Figura 55** Proporción sexual por caladeros en la X región (Fuente Rubilar *et al.*, 2000).



- Figura 56** Modelo analítico del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas y del Atlántico.
- Figura 57** Ciclo de vida de una cohorte considerando los principales procesos o etapas.
- Figura 58** Esquema migratorio de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.
- Figura 59** Patrones migratorios de la merluza del pacífico, *Merluccius productus* (Fuente: Dorn 1995).



1. INTRODUCCIÓN

Se ha dicho muchas veces que el problema fundamental en biología pesquera es la predicción del reclutamiento. En el lenguaje usual de los biólogos pesqueros, suele decirse que el problema clave es la relación "stock- reclutamiento", entendiéndose por ello el cómo y cuánto depende cada generación de sus progenitores.

La abundancia de una clase anual (cohorte) queda determinada en las primeras etapas de la vida y antes de llegar a la primera madurez sexual, y muchas veces antes de la fecundación, ya que las circunstancias ambientales pueden afectar el éxito de apareamiento de sus progenitores. En las primeras etapas de la vida concurren, en su forma más aguda, procesos como la competencia, depredación, la dispersión e influencia de los factores abióticos.

La gran variación de los reclutamientos somete a las pesquerías a un futuro incierto, particularmente aquellas cuya biomasa capturable se compone de una o pocas clases de edad (generaciones) y que, por lo tanto, está dependiendo en gran medida de los reclutamientos. En especies en que la reproducción tiene lugar sólo una vez durante su ciclo vital (semélparas), tal como en los cefalópodos y algunas especies de salmones, la biomasa a capturar dependerá enteramente del reclutamiento entrante si la pesquería tiene lugar en las mismas áreas de reproducción. Así también, incluso, en especies cuya biomasa capturable se compone de más de cinco grupos de edad la influencia de las fluctuaciones del reclutamiento puede ser muy grande.

La explicación biológica más básica de la gran variación de los reclutamientos está en la alta fecundidad de los peces y en las mortalidades variables de huevos, larvas y juveniles, lo que sin duda da margen para que una cierta variación en los factores de sobrevivencia ocasione reclutamientos significativamente muy diferentes.



Una cosa que llama la atención en los peces es que ecológicamente son paradójicos puesto que aunque evolutivamente evidencien tendencias hacia tener una mayor longevidad y mayor tamaño al final del crecimiento -aspectos propios de los estrategias **K**- sin embargo, presenten tan altas fecundidades, lo cual es propio de los organismos "**r**" seleccionados. Quizás la explicación de esto radique en el hecho que "si una determinada especie marina explota con éxito (constituyendo una biomasa dominante) la producción primaria ha de iniciarse con tamaños pequeños, aunque luego siga las rutas evolutivas de la estrategia **K**, esto es, tendiendo a la longevidad y al tamaño grande". De todas maneras esta sujeción a unos tamaños iniciales pequeños hace que los peces sean unos vertebrados pequeños, aunque el crecimiento relativo sea enorme, si bien hay una especie como el atún (*Thunnus thynnus*) que puede crecer hasta un peso de 700 kilos, los peces de pequeño y mediano tamaño constituyen la casi totalidad de la biomasa de los peces marinos (Larrañeta, 1996).

Siguiendo la propuesta técnica del proyecto FIP N° 2000-13 "Dinámica de reclutamiento de merluza del sur", entre los días 2 al 6 de abril de 2001 se realizó el Primer Taller de Trabajo, en la ciudad de Valparaíso, el cual tuvo como finalidad analizar y discutir la información disponible del ciclo de vida de merluza del sur relacionada con el proceso de reclutamiento en aguas chilenas. Posteriormente, entre el 28 de mayo y el 1 de junio de 2001, se realizó el Segundo Taller de Trabajo, el cual reunió al equipo de trabajo completo (nacionales y extranjeros) y se discutió la información del ciclo de vida de merluza del sur generada en el primer taller y se incorporó la información extranjera al respecto. Asimismo, se desarrolló el modelo analítico del ciclo de vida y el programa de investigación considerando las principales incógnitas surgidas con relación al ciclo de vida.

Este documento entrega todos los resultados obtenidos en el estudio.



2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

Establecer la dinámica del reclutamiento de merluza del sur en el área de distribución del stock en Chile.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar, validar y analizar toda la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de reclutamiento de la merluza del sur.
- Formular un modelo biológico del ciclo de vida de la merluza del sur, en un contexto espacio temporal, con énfasis en el proceso de reclutamiento.
- Formular un programa estructurado de investigación básica y aplicada que permita corroborar y/o complementar las hipótesis establecidas para la construcción del modelo de dinámica espacio temporal.



3. METODOLOGÍA

Información

La información para el desarrollo de este estudio está basada en la recopilación bibliográfica de antecedentes en informes técnicos, revistas científicas y datos no publicados que tienen relación con el ciclo de vida, pesquería y proceso de reclutamiento de merluza del sur, tanto a escala nacional como internacional.

Análisis y discusión de la información

La información recopilada fue analizada en dos talleres de trabajo que reunieron a especialistas nacionales e internacionales. Los resultados del primer taller de trabajo, que reunió a expertos nacionales, fueron informados en el primer informe de avance. El segundo taller de trabajo denominado "taller internacional", reunió un equipo nacional con un grupo de expertos internacionales (UK, Argentina, USA y Nueva Zelanda) y en el cual se revisó, analizó y discutió el ciclo de vida, el reclutamiento, la pesquería, las hipótesis de trabajo desarrolladas durante el primer taller, desarrollándose además un programa de investigación que permite dar respuesta a las principales interrogantes o dudas surgidas desde la formulación del modelo analítico del ciclo de vida de merluza del sur. Para lograr lo anteriormente indicado se unieron los antecedentes nacionales e internacionales proveniente de Nueva Zelanda, Islas Malvinas y Argentina.

Asimismo se contó con antecedentes respecto de la pesquería de la merluza del pacífico (*Merluccius productus*) en la cual se ha trabajado mucho más en el conocimiento de su biología, ecología y reclutamiento en relación a condiciones ambientales.



4. RESULTADOS

A continuación se presentan todos los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio, incluyendo el primer y segundo taller de trabajo, realizados entre el 2 al 6 de abril de 2001 en la ciudad de Valparaíso y entre el 28 de mayo al 2 de junio de 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 extranjera en relación con el proceso de reclutamiento de merluza del sur y el modelo analítico del ciclo de vida en el contexto espacio temporal con énfasis en el proceso de reclutamiento. Asimismo, se formuló un programa de investigación básica y aplicada que permite corroborar y/o complementar las hipótesis de trabajo surgidas en la discusión del ciclo de vida.

Organización de los talleres de trabajo

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 1 y 2 se entregan las agendas de trabajo del primer y segundo taller, donde aparecen los temas tratados y los participantes. En el Anexo 3 y 4 se entregan los resúmenes de las exposiciones hechas por los participantes en el primer y segundo taller, respectivamente.



Objetivo específico 1: Recopilar, validar y analizar toda la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de reclutamiento de la merluza del sur.

Aspectos generales

Definición de Reclutamiento

Las principales definiciones del reclutamiento contenidas en la literatura biológica-pesquera, comúnmente consultada, dice relación con lo siguiente:

Ricker (1975) define reclutamiento como la adición de nuevos peces a la población vulnerable por crecimiento desde los tamaños inferiores. Larrañeta (1996), indica que con la palabra reclutamiento se conoce en biología marina varios fenómenos en relación con los avatares que sufren los peces juveniles al integrarse al grupo de los adultos y que desde el punto de vista de la pesquería, en un stock no todas las edades son igualmente vulnerables a los artes de pesca (selectividad), ni tienen porque ser igualmente accesible (disponibilidad). Por lo que la combinación de vulnerabilidad y accesibilidad, hace que la mortalidad por pesca varíe entre las edades de los peces. Quizás la definición más general del proceso de reclutamiento es la de Carlotti (1987), quien define al proceso de reclutamiento como el flujo de organismos que entran en un estado.

El proceso de reclutamiento, indica que existe un grupo de individuos que experimentan dicho proceso y a los cuales se ha denominado "reclutas". El concepto recluta presenta algunas variaciones entre investigadores, dependiendo mucho del punto de vista y del estado asociado, así por ejemplo para algunos son reclutas: 1) los peces juveniles completa y recientemente metamorfoseados, 2) los peces cuyo crecimiento está adecuadamente descrito por alguna de las formas del modelo de crecimiento de von



Bertalanffy, 3) los peces cuya tasa instantánea de mortalidad es similar a la de los adultos, 4) los peces que aparecen en las áreas de pesca, etc.

Revisión del proceso de reclutamiento desde el punto de vista ecológico

Desde el punto de vista de la ciencia ecológica, el reclutamiento es un proceso que permite a las poblaciones integrar la última cohorte a la primera edad. Este concepto se hace necesario, ya que el ciclo de vida de los peces incorpora una etapa larvaria de dispersión durante la cuál ocurre el desarrollo hasta la metamorfosis de las larvas a un juvenil, que pasa sus primeros años en el área de cría. Al final de la metamorfosis, ocurre además un cambio de hábitat, denominado "asentamiento", que viene a ser una primera medida del reclutamiento. Consecuentemente, cualquier otro estado de transición en que sea medida la incorporación de los nuevos individuos post-metamórficos a la población, dependerá de la habilidad de los investigadores para detectarlos y medirlo, por ello "reclutamiento" en ecología es un concepto convencional.

Algo que sorprende al estudiar las frecuencias de tamaños del reclutamiento es la presencia de unos pocos reclutamientos excepcionalmente grandes, y es que, habitualmente, la distribución de frecuencias de tamaños de reclutamiento es log-normal. Otras veces, se observan períodos largos en los que el reclutamiento medio es muy diferente del nivel medio de los períodos colaterales. Esto nos invita a considerar las causas de corto y largo período de las fluctuaciones del reclutamiento.

Fluctuaciones de corto período

Debido a que la etapa de dispersión larvaria presenta una gran dependencia de fenómenos oceanográficos, para conocer los procesos físicos que conducen las larvas hacia las zonas de crías, principalmente en las plataformas continentales, se han estudiado principalmente, el forzamiento de las masas de agua marina por



viento, mareas y diferencias de densidad o boyantes. De estos procesos el más importante suele ser el forzamiento por vientos, el cual puede ser entendido básicamente por la conocida circulación de Ekman, lo cual implica transportes a través de la plataforma, pero simultáneamente a lo largo de la plataforma, que puede transportar las larvas hacia hábitats apropiados y/o inapropiados. En este proceso, las direcciones, intensidades y frecuencias de los vientos son variables determinantes, además de la forma y topografía de la plataforma y el parámetro de Coriolis (Epifanio y Garvine, 2001). Los efectos de mareas se relacionan en el océano abierto con olas internas y en zonas de bahías y canales con flujos, correlacionados con fenómenos lunares. Las corrientes de boyantés, son particularmente importantes en zonas estuarinas.

Durante el transporte físico de las larvas, ocurre una serie de fenómenos biológicos que deben ser considerados en los estudios de sobrevivencia larvaria, como por ejemplo comportamiento de las larvas (movimientos verticales, natación etc.), períodos críticos en el desarrollo (como el paso de la alimentación vitelina a captura del alimento en el medio), abundancia de alimentos en el medio, competidores, depredadores, etcétera. Todos estos procesos, tanto físicos como biológicos, se han integrado en múltiples hipótesis que permiten explicar la variabilidad de la fuerza de las cohortes en una población, entre ellas las principales han sido las Hipótesis: conocidas como Match - Mismatch, Ventana ambiental óptima y la del balance entre retención (miembros) y dispersión fuera del hábitat (extraviados), conocida como "del miembro expatriado".

Esto indica que las causas inmediatas de mortalidad en estas etapas son la inanición y la depredación. Las teorías basadas en la inanición surgen según como se explique el éxito o fracaso en la alimentación de las larvas. Las dos teorías más clásicas para explicar la mortalidad de las larvas y/o fluctuaciones del reclutamiento se deben a Hjort (1914), aplicadas al bacalao de noruega. En la llamada hipótesis 1 considera que el éxito de una clase anual se debe al ajuste temporal entre el momento de la puesta del



bacalao y el del máximo de la abundancia del zooplancton, especialmente de las cohortes de copépodos, que es de mayor variabilidad estacional. Como resulta que el desarrollo del zooplancton es consecuencia de un previo desarrollo de fitoplancton, entonces el factor clave de la magnitud de la clase anual del bacalao sería la aparición a tiempo oportuno de floración invernal del fitoplancton.

La hipótesis 2 supone que el éxito alimentario de las larvas es la consecuencia de que sean arrastradas por las corrientes a un área adecuada para su alimentación. En un principio, la hipótesis 1 tuvo más aceptación, pero a partir de la década de 1950 empezó a darse importancia a la hipótesis 2. En cualquiera de las dos hipótesis la inanición es la causa de la mortalidad larvaria. El período crítico no sería, para Hjort, una etapa concreta sino que abarcaría todos los estados iniciales: huevo, larva, postlarva, y juvenil temprano.

Un perfeccionamiento de la hipótesis 1 de Hjort es la teoría del “ajuste/desajuste o Match- Mismatch” de Cushing (1975), que liga esta hipótesis con el concepto de “profundidad crítica” de Sverdrup (1953), que consiste en relacionar el inicio de la floración primaveral del fitoplancton con el desarrollo de la estratificación termal de la capa superficial del océano, estratificación que se origina con el aumento del calentamiento solar y depende también de la configuración de los vientos. Por otra parte, Lasker (1975), estudiando la sobrevivencia de las larvas de la anchoveta de California, encontró que era necesaria una calma marina de varios días para que el plancton se organizara en capas que ofrecieran un alimento accesible (algas); mientras el afloramiento sea intenso la turbulencia será excesiva para que se formen las capas de concentración del alimento de las larvas de la anchoveta.

Respecto a la hipótesis 2 de Hjort, la teoría más ambiciosa es la “hipótesis de las áreas de retención” (Iles & Sinclair, 1982) la cual se basa en la idea de que cada especie está dividida en una serie mayor o menor de poblaciones (“riqueza de poblaciones”), cada una de las cuales está asociada a un área de reproducción.



Los miembros de cada población deben estar ligados a estas áreas para contribuir al sostenimiento numérico de la población, primero sin salir de la zona en la que la sobrevivencia de la larva es posible (“áreas de retención”) y, luego, de adultos, retornando a la misma para efectuar allí la reproducción (desove); si no sucede cualquiera de estas dos situaciones el miembro se transforma en un “vagabundo”, perdiéndose para la población. Las áreas de retención serían los lugares en donde se minimizaría la mortalidad denso-independiente de las larvas, y la acción retentiva sería una consecuencia de corrientes. Las fluctuaciones de las clases anuales se deberían a las variaciones de la configuración anual de las corrientes marinas. Esta hipótesis, brillante en su exposición, se ha visto validada en unas pesquerías y en otras no. Las corrientes favorables serían las rotatorias con giro concentrador o, también, las que arrastren huevos y larvas hacia la costa. En este último caso, las corrientes de afloramiento, dirigiéndose en superficie hacia mar abierto –“espiral de Ekman”- serían desfavorables, y la freza tendría que tener lugar, también, inmediatamente después de cesar la floración del fitoplancton.

Una teoría, independiente de las de Hjort, es la de las variaciones de la mortalidad por depredación, aunque ya hemos visto lo difícil que es discriminar esta causa de la mortalidad por inanición. En este caso se trataría de la variación de las clases anuales, normalmente consistente en fuertes reducciones, por la presencia masiva de un depredador eficaz. El canibalismo debe circunscribirse al campo de la mortalidad compensatoria, es decir, al de la estabilidad de los reclutamientos antes que al de sus fluctuaciones. Los depredadores más eficaces de huevos y, sobre todo, de larvas, estarían entre el zooplancton gelatinoso (ctenóforos, sifonóforos, taliáceos, etc.). Las teorías de la depredación tienen el inconveniente de ser menos tratables cuantitativamente para la proyección de pronósticos, aunque puede haber “predictores” sobre la presencia y abundancia de depredadores clave.



Fluctuaciones de largo período

La teoría más clásica para explicar las fluctuaciones de largo período (seis años en adelante) es la climática. Se supone que los cambios de la interacción océano-atmósfera modifican los ecosistemas marinos. Detectar los cambios climáticos es difícil, y más todavía los cambios hidrográficos de largo período, pero en cambio sus efectos en los ecosistemas terrestres y marinos suelen ser sensibles, pues los sistemas biológicos son unos finos detectores de las condiciones ambientales físicas; de modo que no se trataría tanto de prever los cambios de las pesquerías por la detección de cambios climáticos como de relacionar ambas series de fenómenos y estudiar la periodicidad de las fluctuaciones de los recursos pesqueros. A veces de lo que se trata no es de un cambio climático sino de una fuerte anomalía climática durante uno o dos años, que sucede con una periodicidad media de cinco o más años.

Un ejemplo es el llamado "ciclo de Russell", de acuerdo con las observaciones desarrolladas en el Canal de la Mancha, con cambios en la proporción de especies planctónicas acompañados de cambios alternativos en la abundancia de ciertas especies de peces comerciales, abarcando un período entre 1930 y 1975 (Southward & Boalch, 1988). Otro ejemplo sería la aparición de una importante pesquería de bacalao al oeste de Groenlandia durante las décadas de 1960 y 1970, consecuencia de un aumento de la temperatura media, y posterior declinación por enfriamiento. Otro, caso es el imprevisto aumento de los gádidos en el Mar del Norte durante las mismas décadas. Un acontecimiento climático espectacular, por lo brusco y extenso geográficamente, es el llamado "fenómeno de El Niño", también conocido por ENOS (El Niño Oscilación del sur), que consiste en una reversión de la corriente ecuatorial del Océano Pacífico, cuyo sentido normal es de este a oeste, durante uno o dos años, con enormes consecuencias pesqueras en Sudamérica y efectos en todos los océanos.



Otras hipótesis apelan a fenómenos astronómicos como, por ejemplo, los ciclos de manchas solares, o variaciones de la "constante" solar, con períodos de 11 y 22 años, de tal manera que cuantas más manchas hay en la superficie del Sol mayor es la cantidad de energía solar que llega a la Tierra, produciendo un aumento de la cantidad de movimiento en el sistema de corrientes oceánicas, con el consiguiente efecto en las pesquerías. Otra hipótesis importante (Wyatt & Vásquez, 1988) tiene en cuenta la sincronización de los ritmos solar y lunar, que coinciden cada 18-19 años. La tierra tiene un cierto balanceo con respecto a su eje de rotación –movimiento polar- habiendo una relación entre este balanceo y las corrientes oceánicas, con efectos sobre determinadas pesquerías (Larrañeta & Vásquez, 1985).

Hay también teorías estrictamente ecológicas, bajo la idea de que hay fluctuaciones de largo plazo que están asociadas al cambio de dominancia en el ecosistema de ciertas especies de peces comerciales normalmente pelágicos, o son consecuencia de él; fluctuaciones con períodos que pueden ser de décadas de duración.

De alguna manera todas estas teorías pueden sintetizarse en la hipótesis de Sharp (1980) de que el reclutamiento depende de la disponibilidad de un hábitat adecuado para las larvas. Si una especie está limitada a unas condiciones ambientales y geográficas muy restringidas sus reclutamientos estarán muy influidos por las variaciones en el área de las larvas; en cambio, las especies nómadas podrán colonizar rápidamente nuevas áreas. Los cambios geográficos de las condiciones ambientales pueden ser de corto o largo plazo, dando lugar en los stocks muy localizados a variaciones verdaderas de los mismos, y en los nómadas, ya sea por migración de los adultos o por dispersión de los huevos y larvas, a nuevas distribuciones con cambios en la abundancia local pero no tanto en el conjunto del stock.

Las fluctuaciones de corto y largo período pueden combinarse, y es casi imposible encontrar una pesquería de peces marinos en la que las fluctuaciones tengan una



regularidad reconocible a simple vista. Tampoco ninguna de estas hipótesis puede aspirar a una validez general, siendo cada pesquería un caso particular.

Los estudios modernos sobre esta materia implican la aplicación de instrumentación de registro continuo, sobre la base de estaciones fijas tanto de muestreo de los fenómenos de corrientes como de la abundancia de los estadios larvarios y juveniles, de tal manera que se puedan construir índices comparativos de abundancia y/o fuerza de las cohortes. Apoyado por cruceros y observaciones satelitales.

Historia de vida

Distribución

Merluccius australis (Hutton 1872), conocida en Chile como merluza del sur o merluza austral, es una especie demersal que se distribuye desde la VIII (38° 22' S) a la XII región (55° S) en la costa chilena, entre los 60 a 800 m de profundidad. En Chile su área de distribución (**Figura 1**), para efectos de administración de la pesquería, ha sido subdividida en sentido latitudinal en dos grandes áreas: a) Unidad de Pesquerías Norte (UPN, 41°28,6' – 47°00' S) y b) Unidad de Pesquerías Sur (UPS, 47°01' – 57°00' S). Ambas unidades abarcan tanto las aguas interiores como exteriores.

En Argentina, se le conoce con el nombre común de merluza austral o merluzón, y aparece en el talud continental, principalmente al sur de los 50° LS en profundidades de 100 a 400 m (García de la Rosa *et al.*, 1997) y que al norte de esta latitud ha sido mencionada esporádicamente y puede ser confundida con los especímenes grandes de ***M. hubssi*** (**Figura 2**). Según Cotrina (1981) y Otero *et al.*, 1982, ha sido observada desde los 43° S hasta 54° S durante cruceros de investigación. Asimismo, Cosseau y Perrotta (1998) indican que se distribuye entre los 38° y 55° S, desde los



50 a 400 m, estrechamente relacionada con las aguas de la corriente de las Malvinas.

Alrededor de Islas Malvinas ha sido registrada de costa sur -oeste de "Falkland Interim Conservation and Management Zone" (FICZ), en profundidades entre 200 y 500 m (**Figura 3**). También ha sido encontrada sobre la costa menos profunda en el noroeste de la FICZ alrededor de la isobata de 200 m incluyendo registros en aguas internacionales al norte de los 45° LS.

En Nueva Zelanda, se le conoce como Hake. Los datos provenientes de la pesquería comercial y de cruceros investigación indican que la merluza del sur está ampliamente distribuida alrededor de la Isla Sur (South Island) en profundidades de 200 a 800 m (Horn, 1996, Anderson *et al.*, 1998, Hurst *et al.*, 2000) (**Figura 4 y 5**).

Unidades de stock

En general se reconoce la existencia de dos poblaciones, una habita en aguas de Nueva Zelanda y la otra en el cono sur americano (Cosseau y Perrotta, 1996). Se piensa que la población de Nueva Zelanda puede haberse originado desde Sudamérica durante un periodo del interglacial en el Pleistoceno (Inada 1981, Ho 1990). Aguayo-Hernández (1994) también plantea la existencia de una sola unidad de stock de merluza del sur en el cono sur de América, aspecto que fue reforzado por George-Nascimento y Arancibia (1994), con estudios parasitarios y morfométricos. Estos autores concluyen que merluza del sur conformaría una sola unidad poblacional, en todo su rango de distribución en el cono sur de América. Sin embargo, sugieren la existencia de la menos 4 grupos ecológicos en la especie (aguas interiores y exteriores de la XI y XII Regiones), con un componente predominantemente ontogénético. Un quinto grupo, correspondiente a Islas Malvinas, muestra diferencias adjudicables a variaciones de la dieta durante una migración hacia el Atlántico, de una fracción de merluzas del extremo más austral de Chile.



Hábitat: Caracterización oceanográfica

a) Sector Pacífico

Esquema general de la circulación exterior

El esquema de la circulación general (**Figura 6**) en la zona exterior de la X y XI Región indica un flujo oeste-este que se acerca a la costa entre los 38° a 42° S. Este importante flujo de agua corresponde a la Corriente de Deriva del Oeste (CDO) y de su bifurcación nacen dos importantes corrientes, una en dirección norte conocida como Sistema de Corrientes de Humboldt y la otra hacia el sur conocida como Corriente del Cabo de Hornos (Silva y Neshyba, 1977). El choque de la CDO con el continente ocurre centrada en los 42°S y esta posición latitudinal parece no tener una variación temporal importante. Longitudinalmente existiría un cambio de posición de la bifurcación norte y sur, el que aparentemente se produciría más alejado de la costa durante el invierno en los 78°W (Leth, 2000). El sector de choque y bifurcación de la CDO corresponde con la zona conocida de máxima intensidad de desove de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Bajo los 100 m de profundidad, en esta misma zona, se localiza la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) que alcanza hasta los 47°S. La AESS es transportada por la Corriente Subsuperficial Chile – Perú. Esta corriente presenta una fuerte variabilidad tanto en magnitud como en dirección a frecuencias de días y semanas (medido en los 30°S, Shaffer *et al.*, 1995) lo que podría influir en la dispersión o retención de huevos de merluza del sur, si estas variaciones se presentan también en forma importante en la zona de desove. A una escala de tiempo interanual, la AESS, ha presentado cambios en los porcentajes de mezcla y que han sido medidos en los 30°S (Ortiz, 1998). Durante los años con presencia de la fase cálida del ENSO, El Niño 1994 y 1997, esta masa de agua presentó mayores porcentajes de participación en comparación a aquellos registrados durante la fase fría del ENSO La Niña 1995-1996. La AESS corresponde al agua que penetra, bajo los 150 m de



profundidad hacia el interior de la zona de canales de la X y XI Región, estos son principalmente el Golfo Corcovado y los canales Moraleda, Jacaf y Puyuhuapi.

Características hidrográficas de las aguas exteriores

En la zona exterior cercano a las entradas de los canales de la X Región a XII Región, a nivel superficial, se encuentran gradientes de salinidad durante todo el año y también frentes térmicos, pero esto dependerá de la temperatura aportada desde el continente.

Se puede indicar a modo general que en las aguas exteriores de la X y XI Regiones y a la profundidad del hábitat (200 a 300 m de profundidad) se encuentra agua de tipo Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Esta masa de agua es transportada desde el norte por la Corriente Subsuperficial Chile-Perú y se caracteriza por presentar un máximo de salinidad y una capa de baja concentración de oxígeno cercano a los 3 ml/l. La AESS ha sido detectada hasta los 47° de latitud S. No se conoce su variabilidad temporal tanto anual como interanual y cómo esta podría afectar el proceso de reclutamiento de merluza del sur.

A nivel superficial se encuentran gradientes de salinidad durante todo el año y dependiendo de la temperatura aportada desde el continente se presentan también frentes térmicos cercanos a las entradas de los canales.

Estudios de estrés del viento (medidos con datos de barco) indican que en la zona entre 43° y 45°S, durante las estaciones de invierno a primavera, se registran bajos valores del esfuerzo meridional (componente norte-sur) en comparación a latitudes mayores y menores. La componente zonal (este-oeste) sin embargo es comparativamente mayor durante todo el año con relación a distintas latitudes con un máximo en invierno y primavera (Müller y Figueroa, 1996).



En relación a la clorofila medida en superficie, promedios latitudinales mensuales en un área hasta los 100 km. de la costa indican que para el sector entre los 41° y 45°S, sector conocido como de desove, los máximos de clorofila se registran entre mayo y junio (Leth, 2000).

Circulación en fiordos y canales

Los fiordos y estuarios se caracterizan por presentar un sistema complejo de circulación y transporte de agua (**Figura 7**). En la zona comprendida entre el Seno de Reloncaví y la Laguna San Rafael, se identifican 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 (Silva *et al.* 1997). El esquema de la circulación general en la zona indicada corresponde a circulación de tipo estuarina, es decir, comprende agua de baja salinidad en superficie, debido a los importantes aportes de agua dulce desde el continente, ubicada en los primeros 30 m de profundidad. Esta capa de agua fluye hacia el sur en la X Región, desde el Seno de Reloncaví y Golfo de Ancud saliendo por el Golfo Corcovado y en la XI Región fluye desde los esteros y senos de los canales hacia el norte por el Canal Moraleda, saliendo por la boca del Guafo y también hacia el oeste por los canales que se conectan con el océano abierto. En el nivel intermedio, entre 30 y 150 m, el agua de tipo subantártica fluye al 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 Seno de Ancud y Seno de Reloncaví (Silva *et al.* 1997). En el nivel profundo, bajo los 150 m logra penetrar por la Boca del Guafo, y solamente hacia la zona interior de la XI Región, una porción de Agua Ecuatorial Subsuperficial, que debido a barreras topográficas sólo alcanza a abarcar el Canal Moraleda y los canales profundos Jacaf y Puyuhuapi. Estos sectores, junto al Seno Aysén, son las localidades donde se ha recolectado importante número de larvas de merluza del sur (Balbontín y Bernal, 1997), por lo que probablemente constituyan importantes zonas de retención larval de esta especie dentro de los canales.



Características hidrográficas de las aguas interiores de la X Región

Los valores de salinidad encontrados en el Seno Reloncaví, Golfo de Ancud y Golfo Corcovado indican que en los niveles más profundos se encuentra agua de tipo Subantártica (Silva *et al.* 1997). Esto corresponde a agua que penetra por el sector de la Boca del Guafo hacia el Golfo Corcovado. En este último sector se encuentra una barrera topográfica que permite que sólo agua de los primeros 100 m de profundidad ingrese desde la zona exterior a la zona interior de la X Región y alcance los sectores mencionados que se ubican más al norte. El Seno de Reloncaví puede ser zona de “desarrollo” de larvas de merluza del sur dado su bajo nivel de turbulencia (baja mezcla) y más aun cuando en muestreos realizados en el lugar ya se ha encontrado un número importante de larvas de esta especie.

Características hidrográficas de las aguas interiores de la XI Región

La zona de canales de la XI Región muestra diversos tipos de estructuras termohalinas de la columna de agua. A través de algunos estudios hidrográficos (Céspedes *et al.* 1996) en la zona se han definido 5 sectores con características dinámicas e hidrográficas particulares. En la **Figura 8**, se muestra la ubicación de los sectores indicados a continuación. El sector Noroeste (NO) corresponde a un sector de fuerte mezcla de la columna de agua. Los perfiles en este sector se presentan homogéneos en toda la columna de agua, y puede alcanzar más de 150 m, lo que indica que las fuertes corrientes en ambos extremos del canal, de baja profundidad, mezclan la columna de agua en su camino hacia el interior. Este sector, por sus características de turbulencia parece poco favorable para la sobrevivencia de huevos y larvas dada la situación que la turbulencia afecta su sobrevivencia en la fase de primera alimentación (Lasker, 1975, 1985). El sector Sudoeste (SO) por su parte presenta también mezcla en la columna de agua pero no tan intensa como en el sector NO. En los primeros 20 m de profundidad se observa un fuerte grado de



estratificación dado un aporte de aguas dulces más cercano. Este sector sería también poco favorable para la supervivencia de huevos y larvas dada la fuerte turbulencia en la columna de agua (Lasker, 1975, 1985). El sector Sur (S) tiene una fuerte influencia de aguas dulces, originando baja salinidad (<30 psu) en toda la columna de agua y presenta intensas termoclinas y haloclinas superficiales. Este sector podría ser más favorable a la sobrevivencia y desarrollo de huevos y larvas que se encuentren en él, provenientes tanto de un posible desove local como de aquellos que sean transportados desde aguas exteriores, no obstante existen otras condicionantes para considerarlo zona de retención apta para el desarrollo de estos dos primeros estadios. El sector SE registra una mayor salinidad en la columna de agua pero con fuerte estratificación superficial, estando los tipos de termoclina determinados por la época del año y la temperatura de las aguas dulces provenientes del continente, a este respecto se presentan termoclinas invertidas durante el invierno. Las características de este sector se podrían considerar aptas para el desarrollo de huevos y larvas. El sector noroeste (NE) tiene la mayor presencia de aguas oceánicas en su columna de agua, la que se presenta estratificada en superficie y con aumento gradual de la salinidad hacia el fondo. La profundidad de los canales del sector, que supera los 300 m, y la falta de barreras topográficas posibilita que en el fondo de estos canales se encuentre AESS, la que tiene una salinidad que alcanza a 34 psu y bajo contenido de oxígeno de 3 ml/l. En las cabezas de los canales Puyuhuapi y Aysén se ha observado valores de oxígeno por debajo de los niveles correspondientes a la AESS, indicando con esto una baja circulación de agua en los niveles profundos de ambos sectores. Cabe recordar que en estas dos localidades se han registrado importante número de larvas de merluza del sur (Balbontín y Bernal, 1997).

Características hidrográficas de las aguas interiores de la XII Región

Para las aguas interiores de la XII Región, aún no se ha presentado un esquema de circulación definido sin embargo se estima que este puede ser de tipo estuarino, es



decir entrada de aguas oceánicas a nivel subsuperficial y la salida de aguas dulces mezclada con agua salada por la capa superficial de los primeros 30 m, similar a lo que ocurre en la XII Región (Guerrero, 2000). Sus características hidrográficas se encuentran relativamente estudiadas (temperatura y salinidad) y sus variaciones estacionales entre invierno-verano. Céspedes *et al.* 1993 y Braun *et al.* 1993, presentaron una sectorización de la zona de aguas interiores desde el Golfo de Penas al Canal Beagle sobre la base de un criterio de estratificación vertical de temperatura y salinidad, definiendo 5 sectores, que en definitiva son el resultado de varios factores que ocurren en los canales como por ejemplo la batimetría, volumen y temperatura de los aportes de agua dulce desde el continente y corrientes, entre otros, similar a lo presentado para la XI Región. Cabe indicar, sin embargo, que no todos los canales de la región han sido muestreados oceanográficamente, por lo que en algunos casos se ha supuesto que las características hidrográficas de la columna de agua de los canales dentro de una cierta área son similares.

De acuerdo a Céspedes *et al.* 1993, los sectores definidos para la estación de invierno de 1992 (**Figura 9 y 10**) son:

Sector 1:

Comprende el área más al norte de la región y abarca desde la entrada del Canal Messier hasta los 50°S (**Figura 9**). Se caracteriza este sector por una importante presencia de aguas oceánicas en el fondo las que originan un valor de salinidad alto, >33 psu (**Figura 11**). 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 y 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 encuentran en el fondo salinidades altas (>33 psu). Esto último



significa que los aportes de aguas exteriores se realizan por ambos extremos del sector, esto es Golfo de Penas y Canal Concepción.

Sector 2:

Comprende el área desde el Canal Picton ($49^{\circ}40'S$) hasta el Estrecho Nelson ($51^{\circ}30'S$) (**Figura 9**). Este sector presenta valores de salinidad superficial mayores a los encontrados en el sector 1 pero 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 12**).

Sector 3:

Comprende el área desde el canal Sarmiento hasta la entrada del Estrecho de Magallanes (**Figura 9**). Presenta valores de temperatura superficial relativamente bajos (5 a $6^{\circ}C$) en comparación a los sectores 1, 2 y 4 (**Figura 13**). Junto con el sector 5 presentan las estaciones con más bajas temperatura superficial de la XII Región.

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.



Sector 4:

Corresponde al interior del Estrecho de Magallanes (**Figura 10**) y tiene una característica única con relación a los otros sectores la que es una columna de agua homogénea en las variables temperatura, salinidad y oxígeno hasta profundidades mayores a 300 m (**Figura 14**). En este mismo sector se reportaron columnas homogéneas por otros cruceros de investigación (Braun 1992; Panella *et al.*, 1991) para profundidades de hasta 400 m. 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 *et al.* 1993; Panella *et al.* 1991). Esta agua que penetra al interior del estrecho se mezcla dentro de él por las características particulares de circulación originadas 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.

Sector 5:

Este sector abarca desde el Canal Balleneros a Bahía Cook (**Figura 10**) y en el se registró las temperaturas superficiales más bajas, pero por el contrario las salinidades más altas (> 31 psu). Bajo los 100 m de profundidad la salinidad presentó valores cercanos a 32 psu que corresponden a los valores más bajos a nivel subsuperficial encontrados en la Región excepto el sector 4.

Los perfiles de este sector son en general similares a los encontrados en el sector 2 (**Figura 15**) pero con valores menores en temperatura. Cabe recordar que este sector presenta un importante número de glaciares que son los que enfrían toda la capa superficial sin aportar un volumen de agua significativo que afecte la salinidad en forma importante al nivel de 0 metros.



Generalidades de la zona

La existencia de perfiles térmicos invertidos en toda la zona de estudio (excepto en el Estrecho de Magallanes debido a la mezcla), y las intensas haloclinas y termoclinas en el sector oceanográfico 3 demuestran los importantes aportes de agua fría que se recibe desde el continente durante el invierno. La temperatura y salinidad de los primeros 100 m de la columna en los canales más occidentales están afectados por los valores de estas variables a nivel de 0 m debido a los procesos de mezcla. A medida que el agua fría y dulce escurre hacia el exterior la mezcla vertical disminuye el gradiente térmico y halino en superficie, a la vez que el máximo térmico es de menor valor y se profundiza bajo los 100 m. La mezcla presente en los canales más externos se debería a tres causas i) menor estratificación inicial debido a un menor aporte de aguas dulces ii) mayor exposición al agente forzador del viento y iii) corrientes (i.e. mareas).

Los perfiles térmicos encontrados durante el verano (Braun 1992; Pickard, 1971) presentaron una gran variedad de tipos los cuales están relacionados directamente con el aporte de aguas frescas desde el continente y los procesos de mezcla. La mayoría de los perfiles descritos para la zona tanto para invierno como para verano corresponden a perfiles típicos oceánicos, es decir, una disminución de la temperatura con el aumento de la profundidad. Perfiles típicos invertidos, como los encontrados durante el invierno de 1992, fueron observados también en algunas estaciones durante el verano de 1993 y estuvieron directamente relacionados a canales que reciben aguas de deshielos. La existencia de perfiles térmicos típicamente oceánicos o con varios mínimos y máximos subsuperficiales se debería a que durante el verano disminuyen los aportes de aguas con baja temperatura a la zona. Esto sugiere que los perfiles térmicos invertidos encontrados durante el crucero de invierno de 1993 (Braun *et al.* 1993) corresponden a una característica estacional en la zona.



b) Sector Atlántico

El sistema de corrientes en el Atlántico Sur está dominado por un giro subtropical anticiclónico. Este giro está influenciado por la Corriente Circumpolar Antártica (ACC) en el borde sur (**Figura 16 A**). En la costa sudamericana este giro forma la corriente de Brasil que se ubica sobre la plataforma continental y el talud y se detecta entre los 11° y 36° de latitud Sur.

Más al sur se localiza la Corriente de las Malvinas (MC) que fluye hacia el ecuador a lo largo de la costa sudamericana hasta los 38° S. Esta corriente es esencialmente un meandro de un brazo de la Corriente Circumpolar Antártica que se ha desprendido hacia el norte. Específicamente la MC está asociada con un meandro del Frente Subantártico, desde el Paso Drake a la Cuenca Argentina.

La Confluencia Brasil-Argentina corresponde al encuentro de las corrientes de Brasil y Malvinas y que giran hacia el Este. El choque de estas corrientes origina un importante frente térmico y salino ya que la corriente hacia el ecuador (MC) transporta agua de origen subantártico que tiene baja salinidad y baja temperatura (33.5 psu y 7°C), mientras que la corriente hacia el polo es de origen subtropical y por lo tanto de alta salinidad y temperatura (36,2 psu y 19,4° C). El choque indicado también origina una alta actividad de remolinos en la zona del frente. El frente sufre una variación estacional de su posición en 5°, ubicándose entre los 35° a 40° Sur.

Más cerca de la costa y entre los 30° y 43°S las aguas sobre la plataforma continental corresponden a una importante mezcla de agua subtropical, con agua de origen subantártica y agua de origen continental, esta última principalmente proviene del Río de la Plata. La mezcla entrega entonces aguas de características particulares de salinidad y temperatura y estas corresponderán al volumen, aportado a la mezcla, de cada una de las tres fuentes de agua. La variación estacional de las características de temperatura y salinidad de esta mezcla es importante debido



entonces a la variación estacional de las características de las masas de agua indicadas y de aquella proveniente del continente .

Las masas de aguas sobre la plataforma Argentina poseen características que resultan de la mezcla entre aguas subantárticas entrantes por el talud continental con aguas de descarga continental presentes a lo largo de la costa. La circulación media en toda el área es de sur a norte, siguiendo la batimetría (Lusquiños y Schrott, 1983; Forbes y Garrafo 1988) . La principal entrada de aguas por el talud continental se realiza sobre el sector sur, entre la costa e Islas Malvinas. A lo largo del talud continental, desde su desprendimiento de la Corriente Circumpolar (Paso Drake), la corriente de Malvinas transporta aguas subantárticas con dirección norte entre los 55° S y 39-36°S (merluza del sur se encuentra estrechamente relacionada a esta corriente). El Núcleo principal de esta corriente se ubica entre los 150 a 600 m con valores de temperatura de 4° y 5°C y salinidades entre 34,1 y 34,2 ppm Como corriente de contorno esta masa de agua interactúa con las aguas de fondo de la plataforma, inyectando a estas últimas características subantárticas en forma casi permanente. También sobre el talud continental y de norte a sur se observa la corriente de Brasil que transporta aguas subtropicales ($S > 35$ ppm y $T > 16^{\circ}\text{C}$) hasta los 36-38° S donde converge con la corriente de Malvinas y define la confluencia subtropical. Según Angelescu y Prenski (1987), en aguas Argentinas ellos reconocen 5 conjuntos pesqueros regionales (**Figura 16 B**). El cuarto grupo corresponde al conjunto austral de la plataforma fueguina y malvinense y se extiende a lo largo de la plataforma externa hacia el norte, hasta aproximadamente los 42°S. El área que comprende este ecosistema se corresponde con el que ocupan las aguas sub antárticas, tanto en la plataforma como en la columna ascendente que constituye la corriente de Malvinas. El conjunto íctico está formado principalmente por especies demersales: merluza de tres aletas, merluza de cola, merluza hubssi, merluza del sur, congrio dorado, bacalao de profundidad, macruriformes y nototenidos.



c) Nueva Zelanda

Las principales Islas de Nueva Zelanda (Isla Norte, Isla Sur e Isla Stewart) se ubican entre los 34° a 47 ° LS y a la longitud 175 ° E (**Figura 17**). Las tres islas son influenciadas por vientos del oeste que prevalecen entre las latitudes 40° S y 60° S, y la oceanografía del área, donde vive merluza del sur, está fuertemente influenciada por la Corriente de Deriva del Oeste. El movimiento de las aguas circumpolares es inducida por los vientos del oeste (**Figura 18**) y a la vez se encuentran fuertemente influenciadas por la batimetría. El frente Subtropical (STF), es el límite entre las masas de aguas Subtropicales (STW) y Subantártica (SAW). Al oeste, el frente Subtropical (STF) está menos definido, pero generalmente varía su posición en las latitudes medias de Isla Sur (Stanton 1973). La meseta Challenger es bañada principalmente por las Aguas Subtropicales (STW.). Alrededor del sur de la Isla Sur y fuera de la costa oriental de dicha isla el Frente subtropical (STF) es efectivamente el límite sur de la Corriente de Southland (SC), y la meseta Campbell queda principalmente bajo la influencia de las Aguas Subantárticas (SAW). Al este de Nueva Zelanda el STF se atenúa por la batimetría del Chatham Rise localizándose casi permanentemente dentro de 100 km al norte o al sur del área.

Aspectos reproductivos

Fecundidad

La fecundidad representa el número promedio de huevos producidos por la hembra de merluza del sur y puede variar dependiendo del tamaño de los individuos y del momento en que se haga la estimación. En aguas chilenas, por ejemplo Balbontin *et al.* 1994, indican que una merluza del sur de 70 cm de longitud total (LT) presenta una fecundidad modal de 283721 huevos y una de 100 cm LT una fecundidad modal de 1.007.458 huevos (**Tabla 1**). En el tiempo no se aprecian grandes cambios al comparar la fecundidad en hembras de 70 y 100 cm longitud total (LT), entre la fecundidad



histórica (Figura 12), con las determinaciones de fecundidad efectuadas en el laboratorio en 1994 y 2000 (Figura 13). Se observa que el menor valor corresponde a 1994, el más alto a 2000, y el valor intermedio a la fecundidad histórica (**Tabla 1**). Cabe destacar que las muestras de 1994 se recolectaron a fines de agosto y primera quincena de septiembre; en cambio las del año 2000 se obtuvieron entre el 5 y el 26 de agosto (Aguayo *et al.* 2001). Valores igualmente bajos se calcularon con muestras de 1999 recolectadas a partir del 10 de septiembre y con un R^2 igual a 0,13 para la relación fecundidad y LT. Se estima que las determinaciones de fecundidad deben realizarse con muestras obtenidas en el período de máxima actividad reproductiva. En la misma Tabla 1 se incluyen estimaciones de fecundidad modal calculadas para otras especies del género *Merluccius*, las que corresponden a órdenes de magnitud comparables.

En el sector Atlántico, tanto en aguas Argentinas como de Malvinas, y en Nueva Zelanda no existen antecedentes sobre fecundidad en merluza del sur (Com. Pers. Dr. J. McKoy).

Talla de 50% de madurez sexual

En aguas chilenas, Balbontín y Bravo (1993), estimaron la talla de 50% de la primera madurez sexual en las hembras a los 69,4 cm de longitud total (LT). Nuevos antecedentes surgidos en el marco del proyecto FIP 99-15 (Aguayo *et al.* 2001), indican que la talla de 50% de la primera madurez sexual sería de 72,9 cm de LT. Las principales discrepancias se dan cuando se usa la escala macroscópica y microscópica para su determinación (**Tabla 2**), sin embargo en este último estudio dichas diferencias no resultaron significativas estadísticamente. Las estimaciones basadas en observaciones macroscópicas de la serie de datos biológicos podría validarse con observaciones microscópicas, pero se requiere de mayor número de determinaciones para que esta validación tenga un fundamento estadístico.



Según Balbontín y Bravo 1993, otras estimaciones de la talla de primera madurez señalan la existencia de madurez gonádica a partir de los 70 cm LT (Avilés y Aguayo 1979), en Ojeda y Aguayo (1986), se mencionan los primeros signos de evacuación en tallas de 45 a 49 cm LT, una tercera estimación fija esta longitud en los 80 cm LT, aunque se observaron hembras maduras de 61 cm (Castillo, 1988). Balbontín y Andrade (1990), usando un método similar al usado por Balbontín y Bravo en 1993, estimaron una talla de 73,4 cm en hembras colectadas durante 1989.

En el Atlántico, estudios argentinos sobre la base de análisis macroscópicos de la gónada, sobre una escala de madurez de 5 estados, indican que la talla al 50%, estimada en el verano de 1997, es de 61 cm para sexos combinados (**Figura 19**).

En Nueva Zelanda, la merluza del sur alcanza su madurez sexual entre los 6 y 10 años de edad, para ambos sexos, en tamaños que fluctúan entre 67 a 75 cm de longitud total en machos y 75 a 85 cm de longitud total en hembras. Colman (1998) encuentra que la merluza del sur alcanza el 50% madurez entre 6 y 8 años para especímenes provenientes del Sub-Antártico, y de 7 a 8 años para especímenes del Chatham Rise (**Tabla 3**).

Desove

En Chile, el desove de merluza del sur ocurre entre julio a octubre, pero con mayor intensidad en el mes de agosto (Aguayo-Hernández, 1994). La principal área de reproducción y desove se localiza alrededor de Isla Guambin (44°-46°S) y secundariamente se indica la presencia de un área de desove al norte del área principal, específicamente alrededor de Isla Guafo y al sur entre los 52° -54°S (Aguayo-Hernández, 1994). En aguas interiores de la X y XI Regiones se han detectado desoves, por lo que no se descarta la posibilidad de que existan otros focos de desove fuera del principal.



La presencia de ovocitos en diferentes estados de madurez en los ovarios de peces (ovario sincrónico) es generalmente considerada una evidencia de un desove seriado o en tandas (Hunter y Golberg 1980, Hunter y Macewicz 1985, Melo y Armstrong 1991). El desove seriado o en tandas ha sido descrito en varias especies de merluzas, e.g. *M. hubsi* (Ciechomsky 1967, Christiansen y Couseau 1971), *M. gayi gayi* (Balbontin y Fisher 1981), *M. merluccius* (Murúa *et al.* 1996) y en *M. capensis* y *M. paradoxus* (Osborne *et al.* 1999). En la merluza del sur también existe un desove parcelado o por modas evidenciado por la presencia en el ovario en maduración de varias modas de tamaño de ovocitos en vitelogénesis y por la observación de un escaso número de ovocitos hidratados, con gota oleosa y en reabsorción, los que corresponden a remanentes de un desove previo, reciente (Balbontín y Bravo, 1993).

En aguas Atlánticas argentinas, Ciechomski *et al.*, 1975, concluyen desde estudios de postlarvas que el desove de merluza del sur tiene lugar entre octubre y noviembre, localizándose larvas y post larvas en la costa fueguina, entre los 51° 45' s y 55° 02' s y al sudoeste de Islas Malvinas (**Figura 20**).

Agnew *et al.*, 2001, indican que no hay evidencias significativas que ocurra desove en aguas de las Islas Malvinas. Antecedentes disponibles indican pequeñas proporciones de animales maduros en las capturas comerciales a través del año y, que en el periodo agosto – noviembre se ha observado machos y hembras en estado de post- desove. Ellos estiman que el desove de merluza del sur en el Atlántico ocurre al suroeste de Islas Malvinas durante junio y julio periodo en el cual la especie está ausente en aguas de las Islas Malvinas.

En Nueva Zelanda, de acuerdo con la información recolectada en cruceros de investigación y de datos provenientes de la flota se han identificado al menos tres lugares de desove que ocurren durante diferentes periodos del año. El mejor conocido de ellos se ubica en la costa oeste de Isla Sur. Un estudio realizado en



1970, mostró que la merluza capturada en junio y julio en dicho lugar son predesovantes (Patchell 1981). Información reciente colectada por observadores científicos en la pesquería de merluza de cola en la costa oriental (oeste) concuerda con lo anterior y muestra que el desove activo de merluza del sur en la costa oeste de la Isla Sur no parece tener lugar hasta agosto o septiembre.

Estudios con arrastre sobre Chatham Rise en 1989 y 1990 localizaron merluza del sur desovando activamente en esta área a mediados de diciembre. Observadores en buques comerciales también han informado de concentraciones de merluza en estado de predesove y maduras en este sector. Reportes no confirmados indican que merluza del sur también desova en el extremo oeste de Chatham Rise durante un periodo prolongado desde noviembre a enero (Dunn *et al.*, 2001). También se ha informado, primeramente por un buque de investigación alemán (Patchell 1981) y luego por observadores científicos la ocurrencia de merluza del sur maduras al noreste de las Islas de Auckland entre septiembre y diciembre de 1989 a 1991, sin embargo esta área de desove no está clara.

Otros lugares de desove que han sido identificados son el lado noroeste de la meseta Campbell y ocasionalmente se ha registrado desove sobre el Banco Puysegur (Dunn 1998).

Frecuencia de desove

El desarrollo de múltiples estados de huevos en el ovario de merluza del sur, constituye una característica típica de las merluzas (Foucher y Beamish 1980). De acuerdo a los resultados obtenidos por Aguayo *et al.* 2001, la frecuencia del desove en merluza del sur es cada 29 días, con un rango de entre 5 a 37 días, información que ha sido corroborada por estudios realizados con merluzas del sur en cautiverio, donde se han observado periodos de desove dentro de estos rangos (A. Reyes,



Fundación Chile, com. personal). El número de veces que una hembra puede desovar dependerá por lo tanto, de la amplitud del período de desove. La merluza del sur presenta una época de desove que alcanza su máximo de actividad a fines de invierno. La información disponible señala que pueden existir diferencias interanuales de algunas semanas en la fecha de máxima actividad reproductiva (Aguayo *et al.* 1987, 1991; Balbontín y Bravo, 1993; Balbontín *et al.* 1994; Balbontín, 1996).

Primeros estadios del ciclo de vida de merluza del sur

Huevos

La merluza del sur posee un huevo esférico con una sola gota de aceite, con un diámetro y gota de aceite comparable a los de su misma especie de Nueva Zelanda, pero en este último caso los rangos de tamaños señalados son mayores, en particular en el extremo superior de la distribución (Patchell *et al.* 1987). En Chile huevos identificados como de merluza del sur, tienen un diámetro que varía entre 1 a 1,14 mm, con un tamaño promedio de 1,07 mm. La gota oleosa presenta un diámetro entre 0,24 y 0,27 mm, con una media de 0,26. El huevo en estado de desarrollo con los primeros esbozos del embrión presenta un pequeño pigmento negro en el embrión y sobre parte del vitelo (Pool *et al.* 1997).

De acuerdo a antecedentes provenientes de merluza del sur en cautiverio (com. pers. Sr. A. Reyes), el período desde la fertilización del huevo hasta la eclosión es aproximadamente 8 días; luego alrededor del décimo día la larva absorbe el saco vitelino, y alrededor de los 80 días de edad, el juvenil ha logrado una longitud total de 3 cm aproximadamente. Estos últimos antecedentes, no obstante que provienen de experiencias en cautiverio y bajo condiciones de laboratorio, permiten establecer posibles tiempos en las fases iniciales del ciclo de vida en merluza del sur, fases en donde el conocimiento es muy escaso.



Los huevos de merluza común y merluza del sur son muy similares y no se dispone de estudios comparados que permitan diferenciarlos. Los huevos de *Micromesistius australis*, (merluza de tres aletas) se diferencian de los de merluza del sur y merluza de cola fácilmente al no contar con la gota oleosa, tal como se indica a continuación en la Clave para identificar huevos de estas tres especies, consignada en Pool *et al.* 1997:

CLAVE PARA LA IDENTIFICACION DE HUEVOS DE M. DEL SUR, M. DE TRES ALETAS Y M. DE COLA (Fuente: Pool *et al.* 1997)

Características comunes a las tres especies consideradas: Huevos pelágicos, corion liso, sin ornamentaciones, vitelo homogéneo, espacio perivitelino pequeño.

- 1 : Huevos sin gota oleosa. Diámetro entre 1,26 y 1,43 mm. *Micromesistius australis*.
- 1' : Huevos con gota oleosa.....2
- 2 : Diámetro de los huevos entre 1 y 1,14 mm y de la gota oleosa entre 0,24 y 0,27 mm.....*Merluccius australis*.
- 2' : Diámetro de los huevos entre 1,11 y 1,24 mm y de la gota oleosa entre 0,3 y 0,36 mm.....*Macruronus magellanicus*.

El conocimiento sobre las áreas de concentración de huevos de la merluza del sur en aguas exteriores de la zona austral es escaso y su ubicación se ha estimado principalmente sobre la base de la presencia de hembras desovantes. Esta área principal de desove se ubica entre isla Guafo y Cabo Elena, esto sugiere que la principal área de distribución de las fases huevos y larvas se localizarían en aguas exteriores de la X y XI Regiones con una probable extensión hacia el norte de los 47° LS (**Figura 21**). Esta distribución debería estar muy asociada a las masas de



aguas y a las corrientes presentes en el área. En un crucero realizado en agosto de 1992 (Payá *et al.* 1993), se encontraron huevos de merluza frente a la isla Grande de Chiloé por el norte y hasta Cabo Elena por el sur. El número de huevos por 10 m² de superficie de mar por estación de muestreo positiva varió entre 18 y 147.

La presencia de huevos y larvas en aguas interiores se localizarían en las áreas principales de distribución de los ejemplares adultos y asociado a áreas con menor recambio de agua. Las áreas sugeridas se localizarían hacia el este del Golfo de Ancud y Seno Reloncaví en la X Región. Mientras, en la XI Región se localizarían en el sector sur, como Seno de Aysén y Canal Costa, además de otras como Puyuhuapi y Jacaf.

En el sector Atlántico, Ciechowski *et al.*, 1975, indican que ellos no han encontrado huevos de esta especie en muestras de ictioplancton en aguas argentinas. Desde el Sector de Malvinas la información respecto de estos estadios es nula.

En Nueva Zelanda , no se informa acerca de la distribución y transporte de huevos.

Larvas

En Chile, Uribe (2000), realizó las descripciones de los primeros estadios de desarrollo de la larva de merluza del sur, la cual es fácilmente diferenciable de otras especies emparentadas presentes en la zona sur (**Figura 22**).

Como resultado de los cruceros denominados Cimar Fiordo, en los canales australes se ha registrado una alta abundancia de larvas de merluza del sur. En un crucero oceanográfico realizado en octubre y noviembre de 1995 entre el Seno de Reloncaví y Estero Elefantes, se encontró una abundancia promedio de 18,1 larvas/10 m² de superficie de mar y una frecuencia de ocurrencia en las estaciones de muestreo de 46% (Balbontín y Bernal, 1997). En esa ocasión, se hicieron algunas estaciones de



muestreo en aguas exteriores, sin que se detectara la presencia de larvas, excepto en Bahía Darwin. En un crucero posterior, realizado entre el Golfo de Penas y el Estrecho de Magallanes, en octubre y noviembre de 1996, la abundancia promedio de larvas de merluza austral fue de 2,7 larvas/10² de superficie de mar (Bernal y Balbontín, 1999). En un tercer crucero que abarcó la zona de canales desde el Estrecho de Magallanes al Cabo de Hornos, no se encontraron larvas de esta especie (Bernal y Balbontín, datos en elaboración). Es importante hacer notar que de los meses de muestreo, octubre corresponde al término de la época de desove y por lo tanto debería esperarse una baja abundancia de larvas.

En estos estudios no se encontraron larvas de merluza del sur mayores de 20 mm longitud estándar. De acuerdo a lo observado en *Merluccius hubbsi* de la costa Argentina, a esa talla la merluza es capaz de evadir las redes de plancton tradicionales y al mismo tiempo, realiza migraciones nictemerales, siendo frecuentemente capturadas cerca del fondo marino (Ehrlich, 1997). Este cambio en el modo de vida debe traer consigo una modificación en la tasa de sobrevivencia, ya que involucra cambios en la alimentación de la merluza y probablemente también en su relación con los predadores y su relación con corrientes oceanográficas.

Diversos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la componente ambiental en la tasa de sobrevivencia larval. Condiciones favorables o bien desfavorables para su desarrollo y crecimiento serían determinantes de la fuerza de la clase anual a que esas larvas dan origen (Cushing, 1975; Lasker, 1975; Sinclair & Iles, 1988).

La presencia de los huevos y larvas de merluza del sur en el interior de los canales puede corresponder a un desove en esta zona o bien al transporte desde el área de puesta situada en aguas exteriores. De acuerdo a los mecanismos de circulación estuarina descritos para la zona sur (ver página 22), 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 del sur, en otras especies del género *Merluccius*, los primeros estadios de desarrollo se ubican bajo la capa de mezcla superficial. No hay información suficiente para estimar el posible efecto de los flujos de marea en el transporte larval.

Las larvas de merluza del sur se han capturado tanto en los canales centrales como cerca de la cabeza de los fiordos, por lo que aparentemente las salinidades bajas de esos sectores no limitarían su distribución (Balbontín y Bernal, 1997). Los intentos por correlacionar la temperatura y salinidad del mar, tomando como referencia los datos obtenidos a 25 m de profundidad, con la distribución y abundancia de larvas señalan que éstas se distribuyen en un amplio rango de valores, pero con cierta preferencia por valores altos, los que corresponderían en la zona de los canales a aguas de origen oceánico (Pinochet y Salinas, 1996; Bernal y Balbontín, 1999).

Series históricas de datos de la fuerza y dirección del viento han permitido relacionarlas con el éxito de la sobrevivencia en peces (Bakun y Parrish, 1982; Cury y Roy, 1989). En un estudio de los factores que afectan el reclutamiento de la merluza común, se concluyó que las variables ambientales, en que se incluyó el índice de surgencia y la temperatura superficial del mar, explicaban un 53% de la varianza del reclutamiento (Balbontín *et al.* 1994). Frente a Valparaíso, la época principal de desove de la merluza común y de otras especies de peces corresponde a los meses en que el índice de surgencia es moderado (Montecinos y Balbontín, 1993). Por otra parte, el análisis de la señal anual del índice de surgencia calculado sobre la base de datos de diez años de la estación meteorológica situada en la Isla Guafo (Payá *et al.* 2000a), mostró que los valores más bajos del índice se observaron en agosto, que corresponde a la época de desove de la merluza del sur. Se considera de interés obtener registros de largo plazo de datos de dirección e intensidad del viento y temperatura superficial del mar en algunos lugares de la zona sur que puedan posteriormente considerarse en un modelo biológico de la merluza del sur que incluya variables ambientales.



En aguas argentinas, Ciechomski *et al.*, (1975), localizan larvas y post larvas de merluza del sur en la costa fueguina o patagónica, entre los 51°45' y 55°02'S, y al sur oeste de Islas Malvinas (**Figura 20**). Según estos autores la distribución de larvas de merluza del sur está relacionada a profundidades de 82 a 355 m, a temperaturas del agua de 6,4 a 8,9°C y a salinidades entre 32,58 a 33,85 ppm. Ciechomski y Weiss (1974) indican que las larvas y postlarvas de merluza del sur muestran un aspecto general similar a su especie congénérica *M. hubbsi* (**Figura 23**), aún cuando ellas poseen características que las diferencian, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

En postlarvas de 4-6 mm de longitud estándar (SL) de merluza del sur, las células pigmentadas en la región detrás de la cabeza están dispersas y un punto conspicuo se localiza en la región caudal y sin pigmentos en la parte anterior de la cabeza. Larvas ligeramente crecidas, entre 10 a 25 mm de SL, muestran melanóforos agrupados en dos áreas, ventralmente en la primera mitad de la segunda aleta dorsal y dorsalmente en la segunda mitad de la misma aleta. (**Figura 23**)

En Nueva Zelanda la información disponible indica larvas de esta especie no han sido encontradas o reportadas desde estudios de plancton (Dunn *et al.*, 2001), lo cual indica que existe muy poco conocimiento de estos primeros estadios en dicha zona.

Juveniles

La etapa juvenil comprende aproximadamente las edades entre 0 a 9 años dentro del ciclo de vida de la merluza del sur, ya que son también juveniles los peces que han sufrido un cambio en su dieta, pasando de una dieta planctónica a una dieta piscívora, además han perdido completamente la pigmentación larval y cuya talla máxima es menor a 69,4 cm, es decir en términos de edad desde menos de un año hasta los 9 años de edad cuando alcanzan su primera madurez. Dentro de esta



clasificación en la discusión del taller se consideró las siguientes categorías: juveniles tempranos, prereclutas, reclutas y post-reclutas.

Los juveniles tempranos son individuos juveniles menores de un año (edad 0) y mayores de 3 cm aproximadamente (individuos de 80 días com. pers. Sr. Alberto Reyes). Para esta fase del ciclo de vida en merluza del sur no existe información disponible en Chile, salvo los ejemplares de 10 a 12 cm observados al interior de un estómago de merluza del sur (com. pers. Sr. L. Adasme de IFOP), localizada en el Seno Conrish (comunicado con aguas exteriores). Sobre la base de la poca información disponible, en la **Figura 24** se indica la posible distribución de los juveniles tempranos, donde las principales áreas de distribución se localizarían en aguas exteriores y muy cercanas a costa, e incluso en áreas protegidas y comunicadas con el exterior. Estos peces pequeños podrían tener migraciones nictemerales, y un comportamiento más residente en las áreas de refugio, como estrategia de comportamiento frente a depredadores. Esto último sugiere que esta fase estaría muy disgregada de la fase de recluta y adulto. No obstante, también se sugiere la presencia de focos de distribución de individuos de esta fase de ciclo de vida en aguas interiores, la ubicación sería similar a las descrita para la fase huevo-larva. No obstante, es imposible descartar que una fracción de juveniles se encuentre en hábitats no determinados en la zona norte de la X Región, dada la incipiente pesquería de Merluzas australes juveniles en esa zona (C. Moreno de la Universidad Austral de Chile, Comunicación personal).

En aguas de Nueva Zelanda, los peces de edad 0+ (<25 mm) sólo se encuentran en las aguas poco profundas, cerca de la orilla de la Isla Sur, principalmente en la costa oeste (**Figura 25**) aún cuando un buque de investigación japonés capturó una merluza muy pequeña (8-14 centímetro la Longitud Total) al este de las Islas de Auckland en febrero de 1972 (Patchell 1981).

La fase prerecluta identifica a individuos de 1 a 3 años de edad. Ejemplares de esta fase han sido capturados de forma escasa, tanto en aguas exteriores como en aguas



interiores. A igual que en fase anterior la información disponible es escasa, incluida su distribución. En un estudio dirigido a capturar estos ejemplares en aguas interiores (Céspedes *et al.* 1996) no tuvo éxito en localizar e identificar áreas con alta presencia de ejemplares de esta fase. Al considerar que en aguas interiores se localizaría la principal área de distribución y concentración de esta fase de vida, debería ser notoria y evidente su presencia, hasta incluso en estómagos de depredadores, situación que no se da. Por tal razón, Céspedes y Adasme (2001), sugieren que la principal área de distribución de los prerreclutas se localizaría en aguas exteriores, posiblemente cercana a la costa, a las entradas de canales y Senos comunicados con aguas exteriores, y a profundidades mayores que respecto de la fase anterior (**Figura 26**). En esta fase es posible aunque se mantenga la característica de ser residentes, pero con migraciones de menor escala en búsqueda de alimento y refugio.

En Nueva Zelanda, juveniles de merluza del sur, peces de 1 y 2 años de edad con alrededor de 15 a 25 cm de longitud total y alrededor de 35 cm de longitud total, respectivamente, han sido capturados en aguas costeras en ambos lados de la Isla Sur y en la Meseta de Campbell y puede haber derivado de cualquiera de los lugares de desove anteriormente señalados (**Figura 27**). Sobre Chatham Rise, los juveniles de merluza del sur son más abundantes hacia el extremo oeste (Bull & Bagley, 1999). Para estos juveniles se asume que tienen un estilo de vida pelágico y se vuelven cada vez más demersales, moviéndose hacia aguas más profundas a medida que maduran.

En este trabajo se define reclutas a individuos entre 4 a 9 años (entre 40 cm y 69 cm, aproximadamente). A diferencia de las fases anteriores, en Chile para la fase recluta existen mayores antecedentes y estudios. Esta fase es principalmente capturada en aguas interiores de la X y XI Región por la flota artesanal, sobre la cual existen problemas de descarte en la captura (bajo los 60 cm, 65 cm y 70 cm, según el criterio del comprador). En aguas interiores de la X y XI Región se han identificado áreas de reclutamiento, sin embargo, antecedentes generados en este trabajo demuestran que también existen áreas con alta presencia de reclutas en aguas



exteriores aledañas a Isla Guamblin, que no ha sido debidamente exploradas. Esta fase tiene un mayor desplazamiento y hábitos más demersales, junto con tener una dieta principalmente ictiófaga y basada principalmente en merluza de cola, seguido de merluza de tres aletas.

La **Figura 28** indica la distribución conocida de los reclutas y post-reclutas. Ellos se distribuyen en aguas interiores de la X y XI Regiones (Seno de Reloncaví y al sur de Seno Aysén, específicamente en Canal Costa, respectivamente). También en la XII Región se han detectado juveniles en la zona norte en el sector de Canal Concepción y Estrecho Nelson (Rubilar *et al.* 2000). En aguas exteriores también señala una importante presencia juveniles al norte de los 47°S, específicamente en el sector de Isla Guamblin (Aguayo *et al.* 1994). Batimétricamente, se les ubica en toda la columna de agua, durante todo el año pero con mayor frecuencia durante invierno y primavera (Rubilar *et al.* 2000).

Reclutamiento en merluza del sur (variabilidad, distribución y abundancia)

Una importante parte de la información relacionada al proceso de reclutamiento en merluza del sur proviene de estudios dirigidos a otros aspectos (Aguayo *et al.* 1986, 1987, 1991, 1993, Céspedes *et al.* 1993, Mora *et al.* 1993, George-Nascimento y Arancibia 1994, Reyes *et al.* 1995a y 1995b, Rubilar *et al.* 2000), destacando sólo dos estudios específicos financiados por el Fondo de Investigación Pesquera y realizados por el IFOP, y que estuvieron enfocados a la identificación de áreas de reclutamiento en aguas interiores (Céspedes *et al.* 1996a y Céspedes *et al.* 1996b).

En estos dos últimos estudios se consideró reclutas a aquellos peces que tienen la edad o talla mínima para entrar a la pesquería (30 cm) y que además están expuestos al arte de pesca hasta una talla máxima equivalente a la talla de primera madurez sexual (69,4 cm) (Céspedes *et al.* 1996a y 1996b). Este criterio incluye los peces que en el presente estudio se han considerado reclutas, post-reclutas y juveniles.



Los antecedentes surgidos de estos estudios indican que solo en aguas interiores de la X y XI Regiones, existen áreas de concentración de reclutas, estimándose que la población de aguas interiores de la XII Región está constituida por peces adultos (Céspedes *et al.*, 1996, Reyes *et al.*, 1995).

En la X Región, se encontró que al interior del seno de Reloncaví existe una alta concentración de juveniles y reclutas (Céspedes *et al.* 1996a, Reyes 1995), sin embargo estos mismos autores manifiestan que podrían existir variaciones espaciales y temporales. Dicha situación fue confirmada por Rubilar *et al.*, 2000, quienes encontraron una clara variación temporal de la fracción juvenil y recluta en aguas interiores de la X Región, tanto en el Seno Reloncaví como en el Golfo de Ancud (**Figura 29** y **Figura 30**, respectivamente), con un aumento considerable en la proporción de juveniles (medido en número de individuos) en las temporadas de invierno y primavera, con valores que fluctuaron entre 77% y 84% en el Seno Reloncaví y, 60% y 79 % en el Golfo de Ancud, respectivamente.

Al interior del Seno Reloncaví, también se observó una variación espacial en la composición de las capturas, existiendo un comportamiento diferencial entre caladeros. En ciertas áreas de pesca como Isla Guar, Lenca - Quillaipe, e Islas Caicuras, la proporción de juveniles fue relativamente menor durante el verano, sin embargo en Contao, la concentración de juveniles fue alta durante todo el período de estudio (**Figura 32**).

En la XI Región durante las estaciones de primavera y verano se observó una captura con predominio de ejemplares adultos, en invierno la situación cambia, detectándose una importante presencia de juveniles mayor al 60 % de la captura. Sólo el sector de Isla Casma – Canal Costa presenta una importante proporción de juveniles en todas las estaciones del año (**Figura 32**), siendo especialmente elevadas en otoño e invierno con un 40,9 y 68,9 %, respectivamente, lo que ratifica su carácter de área de crianza o de concentración de juveniles. En cambio, en los



sectores de Islote Guayanec - Isla Senec y Puerto Gaviota- Amparo no se presenta esta situación, ya que en verano y primavera la proporción de juveniles es baja. En invierno se observa una situación generaliza, donde prácticamente todos los sectores y caladeros presentan una alta proporción de juveniles en las capturas.

La variación estacional en la estructura de tamaños y proporción de ejemplares juveniles en la captura de la X y XI Regiones, sugiere que el aumento de la proporción juvenil en la captura sería un efecto de la migración de la fracción adulta hacia áreas de reproducción en aguas exteriores a partir del otoño. Posterior al desove, la población adulta regresa hacia las áreas de alimentación en aguas interiores, lo que ocurriría a mediados de primavera y principios del verano, período en el que se registra la menor participación de juveniles en las capturas.

Por otro lado, la merluza del sur es un gádido que se caracteriza por una estratificación vertical de juveniles y adultos en la columna de agua; los juveniles permanecerían en aguas someras y los adultos en aguas más profundas. Este comportamiento sugiere que durante la ausencia de una gran parte de la fracción de adultos (en proceso de reproducción), los reclutas y juveniles extenderían su territorio de alimentación ocupando los espacios liberados por los adultos. Una vez que los adultos regresan a aguas interiores desplazarían a los juveniles hacia aguas someras, produciéndose competencia intra específica, proceso que de alguna forma explicaría esta segregación entre juveniles y adultos, situación que aún requiere ser ratificada. Esto también permitiría explicar la mayor vulnerabilidad de los juveniles al aparejo de pesca usado en aguas interiores de la zona sur austral, hacia fines de otoño, invierno y comienzos de primavera (Rubilar *et al.* 2000).

Los escasos antecedentes del recurso en aguas interiores de la XII Región no muestran señales claras respecto de la existencia de áreas de reclutamiento (Reyes *et al.* 1995, Céspedes *et al.* 1993, Céspedes *et al.* 1996b, Aguayo *et al.* 1986, Aguayo-Hernández, 1994 y Rubilar *et al.* 2000).



En la XII Región, Céspedes *et al.* 1996, señaló que en aguas interiores de esta Región no existen evidencias claras de la existencia de áreas de reclutamiento y que la población residente estaría compuesta principalmente por adultos; sin embargo en áreas localizadas al norte del Estrecho de Magallanes (Seno Unión, Canal Cuttler próximos a Estrecho Nelson) se observa una mayor presencia de reclutas, postulándose un gradiente norte sur en la proporción de reclutas. Rubilar *et al.* 2000, en el sector de Estrecho Nelson detectan también una importante presencia de juveniles (**Figura 33**). En general en esta Región existe una alta incertidumbre respecto de los procesos y patrones de comportamiento de merluza del sur.

En general, se puede decir que los reclutas tienden a concentrarse en la parte norte de la X y XII Región y en la parte sur de XI Región.

En aguas exteriores se señala presencia de juveniles al norte de los 47° LS, pero sin patrón constante año a año (**Figuras 34 y 35**). Aguayo *et al.* 1992, mostraron una importante proporción de reclutas en las distribuciones de tallas provenientes de los muestreos de la flota arrastrera fábrica (AF) durante el primer trimestre de los años 1987 y 1988 y durante el cuarto trimestre de 1986, 1987 y 1990 en la Unidad de pesquería Norte (UPN). También en el Programa de Seguimiento de la Pesquería Demersal Sur Austral (PDA) se ha detectado una importante participación de reclutas en las distribuciones de talla provenientes de la UPN (Céspedes *et al.*, 1998a, 1999). Según, Lillo *et al.* 1997, al norte de los 43° - 44 ° LS existirían indicios de una probable área de reclutamiento.

Durante una evaluación hidroacústica de merluza común (*Merluccius gayi*) en la zona centro Sur (40° 20' a 41 23' LS) fueron capturados en lances de pesca reclutas y pre reclutas de merluza del sur con una talla modal en los 32 cm (comunicación pers. Sr. S. Lillo).



Tal como se mencionó anteriormente la posible existencia de áreas de concentración de reclutas y juveniles (áreas de crianza) en aguas exteriores no han sido debidamente exploradas.

En el sector Atlántico, en aguas argentinas la presencia de juveniles y reclutas está menos clara. A partir de las estructuras de talla de las capturas comerciales durante el año 2000, se puede decir que la captura estuvo compuesta por adultos, sin embargo individuos juveniles (menores a 61 cm de longitud total, talla de primera madurez en el mar argentino) fueron detectados al norte de 49° S y 61° W (**Figura 36**). Alrededor de Malvinas, Agnew *et al.*, 2001 indican que la población es prácticamente toda adulta, la presencia de unos pocos animales pequeños puede ser producto de una maduración temprana y no necesariamente representen concentración de juveniles .

En Nueva Zelanda, los juveniles o inmaduros en general < a 75 cm de longitud total (talla de primera madurez) se encuentran en Chathan Rise, Meseta Challenger y Meseta Subantártica. En general se les encuentra en los mismos lugares que los adultos pero a una profundidad menor (**Figura 37**). Sobre Chatham Rise, los juveniles de merluza del sur son más abundantes hacia el extremo oeste (Bull & Bagley, 1999). Estos juveniles o inmaduros cada vez tienen un estilo de vida más demersal y a medida que maduran se mueven hacia aguas más profundas.

Estados de vida adultos

Aspectos tróficos de merluza del sur

Las interacciones biológicas intra e interespecíficas, y en particular la dinámica trófica, ha sido señalado como uno de los principales e importantes procesos modificadores de parámetros poblacionales de las especies que componen las pesquerías mixtas. De acuerdo con esto y conociendo la naturaleza multiespecífica de las capturas en la



pesquería de la zona sur-austral de Chile, resulta importante conocer las interacciones biológicas entre las diferentes especies en esta comunidad. De acuerdo con los estudios realizados hasta el momento, la merluza del sur es considerada un depredador tope de la comunidad demersal y sus principales presas son la merluza de cola y merluza de tres aletas (Avilés *et al.* 1979, Ojeda 1981, Payá y Rocha 1992, Payá 1992 y Pool *et al.* 1997).

En el sentido espacial, Pool *et al.* 1997, indican que el principal ítem alimentario de merluza del sur es *Macruronus magellanicus* entre los 41° a 55°LS. En aguas interiores de la Unidad de pesquería Norte (UPN), es seguida por sardina común (en verano y otoño) y restos de peces (Tabla 5). Mientras que en la Unidad de Pesquería Sur (UPS) el segundo ítem alimentario fue *Caelorhynchus fasciatus*. La merluza de tres aletas solamente es consumida hacia el segundo semestre del año (Tabla 5). En general se reconoce una variación espacio temporal en el comportamiento alimentario (Pool *et al.* 1997, Paya 1997 y Lillo *et al.* 2001).

El índice de Shannon H', estimado por Pool *et al.* 1997, nos indica que la merluza del sur es más bien estenofágica, con valores de H' entre 0,034 en aguas interiores y 0,27 en exteriores. Por lo tanto la merluza del sur es una especie predominantemente ictiófaga, con un estrecho rango de presas en aguas interiores y una rango más amplio en aguas exteriores.

En aguas argentinas merluza del sur consume principalmente peces y cefalópodos, confirmando su dieta piscívora. Su dieta principal la constituye la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), otros peces en menor escala (Tabla 6). El segundo ítem alimentario son los cefalópodos destacan *Morotheutis ingens*, *Loligo gahi* e *Illex argentinus* (Wöhler *et al.* 1999; Rosecchi & Nouaze, 1987). Cousseau y Perrota 1998, indican que la merluza del sur en aguas argentinas, es mucho más ictiófaga que la merluza común (*M. hubbsi*), y que su dieta principal son peces, encontrándose en su estomago



Mictófidos, *Micromesistius australis*, *Salilota australis*, *Macrorunus magellanicus*, *Merluccius hubbsi*, merluza del sur y otros. El segundo Item alimentario está constituido por calamares y el tercero por crustáceos, los cuales fueron hallados casi exclusivamente en la parte menos profunda del área principal de distribución (47° a 55° LS). Se reconocen diferencias latitudinales en el régimen alimentario de aguas profundas: entre 40° y 47° LS, aparecen en igual proporción cefalópodos y peces, los cuales están representados casi exclusivamente por *Merluccius hubbsi*. Al sur de los 47 ° LS los peces aumentan en proporción, la mayor proporción es de *Micromesistius australis*, seguida de *Macrorunus magellanicus*, nototénidos y mictófidos.

Wöhler *et al.*, 1999 y Sánchez & García de la Rosa, (información no publicada), indican que merluza del sur es el depredador más importante de merluza de cola, y que el área con alta tasa de depredación se sobrepone con el área de alta abundancia de presas, localizada entre los 50° 30' y 63° 30' – 68° 30' W. Del total de merluza de cola muerta como resultado de la depredación durante 1997, el 32% fue consumida por merluza del sur, de tamaños entre 73 y 102 cm de longitud total, los cuales fueron principalmente juveniles de merluza de cola, menores de 56 cm de longitud total.

Ojeda (1981), indica que la dieta de merluza de tres aletas está compuesta principalmente por ictioplancton, motivo por el cual podría estar alimentándose de huevos y larvas de merluza del sur en aguas chilenas cuando ambas especies concurren prácticamente a una misma área a desovar (sector Isla Guamblín). Pool *et al.* 1997, no encontraron indicios de huevos y larvas de merluza del sur en los contenidos estomacales de merluza de tres aletas analizados, detectando principalmente crustáceos y resto de teleósteos. Lo anterior no descarta el consumo por parte de la merluza de tres aletas, en el sentido que los huevos y larvas son muy frágiles y fáciles de digerir.



En general, no existen antecedentes sobre los depredadores de merluza del sur, y como estos estarían influenciando su ciclo vital, especialmente en las fases tempranas.

Migraciones

En Chile, Aguayo-Hernández (1994) sugiere e identifica dos tipos de migración en merluza del sur (**Figura 38**): **a**) Migración latitudinal: a partir de julio, hay una migración de centros de abundancia del norte y sur hacia el área de desove entre Isla Guamblln y Península Taitao. Esta migración de desove es seguida por la flota. De octubre en adelante, merluza del sur migra hacia el sur y el norte, probablemente dispersándose en búsqueda de alimento. **b**) Migración entre aguas exteriores e interiores: A fines de primavera e inicio del verano, hay una importante migración desde aguas exteriores hacia aguas interiores. Esta migración es debida probablemente a un comportamiento trófico, porque está relacionado al incremento estacional de la abundancia de presas de merluza del sur.

George-Nascimento y Arancibia (1994) sugieren para merluza del sur patrón de migratorio indicado en la **Figura 39**. Sobre la base que el reclutamiento a la pesquería ocurre al interior de la XI Región, ellos insinúan una migración posterior al desove por aguas interiores hacia el sur hasta la XII Región y luego hacia el oeste, hacia aguas exteriores de la XII Región, y continuando hacia el este (Océano Atlántico); para más tarde volver hacia el Pacífico, y desplazarse hacia el norte a las principales áreas de desove en aguas exteriores de la XI Región, cuando han alcanzado las edades reproductivas.

Céspedes *et al.* (1996a) también proponen los patrones migratorios en merluza del sur adulta, para la zona norte ($41^{\circ}28,6' - 47^{\circ}$ S) de la pesquería (**Figura 40**), manifestando que el stock adulto desova en el área Guafo-Guamblln (aguas exteriores) durante invierno-primavera, posteriormente una fracción se dispersa



latitudinalmente por aguas exteriores, y otra fracción ingresa hacia aguas interiores de la zona norte por la boca del Guafo, dispersándose en forma latitudinal, hacia la X y XI Región (primavera-verano), desplazamiento de características alimentarias, los cuales se ubican preferentemente en el Golfo de Ancud en la X Región y Canal Moraleda, Jacaf y Puyuhuapi en la XI Región. Estas fracciones adultas se reagrupan nuevamente en el período de desove siguiente.

En aguas Argentinas, a partir de información proveniente de cruceros de investigación (1993-1998), fue observado un desplazamiento estacional de merluza del sur hacia el sur y hacia aguas profundas. Durante el verano, esta especie fue localizada desde los 47° a 56°S, entre los 100 y 200 m de profundidad, con una alta concentración entre 51° a 53°S y al sur de Isla de los Estados. En otoño, se distribuyó al sur de los 51° S, con máximas densidades en la misma posición que la estación anterior, aunque más relacionada a los 200 m. En invierno, el área de distribución fue restringida a los 52°S, mientras que en primavera bajas concentraciones fueron detectadas en todo a el área, con una alta abundancia registrada en la boca del canal Beagle los 55° S. Wöhler 1987, menciona que este desplazamiento de adultos hacia las aguas costeras en la región sur, posiblemente se relacione con actividades reproductivas, no descartándose el desplazamiento o migración hacia aguas chilenas a través del paso Drake (**Figura 41**).

Edad y crecimiento

La merluza del sur es una especie longeva, cuya edad máxima observada en Chile ha sido de 35 años en un ejemplar de 140 cm de longitud total (V. Ojeda, com. personal), sin embargo la edad máxima usual para hembras es de 24 años y para los machos es 22 años (Aguayo-Hernández, 1994). Esta especie presenta crecimiento diferencial entre machos y hembras, siendo las hembras las que alcanzan un mayor tamaño corporal (Ojeda y Aguayo, 1996, Horn 1998, Agnew *et al.* 2001).



En Chile las ecuaciones que describen el crecimiento en longitud (cm) de esta especie son las propuestas por Ojeda y Aguayo, 1986:

$$L_t = 110.2(1 - \exp^{-0.096(t+0.853)}) \text{ Machos , y } L_t = 121.4(1 - \exp^{-0.0827(t+1.295)}) \text{ Hembras}$$

En Nueva Zelanda, Horn (1998), indica que ambos sexos crecen rápidamente hasta los 4 a 5 años, posteriormente disminuyen su crecimiento. Las hembras alcanzan un tamaño máximo de 130 cm y una edad máxima de 25 años, en cambio los machos raramente exceden los 100 cm de longitud total. Aún cuando se reconocen tres stock, los tres tamaños capturados en estas áreas son similares, aunque los peces juveniles tienden a predominar en Chatham Rise, respecto de la costa oeste de la Isla Sur o Subantártica. Los parámetros que describen el crecimiento en Nueva Zelanda se indican en la **Tabla 3**.

Tanto para machos y hembras las curvas de crecimiento de merluza del sur en aguas de Malvinas están más relacionadas a las curvas de crecimiento de von Bertalanffy derivadas por Colman (1995) para peces de Nueva Zelanda que aquella derivada por Aguayo & Ojeda 1996, para la zona chilena. (**Figura 42**).

Debido a las diferencias, se ha iniciado una cooperación técnica entre el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), el Falkland Island Fishery Department (FIFD) y el National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd. (NIWA) de Nueva Zelanda, consistente en realizar intercambios de otolitos y comparación de lecturas. Las primeras muestras de otolitos chilenos ya fueron enviados y se espera pronto recibir otolitos desde Islas Malvinas y Nueva Zelanda.



Pesquería

En Aguas chilenas

En Chile, la merluza del sur es la principal especie objetivo en la pesquería demersal sur austral (PDA), en donde operan cinco flotas (arrastreros fábricas y hieleros, espineleros fábricas y hieleros, y flota artesanal). La explotación se inicia a partir de 1976, registrando grandes volúmenes de desembarques en la década de los 80; sin embargo, este recurso fue sobreexplotado, afectando su biomasa y los rendimientos de pesca (Aguayo *et al.* 1993, 2000, Céspedes *et al.* 1998a). Situación que ha llevado al establecimiento de una serie de medidas de regulación, para contrarrestar la caída de sus biomásas y sustentar la pesquería.

Las operaciones de la flota arrastrera (fábrica y hielera) y la flota espinelera fábrica, presentan un patrón de comportamiento espacio temporal que en gran medida se ha mantenido en el tiempo y que obedece a los rendimientos de pesca espacial y temporal de merluza del sur. Las flotas se concentran entre la Isla Guafo y la Punta Taitao, entre julio a septiembre, con altos rendimientos de pesca de merluza del sur, asociado al patrón reproductivo de esta especie. Previo y posterior a este período la flota fábrica opera principalmente en caladeros extremos e intermedios de la zona sur (47° a 57°S), mientras la flota arrastrera hielera opera en áreas de la Isla Guafo y áreas al norte de dicha isla. Esta distribución de la flota se explica por la búsqueda de los mejores rendimientos de pesca, vinculada al patrón migratorio de alimentación sobre merluza de cola y merluza de tres aletas (Céspedes *et al.* 1998a, 1999, y 2000; Aguayo *et al.* 1985, 1994, y 2001; Aguayo-Hernández, 1994; Balbontín y Bravo, 1993, Pool *et al.* 1997).

No obstante, a principios de la pesquería existió un foco principal de operación y de rendimiento de pesca de merluza del sur entre otoño e invierno en áreas extremas de la zona sur (entre los 53° y 57°S), y áreas cercanas con el límite de aguas



Argentinas (Céspedes y Adasme, 2001). Este foco producto de la intensa explotación y reducción de la biomasa del recurso disminuyó su importancia. Por otro lado, antecedentes biológicos muestran que en dicha área y período los índices reproductivos tienden a aumentar, sin embargo, no ha sido posible confirmar la presencia de un foco de desove, debido a que la flota dirige su esfuerzo al área de Guafo y Taitao, por los antecedentes descritos anteriormente (Aguayo *et al.* 2001; Céspedes *et al.* 2000).

En aguas del Atlántico

En el Atlántico la merluza del sur es también explotada en aguas Argentinas y en Islas Malvinas, pero en magnitudes menores comparadas con Chile. En Argentina durante 1987 se desembarcaron 54.323 t en caladeros cercanos a la Isla de los Estados (com. pers. Dr. N. Ehrhardt). Al sur de los 48° LS, las capturas anuales declaradas por la flota Argentina desde 1989 a 2000, fluctuaron entre 1078 a 6900 toneladas (**Tabla 7**). A partir de 1993, se fija una captura total permisible en el mar argentino de 3000 toneladas y en los años recientes esta se ha mantenido constante en 4000 toneladas (período 1996 a 2000). Normalmente las capturas declaradas no sobrepasaron estos límites, sin embargo el último año de la serie las capturas declaradas llegaron a 6900 toneladas sobrepasando considerablemente la cuota total permisible (**Figura 43**).

Las capturas de merluza del sur al norte de los 48°LS se encuentran confundidas con merluza hubbsi, siendo muy difíciles de separar. La proporción de merluza del sur capturada en estas latitudes es muy pequeña respecto de merluza hubbsi por lo tanto la mayoría de las capturas norte de 48°S debe atribuirse a esta última especie.

Las áreas de pesca de merluza del sur en el mar Argentino se ubicaron principalmente al sur de los 48°LS; con rendimientos intermedios en los 51°S a profundidades mayores de 100 m, mientras que los mayores rendimientos se encontraron en las cercanías de



la Isla Tierra de Fuego y de la Isla de los Estados, y al sudoeste de Canal Beagle (**Figura 44**). El rendimiento máximo observado durante el año 2000 fue 499 kg por hora de arrastre.

Los puertos usados por la flota durante 1999 y 2000, se indican en la **Tabla 8**, siendo el más importante Ushuaia, en cuanto a volúmenes de desembarcados. La flota comercial que informó captura de merluza del sur durante el periodo 1989-2000 estuvo compuesta por buques congeladores, fábricas y surimeros principalmente, que procesan la captura a bordo (**Tabla 7**). Los buques fresqueros (hieleros en Chile) mostraron porcentajes de capturas menor al 1%. La incidencia baja de este último tipo de buque podría ser explicada por la distancia larga entre su puerto base (ej. Mar del Plata) y las áreas de pesca, y porque no tienen bastante autonomía para pescar lucrativamente en la merluza del sur.

Debido al aún escaso conocimiento de la biología de merluza del sur en el sector Argentino, no se ha establecido áreas restringidas o periodo de veda. En la actualidad, la única medida vigente es que los barcos autorizados para capturarla, deben usar el uso de una red de arrastre de fondo con un tamaño mínimo de malla de 120 mm y el límite máximo de captura.

En el sector de Islas Malvinas las merluzas, *M. australis* y *M. hubbsi*, capturadas juntas, forman sólo una pequeña parte de las pesquerías alrededor de Malvinas (**Figura 45**). La captura de merluza del sur se caracteriza por ser fauna acompañante en la pesquería de *M. hubbsi*. Se estima que las grandes capturas de merluzas fueron tomadas alrededor de estas islas en la década de los 80, fue en su mayoría de *M. hubbsi* y que *M. australis* solo fue captura incidental, tal como ocurre hoy. Tingley *et al.* 1995, estimó que la proporción de *M. australis* en la captura de merluza en estos años fue menos del 5%, es decir que el 95% de la captura fue *M. hubbsi*. En los años recientes se ha supuesto que esta proporción alcanza al 4%. Por lo tanto, la captura total de *M. australis* entonces parece haber



sido entre 1000 y 3000 toneladas entre el año 1987 a 1992, cayendo a menos de 1.000 t a partir de 1993 (**Figura 46**).

La población capturada de merluza del sur en aguas de Malvinas, corresponde exclusivamente a la fracción adulta. La declinación en la CPUE desde 1990 sugiere una declinación real en la abundancia de *M. australis* en el sector de Malvinas. Similares tendencias de pesquerías de *M. australis* en la región y en aguas chilenas hacen sugerir una declinación de esta especie alrededor de cono sur de Sudamérica desde la última mitad de la década de los 1980 (Aguayo 1994). Podría pensarse entonces que las grandes capturas de 1985 a 1989, desde Malvinas y posiblemente desde Argentina, pueden haber contribuido a la declinación de la abundancia de esta especie (Agnew *et al.*, 2001).

Las capturas de merluzas en el sector de Malvinas están siendo controladas o manejadas en base del control del esfuerzo, con una considerable restricción sobre el número de buques que son permitidos pescar merluzas, principalmente *M. hubbsi* (Agnew *et al.*, 2001).

Tanto investigadores argentinos e ingleses mencionan que el stock que se explota en sus respectivas áreas estarían conectados a la gran población que se encuentra en aguas chilenas (Bezzi *et al* 1994; Tingley *et al.* 1994).

En Nueva Zelanda

Nueva Zelanda estableció su Zona Económica Exclusiva (EEZ) de 200 millas en 1978. A partir de 1986, se introdujo el "Quota Management System" (QMS). Los derechos para pescar peces son adquiridos comprando o arrendando cuotas. Los niveles de captura son controlados bajo el QMS dentro del cual las capturas límites son establecidas.



Actualmente en aguas de Nueva Zelanda la merluza del sur es manejada en cuatro áreas denominadas Quota Management Areas o QMAs (HAK 1, 4, 7, & 10, **Figura 47**). De las cuales el área de Challenger o costa del oeste la Isla Sur (HAK 7), Chatham Rise (HAK 4), y el Sub-Antártico (HAK 1) son los más importantes.

La captura anual total de merluza del sur en Nueva Zelanda es aproximadamente 15000 t (Dunn 2001). En Nueva Zelanda, más del 80% de la captura de merluza del sur proviene como bycatch de la captura de hoki (*Macruronus novaezelandiae*) que tiene una captura anual de aproximadamente 250.000 t.

La pesquería de merluza es económicamente importante en Nueva Zelanda. Las exportaciones total de alimentos marinos de Nueva Zelanda en el año 2000 alcanzaron aproximadamente los NZ\$1.43 mil millones; la merluza del sur aportó con NZ\$34 millones. La mayor de la captura de merluza del sur se exporta refrigerada, sin cabezas ni vísceras. También se exportan filetes derivados principalmente de la pesquería afuera de la costa oriental de la Isla Sur (Colman 1995).

En los recientes años, la merluza del sur ha sido capturada principalmente afuera de la costa oriental de la Isla Sur (56% de capturas desembarcadas en 1999), en el Chatham Rise (25%), en el Subantártico (18%), en el Estrecho Cook (menos de 0.1%) y alrededor de la costa oriental de la Isla Norte (menos de 0.1%) (Phillips 2001).

Las pesquerías en el Subantártico y Chatham Rise operan la mayoría del año. En el contraste, la pesquería de la costa oriental opera sólo durante la estación de desove del hoki, donde la merluza del sur es capturada principalmente como bycatch de la pesquería del hoki (Phillips 2001). En la costa oriental de la Isla Sur, es capturada principalmente como bycatch del hoki (71% en 1999 año), en otras pesquerías más pequeñas constituye aproximadamente el 1% (por ejemplo, en la pesquería de *Genypterus blacodes*, y en la pesquería de *Seriolella punctata*). El resto, es decir



el 28% es capturada como especie objetivo en este sector. En Chatham Rise las proporciones relativas durante ese año fueron un 56% como bycatch de del hoki, y un 41% como especie objetivo. En el stock Subantártico, estas proporciones fueron un 53% como un bycatch de hoki, y un 18% como especie objetivo.

Los desembarques de merluza del sur desde 1984 se muestran en la **Tabla 9**, al igual que las capturas totales permisibles (TACs) a partir de 1987. Las capturas en los recientes años han permanecido cerca del TAC en el Chatham Rise y Subantártico, y consistentemente sobre el TAC en la costa oriental la Isla Sur.

La merluza del sur se captura en proporciones casi iguales con red de arrastre de media - agua (53%) y con red de arrastre de fondo (46%). La red de arrastre de media - agua es usada predominantemente en la costa oriental de la Isla Sur, y la red de arrastre de fondo en concentraciones no desovantes en el Subantártico y Chatham Rise. (Phillips 2001).

Varias fuentes de datos están disponibles para el monitoreo de los stocks de merluza del sur. Aparte de los archivos históricos de capturas, el Programa del Observador Científico del Ministerio de Pesquerías colecciona datos de longitud y edad al azar de las capturas. Índices de CPUE han sido calculados para cada uno de las tres stocks. Series de índices de biomasa existen para el Chatham Rise y Subantártico, junto con la distribución de longitud y distribuciones de edad asociadas. En la costa oriental la Isla Sur, ningún índice de biomasa de estudio está disponible.

Efectos de la pesca sobre la fracción recluta o juvenil

En aguas argentinas se observa que la estructura de tallas de las capturas presenta una mayor participación de los juveniles (es decir peces bajo los 61 cm de longitud total) hacia la temporada de invierno y primavera, tanto para machos y para hembras



(Figura 48), lo cual en cierta forma indica una variación en la estructura de tamaños en el aspecto temporal. Durante el año 2000, se detecta una fuerte componente juvenil en el mes de junio en la parte norte de la distribución (Figura 36). En el sector de Malvinas, todos los antecedentes provenientes de la pesca comercial indican que la captura está principalmente compuesta por adultos.

En Nueva Zelanda el reclutamiento no ha sido bien estudiado, sin embargo a partir de la estructura de tamaños (Figura 50) presentada por Dunn *et al.*, 2001, parece que el efecto de la pesca sobre la fracción juvenil en la Costa Oeste de la Isla sur, es mayor que en las otras dos zonas, sin embargo el efecto de la pesca sobre esta fracción no ha sido evaluado.

Tanto en aguas Argentinas, en el sector de Malvinas y Nueva Zelanda, el efecto de la pesca sobre la fracción recluta y juvenil no ha sido evaluado, los mayores antecedentes al respecto se han obtenido en aguas chilenas, es así como Aguayo *et al.* (1991) y Céspedes *et al.* (1996a, 1998c, y 1999) sugieren que la variación estacional del rendimiento de pesca en aguas interiores, es debido a patrones migratorios de la fracción adulta de la población de merluza del sur. Posterior al desove en aguas exteriores, entre primavera y verano ingresa de aguas exteriores a aguas interiores fracciones adultas con fines de alimentación, lo cual explica los altos rendimientos de pesca en dicho período; sin embargo, entre otoño e invierno retornan a aguas exteriores con fines reproductivos, aspecto que explicaría la caída de los rendimientos de pesca en dicho período. Este patrón migratorio de merluza del sur también ha sido registrado en la variación estacional de la estructura de talla de la captura artesanal de merluza del sur. Céspedes *et al.* (1996b) describen en aguas interiores de la X y XI Región que la estructura de talla de merluza del sur en invierno se caracteriza por una moda principalmente de ejemplares juveniles; hacia primavera y verano esta moda decrece en participación aumentando la participación de fracciones adultas, llegando al verano con una moda principal de ejemplares adultos y una secundaria inferior de ejemplares juveniles; pero pasado el verano



decrece la presencia de ejemplares adultos, para aumentar de forma gradual hacia el invierno la participación de ejemplares juveniles en las capturas, e incluso hasta inicios de primavera. Estas variaciones en la estructura de talla en aguas interiores también ha sido confirmada en posteriores estudios (Céspedes *et al.* 1999 y Rubilar *et al.* 2000).

Los principales resultados respecto del efecto del descarte sobre la fracción recluta y juvenil fueron obtenidos por Rubilar *et al.* 2000, quienes a través de pesca de investigación en aguas interiores de la X, XI y XII Regiones midieron en forma estacional el fenómeno. Dicha investigación estuvo centrada en los caladeros habituales y más importantes de pesca en la X, XI y XII regiones, visitándose la mayoría de ellos en cada región, lo cual permitió estimar el efecto del descarte en el desembarque.

Los resultados encontrados indican un significativo aumento del descarte en la X Región hacia las temporadas de invierno y primavera y hacia invierno en la XI (Figura 50) y XII Región (Tabla 10), lo cual es producto en su mayoría de la juvenilización de la fracción vulnerable a la pesca en estos periodos del año. Los niveles de descarte son altos en promedio y pueden llegar a constituir el 50% de la captura en el periodo de invierno y primavera. Esto significa que durante la pesca comercial se estaría reportando una captura menor que la producida lo cual se traduce en un efecto sobre la población explotable no evaluado ni dimensionado.

El gran problema que enfrenta la pesca artesanal en aguas interiores radica en que también opera sobre áreas que han sido identificadas como de crianza o de concentración de juveniles tanto en la X como en la XI Región (Seno de Reloncaví, sector Isla Casma Canal Costa en la XI región, respectivamente). Ahora en ambas regiones se detectó una variación espacio temporal generalizada, es decir durante invierno y primavera la presencia de juveniles se acentúa (Rubilar *et al.* 2000, Céspedes *et al.* 1996a) producto de la migración de adultos o reproductores hacia las



áreas de reproducción en aguas exteriores (Aguayo *et al.* 1994) y del comportamiento más residente de los juveniles (Céspedes y Adasme, 1992), produciéndose una juvenización de la fracción residente, lo cual se refleja claramente en la estructura de talla, la proporción de juveniles y talla promedio de las capturas.

En la XII Región la situación no es muy diferente a lo encontrado en las Regiones X y XI, en el sentido que se detectó un aumento de la proporción juvenil en las capturas y un aumento de los descartes hacia las temporadas de otoño e invierno; pero, en una dimensión inferior que lo observado en las otras dos Regiones (Rubilar *et al.*, 2000).

Tal como se mencionó anteriormente en aguas interiores la merluza del sur se caracteriza por una estratificación vertical de juveniles y adultos en la columna de agua. Los juveniles permanecerían en aguas más someras y los adultos en aguas más profundas y durante la ausencia de una gran parte de la fracción adultos (en procesos de reproducción), serían aprovechados por los juveniles quienes extenderían sus territorios de alimentación ocupando los espacios liberados por los adultos; una vez que los adultos regresan a aguas interiores desplazarían a los juveniles posiblemente hacia aguas más someras. Esto explicaría la mayor vulnerabilidad de los ejemplares juveniles al aparejo de pesca usado en aguas interiores de la zona sur austral, hacia fines de otoño, invierno y comienzos de primavera, sin descartar que la fuerte presión de pesca sobre los ejemplares de mayor tamaño haría que los ejemplares de mayor tamaño sean removidos de la población a una tasa mayor que su tasa de reemplazo.

Reclutamiento a la pesquería y condiciones ambientales

El análisis de antecedentes biológicos, ecológicos y pesqueros indican que no existe información de estudios sobre el reclutamiento y su posible relación con variables ambientales para merluza del sur, tanto en Chile, Atlántico y Nueva Zelanda.



Se analizaron los resultados de la evaluación de stock obtenidos en el proyecto FIP 97-14 (Payá *et al.* 2000b), los cuales se basan en la reconstitución de las matrices de captura en número desde las estadísticas de exportaciones por calibre por empresa y por producto, muestran que la relación entre la producción de huevos y los reclutamientos de 4 años de edad es muy cercana a una línea recta, lo cual implica que el éxito reproductivo (reclutas/huevos) es constante e independiente de la cantidad de huevos producidos, lo cual indica una baja influencia de procesos compensatorios y dependientes.

Durante la ejecución del presente proyecto, se analizaron las correlaciones entre los residuos de la relación huevos-reclutas y diferentes variables ambientales (turbulencia y surgencia medidas en Isla Guayo, precipitaciones de Pta. Arenas y temperatura superficial del mar en Pto. Willians), encontrándose que solo la temperatura superficial del mar registrada en Pto. Willians apareció correlacionada con los residuos de la relación huevo-reclutas, pudiendo explicar solo el 40% de la varianza de estos residuos (**Figura 51**). La incorporación de esta variable en el modelo huevos-reclutas agregó una pequeña mejora al ajuste. El otro tipo de análisis realizado en el presente proyecto, se basó en un modelo aditivo general estimado mediante el algoritmo ACE (Alternative Conditional Expectation), el cual transforma tanto las variables dependientes como independientes. Las transformadas de las variables independientes muestran que el principal aporte a la variabilidad del reclutamiento proviene de la producción de huevos, aunque se observa una ventana ambiental óptima para la temperatura superficial del mar de Pto. Willians (**Figura 52** y **Figura 53**).

Los resultados mostrados anteriormente tienen el carácter de exploratorios y su finalidad es entregar antecedentes para que este tipo de análisis constituya parte integrante del programa de investigación .



Objetivo específico 2. Formular un modelo biológico del ciclo de vida de la merluza del sur, en un contexto espacio temporal, con énfasis en el proceso de reclutamiento.

Para analizar y construir el modelo del ciclo de vida de la merluza del sur se consideraron los siguientes estados:

Huevo: se considera al óvulo desde antes de la fecundación hasta que el embrión eclosiona y se desprende de la cubierta del huevo.

Larva: estado posterior a la etapa embrionaria, correspondiendo a las primeras etapas de vida libre, de duración variable donde el pez tiene distintos grados de desarrollo. Se consideran larvas a aquellos peces recién eclosionados con saco vitelino hasta la aparición de las primeras escamas y pérdida de la pigmentación larval, éste junto al período embrionario son las etapas de mayores cambios y corresponden a la metamorfosis.

Post-metamórficos que son aquellos peces que tienen las primeras escamas y han perdido la pigmentación larval pero aún continúan con su dieta planctónica. Peces de 3 cm aproximadamente.

Juvenil: son los peces que han sufrido un cambio en su dieta, pasando de una dieta planctónica a una dieta piscívora y cuya talla y edad máxima es menor a la talla y edad de primera madurez, respectivamente.

Adultos: son todos los peces mayores a la edad o talla de primera madurez.

Modelo del ciclo de vida

La descripción del modelo del ciclo de vida se hará en forma espacio-temporal según la propuesta técnica.



Otro aspecto importante de tener en cuenta es que los procesos migratorios de merluza del sur en el sector Pacífico y Atlántico, no han sido establecidas plenamente y muchas de estas migraciones que resultan obvias han sido derivadas desde información proveniente de la operación de la flota, por lo que no han sido validadas con estudios independientes o estudios específicos. Por otro lado resulta más difícil poder establecer patrones de migración diferenciales por sexo con esta información. Si bien es cierto históricamente la proporción sexual de merluza del sur en el mar exterior ha registrado un predominio de machos sobre las hembras. No obstante por zonas dicha proporción presenta variaciones, la zona norte exterior presenta un predominio de los machos, mientras que en la zona sur exterior las hembras predominan (Céspedes *et al.*, 2001)

En aguas interiores, un análisis temporal (estacional) de la proporción sexual, con datos provenientes de la pesca de investigación realizada con espinel en la X Región (Seno de Reloncaví y Golfo de Ancud, Rubilar *et al.*, 2000), durante la cual se midió la captura real (sin descarte), muestra indicios atribuible a un comportamiento migratorio por sexos. Los resultados indican que la proporción de machos es predominante sobre las hembras hasta los 75-80 cm, situación que se acentúa hacia invierno y primavera. En tallas mayores son las hembras las que predominan, situación que ocurre en todas las estaciones (**Figura 54**). El mismo análisis hecho por caladeros, pero sin diferenciar tallas indica un patrón similar, con una predominancia de machos en las capturas durante todas las temporadas (**Figura 55**), siendo más notoria esta diferencia en primavera (Octubre del 2000).

Lo anterior podría indicar una menor cantidad de hembras en aguas interiores de la X Región presumiblemente producto de la migración reproductiva, lo cual se encontraría reforzado por la información hidroacústica del año 2000, la cual indica un predominio de hembras (71%) sobre los machos (29%) en la zona de reproducción (Lillo *et al.*, 2001). Donde la biomasa de ejemplares efectivamente maduros y desovados (estadios de madurez 3 a 5), equivalente a tallas superiores a 61 cm en



machos y 70 cm en hembras, es de 92.062 toneladas (correspondiente a un 69 % de la biomasa total), de las cuales 23.651 (25,7%) y 68.470 toneladas (74,5,5%) corresponde a machos y hembras, respectivamente. Latitudinalmente los ejemplares de mayor tamaño, se encuentran hacia la zona sur del área de desove, independiente de la profundidad, es decir hacia la península Tres Montes (Lillo *et al.*, 2001).

Sin embargo, también podría ocurrir pero con menor probabilidad, que las hembras estén presentes en aguas interiores pero que no sean vulnerables al espinel por dejar de alimentarse en este periodo, bajo el supuesto que existen desoves menores en aguas interiores.

Todos los antecedentes anteriores parecen indicar patrones migratorios diferenciales por sexos en merluza del sur, que necesitan ser avalados con otro tipo de información (independiente de la pesquería), donde es necesario remover por ejemplo el efecto del arte de pesca , de operación de la flota y la variabilidad inherente al sistema.

Descripción del modelo general del ciclo de vida de merluza del sur

El modelo conceptual general del ciclo de vida de merluza del sur presentado en la **Figura 56**, considera dos poblaciones, la población del Pacífico y la del Atlántico, en el cono sur de América, con algún grado de conexión entre ambas. De hecho, antecedentes surgidos respecto de este punto en los talleres de trabajo indican que se produciría algún grado de mezcla entre ambas poblaciones a través del Paso Drake, sin embargo la magnitud de esta mezcla o de las migraciones de merluza del sur no son conocidas. Desde este punto de vista no existen antecedentes suficientes para rechazar o aceptar la hipótesis de una sola población en el cono sur de América.



En la **Figura 56**, se consignan además el número de las hipótesis surgida en los talleres de trabajo y que tienen que ver con aspectos desconocidos del ciclo de vida de esta especie.

Hecha la aclaración anterior, la población adulta residente de ambos océanos presentaría una zona de reproducción en cada uno de ellos y quizás una o más zonas de desove de menor importancia. El stock desovante generaría huevos y larvas, los cuales posteriormente conformarían la población juvenil y los nuevos adultos en ambos océanos. Sobre los peces adultos, juveniles, huevos y larvas se estaría ejerciendo una mortalidad natural representada por el sistema depredador-presa y también por los factores ambientales. A su vez en ambos océanos se esta ejerciendo una mortalidad por pesca sobre la fracción adulta y fracción juvenil vulnerable a los artes de pesca. En el caso chileno esta mortalidad por pesca la ejerce una flota industrial en aguas exteriores e interiores , y una flota artesanal en aguas interiores. En cambio en el Atlántico la mortalidad por pesca sobre juveniles vulnerables a los artes de pesca y adultos, es ejercida por las flotas industriales de Argentina y Malvinas. También hay que tener en cuenta los descartes que se producen en cada pesquería. Este descarte no ha sido plenamente dimensionado ni medido en toda el área de distribución de la especie en el cono sur de América.

Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas

Reconociendo una sola zona de reproducción, gran parte del stock adulto desovaría en el área Guafo-Guamblín, hacia fines de invierno y principio de primavera (julio a septiembre), para lo cual los desovantes (adultos y jóvenes recién maduros) migrarían hacia esta zona de reproducción a partir de sus distintos zonas de alimentación. (**Figuras 57 y 58**). Los huevos y larvas producto del último período de desove podrían mantenerse en aguas exteriores alrededor de la zona de reproducción y/o bien ser transportados por las corrientes marinas en distintas direcciones (**ver Figura 21**), es decir este transporte puede tener consecuencias



positivas o negativas para su supervivencia. Durante estos estadios las larvas y huevos están sujetos a fuentes de mortalidad natural como depredación, inanición especialmente durante el periodo crítico, enfermedades, etc. La dispersión larvaria tiene lugar a partir de la zona de reproducción hacia las áreas de cría, la cual podría estar causada por el movimiento propio de las larvas y por las corrientes marinas. Dependiendo de la ubicación de los huevos en la columna de aguas éstos podrían ser arrastrados en distintas direcciones o bien mantenerse en áreas contiguas al área de desove próximos a la costa, en zonas de retención, donde estas fases tendrían una mejor sobrevivencia producto de una mayor oferta de alimento y una depredación menor por la fracción adulta. Estos factores podrían explicar el desove en aguas exteriores y la permanencia de estas fases en dicha zona. Sin embargo, también es probable que parte de estos huevos y larvas sean arrastrados al norte y sur de las áreas de reproducción por las corrientes, llegando a constituir los nuevos reclutas y juveniles que colonicen esos lugares.

El cambio de comportamiento alimentario (de planctófago a piscívoro, consecuencia del paso de postmetamórfico a juvenil) provocaría en estos peces la búsqueda de zonas de alimentación apropiadas (**Figura 24**). Así los juveniles temprano y reclutas se desplazarían hacia aguas interiores de la zona norte y zona sur. Otra fracción se movería en forma latitudinal en áreas cercanas a la costa, senos y esteros conectados al mar abierto. La fracción recluta que entra a aguas interiores de la X y XI Región utilizando como transporte la "Corriente del Guafo", entraría en ambas regiones, para ubicarse finalmente en el extremo norte y sur de la X y XI Región, (Seno de Reloncaví y Seno Aysén - Canal Costa, respectivamente). Estos extremos corresponden a localidades menos profundas, menos turbulentas y con concentraciones importantes de alimento íctico (merluza de cola pequeña) y con concentraciones menores de merluza adulta, evitando con esto el canibalismo. Igual situación podría ocurrir con los juveniles originados del transporte hacia el norte y sur. La permanencia de los juveniles en estos sectores se extiende hasta alcanzar la talla de madurez sexual (cerca de 69-73 cm y edad 9 años), proceso biológico que los convierte en individuos adultos,



momento en que se incorporarían al stock desovante que realizaría una vez más el proceso de migración hacia las zonas de reproducción completando el ciclo natural de la especie (**Figura 57**). Posterior, al desove los adultos realizarían una migración trófica en sentido latitudinal y transversal, en busca de zonas de alimentación apropiadas, lo anterior implica que parte de estos post-desovantes se dispersan a lo largo de la costa de Chile en el mar. Otra parte ingresaría hacia aguas interiores de la zona norte por la boca del Guafo principalmente, dispersándose en forma latitudinal, hacia la X y XI Región durante primavera y verano, desplazamiento de características alimentarias, ocupando principalmente el Golfo de Ancud en la X Región y Canal Moraleda, Jacaf y Puyuhuapi en la XI Región. Estas fracciones adultas se reagrupan nuevamente en el período de desove siguiente. La parte que migró hacia el sur o parte más austral también se dispersó hacia el este ocupando las zonas de alimentación en aguas interiores de la XII Región.

El esquema anteriormente propuesto, operaría sobre toda el área de distribución de la merluza del sur en Chile y no estaría restringido a una zona en especial. De hecho puede aplicarse si existieran otros focos de desove o zonas de reproducción importante, por lo tanto tiene generalidad. También hay que tener en consideración el efecto de la pesca sobre la fracción juvenil y adulta en las tres regiones, tanto en aguas exteriores e interiores. Para afinar la problemática del ciclo de vida de merluza del sur, se identificaron los hitos más relevantes con relación a las diversas fases del ciclo vital de merluza del sur (**Tabla 11**). Asimismo, se identificaron los problemas asociados a las diferentes fases y el proceso que los provocan, la escala espacial y temporal y, el método de estudio que debería aplicarse para encontrar una solución al problema identificado (**Tabla 11**).

Modelo particular del ciclo de vida de merluza del sur en aguas del Atlántico

El ciclo de vida de merluza del sur en aguas del sector Atlántico es menos conocido. La información desde Argentina y de Malvinas indica una falta de peces juveniles en



dicha área. Es así como en el sector de Malvinas se indican que los peces encontrados en sus aguas son esencialmente adultos y que éstos se ausentan durante junio y julio.

Según Agnew *et al.* 2001 y Cotrina 1981, en el sector Atlántico el desove de merluza del sur ocurriría al suroeste de Malvinas, en el mar Argentino entre los 51° a 52°S a una profundidad de 200 a 400 m, lo cual explicaría la existencia de juveniles en esa zona. Chiechomsky (1975) indica que ellos nunca han encontrado huevos de esta especie en las muestras de ictioplancton. Pero concluyen desde análisis de post larvas que el desove tendría lugar entre octubre y noviembre, en la costa fueguina, entre 51° 45' S y 55° 02' S y al sur Oeste de Malvinas (**Figura 20**).

Según estos antecedentes debería ocurrir una migración de los distintos lugares de alimentación hacia dichas zonas de desove mencionadas anteriormente. A partir del análisis de cruceros de investigación se observa un desplazamiento estacional de las concentraciones de merluza del sur hacia el extremo sur. Es así como durante el verano la especie se encuentra ampliamente distribuida entre los 47° a 56°S, con concentraciones altas en la costa patagónica entre los 51° a 56°S y al sur de Isla de los Estados. En otoño se distribuye a partir de los 51° al sur, manteniendo los focos de abundancia mayores de la estación anterior. En Invierno, el área de distribución estuvo restringida al sur de los 52°S, mientras que en primavera bajas concentraciones fueron detectadas en toda el área, registrándose grandes abundancias en la boca del Beagle (Giussi *et al.*, 2001).

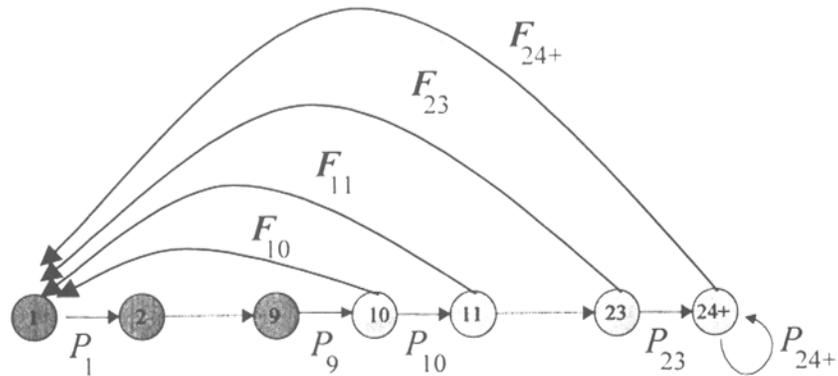
Toda esta información indica un proceso migratorio hacia el sur durante la época de desove, y una posible migración hacia el lado chileno, o en su efecto una migración desde Chile hacia Argentina en primavera, lo cual podría explicar estas abundancias en la boca del Canal Beagle, en el límite con Chile.



Modelo del ciclo vital de merluza del sur mediante grafos

Una manera útil de resumir la información sobre el ciclo vital de la merluza del sur es mediante un grafo. El grafo es una descripción pictórica donde las edades son representadas por nodos y las transiciones entre las edades, debido a procesos de sobrevivencia y reproducción, por flechas entre los nodos (Caswell, 2001).

Cuando las tasas vitales difieren entre sexos puede parecer más apropiado integrar ambos sexos en un solo grafo del ciclo vital para evitar la inconsistencia que se produce, al ser tratados independientemente, en la predicción de la abundancia relativa de los sexos, si la tasa de crecimiento de un sexo predomina sobre el otro. Comúnmente tal inconsistencia se resuelve suponiendo que uno de los sexos es determinante en la dinámica de la población. La suposición usual en este caso suele ser la dominancia de las hembras. Según esta hipótesis las tasas vitales de las hembras son las determinantes en la dinámica de la población si existen suficientes machos para fertilizar a todas las hembras. Nosotros consideraremos en primer lugar, apoyados en la hipótesis de la dominancia de las hembras, el grafo del ciclo vital de las hembras de merluza del sur como descripción suficiente del ciclo vital de la población completa (**Grafo 1**). Los nodos, representados por círculos en la figura, comprenden 23 intervalos de edades de 1 año de amplitud (nodos 1 al 23) y un grupo de edad terminal que reúne las edades iguales y mayores a 24 años (nodo 24+). El intervalo de proyección es un año, los individuos sobreviven al intervalo de edad siguiente con probabilidad P_i , alcanzan su madurez a la edad 10 y continúan reproduciéndose durante toda su vida con fertilidades F_i dependientes de la edad. Los nuevos individuos que se producen por la actividad reproductiva de los adultos se incorporan cada año como nuevos nacimientos al primer año de edad, cerrando así el ciclo.



Grafo 1. Grafo del ciclo vital de merluza del sur

Representación matricial

La dinámica implícita en el grafo tiene la representación matricial

$$N_{t+1} = A \cdot N_t$$

cuando las transiciones y flujos reproductivos se producen en el intervalo de tiempo $[t, t+1]$.

El vector $N_t = [N_{1t}, N_{2t}, \dots, N_{24+t}]'$ es la composición de edades en un año t cualquiera y A es la matriz de sobrevivencias y fertilidades que proyecta la dinámica del stock,

$$A = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \dots & F_{23} & F_{24+} \\ P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & P_{23} & P_{24+} \end{bmatrix}$$



Parametrización

Merluza del sur concentra su reproducción en los meses de julio a septiembre con un máximo en agosto. Si denominamos p a la proporción del año que transcurre entre el pico de desove (fecha de nacimiento) y el momento en que se censa o mide la abundancia, entonces de acuerdo a Caswell (2001), para una especie con un patrón de desove de tipo pulsátil, las probabilidades de sobrevivencia y fertilidades a la edad i se pueden expresar como

$$P_i = \frac{l(i+p)}{l(i-1+p)}$$

$$F_i = m(i)P_i^{1-p}l(p)$$

donde $l(x)$ y $m(x)$ son las funciones de sobrevivencia y maternidad a la edad x .

Para el caso particular en que la tasa instantánea de mortalidad natural M es común para todas las edades, la función de sobrevivencia resulta ser

$$l(x) = e^{-Mx}.$$

Luego, la probabilidad de sobrevivencia y fertilidad adoptan la forma simplificada

$$P_i = e^{-M}$$

$$F_i = m(i)e^{-M}.$$



La función de maternidad ($m(i)$) representa el número de huevos que produce una hembra de edad i durante el año. Esta función, en el caso de merluza del sur se obtiene multiplicando la fecundidad modal de una hembra madura de edad i ($f(i)$), correspondiente a la fecundidad por tanda, por el número de tandas ($ntdas(i)$) que ocurren durante el período reproductivo y la ojiva de madurez a la edad ($mad(i)$).

$$m(i) = f(i) \cdot ntdas(i) \cdot mad(i).$$

La fecundidad modal a la edad i se obtiene combinando la fecundidad a la talla con la función de crecimiento de von Bertalanffy para la edad correspondiente

$$f(i) = f(L(i)) = \alpha L(i)^\beta.$$

Análogamente, la ojiva de madurez a la edad se obtiene combinando la ojiva de madurez a la talla con la función de crecimiento en talla

$$mad(i) = mad(L(i)) = \frac{1}{1 + e^{a-bL(i)}}.$$

Tasa de crecimiento poblacional

Un índice útil de la capacidad de crecimiento de una población es la tasa de cambio del tamaño poblacional que se produciría en el largo plazo si un régimen de sobrevivencia y fertilidades operara de manera constante y por tiempo indefinido. Es un resultado bien establecido de la demografía que una población con una matriz de



sobrevivencia y fertilidades fija, convergerá, independiente de la composición de edades inicial, a una distribución de edades estable caracterizada por la constancia de la proporción que representa cada edad en la población total. En tales condiciones, la transformación que produce la matriz sobre la estructura de edades estable, en el intervalo de proyección $[t, t+1]$, es equivalente al efecto que realizaría un factor que actuara estirando o acortando dicho vector etario. Este factor por el cual se multiplica la estructura de edades estable es la tasa de crecimiento de la población o valor propio dominante de la matriz \mathbf{A} (λ) correspondiente al vector propio que representa tal estructura.

Para obtener λ se debe proceder en tres pasos: 1) reunir información sobre los procesos vitales que permitan estimar las sobrevivencia y fertilidades de la matriz \mathbf{A} , 2) calcular los valores propios de \mathbf{A} y 3) buscar el valor propio máximo.

Respecto al primer paso, el **cuadro 1** proporciona información útil para estimar las entradas de la matriz \mathbf{A} , según la parametrización descrita en la sección anterior.

La información es adecuada para estimar fertilidades por edad, pero insuficiente para obtener sobrevivencias por edad. La sobrevivencia 0,8417, correspondiente a $M = 0,17$ de la Tabla 1, es un valor razonable para individuos maduros de 10 años de edad o mayores, pero no para individuos de menor edad. La extrapolación de esta sobrevivencia a individuos inmaduros es con seguridad una sobrestimación que se acentúa hacia las edades menores, particularmente, en las clases de edad 1 y 2, donde están incluidas las etapas tempranas de la ontogenia (huevos, larvas y juveniles planctófagos). En estas etapas los riesgos de mortalidad por diferentes causas naturales suelen ser notablemente mayores que en las etapas posteriores, donde el cambio de dieta (ictiófagos) y el refugio a la depredación que proporciona el aumento de tamaño conllevan a una mayor sobrevivencia.



Cuadro 1. Información utilizada en la parametrización del ciclo vital de las hembras de merluza del sur.

Parámetro	Valor	Referencia
M	0,17	
α	0,0014	Aguayo <i>et al.</i> 2001
β	4,6504	Aguayo <i>et al.</i> 2001
L_{∞}	121,4	Ojeda V. y M. Aguayo 1986
K	0,0827	Ojeda V. y M. Aguayo 1986
t_0	-1,295	Ojeda V. y M. Aguayo 1986
ntdas	2-3	
a	23,89	Aguayo <i>et al.</i> 2001
b	0,33	Aguayo <i>et al.</i> 2001

El **Cuadro 2** entrega, en las columnas 2 y 8, valores de sobrevivencia y fertilidades que resultan de usar la información de la Tabla 1. Resultados intermedios necesarios para el cálculo de las fertilidades se muestran de la columna 3 a la 7.

El desconocimiento de las sobrevivencias de las clases de edades inmaduras es un déficit importante de información que impide conocer con certeza el potencial de crecimiento de Merluza del sur. Sin embargo, es posible formarse una idea aproximada del efecto que esta incertidumbre tiene en la magnitud de λ .



Cuadro 2. Sobrevivencias y fertilidades por edad para las hembras de merluza del sur.

i	P _i	L(i)	f(i)x10 ^b	ntdas(i)	mad(i)	m(i)x10 ^f	F _i x10 ^f
1		20,9867	0,0020	0	0,0000	0	0
2		28,9568	0,0088	0	0,0000	0	0
3		36,2943	0,0251	0	0,0000	0	0
4		43,0493	0,0556	0	0,0001	0	0
5		49,2682	0,1040	0	0,0005	0	0
6		54,9935	0,1735	0	0,0032	0	0
7		60,2644	0,2655	0	0,0179	0	0
8		65,1169	0,3807	0	0,0831	0	0
9		69,5842	0,5183	0	0,2835	0	0
10	0,8417	73,6970	0,6769	2	0,6059	0,0820	0,6920
11	0,8417	77,4833	0,8545	2	0,8428	0,1440	1,2152
12	0,8417	80,9691	1,0485	2	0,9443	0,1980	1,6706
13	0,8417	84,1782	1,2563	2	0,9799	0,2462	2,0772
14	0,8417	87,1326	1,4748	2	0,9923	0,2927	2,4695
15	0,8417	89,8525	1,7015	2	0,9969	0,3392	2,8619
16	0,8417	92,3565	1,9335	3	0,9986	0,5792	4,8869
17	0,8417	94,6618	2,1684	3	0,9994	0,6501	5,4846
18	0,8417	96,7841	2,4039	3	0,9997	0,7209	6,0822
19	0,8417	98,7379	2,6380	3	0,9998	0,7913	6,6757
20	0,8417	100,5366	2,8690	3	0,9999	0,8606	7,2609
21	0,8417	102,1926	3,0955	3	0,9999	0,9286	7,8343
22	0,8417	103,7172	3,3162	3	1,0000	0,9948	8,3930
23	0,8417	105,1207	3,5301	3	1,0000	1,0590	8,9345
24+	0,8417	106,4128	3,7365	3	1,0000	1,1209	9,4568

En el **Cuadro 3** se entregan estimaciones de λ para tres escenarios de sobrevivencias de las edades inmaduras, poniendo énfasis en las edades 1 y 2, a las cuales λ en teoría debería ser más sensible (Caswell *op cit.*). El primer escenario supone una sobrevivencia común para las edades inmaduras e igual a la que presentan los individuos maduros. En este escenario, el más improbable, el valor de λ resulta exageradamente elevado e irreal para una especie como merluza del sur, debido evidentemente a la fuertemente sobre estimación de la sobrevivencia de las edades inmaduras a la cual ya se ha hecho mención.



El segundo y tercer escenario consideran sobrevivencias más realistas para las edades 1 y 2. La diferencia entre ellos es sólo en el orden de magnitud de la disminución aplicada. En ambos casos se aprecia una notable caída en el valor de λ en la dirección de valores más probables.

Cuadro 3. Escenarios de sobrevivencias de las edades 1 y 2 para usados para calcular λ .

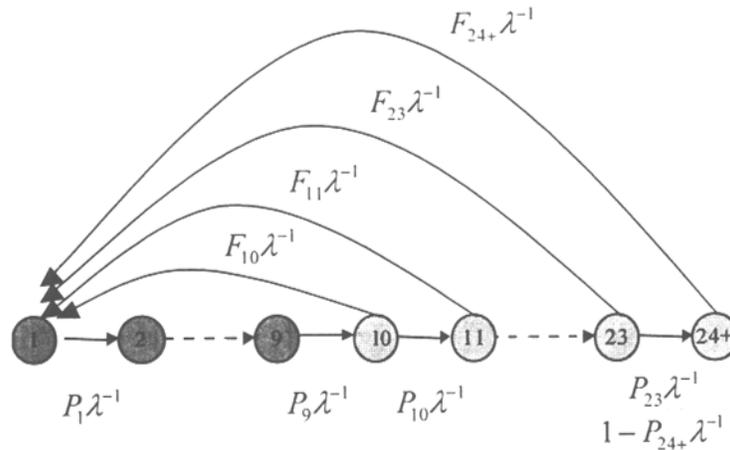
Escenario	λ
$P_1 = P_2 = \dots = P_9 = 0,8417$	3,4585
$P_1 = 0,001; P_2 = 0,01; 0,8417$ el resto	1,3052
$P_1 = 0,0001; P_2 = 0,001; 0,8417$ el resto	0,9830

Estos resultados confirman la gran sensibilidad de λ a la sobrevivencia de las primeras edades y sugieren que para lograr una población casi estacionaria en su crecimiento, el producto de ambas sobrevivencias debería ser del orden de 10^{-7} . En efecto, una mejor estimación de la sobrevivencia conjunta de las dos primeras clases de edad es $P_1P_2 = 1,4126 \times 10^{-7}$, la cual resulta de aplicar la fórmula

$$P_1P_2 = \frac{1}{\sum_{j=10}^{23} \prod_{i=3}^{j-1} P_i \lambda^{-j} F_j + \frac{\prod_{i=3}^{23} P_i \lambda^{-24} F_{24+}}{1 - P_{24+} \lambda^{-1}}}$$

Esta fórmula se deriva a partir de la ecuación característica de la matriz **A**, despejando el valor de P_1P_2 , bajo condiciones de equilibrio ($\lambda = 1$).

La ecuación característica de **A** se puede obtener fácilmente a partir de la transformación z del grafo del ciclo vital (**Grafo 2**).



Grafo 2. Grafo transformado del ciclo vital de Merluza del sur

Para este grafo en que todos los bucles pasan por el nodo común correspondiente a la clase de edad 1, el determinante es:

$$\det = 1 - P_1 P_2 \dots P_9 \lambda^{-10} F_{10} + P_1 P_2 \dots P_{10} \lambda^{-11} F_{11} + \dots + P_1 P_2 \dots P_{22} \lambda^{-23} F_{23} + \frac{P_1 P_2 \dots P_{23} \lambda^{-24} F_{24+}}{1 - P_{24+} \lambda^{-1}}$$

De donde se comprueba que igualando el determinante a cero y resolviendo para el producto de las dos primeras sobrevivencias, se obtiene la fórmula aplicada anteriormente.



Objetivo específico 3. Formular un programa estructurado de investigación básica y aplicada que permita corroborar y/o complementar las hipótesis establecidas para la construcción del modelo de dinámica espacio temporal

Hipótesis del modelo del ciclo de vida

A continuación se indican las hipótesis de trabajo identificadas a partir de las interrogantes encontradas en la construcción del **ciclo de vida** de la merluza del sur, y que se encuentran mencionadas en la **Tabla 11**:

A) Huevos y larvas

1. **Hipótesis nula:** No existen mecanismos de transporte de huevos y larvas desde aguas exteriores (en la plataforma continental entre la península de Tres Montes y el canal Chacao) hacia la entrada e interior de los canales australes.

Hipótesis alternativa: Existen mecanismos de transporte de huevos y larvas desde aguas exteriores (en la plataforma continental entre la península de Tres Montes y el canal Chacao) hacia la entrada e interior de los canales australes.

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 del sur. 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 merluza del sur 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 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 al 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 seno 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, canal Moraleda y canales 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. Se han encontrado huevos de merluza entre la isla Grande de Chiloé y el cabo Elena (Payá *et al.*, 1993). Mediante el estudio del estadio de madurez sexual de peces adultos, se reconoce como área principal de desove la zona ubicada entre en canal Chacao 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 del sur en 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 del sur, en otras especies del género *Merluccius*, los primeros estadios de desarrollo se ubican bajo la capa de mezcla superficial. No hay información suficiente para estimar el posible efecto de los flujos de marea en el transporte larval.

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 del sur 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 sobrevivencia 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 del sur, el cual corresponde principalmente a este tipo de masas de agua. 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 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.



B) Post-metamórficos

3. **Hipótesis nula:** Los individuos post-metamórficos habitan en las mismas zonas de huevos y larvas, desarrollando un hábito nerítico - pelágico.

Hipótesis alternativa: Los individuos post-metamórficos habitan asociados al fondo desarrollando un hábito nerítico - demersal.

Fundamento

El estadio post metamórfico es el más desconocido dentro del ciclo vital de la merluza del sur. A este respecto se desconoce su distribución horizontal y vertical, al igual que la duración de esta fase. **A priori** suponemos que los post metamórficos se encuentren en los mismos lugares que las larvas, y a la vez sufren el transporte de las corrientes. Desconocemos los niveles de mortalidad que padecen. Hay que tener en cuenta que en estos peces se supone un cambio de hábitat y de alimentación, es decir comienzan a adquirir poco a poco el hábito demersal y que han perdido características típicas del estado larval, pero que aún continúan con una dieta planctónica.

C) Pre-reclutas

4. **Hipótesis nula:** Los pre-reclutas (1 a 3 años de edad) habitan en las mismas zonas de huevos y larvas, desarrollando un hábito nerítico - pelágico.

Hipótesis alternativa: Los pre-reclutas (1 a 3 años de edad) habitan asociado al fondo desarrollando un hábito nerítico - demersal.



Fundamento

En la pesca comercial, las capturas de prerreclutas de merluza del sur prácticamente no tienen representatividad, tanto en aguas exteriores como en aguas interiores. Por otro lado, no existe información disponible respecto de su distribución. En un estudio dirigido a capturar estos ejemplares en aguas interiores (Céspedes *et al.* 1996) no tuvo éxito en localizar e identificar áreas con alta presencia de ejemplares de prerreclutas. Sin embargo, es posible que la metodología empleada no haya sido adecuada. Pero, si consideramos que en aguas interiores se localizaría la principal área de distribución y concentración de prerreclutas que sostiene la abundancia de todo el recurso, sería evidente su presencia, hasta incluso en estómagos de depredadores, situación que no se presenta. Por tal razón, se sugiere que la principal área de distribución de los prerreclutas se localizaría en aguas exteriores posiblemente cercana a la costa, a las entradas de canales y senos comunicados con aguas exteriores, y a profundidades mayores que respecto de las fases anteriores del ciclo de vida (ver Figura 26). Esta fase del ciclo de vida de merluza del sur se caracterizaría por presentar hábitos más demersales y por ser más residentes en un área (Céspedes y Adasme, 1992); no obstante sus migraciones serían de menor escala y dirigidas a la búsqueda de refugio de depredadores y de alimento basado posiblemente en crustáceos menores que se localizan a media agua. Sin embargo, individuos prerreclutas con edades avanzadas (3 años, entre 30 y 36 cm) iniciarían un cambio en su dieta basado en crustáceos hacia una dieta de características ictiófaga.

No obstante los argumentos arriba expuestos, es posible que la distribución en aguas exteriores anteriormente descritas para los prerreclutas podría ser coincidente con la distribución de los huevos y larvas de merluza del sur, manteniendo un hábito pelágico, como estrategia de refugio frente a depredadores, y por otro lado tendrían un acceso al alimento basado en crustáceos de media agua.



En este sentido, es importante conocer tanto las principales áreas de concentración de prerreclutas 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 prerreclutas 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.

D) Reclutas Artesanal (4 años)

5. **Hipótesis nula:** Los reclutas habitan en toda 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

El aumento generalizado de la presencia de ejemplares reclutas y juveniles de merluza del sur en la captura registrado en primavera, como también en las estaciones de otoño e invierno en la X (Figura 31), XI (Figura 32) XII Región (Figura 33), estaría relacionado con comportamientos migratorios de la especie entre aguas exteriores e interiores (Aguayo-Hernández 1994, Céspedes *et al.* 1996a, Rubilar *et al.* 2000). Es decir, el aumento de la proporción de juveniles sería un efecto de una migración de la fracción adulta de aguas interiores a aguas exteriores a partir de otoño, hacia áreas de reproducción; posterior al desove, una fracción de la población adulta ingresa hacia aguas interiores, a áreas de alimentación, entre mediados de primavera y verano. Por otro lado, merluza del sur es un gádido, que se caracteriza por una estratificación vertical de juveniles y adultos en la columna de agua. Los juveniles permanecerían en aguas más someras y los adultos en aguas más



profundas. Este comportamiento "sugiere" que durante la ausencia de una gran parte de la fracción adultos (en procesos de reproducción), los juveniles extenderían sus territorios de alimentación ocupando los espacios liberados por los adultos. Una vez que los adultos regresan a aguas interiores desplazarían a los juveniles posiblemente hacia aguas más someras, produciéndose competencia intraespecífica, procesos que de alguna forma explicarían una segregación entre juveniles (incluyendo reclutas de 4 años) y adultos. Esto también explicaría la mayor vulnerabilidad de los ejemplares juveniles al aparejo de pesca usado en aguas interiores de la zona sur austral, hacia fines de otoño, invierno y comienzos de primavera.

6. **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

En este caso, se define como reclutas de merluza del sur como los ejemplares entre 4 y 5 años, es decir individuos aproximadamente entre 40 y 55 cm. Los reclutas de merluza del sur son posibles de ser capturados en toda el área de distribución de la especie. Esto último sugiere que no sólo se distribuyen en aguas chilenas, sino también en aguas argentinas. Sin embargo, hasta la fecha sólo se han identificado dos áreas de concentración de ejemplares reclutas (Céspedes *et al.*, 1996a), asociada a aguas interiores de la X y XI Región (Seno de Reloncaví y Seno de Aysén-canales al sur, respectivamente), y con variaciones en sentido espacio temporal. Por otro lado, en aguas exteriores también existen antecedentes de la presencia de reclutas asociado a áreas cercanas a la I. Guamblín. Sin embargo, no se han generado estudios que permitan ampliar el conocimiento de la distribución de



los reclutas de merluza del sur; además que a lo largo de la costa del cono sur (entre los 37° S en aguas chilenas hasta los 54° en aguas argentinas) se dan condiciones favorables (como: refugio y disponibilidad de presas) para la presencia de más de dos áreas de reclutamiento.

Por otro lado, la fase recluta de merluza del sur se caracterizaría por tener hábitos más demersales que la fase de prerrecluta, no obstante que en aguas interiores de la X y XI Región es capturada a media agua (80 a 250 m de profundidad). Además, se caracterizaría por una alimentación basada en una proporción mayor de peces presas (ejemplo: merluza de cola), y en menor proporción de crustáceos menores de media agua, como también tendería a un comportamiento más residente.

El mejoramiento del conocimiento de la distribución, variación espacio temporal y de los diferentes procesos biológicos que acontece en la fase recluta, permitirán explicar y comprender el ciclo de vida de merluza del sur; además de los procesos de mezclas entre los diferentes stocks ecológicos y los procesos de migración asociado a ellos. Asimismo, permitiría a la administración establecer medidas de regulación sobre las áreas de concentración de reclutas.

7. **Hipótesis nula:** La regulación de la talla mínima no ha generado cambios en la mortalidad por pesca.

Hipótesis alternativa. La regulación de la talla mínima ha disminuido la intensidad de la mortalidad por pesca.

Fundamento

La talla mínima legal de captura fue establecida en 1990 con la finalidad de evitar las capturas de individuos juveniles menores de 60 cm de longitud total. Sin embargo, actualmente se ha medido que existe un nivel de descarte importante (hasta 60% en



peso en algunos lugares en los meses de invierno) en las capturas que realizan los pescadores artesanales en las aguas interiores (X a XII Regiones) (Figura 29) (Rubilar *et al.* 2000).

Debido a que la captura de individuos menores de 60 cm no puede ser evitada por los pescadores artesanales, parece ser que ésta depende básicamente de lo poco selectivo del arte de pesca y de los cambios espacio-temporales de la disponibilidad de individuos por debajo de la talla mínima legal.

El hecho de disponer de mediciones de descarte sólo para el año 1998, implica que es necesario primero estimar el total descartado en ese año y luego analizar el impacto de diferentes niveles de descartes sobre los estimados actuales de abundancia del stock, especialmente en la abundancia de los reclutamientos en los últimos 10 años. Para lo anterior se debe modelar espacio-temporalmente el proceso de descarte y analizar los impactos de este en los estimados de mortalidad por pesca, que son los que determinan la abundancia de los reclutamientos.

8. **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

Al reconstituir las capturas a la edad desde la información de exportaciones por calibre quedó en evidencia que hasta 1991 se capturó un gran número de individuos menores de 9 años de edad y que desde 1991 en adelante estos individuos aparecen muy poco en las exportaciones por calibre (Payá *et al.* 2000b). Actualmente, se reconoce que es probable que en aquellos años se hayan producido descartes, cuya



magnitud se desconoce. No obstante las limitaciones anteriores, la evaluación del stock muestra que existe una relación lineal entre el número de huevos producidos y los reclutamientos regenerados a partir de estos (Figura 51) (Payá *et al.* 2000b)

Los análisis realizados en el presente proyecto sugieren que la relación entre los huevos y los reclutamientos estaría gobernada fundamentalmente por procesos denso-independientes y que las variables ambientales analizadas explicarían solo una pequeña parte de la variabilidad de esta relación. Esto se pudo inferir de dos tipos de análisis, el primero consistió en buscar correlaciones entre los residuos de la relación huevos-reclutas y diferentes variables ambientales (turbulencia y surgencia medidas en Isla Guayo, precipitaciones de Pta. Arenas y temperatura superficial del mar en Pto. Williams). Solamente la temperatura superficial del mar registrada en Pto. Williams apareció correlacionada con los residuos de la relación huevo-reclutas, pudiendo explicar solo el 40% de la varianza de estos residuos. La incorporación de esta variable en el modelo huevos-reclutas agregó una pequeña mejora al ajuste (Figura 51). El otro tipo de análisis realizado se basó en un modelo aditivo general estimado mediante el algoritmo ACE (Alternative Conditional Expectation), el cual transforma tanto las variables dependientes como independientes. Las transformadas de las variables independientes muestran que el principal aporte a la variabilidad del reclutamiento proviene de la producción de huevos, aunque se observa una ventana ambiental óptima para la temperatura superficial del mar de Pto. Williams (Figura 52 y Figura 53).

El supuesto detrás de la relación stock recluta denso-independiente es que cierto número de huevos es producido por unidad de stock desovante y que estos huevos tienen alguna probabilidad variable de sobrevivir hasta reclutas, donde la probabilidad de sobrevivencia no está relacionada al tamaño del stock desovante o número de huevos producidos (no existe una significativa competencia intra específica o canibalismo). Esto dice simplemente que los agentes de mortalidad que actúan, incluyendo depredación, falta de alimento, corrientes y otros, actúan



independientemente de cuantos huevos o desovantes existan (Hillborn y Walters 1992).

E) Post recluta

9. **Hipótesis nula:** Los descartes no han generado cambios en la mortalidad por pesca de la fracción Post-recluta, recluta y pre-recluta.

Hipótesis alternativa.: Los descartes han generado cambios en la mortalidad por pesca de la fracción Post-recluta, recluta y pre-recluta.

Fundamento

En la X y XI Región existe una marcada variación espacio temporal de la proporción de peces juveniles en la captura. Esto indica que los peces juveniles se expanden en todas las áreas de pesca de la flota artesanal de modo que durante las estaciones de invierno y primavera la presencia de juveniles es significativamente alta, llegando a constituir en algunos casos el 80 % de la captura en número (Rubilar *et al.* 2000, Céspedes *et al.* 1996a). La explicación de este fenómeno se basa en la migración de adultos o reproductores hacia las áreas de reproducción en aguas exteriores (Aguayo *et al.* 1994) y del comportamiento más residente de los juveniles (Céspedes *op cit.*), provocando una juvenilización de la fracción residente, lo cual se refleja claramente en la estructuras de tallas (Figura 31 y Figura 32), la proporción de juveniles y talla promedio de las capturas. Por otro lado, merluza del sur es un gádido, que se caracteriza por una estratificación vertical de juveniles y adultos en la columna de agua. Los juveniles permanecerían en aguas más someras y los adultos en aguas más profundas. Este comportamiento sugiere que durante la ausencia de una gran parte de la fracción adultos (en procesos de reproducción), los juveniles extenderían sus territorios de alimentación ocupando los espacios liberados por los adultos; una vez que los adultos regresan a aguas interiores desplazarían a los



juveniles posiblemente hacia aguas más someras, produciéndose una competencia intraespecífica, 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 aguas interiores de la zona sur austral, hacia fines de otoño, invierno y comienzos de primavera, estaciones en las cuales se ha observado un significativo aumento del descarte en las pesquerías de aguas interiores (Figura 30). Los niveles de descarte son altos y en promedio pueden llegar a constituir el 50% de la captura en estos períodos. Esto significa que existe un importante efecto sobre la fracción recluta y juvenil, que a su vez ha generado cambios importantes en la mortalidad por pesca de esta fracción que no sido evaluada.

10. 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

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 varía entre las edades de los peces.

La marcada variación espacio temporal de la proporción de peces juveniles de merluza del sur en aguas interiores indica que durante las estaciones del año existe una disponibilidad diferencial del recurso en cuanto su composición por edades



(Rubilar *et al.* 2000). Durante verano y otoño y primavera tardía existe una predominancia de adultos en las áreas de pesca, la situación cambia radicalmente en invierno y primavera temprana, donde existe una alta proporción de juveniles. 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. Asimismo, existen antecedentes empíricos que el arte de pesca (sea este espinel vertical fijo o a la deriva) usado hoy en aguas interiores 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.

F) Adultos

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

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

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.

El 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. 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 (merluza del sur), 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.



Por lo tanto un estudio debería ser enfocado a:

- ◆ Determinar los cambios temporales (entre años y durante la época de desove) en la fecundidad modal con relación a la talla y edad de la merluza del sur.
- ◆ Determinar los cambios temporales (interanuales) en la forma de la ojiva de madurez.
- ◆ Determinar los cambios temporales en la frecuencia del desove durante el período de puesta principal.

Relacionar los cambios temporales en la fecundidad modal, en la ojiva de madurez y en la frecuencia del desove con los niveles de explotación del stock.

12. **Hipótesis nula:** Los individuos de distintas áreas de alimentación (Pacífico – Atlántico) confluyen hacia una misma zona de reproducción

Hipótesis alternativa: Individuos de distintas áreas de alimentación (Pacífico – Atlántico) utilizan distintas zonas de reproducción.

Fundamento

En aguas chilenas, se ha sugerido para merluza del sur el siguiente patrón migratorio, fracciones (peces adultos) de la población localizadas en zonas de alimentación, distribuidas tanto de aguas exteriores como de aguas interiores, migrarían para confluir hacia un área de desove localizada en aguas exteriores entre la I. Guafo y Pta. Taitao, en un período comprendido entre julio a septiembre que se caracteriza con altos rendimientos de pesca, posterior al desove retornarían hacia las áreas de alimentación (Aguayo- Hernández, 1994; Céspedes *et al.* 1996a).



Sin embargo, antecedentes biológicos pesqueros a inicios de la pesquería de merluza del sur estarían sugiriendo la posible presencia de un segundo foco de desove en el extremo austral del cono sur (Aguayo *et al.* 2001), más asociado a aguas argentinas que aguas chilenas. Entre las razones que no ha sido posible confirmar la presencia de un foco de desove en dicha zona austral es que el muestreo biológico ha estado sujeto a la distribución de la pesca comercial. Durante el período de máxima actividad reproductiva la flota está principalmente localizada al norte de la zona austral.

Por otro lado, en aguas interiores también es posible que existan focos de desove, pero de menor magnitud que en aguas exteriores, dado que existen registros de la presencia de larvas de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI Región (Balbontín y Bernal, 1997).

Dilucidar la existencia de más de un foco de desove permitirá ampliar el conocimiento de la distribución de merluza del sur entre aguas chilenas y aguas argentinas, en donde se genere un estudio dirigido a responder el problema e independiente de la pesca comercial.

13. **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.

14. **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.



Dado que las hipótesis de trabajo 13 y 14 tienen mucha relación entre ellas, a continuación se entrega un fundamento general para ambas:.

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.

En la pesquería demersal sur-austral, el análisis integrado de la información deja en evidencia una estructura espacial caracterizada por agregaciones temporales de la merluza del sur, la cual es seguida principalmente por la flota arrastrera fábrica y es lo que determina el patrón característico de distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca. Las áreas de mayor abundancia 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 la distribución. La merluza del sur presenta variaciones temporales importantes en densidad, en el primer trimestre las mayores abundancias se concentrarían en aguas interiores, en mayo, junio y parte de julio las mayores densidades están en la zona sur, que correspondería a un área de alimentación, donde se da una relación trófica en que la merluza del sur está depredando sobre sus principales presas que son la merluza de cola y la merluza de tres aletas (Aguayo *et al.* 1995; Pool *et al.* 1997), recursos que se encuentran en densidades altas en la zona sur durante este período (Lillo y Paillaman, 1995, Céspedes *et al.* 1998). Posteriormente, a partir de julio la merluza del sur se comienza a desplazar hacia el norte para concentrarse en la zona de las Islas Guafo-Guamblín y alcanzar las máximas densidades acá en agosto-septiembre, período y área en que se produce el desove de este recurso



(Balbontín y Bravo, 1993; Aguayo, 1995; Aguayo *et al.* 2000). En el período de postdesove, existe una zona de agregación de merluza del sur entre los 48° y 54° LS, que podría estar asociada nuevamente a un comportamiento de carácter alimentario. En noviembre-diciembre los índices de abundancia de merluza del sur en aguas exteriores bajan y el recurso se encuentra más disperso tanto en aguas exteriores como en la zona de los canales.

El análisis de los índices de CPUE permite inferir ciertos patrones espacio temporales, que estarían reflejando el comportamiento de la abundancia de la merluza del sur. Este se basa principalmente en la información de la flota arrastrera fábrica, que es la que ha operado desde fines de la década del 70 en forma sistemática en esta pesquería; no obstante, que se complementa con información de las flotas restantes. Estos patrones de acuerdo a Young *et al.* 2001, son los siguientes:

- La existencia de un cambio importante del rendimiento entre períodos, con índices más altos en el mar exterior en mayo-noviembre. En tanto, en aguas interiores existe la tendencia a obtener mayores índices entre diciembre-abril.
- La existencia al inicio de la pesquería de un gradiente de rendimiento que aumentaba con la latitud.
- La existencia de una disminución progresiva del índice a través del tiempo al sur del paralelo 48°L.S., y una relativa estabilidad en el foco de desove (43°-47°L.S.).
- La existencia de una cierta homogeneización de los rendimientos en toda el área, en el período 1983-1987. Con posterioridad los rendimientos al sur del Golfo de Penas continúan disminuyendo y pasan ser más altos en la zona norte, donde se concentra este recurso para desovar.



En síntesis se puede señalar que en el área y en el período de desove de la merluza del sur, el índice de CPUE 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, que es cuando la flota concentra el esfuerzo en esta área (tercer trimestre). En cambio en la zona al sur de latitud 48°L.S., el índice de CPUE muestra una caída drástica, registrándose la mayor reducción en las áreas más australes de la pesquería. Este comportamiento del índice estaría reflejando la real tendencia de la abundancia de la merluza del sur.

15. **Hipótesis nula:** La merluza (huevos, larvas, etc.) no constituye un item importante en la dieta de sus potenciales depredadores

Hipótesis alternativa: La merluza (huevos, larvas, etc.) constituye un item importante en la dieta de sus potenciales depredadores.

Fundamento

Livingston y Method 1998, remarcan la conveniencia de evaluar el efecto de los predadores y su incorporación en la evaluación de stock, mostrando lo ocurrido en el walleye pollock. Ellos establecen que el mayor efecto de los predadores sobre el stock estaba dado por el canibalismo, el cual tenía una fuerte influencia sobre la edad 1, alterando en forma radical los resultados de la evaluación de stock, y consecuentemente la relación stock - recluta. Adicionalmente, el estudio de otros depredadores potenciales, dará indicios de donde pueden encontrarse los juveniles de merluza del sur, particularmente los grupos de edad 1 al 4. Así se cubriría la necesidad de estudiar otros depredadores potenciales, recolectados en diferentes hábitat para ayudar a encontrar el hábitat de los reclutas.



16. **Hipótesis nula:** Existe más de una unidad poblacional en el área de distribución de la especie en Sudamérica.

Hipótesis alternativa: Existe solo una unidad poblacional en el área de distribución de la especie en Sudamérica.

Fundamento

Al hacer la pregunta de la existencia de una sola unidad poblacional en el área de distribución del recurso se hace necesario primeramente acotar algunos de los conceptos que estarían implicados y bajo los cuales se realizarán los estudios tendientes a dilucidar dicha pregunta.

Una definición que nos podría entregar una base conceptual y aplicable para acotar el tema es la propuesta por Gulland (1983), en la cual una unidad poblacional (entendida esta como stock) estaría definida de la siguiente manera: "Un grupo de organismos puede ser considerado como una unidad si se puede prescindir de las posibles diferencias dentro del grupo, así como también el intercambio que exista con otros grupos puede ser ignorado, sin que con ello resulten invalidas las conclusiones a las que se llegue". Por otro lado, debemos de aceptar que los límites de una unidad poblacional se definen a menudo, pero no siempre, por razones biológicas, como también tener presente el concepto de barreras, que serían aplicables en el sentido de límites notorios que se oponen a la expansión de la especie y que podrían diferenciar una unidad poblacional de otra (Margalef, 1977).

Para la especie merluza del sur se ha descrito una sola unidad de stock para la zona de distribución de la especie en aguas chilenas, pero esta conclusión no cuenta con muestras suficientes de aguas atlánticas (Aguayo-Hernández, 1994; George-Nascimento y Arancibia, 1994). A su vez, en merluza del sur se ha sugerido la presencia de al menos 5 unidades de stock ecológicos en el cono sur de América, 4 en



aguas chilenas y uno en aguas atlánticas (George-Nascimento y Arancibia, *op cit.*). El concepto stock ecológico no implica diferenciación genética, sino su existencia como unidades más o menos interdependientes, entre las que habría persistencia de patrones espaciales de distribución y abundancia en una escala temporal ecológica (por ejemplo: áreas de desove, de alimentación, de crías y migraciones estacionales).

En este contexto, se cuenta con información histórica de la dinámica de esta especie entre aguas exteriores e interiores del mar chileno, que dice relación a patrones migratorios de tipo alimentario y reproductivo y permite deducir la constante mezcla que presenta esta especie en las aguas del pacífico sur y sus posibles migraciones hacia las aguas del Atlántico sur. (Aguayo-Hernández, 1994; Céspedes *et al.*, 1996a; George-Nascimento y Arancibia, 1994). Además, se ha sugerido que a inicios de la pesquería existió la presencia de segundo foco de desove de merluza del sur localizado en el extremo austral (más asociada a aguas Argentina que aguas chilenas), que por sobreexplotación y disminución de la biomasa del recurso ha dejado de ser un foco de desove importante (Aguayo *et al.* 2001).

Céspedes y Adasme (2001) hacen mención que merluza del sur es explotada en aguas Argentinas y en áreas aledañas a las Islas Malvinas o Falkland , pero en magnitudes menores que en Chile, salvo en 1987 que Argentina desembarcó 54.323 t procedente de caladeros cercanos a la Isla de los Estados, posteriormente el desembarque decae fuertemente, para mantenerse en alrededor de 3.200 toneladas. En las Islas Falkland o Malvinas, la captura de merluza del sur se caracteriza por ser fauna acompañante en la pesquería de *Merluccius hubbsi*. Tanto investigadores argentinos como ingleses mencionan que el stock que se explota en sus áreas estaría conectada al gran stock que estaría presente en aguas chilenas, y que sería parte de una sola gran unidad poblacional que se extendería por todo el cono sur de América (Bezzi *et al.* 1994; Tingley *et al.* 1994).



No obstante lo anterior, actualmente se mantiene la interrogante con relación a si se estaría en presencia de una sola unidad poblacional o más de una unidad para esta especie en el área del cono sur de América.

17. **Hipótesis nula:** No existe un anillo de crecimiento pelágico en los otolitos de *M. australis*.

Hipótesis alternativa: Existe un anillo de crecimiento pelágico en los otolitos de *M. australis*.

Fundamento

Las estimaciones de crecimiento realizadas en Chile, Nueva Zelanda y Malvinas, presentan diferencias importantes. Las estimaciones de crecimiento de Nueva Zelanda y Malvinas son más parecidas que las hechas en aguas Chilenas (Agnew *et al.*, 2001). En Chile, las lecturas de edad consideran al primer anillo que aparece en los otolitos como un anillo pelágico el cual no es considerado en la estimación de la edad. Este anillo pelágico se estima que representa el cambio de hábitat al pasar de una vida planctónica y pelágica hacia hábitos demersales y piscívoro. Hasta el momento esta afirmación no ha sido validada, por lo tanto resulta importante ponerla a prueba para validar la formación de este anillo pelágico y determinar en forma más correcta y certera la edad y el crecimiento de esta especie. Por el momento, el IFOP, el NIWA y FIFD han realizado un intercambio de otolitos, con la finalidad de comparar lecturas de edad.

Identificación y selección de temas de investigación

Se identificaron los siguientes líneas o temas de investigación que se deberán abordar para incorporar nueva información y que permiten contrastar las hipótesis surgidas de la formulación dinámica espacio temporal del modelo del ciclo vital.



Tema 1. identificación de unidades de stock (Hipótesis 16, 12 y 17)

En este sentido se considera un programa de cooperación entre Chile, Argentina y UK con la finalidad de analizar:

a) Diferenciación genética mediante ADN.

Procesos:

- Intercambios de muestras, análisis morfométricos y merísticos (ítem de muestreo).
- Marcajes para determinación de distribuciones espaciales y temporales. Consideraciones sobre parasitismo.

b) Diferenciaciones espaciales de grupos de talla, edad, sexo, madurez y alimentación.

Procesos:

- Análisis conjuntos con Argentina y UK, con referencia a las bioestadísticas disponibles en forma espacial y temporal.

c) Diferencias espaciales de tasas de crecimiento.

Procesos:

- Análisis de núcleos de otolitos mediante las técnicas de análisis de microelementos (Trace Element Analysis) para estudios de origen. Validaciones y calibración del proceso de determinación de edad multinacionalmente (Argentina, Chile, UK, NZ) incluyendo la definición del anillo pelágico.

Nota: En el desarrollo de este punto se deberían considerar diversas técnicas. También sería necesario considerar las técnicas hidroacústicas para la ubicación de las áreas de desove.



Tema 2. Identificación de mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas. (Hipótesis 1 y 2)

a) Definir un área genérica del desove de la especie en el periodo de concentración de desove y muestrear huevos y larvas.

Procesos:

- Realizar cruceros hidroacústicos con alta densidad de muestreo para mapear as 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.
- 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.

Tema 3. Identificación de series largas de datos ambientales a macroescala para ser utilizados en Análisis de Reclutamiento. (Hipótesis 1 y 2)

a) Investigación sobre las características de la información ambiental clave que se relaciona con supervivencia de huevos y larvas.

Procesos:

- 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.

**Tema 4. Evaluación de Postmetamórficos y juveniles tempranos (1 a 3 años)
(Hipótesis 3 y 4)**

- a) Conocer la distribución espacial y batimétrica de peces de edad 1 a 3 años.

Procesos:

- Desarrollar artes de pesca apropiados para la captura de estos peces y prospección de las zonas propuestas de distribución.
- Análisis de las posibles fuentes de mortalidad.
- Generación de un índice de abundancia relativa para predecir la fuerza de los reclutamientos.

**Tema 5. Evaluación de índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería
(Hipótesis 5, 6, 7, 8, 9 y 10)**

- a) Investigación sobre las abundancias relativas de reclutas a la pesquería.

Procesos:

- Desarrollo de un programa de estimación de los descartes de juveniles en todas las pesquerías considerando escalas temporales y espaciales.
- Desarrollo de índices espacio-temporales validos (capturabilidad y selectividad) de reclutamiento basado en descartes y esfuerzo de pesca, y de evaluación directa.



Tema 6. Modelación del reclutamiento (Hipótesis 8 y otras relacionadas con el ciclo de vida).

Procesos:

- Desarrollo de modelos analíticos de estadios múltiples (huevos a reclutas) considerando dinámicas (mortalidades) de cada estadio y la influencia del ambiente.
- Análisis de los factores claves de la dinámica poblacional.
- Desarrollo de un modelo estadístico S/R con variables ambientales.

Tema 7. Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes (Hipótesis 8, 11, 13, 14).

Estudiar la problemática de la abundancia del stock desovante.

Procesos:

- Análisis en que se incluyan los descartes estimados para el periodo 1992-1999 y estimación retrospectiva de las abundancias de edades 4 a 8 en el periodo 1981-1986.
- Análisis de estandarización de las CPUE de la fracción no desovante entre áreas interiores y exteriores en el Pacífico y posiblemente en el Atlántico.
- Análisis de estandarización de las CPUE fuera del periodo de desove entre áreas interiores y exteriores en el Pacífico y posiblemente en el Atlántico.
- Desarrollar un nuevo algoritmo de evaluación de stock que considere patrones de selectividad y capturabilidad de cada flota para representar aspectos de las dinámicas espaciales y temporales.



- Desarrollar un análisis del impacto de las abundancias del stock sobre procesos individuales de crecimiento, madurez y fecundidad.
- Realizar cruceros hidroacústicos con alta densidad de muestreo para desarrollar un índice de abundancia de desovantes. Atención especial referente a la investigación del vigor de blanco e identificación de las especies en la columna de agua insonificada.

Tema 8. Interacciones tróficas (Hipótesis 15)

- Establecer un programa de investigación a largo plazo sobre los depredadores y presas potenciales de la merluza del sur mediante un registro de contenidos estomacales de las especies que existen en el ecosistema austral.

Programa de investigación

El programa de investigación tiene como objetivo establecer la dinámica espacio temporal del reclutamiento en base a procesos que ocurren al interior y entre los diferentes etapas del ciclo vital, por lo tanto está enfocado a dar respuesta a las interrogantes surgidas durante la construcción del modelo del ciclo de vida de merluza del sur en su contexto espacio temporal. En este sentido se tuvieron en consideración aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros y de manejo, por lo tanto las hipótesis de trabajo, como los temas de investigación pueden ser priorizados dependiendo del enfoque que se pueda hacer de acuerdo a las necesidades de investigación que se consideren inmediatas.



En el **cuadro 1** se muestra una priorización dependiendo de las hipótesis involucradas en el tema de investigación y su efecto sobre el ciclo de vida, ecología, pesquería y manejo. Se pueden distinguir en ella dos grandes líneas de investigación: La primera, destinada a responder aspectos biológicos y ecológicos del ciclo de vida y en ella tienen como alta prioridad a los siguientes temas: **Tema 1**, Identificación de unidades de stock en el cono sur de América; **Tema 2**, Identificación de mecanismos que afectan la dispersión y supervivencia de huevos y larvas; **Tema 4**, Evaluación de la abundancia de postmetamórficos y juveniles tempranos; **Tema 8**, Estudio de interacciones tróficas. Como temas de prioridad intermedia se indican a los temas: **Tema 3**, Identificación de series largas de datos ambientales a macroescalas para ser utilizadas de reclutamiento, y **Tema 5**, Evaluación de índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería. Como de baja prioridad se identifica solamente al **Tema 7**, Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de la fracción desovante.

La segunda línea de investigación se relaciona principalmente con aspectos pesqueros y de manejo en forma directa, se identifican en ella al **Tema 5**, Evaluación de los índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería; **Tema 6**, Modelación del reclutamiento, y **Tema 7**, Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes. Obviamente los temas más relacionados con el ciclo de vida: aparecen con prioridad media.



Cuadro 1. Priorización de los temas de investigación para la elaboración de un programa de investigación básica y aplicada en merluza del sur, sobre la base de su importancia para el ciclo de vida, pesquería y manejo.

TEMAS	Hipótesis involucradas	Ciclo de Vida	Pesquería	Manejo
Tema 1. Identificación unidades de stock Diferenciación Genética mediante ADN Diferenciación espaciales de grupos de tallas, edad, sexo, madurez y alimentación Diferencias espaciales en tasas de crecimiento	16, 12, 17	A	M	M
Tema 2. Identificación de mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas Definir un área genérica de desove en el periodo de concentración el desove	1, 2	A		M
Tema 3. Identificación de series largas de datos ambientales a macroescalas para ser utilizados en análisis de reclutamiento. Investigación sobre las características de la información ambiental clave que se relaciona con supervivencia de huevos y larvas	1, 2	M		M
Tema 4. Evaluación de postmetamórficos y juveniles tempranos Conocer la distribución espacial y batimétrica de peces recién metamorfoseados y de edad 1 a 3 años. Generación de índices de abundancia	3, 4	A	M	M
Tema 5. Evaluación de índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería Investigación sobre abundancias relativas de reclutas a la pesquería	5, 6, 7, 8, 9, 10	M	A	A
Tema 6. Modelación del reclutamiento y otras relacionadas con el ciclo de vida Investigación sobre la formulación cuantitativa de un modelo de reclutamiento	8 y otras relacionadas al ciclo de vida		A	A
Tema 7. Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes Estudiar la problemática de la abundancia del stock desovante.	8, 11, 13, 14	B	A	A
Tema 8. Estudios de las interacciones tróficas Estudiar los depredadores y presas potenciales de M del sur mediante contenidos estomacales en el ecosistema austral.	15	A	M	M

PRIORIDAD

A	Alta
M	Media
B	Baja
	Muy baja



Generalmente, estos temas involucran varias hipótesis de trabajo las que pueden generar uno o más proyectos de investigación.

El programa de investigación propuesto se entrega en el **cuadro 2**, y su interpretación es la siguiente:

Prioridad inmediata

El **Tema 1** "Identificación de unidades de stock en el cono sur de América", aparece con prioridad inmediata ya que entregaría información oportuna para la consolidación o modificación del ciclo de vida propuesto y para la administración (estructuras de talla, dinámica, migración, etc). Lo anterior, tiene en consideración el hacer atractivo el programa de investigación y permitir el fortalecimiento de investigación entre los países involucrados.

Es necesario abordar cuanto antes los proyectos dirigidos a profundizar y dilucidar las otras fases del ciclo de vida, mencionadas en los **Temas 2 y 4** (hipótesis: 1, 2 y 3), es decir definir las áreas genéricas de desove, establecer la deriva de huevos y larvas (hipótesis 1) e identificar los mecanismos que afectan la supervivencia de estos (hipótesis 2). También identificar la distribución de post-metamórficos (hipótesis 3).

Con prioridad similar, a partir del primer año, debería abordarse los temas de investigación **4 y 5** que involucran las hipótesis relacionadas a la problemática pesquera contingente (hipótesis: 5, 6, 7, 8, 9, y 10), es decir. En este sentido, es necesario establecer con certeza el hábitat de los postmetamórficos y reclutas, sus áreas de distribución, los efectos de la regulaciones, del descarte, los cambios de disponibilidad y la relación entre producción de huevos y reclutas. Así también, generar series de índices anuales de abundancia de postmetamórficos, juveniles tempranos y reclutas a la pesquería que puedan ser usados en la evaluación de stock.



Prioridad secundaria (a partir del tercer año)

Con prioridad secundaria, deberían abordarse los **Temas 3, 6, 7 y 8**:

El **Tema 3**, dirigido a investigar las características ambientales claves que se relacionan con la supervivencia de huevos y larvas.

El **Tema 7**, Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes, que involucra las hipótesis 8, 11, 13 y 14. En este sentido se deberían llevar a cabo estudios tendientes a estudiar la problemática de la abundancia del stock desovante, considerando todos los procesos mencionados en la página 74, y así obtener índices independientes de la pesquería (evaluaciones directas) que alimentan las evaluaciones de stock y proyecte la relación stock recluta. En este sentido, se sugiere reforzar estos estudios complementándose con líneas de investigación que integren aspectos como oceanografía biológica, física, tróficas, y otras.

El **Tema 8** "Estudios de las interacciones tróficas", es decir conocer los depredadores y presas potenciales de merluza del sur, en todos sus estados del ciclo de vida.

Una vez establecido los aspectos biológicos y ecológicos necesarios, se debería abordar el Tema 6 "Modelación del reclutamiento y otros procesos relacionados al ciclo de vida". Este último tema constituye un aspecto importante dentro del entendimiento de esta pesquería. En este sentido tal como se indica en la página 74, se debería desarrollar modelos analíticos de estadios múltiples considerando las dinámicas de cada estadio y la influencia de factores bióticos y abióticos relevantes. Para lo cual se hace necesario analizar los factores claves de la dinámica poblacional de merluza del sur.



Cuadro 2. Priorización de los temas de investigación para la elaboración de un programa de investigación básica y aplicada en merluza del sur. Primera prioridad: a partir del año 2002, Segunda prioridad a partir del 2003.

TEMAS	Hipótesis Involucradas	Primera prioridad	Segunda prioridad
Tema 1. Identificación de Unidades de stock Diferenciación Genética mediante ADN Diferenciación espaciales de grupos de tallas, edad, sexo, madurez y alimentación Diferencias espaciales en tasas de crecimiento	16, 12, 17	X X X	
Tema 2. Identificación de mecanismos que afectan la supervivencia de Huevos y larvas Definir un área genérica de desove en el período de concentración el desove, establecer la deriva de huevos y larvas	1, 2	X	
Tema 3. Identificación de series largas de datos ambientales a macroescalas para ser utilizados en Análisis de reclutamiento. Investigación sobre las características de la información ambiental clave que se relacionan con la supervivencia de huevos y larvas	1, 2		X
Tema 4. Evaluación de postmetamórficos y Juveniles tempranos Conocer la distribución espacial y batimétrica de peces recién metamorfoseados y de edad 1 a 3 años. Generación de índices de abundancia	3, 4	X	
Tema 5. Evaluación de Índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería Investigación sobre abundancias relativas de reclutas a la pesquería	5, 6, 7, 8, 9, 10	X X	
Tema 6. Modelación del reclutamiento y otras relacionadas con el ciclo de vida Investigación sobre la formulación cuantitativa de un modelo de reclutamiento	8 y otras relacionadas al ciclo de vida		X
Tema 7. Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes Estudiar la problemática de la abundancia del stock desovante.	8, 11, 13, 14		X
Tema 8. Estudios de las interacciones tróficas Estudiar los depredadores y presas potenciales de M del sur mediante contenidos estomacales en el ecosistema austral.	15		X



5. DISCUSION

En la construcción del ciclo de vida de la merluza del sur, uno de los objetivos de este estudio, ha surgido una serie de interrogantes en las distintas etapas, indicando que el conocimiento que tenemos acerca de él es aún limitado, faltando muchos aspectos por dilucidar y entender. La mayor parte del conocimiento de la biología y ecología de merluza del sur ha sido obtenida desde la flota comercial, lo cual ha resultado obviamente en un entendimiento parcelado del ciclo de vida. Hoy tenemos un amplio 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, etc. Sin embargo, el conocer la distribución y concentración de larvas y juveniles tempranos, desde la flota comercial no ha sido exitoso. Es más, estudios de investigación dirigidos a detectar los lugares de distribución y concentración de dichos estadios no han dado los resultados esperados, probablemente porque se han empleado métodos y artes de pesca similares a los usados en la pesca comercial.

El mayor problema teórico y práctico que enfrenta la investigación biológica de las pesquerías marinas es la incertidumbre sobre los reclutamientos. La merluza del sur, no escapa a esta generalización. De hecho, uno de los aspectos menos estudiados en el área de distribución de la especie (Chile, Atlántico y Nueva Zelanda), en relación con la importancia que ello reviste, es el proceso de reclutamiento o dicho de otra forma la relación entre el número de huevos fecundados y las nuevas generaciones (relación stock-reclutamiento).

En Chile, los estudios dirigidos a comprender la problemática del reclutamiento han sido pocos, sólo dos para ser más exactos (Céspedes *et al.* 1996a y 1996b), los



cuales estuvieron orientados a determinar áreas de reclutamientos en aguas interiores de la X, XI y XII Regiones, con una cobertura limitada. En el Atlántico (Aguas Argentinas y de Malvinas), la situación es más o menos similar, no existiendo información relevante respecto de los estados postmetamórficos, reclutas y juveniles. En Nueva Zelanda, la información está referida a lugares de desove, distribución de juveniles tempranos (edad 0+ y 1+), y estados más avanzados; sin embargo, la distribución de huevos y larvas, el transporte de éstos por las corrientes, el efecto de las condiciones ambientales sobre estos primeros estadios es poco conocido.

En este contexto el modelo conceptual y de grafo del ciclo de vida de la merluza del sur ha sido construido sobre la base de una serie de suposiciones, que se han traducido en hipótesis de trabajo y, a partir de ellas se ha diseñado el programa de investigación (tercer objetivo del estudio). Muchas de estas suposiciones parecen obvias sin embargo falta ratificarlas.

Quizás entre las merluzas, un ejemplo importante que deberíamos tener en cuenta para el diseño del programa de investigación, por el avance del conocimiento de la biología y ecología en conjunto con la comprensión de la influencia de los factores ambientales en el ciclo de vida y su pesquería, lo constituye la merluza del pacífico (*Merluccius productus*). La merluza del pacífico es una especie de agua templada que habita fuera de la costa oriental de América del Norte entre 25° N y 52° N. Aunque varias poblaciones más pequeñas ocurren en las entradas mayores del Noroeste de Pacífico, incluyendo el estrecho de Georgia y Pudget Sound, la población más grande por lejos es la población costera, con una biomasa media de 2,5 millones de toneladas y una cosecha anual de 290.000 toneladas desde 1990 (Dorn *et al.*, 1999). Esta merluza vive en un sistema oceanográfico denominado Sistema de Corriente de California (California Current System, **Figura 59**) parecido al sistema encontrado en aguas chilenas donde vive la merluza del sur. Al igual que merluza del sur desova en los meses de invierno en un lugar bien definido. El



desove ocurre entre 150 a 200 m del fondo marino y a una distancia de 110 a 167 km. de la costa (Saunders y McFarlane, 1989). Lo que ha ocurrido aquí, es que a la par con entender aspectos netos de la pesquería, también se han hecho importantes avances en aspectos propios del ciclo vital de esta especie, entendiendo con ello que ambas informaciones son complementarias e importantes para entender su dinámica poblacional.

El programa de investigación que se propone plantea un equilibrio entre temas de investigación básica y aplicada (ver **Cuadro 2**). La idea es abordar íntegramente la investigación del recurso merluza del sur, de manera de ir avanzando tanto en el conocimiento de la biología y ecología de la especie como también en el conocimiento útil dirigido a la evaluación y el manejo en el corto y mediano plazo. Nuestra preocupación radica en que si se enfatiza en demasía una de las líneas de investigación pudiese perjudicarse el avance de la otra. Por ejemplo, si el programa se centra mucho en los aspectos de investigación básica probablemente la administración vea retardada el flujo de información relevante para su quehacer, y por el contrario si el programa se centra en aspectos netamente aplicados puede retardar mucho el conocimiento de aspectos que hoy resultan fundamentales para entender el ciclo de vida y aspectos de la dinámica espacio-temporal del reclutamiento.

Investigación de prioridad inmediata

Con esta prioridad se identificaron a los temas 1, 2, 4 y 5. Así, el Tema 1 "Identificación de unidades de stock en el cono sur de América" debería ser respondido en primera instancia, ya que junto con considerar las interrogantes planteadas para el ciclo de vida (hipótesis 16, 12 y 17), entrega información oportuna y relevante para la administración. Debemos hacer presente que esta misma interrogante se tiene además con merluza de tres aletas y merluza de cola. El hecho de ser poblaciones distintas fortalecería el actual sistema de administración



de esta pesquería, pero se debería modificar el ciclo de vida propuesto. Alternativamente, si se estuviese frente a una sola población en Sudamérica entonces el modelo del ciclo de vida planteado es correcto, pero debería considerarse por parte de la administración, los efectos de la pesca en Argentina y Malvinas.

En el caso del tema 2 " Identificación de mecanismos que afecten la supervivencia de huevos y larvas", los 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 de merluza del sur, 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 la merluza del sur, 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 distribuirse 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 del sur en Chile, 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. Por tales razones, es necesario conocer los mecanismos de transporte de huevos y larvas en merluza del sur y así poder establecer si verdaderamente los huevos son arrastrados por las corrientes hacia el mar interior como se postula, o que definitivamente los huevos encontrados en los fiordos y canales provienen principalmente de desoves producidos en dichos lugares.



El conocer la distribución espacial y batimétrica de peces recién metamorfoseados y de edades 1 a 3 años (Tema 4 “ Evaluación de postmetamórficos y juveniles tempranos”), nos permitiría completar parte del ciclo de vida y a la vez generar un índice de abundancia para la calibración de los modelos poblacionales. Respecto de estos peces las mayores interrogantes radican su distribución y ubicación en la zona de estudio, desconociéndose si se encuentran en aguas interiores o exteriores, cercanos o lejos de la costa, en asociación con el fondo o en la superficie. Es posible, que en Chile se encuentren cercanos a la costa en el mar exterior, tal como se encuentran los peces de edad 0+ (< 25 cm) alrededor de la Isla sur en Nueva Zelanda o como es el caso de los peces de edad 1+ (entre 25 a 45 cm) que tienden a alejarse de la costa y ubicarse en las zonas de distribución de los peces de mayor edad , pero siempre en aguas más someras.

Los antecedentes respecto de los reclutas (peces de 4 años), post-reclutas y juveniles indican que sus áreas de concentración, en Chile, se encuentran en aguas interiores (Seno de Reloncaví y al sur de Seno Aysén, en la X y XI Regiones respectivamente); sin embargo, en aguas exteriores también existen antecedentes que indican la probable existencia de áreas de concentración de juveniles (Lillo *et al.* 1997), pero que no han sido corroboradas. Estos peces extenderían sus territorios de alimentación hacia el territorio de los adultos, aprovechando la ausencia de estos últimos durante el periodo reproductivo, lo cual explicaría su aumento en las capturas durante dicho periodo (Rubilar *et al.* 2000), produciéndose un descarte no dimensionado ni evaluado periódicamente. Por lo tanto, la ejecución del tema 5, se considera necesario efectuarlo en el corto plazo, ya que nos permitiría completar etapas del ciclo de vida, asimismo recopilar antecedentes respecto de su biología y ecología de estos estadios, evaluar el efecto de la pesca y sus regulaciones, principalmente en lo relativo al descarte. También nos permitiría obtener un índice de reclutamiento para su uso en la evaluación.



Investigación de prioridad secundaria

En este caso se identificó al tema 6 y tema 8. El tema 6 "Modelación del reclutamiento", que dice relación con la formulación cuantitativa de un modelo del reclutamiento, como una tarea que debe desarrollarse a continuación de la investigación de prioridad inmediata, porque es necesario determinar que estadios ofrecen las mejores alternativas para su modelación, en definitiva su desarrollo depende de temas previos como lo son el tema 1, 2, 3 y 4. El tema 8 "Estudios de las interacciones tróficas", tiene relación con conocer o establecer los potenciales depredadores y presas de merluza del sur. Actualmente, existen antecedentes de alimentación de los estados adultos y juveniles; sin embargo, toda la problemática depredador –presa de huevos, larvas y prerreclutas falta por estudiar.

También con segunda prioridad se identifican a los temas 3 y 7. En el caso del tema 3, "Identificación de series largas de datos ambientales a macroescalas para ser utilizados en análisis de reclutamiento", diversos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la componente ambiental en la tasa de sobrevivencia larval. Condiciones favorables o bien desfavorables para su desarrollo y crecimiento serían determinantes de la fuerza de la clase anual a que esas larvas dan origen (Cushing, 1975; Lasker, 1975; Sinclair & Iles, 1988, Dorn 2001, Epifanio y Garvine 2001, Marin y Moreno 2000). La plasticidad de las especies frente a los cambios ambientales tampoco es un factor conocido y que en definitiva determinan su estrategia de vida.

Series históricas de datos de la fuerza y dirección del viento han permitido relacionarlas con el éxito de la sobrevivencia en peces (Bakun y Parrish, 1982; Cury y Roy, 1989; Payá *et al.*, 1998). En un estudio de los factores que afectan el reclutamiento de la merluza común, se concluyó que las variables ambientales, en que se incluyó el índice de surgencia y la temperatura superficial del mar, explicaban un 53% de la varianza del reclutamiento (Balbontín *et al.* 1994). Posteriormente, en un estudio más acabado que consideró Valparaíso y Talcahuano se encontró que



existe e una ventana ambiental óptima relacionada con la turbulencia que favorece los reclutamientos de merluza común (Payá *et al.*, 1998.). Frente a Valparaíso, la época principal de desove de la merluza común y de otras especies de peces corresponde a los meses en que el índice de surgencia es moderado (Montecinos y Balbontín, 1993). Por otra parte, el análisis de la señal anual del índice de surgencia calculado sobre la base de datos de diez años de la estación meteorológica situada en la isla Guafo (Payá *et al.* 2000), mostró que los valores más bajos del índice se observaron en agosto, que corresponde a la época de desove de la merluza del sur. Por lo tanto es de principal interés obtener registros de largo plazo de datos de dirección e intensidad del viento y temperatura superficial del mar en algunos lugares de la zona sur que puedan posteriormente considerarse en un modelo biológico de la merluza del sur que incluya variables ambientales. Bailey & Francis 1985, indicaron una relación negativa entre la temperatura del agua y la fuerza de una clase anual a mediados de los 80. Las clases anuales débiles ocurrieron en años fríos y las clases anuales fuertes sólo ocurrieron en los años calurosos. Otros estudios difieren en los efectos medioambientales en el reclutamiento, sin embargo la relación aún se sostiene después de 15 años. Las larvas de merluza pueden flotar más probablemente hacia hábitat desfavorables durante los años fríos como resultado de una intensificación de las surgencias. Las temperaturas más frescas también podrían producir un crecimiento más lento de las larvas, provocando tasas de depredación más altas.

En la merluza del pacífico, Dorn 2001, indica que la fuerza de la clase anual está relacionada con la fuerza de la surgencia. Hollowed & Bailey 1989, encontraron que una surgencia débil durante el invierno temprano y un posterior aumento de la surgencia hacia marzo, son condiciones favorables para la supervivencia larval. Ellos siguieron que una surgencia débil refuerza el transporte costa afuera de larvas desde las áreas de desove costeras, mientras que en marzo la surgencia puede incrementar y proporcionar el zooplancton presa en verano.



Respecto del tema 7 “ Evaluación de la abundancia del stock para determinar la abundancia de los desovantes”, es una temática que al igual que el tema 3, debería ser abordado con mayor probabilidad en el mediano a largo plazo. Su importancia radica en que se considera necesario estudiar la problemática de la abundancia de los desovantes, en relación con los efectos de la explotación, ya que los antecedentes disponibles y no ratificados indican una disminución del área principal de desove en los últimos años atribuibles a la explotación.

En general, la ejecución integral y sistemática del programa de investigación propuesto nos entregaría nuevos y robustos antecedentes para completar en conocimiento del ciclo de vida, entender mejor el proceso de reclutamiento y sus fluctuaciones, y a la vez contar con nuevos elementos informativos que fortalezcan la evaluación y el manejo de esta especie en Chile.



6. CONCLUSIONES

Aspectos generales

- i. El análisis de la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras con relación al ciclo vital de merluza del sur indican que uno de los aspectos menos conocidos es el "reclutamiento", existiendo en algunos estadios una falta de información relevante para la construcción del ciclo vital, principalmente en huevos larvas , post metamórficos y juveniles tempranos.
- ii. Se ha generado una serie de hipótesis de trabajo y de investigación, en torno a distintas etapas del ciclo vital, originadas no necesariamente por la falta de información, si no también por información que necesita ser puesta a prueba. El conocimiento actual en conjunto con estas hipótesis de investigación nos han permitido reconstruir el ciclo de vida de merluza del sur.
- iii. El modelo biológico del ciclo de vida de merluza del sur ha sido generado considerando dos poblaciones en el cono sur de América con un grado de interconexión desconocido. El grado de interconexión puede modificar el ciclo general de vida no así sus componentes. Si existe un alto grado de interconexión entonces hablaremos de una sola población sometida a regímenes de mortalidad aditivas en ambos océanos. Por el contrario, si el grado de comunicación es bajo, entonces en ambas poblaciones es posible encontrar los procesos biológicos y ecológicos que pueden generar una población particular.
- iv. El programa de investigación propuesto es equilibrado en el sentido de otorgar importancia a aspectos propios de investigación básica y de investigación aplicada. En este sentido, los temas de investigación deben ser abordados de la siguiente manera:



Prioridad inmediata :

- Identificación de las unidades de stock.
- Identificación de los mecanismos que afectan la supervivencia de huevos y larvas.
- Evaluación de post- metamórficos y juveniles tempranos.
- Evaluación de índices de reclutamiento de juveniles a la pesquería.

Prioridad secundaria (a continuación de la anterior , es decir a partir del tercer año)

- Modelación del reclutamiento y otras etapas relacionadas con el ciclo de vida.
- Estudios de las interacciones tróficas.
- Identificación o generación de datos ambientales a macroescala para ser utilizados en análisis de reclutamiento.
- Estudiar la problemática del stock desovante.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agnew D. J., D.A. J. Middleton, T. Marlow, P. Brickle & A.I. Arkhipkin. 2001. The biology and fishery for *Merluccius australis* in Falkland Islands waters. (Paper submitted for consideration at the Workshop on Recruitment of Southern Hake, Chile, 26 may-1 june 2001)

Aguayo M., Z. Young, R. Bustos, V. Ojeda, T. Peñailillo, C. Vera, y H. Robotham. 1985. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral 1984. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 85/44). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 172 p.

Aguayo M., Z Young, R Bustos, V Ojeda , T Peñailillo, R Gili, C Vera y H Robotham. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral -1985. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 143 pág..

Aguayo M., Z Young, R Bustos, T Peñailillo, V Ojeda, C Vera, H Hidalgo e I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 209 pág.+1 anexo.

Aguayo M., I. Payá, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del



recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI-IFOP 91/6). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 83 p. + 60 tablas.

Aguayo M., I. Céspedes, I. Payá, E. Figueroa, V Ojeda y L Muñoz. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral -1992. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 93/3, 64 pág.

Aguayo-Hernández 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, U.K., 305-337.

Aguayo M, A Zuleta e I. Payá. 2000. INVEST CTP de merluza del sur. Informe de circulación restringida IFOP- SUBPESCA..

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).

Anderson O.F., N.W. Bagley, R. J. Hurst, M. P. Francis, M.R. Clark, P.J. McMillan. 1998. Atlas of New Zealand fish and squid distributions from research bottom trawls. NIWA Technical Report 42. 303 p.

Angelescu. V. & L.B. Prenski. 1987. Ecología trófica de la merluza común del mar Argentino (Merluccidae, *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. Contrib. INIDEP N° 561: 205 pp.



- Avilés S. & M. Aguayo. 1979.** Merluza española *Merluccius polylepis* Grinsburg 1954. Teleostomi, Gadiformes, Merluccidae. En estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. I. Peces. Corporación de Fomento de la Producción (AP79-18). IFOP. Chile. 29pp.
- Avilés S. M Aguayo y M 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 pp.
- Bailey K M. 1982.** The early life history of the Pacific heke, *Merluccius productus*. Fish. Bull. U.S. 80:589-598.
- Bailey, K. M. & R. C. Francis. 1985.** Recruitment of Pacific whiting, *Merluccius productus*, and the ocean environment. Mar. Fish. Rev. 47(2):8-15.
- Balbontín F. & R. Bravo. 1993.** Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur (*Merluccius australis*). Rev. Biol. Mar. (Inst. Oceanol. Univ. Valparaiso), 28(1):111-132.
- Balbontin F. & W. Fisher. 1981.** Ciclo sexual y fecundidad de la Merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Revta. Biol. Mar. Valparaiso 17:285-334.
- Balbontin F & H. Andrade. 1990.** Fecundidad y ciclo reproductivo de la merluza, *Merluccius australis*, de la pesquería sur austral de Chile. Informe Técnico Pesca Chile, 28, 27pp.
- Balbontín F., A. Zuleta, S. Rosales, M. Aguayo & O. Rojas. 1994.** El reclutamiento de la merluza común *Merluccius gayi gayi* y las condiciones ambientales. Informe final del proyecto FONDECYT 92-0531.



- Balbontin F. 1996.** Índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur. En : Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral. Informe Técnico para el Instituto de Fomento Pesquero, 24 págs.
- Balbontín F. & R. Bernal. 1997.** Distribución y abundancia del ictioplancton en la zona austral de Chile. Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 20: 155-163.
- Bakun A. & R. H. Parrish. 1982.** Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI Reports 23: 99-112.
- Braun M. 1992.** Programa básico de monitoreo de marea roja en la XII región. Informe técnico IFOP – SUBPESCA. 82 pp. (+ anexos).
- Braun M. y J. Blanco & J Osses. 1993.** Investigación monitoreo de marea roja en la XII región. Informe Técnico IFOP- SUBPESCA. 181 pp (+ anexos).
- Bernal R & F Balbontin. 1999.** Ictioplancton de los fiordos entre Golfo de Penas y Estrecho de Magallanes y factores ambientales asociados. Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 22:143-154.
- Bezzi S. I., G. A. Varazay y C. V. Dato. 1994.** Biology and fisheries of argentine hakes (*M. hubbsi*). In: Hake . Fisheries, ecology and markets. Ed. J. Alheit and T. J. Pitcher. Chapman & Hall, U. K. , 239-267.
- Bull B. & N. Bagley. (1999).** The effects of the 1995–96 Chatham Rise survey design on abundance estimates for hake age groups. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 99/36. 26 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)



- Carlotti F. 1987.** Modèle de recrutement de larves d'organismes marins. J. Rech. Oceannogr., 12:12-16.
- Castillo A.A. 1988.** Determinación de la madurez de la merluza *Merluccius australis* (Hutton) 1872 en la pesquería sur austral. Informe Final de Práctica para optar al Título de Técnico Marino, departamento de Biología y tecnología del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede regional Talcahuano.
- Caswell., H. 2001.** Matriz population models. Construction, analysis and interpretation. 2a. edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts.
- Céspedes R. & L. Adasme. 1992.** Investigación pruebas de marca en merluza del sur. Informe Final. Requirente Subsecretaría de Pesca, IFOP
- Céspedes R., S. Lillo, R. Quiñones, A. Paillamán, H. Reyes, J. Osses y L. Adasme. 1993.** Evaluación directa del recurso Merluza del Sur e identificación de recursos alternativos en agua interiores de la XII Región. Informe Técnico Instituto de Fomento Pesquero.
- Céspedes R., L. Adasme, H. Reyes, H., M. Braun, E. Figueroa, V. Valenzuela, V. Ojeda y R. Roa. 1996a.** Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur austral. Informe final IFOP (proyecto FIP), 145 pág. (más tablas y figuras).
- Céspedes R., C. Techeira. J. Blanco, V. Ojeda, H. Miranda, E. Almonacid y F. Cerna. 1996b.** Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la XII Región. Informe final IFOP (proyecto FIP), 100 pág. (más tablas y figuras).



- Céspedes R., Z. Young, V. Ojeda, F. Cerna, L. Adasme, H. Hidalgo, R. Bravo, H. Miranda y C. Vera. 1998a.** 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., H. Robotham, A. Zuleta, L. Adasme y P. Gálvez. 1998b.** Análisis de la pesquería de merluza de tres aletas en la zona sur-austral. Informe Final FIP N° 96-39, 124 p. + Anexo.
- Céspedes R., C. Toledo, L. Adasme, P. Rubilar, H. Miranda y C. Techeira. 1998c.** Análisis del esfuerzo pesquero artesanal aplicado en merluza del sur en aguas interiores de la X, XI y XII Regiones. Informe Final FIP 97-13. IFOP: 64 p. (más figuras, tablas y anexos).
- 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. 2001.** Caracterización de la pesquería y del sistema de monitoreo en merluza del sur y congrio dorado. Manuscrito Trabajo presentado en: Taller Sustentabilidad de Pesquerías Demersales, Marzo del 2001, Valparaíso, IFOP.



- Ciechowski J de. 1967. Carácter del desove y fecundidad de la merluza argentina, *Merluccius merluccius hubbsi*, del sector bonaerense. Boletín Instituto de Biología Marina, Mar del Plata 13: 3-30.
- Ciechowski J. de & Weiss, G. 1974. Características del desarrollo embrionario y larval de las merluzas *Merluccius hubbsi* y *Merluccius polylepsis*. Physis, Sec. A, 33 (87): 527-536.
- Ciechowski J. de, M. Cassia & G. Weiss. 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.
- Christiansen H. E. & M. B. Cosseau. 1971. La reproducción de la merluza en el Mar Argentino (Merlucidae, *Merluccius merluccius hubbsi*). La reproducción de la merluza y su relación con otros aspectos biológicos de la especie. Bol. Inst. Biol. Mar. Univ. Nac. B. Aires 20:42-74.
- Colman J.A. 1995. Biology and fisheries of New Zealand hake (*Merluccius australis*). In: Hake: Biology, fisheries and markets. Fish and Fisheries Series 15. Alheit, J. & Pitcher, T.J. (eds.). Chapman and Hall, London. 365-388 pp.
- Colman J.A. (1998). Spawning areas and size and age at maturity of hake (*Merluccius australis*) in the New Zealand Exclusive Economic Zone. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/2. 17 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Cosseau M B. & R. G. Perrota. 1996. Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 163 pp.



- Cotrina C. P. 1981.** Distribución de tallas y reproducción de las principales especies de peces demersales capturadas en las campañas de los B/I Walther Herwig y Shinkai Maru (1978-1979). En: Campañas de Investigación Pesquera realizadas en el Mar Argentino por el B/I "Shinkai Maru" y "Walther Herwig" y por el B/P "Marburg", años 1978 y 1979. Resultados de la Parte Argentina. Contrib. INIDEP (Argent.), 383: 80-103.
- Cury P. & C. Roy. 1989.** Optimal environment window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Canadian Journal of Fisheries and aquatic Sciences 46: 670-680.
- Cushing D. H. 1975.** Ecología Marina y pesquerías. Editorial Acribia, España, 256 pp.
- Dorn, M. W. 1995.** The effects of age composition and oceanographic conditions on the annual migration of Pacific whiting, *Merluccius productus*. CalCOFI Rep. 36:97-105.
- Dorn, M. W., M. W. Saunders, C. D. Wilson, M. A. Guttormsen, K. Cooke, R. Kieser, and M. E. Wilkins. 1999.** Status of the coastal Pacific hake/whiting stock In U.S. and Canada in 1998. In Pacific Fishery Management Council, Appendix: Status of the Pacific Coast groundfish fishery through 1999 and recommended acceptable biological catches in 2000: Stock assessment and fishery evaluation. Pacific Fishery Management Council, 2130 SW Fifth Avenue, Suite 224, Portland, OR 97201.
- Dorn, M. W. 2001.** Review of Pacific hake *Merluccius productus* life history and recruitment: patterns of environmental forcing in the California Current system. A Presentation for the Second Workshop on the Dynamics of Southern Hake Recruitment, May 28-June 1, 2001, Villa Alemana, Chile.



- Dunn A. 1998.** Stock assessment of hake (*Merluccius australis*) for the 1998–99 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/30. 19 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Dunn A., M.E. Livingston, & J. McKoy. 2001.** An overview of the life-cycle, fishery, and stock management of hake (*Merluccius australis* Hutton) in New Zealand waters. (Paper submitted for consideration at the Workshop on Recruitment of Southern Hake, Chile, 26 may-1 june 2001).
- 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.
- Erlich M. 1997.** Los primeros estadios de vida de la merluza *Merluccius hubbsi*, Marini 1933, en el Mar Argentino como aporte al acontecimiento de su reclutamiento y estructura poblacional. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires.
- Fischer W. & F. Balbontín. 1970.** On the investigation of ovarian cycle and fecundity of fish with special reference to partial spawners. Berichte det Deutschen Wiss. Komm. für Meeresforschung, 21: 56-77.
- Forbers M.C. & A.D. Garrafo. 1988.** A note on the mean seasonal transport on the Argentine Shelf. Jour. Geophys. Res. 93 (c3):2311-2319.
- Foucher R. & R. Beamish. (1980).** Production of non-viable oocytes by Pacific hake (*Merluccius productus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 41–48.
- Freon P., M.El Khattabi., J. Mendoza y R. Guzmán 1997** Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela Marine Biology vol 128, Issue 3 , pp363-372.



- García de la Rosa S. B., A. R. Giussi & F. Sánchez. 1997.** Distribución, estructura de tallas y alimentación de la merluza austral (*Merluccius australis*) en el Mar Argentino. Resúmenes expandidos del VII COLACMAR, Vol.I: 350-352.
- George-nascimento M. & H. Arancibia, 1994.** La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. *Biología Pesquera*, 23: 31-47.
- Gulland J. A. 1983.** Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester, U.K., Wiley Interscience. FAO/Wiley series on food and agriculture, Vol. 1: 223 p.
- Guerrero Y. 2000.** Distribución de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en las aguas interiores de la zona de canales australes entre el Golfo de Penas y Seno Almirantazgo. Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso. 58 pág (más figuras).
- Giussi A.R., S.B. García de la Rosa, F. Sánchez & O. C. Wöhler. 2001.** Biology and Fishery of Southern hake (*Merluccius australis*) in the Argentine sea. (Paper submitted for consideration at the Workshop on Recruitment of Southern Hake, Chile, 26 may-1 june 2001).
- Hilborn R. & C. Walters. 1992.** Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman y Hall. NY. 570 páginas.
- Hjort J. 1914.** Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp. P.-v. Reún. Cons. Int. Expl. mer*, 20:1-228.
- Ho J. S. 1990.** Phylogeny and biogeography of hakes (*Merluccius*; Teleostei): A cladistic analysis. *Fish. Bull.* 88(1): 95-104.



- 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.
- Hollowed, A. B. & K. M. Bailey. 1989. New perspectives on the relationship between recruitment of Pacific hake (*Merluccius productus*) and the ocean environment, p. 207-220. In R. J. Beamish and G. A. McFarlane [ed.] Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- Horn P. L. 1996. An ageing methodology, growth parameters, and estimates of mortality for hake (*Merluccius australis*) from around the South Island, New Zealand. Manuscrito.
- Horn P. L. 1998. The stock affinity of hake (*Merluccius australis*) from Puysegur Bank, and catch-at-age data and revised productivity parameters for hake stocks HAK 1, 4, and 7. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/34. 18 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Houde E D. 1987. Fish early dynamics and recruitment variability. American Society Symposium 2: 17-29.
- Hunter J. R. & B. J. Macewicz. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. CalCOFI Rep. 21: 139-149.
- Hunter J. R. & S. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., U.S. 77: 641-652.



- Hurst R.J. Bagley, N.W. Anderson, O.F. Francis, M.P. Griggs, L.H. Clark, M.R. Paul, L.J. Taylor, P.R. 2000.** Atlas of juvenile and adult fish and squid distributions from bottom and midwater trawls and tuna long lines in New Zealand waters. NIWA Technical Report 84. 162 p.
- Iles T. D. & M. Sinclair. 1982.** Atlantic herring: stock discreteness and abundance. Science, 215:627-633.
- Inada T. 1981.** Studies on the Merlucciid Fishes. Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory (Shimizu) 18: 1-172.
- Larrañeta M. G. & V. Vasquez. 1985.** Polar motion and cod (*Gadus morhua*) catches in the Arctic Ocean. Inv. Pesq., 49:513-520.
- Larrañeta M G. 1996.** Ecología de la relación stock-reclutamiento en los peces marinos. Oceanides 11 (2):55-187.
- Lasker R. 1975.** Field criteria for survival of anchovy larvae: the relations between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fishery Bulletin U.S., 73:453-462.
- Lasker R. 1985.** What limits clupeoid production?. Can. Fihs Aquat. Sci. 42: 31-38.
- Leth Ole. 2000.** Ocean Circulation in the Eastern South Pacific: an observational and numerical modelling study. Thesis Ph. D. Niels Bohr Institute for astronomy, Physics and Geophysics, University of Copenhagen.
- Lillo S. & A. Paillaman. 1995.** Selectividad en redes de arrastre de mediagua utilizadas en la captura de merluza de tres aletas. Informe Técnico, IFOP, 22 p.



- Lillo S, M. Espejo & 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, V. Ojeda, F. Balbontín, L. Adasme, M. Aguayo y A. Saavedra. 2001.** Evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Preinforme final (FIP 2000-14), IFOP, 64 p. (más figuras y tablas)
- Livingston P.A. & R.D. Method. 1998.** Incorporation of predation into a population assessment model of Eastern Bering sea Walleye pollock. IN Fishery stock Assessment Models. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-98-01.
- Lusquiños A & A.G. Schrott. 1983.** Corrientes en el mar epicontinental Argentino, Subsec. Ciencia y Tecnología.
- Margalef R. 1977.** Ecología. Ediciones Omega. España. 951 p.
- Marin V. H & C. A. Moreno. 2000.** Wind driven circulation and larvae dispersal: a review of its consequences in coastal benthic recruitment. *In: Castilla JC (ed) Simposio Conexiones dinámicas en sistemas litorales: bahías y Costas abiertas. Santiago de Chile. P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Octubre 2000.*
- Melo Y. C. & M. J. Armstrong. 1991.** Batch spawning behaviour in lingfish *Maurolicus muelleri*. S. Afr. J. Mar Sci. 10: 125-130.
- Montecinos A. & F. Balbontín. 1993.** Índices de surgencia y circulación superficial del mar: implicancias biológicas en un área de desove de peces entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 28(1) :133-150.



- 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.
- Mora S., R Quiñones, E. Figueroa, R. Bahamonde, S. Lillo y H. Reyes. 1993.** Evaluación directa del recurso merluza del sur e identificación de recursos alternativos en aguas interiores de la XI región. Informe Final, IFOP. 72 pp.
- Mullen, M. M. & S. Cass-Calay. 1997.** Vertical distributions of zooplankton and larvae of the Pacific hake (whiting), *Merluccius productus* in the California current system. CalCOFI Rep. 38:127-126.
- Müller E & D. Figueroa. 1996.** Distribución espacial y estacional del esfuerzo del viento sobre el mar frente a Chile continental usando datos de barco. Cien. Tec. Mar. 19:7-17.
- Murúa H., L. Motos y P. Lucio. 1998.** Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* L.) in the bay of Biscay. CalCOFI Rep. 39: 196-203.
- Norcross B. & F. Shaw. 1984.** Oceanic and estuarine transport of fish eggs and larvae: a review. Trans. Amer. Fish. Soc. 113: 155-165.
- 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 pp.
- Ojeda V & M. Aguayo. 1886.** Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*). Investigación Pesquera (Chile) 33:47-59.



- Osborne R F, Y. C. Melo, M. D. Hofmeyr y D. W. Japp. 1999.** Serial spawning and batch fecundity of *Merluccius capensis* and *M. paradoux*. S. Afr. J. Mar Sci. 21: 211-216.
- Otero H. O., Bezzi, S. I, Renzi, M. A & Verazay, G. A. 1982.** Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. INIDEP. Serie Contribuciones. Contrib. N° 423: 248 pp.
- 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.
- Panella S., A. Michellato, R. Perdicaro, G. Magazzú, F. Decembrini y 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.
- Patchell G.J. 1981.** The Westland hake fishery. Fisheries Research Division, Occasional Publication 31. 18 p.
- Patchell G.J. M Allen y D. Dreadon. 1987.** Egg and larval development of the New Zealand hoki *Macruronus novazeladiae*. New Zealand Journal of marine and Freshwater Research, 21:301-313.
- Payá I. & F. Rocha. 1992.** 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. Pág. 58.
- Payá I. 1992.** The Diet of patagonian hake *Merluccius australis polylepis* and its daily ration of patagonian grenadier *Macruronus magellanicus*. In: The



Benguela trophic Functioning. Payne, A.I.L., Brink K.H., Mann K H & R Hilborn (Eds). S. Afr. J. Mar.Sci. 12: 753-760.

Payá I., S. Lillo., J. Cordova, 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 pp.

Payá I., A. Sepúlveda, F. Balbontín, R. Tascheri y L. Adasme. 1998. Dinámica del stock de merluza común y su relación con el medio ambiente. FIP 96-98. 161 págs, 124 Figuras y 56 Tablas.

Payá I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000a. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Instituto de Fomento Pesquero. Circulación restringida.

Payá I., N. Ehrhardt, H. Pool, M. Aguayo, V. Ojeda y R. Céspedes. 2000b. Estrategias de explotación en merluza del sur y congrio dorado en la zona sur austral bajo incertidumbre del tamaño y rendimiento sustentable del stock. IFOP. FIP 97-14. 164 páginas, 119 figuras, 39 tablas y anexos.

Phillip, N. L. 2001. Descriptive analysis of the commercial catch and effort data for New Zealand hake (*Merluccius australis*) for the 1989–1990 to 1998–1999 fishing years. Final Research Report to the Ministry of Fisheries. 56 p. (Unpublished report held by the Ministry of Fisheries, Wellington.)

Pickard G. 1971. Some physical oceanographic features of inlets of Chile. J. Fish. Res. Bd. Canadá, 28: 1077-1106.

Pinochet P. y S. Salinas. 1996. Estructura térmica y salina de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur, Chile. Cienc. Tecnol. Mar, CONA 19:93-122.



- Pool H, F. Balbontin, C. Montenegro, N. Cortes y M. Arriaza. 1997.** Interacciones tróficas recursos demersales sur-austral. Informe Final FIP 94-32. IFOP-FIP.
- Reyes A, L Adasme y A Muñoz. 1995a.** Pesca de investigación de merluza del sur en aguas interiores de la X y XI región. Informe Final de la primera etapa. IFOP .40 pp.
- Reyes A, E. Almonacid y L Guzman. 1995b.** Pesca de Investigación de Merluza del sur en aguas interiores de la XII región. Informe Técnico IFOP- Empresas Pesqueras XII región, 27 pp.
- Ricker W.E. 1975.** Computation and Interpretation of Biological Statistics of fish Populations. Bull. Fish. Res. Board of Can. 191: 382 pp.
- Rosecchi E. & Y. Nouaze. 1987.** Comparison de cinq indices alimentaires utilisés ans l'anlyse des contenus stomacaux. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 49(3-4): 111-123.
- Rubilar PS, R Céspedes, V Ojeda, L Adasme, A Cuevas, F Cerna y G. Ojeda. 2000.** Análisis de la estructura y condición biológica de los recursos merluza del sur y congrio dorado en aguas interiores de la X, XI y XII regiones. Informe técnico IFOP- FIP, 83 pág., 106 tablas, 39 fig. + anexos.
- Saunders M. W., and G. A. McFarlane. 1997.** Observations on the spawning distribution and biology of offshore Pacific hake (*Merluccius productus*). CalCOFI Rep. 38:147-157.
- 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.



- Schmitt C.C. & B.E. Skud. 1978.** Relation of fecundity to long term changes in growth, abundance and recruitment. Int. Halibut Comm. Sci. Rep. 66, 31 págs. Seattle, Wash.
- Sharp G. P. 1980.** Report of the Workshop on effects of environmental variation on survival of larval pelagic fishes. IOC Workshop Rep., 28:15-59.
- Shelton P.A. & 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. Neshyba. 1977.** Corrientes superficiales frente a la costa austral de Chile. Cienc. y Tec. del Mar, Cona 3: 37 – 42.
- 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): revista Ciencia y Tecnol. Mar, Chile 20:23-106.
- Sinclair M. & T. D. Iles. 1988.** Population richness of marine fish species. Aquatic Living Resources 1: 71-83.
- Southward A. J. & G. T. Boalch. 1988.** Aspect of long term changes in the ecosystem of the Western English Channel in relation to fish populations, 415-447. En : Wyatt, T. & M.G. Larrañeta (Eds). International Symposium on Long term Changes in marine Fish Populations, Inst. Inv. Marinas, Vigo, 1986. 545p.



- Stanton B.R. 1973.** Circulation along the eastern boundary of the Tasmania sea. *In:* Oceanography of the South Pacific 1972. Fraser, R. (ed.). N.Z. National Commission for UNESCO, Wellington. 141-147 pp.
- Stearns S. C. & 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.
- Svedrup, H. U. 1953.** On the conditions of vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 18<: 287-295.
- Tingley G., L. Purchase, M. Bravington y S. Holden. 1994.** Biology and fisheries of hakes (*M. hubbsi* and *M. australis*) around the Falkland Islands. *In:* Hake. Fisheries, ecology and markets. Ed. J. Alheit and T. J. Pitcher. Chapman & Hall, U.K., 269 - 303.
- Tingley G.A., L. V. Purchase, M.V. Bravington & S. J. Holden. 1995.** Biology and fisheries of hakes (*M. hubbsi* and *M. australis*) around the Falkland Island. *En:* Hake: biology, fisheries and markets. Chapman and Hall, London, 269-303.
- 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, págs. 31-62.
- Uribe F. 2000.** Descripción de larvas de cuatro especies de peces de la zona austral de Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en biología marina y al Título de biólogo Marino. Universidad de Valparaíso, 142 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 Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Biblioteca INIDEP: 78 pp.
- 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. & Abachian, V. E. 1999.** Resultados de la Campaña de Evaluación de Peces Demersales Australes efectuada en el verano de 1997. Contribución INIDEP N°1027, INIDEP Informe Técnico 24: 60 pp.
- Wyatt T. & A. Vásquez. 1988.** The interaction of lunar and solar time in relation to fish abundance, 181-195. En : Wyatt, T. & M.G. Larrañeta (Eds). International Symposium on Long term Changes in marine Fish Populations, Inst. Inv. Marinas, Vigo, 1986. 545p.
- Young Z, A. Zuleta, P. Gálvez, H. González y V. Catasti. 2001.** Análisis de la captura y del esfuerzo de la pesca industrial en la pesquería demersal sur-austral. FIP N° 99-16. Pre-informe Final Corregido. 104 p + Anexo.

T A B L A S

Tabla 1. Comparación de estimaciones de fecundidad modal en merluza del sur y en otras especies del género *Merluccius*.

Espece	Fecha	70 cm LT	100 cm LT	Referencia
<i>M. australis</i>	Ago -sept. 1994	283.721	1.007.458	Balbontín <i>et al.</i> , 1994
<i>M. australis</i>	Agosto 2000	612.260	3.472.946	Balbontín <i>et al.</i> , 2001
<i>M. australis</i>	Resumen varios años	532.810	2.798.518	Balbontín <i>et al.</i> , 2001
<i>M. gayi gayi</i>	Ago-sept. 1965	331.361		Balbontín y Fischer, 1981
<i>M. gayi gayi</i>	Ago-nov. 1992	217.668		Alarcón y Arancibia, 1993
<i>M. productus</i>	Enero 1970	496.000		MacGregor, 1971
<i>M. hubbssi</i>	Invierno 1965	818.420		Ciechomski, 1967
<i>M. hubbssi</i>	Verano 1965	1.273.417		Ciechomski, 1967

Tabla 2. Parámetros A y B de la función logística y talla 50% de madurez en hembras de merluza del sur. Datos microscópicos.

Años	Mín. 5% plausible			Máx. Verosimilitud			Máx. 5% plausible		
	A	B	L50%	A	B	L50%	A	B	L50%
1991	20,39	-0,30	68,73	22,80	-0,32	70,78	21,98	-0,30	72,74
1994	19,91	-0,29	69,56	23,92	-0,33	71,60	21,00	-0,29	73,40
1996	24,86	-0,35	70,63	27,67	-0,38	72,50	26,00	-0,35	74,23
1999	16,72	-0,24	69,22	19,40	-0,27	71,68	19,99	-0,27	73,97
2000	24,91	-0,34	73,24	26,42	-0,36	74,12	27,27	-0,36	74,96
991-2000	23,03	-0,32	72,28	23,89	-0,33	72,96	24,42	-0,33	73,62

Tabla 3. Parámetros biológicos de *M. australis* en Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001)

Stock	Estimación		Referencia			
<i>Mortalidad natural (M)</i>						
	Machos		Hembras			
Sub-Antarctic	}		}			
Chatham Rise	} 0.20		} 0.18 (Dunn et al. 2000)			
West coast S.I.	}		}			
<i>Peso = a(Talla)^b (Peso in g, talla en cm)</i>						
	Machos		Hembras			
Sub-Antarctic	a = 0.00395	b = 3.130	a = 0.00186	b = 3.313 (Horn 1998)		
Chatham Rise	a = 0.00249	b = 3.234	a = 0.00170	b = 3.328 (Horn 1998)		
West coast S.I.	a = 0.00275	b = 3.23	a = 0.00133	b = 3.41 (Colman et al. 1991)		
<i>Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy</i>						
	Machos			Hembras		
	\bar{k}	t_0	L_{inf}	\bar{k}	t_0	L_{inf}
Sub-Antarctic	0.263	-0.06	90.8	0.188	-0.13	115.0 (Horn 1998)
Chatham Rise	0.277	-0.11	90.3	0.202	-0.20	113.4 (Horn 1998)
West coast S.I.	0.309	-0.02	83.1	0.236	-0.08	101.0 (Horn 1998)
<i>Edad al 50% madurez</i>						
	Machos		Hembras			
Sub-Antarctic	6-7		7-8 (Colman 1998)			
Chatham Rise	7		8 (Colman 1998)			
West coast S.I.	na		na			

Tabla 4. Caracteres diferenciales de *M. australis* y *M. hubbsi* (adultos y postravas) (Fuente: Giussi *et al*, 2001).

	Característica	<i>M. australis</i>	<i>M. hubbsi</i>
	MERISTICA	Número de vértebras	56
Número total de miomeros preanal		56-59 16-17	50-52 17-18
postanal		40-42	33-34
Numero de rayos 2° aleta dorsal		43-45	36-40
Numero de rayos de aleta anal		42-45	37-41
Numero de escamas sobre la línea lateral		182-186	138-144
Numero de gill-rakers en la parte baja del arco anterior		13-15	10-13
Tamaños máximos Machos Hembras		105 cm 118 cm	60 cm 95 cm
MORFO-METRICA	Relación ojos/hocico (Figura 11)	Ojos contenidos 2.5 o más veces en el hocico	Ojos contenidos 2 o menos veces en el hocico
PIGMENTACION	Coloración Dorsal Adultos	Azul oscuro con una tonalidad grisácea	Gris brillante con oro irisdecete
	Patrón pigmentario de Postlarvas (Figuras 6 y 7)	<p>* Larvas 4-6 mm tienen melanóforos dispersos en la parte posterior de la cabeza, un punto evidente en la región caudal, y ningún pigmento en la parte anterior de la cabeza.</p> <p>* Larvas 10-25 mm mostraron pigmentos agrupados ventral y dorsalmente desde la segunda aleta dorsal.</p>	<p>* Larvas 4-6 mm tienen melanóforos evidentes en parte posterior de la cabeza, en las áreas nasales y abdominales.</p> <p>* Larvas 10-30 mm mostraron pigmentos extendidos por el cuerpo y ausencia de melanóforos en la región caudal.</p>

Tabla 5. Índices de importancia relativa de las presas de merluza del sur por zona y estación del año.
(Fuente: Pool *et al*, 1997)

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
Mictófidios	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 6. Espectro trófico de *M. australis* en el mar Argentino, en frecuencia de ocurrencia (%F), número (%N) y peso (%W) (Rosecchi & Nouaze, 1987) (Fuente: Giussi *et al.*, 2001)

<i>Nombre científico</i>	<i>%F</i>	<i>%N</i>	<i>%W</i>	<i>IRI</i>
Thaliacea				
<i>Ihlea magelhanica</i>	0.88	0.71	*	*
Mollusc Cephalopoda				
<i>Loligo gahi</i>	6.19	5.67	1.86	65.28
<i>Illex argentinus</i>	6.19	4.96	3.63	111.45
<i>Moroteuthis ingens</i>	11.50	9.22	11.97	1269.18
Osteichthyes Gadiformes				
<i>Austrophysis marginatus</i>	0.88	0.15	0.71	*
<i>Macruronus magellanicus</i>	49.56	48.23	59.86	143082.1
<i>Merluccius hubbsi</i>	0.88	0.52	*	*
<i>Micromesistius australis</i>	20.35	17.73	17.09	6166.16
Osteichthyes Perciformes				
<i>Patagonotothen</i> spp.	5.31	5.67	2.16	65.03

* Valores menores al 5%

Tabla 7. Capturas anuales (tons) de *M. australis* efectuadas por la flota Argentina durante 1989-1998. (Giussi *et al.*, 2001).

Año	Total	Hieleros	Fábricas	Surimeros	Fresqueros
1989	3137	356	2732	49	
1990	4838	151	4545	142	
1991	1336	9	1194	133	
1992	2746	265	1449	1031	1
1993	2365	147	1227	991	
1994	1113	149	805	159	
1995	2499	438	1757	304	
1996	2397	198	1753	444	2
1997	1078	154	790	133	1
1998	2006	1268	486	246	6
1999	3208	1144	1360	701	3
2000	6926	4060	2489	376	1

Tabla 8. Puertos de desembarque (tons) de *M. australis* durante 1999 y 2000 en Argentina (Giussi *et al.*, 2001).

Puerto	Dsembarques 1999	Desembarques 2000
Ushuaia	1786	2610
Puerto Deseado	616	1254
Puerto Madryn	229	1883
Necochea/Quequén	381	582
Mar del Plata	174	297
San Antonio Oeste		2
Bahía Blanca	22	294
TOTAL	3208	6926

Tabla 9. Desembarques reportados (tons) de merluza del sur desde 1984 a 2000 y Captura Total Permisible (TAC) desde 1987 a 2000, en los 3 principales stocks de Nueva Zelanda.

Fish stock	Sub-Antarctic (HAK 1)		Chatham Rise (HAK 4)		West coast S.I. (HAK 7)		Total (incl. HAK 10)	
	Landings	TAC	Landings	TAC	Landings	TAC	Landings	TAC
1984 ¹	886	—	180	—	945	—	2 011	—
1985 ¹	670	—	399	—	965	—	2 034	—
1986 ¹	1 047	—	133	—	1 695	—	2 875	—
1987 ²	1 022	2 500	200	1 000	2 909	3 000	4 131	6 510
1988 ²	1 381	2 500	288	1 000	3 019	3 000	4 689	6 510
1989 ²	1 487	2 513	554	1 000	6 835	3 004	8 876	6 527
1980 ²	2 115	2 610	763	1 000	4 903	3 310	7 783	6 930
1991 ²	2 635	2 610	743	1 000	6 189	3 310	9 567	6 930
1992 ²	3 156	3 500	2 013	3 500	3 027	6 770	8 196	13 780
1993 ²	3 525	3 501	2 545	3 500	7 154	6 835	13 224	13 846
1994 ²	1 803	3 501	2 587	3 500	2 973	6 835	7 363	13 847
1995 ²	2 572	3 632	3 369	3 500	8 840	6 855	14 781	13 997
1996 ²	3 956	3 632	3 466	3 500	8 660	6 855	16 082	13 997
1997 ²	3 534	3 632	3 524	3 500	6 118	6 855	13 176	13 997
1998 ²	3 810	3 632	3 523	3 500	7 416	6 855	14 749	13 997
1999 ²	3 845	3 632	3 324	3 500	8 165	6 855	15 333	13 997
2000 ²	3 899	3 632	2 803	3 500	6 898	6 855	13 599	13 997

1. Fishery Statistics Unit data
2. Quota Management System data

Tabla 10. Descarte porcentual en peso y número de individuos de la captura de merluza del sur, durante la pesca de investigación en la XII región, temporada de invierno (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).

SECTOR	TEMPORADA	ZONAPES (CALADERO)	% descarte en peso			% descarte en número			N
			MIN	MAX	PROMEDIO	MIN	MAX	PROMEDIO	
ESTRECHO NELSON	INVIERNO	IS. CUERI CUERI	4,03	10,27	7,15	5,48	16,67	11,07	2
		CANAL NOGUEIRA	0,00	13,43	4,20	0,00	18,46	6,77	5
		GRUPO LOBOS	0,00	10,65	4,90	0,00	14,12	6,58	7
		IS. CONTRERAS	0,00	5,88	2,19	0,00	7,84	3,10	3
		IS. GRADO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
		TOTAL (E. NELSON)	0,00	13,43	3,08	0,00	18,46	4,48	28

Tabla 11. Problemas identificados, proceso asociado, escala espacial y metodo de estudio en las diversas fases del ciclo vital de merluza del sur.

FASE	Problema	Proceso asociado	Escala espacial y temporal	Método de estudio
HUEVO	1. Identificación del origen de los huevos	Transporte	Decenas millas y horas a días	Estudiar la circulación y difusión de partículas (huevos) en los cuerpos de agua
	2. Distribución horizontal y batimétrica	Reproducción y transporte	Decenas millas y días a semana	Muestreo estratificado en crucero oceanográfico y biológico
	3. Índice de abundancia	Fuerza del desove	Decenas millas y días a semana	Protocolo muestreo estandarizado
LARVA	1. Distribución horizontal y batimétrica (dispersión y retención)	Transporte y movimientos relacionados a comportamientos larvales.	Decenas de millas y semana	Crucero de larvas, muestreo estratificado y oceanográfico
	2. Estado nutricional	Alimentación y sobrevivencia	Decenas de millas y semana	Crucero de larvas, muestreo estratificado y trabajo de laboratorio (Colectores larvas)
	3. Índice abundancia	Fuerza de cohorte	Decenas de millas y semana	Protocolo muestreo estandarizado
POST METAMORTFICO	1. ¿ Dónde están? Distribución espacial (horizontal y vertical) y temporal	Cambio de habitat y tráfico	Decenas de millas y meses	Muestreo batimétrico desde fondo a superficie (día -noche)
	2. Duración de la fase o estadio	Crecimiento	Decenas de millas y meses	Muestreo mensual
	3. Índice abundancia	Fuerza de cohorte	Decenas de millas y meses	Protocolo muestreo estandarizado
JUVENIL	1. Area de crianza y primera migración reproductiva	Ciclo de vida	Regional y anual	Sistematización de muestreo, marcajes
	1. ¿ Dónde están?. Distribución horizontal y vertical	Relaciones tróficas	Regional y meses	Muestreo estratificado con redes y cámara de video (innovación tecnológica)
	2. Índice abundancia	Fuerza de la cohorte y mortalidad natural	Regional y meses	Protocolo muestreo estandarizado
Recluta artesanal	3. Cambio en la dieta	Relaciones tróficas	Regional y años	Muestreos mensuales
	1. ¿ Dónde están?. Distribución horizontal y vertical	Fuerza de la cohorte ,mortalidad (Z) y descartes	Regional y años	Muestreo estratificado con redes y cámara
	2. Índice abundancia	Mortalidad por pesca y descarte	Regional, mensual y anual	Protocolo muestreo estandarizado de capturas reales
Post recluta	3. Selectividad del arte	Fuerza de la cohorte ,mortalidad (Z) y descartes	Regional, mensual y anual	Pruebas de selectividad en base búsqueda de nuevos diseños
	1. Índice abundancia	Fuerza de la cohorte ,mortalidad (Z) y descartes	Regional, mensual y anual	Protocolo muestreo estandarizado de capturas reales
ADULTO	1. Madurez	Maduración sexual	Millas y meses	Muestreo gonádicos
	2. Fecundidad	Frecuencia de desove	Semanas y meses	Muestreo y analisis de laboratorio
	3. Migraciones tróficas	Alimentación	Mensuales y regionales	Marcaje y muestreo estomagos
	4. Migraciones reproductivas	Reproducción	Mensuales y regionales	Marcaje y muestreo gonádicos
	5. Índice abundancia del stock desovante	Concentración reproductiva	Mensual y millas(local)	Análisis del tamaño del área de desove desde capturas comerciales y cruceros hidroacústicos.
	6. Cambios en el tamaño de la concentración de desovantes producen cambios en los patrones de dispersión.	Proceso reproductivo y dispersión de larvas y huevos	Mensuales y regionales	Muestreo hidroacústico, GIS pesca comercial circulación y difusión de huevos y larvas
	7. Unidades poblacionales	Distribución	Anual y transzonal	ADN, Marcaje, Radioisotopos

FIGURAS

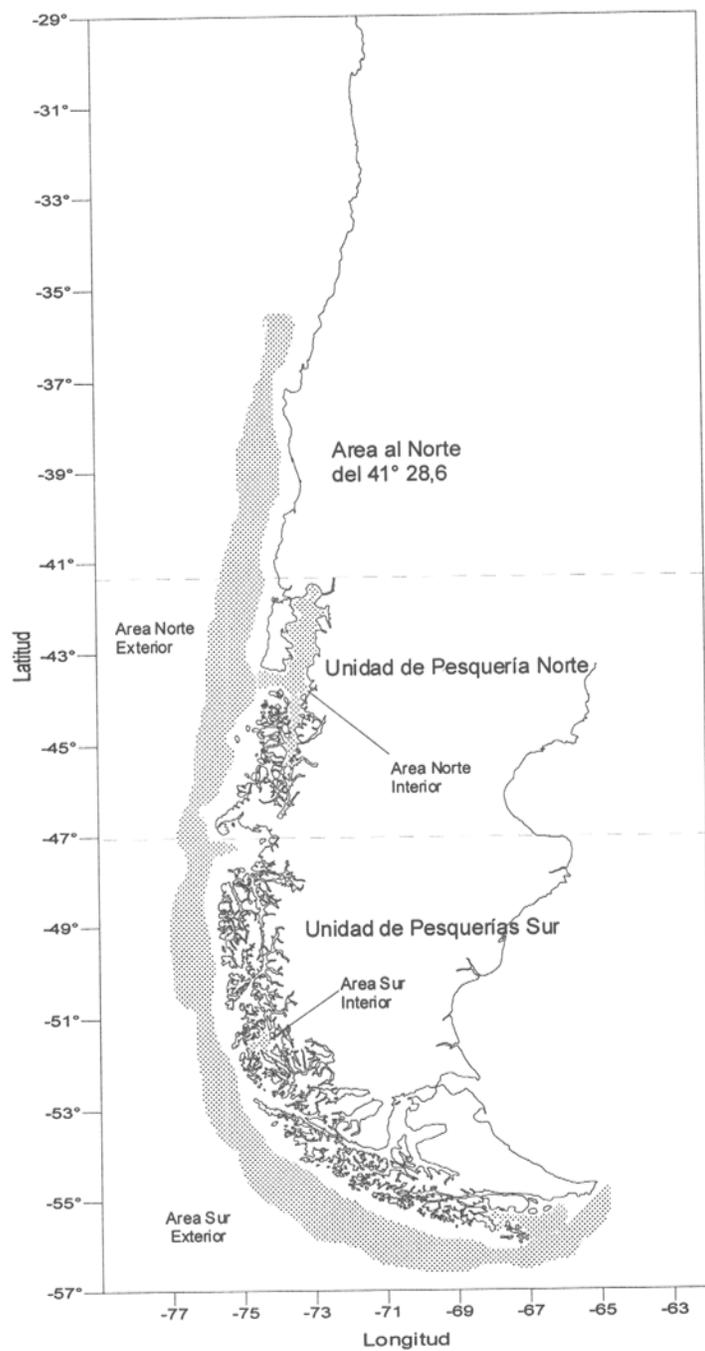


Figura 1. Distribución de la merluza del sur (*Merluccius australis*) y división administrativa de la pesquería en Chile.

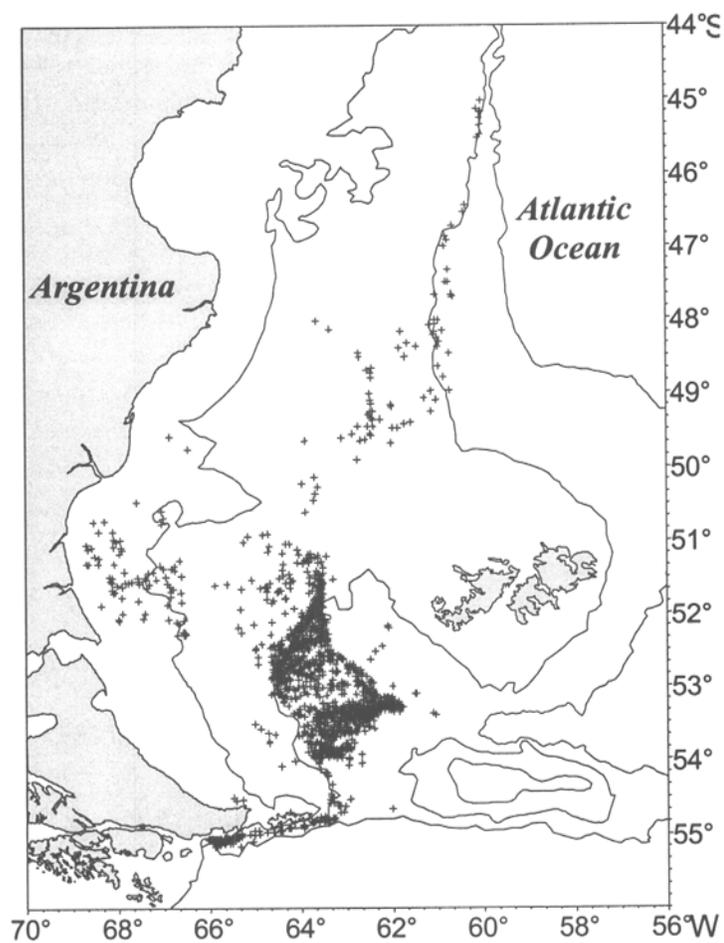


Figura 2. Distribución espacial de merluza del sur en el mar Argentino, con datos obtenidos desde observadores a bordo de buques comerciales (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

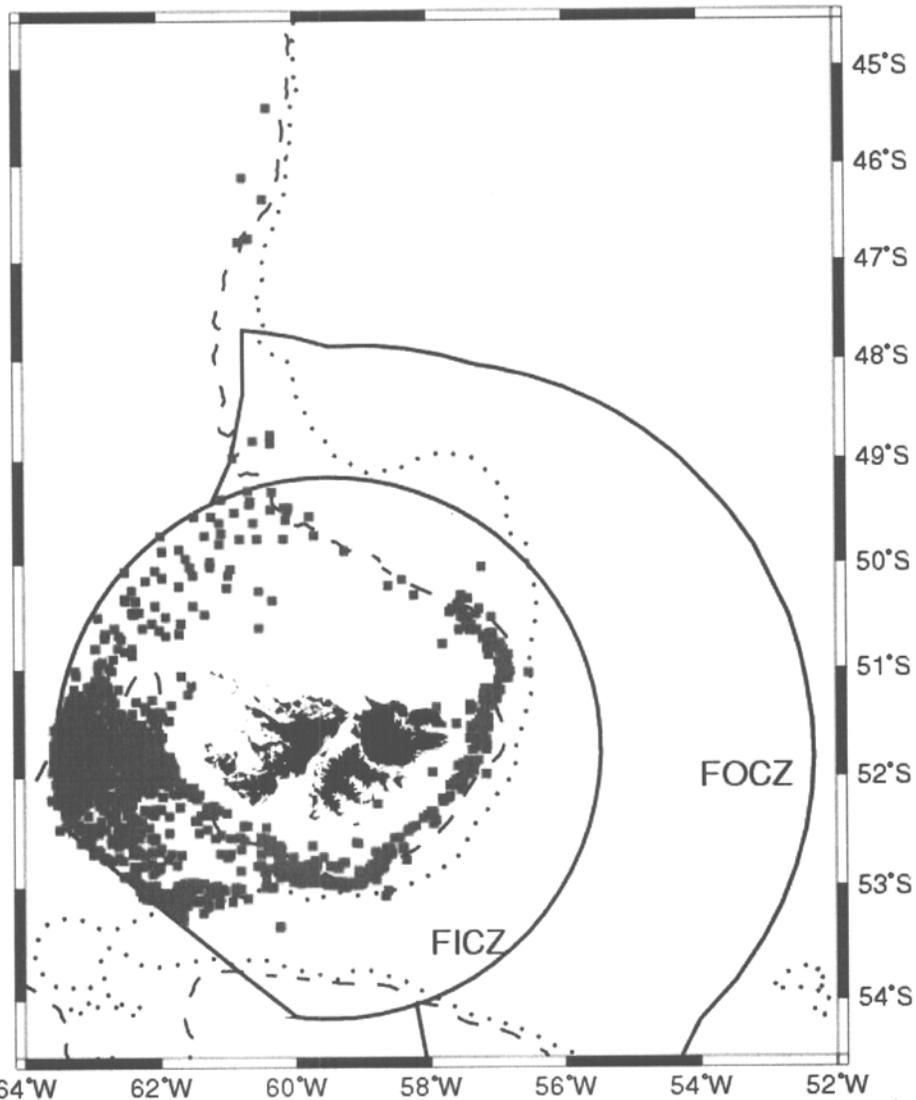


Figura 3. Distribución global de *M. australis* en las áreas muestreadas por los observadores del departamento de Pesquería de las Islas Malvinas (Falkland Islands Fisheries Department). Cada cuadrado rojo indica la posición de un arrastre muestreado donde *M. australis* fue registrada. La línea segmentada indica el contorno de 200m de profundidad, y la línea punteada el contorno de los 500m. (Fuente: Agnew et al., 2001).

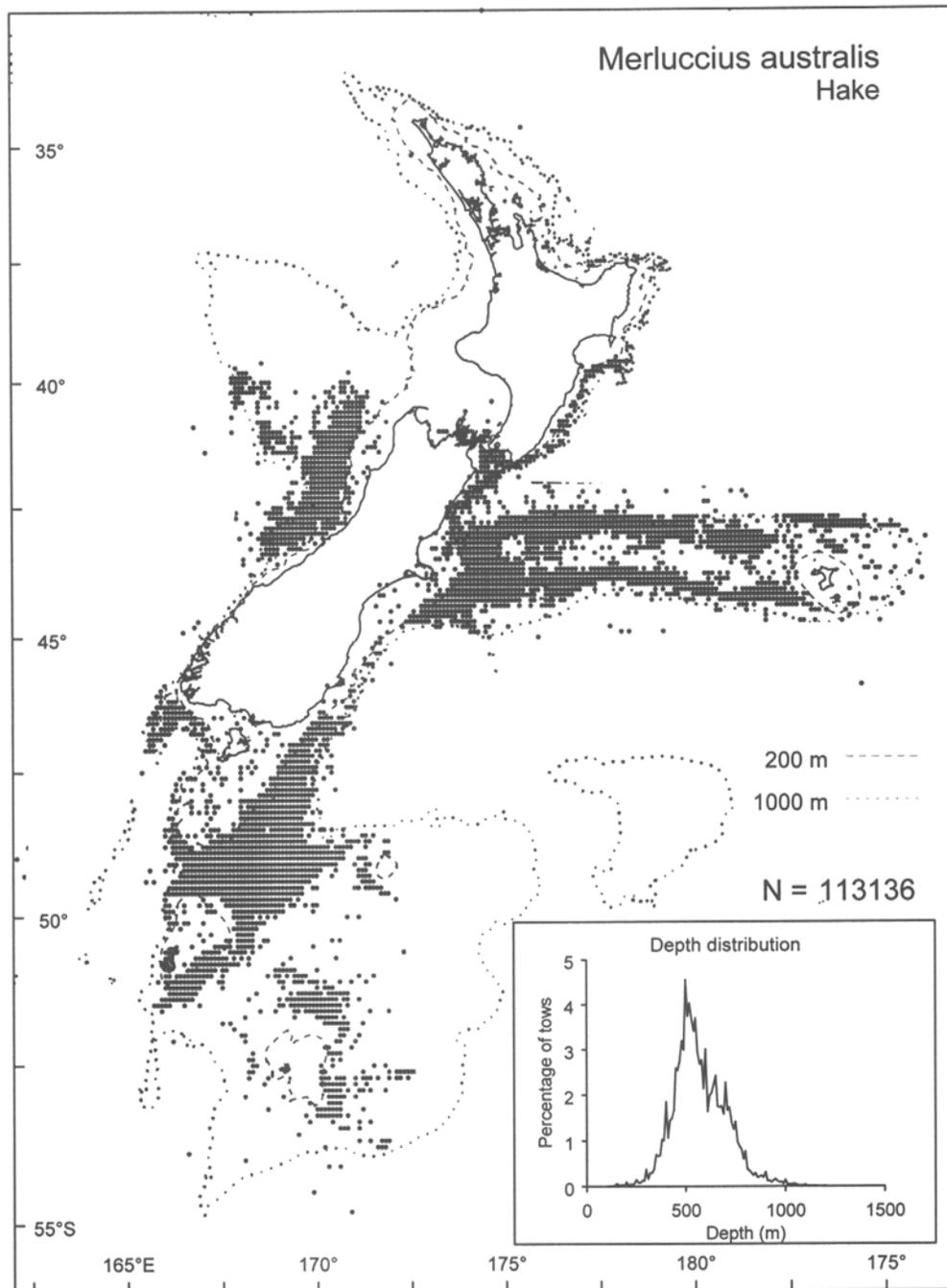


Figura 4. Localizaciones de las capturas comerciales de *M. australis* en Nueva Zelanda desde registros TCEPR desde 1989-1990 a 1999-2000, N= números de registros TCEPR (reproducido con permiso de Phillips 2001) (Fuente:Dunn *et al.*, 2001).

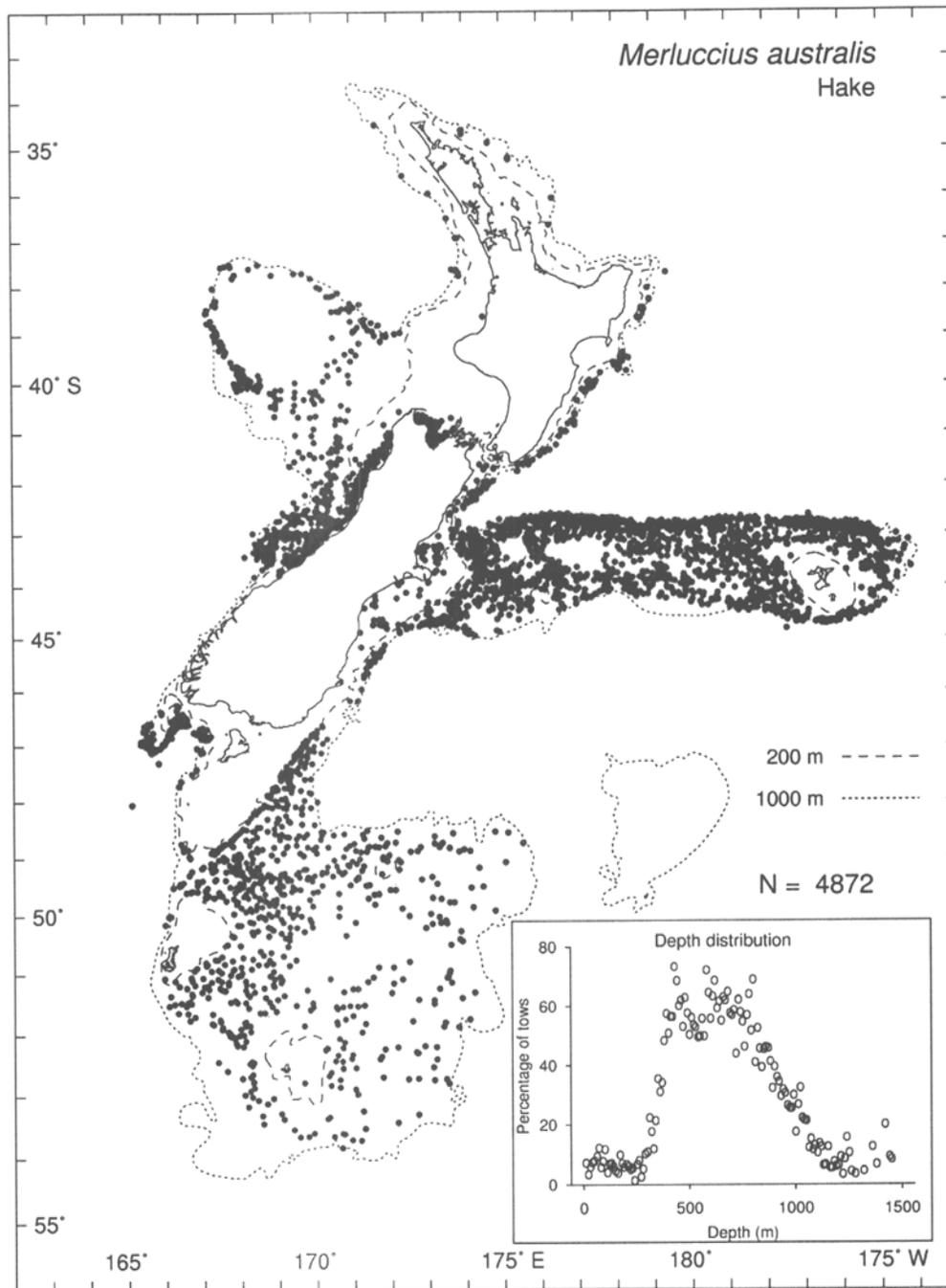


Figura 5. Distribución de todos los lances de investigación con arrastre con *M. australis* en Nueva Zelanda (Reproducido con permiso desde Anderson *et al.*, 1998) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).

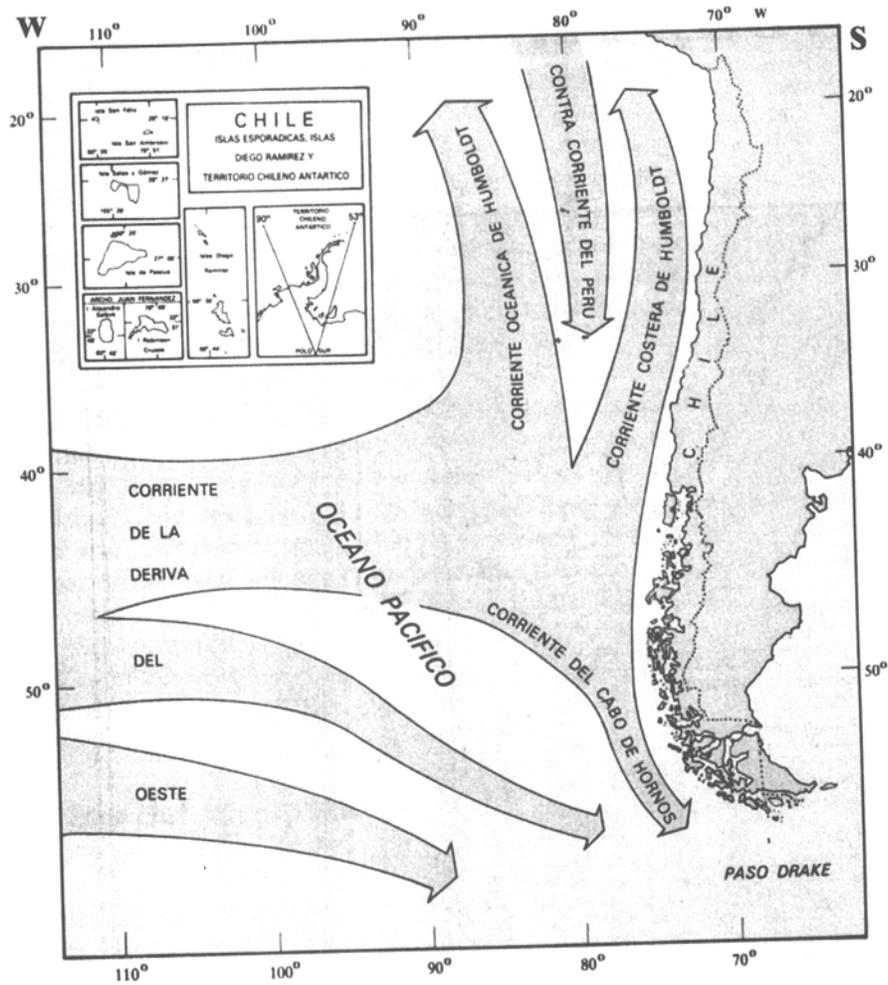


Figura 6. Esquema de la circulación general frente a las costas chilenas. (Fuente: Atlas Oceanográfico para la Educación, SHOA)

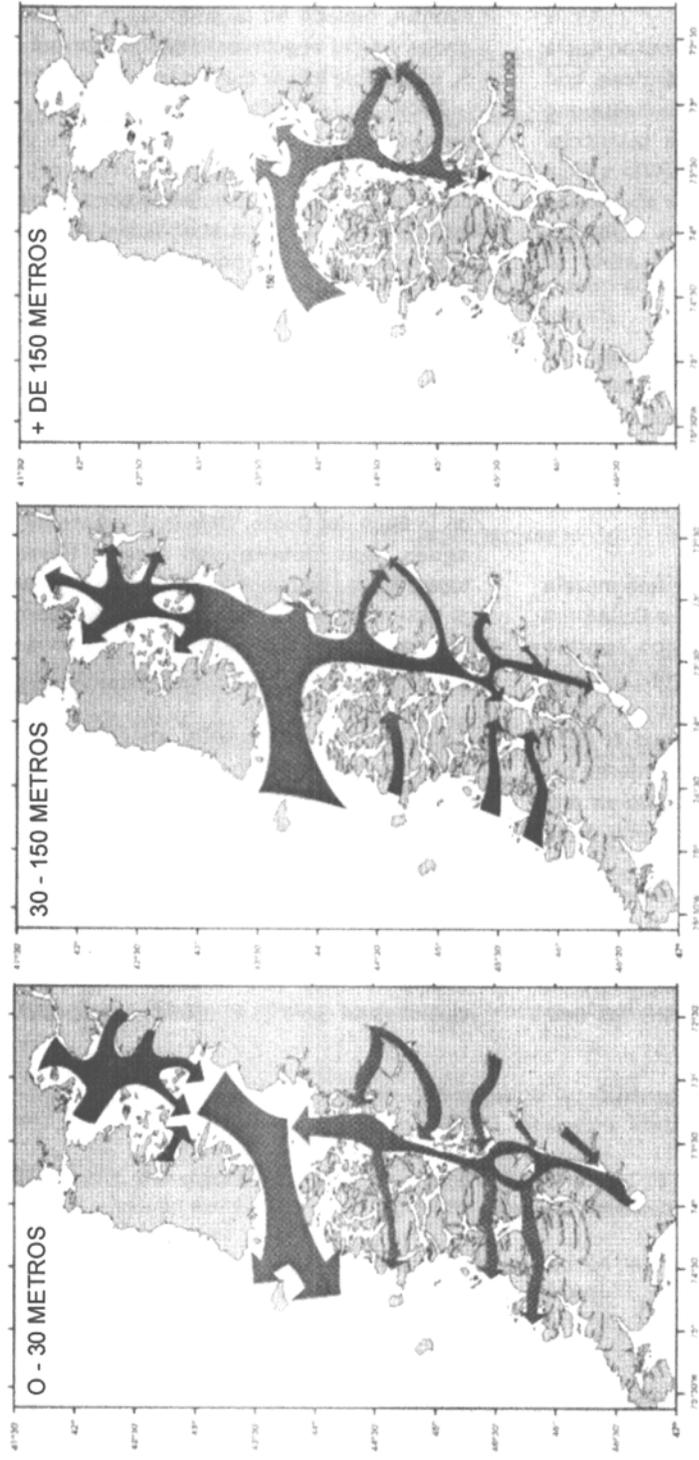


Figura 7. Esquema de la circulación general en aguas interiores de la X y XI región a distintos niveles de profundidad (Silva et al, 1998).

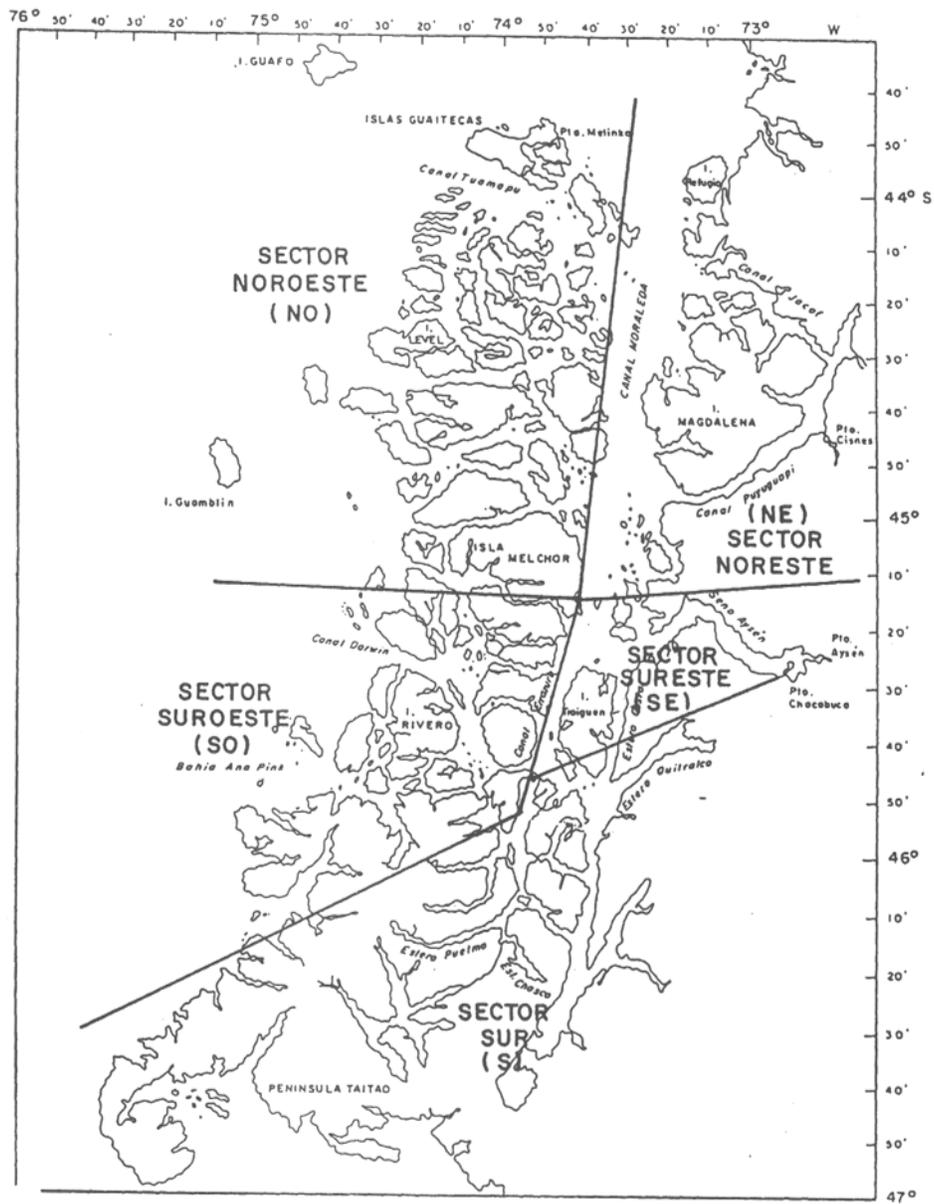


Figura 8. Ubicación de los 5 sectores oceanográficos descritos en el texto para la XI región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1996).

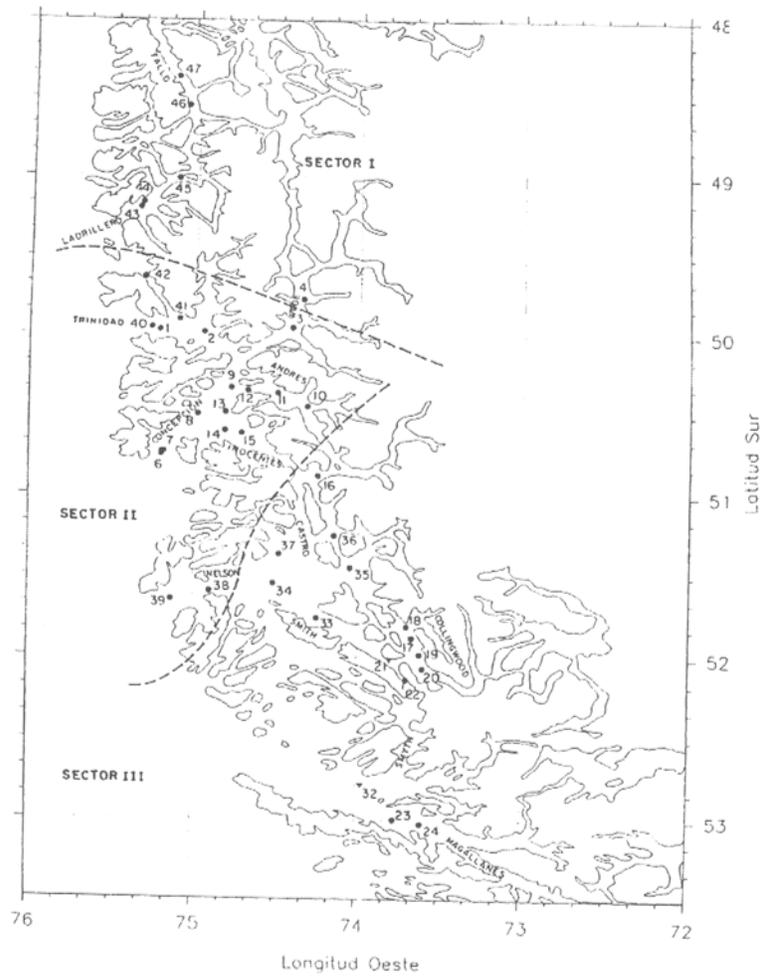


Figura 9. Ubicación de los sectores oceanográficos 1 al 3 descritos en el texto para la XII región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).

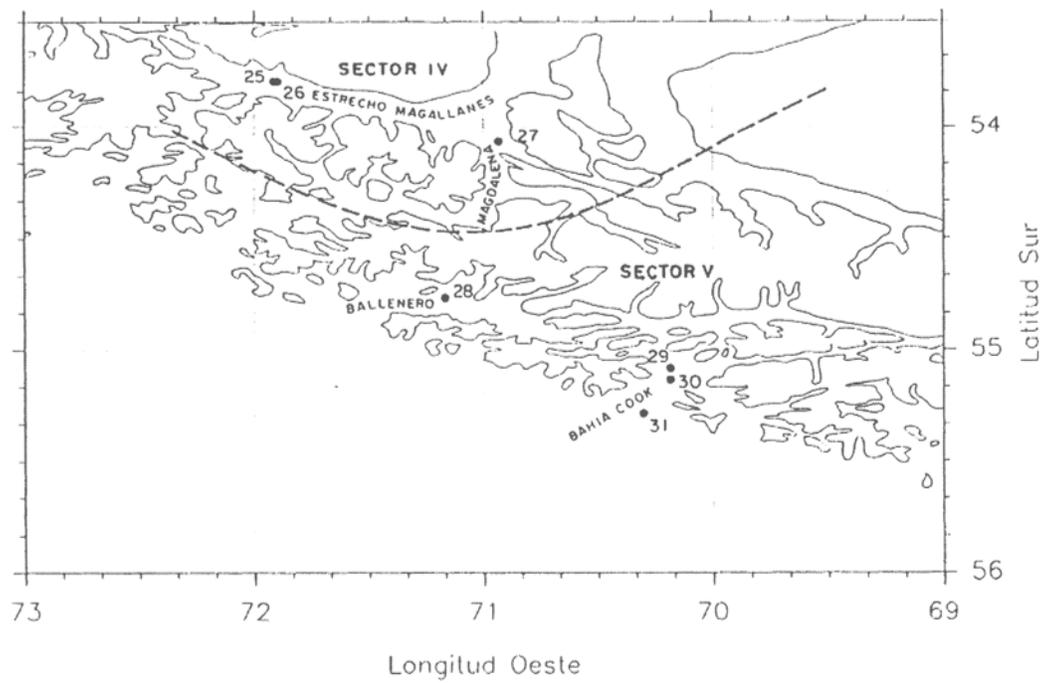


Figura 10. Ubicación de los sectores oceanográficos 4 y 5 descritos en el texto para la XII Región (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).

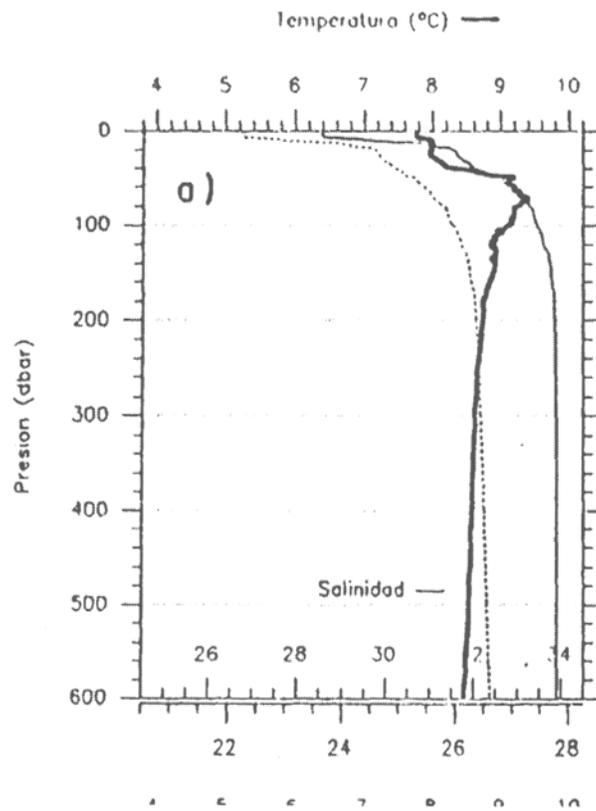


Figura 11. Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea punteada) del sector oceanográfico 1. (Fuente: Céspedes *et al*, 1993).

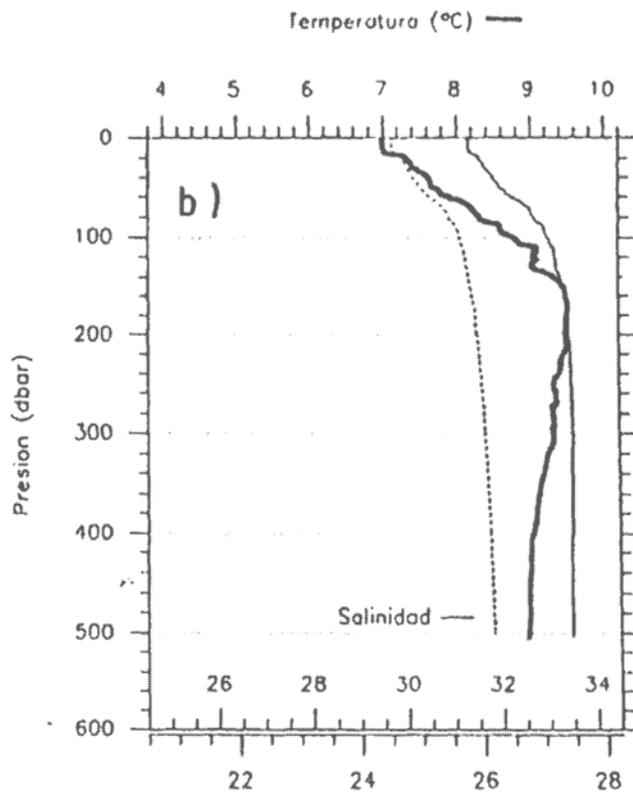


Figura 12. Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea punteada) del sector oceanográfico 2. (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).

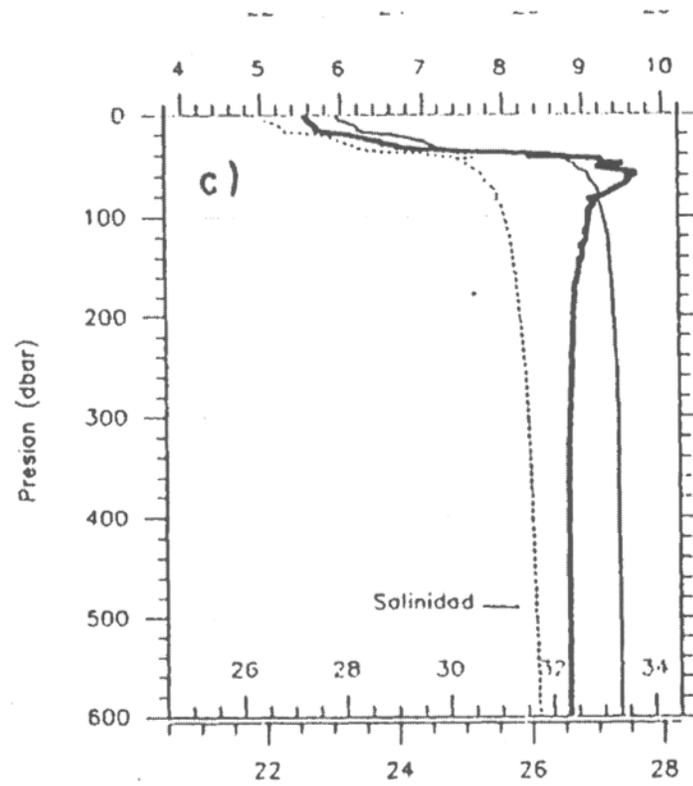


Figura 13. Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea punteada) del sector oceanográfico 3. (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).

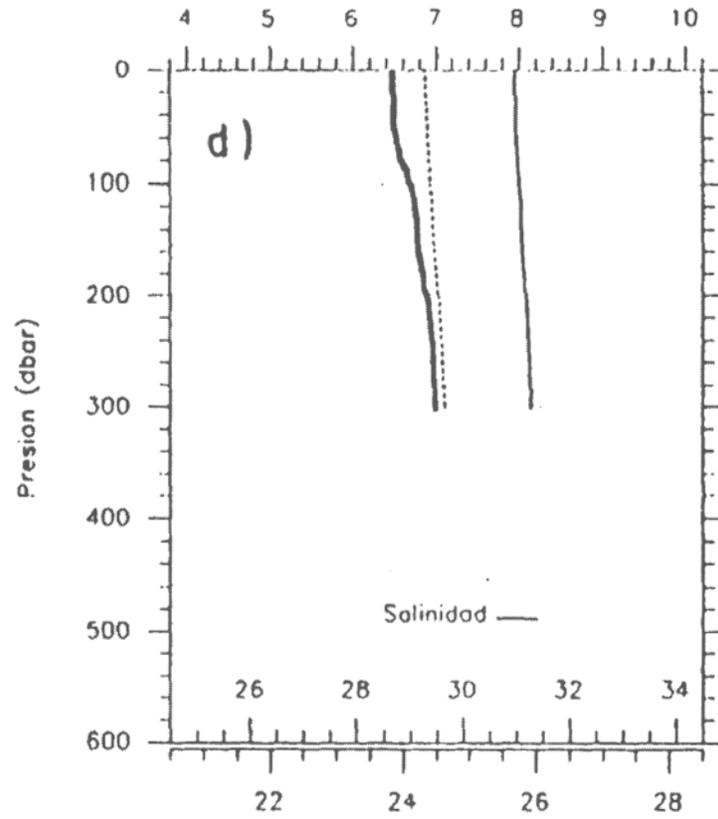


Figura 14. Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea punteada) del sector oceanográfico 4. (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).

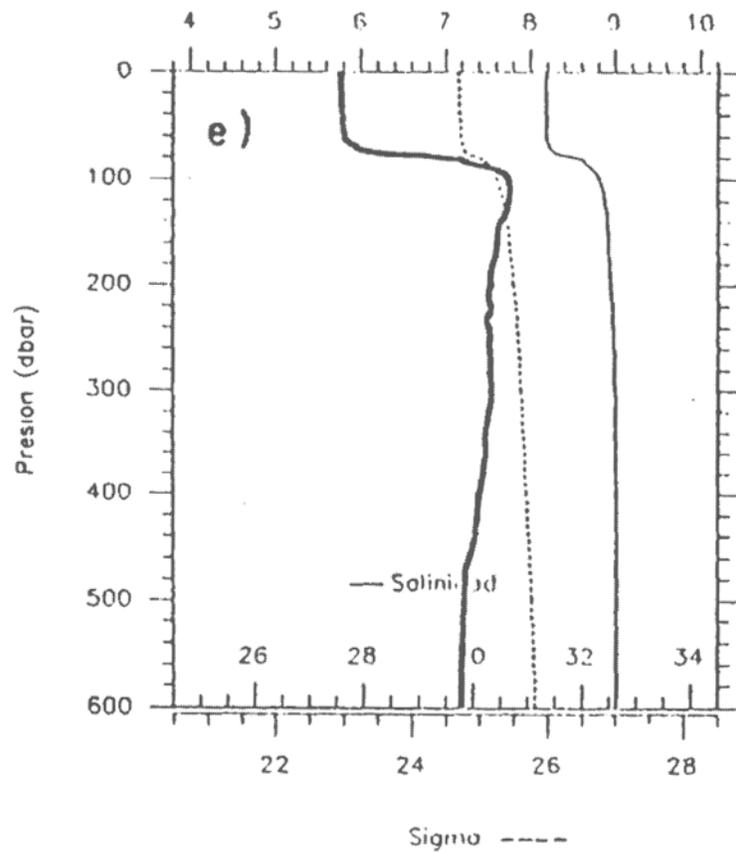
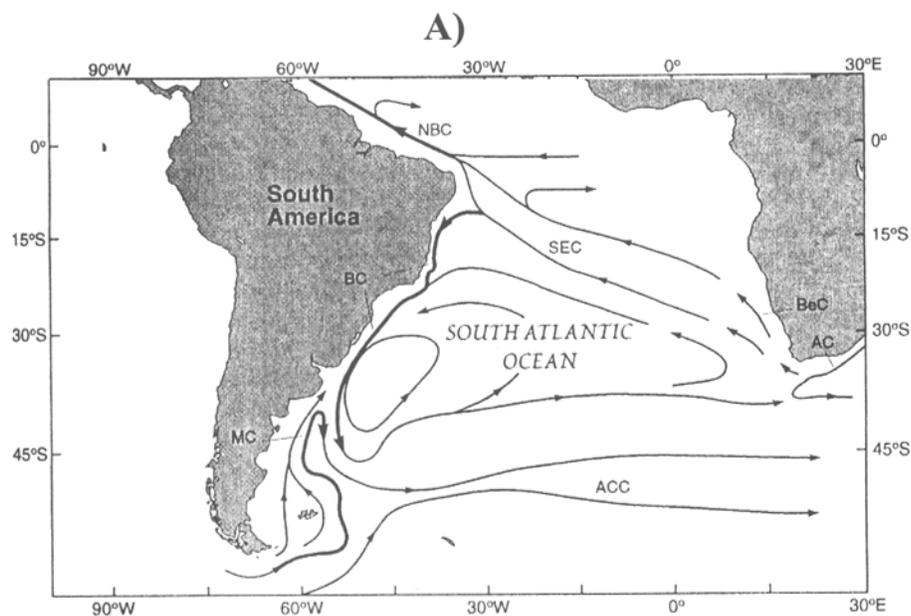


Figura 15. Perfil típico de temperatura (línea gruesa), salinidad (línea delgada) y densidad (línea punteada) del sector oceanográfico 5. (Fuente: Céspedes *et al.*, 1993).



B)

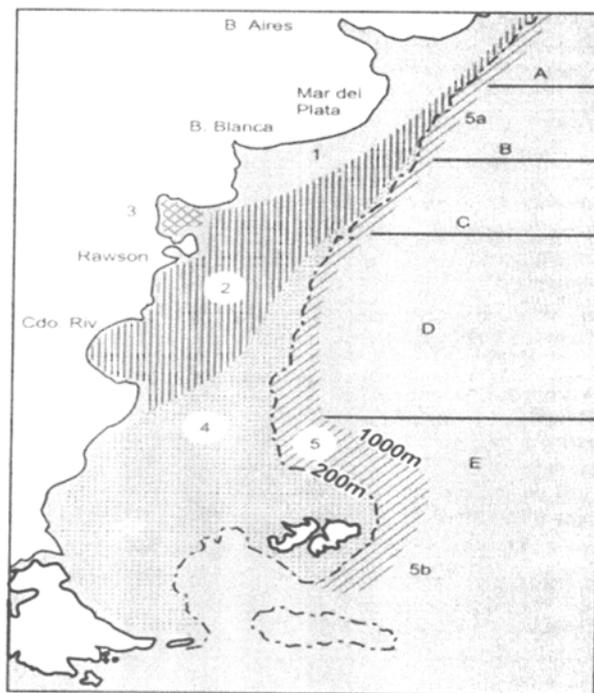


Figura 16. **A)** Esquema de circulación general en el Atlántico sur. Las corrientes en la costa sudamericana corresponden a la Corriente de Brasil (BC) y la Corriente de Malvinas (MC); **B)** Ubicación geográfica de los conjuntos ícticos: 1) Conjunto Boanerense, 2) conjunto plataforma internas y externas de sectores bonaerense y patagónico hasta 48°S, 3) Conjunto de tres Golfos del sector patagónico norte, 4) Conjunto Austral de la plataforma patagónica fueguina y malvinense, 5) Conjunto de aguas profundas de la zona del talud continental de profundidades de 220 a 2300 m.

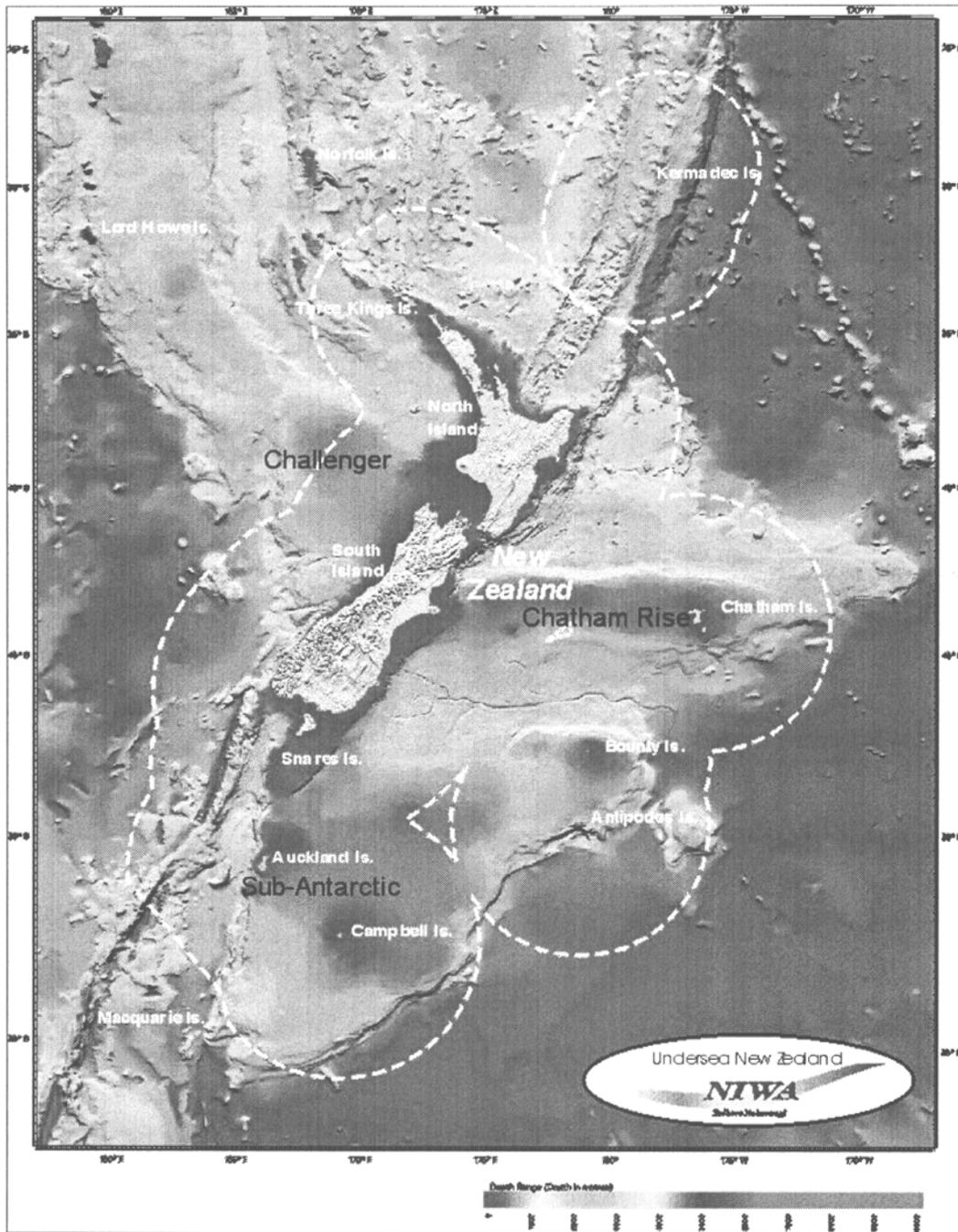


Figura 17. Ubicación , Batimetría y Zona Económica Exclusiva de Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).



Figura 18. Circulación superficial y masas de aguas alrededor de Nueva Zelanda (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).

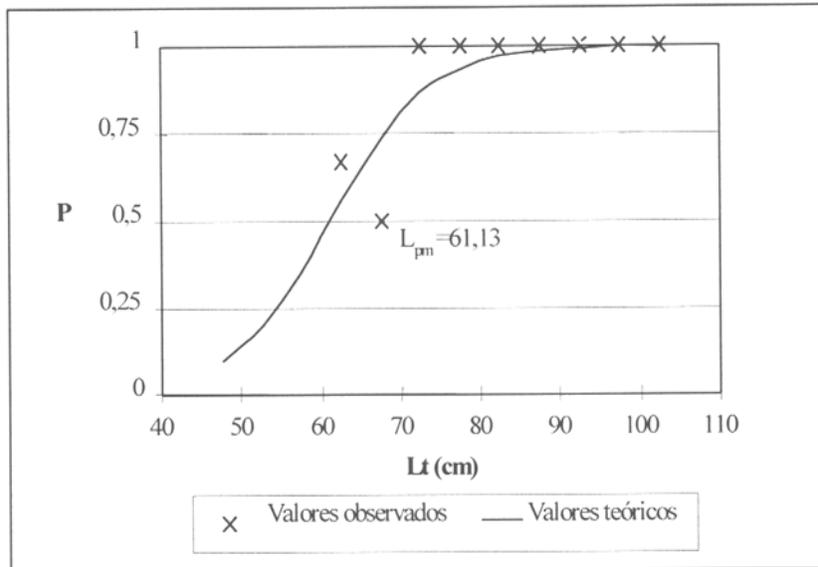


Figura 19. Ojiva de madurez para sexos combinados de *M. australis* en el mar Argentino (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).



Figura 21. Esquema de probable distribución de huevos y larvas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

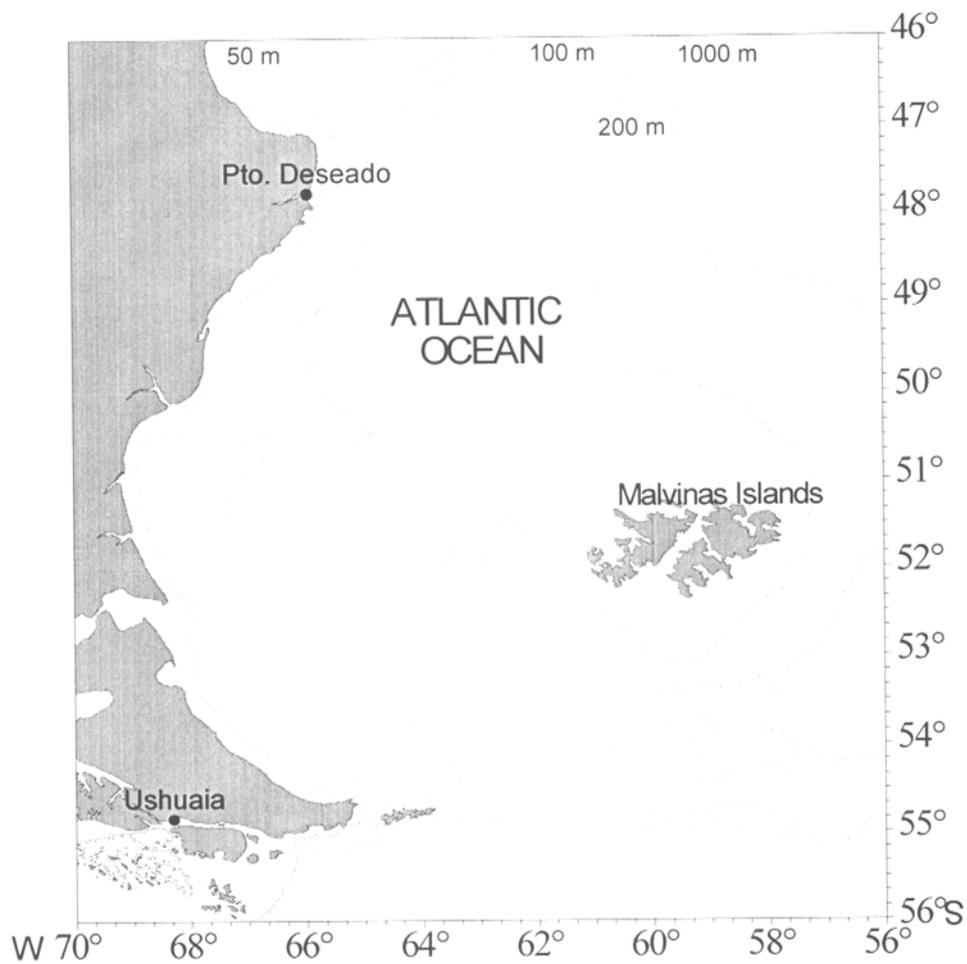
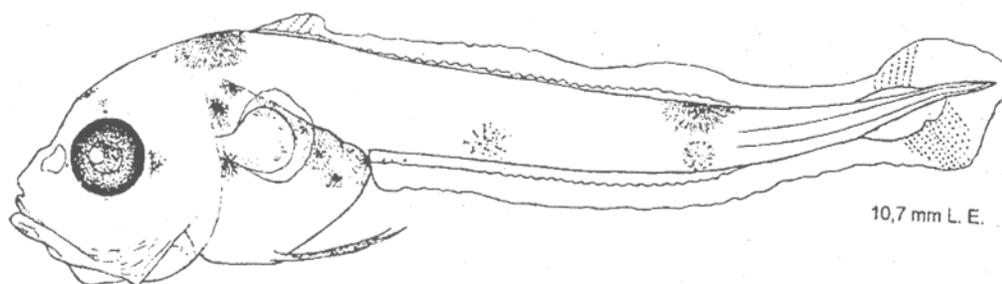


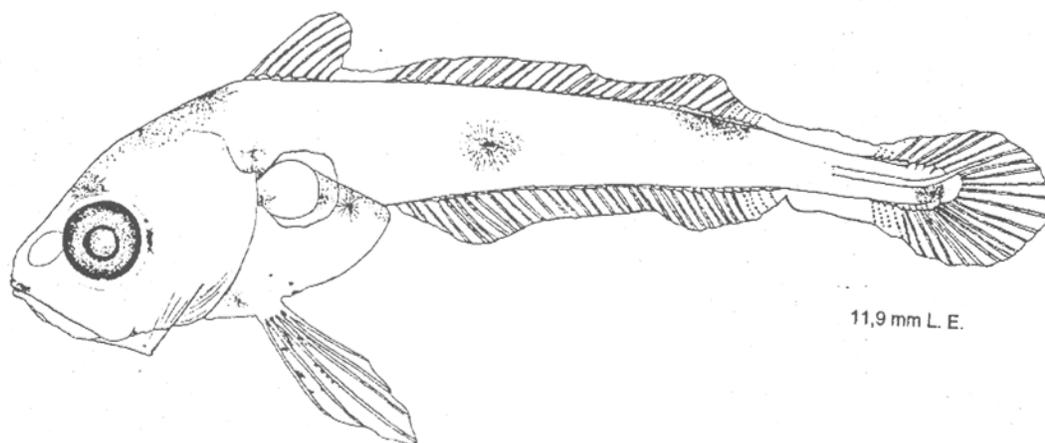
Figura 20. Áreas de distribución de larvas y postlarvas de *M. australis* en el Atlántico suroeste. Datos obtenidos del crucero de "Profesor Siedlecki", llevado a cabo durante noviembre de 1973 – enero de 1974 (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).



6,1 mm L. E.



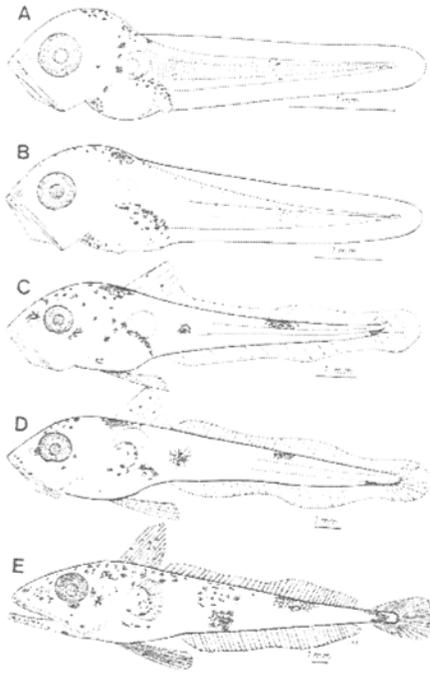
10,7 mm L. E.



11,9 mm L. E.

Figura 22. Larvas de merluza del sur (Fuente: Pool *et al.* 1997). LE : longitud estándar.

i)



ii)

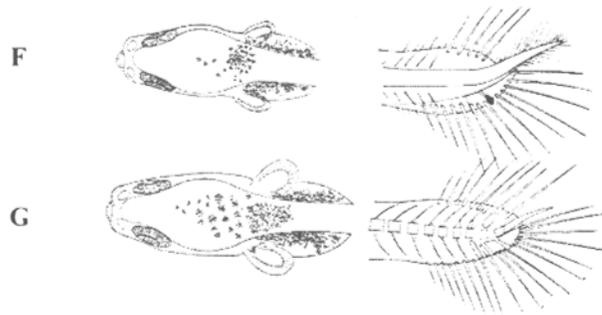


Figura 23. i) Patrón pigmentario de una postlarva de *M. australis* A: 4 mm SL; B: 6 mm SL; C: 10 mm SL; D: 17 mm SL and E: 25 mm SL , ii) Vista dorsal de la cabeza y región caudal de una postlarva de *M. australis* F, 12 mm SL y G, 17 mm SL (Fuente: Ciechomski & Weiss, 1974). SL: Longitud estándar.

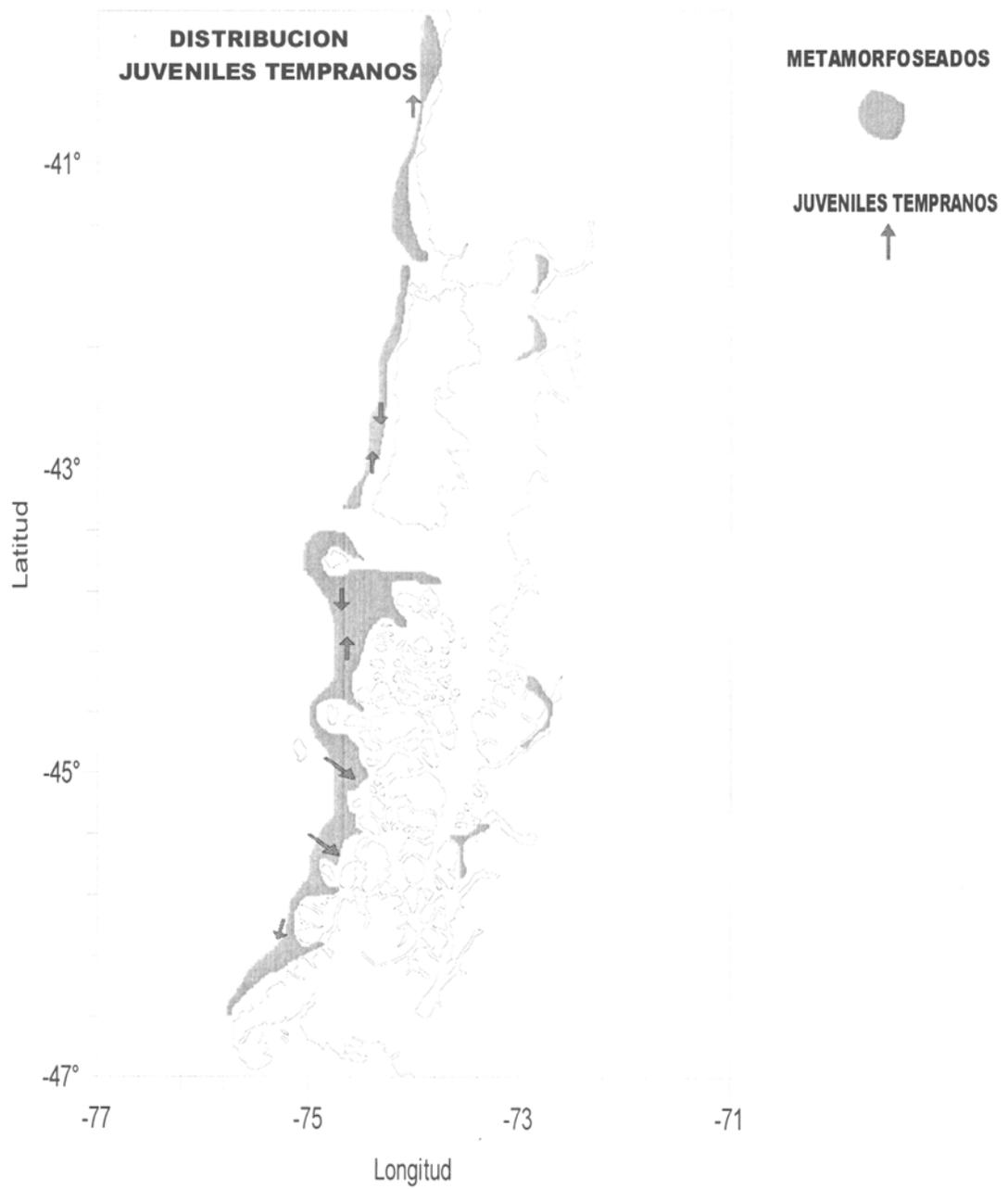


Figura 24. Esquema migratorio de los juveniles tempranos de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

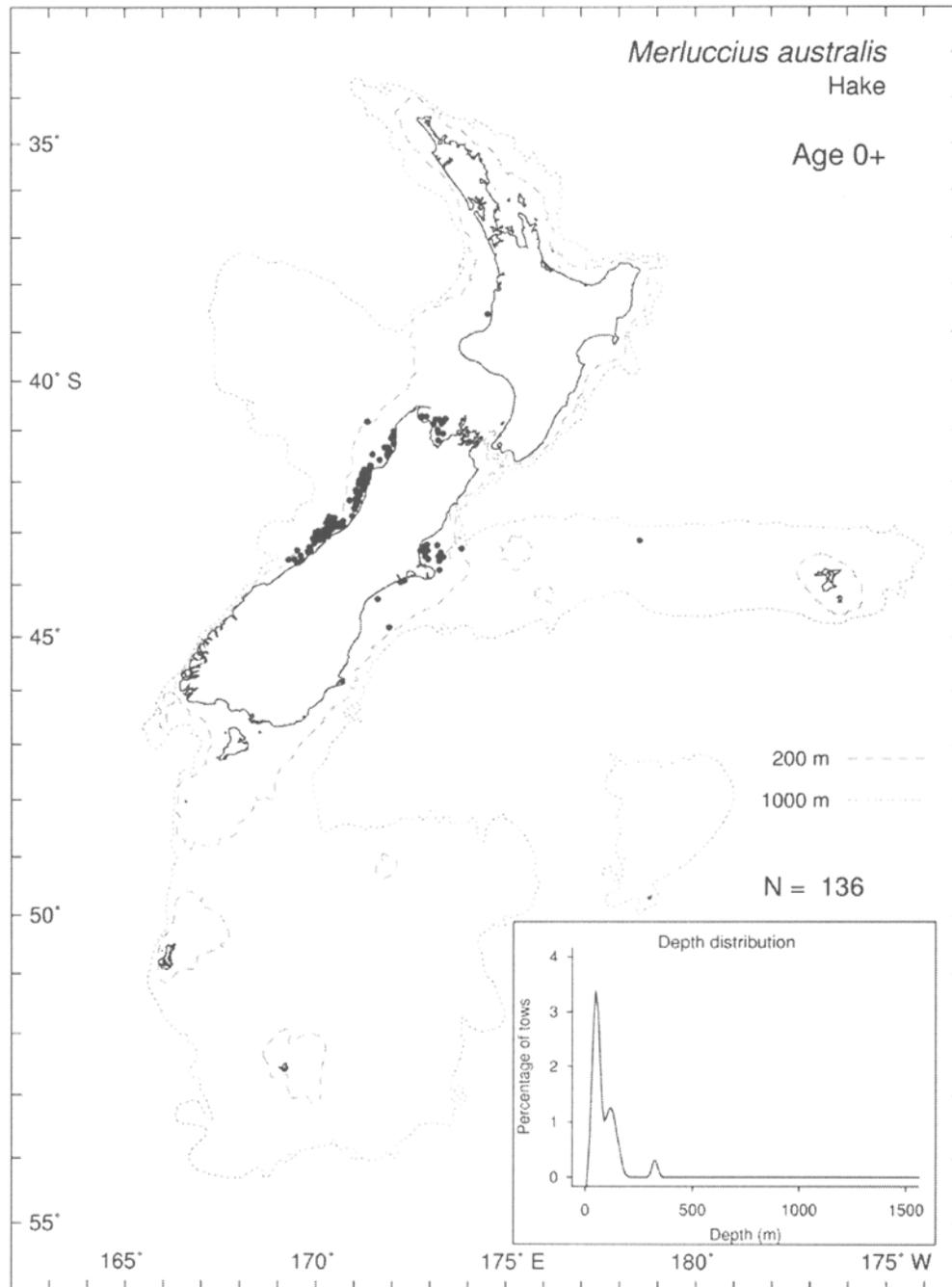


Figura 25. Distribución de *M. australis* de edad 0+ (≤ 25 centímetros de longitud total, pero también de longitudes menores que dependen de la estación de la captura, vea Hurst *et al.* (2000) para mayor detalle). Los círculos indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducción con permiso de Hurst *et al.* 2000) (Fuente : Dunn *et al.*, 2001)

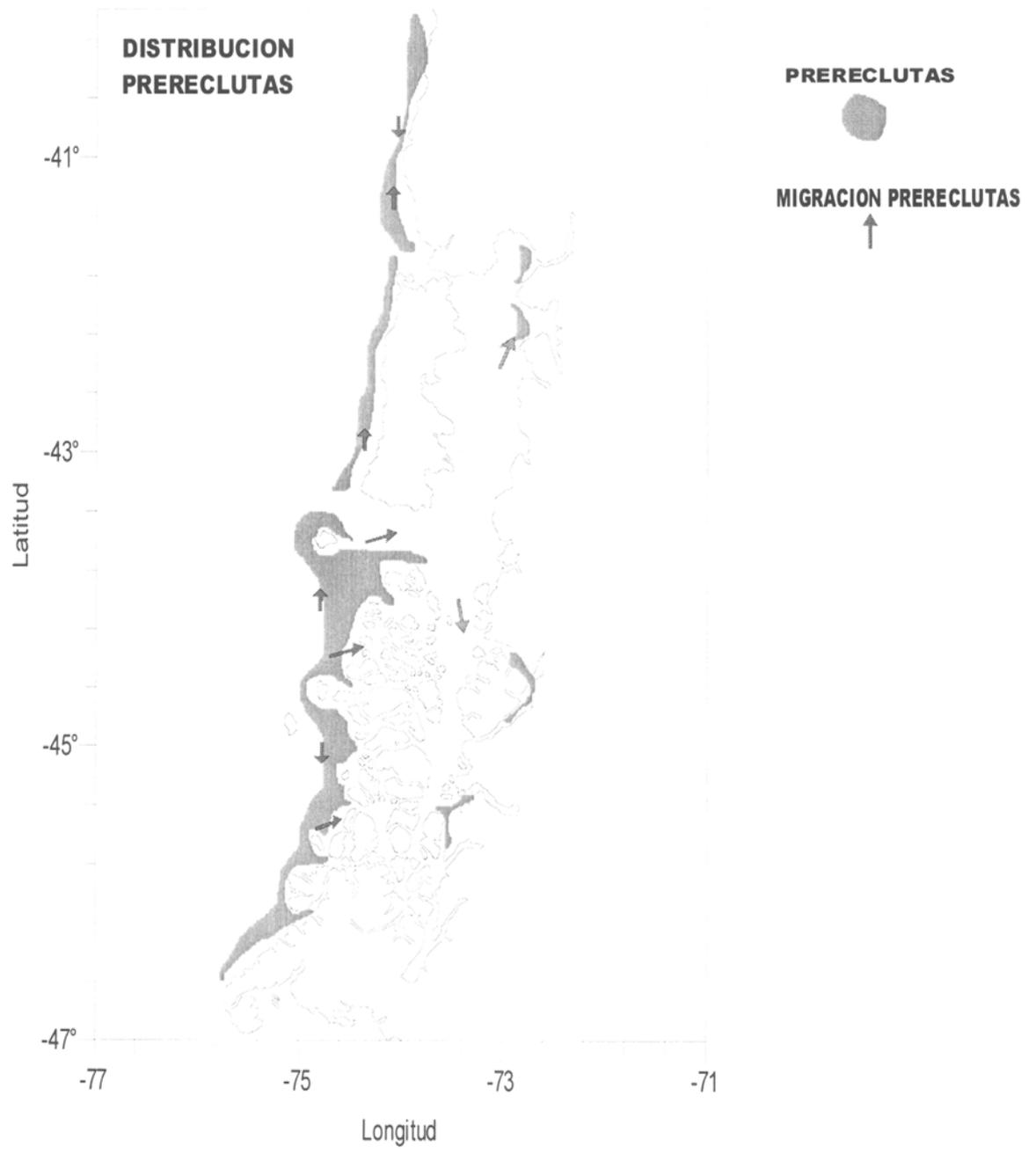


Figura 26. Esquema migratorio de los prereclutas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

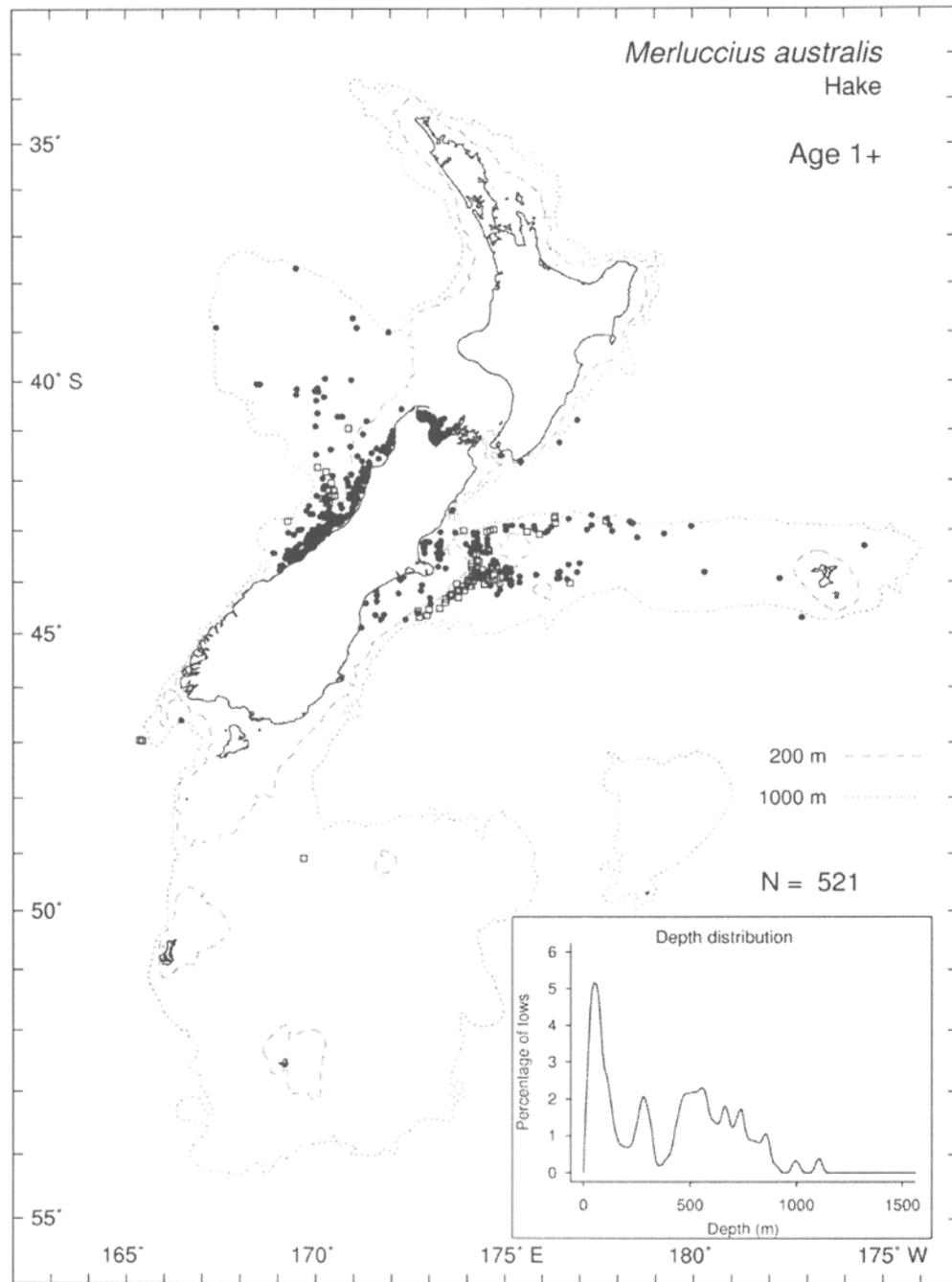


Figura 27. Distribución de *M. australis* de edad 1+ (normalmente definidos como >25 centímetros y ≤45 centímetros de longitud total, pero también de otras longitudes que dependen de la estación de la captura, vea Hurst *et al.* (2000) para mayor detalle). Los círculos indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducido con permiso de Hurst *et al.* 2000) (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).



Figura 28. Esquema migratorio de los reclutas de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

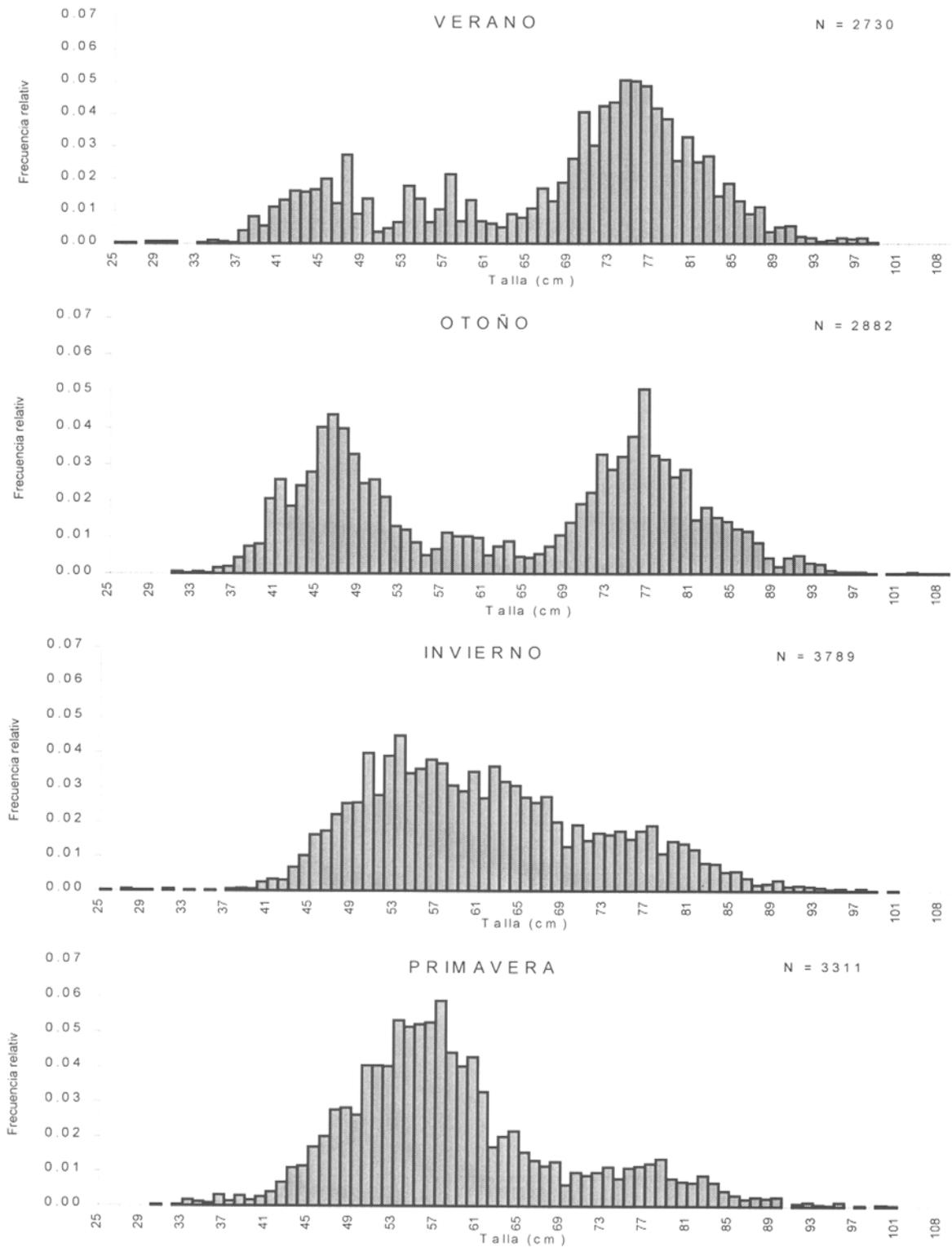


Figura 29. Variación estacional de la estructura de talla de la captura de merluza del sur en el Seno de Reloncaví, durante 1999. Verano (enero 1999), otoño (Abril 1999), invierno (julio 1999) y primavera (octubre 1999) (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).

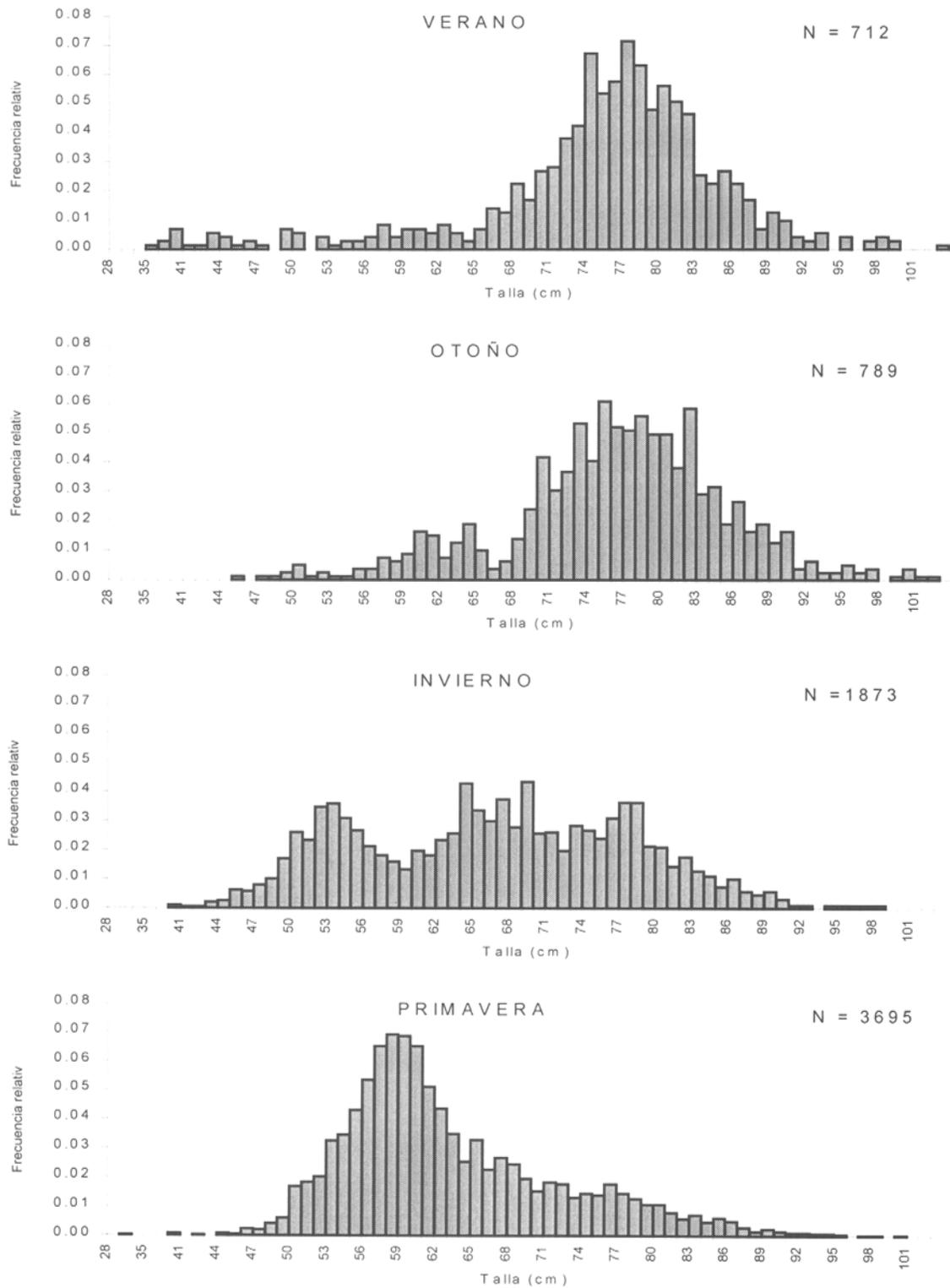


Figura 30. Variación estacional de la estructura de talla de la captura de merluza del sur en el Golfo de Ancud, durante 1999. Verano (Enero 1999), Otoño (Abril 1999), Invierno (julio 1999) y primavera (Octubre 1999) (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).

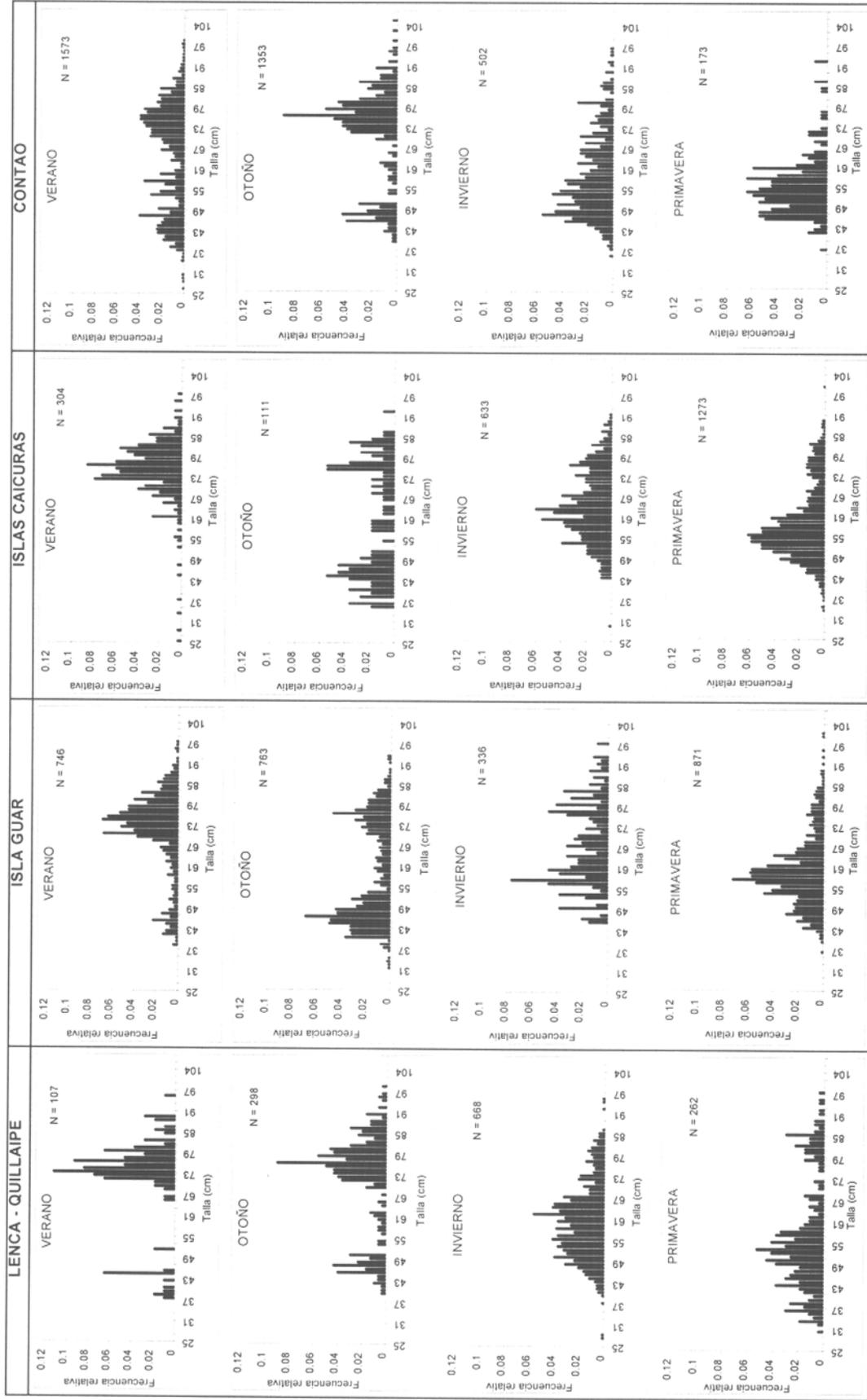


Figura 31. Variación espacio temporal de las estructuras de talla de la captura de merluza del sur en la X región, por caladeros, durante 1999. Verano (Enero 1999), Otoño (Abril 1999), Invierno (julio 1999) y primavera (Octubre 1999). (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).

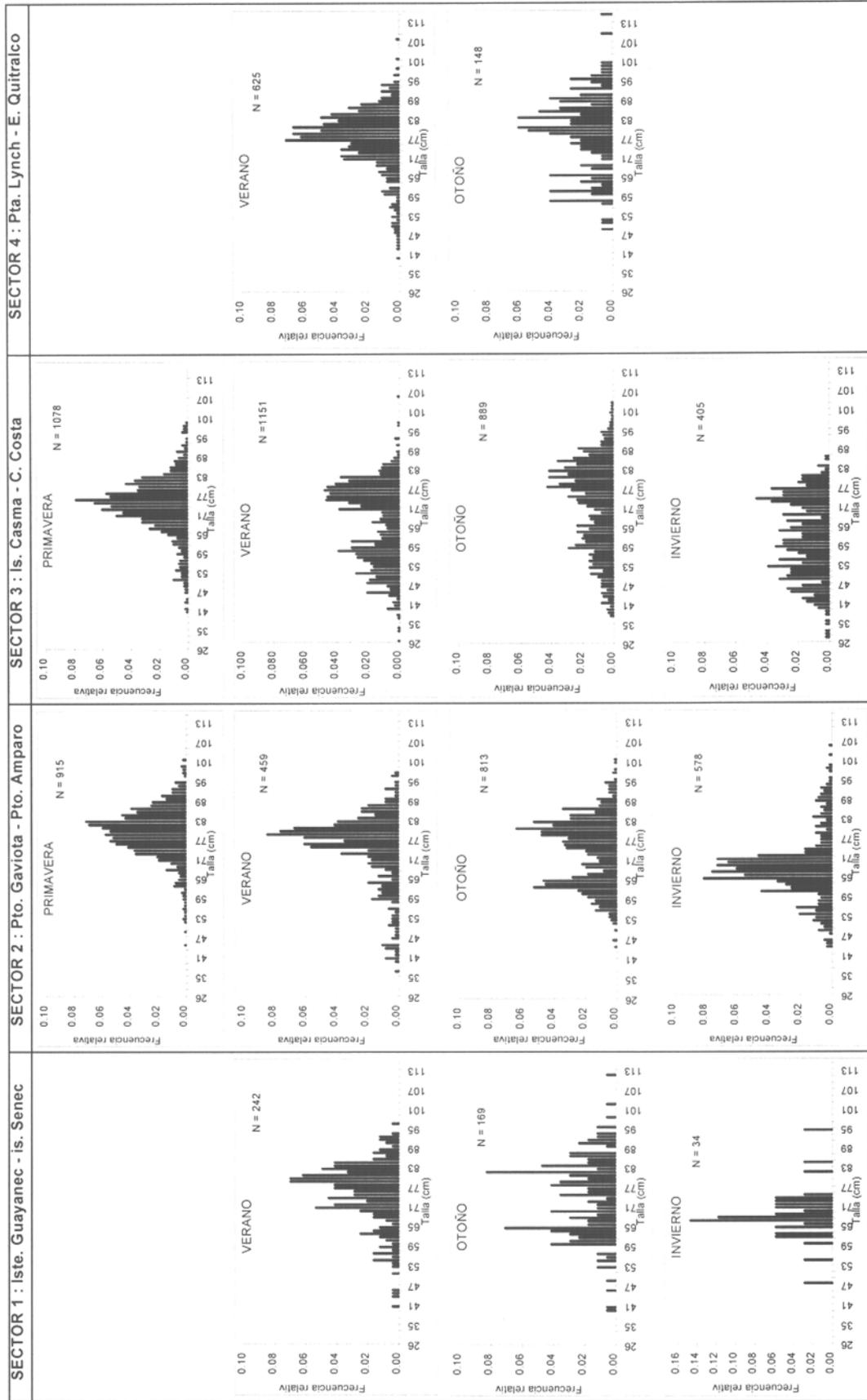


Figura 32. Variación espacio temporal de las estructuras de talla de la captura de merluza del sur en la XI región, por sectores de pesca, primavera (noviembre 1998), verano(enero 1999), otoño (Abril 1999) e invierno (Agosto 1999). (Fuente : Rubilar *et al.*, 2000).

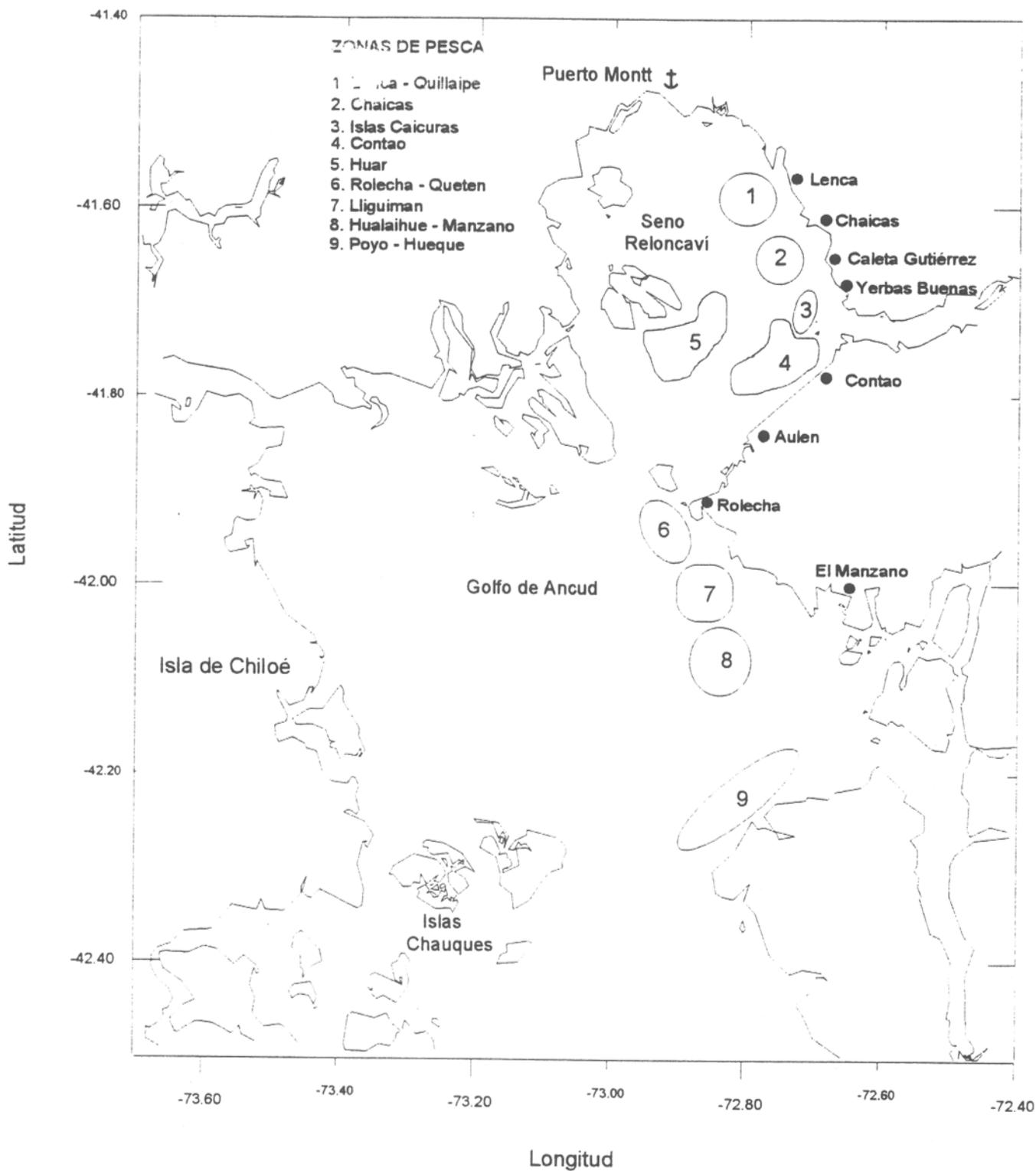


Fig. 4 : Distribución geográfica de las faenas y zonas de pesca (caladeros) durante la temporada de primavera (octubre de 1999) en la X Región.

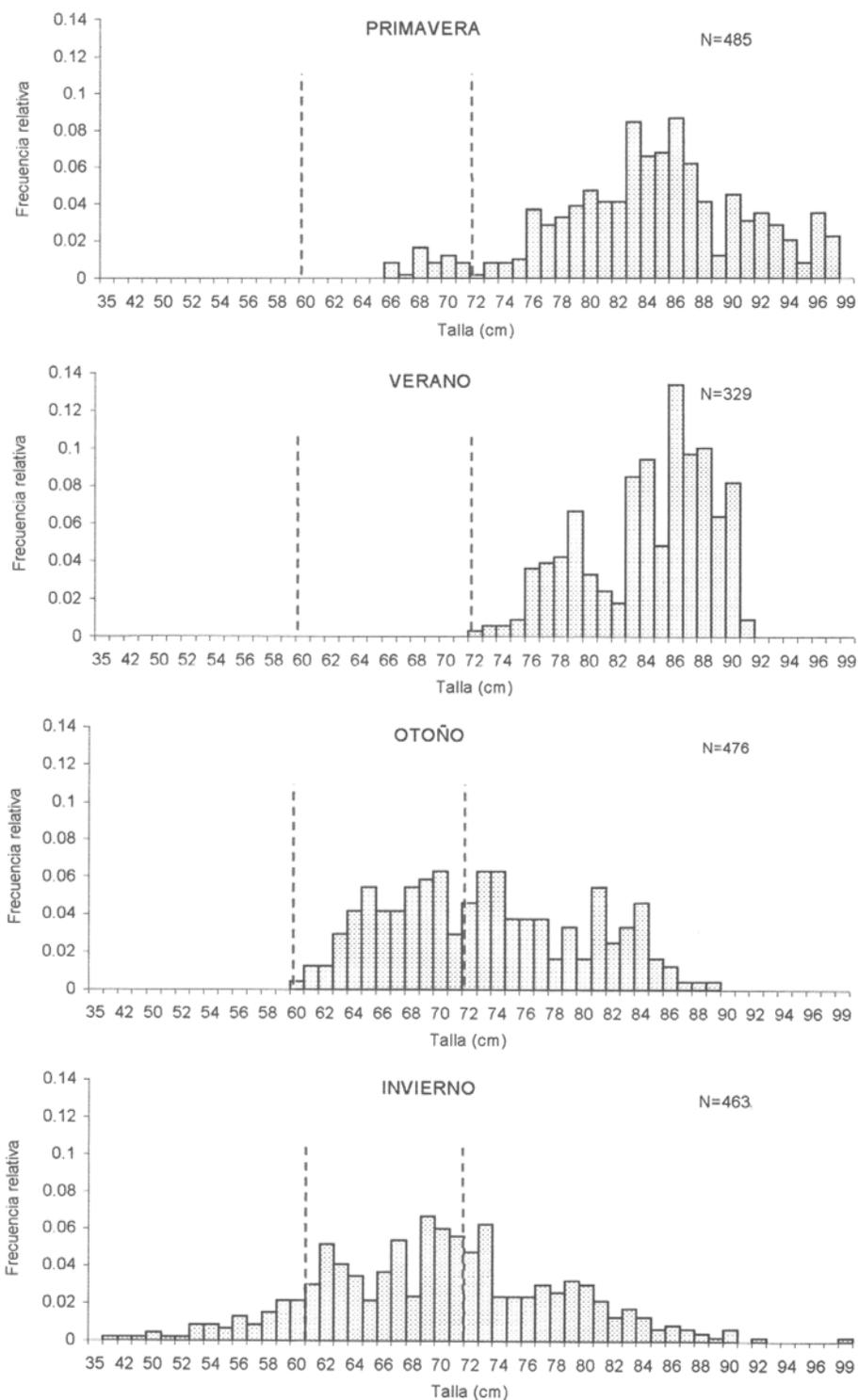


Figura 33. Estructura de talla de la captura de merluza del sur en la XII Región por estación del año. La línea roja indica la talla mínima legal y la línea celeste a la talla de primera madurez sexual (Fuente: Rubilar *et al.*, 2000).

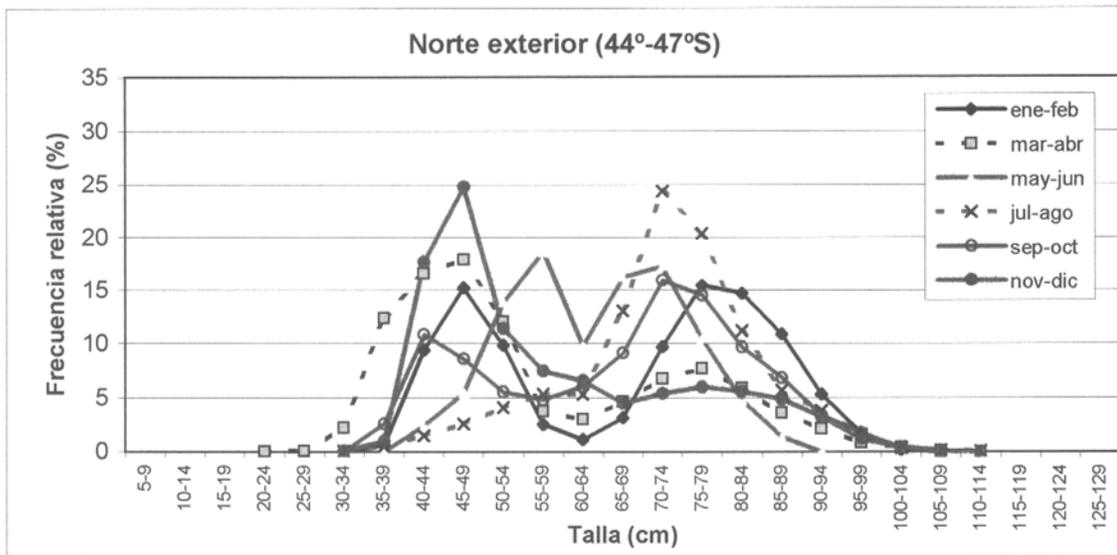


Figura 34. Distribución de talla de merluza del sur en aguas exteriores de forma bimensual en 1987 en la flota arrastrera fábrica.

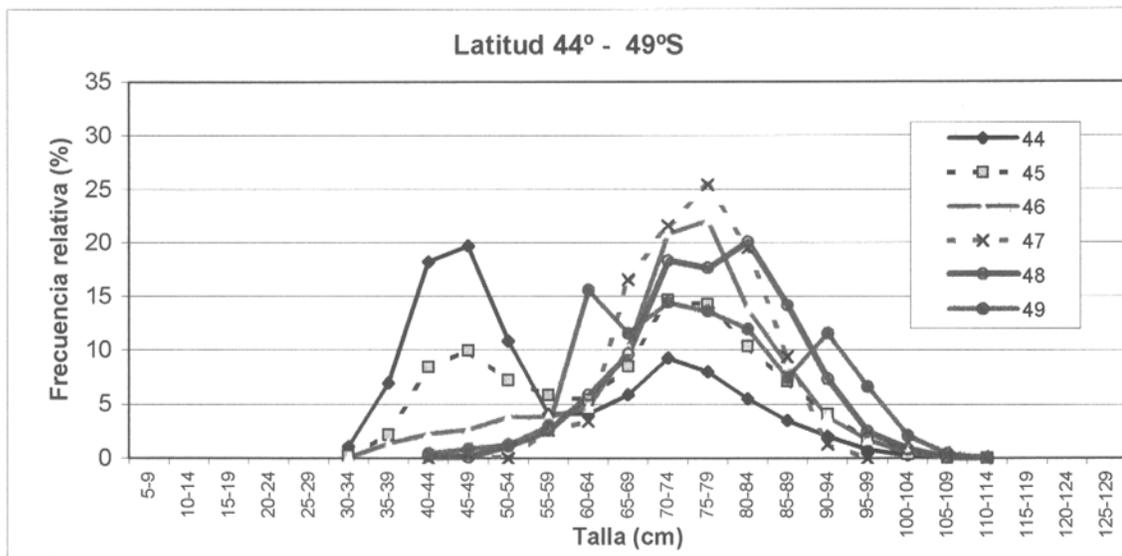


Figura 35. Distribución de talla de merluza del sur en aguas exteriores por grado de latitud en 1987 en la flota arrastrera fábrica.

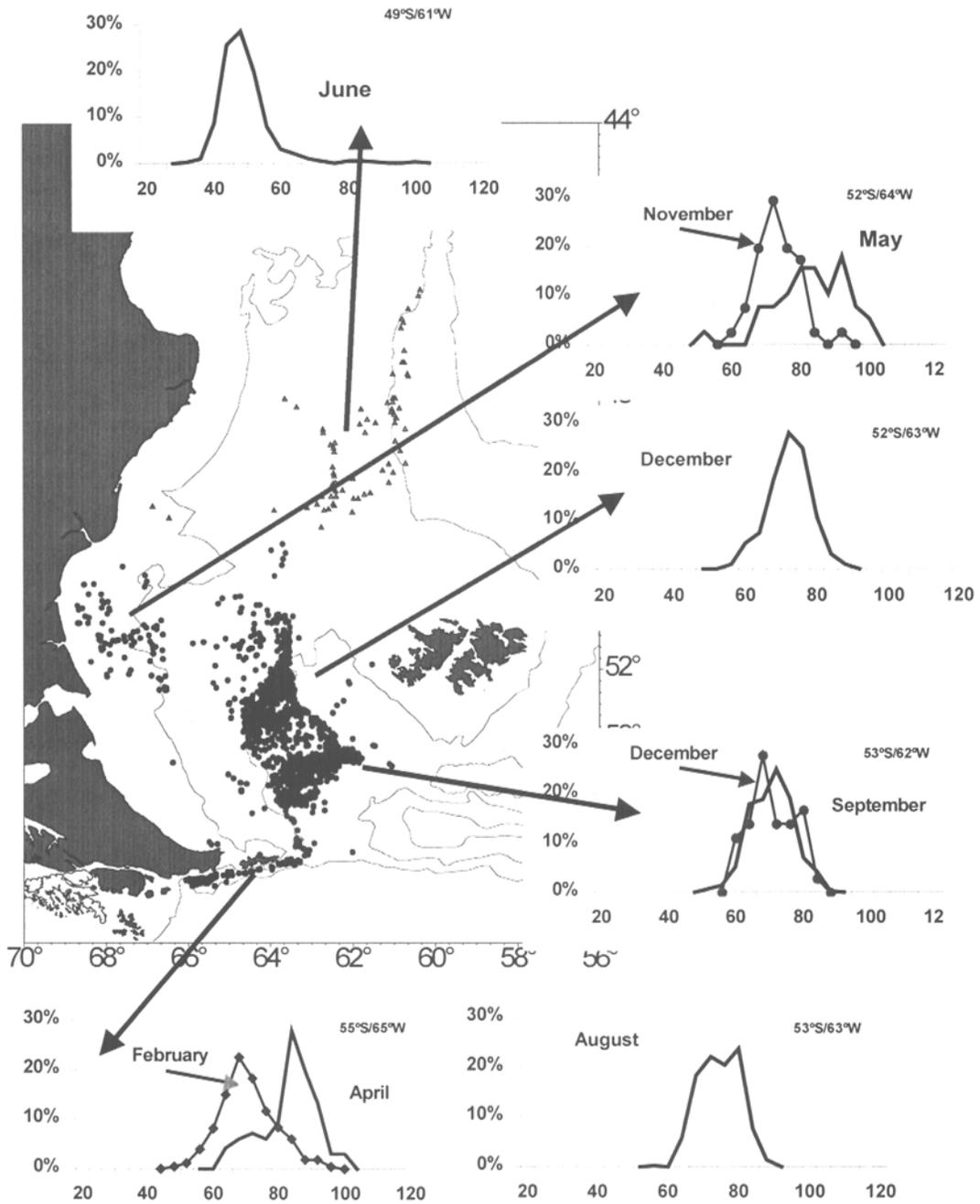


Figura 36. Distribución de frecuencias de la longitud total de la captura, por mes y área durante el año 2000 (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

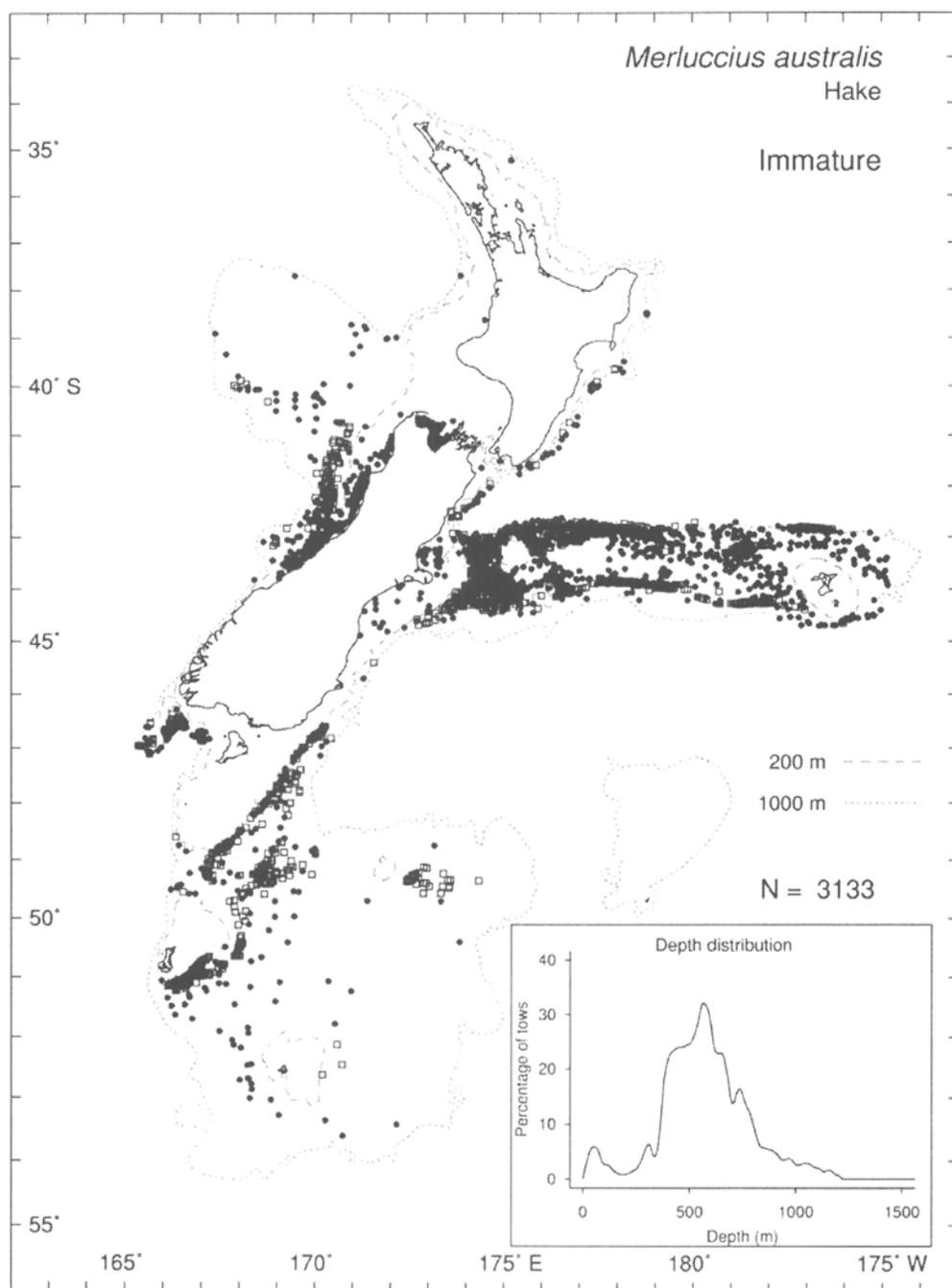


Figura 37. Distribución de *M. australis* inmaduros ≤ 75 centímetros de longitud total. Los círculos indican posiciones de lances de investigación, y los cuadrados indican posiciones de muestras del observador científico. (reproducido con permiso de Hurst *et al.*, 2000) (Fuente Dunn *et al.*, 2001).

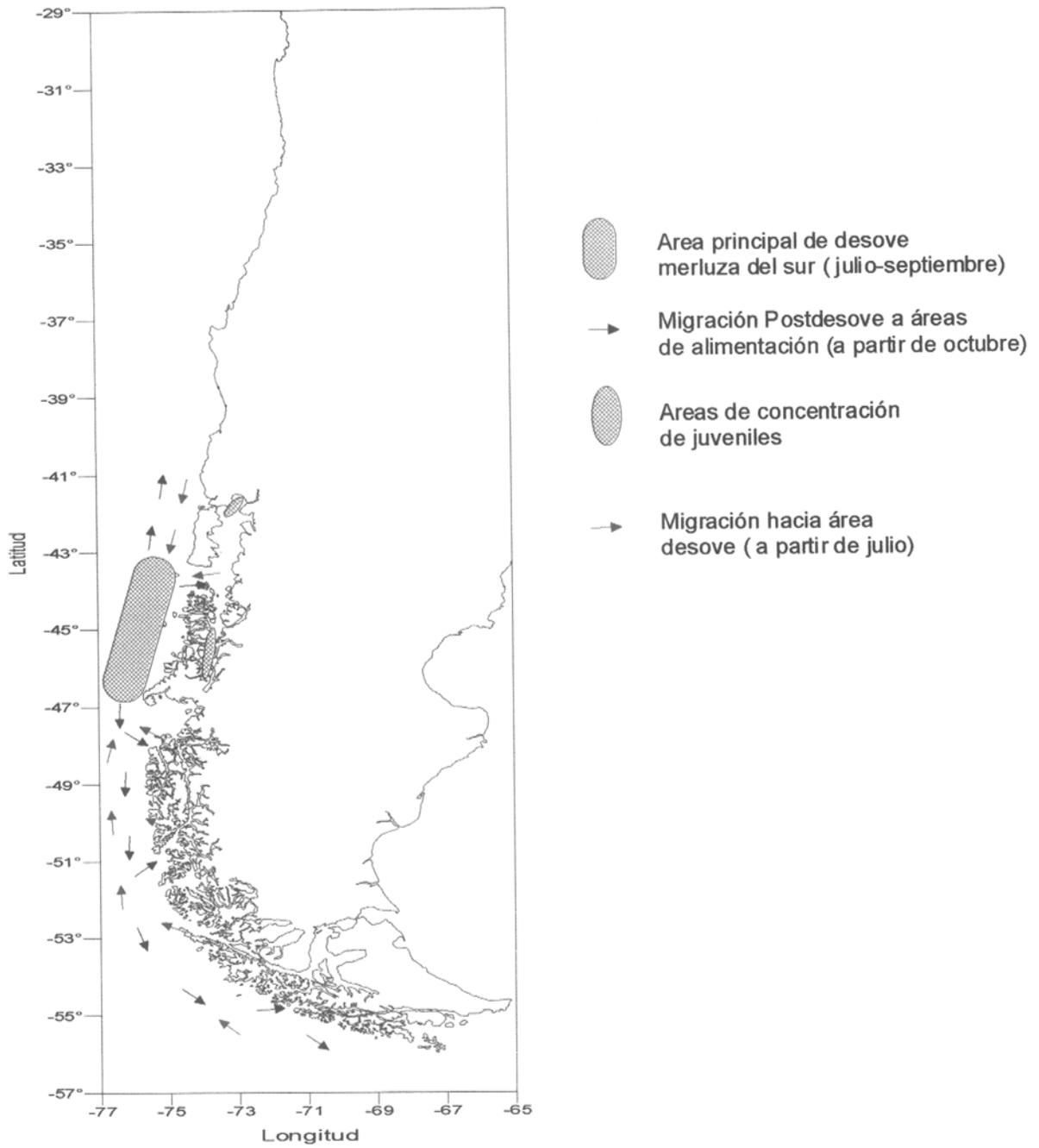


Figura 38. Esquema migratorio para merluza del sur propuesto por Aguayo 1994.

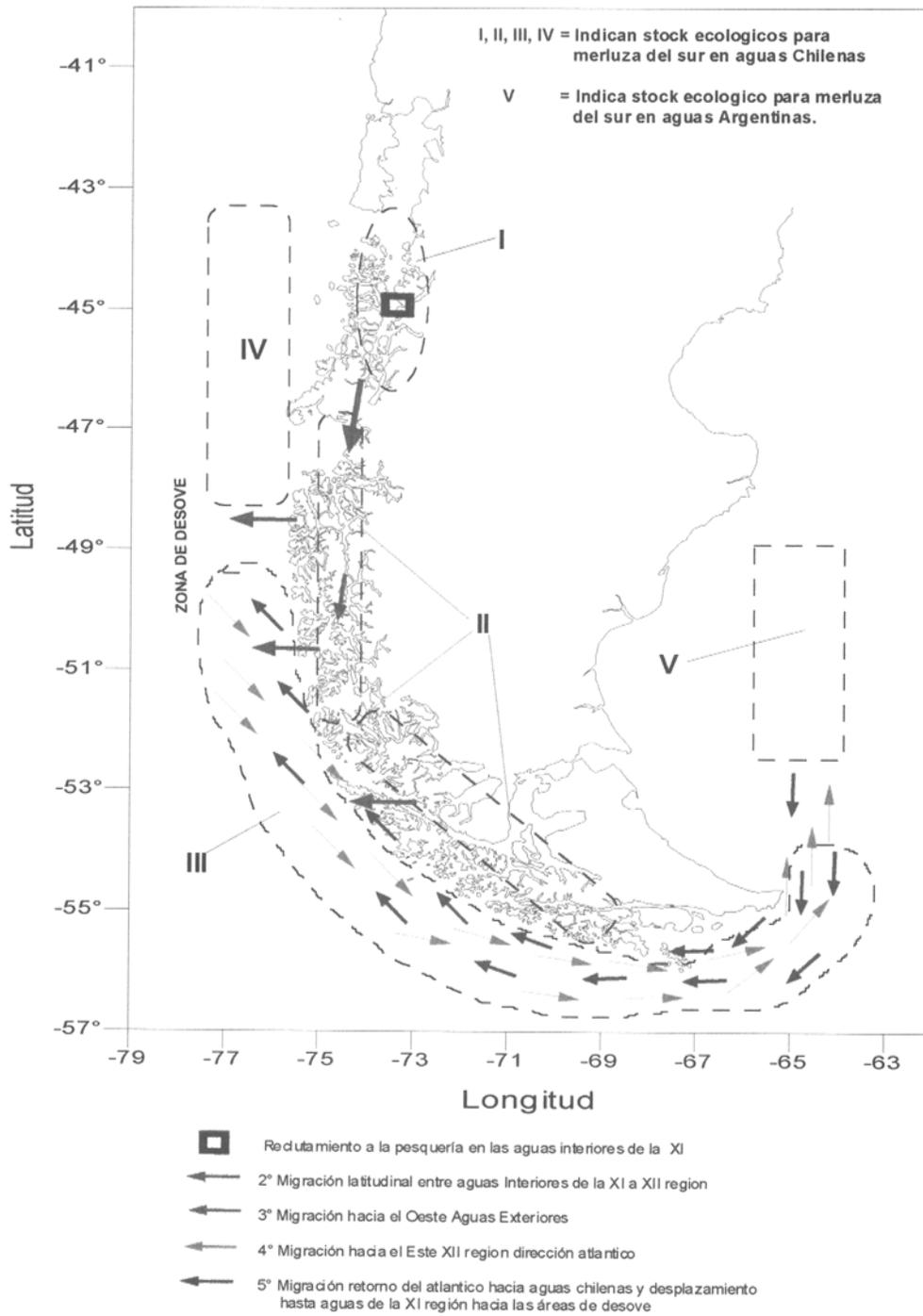


Figura 39. Esquema posible del ciclo migratorio de merluza del sur propuesto por George-Nascimento y Arancibia (1994).

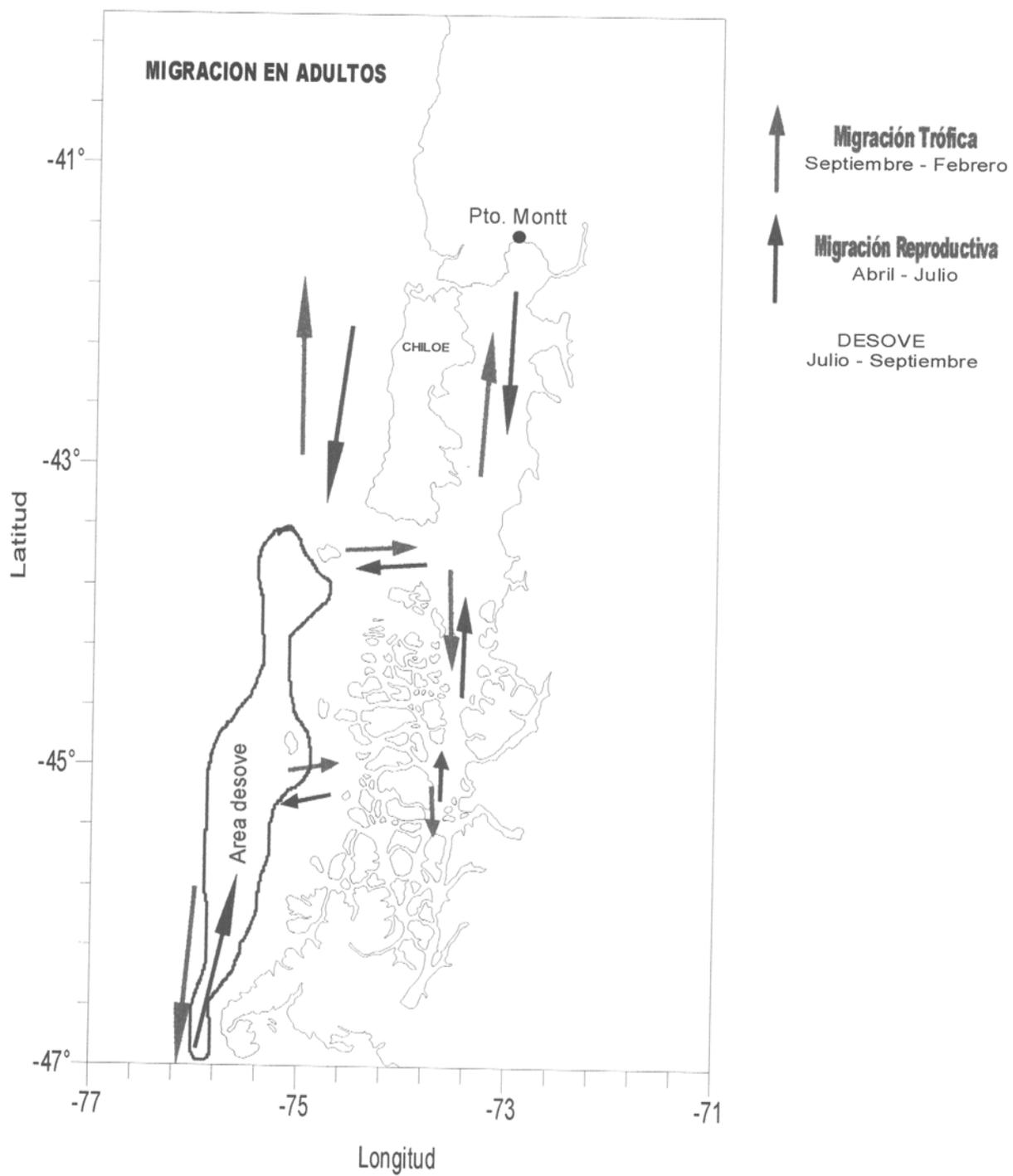


Figura 40. Esquema migratorio de los ejemplares adultos de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

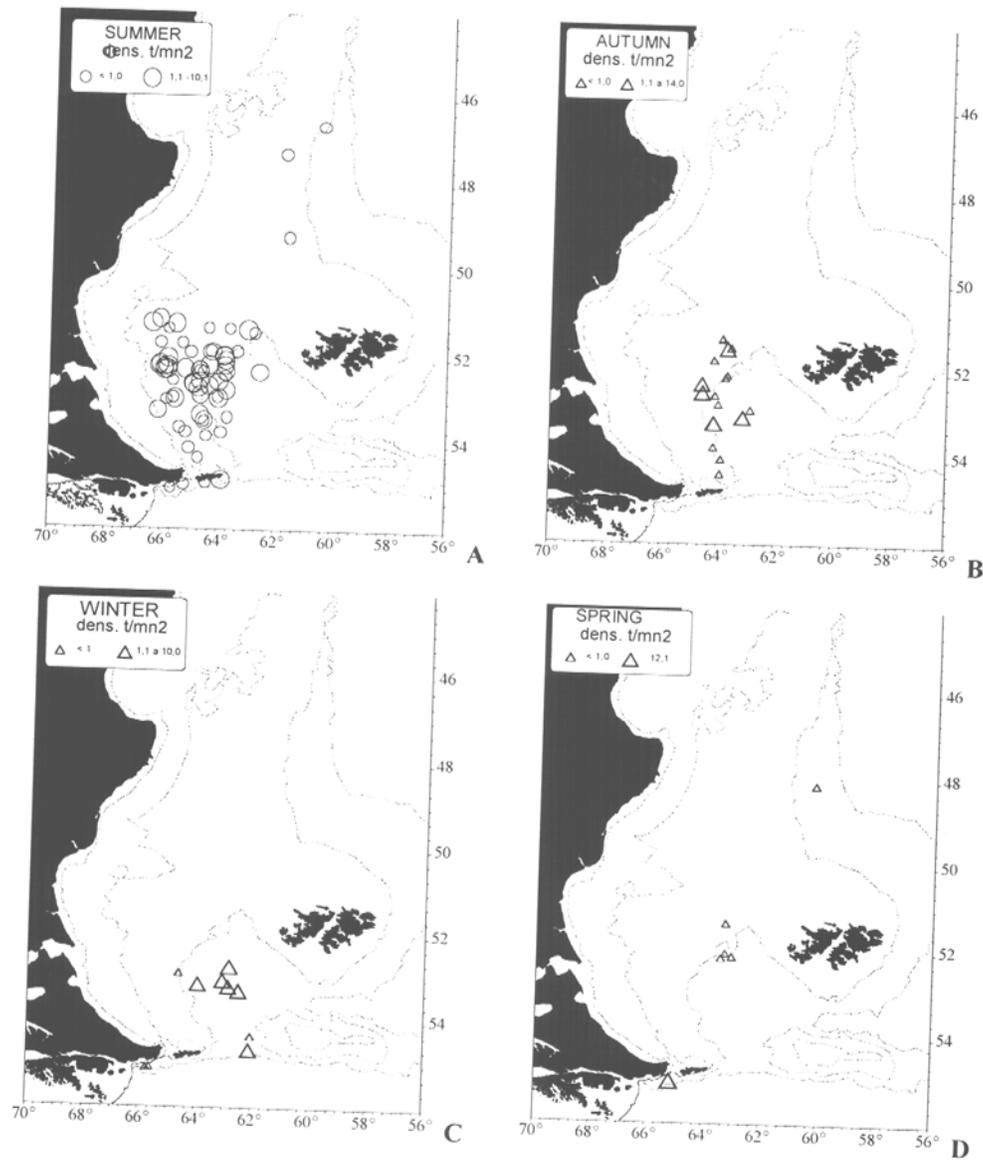


Figura 41. Distribución estacional, en densidad (t/mn²) de *M. australis* obtenidas de cruceros de investigación. A: verano, B: otoño, C: invierno y D: primavera (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

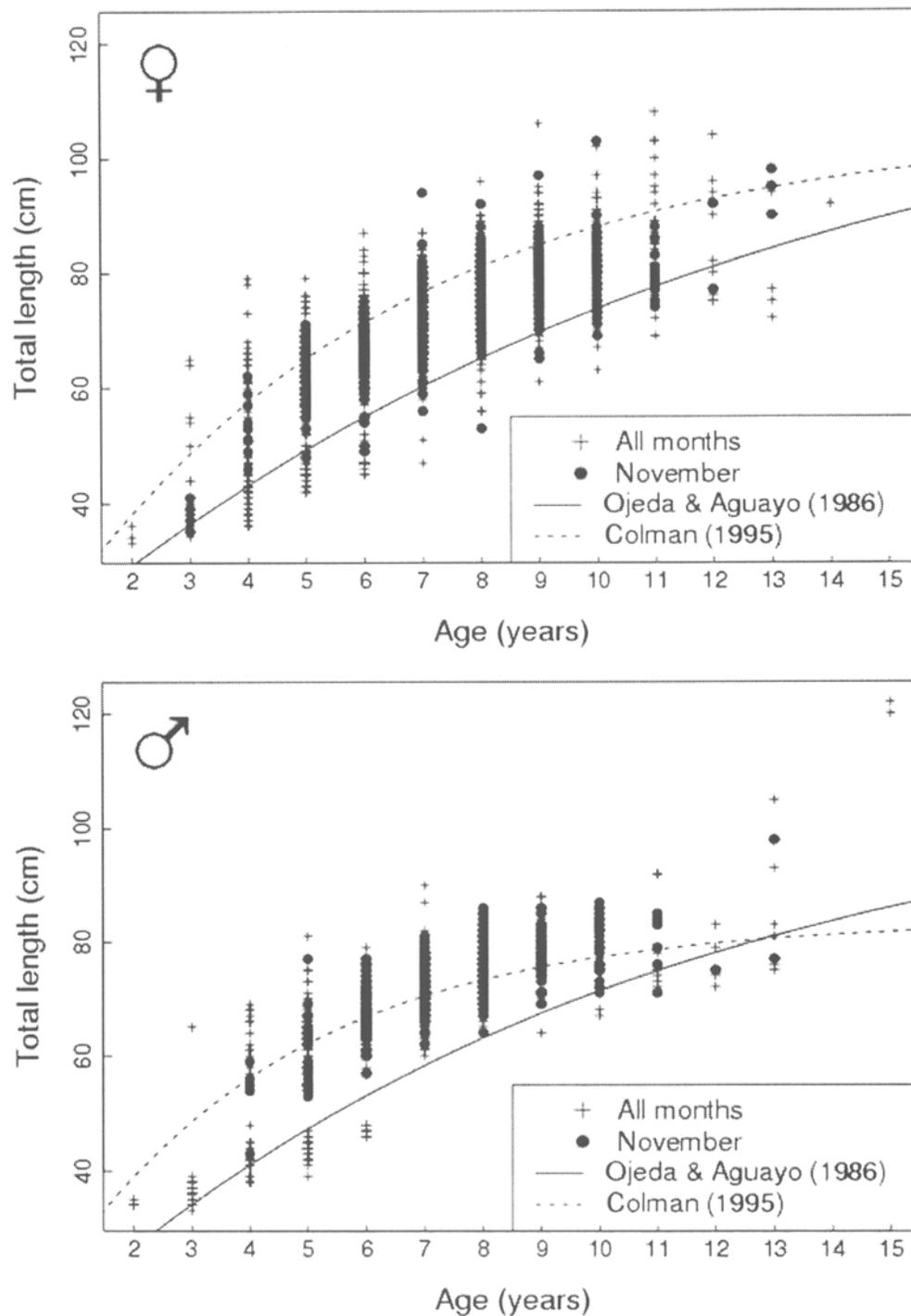


Figura 42. Tamaños a la edad para hembras (arriba) y machos (abajo) de merluza del sur, desde todas las lecturas de otolitos en el periodo 1988 a 2000. Los otolitos colectados en noviembre son mostrados con círculos llenos, los otolitos de otros meses como cruces. La comparación de las curvas crecimiento de von Bertalanffy se muestran para los peces de la pesquería chilena (Ojeda y Aguayo, 1986, línea sólida) y para la pesquería de Nueva Zelanda (Colman, 1995, línea segmentada). (Fuente : Agnew *et al.*, 2001).

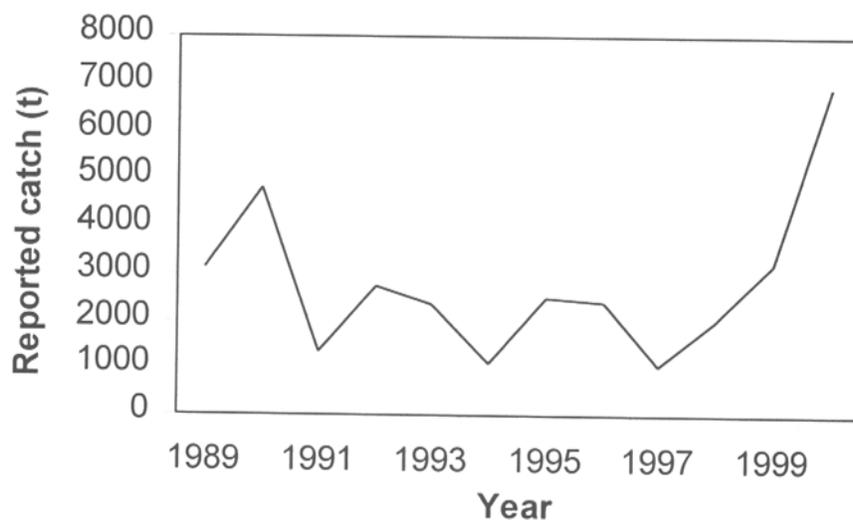


Figura 43. Capturas totales (t) de merluza del sur reportadas por la flota Argentina, al sur de 48° LS durante 1989-2000. (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

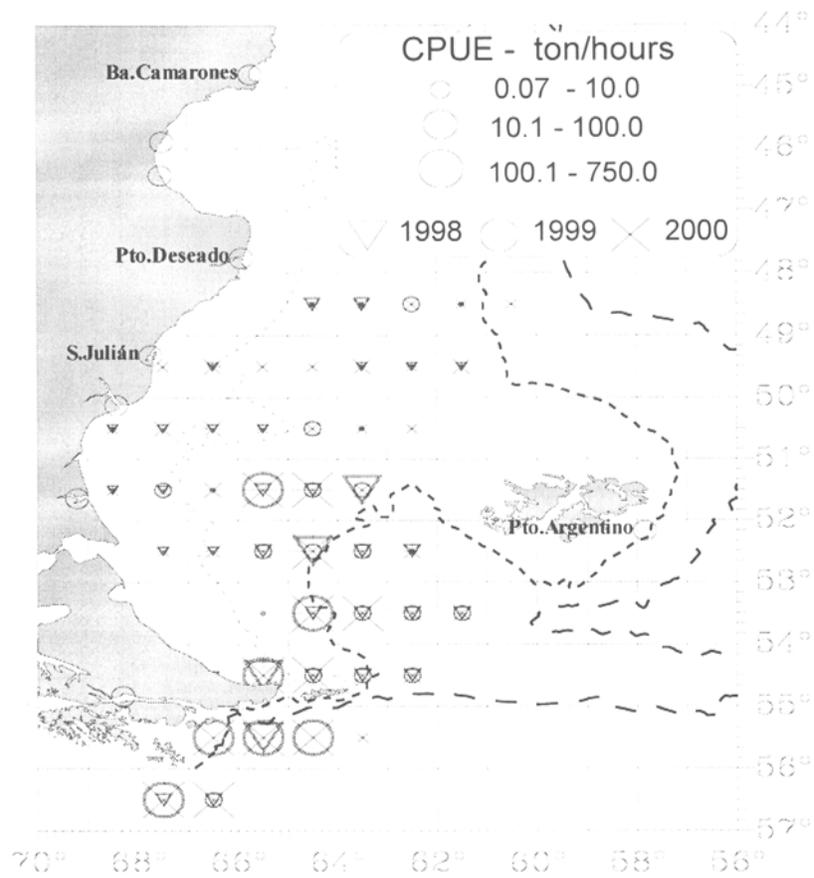


Figura 44. Principales zonas de pesca de la flota Argentina que operó sobre merluza del sur durante 1998-2000 (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

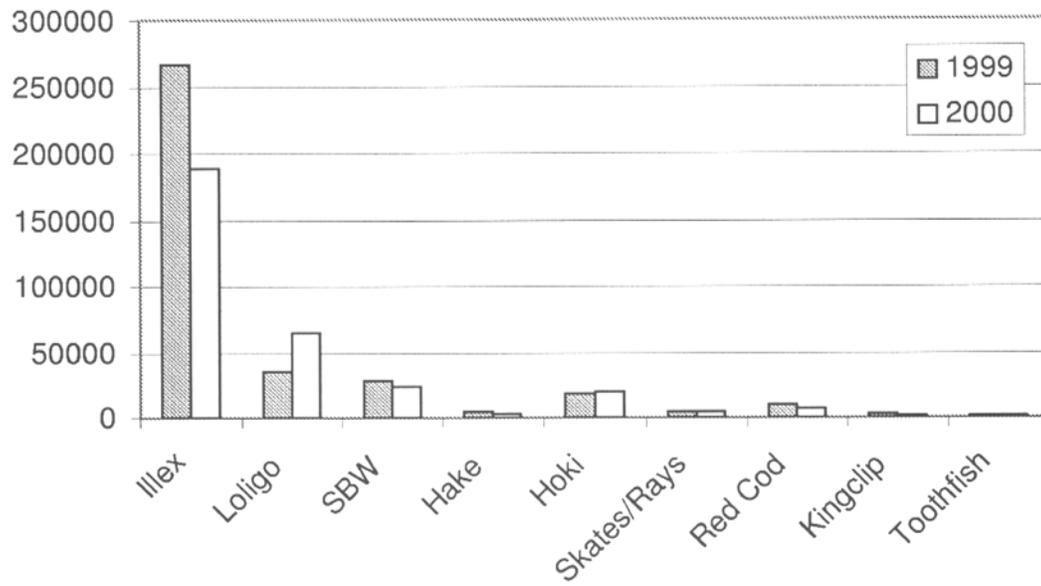


Figura 45. Capturas totales (toneladas) de las principales especies comerciales en la zona de pesquería de Islas Malvinas en 1989 y 1999 (Anon., 2000) (Fuente : Agnew *et al.*, 2001)

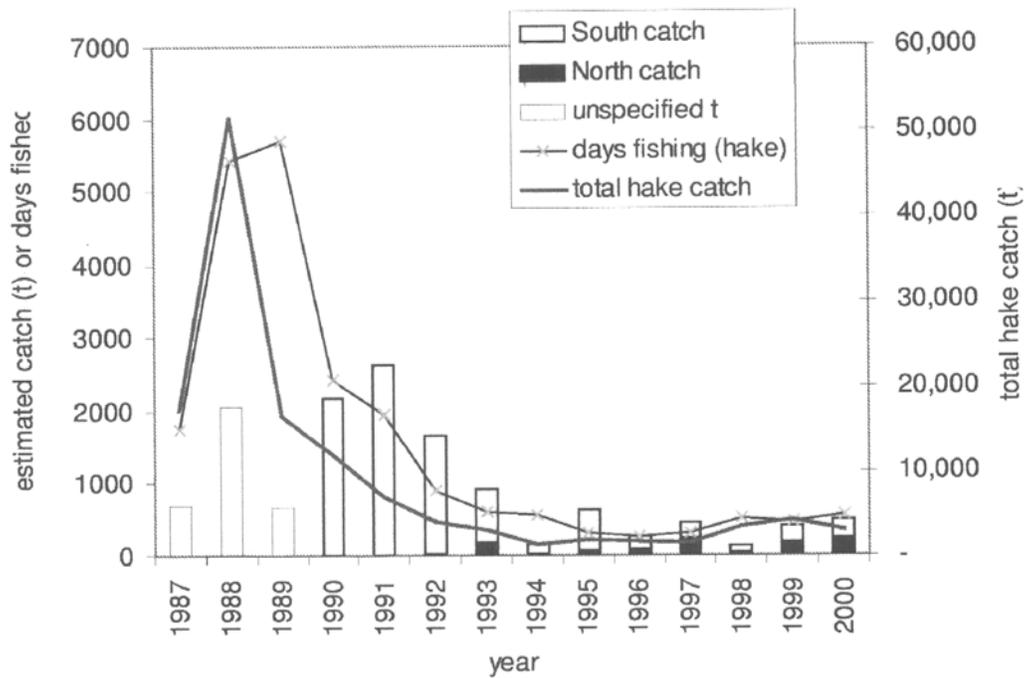


Figura 46. Captura estimada de merluza del sur *M. australis* en aguas de Islas Malvinas. Las estimaciones fueron hechas por separado para las dos áreas (Sur y Norte). El número total de días de pesca para barcos con licencia, y la captura total de ambas especies de merluza para todos los barcos, son también mostradas. (Fuente : Agnew *et al.*, 2001).

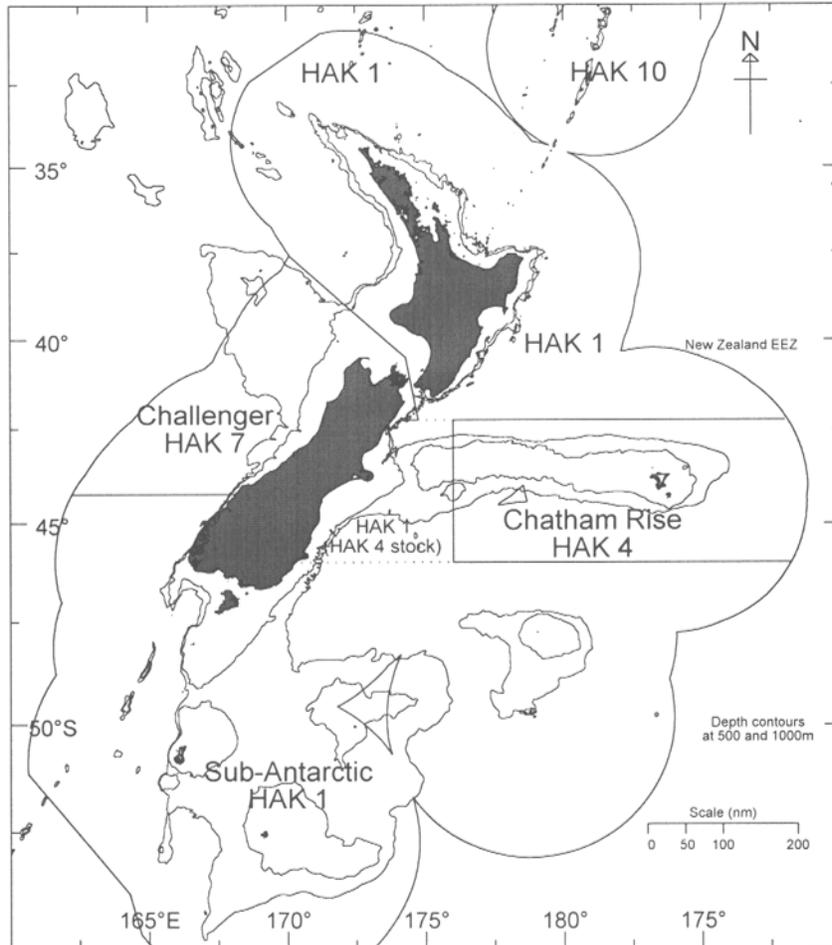


Figura 47. Areas de manejo de cuotas (Quota management Areas (QMAs) para la merluza del sur en la Zona Económica Exclusiva (EEZ) de Nueva Zelanda. El oeste de Chatham Rise (llamado HAK1) es considerado parte del stock de Chatham Rise para propósitos de evaluación.

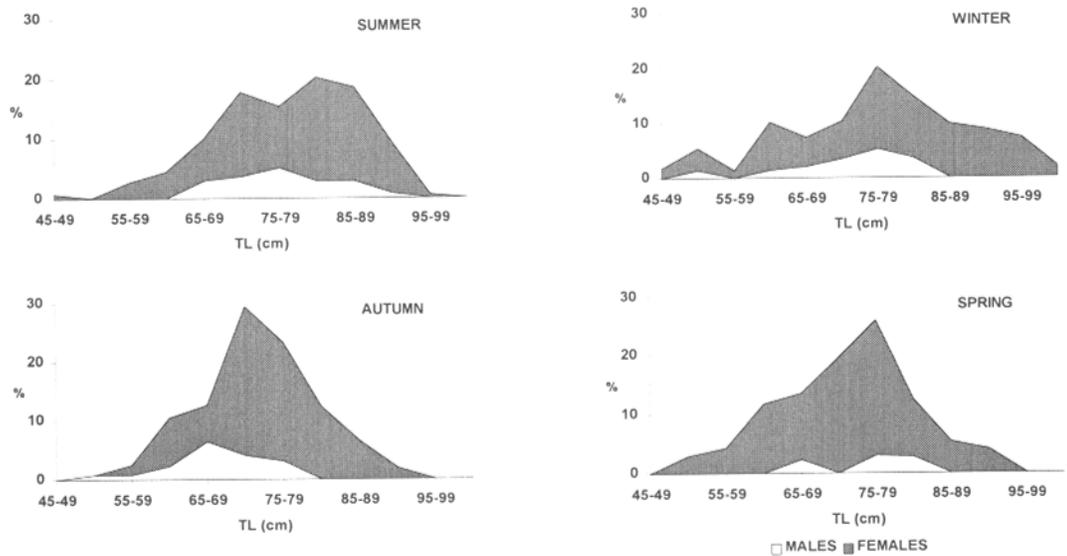


Figura 48. Distribución de frecuencia de talla de Merluza del sur por sexo y estación en el mar Argentino (Fuente: Giussi *et al.*, 2001).

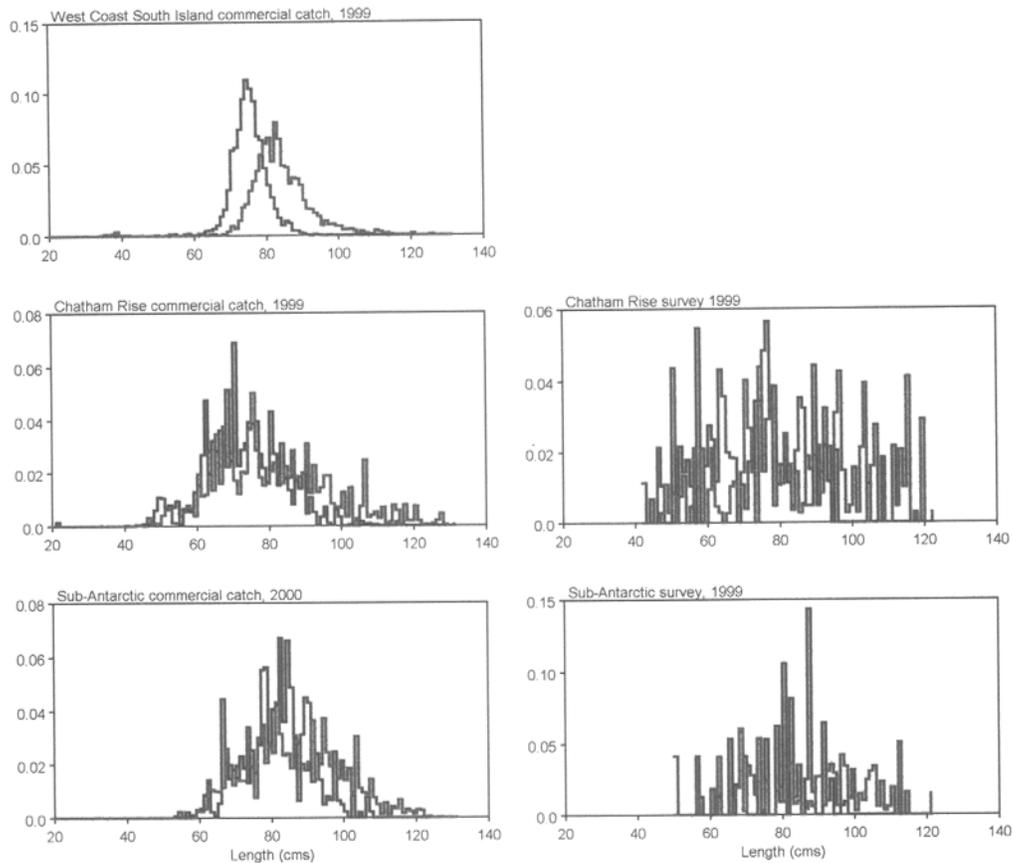


Figura 49. Frecuencias de longitud estimadas para machos (azul) y hembras (rojo) de merluza del sur, de datos del observador científico para la captura comercial (Figuras lado izquierdo) y de datos de pesca (Figuras lado derecho) para la costa oriental de la Isla Sur, Chatham Rise, y Sub-Antártica (Fuente: Dunn *et al.*, 2001).

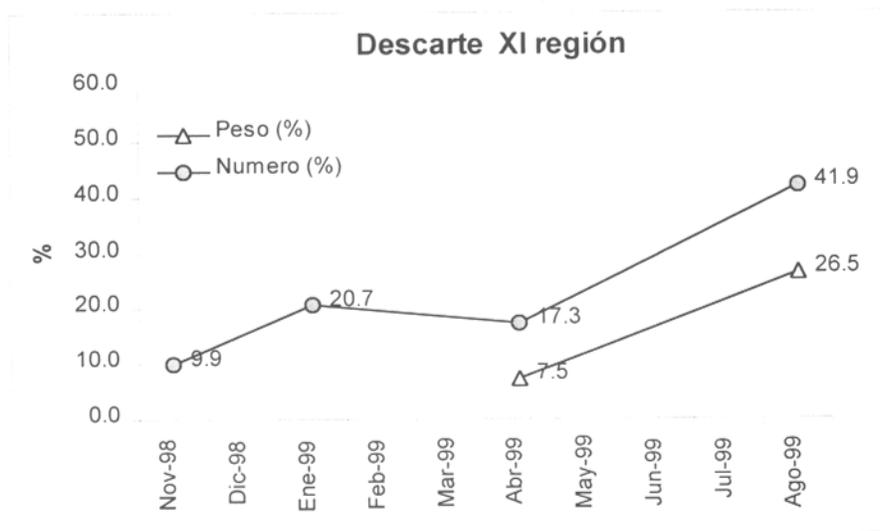
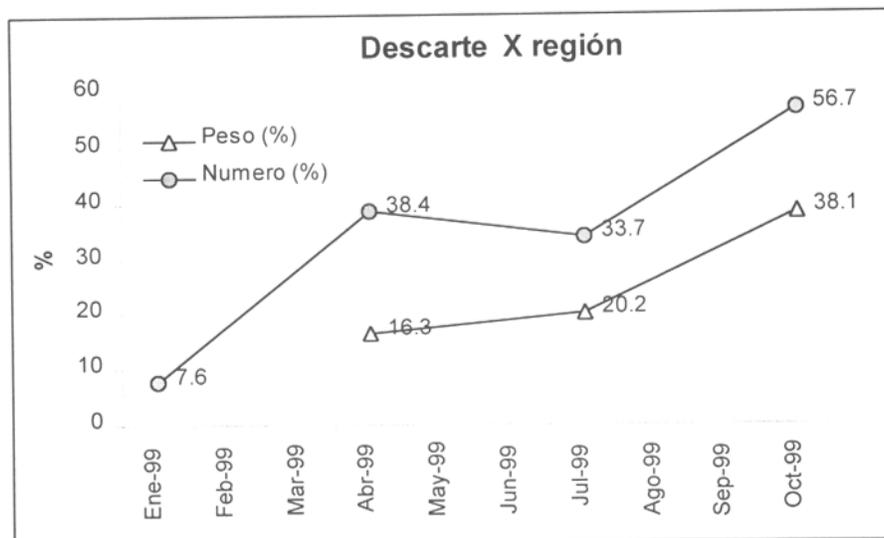


Figura 50. Descartes en peso y número producidos durante 1999 en la pesca de investigación de merluza del sur (Fuente: datos proyecto FIP 98-02).

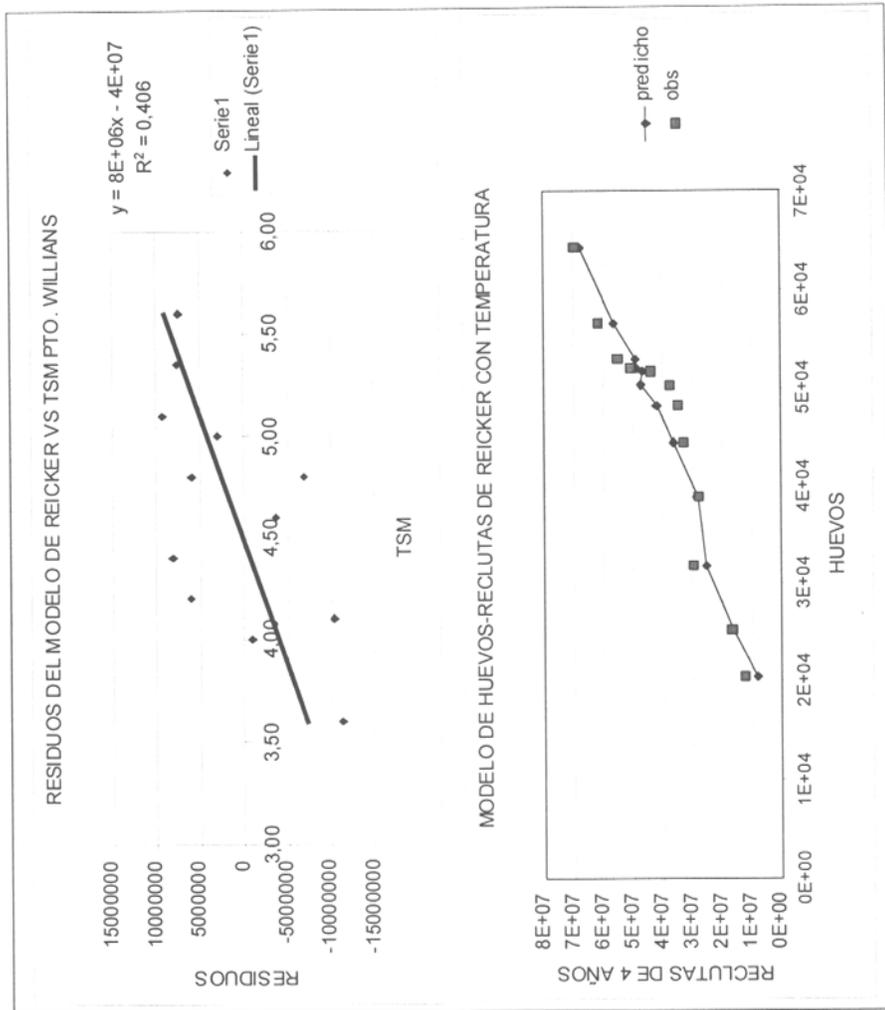


Figura 51. Relación de los residuos del modelo huevos-reclutas y la temperatura superficial del mar en Pto. Willians (arriba) y el ajuste del modelo huevos-reclutas con esta variable ambiental incorporada (abajo).

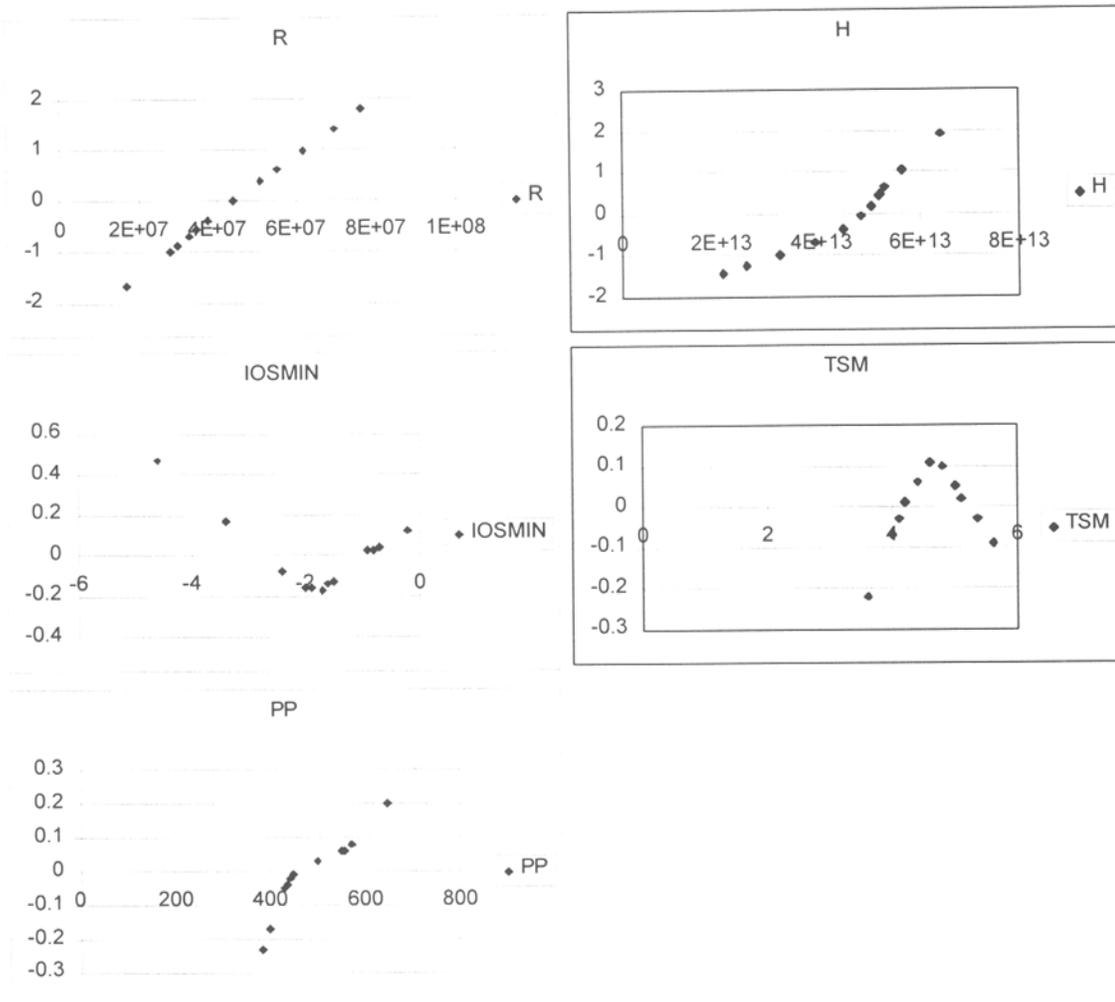


Figura 52. Forma de las transformadas realizadas por el algoritmo ACE del reclutamiento (R), producción de huevos (H), mínimo valor del IOS entre junio del año t y julio del año t+1 (IOSMIN), la temperatura superficial del mar de Pto. Willians (TSM) y las precipitaciones de Pta. Arenas (PP).

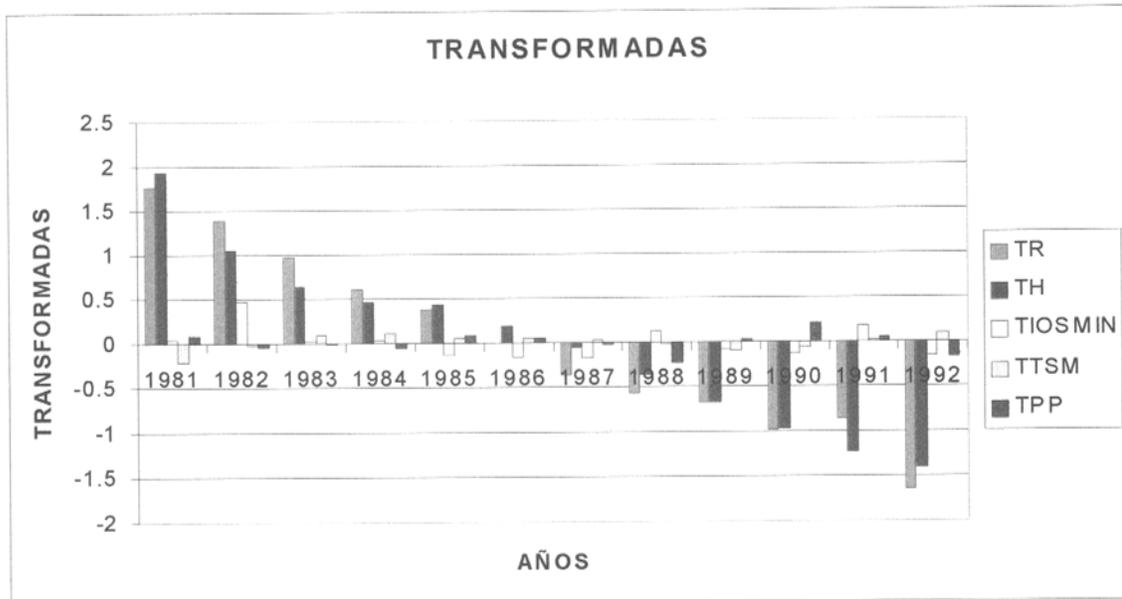


Figura 53. Contribución a la transformada del reclutamiento (TR) de las transformadas de la producción de huevos (TH), mínimo valor del IOS entre junio del año t y julio del año t+1 (TIOSMIN), la temperatura superficial del mar de Pto. Willians (TTSM) y las precipitaciones de Pta. Arenas (TPP).

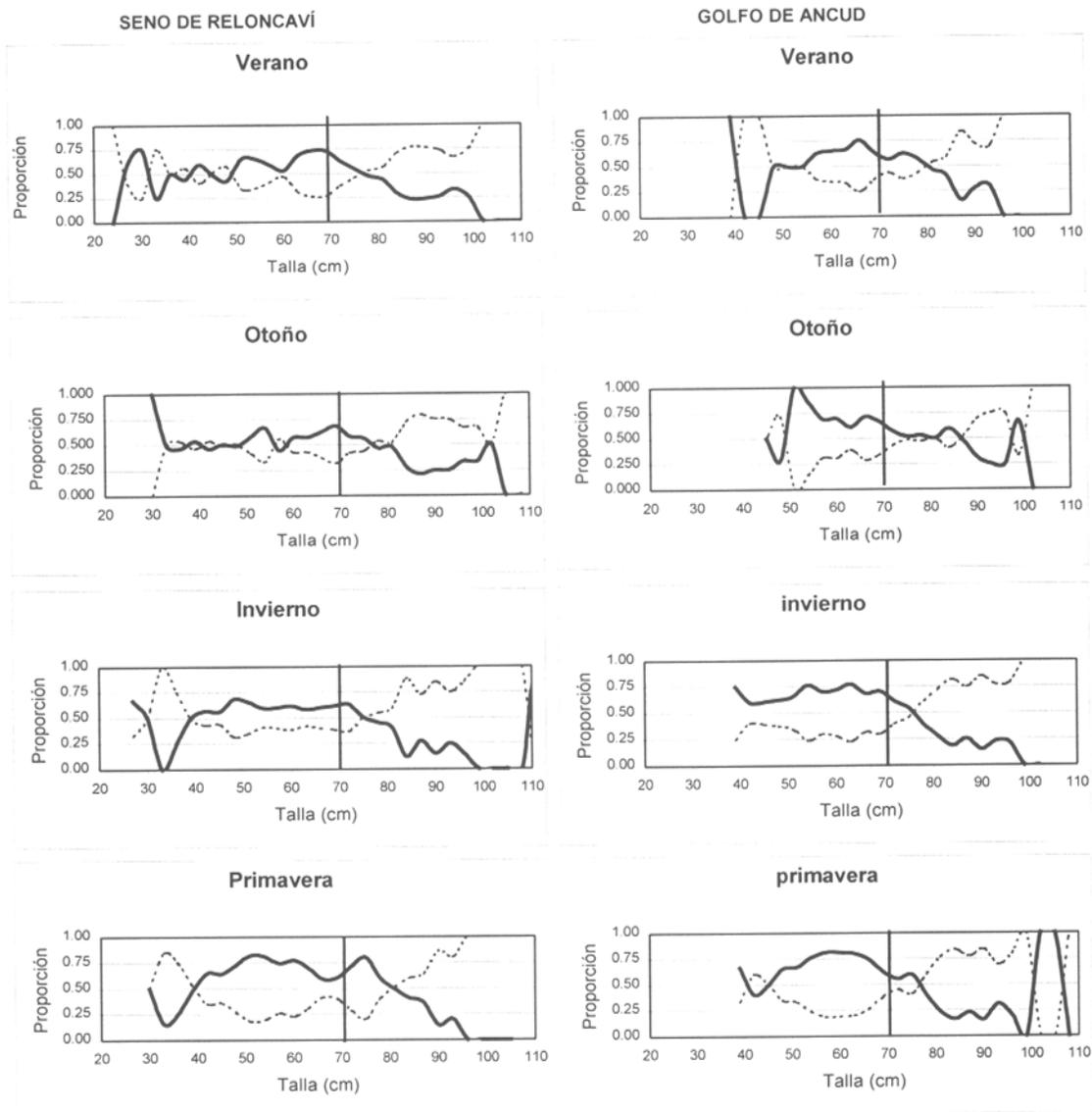


Figura 54. Proporción sexual por talla, estación y sector en la X región año 2000 (Fuente Rubilar *et al.*, 2000).

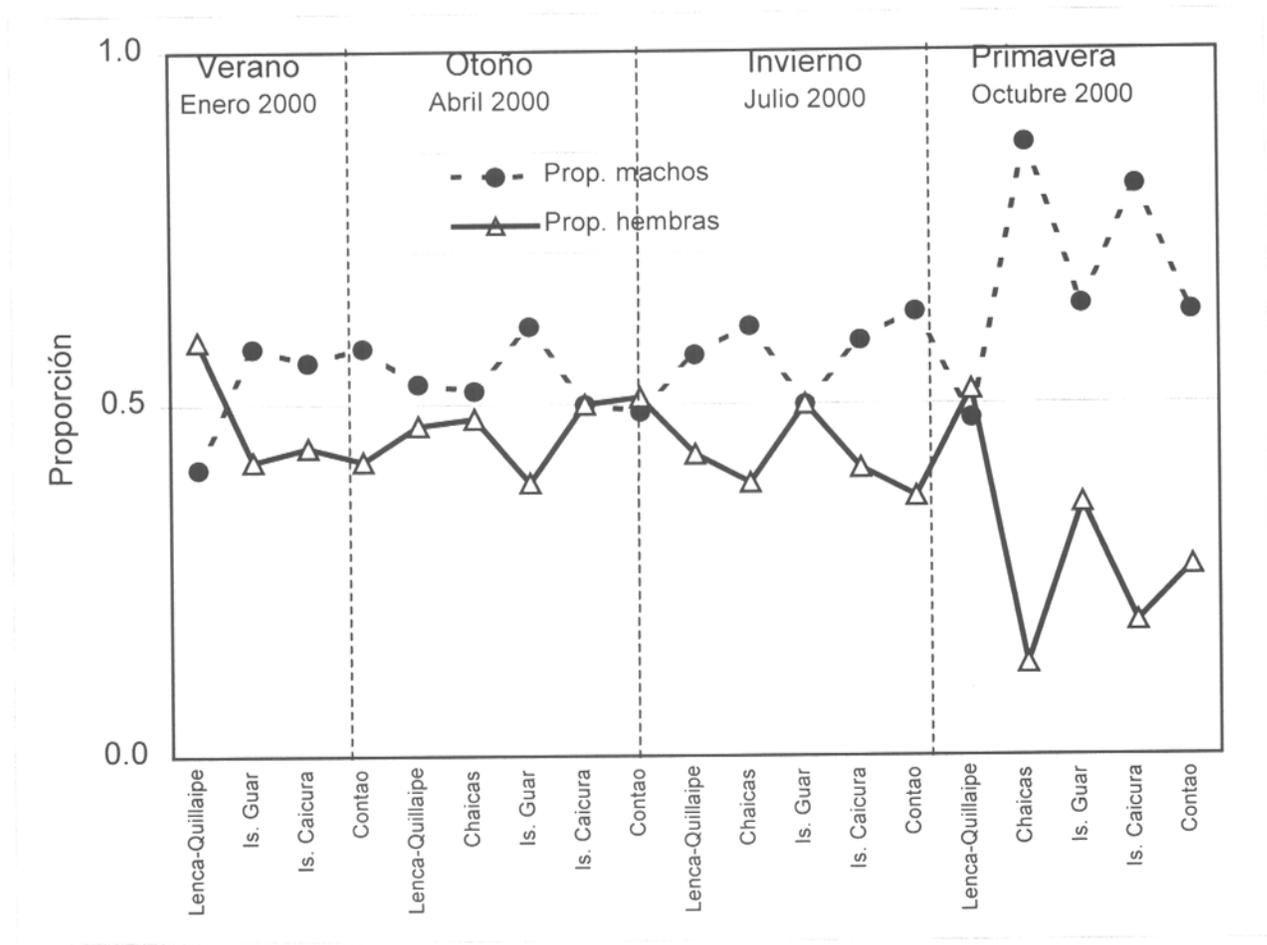


Figura 55. Proporción sexual por caladeros en la X región (Fuente Rubilar *et al.*, 2000).

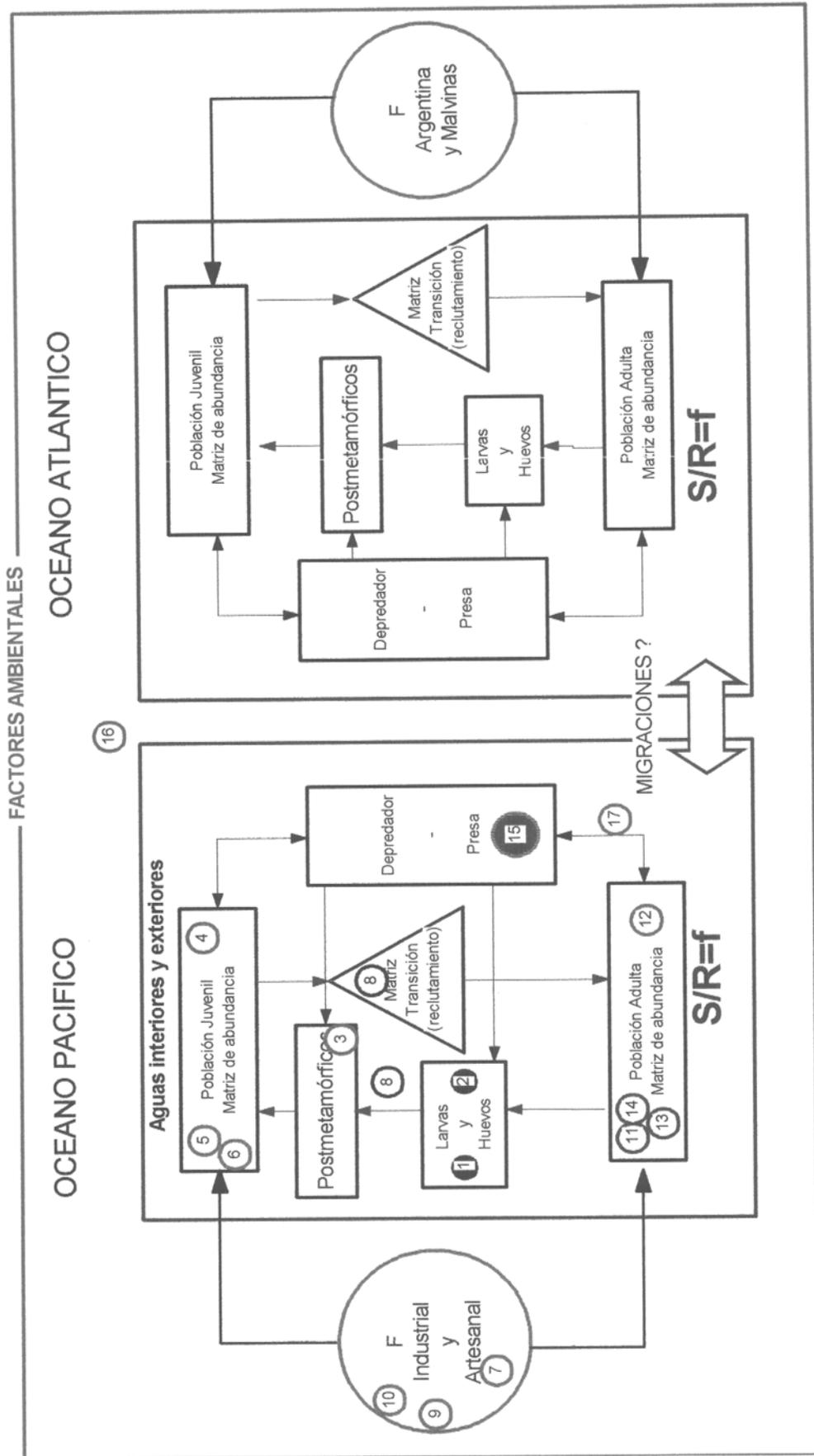


Figura 56. Modelo analítico del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas y del Atlántico. Los números en los círculos pequeños indican las hipótesis surgidas en cada etapa y un mismo color del círculo y su achurado indican el tema de investigación.

FACTORES AMBIENTALES

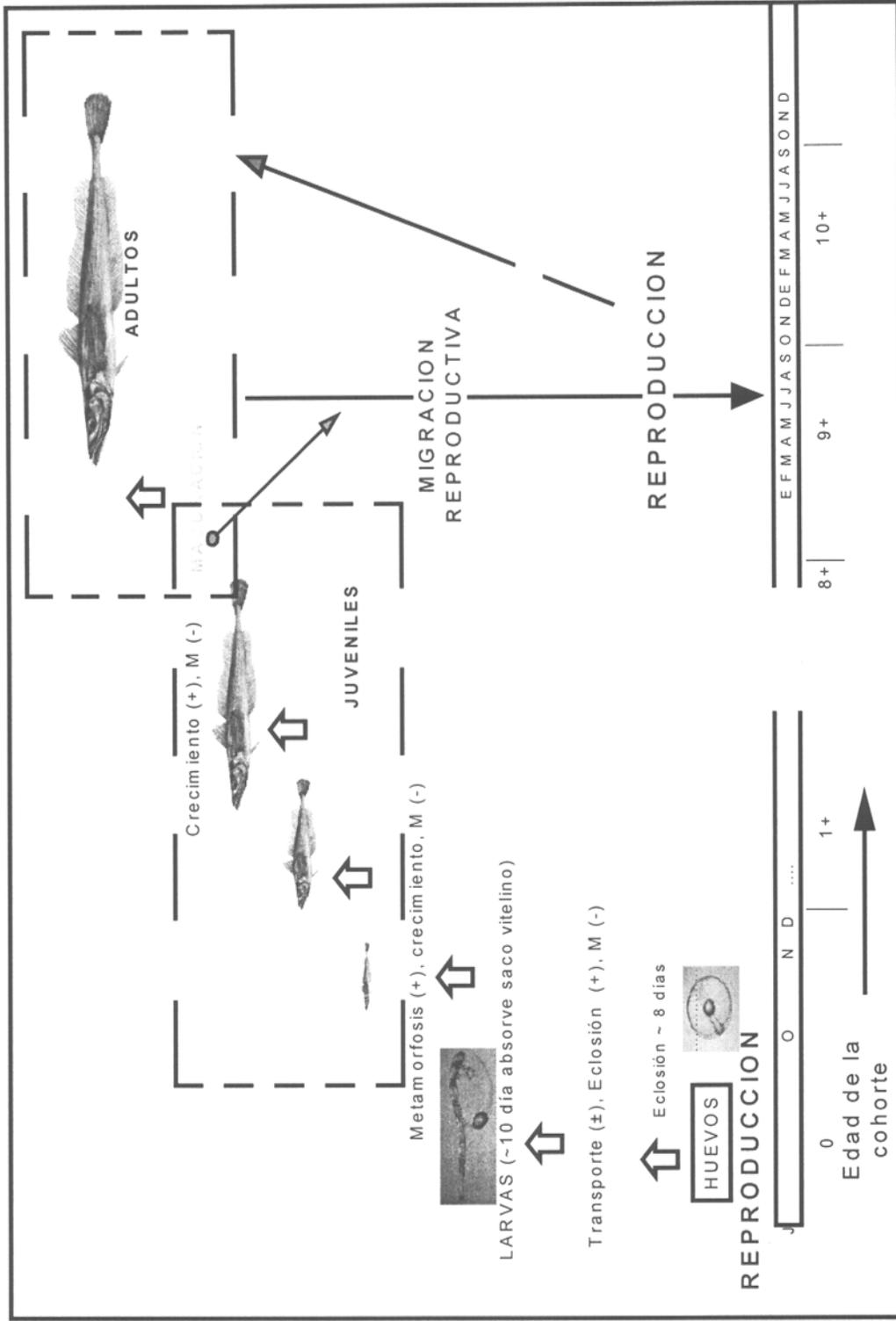


Figura 57. Ciclo de vida de una cohorte considerando los principales procesos o etapas.

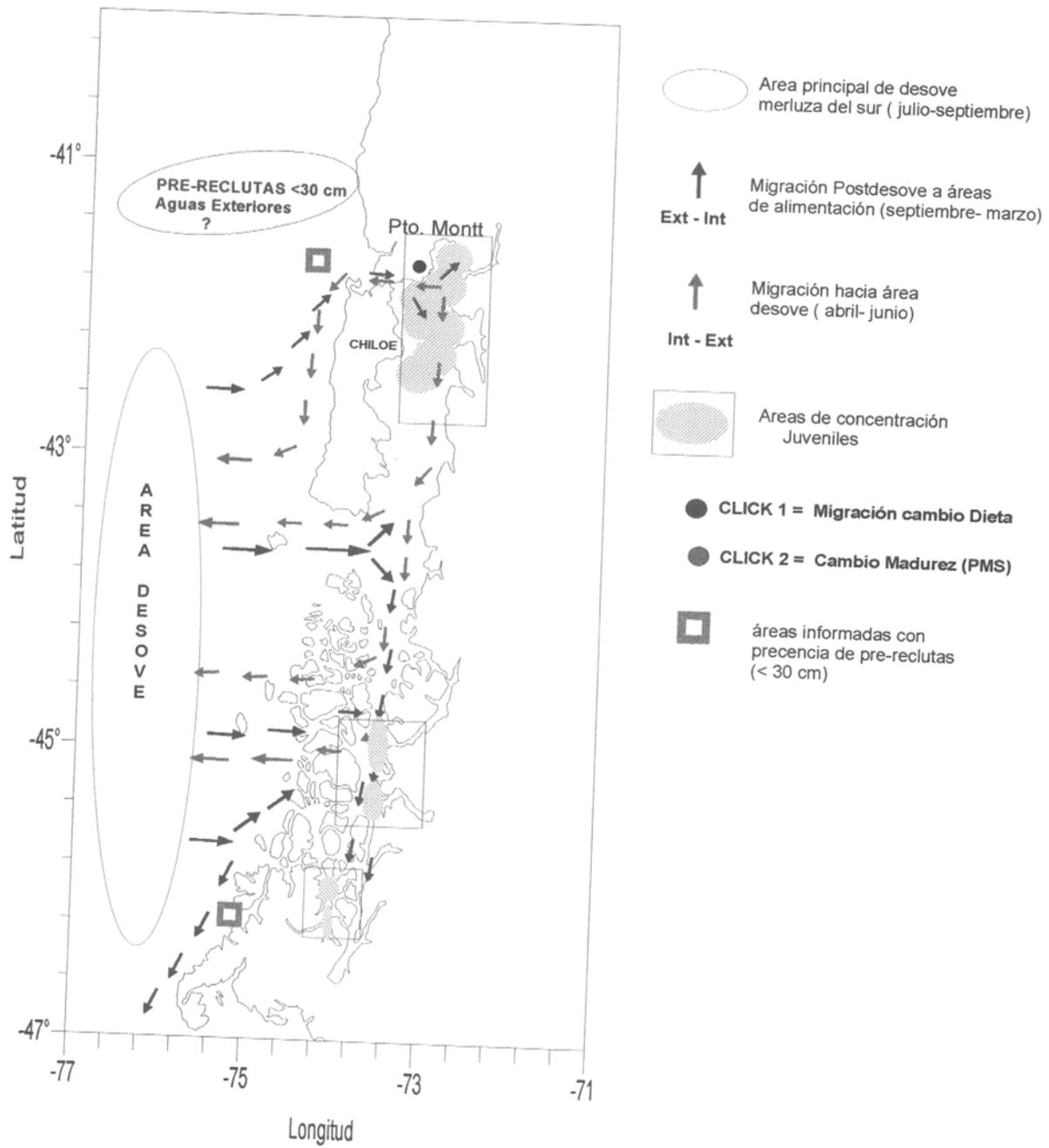


Figura 58. Esquema migratorio de merluza del sur para la unidad de pesquería norte.

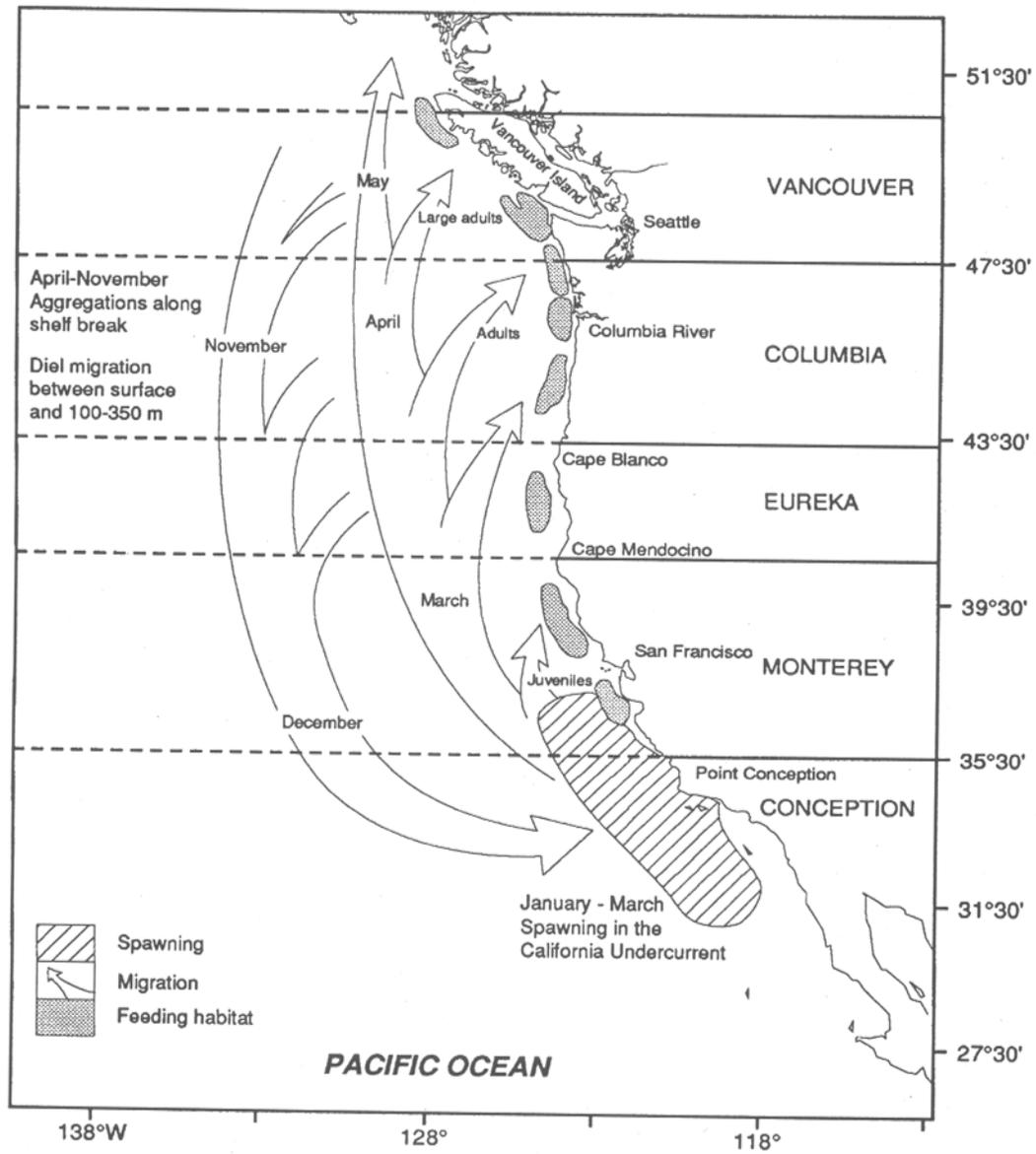


Figura 59. Patrones migratorios de la merluza del pacífico, *Merluccius productus* (Fuente: Dorn 1995).

A N E X O S

A N E X O 1

**Agenda
Taller Nacional**

TALLER NACIONAL DE TRABAJO

PROYECTO FIP 2000-13

**“DINAMICA DE RECLUTAMIENTO DE MERLUZA DEL
SUR”**

2 al 6 de abril de 2001

**Asociación Chilena de Seguridad
ACHS
Valparaíso
V Región**

AGENDA DE TRABAJO

Primer taller “ Dinámica de Reclutamiento de merluza del sur”.

1. Organización general

Días 2 al 3 de Abril de 2001: Presentaciones y discusión de los temas presentados.

Día 4, 5 y 6 de abril de 2001: Análisis y discusión general sobre información existente y trazado de una propuesta de investigación.

2. Participantes :

Equipo de trabajo: Ignacio Payá (IFOP), Hernán Reyes (IFOP), Fernando Balbontin (UV), Renato Céspedes (IFOP), Carlos Moreno (UACH), Alejandro Zuleta (IFOP), Pedro Rubilar (IFOP), Luis Adasme (IFOP) y Alfredo Cuevas (IFOP).

Invitados: Humberto Pool (IFOP), Zaida Young (IFOP), Sergio Lillo (IFOP), Gonzalo Taboada (FIP), Alberto Reyes (FUNDACION CHILE), Vilma Ojeda (IFOP).

3. Revisión de la información existente

Lunes 02 de abril de 2001

9:30 Apertura del la reunión de trabajo. Bienvenida a los participantes e invitados.
Presentación del taller.

9:45 Caracterización oceanográfica y atmosférica de la zona de estudio, con especial interés en las áreas de reclutamiento y desove (**Hernan Reyes/IFOP**).

- 11:0 Aspectos tróficos de merluza del sur (**Humberto Pool/ IFOP**).
- 14:00 Migraciones tróficas y dinámica espacial reproductiva de merluza del sur y su relación con la actividad de la flota. (**Renato Céspedes y Luis Adasme/IFOP**).
- 15:45 Movimientos de la merluza del sur (*M. australis*, Hutton 1872) en aguas interiores de la X Región derivado del conocimiento empírico de los pescadores (**Alfredo Cuevas/IFOP**)
- 16:30 Aspectos reproductivos: fecundidad, talla de primera madurez y frecuencia de desove (**Fernando Balbontin/ U. de Valparaíso e Ignacio Payá/ IFOP**).

Martes 03 de abril de 2001

- 9:30 Comportamientos y aspectos reproductivos de merluza del sur en cautiverio (**Alberto Reyes/FUNDACION CHILE**)
- 11:00 Distribución y abundancia de huevos y larvas de Merluza del sur y su relación con las variables oceanográficas (**Fernando Balbontin/U. de Valparaíso**).
- 14:00 Revisión crítica y teórica del proceso de reclutamiento desde el punto de vista ecológico (**Carlos A. Moreno/U. Austral de Chile**).
- 15:45 Reclutamiento en merluza del sur (variabilidad, distribución, abundancia y efectos de la pesca sobre la fracción recluta o juvenil (descarte). (**Pedro S. Rubilar/ IFOP**)
- 14:00 Reclutamiento a la pesquería y condiciones ambientales (**Ignacio Payá/IFOP**).

4. Análisis, discusión y conclusiones de la información existente

Día 4 de abril de 2001

9:30 Reclutamiento a la pesquería y condiciones ambientales (**Ignacio Payá/IFOP**).

Conclusiones acerca del conocimiento del ciclo de vida de merluza del sur en aguas chilenas.

Análisis y formulación de un modelo un modelo conceptual del ciclo de vida de merluza del sur.

Identificación de las hipótesis de trabajo.

Día 5 de abril de 2001.

Discusión y formulación preliminar de un plan de investigación que involucre las hipótesis de trabajo.

Día 6 de abril de 2001.

Continuación de conclusiones y tareas del taller, y cierre del taller.

A N E X O 2

**Agenda
Taller Internacional**

TALLER INTERNACIONAL DE TRABAJO

PROYECTO FIP 2000-13

**“DINAMICA DE RECLUTAMIENTO DE MERLUZA DEL
SUR”**

28 mayo al 2 de junio de 2001

**Hostería Valle Verde
Villa Alemana
V Región**

ANTECEDENTES

La pesquería de merluza sur (*Merluccius australis*, Hutton 1872), que se desarrolla en las aguas de la X, XI y XII regiones tuvo sus inicios en la década del 70, alcanzando su mayor volumen de desembarque en el año 1988 con aproximadamente 70 mil toneladas (industrial + artesanal). El aporte económico que genera el recurso merluza del sur, estableció una explotación a gran escala, tanto industrial como artesanal, que ha derivado en un significativo deterioro de su biomasa, rendimientos de pesca y estructuras de tallas, alcanzando un evidente estado de sobreexplotación (Aguayo *et al.*, 1999 y 2000), manifestando un deterioro importante de la fracción desovante y fallas en el reclutamiento a la pesquería.

La administración pesquera nacional preocupada de la situación ha establecido una serie de medidas tendientes a hacer sustentable la actividad y entre las cuales se tiene las cuotas globales anuales de captura, el cierre de los registros artesanales e industriales, regulaciones a los artes de pesca y el establecimiento de una veda reproductiva general en el mes de agosto. También destacaron en su momento, la veda de extracción del recurso en áreas de las aguas interiores, identificadas como de reclutamiento y residencia de una fracción juvenil del stock, tanto en la X como en la XI regiones.

Por tal razón y debido a la necesidad de recopilar y condensar la información existente sobre el ciclo de vida y procesos poblacionales tan importantes como el reclutamiento el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) encargo al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizar el proyecto FIP 2000-13, denominado "Dinámica de reclutamiento de merluza del sur". Para la ejecución de este proyecto, se programo realizar 3 talleres de trabajo. El primero, denominado taller nacional fue realizado entre 2 al 6 de abril del 2001, en la ciudad de Valparaíso, el segundo taller , denominado Internacional a realizar entre 28 de mayoal 1 de junio del 2001 y el tercer taller que hemos denominado de Difusióna realizarse entre.....

El segundo taller reúne a un equipo de trabajo multinacional y multidisciplinario con una basta experiencia en los procesos poblacionales y del desarrollo de las pesquería de Merluza del sur , en sus respectivos países.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

Establecer la dinámica del reclutamiento de merluza del sur en el área de distribución del stock en Chile.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Recopilar, validar y analizar toda la información biológica, pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de reclutamiento de la merluza del sur.
2. Formular un modelo biológico del ciclo de vida de la merluza del sur, en un contexto espacio temporal, con énfasis en el proceso de reclutamiento.
3. Formular un programa estructurado de investigación básica y aplicada que permita corroborar y/o complementar las hipótesis establecidas para la construcción del modelo de dinámica espacio temporal.

OBJETIVOS DEL SEGUNDO TALLER

1. El objetivo de este taller es analizar la información biológica pesquera y ambiental derivada de investigaciones nacionales y extranjeras en relación con el proceso de reclutamiento de merluza del sur.
2. Analizar el modelo del ciclo de vida de merluza del sur en el contexto espacio temporal con énfasis en el reclutamiento, con la finalidad de discutir el modelo generado en el primer taller.
3. Asimismo, la formulación de un programa de investigación básica y aplicada que permita corroborar y /o complementar las hipótesis surgidas en la formulación del modelo del ciclo vital.

METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología de trabajo estará basada en presentaciones orales, sobre temas específicos y relevantes en relación con el proceso de reclutamiento de merluza del sur. Se iniciará el taller con la presentaciones extranjeras y posteriormente se harán 3 presentación con los aspectos fundamentales en el ámbito nacional, logrados durante el primer taller. Posteriormente se llevarán acabo mesas redondas, en la cual se discutirán temas específicos.

Días 28 al 30 de mayo de 2001: Presentaciones y discusión de los temas presentados.

Día 31 de mayo de 2001: Discusión general sobre información existente y ciclo de vida.

Día 1 de junio de 2001: Preparación de una propuesta de investigación.

PARTICIPANTES

NACIONALES		INTERNACIONALES	
Nombre	Institución	Nombre	Institución
Lic. Ignacio Payá	IFOP	Dr. David Agnew	RRAG, UK
Dr. Carlos Moreno	UACH	Dr. Martin Dorn	NOAA, USA
Lic. Renato Céspedes	IFOP	Dr. Nelson Ehrhardt	U. MIAMI, USA
Prof. Fernando Balbontin	U. VALP	Dr. John Mckoy	NIWA, NZ
Lic. Humberto Pool	IFOP	Dr. David Middleton	FIFD
Lic. Pedro S. Rubilar	IFOP	Dr. Otto Wohler	INIDEP
Tm. Luis Adasme	IFOP		
Oce. Paz Pantoja	IFOP		

Invitado especial: Francisco Cerna IFOP (presentación sobre crecimiento en M del sur)

Se hizo invitación a Subpesca y FIP, asistiendo solo el señor Gonzalo Taboada del FIP

PROGRAMA

Lunes 28 de mayo de 2001

10:00 Bienvenida a los participantes e invitados. Presentación de metodología de trabajo del taller.

10:45 Café

11:00 Presentación del Dr. Martin Dorn (NOAA, USA)

12:30 Almuerzo

14:00 Presentación del Dr. Jhon Mckoy (NIWA, NEW ZEALAND).

15:00 Café

15:30 Presentación de los Drs. David Agnew y D. Middleton (UK).

16:30 Presentación del Dr. Otto Wohler (INIDEP, ARGENTINA).

17:30 Término

Martes 29 de mayo de 2001

9:30 Distribución, Unidades de stock, caracterización de la pesquería, aspectos tróficos migraciones, edad ay crecimiento en aguas chilenas (**R. Céspedes**)

10:45 Café

11:00 Habitat: caracterización oceanográfica (**H. Reyes**)

12:30 Almuerzo

14: 00 Aspectos reproductivos y primeros estadios del ciclo de vida (**F. Balbontin**).

15:00 Café

15:30 Reclutamiento variabilidad y efectos de la pesca (**P. Rubilar**)

16:30 Reclutamiento ala pesquería variables ambientales, y sus efecto sobre la evaluación de stock (**I. Payá**)

17:30 Término.

Día 30 de mayo de 2001

Hora de inicio: 09:30 AM

Café: 10:45 AM

Almuerzo: 12:30 PM

Hora inicio tarde: 14:00 PM

Café: 15:30 PM

Termino: 17:30 PM

1. Análisis de la problemática del reclutamiento (fases importantes). Visión nacional y como los extranjeros han enfrentado esta problemática en sus pesquerías o en pesquerías similares de otras merluzas.

Día 31 de mayo de 2001.

Hora de inicio: 09:30 AM

Café: 10:45 AM

Almuerzo: 12:30 PM

Hora inicio tarde: 14:00 PM

Café: 15:30 PM

Termino: 17:30 PM

1. Análisis del programa e de investigación básica y aplicada preliminar enfocado a corroborar y/o complementar las hipótesis establecidas para la construcción del modelo de dinámica espacio temporal. El cual debería cubrir los siguientes aspectos:

- Hipótesis del modelo
- Identificación de líneas de investigación (básica y aplicadas) que permitan incorporar nueva información al modelo y /o contrastar hipótesis.
- Análisis de las proposiciones de investigación
- Selección de temas de investigación
- Descripción de los resultados esperados de las investigaciones
- Valoración de estudios
- Elaboración de un programa de investigación
- Contrastación del programa de investigación con el modelo biológico

Día 1 de junio de 2001

Hora de inicio: 09:30 AM

Café: 10:45 AM

Almuerzo: 12:30 PM
Hora inicio tarde: 14:00 PM
Café: 15:30 PM
Termino: 17:30 PM

Continuación del día anterior.

Cierre y despedida participantes

PSRM/psrm

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo M, A Zuleta & I. Payá .1999. INVEST CTP de merluza del sur. Informe de circulación restringida IFOP- SUBPESCA.

Aguayo M, A Zuleta & I. Payá.2000. INVEST CTP de merluza del sur. Informe de circulación restringida IFOP- SUBPESCA.

A N E X O 3

**Resúmenes
Taller Nacional**

Aspectos reproductivos: fecundidad, talla de primera madurez y frecuencia de desove.

Fernando Balbontin
Universidad de Valparaíso
Taller FIP 2000-13

La información recopilada en esta presentación correspondió a determinaciones de fecundidad, talla de primera madurez sexual, época de desove y frecuencia del desove de la merluza del sur. Las fuentes de información fueron tesis, publicaciones científicas, informes técnicos de IFOP y otras instituciones y documentos del FIP. Una fuente importante de información biológica estuvo representada por la base de datos biológicos del IFOP de los años 1982 a 1998.

Fecundidad. En la merluza del sur existe un desove parcelado o por modas evidenciado por la presencia en el ovario en maduración de varias modas de tamaño de ovocitos en vitelogenénesis y por la observación de un escaso número de ovocitos hidratados, con gota oleosa y en reabsorción, los que corresponden a remanentes de un desove previo, reciente (Balbontín y Bravo, 1993). Para la determinación de fecundidad modal o de camada, fue necesario cuantificar la moda de ovocitos de mayor diámetro (Hunter *et al.*, 1985). Para estimar la fecundidad a la talla en el caso de las hembras que conformaban la base de datos del IFOP, se determinó la relación entre el peso de la gónada y la fecundidad sobre la base de las determinaciones en el laboratorio de fecundidad en hembras en estado de madurez sexual (EMS) 4 realizadas en 1991, 1996 y 2000. A pesar que esta relación es significativa estadísticamente, debe tomarse con cautela ya que una relación de este tipo para los fines de estimar fecundidad debería incluir entre sus parámetros el diámetro de los ovocitos. La fuente principal de error se asocia al diferente grado de hidratación que pueden presentar los ovarios en EMS 4, lo que en algunos casos puede presentar el doble el peso del ovario pero conteniendo el mismo número de ovocitos.

La ecuación obtenida para la relación entre el peso del ovario y la fecundidad se aplicó a los datos de peso de los ovarios en EMS 4 de julio y agosto de cada año de la serie, obteniéndose las regresiones respectivas. Desde 1982 a 1985, no se contó con registros del peso de los ovarios. En 1990, 1992 y 1994 había menos de 6 datos de hembras en EMS 4. Los datos de 1991 y 1996 corresponden a determinaciones de fecundidad de estudios anteriores (Balbontín y Bravo, 1993; Balbontín, 1996). Con las determinaciones de fecundidad de 1991, 1996, las del proyecto FIP 99-15 de 2000 y las estimaciones de fecundidad realizadas sobre la base del peso de los ovarios de 1986, 1987, 1989 y 1993, se calculó una fecundidad promedio histórica.

En el tiempo no se habrían producido grandes cambios en la fecundidad de la merluza del sur. Al comparar la fecundidad en hembras de 70 y 100 cm LT sobre la base de la ecuación para los datos entre fecundidad y LT del promedio histórico con la determinaciones de fecundidad efectuadas en el laboratorio en 1994 y 2000, se observa que el menor valor corresponde a

1994, el más alto a 2000, y el valor intermedio a la fecundidad histórica. Cabe destacar que las muestras de 1994 se recolectaron a fines de agosto y primera quincena de septiembre; en cambio las del año 2000 se obtuvieron entre el 5 y el 26 de agosto. Valores igualmente bajos se calcularon con muestras de 1999 recolectadas a partir del 10 de septiembre. Aunque no hay estudios que demuestren que las sucesivas tandas de desove contengan progresivamente menos ovocitos, hay indicios que esto puede ocurrir en el jurel de las costas de California (Macewicz y Hunter, 1993).

Talla 50% de la primera madurez sexual. Se dispuso de datos de laboratorio en que las determinaciones del EMS se efectuaron microscópicamente y que correspondieron a 1991, 1994, 1996, 1999 y 2000. La talla 50% de primera madurez sexual para la base histórica de datos se estimó para cada año desde 1982 en adelante, considerando la determinación macroscópica de los EMS realizada a bordo por los muestreadores y con un límite máximo del índice gonadosomático (IGS) para el EMS 2 de 1,2. Se utilizó el método de máxima verosimilitud para ajustar un modelo logístico de madurez (Welch y Foucher, 1988).

La talla 50% de primera madurez en merluza del sur determinada macroscópicamente presentó grandes variaciones interanuales, con valores extremos de 70,7 en 1986 y 78,5 en 1994. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estas variaciones son atribuibles al muestreo y no se consideran un reflejo de los posibles cambios que esta talla pudiera experimentar en el tiempo. Las estimaciones basadas en observaciones macroscópicas de la serie de datos biológicos podría validarse con observaciones microscópicas, pero se requiere de mayor número de determinaciones para que esta validación tenga un fundamento estadístico. Las determinaciones microscópicas dieron valores más bajos de esta talla, las que de acuerdo al método de máxima verosimilitud fueron de 70,8 a 74,1 cm LT. Por otra parte, las diferencias visuales observadas en estas determinaciones no son estadísticamente significativas, por lo que se optó por un valor promedio de 73 cm LT para esta talla.

Frecuencia del desove. Su estimación se basó en la proporción diaria de hembras con ovocitos hidratados en relación al número de hembras maduras (Hunter y Macewicz, 1980; Clarke, 1987). El número de tandas de desove se estimó de acuerdo a la extensión del período de desove calculado con los valores más altos de los índices gonádicos y considerando los EMS 4. Para estimar la frecuencia del desove en la base biológica de datos del IFOP, se seleccionaron las hembras en EMS 4 y con IGS sobre 3 presentes en agosto de cada año, en el supuesto que corresponderían a hembras desovantes del día.

Las estimaciones microscópicas comprendió desde 3,5 a 37 días. Si se considera atípico el valor de 3,5 días por estar muy alejado de resto de los valores, el rango de las estimaciones es de 24 a 37 días, con una media de 29. El rango estimaciones macroscópicas comprendió desde 7 a 30 días, con una media de 13. Las discrepancias entre las estimaciones microscópicas y macroscópicas se explican por una sobrerrepresentación del número de gónadas hidratadas de acuerdo a la observación macroscópica. En este caso, la medición del diámetro es clave para definir el inicio del proceso de hidratación de los ovocitos. Las estimaciones de la frecuencia del desove en otras especies del género *Merluccius* son comparables entre sí en cuanto al orden de magnitud. En *M. hubssi* de la costa argentina, se estimó una frecuencia de desove de 3 a 4 veces en la temporada de puesta, lo que sucedería cada 22 días (Olivieri y Christiansen, 1987). En la merluza común, *M. gayi gayi*, se postula

de manera preliminar que desova cada dos semanas, con un total de 16 tandas de desove (Alarcón y Arancibia, 1993). En la merluza europea, *M. merluccius*, las estimaciones comprenden desde 5 a 19 días (Murúa *et al.*, 1998).

El número de veces que una hembra puede desovar dependerá por lo tanto, de la amplitud del período de desove. La merluza del sur presenta una época de desove que alcanza su máximo de actividad a fines de invierno. Los datos disponibles señalan que pueden existir diferencias interanuales de algunas semanas en la fecha de máxima actividad reproductiva (Aguayo *et al.*, 1987, 1991; Balbontín y Bravo, 1993; Balbontín *et al.*, 1994; Balbontín, 1996). Una primera aproximación al número de tandas de desove es de dos a tres. En términos de extensión del período de desove de acuerdo a la talla, las hembras de menor talla desovarían aproximadamente durante un mes y medio. Las de tallas intermedias durante dos meses y las más grandes cerca de dos meses, dependiendo si se considera que hubo actividad reproductiva importante en julio. De acuerdo a estos datos y considerando una frecuencia de desove de 29 días, las hembras más chicas podrían desovar una vez en julio y una vez en agosto. Las de tamaño intermedio y quizás también las más grandes, realizarían tres tandas de desove. Sin embargo, estos resultados son preliminares, en particular por los pocos datos de las hembras de tallas grandes y deben confirmarse con algún método alternativo.

En varias especies de peces se han observado modificaciones de largo plazo en la fecundidad en respuesta a cambios en las condiciones ambientales (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 en la poblaciones de peces que se manifiesta en cambios en la edad y talla de la primera madurez junto con los cambios en la tasa de crecimiento.

Algunos de los cambios que pueden producirse en las estrategias reproductivas de los peces se reflejan en el número de tandas de desove en la temporada de desove, en la fecundidad, en la sincronización del período de desove y en la talla y edad de primera madurez sexual (Trippel *et al.*, 1997). Un cambio en cualquiera de estos parámetros producirá un cambio en la producción de huevos del stock desovante.

REFERENCIAS

- Aguayo, M., Z. Young, R. Bustos, T. Peñailillo, V. Ojeda, C. Vera, H. Hidalgo y I. Céspedes. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur austral. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 209 p. + 1 anexo.
- Aguayo, M., I. Payá, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI-IFOP 91/6). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 83 p. + 60 tablas.

- Alarcón, R. y H. Arancibia. 1993. Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la merluza común, *Merluccius gayi gayi*, (Guichenot, 1848). Cienc. Tec. Mar, CONA 16: 33-45.
- Balbontín, F. y R. Bravo. 1993. Fecundidad, talla de la primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 28:111- 132.
- Balbontín, F., R. Bravo y R. Bernal. 1994. Índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur. Informe Técnico para el Instituto de Fomento Pesquero, 21 págs.
- Balbontín, F. 1996. Índice gonadosomático, estados de madurez y fecundidad a la talla de merluza del sur. En: Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur austral. Informe Técnico para el Instituto de Fomento Pesquero, 24 págs.
- Clarke, T.A. 1987. Fecundity and spawning frequency of the Hawaiian anchovy or nehu, *Engrasicholina purpurea*. Fish. Bull. U.S. 85: 127-138.
- Hunter, J.R. and B.J. Macewicz. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency, and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. CalCOFI Rep. 21: 139-149.
- Hunter, J.R, N. Lo and R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (ed) An egg production method for stimating spawning biomass of pelagic fish: Aplicacion to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Repoprt, NMFS 36: 67-77.
- Macewicz, B.J. & J.R. Hunter. 1993. Spawning frequency and batch fecundity of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, off California during 1991. CalCOFI Rep. 34: 112-212.
- Murúa, H., L. Motos and P. Lucio. 1998. Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* L.) in the bay of Biscay. CalCOFI Rep. 39: 196-203.
- Olivieri , C. y H. Christiansen. 1987. Consideraciones preliminares sobre la frecuencia reproductiva de la merluza común (*Merluccius hubssi*). Publicaciones de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo 3: 67-71.
- Schmitt, C.C. & B.E. Skud. 1978. Relation of fecundity to long term changes in growth, abundance and recruitment. Int. Halibut Comm. Sci. Rep. 66, 31 págs. Seattle, Wash.
- Shelton, P.A. & 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.

- Stearns, S. C. and 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 and 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, págs. 31-62.
- Welch, D. y Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:333-343.

Distribución y abundancia de huevos y larvas de merluza del sur y su relación con variables oceanográficas.

Fernando Balbontin
Universidad de Valparaíso
Taller FIP 2000-13

La información recopilada en esta presentación correspondió a aspectos relacionados con las primeras etapas de la vida de los peces, la distribución y abundancia de las larvas de la merluza del sur y el efecto de las condiciones ambientales en las larvas de peces. Las fuentes de información fueron tesis, publicaciones científicas e informes técnicos.

Primeros estadios de la vida de los peces. Los 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).

Se dispone de descripciones de los primeros estadios de desarrollo de la merluza del sur (Uribe, 2000). La larva es fácilmente diferenciable de otras especies emparentadas presentes en la zona sur. También presenta caracteres que permiten distinguirla de las larvas de la merluza común. En cambio, los huevos de merluza común y merluza del sur son muy similares y no se dispone de estudios comparados que permitan diferenciarlos. Se ha comprobado la presencia de adultos de las dos especies de merluza en el canal Moraleda, pero no hay antecedentes que indiquen que las dos especies desoven en la misma área (Bernal *et al.*, 1997).

El conocimiento sobre las áreas de concentración de huevos de la merluza del sur en aguas exteriores de la zona austral es escaso y su ubicación se ha estimado principalmente sobre la base de la presencia de hembras desovantes. Esta área principal de desove se ubica entre isla Guafo y cabo Elena. Existe una veda reproductiva que tiene lugar en agosto. En un crucero realizado en agosto de 1992 (Payá *et al.*, 1993), se encontraron huevos de merluza frente a la isla Grande de Chiloé por el norte y hasta cabo Elena por el sur. El número de huevos por 10 m² de superficie de mar por estación de muestreo positiva varió entre 18 y 147.

Como resultado de los cruceros denominados Cimar Fiordo, en los canales australes se ha registrado una alta abundancia de larvas de merluza del sur. En un crucero oceanográfico realizado en octubre y noviembre de 1995 entre el seno de Reloncaví y estero Elefantes, se encontró una abundancia promedio de 18,1 larvas/10 m² de superficie de mar y una frecuencia de ocurrencia en las estaciones de muestreo de 46% (Balbontín y Bernal, 1997). En esa ocasión, se hicieron algunas estaciones de muestreo en aguas exteriores, sin que se detectara la presencia de larvas, excepto en bahía Darwin. En un crucero posterior, realizado entre el golfo de Penas y el estrecho de Magallanes, en octubre y noviembre de 1996, la abundancia promedio de larvas de merluza austral fue de 2,7 (Bernal y Balbontín, 1999). En un tercer crucero que abarcó la zona de canales desde el estrecho de Magallanes

al cabo de Hornos, no se encontraron larvas de esta especie (Bernal y Balbontin, datos en elaboración). Es importante hacer notar que de los meses de muestreo, octubre corresponde al término de la época de desove y por lo tanto debería esperarse una baja abundancia de larvas.

En estos estudios no se encontraron larvas de merluza del sur mayores de 20 mm LE. De acuerdo a lo observado en *Merluccius hubbsi* de la costa argentina, a esa talla la merluza es capaz de evadir las redes de plancton tradicionales y al mismo tiempo, realiza migraciones nictimerales, siendo frecuentemente capturadas cerca del fondo marino (Ehrlich, 1997). Este cambio en el modo de vida debe traer consigo una modificación en la tasa de sobrevivencia, ya que involucra cambios en la alimentación de la merluza y probablemente también en su relación con los predadores.

Variables ambientales. Diversos estudios han puesto de manifiesto la importancia de la componente ambiental en la tasa de sobrevivencia larval. Condiciones favorables o bien desfavorables para su desarrollo y crecimiento serían determinantes de la fuerza de la clase anual a que esas larvas dan origen (Cushing, 1975; Lasker, 1975; Sinclair & Iles, 1988).

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 golfo de Corcovado y la laguna San Rafael, se identificó una serie de procesos oceanográficos, en cuya dinámica juega un papel importante la topografía del fondo, en particular lo que se denomina constricción de Meninea, con profundidades cercanas a los 50 m (Silva *et al.*, 1997). De esta manera, se reconocen desde el punto de vista oceanográfico dos cuencas situadas al sur y al norte de la isla Meninea. El esquema de la circulación general en la zona indicada comprende agua de baja salinidad ubicada aproximadamente entre los 0 y 30 m de profundidad. Esta agua fluye hacia el norte por el interior de los canales, saliendo por la boca del Guafo, como también por los canales que se conectan con el océano abierto, haciéndose cada vez más salinas. En el nivel intermedio, bajo los 30 m, el agua subantártica fluye al interior de los canales desde la boca del Guafo por el canal Moraleda hacia el sur (Silva *et al.*, 1997). Según estos autores, 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 del agua ecuatorial subsuperficial debido a los impedimentos topográficos.

La presencia de los huevos y larvas de merluza del sur en el interior de los canales puede corresponder a un desove en esta zona o bien al transporte desde el área de puesta situada en aguas exteriores. De acuerdo a la 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 del sur, en otras especies del género *Merluccius*, los primeros estadios de desarrollo se ubican bajo la capa de mezcla superficial. No hay información suficiente para estimar el posible efecto de los flujos de marea en el transporte larval.

Las larvas de merluza del sur se han capturado tanto en los canales centrales como cerca de la cabeza de los fiordos, por lo que aparentemente las salinidades bajas de esos sectores no limitarían su distribución (Balbontín y Bernal, 1997). Los intentos por correlacionar la temperatura y salinidad del mar, tomando como referencia los datos obtenidos a 25 m de profundidad, con la distribución y abundancia de larvas señalan que éstas se distribuyen en un amplio rango de valores, pero con cierta preferencia por valores altos, los que corresponderían en la zona de los canales a cuerpos de agua de origen oceánico (Pinochet y Salinas, 1996; Bernal y Balbontín, 1999).

Series históricas de datos de la fuerza y dirección del viento han permitido relacionarlas con el éxito de la sobrevivencia en peces (Bakun y Parrish, 1982; Cury y Roy, 1989). En un estudio de los factores que afectan el reclutamiento de la merluza común, se concluyó que las variables ambientales, en que se incluyó el índice de surgencia y la temperatura superficial del mar, explicaban un 53% de la varianza del reclutamiento (Balbontín *et al.*, 1994). Frente a Valparaíso, la época principal de desove de la merluza común y de otras especies de peces corresponde a los meses en que el índice de surgencia es moderado (Montecinos y Balbontín, 1993). Por otra parte, el análisis de la señal anual del índice de surgencia calculado sobre la base de datos de diez años de la estación meteorológica situada en la isla Guafo (Payá *et al.*, 2000), mostró que los valores más bajos del índice se observaron en agosto, que corresponde a la época de desove de la merluza del sur. Se considera de interés obtener registros de largo plazo de datos de dirección e intensidad del viento y temperatura superficial del mar en algunos lugares de la zona sur que puedan posteriormente considerarse en un modelo biológico de la merluza del sur que incluya variables ambientales.

REFERENCIAS

- Bakun, A. and R. H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Perú current systems. CalCOFI Reports 23: 99-112.
- Balbontín, F., A. Zuleta, S. Rosales, M. Aguayo & O. Rojas. 1994. El reclutamiento de la merluza común *Merluccius gayi gayi* y las condiciones ambientales. Informe final del proyecto FONDECYT 92-0531.
- 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.
- Bernal, R., F. Balbontín y O. Rojas. 1997. Patrones de distribución de huevos y larvas de *Merluccius gayi gayi* de la costa de Chile y factores ambientales asociados. Revista de Biología Marina 32: 45-66.
- Bernal, R. y F. Balbontín. 1999. Ictioplancton de los fiordos entre el golfo de Penas y estrecho de Magallanes y factores ambientales asociados. Revista Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 22: 143-154.

- Cury, P. and C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 670-680.
- Cushing, D.H. 1975. *Ecología Marina y Pesquerías*. Editorial Acribia, España, 256 pp.
- Ehrlich, M. 1997. Los primeros estadios de vida de la merluza *Merluccius hubbsi*, Marini 1933, en el Mar Argentino como aporte al conocimiento de su reclutamiento y estructura poblacional. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires.
- Houde, E.D. 1987. Fish early dynamics and recruitment variability. *American Fisheries Society Symposium* 2:17-29.
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relations between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fishery Bulletin U.S.*, 73: 453-462.
- Montecinos, A. & F. Balbontín. 1993. Indices de surgencia y circulación superficial del mar: implicancias biológicas en un área de desove de peces entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso 28(1) :133-150.
- Norcross, B. & R. F. Shaw. 1984. Oceanic and estuarine transport of fish eggs and larvae: a review. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 113 :155-165.
- Payá *et al.*, 1993. Informe Final proyecto FIP 93-20.
- Payá, I., N. Ehrhardt, P. Rubilar, C. Montenegro y V. Espejo. 2000. Investigación CTP regionalizada de merluza de cola 2000. Informe Final IFOP-SUBPESCA, 78 pp.
- Pinochet, P. y S. Salinas. 1996. Estructura térmica y salina de fiordos y canales adyacentes a Campos de Hielo Sur, Chile. *Cienc. Tecnol. Mar, CONA* 19: 93-122.
- Silva, N., C. Calvete y H. Sievers. 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 Tecn. Mar, Chile* 20: 23-106.
- Sinclair, M. and T.D. Iles. 1988. Population richness of marine fish species. *Aquatic Living Resources* 1: 71-83.
- Uribe, F. 2000. Descripción de larvas de cuatro especies de peces de la zona austral de Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología Marina y al título de Biólogo Marino. Universidad de Valparaíso, 142 pp.

Caracterización oceanográfica y atmosférica de la zona de estudio, con especial interés en las áreas de reclutamiento y desove.

Hernán Reyes R.
Instituto de Fomento Pesquero
Taller FIP 2000-13

El esquema de la circulación general en la zona exterior de canales de la X a XII región indica un flujo oeste-este que se acerca a la costa entre los 38° a 42° S, definida como Corriente de Deriva del Oeste (CDO). De la bifurcación de la CDO nacen dos importantes corrientes, una en dirección norte conocida como Sistema de Corrientes de Humboldt y la otra hacia el sur que corresponde a la Corriente del Cabo de Hornos. La CDO parece tener un punto fijo de bifurcación latitudinal constante sin embargo longitudinalmente este se encontraría mas alejado de la costa durante el invierno (78°W). El sector de choque y bifurcación de la CDO corresponde a la zona conocida de máxima intensidad de desove de la merluza del sur. Entre los 100 y 400 m de profundidad, hábitat de la merluza del sur, se localiza la masa de agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) que alcanza hasta el 47°S por el sector exterior. La AESS es transportada por la Corriente Subsuperficial Chile – Perú y esta presenta una fuerte variabilidad en frecuencias de días y semanas, lo que podría influir en la dispersión o retención de huevos de merluza del sur, A una escala de tiempo interanual, la AESS, ha presentado también cambios en los porcentajes de mezcla que han sido medidos en los 30°S. Durante los años con presencia de la fase cálida del ENSO la AESS presentó mayores porcentajes de participación en comparación a aquellos registrados durante la fase fría, La Niña. Valores de stress del viento indican que entre los paralelos 43° y 45°S se registran bajos valores del esfuerzo meridional en el periodo invierno-primavera. La componente zonal es comparativamente mayor durante todo el año con relación a distintas latitudes con un máximo en invierno y primavera. Valores de clorofila en superficie en la zona indican que para el sector entre los 41° y 45°S, los máximos se registran entre mayo y junio.

En el sector de aguas interiores la topografía del fondo junto a la circulación exterior y los aportes de aguas dulces desde el continente juegan un importante rol en las características hidrográficas y de circulación. El esquema de la circulación general en la zona de canales corresponde al tipo estuarino, con un flujo superficial (30 m) hacia el exterior transportando agua dulce mezclada con agua salina. Bajo este flujo se ubica otro que fluye hacia el interior de cada región encontrándose con barreras topográficas que limitan el paso de aguas más profundas y salinas.

La zona de canales de la XI y XII han sido caracterizados en 5 sectores cada una. Estos sectores presentan perfiles de temperatura y salinidad bien definidos y que reflejan los aportes de agua, los patrones de circulación en cada uno de ellos derivados de la topografía del fondo y de las características del agua salina que logra penetrar a los canales. En los canales de la XI región, Puyuguapi, Jacaf y Moraleda se ha encontrado agua de origen ecuatorial subsuperficial en el fondo, como también se presentaría, en forma muy baja, en algunos canales de la XII región.

Revisión del proceso de reclutamiento desde el punto de vista ecológico.

Carlos A. Moreno
Universidad Austral de Chile.
Taller FIP 2000-13

Desde el punto de vista de la ciencia ecológica, el reclutamiento es un proceso que permite a las poblaciones integrar la última cohorte a la primera edad. Este concepto se hace necesario, ya que el ciclo de vida de los peces incorpora una etapa larvaria de dispersión durante la cuál ocurre el desarrollo hasta la metamorfosis de las larvas a un juvenil, que pasa sus primeros años en el área de cría. El momento del fin de la metamorfosis, ocurre además un cambio de hábitat, que con el nombre de "asentamiento" como una primera medida del reclutamiento.

Debido a que esta etapa de dispersión larvaria presenta una gran dependencia de fenómenos oceanográficos, para conocer los procesos físicos que conducen las larvas hacia las zonas de crías, principalmente en las plataformas continentales, se han estudiado principalmente, el forzamiento de las masas de agua marina por viento, mareas y diferencias de densidad o boyantes. De estos procesos el más importante suele ser el forzamiento por vientos, el cual puede ser entendido básicamente por la conocida circulación de Ekman, lo cual implica transportes a través de la plataforma, pero simultáneamente a lo largo de la plataforma, que puede transportar las larvas hacia hábitats apropiados y/o inapropiados. En este proceso, las direcciones, intensidades y frecuencias de los vientos son las variables determinantes, además de la forma y topografía de la plataforma y el parámetro de Coriolis. Los efectos de mareas se relacionan el océano abierto con olas internas y en zonas de bahías y canales con flujos, correlacionados con fenómenos lunares. Las corrientes de boyantes, son particularmente importantes en zonas estuarinas.

Durante el transporte físico de las larvas, ocurren una serie de fenómenos biológicos que deben ser considerados en los estudios de sobrevivencia larvaria, como por ejemplo comportamiento de las larvas (movimientos verticales, natación etc), períodos críticos en el desarrollo (como el paso de la alimentación vitelina a captura del alimento en el medio), abundancia de alimentos en el medio, competidores, depredadores, etc. Todos estos procesos, tanto físicos como biológicos, se han integrado en múltiples hipótesis que permiten explicar la variabilidad de la fuerza de las cohortes en una población, entre ellas las principales han sido las Hipótesis: conocidas como Match - Mismatch, Ventana ambiental óptima y la del balance entre retención (miembros) y dispersión fuera del hábitat (extraviados), conocida como "del miembro expatriado".

Los estudios modernos sobre esta materia implican la aplicación de instrumentación de registro continuo, en base a estaciones fijas tanto de muestreo de los fenómenos de corrientes como de la abundancia de los estadios larvarios y juveniles, de tal manera que se

puedan construir índices comparativos de abundancia y/o fuerza de las cohortes. Apoyado por cruceros y observaciones satelitales.

Aspectos tróficos de merluza del sur

Humberto Pool
Instituto de Fomento Pesquero
Taller FIP 2000-13

Las interacciones biológicas *intra e interespecíficas*, y en específico la dinámica trófica, han sido señaladas como uno de los principales procesos, no ambientales, modificadores de los parámetros poblacionales de las especies que componen las pesquerías mixtas. Bajo este marco, es que se hace importante realizar y mantener estudios o programas que afronten esta problemática desde un punto de vista global. De acuerdo con esto y reconociendo la naturaleza multiespecífica de las capturas en la pesquería de la zona sur-austral, resulta importante conocer las interacciones biológicas entre las diferentes especies en esta comunidad. De acuerdo con los estudios realizados hasta el momento, la merluza del sur es considerada un depredador tope de la comunidad demersal y sus principales presas son la merluza de cola y merluza de tres aletas (Avilés *et al* 1979, Ojeda 1981, Payá y Rocha 1991, Payá 1992 y Pool *et al* 1997).

Pool *et al* 1997, indican que el principal ítem alimentario de merluza del sur fue *Macruronus magellanicus* entre los 41° a 55 ° LS. En aguas interiores de la Unidad de pesquería Norte (UPN), es seguida por Sardina Común (en verano y otoño) y restos de peces (Tabla 2). Mientras que en la Unidad de Pesquería Sur (UPS) el segundo ítem alimentario fue *Caelorhynchus fasciatus*. La merluza de tres aletas solamente es consumida en una terminada época del año (Tabla 2).

El índice de Shannon H' estimado por Pool *et al* (1997), nos indica que la merluza del sur es más bien estenofágica, con valores de H' entre 0.034 en aguas interiores y 0.27 en exteriores. Siendo esta característica dada por la preferencia predominantemente ictiofaga, con un estrecho rango de presas en aguas interiores y una rango más amplio en aguas exteriores.

Respecto del consumo de huevos y larvas de merluza del sur por parte de merluza de tres aletas, algunos estudios indican este hecho, sin embargo, Pool *et al* 1997, no encontraron indicios de estos ítemes en los contenidos estomacales analizados, encontrando principalmente crustáceos y resto de teleósteos. Lo anterior se podría deber a que los huevos y larvas son muy lábiles.

Existen pocos antecedentes sobre los potenciales depredadores de merluza del sur, y como estos estarían influenciando su ciclo vital, especialmente en las fases tempranas.

Referencias

- Aviles, S. M Aguayo & M Cañon. 1979. Congrio dorado, *Genypterus blacodes* 8Schneider) 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 pp.
- 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 pp.
- Payá I y 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 deCiencias del Mar. Pág. 58.
- Pool H, F. Balbontin, C. Montenegro, N. Cortes y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas recursos demersales sur-austral. Informe Final FIP 94-32. IFOP-FIP.

Dinámica del reclutamiento de merluza del sur y condiciones ambientales

Ignacio Payá C.
Instituto de Fomento Pesquero
Taller FIP 2000-13

Se presentó una revisión de los principales resultados obtenidos en el proyecto FIP 97-14 sobre Estrategias de explotación en merluza del sur y congrio dorado en la zona sur austral bajo incertidumbre del tamaño y rendimiento sustentable del stock (Payá et al 2000b). Luego se presentaron análisis preliminares realizados en el presente proyecto de la relación huevos-reclutamientos de merluza del sur y las variables ambientales.

Del proyecto FIP 99-14 se presentó la revisión de la información que soporta las matrices de captura a la edad provenientes de los muestreos de IFOP y la generación de nuevas matrices de captura a la edad construidas desde la información contenida en las estadísticas de exportaciones por calibre. En la nueva matriz de datos se aprecia una fuerte presencia de individuos menores de 9 años de edad que aparecen escasamente representados en los muestreos de IFOP. Luego de 1991 la presencia de estos individuos juveniles disminuye debido a la implementación de la talla mínima legal de 60 cm. Se describió el método de evaluación de stock empleado así como los resultados principales, que muestran una fuerte disminución de la abundancia (80%) y una relación huevos-reclutas de carácter lineal que sugiere una relación denso-independiente, sin la presencia de procesos depensatorios como el canibalismo.

Los análisis realizados en el presente proyecto sugieren que la relación entre los huevos y los reclutamientos estaría gobernada fundamentalmente por procesos denso-independientes y que las variables ambientales analizadas explicarían solo una pequeña parte de la variabilidad de esta relación. Esto se pudo inferir de dos tipos de análisis, el primero consistió en buscar correlaciones entre los residuos de la relación huevos-reclutas y diferentes variables ambientales (turbulencia y surgencia medidas en Isla Guayo, precipitaciones de Pta. Arenas y temperatura superficial del mar en Pto. Willians). Solamente la temperatura superficial del mar registrada en Pto. Willians apareció correlacionada con los residuos de la relación huevo-reclutas, pudiendo explicar solo el 40% de la varianza de estos residuos. La incorporación de esta variable en el modelo huevos-reclutas agregó una pequeña mejora al ajuste. El otro tipo de análisis realizado se basó en un modelo aditivo general estimado mediante el algoritmo ACE (Alternative Conditional Expectation), el cual transforma tanto las variables dependientes como independientes. Las transformadas de las variables independientes muestran que el principal aporte a la variabilidad del reclutamiento proviene de la producción de huevos, aunque se observa una ventana ambiental óptima para la temperatura superficial del mar de Pto. Willians.

Finalmente se discutieron las limitaciones principales de los análisis destacándose la necesidad de estimar el descarte anual total para el año en que existe el muestreo y simular el efecto de diferentes niveles de descarte en los años pasados sobre los estimados de reclutamientos y la diagnosis del recurso.

Referencias

Payá I., N. Ehrhardt, H. Pool, M. Aguayo, V. Ojeda y R. Céspedes. 2000b. Estrategias de explotación en merluza del sur y congrio dorado en la zona sur austral bajo incertidumbre del tamaño y rendimiento sustentable del stock. IFOP. FIP 97-14. 164 páginas, 119 figuras, 39 tablas y anexos.

Movimiento de la Merluza del sur (*Merluccius australis*, Hutton 1872) en aguas interiores de la X región derivado del conocimiento empírico de los pescadores.

Alfredo Cuevas
Instituto de Fomento Pesquero
Taller Fip 2000-13

Merluccius australis, (Hutton 1872) es una especie demersal que se distribuye desde la VIII a la XII región, y que para efectos de administración la pesquería a sido subdividida en sentido latitudinal en dos grandes áreas: a).- Unidad de Pesquerías Norte (UPN, 41°28,6' - 47°00' L.S:), b).- Unidad de Pesquerías Sur (UPS, 47°01' - 57°00' L.S.). Ambas unidades abarcan tanto las aguas interiores como exteriores. Su distribución batimétrica es muy amplia, encontrándose entre los 60 y 800 m. de profundidad. Biológicamente presenta crecimiento diferencial entre sexos, su talla de primera madurez sexual corresponde a 70 cm. y 9 años de edad aproximadamente. Es una especie longeva, cuya edad máxima se estima en 25 años. El desove es por tandas, con un máximo entre junio y septiembre, en áreas o focos de desove bien definidos.

El desarrollo histórico de la pesquería sur austral comienza en 1977 con la autorización de buques arrastreros fabricas extranjeros. En 1980 comienzan a operar barcos arrastreros hieleros. Posteriormente, a contar de 1986 comienza a desarrollarse el sector artesanal y la operación de barcos espineleros factorías y hieleros.

En sus inicios, la actividad artesanal dedicada a la merluza del sur estuvo concentrada casi exclusivamente en la X región, así en 1988 año que se logra el máximo desembarque histórico de 22.018 t., equivalente a un 73,4% del total desembarcado por el sector artesanal ese año.

Durante los meses enero - marzo de 2001 se aplicaron entrevistas a pescadores y personas involucradas con la actividad (proveedores, compradores, jefes de faenas y otros). Las preguntas estaban orientadas a recabar información sobre los movimientos del recurso en aguas interiores de la X región (Golfo de Ancud y Seno de Reloncavi), y la manera en como los pescadores interactúan con el recurso (zonas de pesca, estacionalidad en las capturas, donde se encuentran los juveniles, los adultos y sus movimientos longitudinales y verticales).

Los resultados obtenidos indican, que según la percepción de los pescadores, en primavera-verano existe un marcado regreso de las merluzas a aguas interiores a través del Golfo del Corcovado y Canal de Chacao. A fines de otoño emprende el regreso a aguas exteriores por el Golfo del Corcovado, así también por el Canal de Chacao.

Entre septiembre y marzo se produce una entrada y salida de merluzas adultas en el Seno de Reloncavi, y a fines de abril empezaría a emigrar y desaparecer definitivamente entre julio-septiembre. Las zonas de pesca donde se producen las mejores capturas en el Golfo de Ancud, durante los meses de junio y julio, son: Buill, Ayacara, Huequi, Butachauques y Poyo. En el Canal Comau existe buena pesca durante todo el año excepto en agosto y septiembre cuando la merluza también desaparece en Telele

Leptepu, Puerto Bonito. En el Seno de Reloncavi durante verano se produce buena pesca a la cuadra de Islas Caicuras e Isla Guar , y en primavera a la cuadra de Chaicas e Isla Guar.

Con respecto a la migración vertical, los pescadores perciben que los tamaños grandes o peces adultos siempre están en el fondo aproximadamente a 15 brazas de este; pero que durante la noche migran a aguas superficiales pero no mas allá donde se encuentran los juveniles. Por otro lado, ellos estiman que los ejemplares juveniles siempre están en la superficie, ya sea de día y de noche a una profundidad entre 15 a 100 brazas.

Otras opiniones relacionada con migración de la merluza, indican que años atrás los pescadores percibían una migración más marcada. Ellos sabían donde estaban los ejemplares grandes, hoy en cambio hay merluza todo el año y de tamaño parejo, también se apreciaba que en otoño era marcada la presencia de todas las tallas y en invierno comenzaban a aparecer juveniles.

Revisión del Reclutamiento en *Merluccius australis*, Hutton 1872 (variabilidad, distribución, abundancia y efectos de la pesca sobre la fracción recluta y juvenil).

Pedro S. Rubilar
Instituto de Fomento Pesquero
Taller FIP 2000-13

El proceso de reclutamiento en merluza del sur ha sido poco estudiado, de hecho la mayoría de los estudios y recopilación de información durante el desarrollo de esta pesquería a estado dirigida a recopilar antecedentes de desembarques, estructura de tallas, esfuerzo de pesca. Solamente dos estudios financiados por el FIP, han estado dirigidos a conocer aspectos del reclutamiento, específicamente a conocer las áreas de concentración de reclutas en aguas interiores (Céspedes *et al* 1996a y Céspedes *et al* 1996 b). Ellos consideraron reclutas a los peces entre 30 cm de LT y 64.9 cm LT (talla de primera madurez).

En este sentido se consideraron áreas de reclutamiento o de crianza las siguientes: En la X región el Seno de Reloncaví, Golfo de Ancud, Esteros continentales y Grupo Chauques. En la XI región Seno Aysen, Estero Quitralco, Canal Puyuhuapi.

En la XII región, Céspedes *et al.* 1996b, indican que en el área norte (Seno Unión, C. Cuttler próximos a E. Nelson) se detectó una importante presencia y rendimientos de reclutas. En este mismo estudio se señala que en aguas interiores de esta región no fueron identificadas áreas de reclutamiento, no obstante se capturaron ejemplares menores a 69,4 cm y 9 años. Rubilar *et al.* 2000, en el sector de Estrecho Nelson detectan también una importante presencia de juveniles.

En aguas exteriores se señala la presencia de juveniles y reclutas en la zona norte (norte 47 LS), pero sin patrón constante año a año. Aguayo *et al.*(1993), mostraron una importante proporción de reclutas en las distribuciones de tallas (AF) durante el primer trimestre de los años 1987 y 1988 y durante el cuarto trimestre de 1986, 1987 y 1990 en la UPN. La evaluación hidroacústica de Merluza común en la zona centro Sur (40° 20' a 41 23' LS) fueron capturados en lances de pesca reclutas y pre reclutas de M del sur con una moda de 32 cm. Al norte de los 43 -44 ° LS indicaría un área de reclutamiento (Lillo *et al* 1997). También en el Programa de seguimiento de la PDA se han encontrado una importante participación de reclutas en las distribuciones de talla provenientes de la UPN.

Se ha observado una variación la abundancia de los reclutas en el espacio y en el tiempo, en las tres regiones. Rubilar *et al.*, 2000 indican una clara variación espacial y temporal de la fracción recluta y juvenil en aguas interiores de la X región. En sentido temporal la situación es generalizada en la X región, ya que tanto en el Seno Reloncaví como en el Golfo de Ancud se observaron un aumento considerable en la proporción de juveniles (medido en número de individuos) en las temporadas de invierno y primavera,

con valores que fluctuaron entre 77% y 84% en el Seno Reloncaví y, 60% y 79 % en el Golfo de Ancud, respectivamente.

Al interior del Seno Reloncaví, la presencia de ejemplares reclutas y juveniles (menores a 70 cm) también presentó una variación espacial y temporal. Espacialmente, ciertas áreas de pesca como Isla Guar, Lenca - Quillaípe, e Islas Caicuras, donde la proporción de juveniles es relativamente menor durante el verano, pero existen otras áreas, como es el caso de Contao, donde la concentración de juveniles fue alta durante todo el período de estudio. En general, se observa en todos los caladeros del Seno Reloncaví un aumento de la proporción de juveniles.

En la XI región los sectores de Islote Guayenec - Isla Senec y de Puerto Gaviota - Puerto Amparo exhiben un comportamiento similar durante las estaciones de primavera y verano, observándose una captura con predominio de ejemplares adultos, en invierno la situación cambia, detectándose en ambos sectores una importante presencia de juveniles, mayor al 60 % de la captura. El sector de Isla Casma - canal Costa presenta una importante proporción de juveniles en todas las estaciones, siendo especialmente elevadas en otoño e invierno con un 40,9 y 68,9 % , respectivamente, lo que ratifica su carácter de área de crianza o de concentración de juveniles. En el sentido espacial, existen áreas donde la proporción de juveniles es más frecuente durante todas las estaciones del año, como es el caso del sector de Isla Casma - Canal Costa.

La variación estacional en la estructura de tallas y proporción de ejemplares juveniles en la X y XI regiones, sugiere la existencia de patrones migratorios asociados a procesos reproductivos de la especie (Aguayo - Hernández, 1994), lo que permitiría explicar las diferencias observadas en el tiempo y entre las áreas de pesca, así como también la tendencia que exhiben los ejemplares juveniles a un comportamiento más residente que los adultos (Céspedes *op. cit.*). Es decir, el aumento de la proporción juveniles en la captura sería un efecto de la migración de la fracción adulta hacia áreas de reproducción en aguas exteriores a partir del otoño; con posterioridad al desove, la población adulta reingresa hacia las áreas de alimentación en aguas interiores, entre mediados de primavera y principios del verano, periodo en el que se registró la menor participación de juveniles en las capturas.

Asimismo, durante la ausencia de una gran parte de la fracción de adultos (en proceso de reproducción), los juveniles extenderían su territorio de alimentación ocupando los espacios liberados por los adultos. Una vez que los adultos regresan a aguas interiores desplazarían a los juveniles hacia aguas someras, produciéndose competencia intraespecífica, proceso que de alguna forma explicaría una segregación entre juveniles y adultos, situación que aún requiere ser ratificada. Esto también permitiría explicar la mayor vulnerabilidad de los juveniles al aparejo de pesca usado en aguas interiores de la zona sur austral, hacia fines de otoño, invierno y comienzos de primavera.

Otro factor que podría estar incidiendo en algunas zonas de pesca más interiores, es el nivel de explotación a que han sido sometidas dichas áreas. Un ejemplo de esta situación podría ser el Sector de Isla Casma - Canal Costa, en el que mensualmente se concentra un alto esfuerzo de pesca, ya que pescadores de Puerto Aysén, Puerto Aguirre y Caleta Andrade, concurren habitualmente a este sector. La fuerte presión de pesca ejercida sobre los ejemplares de mayor tamaño, en conjunto con una baja tasa de ingreso de los mismos, probablemente por causas geográficas, como podría ser la falta

de una comunicación expedita con el mar exterior y otras zonas de pesca, resultaría en una remoción de ejemplares de mayor tamaño a una tasa más alta que su tasa de reemplazo. En la región norte, donde se ubican Puerto Gaviota e Isla Senec - Islote Guayanec, esto no ocurriría, ya que ambos sectores se encuentran ampliamente conectados a través del Canal Moraleda, por lo tanto la remoción de los ejemplares grandes puede ser atenuada por el ingreso de nuevos individuos.

Efectos de la pesca

La pesca en aguas interiores opera en gran parte sobre la fracción recluta y juvenil, en la X y XI regiones. Los resultados encontrados en el proyecto FIP 98-02 "Análisis de la estructura y condición biológica de merluza del sur y congrio dorado en aguas interiores de la X, XI y XII regiones" indican un significativo aumento del descarte en la X y XI regiones hacia las temporadas de invierno y primavera, producto en su mayoría de la juvenalización de la fracción vulnerable a la pesca en estos periodos del año. Los niveles de descarte son altos en promedio y pueden llegar a constituir el 50% de la captura en el periodo de invierno y primavera. Esto significa que durante la pesca comercial se estaría reportando una captura menor que la producida lo cual se traduce en un efecto sobre la población explotable no evaluado ni dimensionado.

En la XII región la situación no es muy diferente a lo encontrado en las regiones X y XI, en el sentido que se detectó un aumento de la proporción juvenil en las capturas y un aumento de los descartes hacia las temporadas de otoño e invierno; pero, en una dimensión inferior que lo observado en las otras dos regiones.

REFERENCIAS

- 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 del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (AP 87/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 93/3, 64 pág.
- Aguayo-Hernández 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, U.K., 305-337.
- Céspedes, R., L. Adasme, H. Reyes, H., M. Braun, E. Figueroa, V. Valenzuela, V. Ojeda y R. Roa. 1996a. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur austral. Informe final IFOP (proyecto FIP), 145 pág. (más tablas y figuras)
- Céspedes, R., C. Techeira, J. Blanco, V. Ojeda, H. Miranda, E. Almonacid y F. Cerna. 1996b. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la XII Región. Informe final IFOP (proyecto FIP), 100 pág. (más tablas y figuras).

Lillo S, M. Espejo & 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.

Rubilar PS, R Céspedes, V Ojeda, L Adasme, A Cuevas, F Cerna, & G. Ojeda. 2000. Análisis de la estructura y condición biológica de los recursos merluza del sur y congrio dorado en aguas interiores de la X, XI y XII regiones. Informe técnico IFOP- FIP, 83 pág., 106 tablas, 39 fig. + anexos.

Migración de merluza del sur: patrones reproductivos, trofodinámicos y actividad de la flota.

Renato Céspedes y Luis Adasme
Instituto de Fomento pesquero
FIP 2000-13

Merluza del sur es la principal especie objetivo en la pesquería demersal sur austral (PDA) de Chile (37° y 57 ° S.); sin embargo, este recurso fue sobreexplotado, afectando su biomasa (Aguayo *et al.*, 1993, 2000), y los rendimientos de pesca (Céspedes *et al.*, 1998a). Situación que ha llevado al establecimiento de una serie de medidas de regulación, para contrarrestar la caída de sus biomásas y sustentar la pesquería. En este sentido, la administración de un recurso requiere del conocimiento del ciclo de vida, siendo importante conocer los patrones migratorios en cada una de las fases del ciclo de vida, junto con identificar los procesos biológicos asociados a ellos, y su variabilidad espacio temporal, aspecto que en merluza del sur no está completamente conocido. Al respecto, el presente trabajo tiene como objetivo de sugerir (hipótesis) los posibles patrones migratorios en merluza del sur en sus diferentes ciclo de vida y los procesos biológicos asociados. La metodología empleada se basa principalmente en los estudios efectuados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), otros estudios publicados y observaciones realizadas en terreno. La mayoría de los estudios realizados sobre merluza del sur se han orientado a conocer los procesos biológicos pesqueros de la fracción explotada, mientras que en las restantes fases del ciclo de vida los estudios son escasos. Mediante el patrón espacio temporal de la actividad de la flota, la estructura de talla, actividad reproductiva, alimentación y estudios parasitarios, algunos autores han propuesto hipótesis de migración en merluza del sur en el cono sur (Aguayo, 1994; George-Nascimento y Arancibia, 1994; Céspedes *et al.*, 1996b). El trabajo concluye presentando patrones de distribución y migración para cada una de las fases de merluza del sur. Los huevos, larvas y prereclutas (1 a 3 años) se distribuirían principalmente en aguas exteriores entre los 43° y 47° S. (zonas costeras y cercanas a canales). En aguas interiores se han identificado áreas con mayor presencia de reclutas (juveniles, 4 a 9 años), no obstante se sugiere que también existen áreas de concentración de reclutas en aguas exteriores (en zonas costeras y zonas de pesca). Los adultos tienen una migración por reproducción y otra por alimentación, bajo la presencia de una sola unidad poblacional; sin embargo, se sugiere migraciones en el cono sur tanto hacia aguas chilenas como aguas argentinas e Islas Malvinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguayo, M., I. Céspedes, I. Paya, E. Figueroa, V. Ojeda y L. Muñoz. 1993. Diagnóstico de las principales Pesquerías Nacionales Demersales (Peces) Zona Sur Austral 1992. Estado de Situación y Perspectivas del Recurso. Santiago, Chile, IFOP:64p (SGI-IFOP 93/3).

- 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, U.K., 305 - 337.
- Aguayo, M., A. Zuleta, I. Paya y H. Pool. 2000. Investigación CTP merluza del sur 2000. Informe Final (proyecto SUBPESCA), IFOP, 59 p. (más tablas y figuras)
- Céspedes, R.; L. Adasme; H. Reyes; M. Braun, E. Figueroa, V. Valenzuela, V. Ojeda y R. Roa. 1996b. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la zona sur austral. Informe final IFOP (proyecto FIP), 145 p. (tablas y figuras)
- Céspedes, R.; Z. Young; V. Ojeda; F. Cerna; L. Adasme; H. Hidalgo; R. Bravo; H. Miranda y C. Vera. 1998a. 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.
- George-Nascimento, M. y H. Arancibia. 1994. La fauna parasitaria y la morfometría de la merluza austral *Merluccius australis* (Hutton) como indicadores de unidades de stock. Biología Pesquera 23: 31-47.

A N E X O 4

**Resúmenes
Taller Internacional**

Table 3 Number of vessels licensed to fish for hake or restricted finfish in the Falkland Islands first (January-June) and second (July – December) seasons. Restrictions on the number of vessels allowed to target hake were introduced in the second season 1992.

	First season hake	First season restricted finfish	Second season hake	Second season restricted finfish	Total
1987			18	30	48
1988	31		27	39	97
1989	10		55	23	88
1990	13		14	33	60
1991	16	11	15	34	76
1992	12	16	5	44	77
1993	4	13	5	42	64
1994	8	21	4	42	75
1995	3	21	6	59	89
1996	3	19	3	35	60
1997	2	7	10	34	53
1998	6	16	5	24	51
1999	7	14	7	33	61
2000	8	8	4	27	47

Table 4 Estimated proportions of hake that were *M. hubbsi* by area (N or S of 51°S) and quarter.

Year	Area	quarter			
		1	2	3	4
1990	N	0%	0%	0%	
1990	S	17%	0%	30%	100%
1991	N		0%		
1991	S	94%	33%	23%	
1992	N	50%	25%	0%	2%
1992	S	98%	11%	0%	45%
1993	N	33%		6%	75%
1993	S	67%	7%	5%	58%
1994	N		0%	8%	9%
1994	S	16%	2%	4%	46%
1995	S	35%	34%	29%	92%
1996	N	3%	4%	18%	50%
1996	S	89%	42%	12%	
1997	N	25%	7%	27%	19%
1997	S	60%	3%	40%	54%
1998	N	0%	0%	2%	26%
1998	S	17%	1%	4%	8%
1999	N	11%	11%	4%	3%
1999	S	52%	13%	9%	7%
2000	N	10%	4%	12%	37%
2000	S	51%	19%	19%	32%

BIOLOGY AND FISHERY OF SOUTHERN HAKE (*Merluccius australis*) IN THE ARGENTINE SEA

by

Analia R. Giussi¹, Susana B. García de la Rosa^{1,2,3}, Felisa Sánchez¹ Otto C. Wöhler^{1,2}

¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero
C.C. 175, 7600 Mar del Plata, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

SUMMARY

Southern hake (*Merluccius australis*) is a demersal species, distributed in southern hemisphere, around South America and New Zealand waters. In this paper, some biological features and fishery characteristics of the stock distributed in the Argentine Sea are described.

In this area, southern hake is located from 50°S to 56°S, between depths of 100 and 800 m, in relation with cold temperate waters of the Malvinas Current. The knowledge about its biological characteristics is poor because the species is not commercially important in the area. It is known that spawning could take place during the second half of the year, between July and November, but spawning grounds, in the Argentine Sea, are not still located. A high percentage of individuals caught in this place is yet sexually mature.

M. australis is an ictiophagous and malacophagous species. It is the principal predator of long tailed hake (*Macruronus magellanicus*), preying especially on juveniles smaller than 56 cm TL, and causing about 55% of the total predation mortality on this species.

Abundance estimation by swept area method indicates that biomass for the last years has increased, though it remains within the relative low levels (about 40,000 tons). Highest commercial catch in the period 1989-2000 was recorded for the last year (6,900 tons), meanwhile during the rest of this period catches were about 2,800 t/year. CPUE estimates showed a slight increase during the last three years. Monthly catches are important in May and June. The most relevant fishing fleets operating on this species, are freezer and factory vessels. Major fishing grounds are located near the Tierra del Fuego Island and at the eastern mouth of the Beagle Channel. Landings are done mainly in Puerto Deseado and Ushuaia harbours on the Argentine mainland.

RESUMEN

La merluza austral es una especie demersal que se distribuye en el Hemisferio Sur, alrededor de Sudamérica y Nueva Zelanda. En el presente trabajo se describen algunas de sus características biológicas, y se realiza una actualización de los aspectos pesqueros del efectivo que habita en el Mar Argentino.

En este sector del Atlántico Sudoccidental, la merluza austral se localiza mayoritariamente desde los 50°S hasta los 56°S, entre 100 y 800 m de profundidad, relacionada con las aguas templado-frías de la Corriente de Malvinas. El conocimiento que se posee acerca de las características biológicas es escaso debido a que no es comercialmente importante y su presencia en las capturas es incidental. La

reproducción se lleva a cabo durante la segunda mitad del año, entre los meses de julio a noviembre, aunque no se conoce con precisión el área de puesta en el Mar Argentino. Un alto porcentaje de los individuos capturados en aguas argentinas ya ha madurado al menos una vez.

M. australis es una especie ictiófaga y malacófaga. Es el principal predador de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), consumiendo principalmente sus juveniles (<56 cm Lt) y causando cerca del 55% de la mortalidad por predación.

Durante los últimos años se ha notado un leve incremento en la abundancia de la especie a través de la estimación de la biomasa por el método de área barrida en cruceros de investigación, aunque permaneciendo dentro de valores relativamente bajos que la han caracterizado (alrededor de 40.000 t). Las mayores capturas comerciales para el período 1989-2000 se registraron para el último año (6900 t), mientras que en el resto del período los valores alcanzaron a los 2.800 t/año. El análisis mensual de los rendimientos mostró que durante mayo y junio se observaron los valores máximos de la CPUE. La flota que opera sobre está constituida por buques congeladores y factorías. Las áreas más relevantes de operación están localizadas cerca de la Isla Grande de Tierra del Fuego y en el sector oriental del Canal de Beagle. Los productos obtenidos de la extracción de esta especie son descargados principalmente en los puertos de Puerto Deseado y de Ushuaia.

Key words: southern hake, *Merluccius australis*, biology, catches, Southwestern Atlantic.

Palabras clave: Merluza austral, *Merluccius australis*, biología, capturas, Atlántico Sudoccidental.

INTRODUCTION

Merluccius australis is a gadiform widely distributed in the southern hemisphere, both in Argentine and Chilean waters as well as in New Zealand waters (Bezzi *et al.*, 1995; Aguayo-Hernández, 1995; Colman, 1995). In spite of the considerable geographical distance between New Zealand and the south end of the American continent, southern hake corresponding groups do not show dissimilar characteristics. Therefore they are not considered as different species, they could be two population groups (Inada, 1981). Kabata and Ho (1981) mention the presence of the same copepod parasites (*Neobrachiella lageniformes*) in the gillrakers of both population groups, thus indicating that the population of New Zealand might have originated from the hakes of South American waters. These, in turn, would have evolved from an ancestral hake population present in the Atlantic Ocean, passing eventually to the Pacific Ocean across Drake's Passage (Ho, 1990).

The present work is a review of the available information on this species in the Southwestern Atlantic Ocean. The relatively scarce knowledge is due to its low biomass, its restricted distribution area and to the fact that it is not a target species for the commercial fishing activity (Cousseau, 1993).

RESULTS

Species identification

Scientific name: *Merluccius australis*, Hutton 1872 (sin. *Merluccius polylepis*
or *Merluccius australis polylepis*)

Common Spanish name: merluza austral, merluzón, merluza del sur (Chile)

Common English name: southern hake

Taxonomy

Class: Osteichthyes
Order: Gadiformes
Family: Merlucciidae

Geographical distribution

In the Atlantic Ocean, this demersal species is related to the cold waters of the Malvinas Current (Otero and Simonazzi, 1980). It is distributed mainly southern of 50°S and from 100 to 400 m depths (García de la Rosa *et al.*, 1997) (Figure 1).

North of the before mentioned latitude, the presence of the species is sporadic and may be confused with the largest specimens of *Merluccius hubbsi*. Meanwhile Cotrina (1981) and Otero *et al.* (1982) indicate that it has been observed from 43°S to 54°S during the research cruises carried out during the years 1978-79 and 1981-82, respectively. Wöhler (1987), analyzing the same information, indicates that its distribution extends to depths of about 800 m and temperatures between 3° and 7°C, being absent in the northern area during the summer. Likewise, he mentions a displacement of adults towards coastal waters in the south region, possibly linked to reproductive activities. This distribution is continued in the Pacific Ocean, across Drake's Pass, up to 40°S, from depths of 50 to 600 m (Aguayo-Hernández, 1995). It has also been observed in the north region of the Strait of Magellan and in the inner channels of southern Chile (Céspedes *et al.*, 1996).

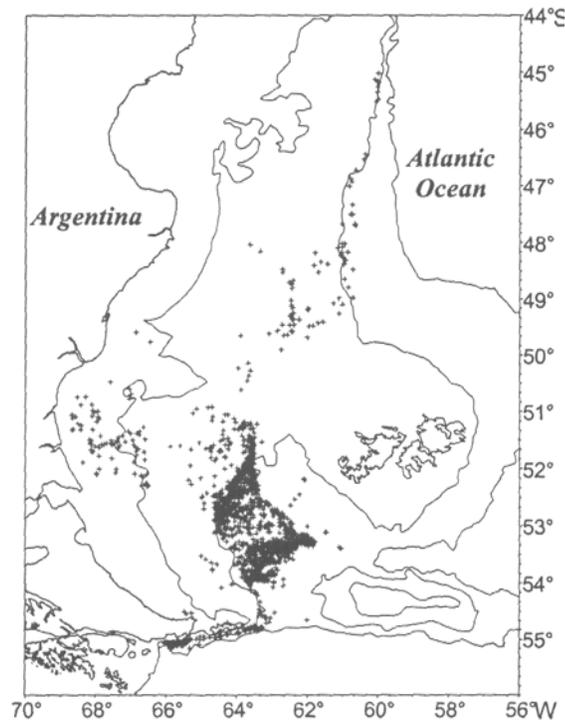


Figure 1. Spatial distribution of southern hake in the Argentine Sea, with data obtained in Observators onboard on Commercial Vessels Programs.

From statistical data of the commercial fleet operating during the year 2000, analysis of differential distributions related to depth and temperature were carried out. As a result of that, southern hake is distributed mainly between depths of 50 to 750 m, being less frequent at depths of 300 to 400 m.

Nevertheless, the analysis of the aggregation of this species, measured as catch per unit effort (CPUE), showed that the largest concentrations were found at depths from 150 to 400 m (Figure 2).

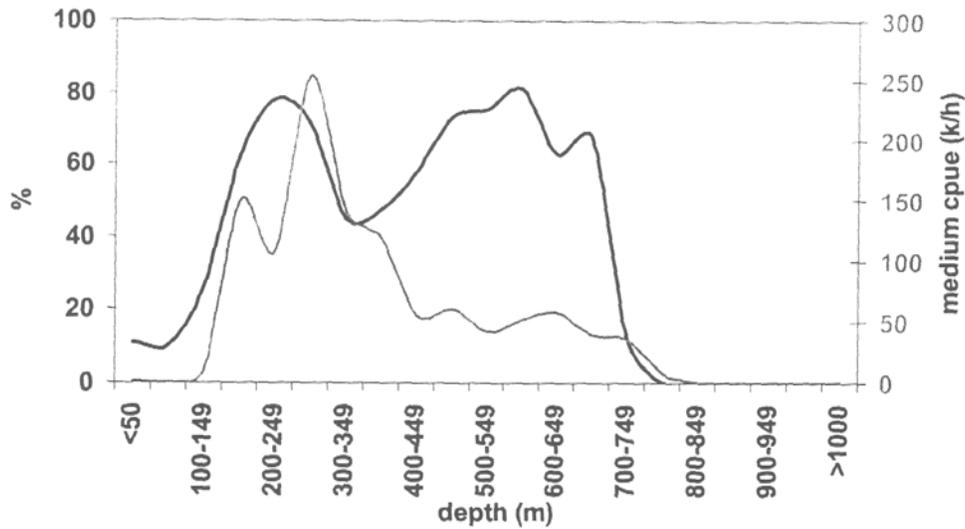


Figure 2. Southern hake frequency of occurrence, in commercial catches, in relation with bottom depth.

Regarding bottom temperature, it was shown that the species is more frequently distributed between 4° and 7.5°C, but showing a scattered pattern. Nevertheless, the largest concentrations were detected in the range of temperatures between 7° to 10°C, with lower frequency of occurrence (Figure 3). The waters within this temperature range cover the greater part of the Patagonian shelf, southern 51°S (Giussi, *et al.*, 1999, Wöhler *et al.*, 1999), in coincidence with the principal distribution area of this species.

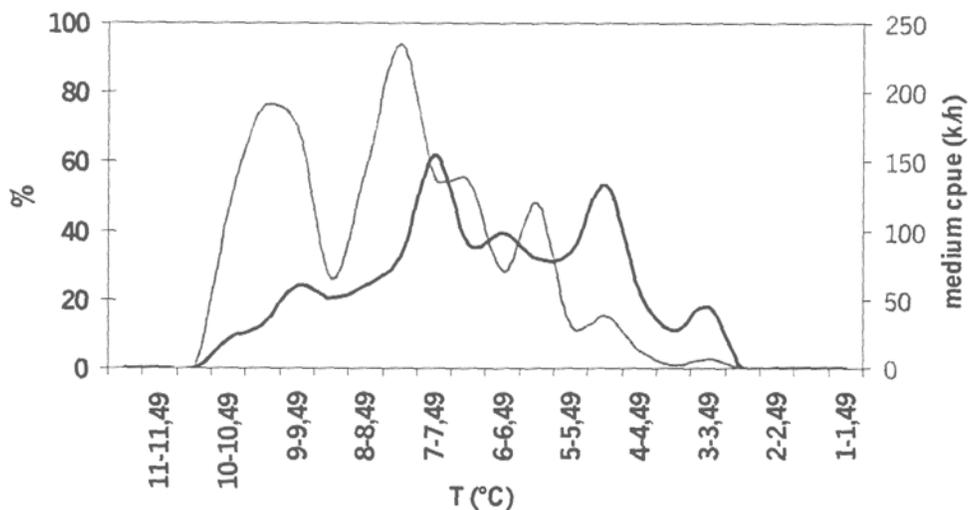


Figure 3. Southern hake frequency of occurrence, in commercial catches, in relation with bottom temperature.

Most relevant biological characteristics

The existing knowledge about the biological characteristics of this species is poor due to its low abundance and because it is not a target species, it is by-catch of long tail hake (*Macruronus magellanicus*) commercial fisheries. From 1997 onwards biological data is routinely collected during summer research cruises and On Board Fishery Observers Programme in the commercial fleet.

- **Reproductive aspects**

Length at first maturity ($L_{50\%}$) with data collected during summer 1997, was estimated in 61 cm TL for both sexes combined (Figure 4). The estimation of those parameters was carried out by means of macroscopic gonad inspection, with a 5-stage maturity scale, similar to that applied in *Merluccius hubbsi*. The estimation obtained could be biased due to the lack of juvenile stages and a low representation of those close to first maturity. Though, these results were slightly lower than those reported by Balbotin & Bravo (1993) and Aguayo-Hernández (1995). The former authors estimated $L_{50\%}$ in 69.4 cm TL, meanwhile Aguayo-Hernández (1995) observed that males and females caught in Chilean waters were ripe at 65 cm and 72 cm TL, respectively. Similar results were reported by Colman (1998) for southern hake inhabiting the New Zealand's Economic Exclusive Zone. Consequently, individuals caught in the Argentine Sea, mostly larger than 50 cm TL might be considered as adult fish.

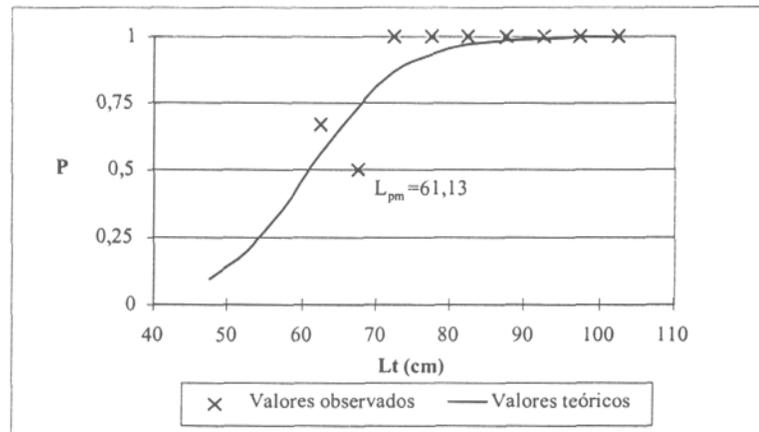


Figure 4. Maturity-at-length relationship for sexes combined.

- **Spawning grounds and early larvae development**

From adult southern hake macroscopically gonad analysis, Cotrina (1981) located the spawning season in the Argentine Sea, between the months of July and September, between 51°-52°S and 201-400 m depth, like other fish species from the same area. By the other side, though Ciechomski *et al.* (1975) did never find eggs of the species in ichthyoplankton samples, they concluded from postlarvas analysis, that spawn could take place between October and November, locating larvae and postlarvas in the Fuegian shelf, between 51°45'S and 55°02'S, and south-west Malvinas Islands (Figure 5).

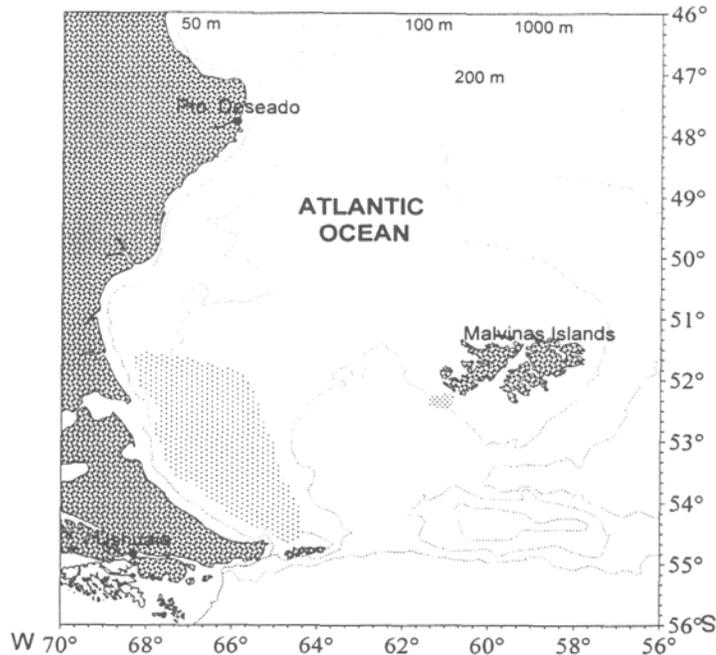


Figure 5. *M. australis* larvae and postlarvae distribution areas in the Southwestern Atlantic. Data from "Profesor Siedlecki" cruise, carried out during November 1973-January 1974.

There, larvae distribution was related to depth of 82 to 355 m, surface temperature between 6.4°-8.9°C and salinity between 32.58-33.85 ups (Ciechomski *et al.*, 1975). Aguayo-Hernández (1995) reported that spawning takes place in Chilean waters, during July and August, meanwhile in New Zealand waters the spawning period occurs from June on, with a peak in September (Colman, 1998). Ciechomski & Weiss (1974) reported that larvae and postlarvae (Figures 6 and 7) of this species showed a general aspect similar to that of its congeneric species (*M. hubbsi*), though they possessed differential characteristics (see **Species Identification...**)

In younger postlarvae (4-6 mm SL) pigmentary cells in the back region of the head are disperse, a conspicuous dot is placed in the caudal region and no pigments are in the anterior part of the head. Slightly grew postlarvae, between 10-25 mm SL, showed melanophores grouped in two areas, ventrally in the first half of the second dorsal fin and dorsally in the second half of the same fin.

- **Length-weight relationship**

The relationship between total length (TL in cm) and weight (W in g), was obtained with data collected during the summer cruises carried out between 1997-2000. There were no differences in the equation parameters *a* and *b* between years (Table 1), so all data were fitted together, obtaining the equation $W (g) = 0.0018 TL^{3.33}$ with $R^2 = 0.9316$ (Figure 8). The maximum observed weight was 11,000 g in a 105 cm TL specimen.

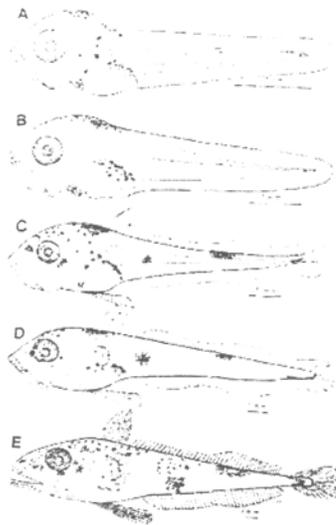


Figure 6. *M. australis* postlarvae pigmentary pattern. A: 4 mm SL; B: 6 mm SL; C: 10 mm SL; D: 17 mm SL and E: 25 mm SL (from Ciechomski & Weiss, 1974).

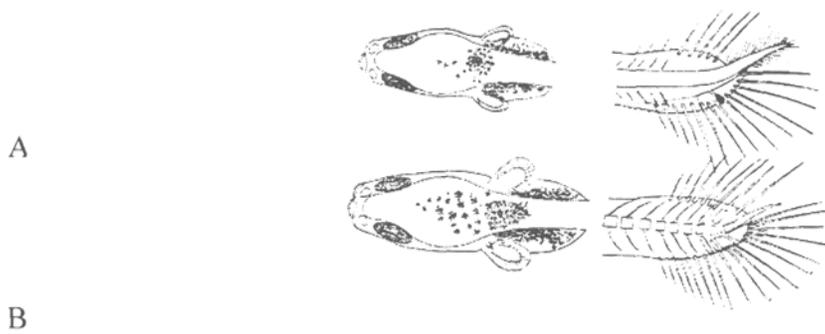


Figure 7. Head and caudal region dorsal view of *M. australis* postlarvae of A, 12 mm SL and B, 17 mm SL (from Ciechomski & Weiss, 1974).

Table 1. Length-weight relationship and correlation coefficient obtained between the years 1997 to 2000.

Year	Equation	R ²	N
1997	W = 0.0017TL ^{3.3475}	0.9594	64
1998	W = 0.0022TL ^{3.2947}	0.9123	124
1999	W = 0.0023TL ^{3.2766}	0.9162	65
2000	W = 0.0017TL ^{3.3436}	0.9311	105
All together	W = 0.0018 TL ^{3.33}	0.9316	358

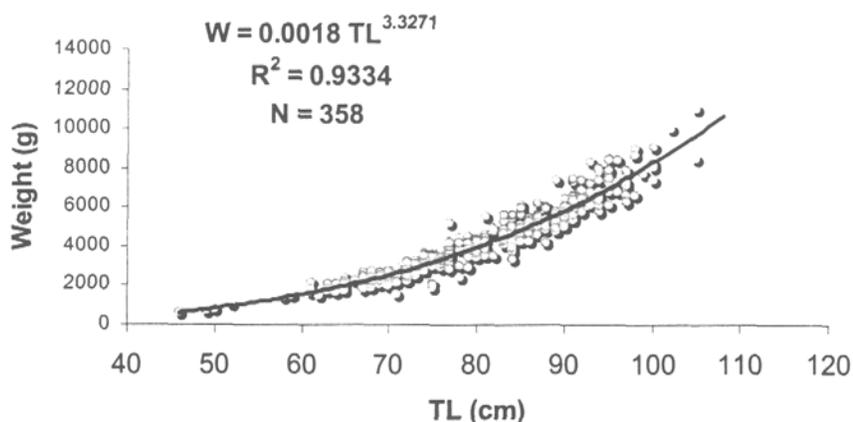


Figure 8. Southern hake total length and weight relationship for both sexes combined.

- **Trophic ecology**

This species integrates the macrophage predator group, consuming fish and cephalopods (Wöhler *et al.*, 1999). It feeds mainly on gadiform fishes, with special emphasis on long tail hake (*Macruronus magellanicus*) and Southern blue whiting (*Micromesistius australis*), with occasional consumption of other fish species present in the same area. Secondly, it feeds on cephalopods such as *Loligo gahi*, *Illex argentinus* and *Moroteuthis ingens*, with frequencies of occurrence ranging between 6 and 12%F (Table 2). Significant differences were not found in diet composition for males and females (García de la Rosa *et al.*, 1997).

Table 2. Southern hake trophic spectrum in frequency of occurrence (%F), number (%N) and weight (%W) (Rosecchi & Nouaze, 1987).

Scientific name	Common name	%F	%N	%W	IRI
Thaliacea					
<i>Ihlea magellanica</i>	Jelly fish	0.88	0.71	*	*
Mollusc Cephalopoda					
<i>Loligo gahi</i>	Longfin inshore squid	6.19	5.67	1.86	65.28
<i>Illex argentinus</i>	Argentine shortfin squid	6.19	4.96	3.63	111.45
<i>Moroteuthis ingens</i>	Greater hooked squid	11.50	9.22	11.97	1269.18
Osteichthyes Gadiformes					
<i>Austrophysis marginatus</i>	Flatnose codling	0.88	0.15	0.71	*
<i>Macruronus magellanicus</i>	Longtail hake or hoki	49.56	48.23	59.86	143082.1
<i>Merluccius hubbsi</i>	Common hake	0.88	0.52	*	*
<i>Micromesistius australis</i>	Southern bluewhiting	20.35	17.73	17.09	6166.16
Osteichthyes Perciformes					
<i>Patagonotothen</i> spp.	Nototenids	5.31	5.67	2.16	65.03

* Values minor to 0.5%

Diet composition for individuals caught in Chilean waters show similar ingestion of fish and cephalopods (Aguayo *et al.*, 1987; Rocha *et al.*, 1991; Payá, 1992) in comparison to those from the Argentine Sea.

Southern hake is the most important predator of long tail hake, and thus the area of high predation rate overlaps with the area of higher prey abundance, located between 50°30' -52°30'S and 63°30' -68°30'W. Of the total number of long tail hake specimens dying as a result of predation during 1997, 32 % was consumed by southern hake between 73 and 102 cm TL. Those individuals preyed mainly on long tail hake juveniles, smaller than 56 cm TL (Wöhler *et al.*, 1999, Sanchez and García de la Rosa, information not published).

- **Seasonal distribution**

Analysing the research cruises data (1993-1998), a seasonal displacement of southern hake towards the south and to deeper waters was observed (Figures 9 A to D).

During the summer, this species was located from 47°S to 56°S, between 100 and 200 m depth, with the highest concentrations in the intermediate region of the Patagonian shelf (51°-53°S), and south of de los Estados Island (Figure 9 A). In autumn, it was distributed south of 51°S, with the maximum densities at the same positions than in the previous season, though more related to 200 m depth (Figure 9 B). In winter, the distribution area was restricted to the south of 52°S (Figure 9 C), meanwhile, in spring low concentrations were detected in all the area, with the highest abundance recorded at the mouth of Beagle Channel, at 55°S (Figure 9 D).

The extreme sizes of this studied stock were between 46 and 105 cm TL. In all cases, females were more abundant than males, with the sex relation observed of 5:1 for all seasons considered, except for spring when the above-mentioned relation increased to 11:1.

For females, the length mode was located in the range of 75 to 84 cm TL, except during summer, when it extended up to 105 cm TL. By the other side, males' length distribution was more restricted, extending between 50 and 99 cm TL, with a range mode in 70-84 cm TL (Figure 10).

- **Species identification and differences with other Merlucciidae of the area**

Southern hake has similar general body characteristics than other coexistent Merlucciidae species (*M. hubbsi*) partially sharing the same locations. Those are Patagonian shelf north of 51°S between 110 and 200 m and the adjacent sector to Bahía Grande (50°30' -52°30'S) at depths shallower than 100 m (Wöhler *et al.*, 1999). These species probably coexist in waters near the shelf-break, northern 48°S, where the separation between species is especially difficult. Therefore, data from this region is regarded as dubious, though several authors consider it a reliable distribution area. This is particularly true for those authors who used data collected during the 70's, period in which fishery exploration in the Argentine Sea was recently beginning, such as Cotrina (1981) and Inada (1981). In this area, the species was generically referred to as *Merluccius hubbsi*. Near the Malvinas Islands fishery statistics considered in the same way or even as *Merluccius* spp. (Tingley *et al.*, 1995). In order to overcome these difficulties, many meristic, morphometric and parasitologic studies have been carried out to differentiate both species (Ciechomski & Weiss, 1974; Cousseau & Cotrina, 1980; Menni *et al.*, 1984; González & Carvajal, 1994; and MacKenzie & Longshaw, 1995). Table 3 summarizes differential characters of *M. australis* and *M. hubbsi*.

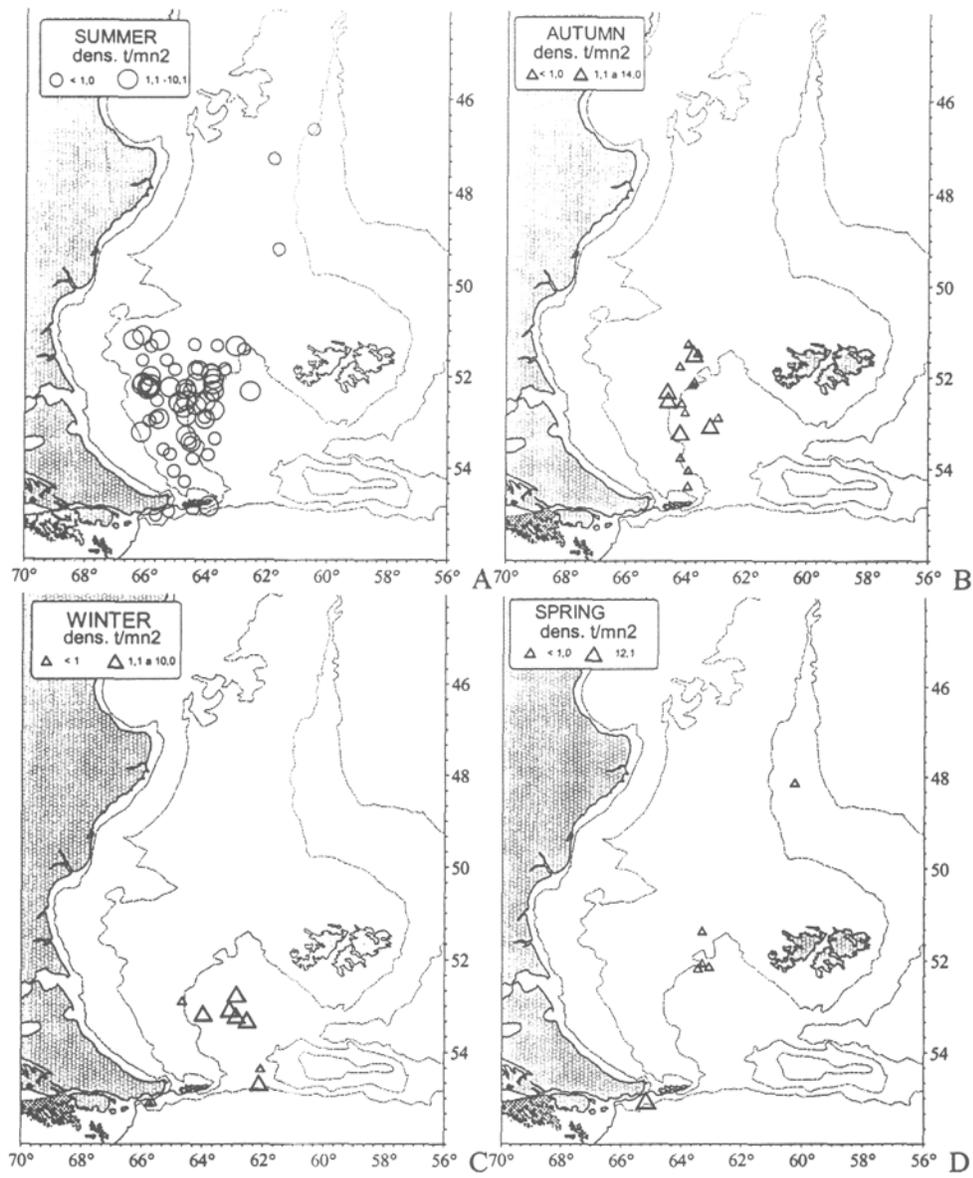


Figure 9. Seasonal distribution, in density (t/nm²) of *M. australis*, from research cruises; A: summer, B: autumn, C: winter and D: spring.

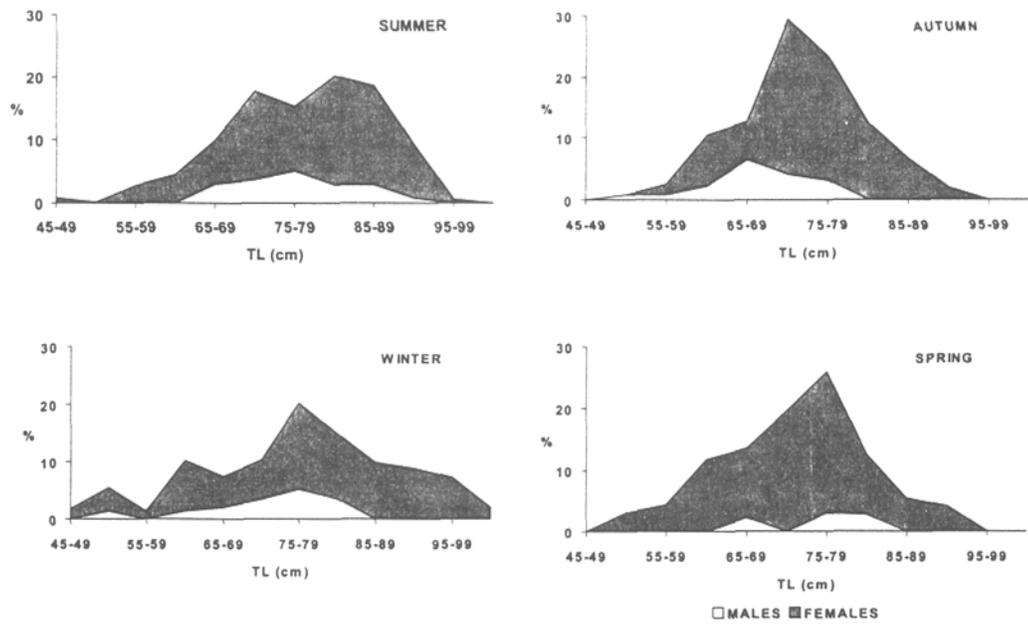


Figure 10. Length frequency distribution by sex and seasons.

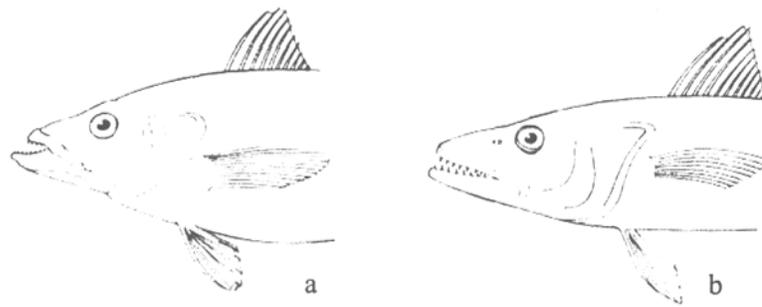


Figure 11. Anterior region of the body of a) common hake (*M. hubbsi*) and b) southern hake (*M. australis*) (from Cousseau & Perrotta, 1998).

Table 3. Differential characters of the Merlucciidae, *M. australis* and *M. hubbsi*.

	Characteristic	<i>M. australis</i>	<i>M. hubbsi</i>
MERISTIC	Number of vertebrae	56	51
	Total number of miomeres	56-59	50-52
	preanal	16-17	17-18
	postanal	40-42	33-34
	Number of rays 2° dorsal fin	43-45	36-40
	Number of rays anal fin	42-45	37-41
	Number of scales on lateral line	182-186	138-144
	Number of gill-rakers in lower part of anterior arch	13-15	10-13
Males	Maximum size	105 cm	60 cm
		Females	118 cm
MORPHO-METRIC	Relation eyes/snout (Figure 11)	Eyes contained 2.5 or more times in the snout	Eyes contained 2 or less times in the snout
PIGMENTATION	Adult dorsal coloration	Dark blue greyish tonality	Light grey with gold iridescent
	Postlarvae pigmentary pattern (Figures 6 y 7)	* 4-6 mm larvae had disperse melanophores back in the head, evident dot in caudal region, and no pigments in anterior part of the head. * 10-25 mm larvae showed pigments grouped ventrally and dorsally of the second dorsal fin.	* 4-6 mm larvae had evident melanophores back in the head, in the nasal and abdominal areas. * 10-30 mm larvae showed pigments spread all over the body and absence of melanophores in the caudal region.

Most relevant fishery characteristics

- **Abundance Estimations**

The distribution area of *M. australis* has been partially covered by research cruises from 1993 to 2000, in which the principal aim was to assess the long tail hake (*Macruronus magellanicus*) biomass (Giussi *et al.*, 2000). A stratified random sampling design (Cochran, 1977) was originally adopted for biomass assessments. The surveys were carried out in summer (february-march) by the research vessels “Cap. Oca Balda” and/or “Dr. E.L.Holmberg”. Both vessels are similar-sized stern trawlers, which operated with an *Engel* bottom net, having a 32 m long headrope. The overall net was 60 m length. During the trawling operations, the average horizontal mouth width was bout 22 m and the average vertical mouth height was about 5 m. The mesh size at the wings was 200 mm and 20 mm at the codend. Trawling time was 15 minutes. A SCANMAR system recorded the opening of the net, both vertically and horizontally. A SIMRAD net sonar was used to analyse the movement of the fish and the behaviour of the net in relation with the bottom. The swept area method (Alverson and

Pereyra, 1969) estimated fish densities by haul. The area under study (Figure 12) was generally bounded by the depth lines of 50 and 400 m and latitudes of 45° to 55°S (101,508 nm²).

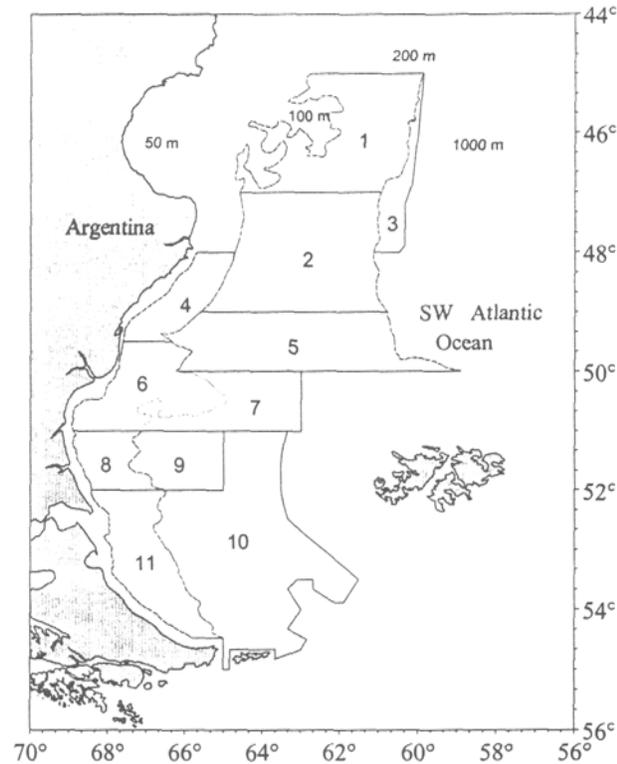


Figure 12. Marine areas (strata 1 to 11) for southern hake summer assessments off Argentina.

Since 1993, summer biomass assessments indicated a considerable decrease of abundance (Table 4), in relation with the estimations fulfilled in different seasons for the period 1976-1982, which varied between 375,812 and 111,700 t (Table 5). These results must not be considered as absolute ones, because none of the cruises included the complete distribution area of the species in the Southwestern Atlantic Ocean. Since the methodology varied along the years, *e.i.* systematic (1976-1979) or post-stratified samplings (1981-82), the results were not strictly comparable. The estimations made since 1993 did not include the portion of individuals distributed inside the waters surrounding the Malvinas Islands. Nevertheless, the magnitude of the biomass estimation differences could lead to consider a general declining trend of southern hake in the Argentine Sea from late '70s onwards. Finally, during the '90s certain stability was observed, and even a slight biomass recovery was detected (Figure 13). Abundance has remained stable in low levels in comparison to other species of teleost fish distributed in the same area, such as long tail hake (*Macruronus magellanicus*) and southern blue whiting (*Micromesistius australis*) (Wöhler *et al.*, 1999, In Press).

Table 4. Mean density (t/nm²) and biomass (t) figures with their corresponded confidence intervals, estimated through the swept area method with data obtained on INIDEP's research cruises carried out during 1993-2001

Year	Mean Density	Biomass	CI 90% (Biomass +/-)
1993	0,569	20.921	11.712
1994	0,504	22.614	6.742
1995	0,494	21.540	9.232

1997	0,937	29.918	17.888
1998	1,232	30.152	13.268
1999	0,677	25.760	11.294
2000	0,771	37.565	21.048
2001	1,228	39.189	13.503

The above mentioned trend might be partially explained by the fishing activity undertaken by commercial vessels from several countries during the '80s. Other reason could be the considerable expansion of the fishery activity in the Southeastern Pacific Ocean, between 1984 and 1991, with the increased demands in the international markets for frozen and fresh-chilled fishery products (Céspedes *et al.*, 1997). It is unknown whether southern hake in the Argentine Sea constitutes an independent population or if it is a subgroup of the Chilean stock (Nakamura *et al.*, 1986; Bezzi *et al.*, 1995; Aguayo Hernández, 1995). Céspedes *et al.* (1997) report on evidences of overexploitation on the latter stock, hence this fact might have influenced on the abundance of the species in the Southwestern Atlantic Ocean.

Table 5. Biomass assessment (in tonnes) of southern hake by the swept area method in the Argentine Sea during 1976-1982. ¹ Otero y Simonazzi (1980); ² Otero *et al.* (1983); ³ Otero *et al.* (1982).

Season/years	1976-77	1978-79	1981-82
Summer	267.000 ¹	375.812 ²	-
Winter	-	200.003 ²	-
Spring	-	-	111.700 ³

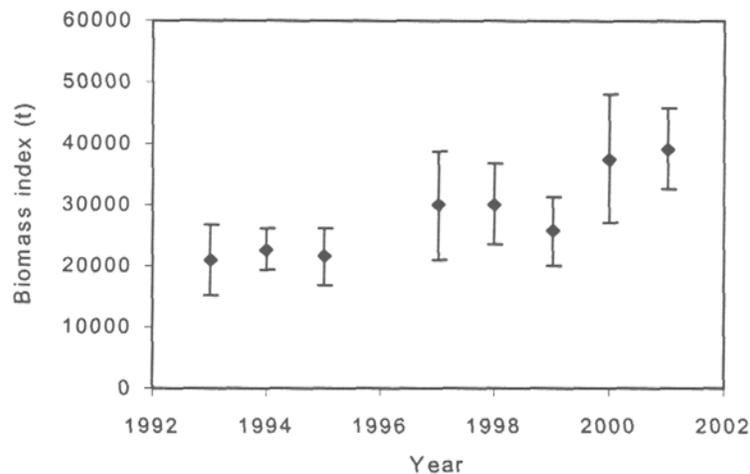


Figure 13. Southern hake abundance index from the swept area method, with data obtained on INIDEP's research cruises on the argentine south patagonian shelf, carried out during 1993-2001.

- **Commercial catches**

In the Argentine Sea, statistical information of southern hake catches, between 34 ° and 56°S is available. This species is frequently confused with larger individuals of common hake (*Merluccius*

hubbsi), feasibly most of the catches north of 48°S should be attributed to the latter. South of that latitude, annual catches declared by the Argentine fleet since 1989 ranged between 1,100 and 6,900 tons, maximum reported value corresponding to year 2000 (Figure 14). The overall mean-annual-catch estimations for the period was approximately 2800 t.

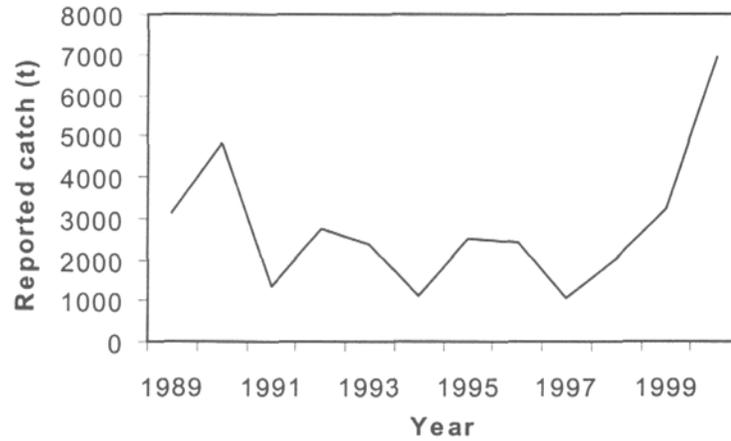


Figure 14. Southern hake total catches (t) reported by the Argentine fleet, south 48° S during 1989-2000.

Abundance estimations of southern hake carried out with research cruises information showed an increasing trend since 1993. In comparison, Wöhler (2001) estimated an index of abundance (CPUE) corresponding to the period 1991-2000 from fishery statistics on the Argentine fleet, which evidenced a general declining trend with a slight recovery from 1998 on (Figure 15). The monthly abundance estimates indicate that higher availability of the species would exist in the Argentine Southpatagonian shelf during May and June (Figure 16).

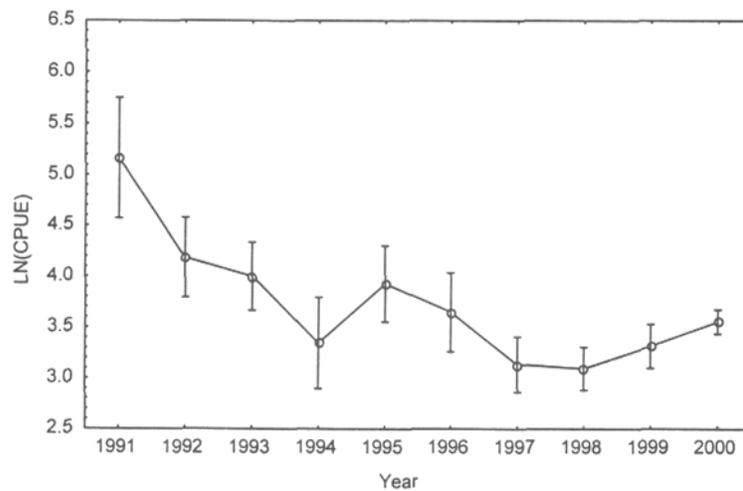


Figure 15. Annual trend of *Merluccius australis* estimated by the application of a generalised lineal model (GLM), from catch and effort data from the argentine commercial fleet during 1991-2000.

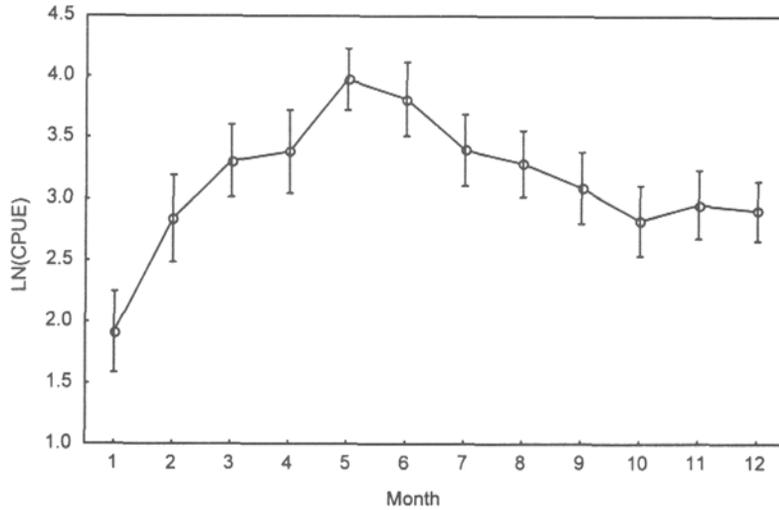


Figure 16. Monthly abundance estimates of *Merluccius australis* (expressed as logarithm of catch in kg per hour trawl) in the argentine south-patagonian shelf during 1991-2000.

Considering length composition of monthly catches during 2000, the individuals are bigger than 60 cm TL, so a huge proportion of individuals should be mature. (Figure 17). However, individuals smaller than the length at first maturity (see **Reproductive Aspects...**) were spotted in the northern area (49°S-61°W). This is probably due to a misidentification of the species during the catch. South of 51°S, the trawl density was bigger, especially near the shelf-break. There were no variations in total-length frequency distributions during the second semester. In Bahía Grande (52°S-68°W) there were bigger individuals during May, which had been already observed during April south of de los Estados Island (55°S-64°S). Still, data is too poor to state any hypotheses on the migration of southern hake in the Argentine Sea.

- **Fishing areas, fleet types and landing harbours**

Southern hake was caught southern 48°S, with intermediate yields located at 51°S deeper than 100 m, while higher yields were found near Tierra del Fuego Island and de los Estados Island, and southwestern Beagle Channel (Figure 18). The maximum yield observed during 2000 was 499 kg per hour.

Commercial fleet which reported southern hake catches during the period 1989-2000 was composed mainly by off-shore vessels, which process catches onboard, classified into freezers, factories and *surimi* vessels (Table 6). Whereas the ice-chiller vessels showed catches percentages less than 1 % (Figure 19). The low incidence of the latter fleet type could be explained by the long distance between their base harbour (i.e. Mar del Plata) and the main fishing grounds of the species. Besides, these vessels do not have enough autonomy to fish profitably on southern hake.

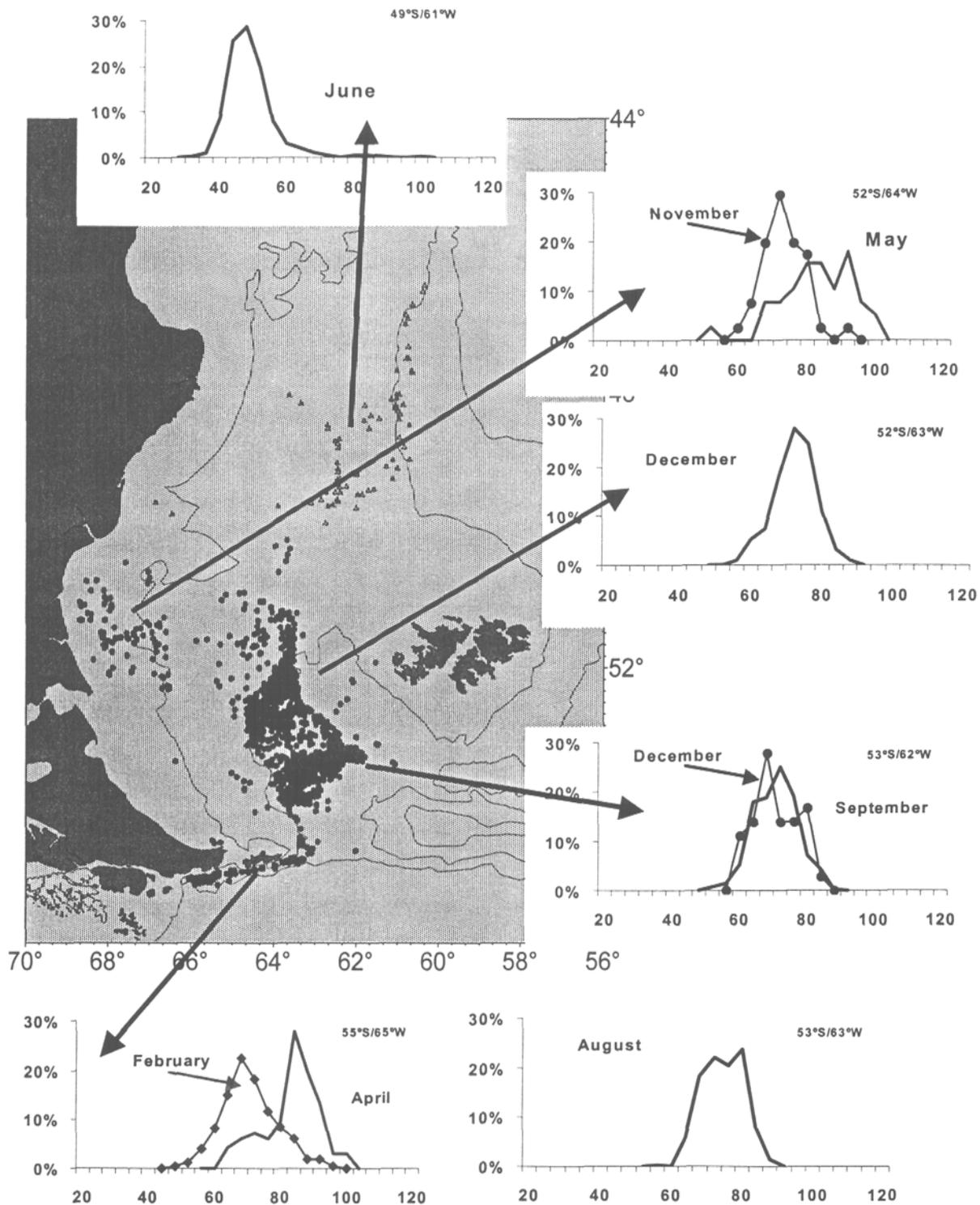


Figure 17. Frequency of total length, by month and area, caught during 2000 by the observed fleet.

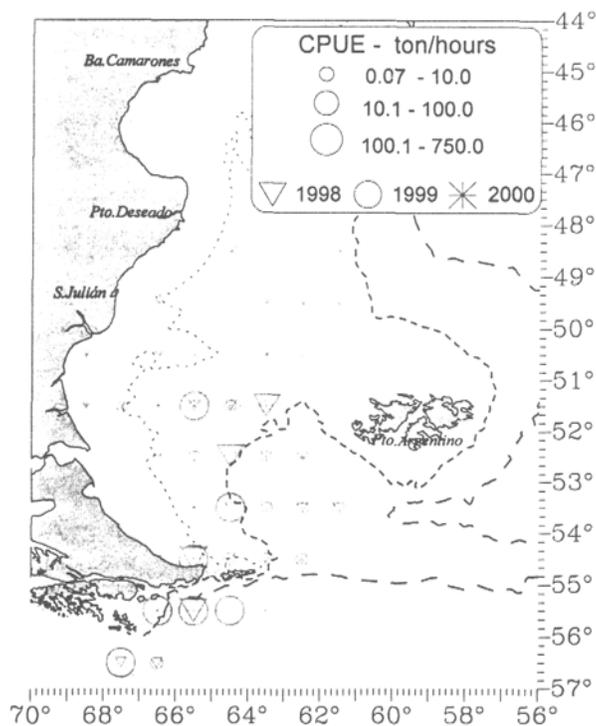


Figure 18. Main fishing grounds of the fleet operating on southern hake during 1998-2000. Yields in kg/h.

Table 6. Annual catches (in tonnes) by fleet type during 1989-1998.

Year	Total	Freezers	Factories	Surimi vessels	Ice chillers
1989	3137	356	2732	49	
1990	4838	151	4545	142	
1991	1336	9	1194	133	
1992	2746	265	1449	1031	1
1993	2365	147	1227	991	
1994	1113	149	805	159	
1995	2499	438	1757	304	
1996	2397	198	1753	444	2
1997	1078	154	790	133	1
1998	2006	1268	486	246	6
1999	3208	1144	1360	701	3
2000	6926	4060	2489	376	1

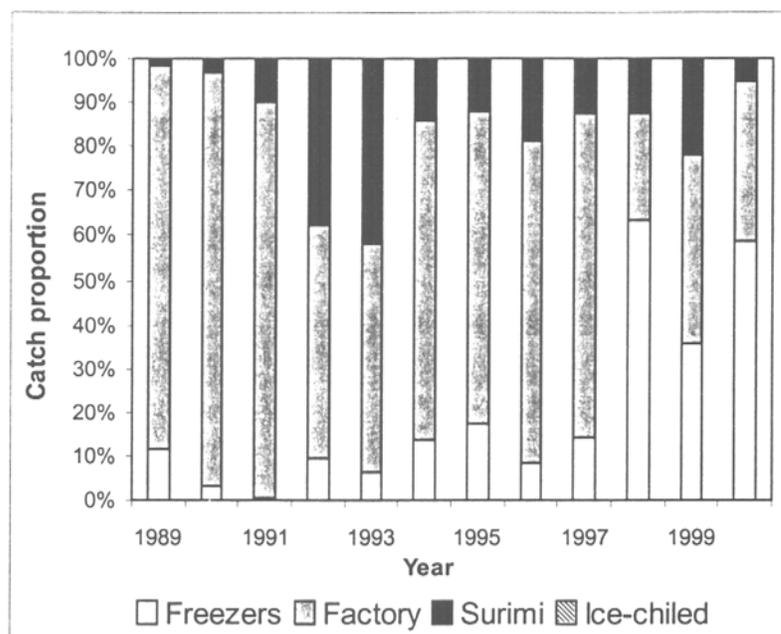


Figure 19. Proportion of the annual southern hake catch obtained by different vessel types during 1989-2000.

The 1999 and 2000 catches were landed on seven harbours located on the Argentine shores, of which the most important was Ushuaia, Tierra del Fuego Province. (Table 7).

Table 7. Southern hake landing harbours (in tonnes) during 1999 and 2000.

Harbour	Landings 1999	Landings 2000
Ushuaia	1786	2610
Puerto Deseado	616	1254
Puerto Madryn	229	1883
Necochea/Quequén	381	582
Mar del Plata	174	297
San Antonio Oeste		2
Bahía Blanca	22	294
TOTAL	3208	6926

- **Resource management and conservation**

Southern hake maximum allowable catches on the Argentine Sea were established since 1993 (Table 8). Total declared catches normally have not surpassed those limits.

Because of the poor knowledge about the biology of southern hake, no restricted areas or seasons are established at present for fishing on the species. The single restriction for licensed vessels to catch it, is the use of a bottom trawl gear with a minimum mesh size of 120 mm, inside the codend.

Table 8. Annual maximum allowable catches (in tonnes) established for the Argentine fisheries administration. Period 1993-2000.

Year	Maximum allowable catch
1993	30000
1994	5000
1995	2500
1996	4000
1997	4000
1998	4000
1999	4000
2000	4000

Bibliografía

- Aguayo-Hernández, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hake (*M. gayi* and *M. australis*). En: Hake: Biology, fisheries and markets. Chapman and Hall, London: 305-337.
- Aguayo, M., Young, Z., Bustos, U., Peñailillo, T., Ojeda, V., Vera, C. Hidalgo, H. & Céspedes, I. 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (Peces). Zona Sur-Austral. Estado de situación del recurso. CORFO-IFOP (Chile), AP87/3, 209 pp.
- Alverson, D. L. & Pereyra, N. T. 1969. Demersal fish explorations in the Northeastern Pacific Ocean. An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecast. Journ. Fish. Res. Bord of Canada. 26(8): 1985-2001.
- Balbotín, F & Bravo, R. 1993. Fecundidad, talla de primera madurez sexual y datos biométricos en la merluza del sur *Merluccius australis*. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 28(1):111-132.
- Belliso, N.; López, R. & Torno, A. 1979. Peces marinos patagónicos. Publ. Secretaría de Estado de Intereses Marítimos, Subsec. de Pesca, Buenos Aires, 280 pp.
- Bezzi, S. I. Verazay, G. & Dato, C. 1995. Biology and fisheries of Argentine hake (*M. hubbsi* and *M. australis*). En: Hake: Biology, fisheries and markets. Chapman & Hall, London: 239-267.
- Céspedes M. R.; Techeira T. C.; Blanco G. J.; Ojeda C. V.; Miranda P. H.; Almonacid R. E. & Cerna T., F. 1996. Identificación de áreas de reclutamiento de merluza del sur en la XII Región. Pre-Informe Final. Fondo de Investigación Pesquera. FIP 94-24: 108 pp, 28 fig., 25 tablas y anexo.
- Céspedes M., R.; Techeira T., C.; Adasme M., L. & Cuevas P., A. 1997. Monitoreo de la composición de talla de la captura artesanal de merluza del sur en caladeros dde la X Región. Informe Final. Subsecretaría de Pesca. Instituto de Fomento Pesquero: 19 pp, 6 fig. y 4 tablas.
- Ciechomski, J. D. de & Weiss, G. 1974. Características del desarrollo embrionario y larval de las merluzas *Merluccius hubbsi* y *Merluccius polylepis*. Physis, Sec. A, 33 (87): 527-536.
- Ciechomski, J. de; Cassia, M. & 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.
- Cochran, W.G. - 1977. Sampling techniques. 3rd.ed. John Wiley and Sons, New York.
- Colman, J. A. 1995. Biology and fisheries of New Zealand hake (*M. australis*). En: Hake: Biology, fisheries and markets. Chapman & Hall, London, 365-388.
- Colman, J. A. 1998. Spawning areas and size and age at maturity of hake (*Merluccius australis*) in the New Zealand Exclusive Economic Zone. N.Z. Fisheries Assessment Research Cocument 98/2: 17 pp.

- Cotrina, C. P. 1981. Distribución de tallas y reproducción de las principales especies de peces demersales capturadas en las campañas de los B/I Walther Herwig y Shinkai Maru (1978-1979). En: Campañas de Investigación Pesquera realizadas en el Mar Argentino por el B/I "Shinkai Maru" y "Walther Herwig" y por el B/P "Marburg", años 1978 y 1979. Resultados de la Parte Argentina. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Argent.), 383: 80-103.
- Cousseau, M. B. & Cotrina, C. P. 1980. Observaciones sobre las diferencias morfológicas entre la merluza común (*Merluccius hubbsi*) y la merluza austral (*Merluccius polylepis*). Rev. Inv. Des. Pesq. 2: 47-56.
- Cousseau, M. B. 1993. Las especies del orden gadiformes del Atlántico Sudamericano comprendido entre 34° y 55°S y su relación con otras áreas. Frente Marítimo, Vol.13, Sec.A:7-108.
- Cousseau, M. B. & Perrotta, R.G. 2000. Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca. INIDEP, Mar del Plata. Argentina, 167 pp.
- García de la Rosa, S. B., Giussi, A. R. & Sánchez, F. 1997. Distribución, estructura de tallas y alimentación de la merluza austral (*Merluccius australis*) en el Mar Argentino. Resúmenes expandidos del VII COLACMAR, Vol.I: 350-352.
- Giussi, A. R.; Reta, R.; Abachian, V.; Alvarez Colombo, G. & Sabatini, M. 1999. Environmental preferences of long tail hake, *Macruronus magellanicus*, during its life cycle in the southern Patagonian area (45°-55°S). 4th Open Science Meeting LOICZ, Regimes of Coastal Change. Bahía Blanca, Argentina, 15-18 November 1999
- Giussi A.R.; Hansen, J. E. & Wöhler, O.C. 2000. Variations in the total abundance and numbers at age of long tailed hake (*Macruronus magellanicus*) from the Southwest Atlantic during the years 1987-1998. Resúmenes de las Cuartas Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Puerto Madryn, 11 al 15 de septiembre de 2000
- González, L. & Carvajal, J. 1994. Estudio parasitológico de *Merluccius australis* (Hutton, 1872) en el Mar interior de Aysén. Invest. Pesq. (Chile), 38:75-85.
- Inada, T. 1981. Studies on merluccid fishes. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. (Shimizu) 18, 172 pp.
- Hansen, J. E.; Aubone, A. & Wöhler, O. C. MS. A review of two methodologies to biomass assessment of long tail hake from the South Western Atlantic (45°-55°S) based on swept area data. 17 pp.
- Ho, J. S. 1990. Phylogeny and biogeography of hakes (*Merluccius*; Teleostei): A cladistic analysis. Fish. Bull. 88(1): 95-104.
- Kabata, Z. & Ho, J. S. 1981. The origin and dispersal of hake (Genus *Merluccius*; Pisces: Teleostei) as indicated by its copepod parasites. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 19: 381-404.
- MacKenzie, K. & Longshaw, M. 1995. Parasites of the hakes *Merluccius australis* and *M. hubbsi* in the waters around the Falkland Islands, southern Chile, and Argentina, with an assessment of their potential value as biological tags. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 (1): 213-224.
- Menni, R. C.; Ringuelet, R. A. & Aramburu, R. H. L. 1984. Peces marinos de Argentina y Uruguay. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires : 359 pp.
- Nakamura, I.; Inada, T.; Takeda, M. & Hatanaka, H. 1986. Important fishes trawled off Patagonia. Tokyo JAMARC (Japan Marine Fishery Resource Research Center), 369 pp.
- Otero, H. O. & Simonazzi, M. A. 1980. Los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Parte I. Evaluación de la biomasa (standing stock) de la merluza común (*Merluccius hubbsi*) y de la merluza austral (*Merluccius polylepis*) en el área de distribución estival. Rev. Inv. Des. Pesq., 2: 5-12.
- Otero, H. O.; Bezzi, S. I; Renzi, M. A & Verazay, G. A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. INIDEP. Serie Contribuciones. Contrib. N° 423: 248 pp.

- Otero, H. O.; Bezzi, S. I.; Verazay, G. A.; Pérez Comas, J. A.; Perrotta, R. G.; Simonazzi, M. A. & Renzi, M. A. 1983. II. Distribución, áreas de concentración, biomasa y rendimiento potencial de diferentes especies comerciales del Mar Argentino. INIDEP. Serie Contribuciones. Contrib. N° 433: 39-87.
- Payá, I. 1992. The diet of Patagonian hake, *Merluccius australis polylepis*, and its daily ration of Patagonian grenadier, *Macrouronus magellanicus*. S. Afr. J. Mar. Sci., 12: 753-760.
- Rocha V., F.; Poblete T., O & Bahamonde N., N. 1991. Cefalópodos en contenidos gástricos de *Merluccius australis polylepis* Ginsburg y *Macrouronus magellanicus* Lönnberg. Invest. Pesq. (Chile) 36: 51-65.
- Rosecchi, E. & Nouaze, Y. 1987. Comparison de cinq indices alimentaires utilisés ans l'analyse des contenus stomacaux. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 49(3-4): 111-123.
- Tingley, G.A., Purchase L.V., Bravington, M. V. & Holden, S. J. 1995. Biology and fisheries of hakes (*M. hubbsi* and *M. australis*) around the Falkland Island. En: Hake: biology, fisheries and markets. Chapman and Hall, London, 269-303.
- 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. & Abachian, V. E. 1999. Resultados de la Campaña de Evaluación de Peces Demersales Australes efectuada en el verano de 1997. Contribución INIDEP N°1027, INIDEP Informe Técnico 24: 60 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 Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Biblioteca INIDEP: 78 pp.
- Wöhler, O. C. (MS). Informe de campaña OB-03/98. Evaluación de especies demersales australes. 1998. Informe Interno INIDEP, 31 pp.
- Wöhler, O.C.; Giussi, A.R. & Hansen, J.E. 1999. Análisis secuencial de la población de merluza de cola *Macrouronus magellanicus* en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1995 Rev. Inv. Des. Pesq., 12: 27-43.
- Wöhler, O. C.; Cordo, H. D.; Hansen, J. E. & Cassia M.C. Análisis secuencial de la población de polaca (*Micromesistius australis*) en el período 1987-1997, ajustado con valores de rendimiento por unidad de esfuerzo de pesqueros comerciales.). Rev. Inv. Des. Pesq., 14. In Press.
- Wöhler, O.C. 2001. Indices de abundancia de merluza austral (*Merluccius australis*) estimados a partir de las capturas de la flota comercial argentina durante el período 1991-2000. Informe Interno INIDEP N° :8 pp

The biology and fishery for *Merluccius australis* in Falkland Islands waters

D. J. Agnew¹, D. A. J. Middleton², T. Marlow¹, P. Brickle² and A. I. Arkhipkin²

¹ Renewable Resources Assessment Group, Imperial College, London

² Falkland Islands Fisheries Department, Stanley, Falkland Islands

This paper was submitted for consideration at the Workshop on Recruitment of Southern Hake, Chile, 28 May – 1 June 2001, and must not be cited without prior reference to the authors

Introduction

On the northern Patagonian Shelf the fishery for hakes originated in the 1920s and was centred around Mar del Plata. Early catches of *M. australis* are unknown and although the first record in the FAO database is for 54,323 t taken by Argentina in 1987 this may not be correct. Based on surveys in the 1970s Inada (1981, based on pers. comm. from Hakanaka) suggested that biomass was between 669,000 t in the autumn and 219,000 t in the winter, distributed essentially south of 48°S. Catches by Japanese research vessels in the late 1970s (1977-79) suggested a widespread distribution of *M. australis* over the southern Patagonian Shelf, Burdwood Bank and around Staten Island. Inada (1981) suggests that the species is found in depths of 100-500m in bottom temperatures of 3.8-6.5°C. Malaret *et al.* (1986, in Csirke 1987) estimated that the total biomass in the south-west Atlantic was 260,000 – 350,000 t, with a potential yield of 50,000 t. Csirke estimated that in the early 1980s the total annual catch of *M. australis* was between 5,000 and 20,000 t. Malaret *et al.* (1986) further estimated that around 90% of the total biomass of *M. australis* occurred within 150 nm of the Falkland Islands.

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. Commercial fishing had occurred in the region from the 1970s but at present only limited data is available for catches prior to 1987. When the Falkland Islands fisheries management regime was established, the large catches of hake that were known to occur in the area (20-40,000 t in 1985 according to MRAG (1986), quoted in Csirke 1987) were thought to be *M. australis*. However, contrary to expectations the predominant hake species found in catches after the establishment of the FICZ was not *M. australis* but *M. hubbsi*. This species forms the major hake fishery in the SW Atlantic, moving between relatively isolated winter schools offshore and spring/summer inshore spawning grounds (Angelescu & Prenski, 1987. Bezzi *et al.*, 1995). A small population appears to spend the winter period feeding to the north of the Falkland Islands (Tingley, 1995; Agnew 2001; see also Figure 9.2 of Bezzi *et al.*, 1995).

Hakes (i.e. *M. australis* and *M. hubbsi* taken together) form a relatively small part of the fisheries around the Falkland Islands (Figure 1). Despite the fact that the large catches of hakes around the Islands in the late 1980s are known to have been *M. hubbsi*, *M.*

australis is an important bycatch in a number of fisheries around the Islands and commands almost twice the price of *M. hubbsi* (Table 1). Unfortunately there is a notable lack of biological information for *M. australis* in the SW Atlantic, especially compared with knowledge of *M. australis* in Chilean waters. This paper synthesises, for the first time, the available biological information for *M. australis* occurring in Falkland's waters and describes the fishery for this species since the creation of the FICZ in 1987.

Biology

Data sources

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. The Fisheries Department also carries out scientific research cruises. However, *M. australis* has been encountered only rarely on recent research cruises and consequently most of the information analysed in the present paper is from observers on commercial vessels. The otolith readings used in this paper were carried out at the MIR Sea Fisheries Research Institute in Gdynia, Poland. Maturity was assigned on the basis of an eight stage scale (Table 2) based on macroscopic examination of the gonads. Lengths are total length to the nearest centimetre below.

Sex and maturity

Females predominate in catches of *M. australis* around the Falkland Islands (Figure 2). 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). The distribution of animals at the different maturity stages was also investigated but, with the limited data available, no differences in the distribution at different stages were apparent. A number of features are immediately apparent from Figure 3. One is the absence of samples in June and July. It is thought that this is largely due to an absence of *M. australis* from the Falklands zones at this time of year (see Distribution below) rather than being an artefact of sampling. Immature (maturity stage I) individuals are present only in very small proportions. In spring (August to November) post-spawning males and females are present in the catches. In December and January only resting or early-developing females are present, though in the case of males some mature animals have also been recorded in these months. From February through to May a general increase in the maturity of both females and males is apparent. Mature females have only been detected in very small proportions in catches from the Falklands zones, though mature males have been recorded, albeit as a generally small proportion of the catch, throughout the year.

Figure 3 demonstrated that immature individuals are rarely found in Falkland's waters. Further analysis of maturity data revealed no apparent size or age related changes: the individuals found in Falkland's waters are essentially all adults whatever their age or size and whether we consider the whole year or just the pre-spawning period. The sample sizes at both extremes of the size and age ranges are naturally small: it cannot necessarily be assumed that the small and/or young individuals found in Falkland's waters are representative or the majority of that size/age of fish in the population as a whole.

Size frequency

Length-frequency distributions were constructed separately for females (Figure 4) and males (Figure 5) on an annual basis from 1988 to 2000. The year was divided into three periods: feeding (December to February, where December's data in one year was combined with the January and February data from the following year), pre-spawning (March to May) and post-spawning (August to November). The 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.

Considerably greater seasonal coverage was achieved from 1988 to 1993 than in the period from 1994 to 2000. The distributions over the whole period 1988-2000 are rather invariant, being generally unimodal, with a mode around 70 to 80 cm for both males and females. The position of the mode, and the range of sizes found, have varied from year to year, but no particular trend is apparent. In 1988 and 1990 the size distributions of both males and females were bimodal in the pre-spawning period as the result of the presence of a group of smaller individuals, with modal size around 40cm. These smaller fish were not found at other times of the year, or in subsequent years.

Although the occurrence of immature females is rather sporadic, there is a suggestion (though based on a small sample size) that immature males were rather more common during the feeding period in 1991 than in other years. The proportion of spent animals in samples varies considerably from year to year. Larger proportions of spent females were observed in the post-spawning period in 1989, 1993 and 1994. Spent males were also observed in 1993 and 1994, but not in 1989.

Growth

Size at age is shown separately for females and males in Figure 6 using combined otolith samples over the period 1998 to 2000. Even when otoliths sampled in a single month (filled circles from November, the month with the greatest number of otoliths sampled) are considered separately there is still significant variability in size at age.

The difference in size at age between males and females, using the November sampled otoliths is not quite significant at the 5% level ($F = 1.82$, $p = 0.053$), though the difference is significant if all otoliths, irrespective of sampling month, are used ($F = 2.99$, $p = 0.0004$). In both these cases comparisons were made by fitting a mean length for each age, rather than through the fitting of a growth curve.

For both males and females the size at age of fish from Falkland's waters is closer to the Von Bertalanffy growth function derived by Colman (1995) for fish in the New Zealand fishery than for those in the Chilean fishery derived by Ojeda and Aguayo (1996, in Aguayo, 1995).

Distribution

The overall range of *M. australis* over the areas sampled by observers from the Falkland Islands Fisheries Department is illustrated in Figure 7. The majority of records are from the deeper shelf area between the 200m and 500m contours in the south-west of the FICZ. However, *M. australis* is also encountered over the shallower shelf in the north-west of the FICZ and right round the 200m contour, including some recorded

occurrences in international waters as far north as 45°S. The depth distribution of trawls with *M. australis* reflects the predominance on the deeper shelf areas from 200m to 500m (Figure 8).

The monthly distribution of *M. australis* within the FICZ, using aggregated observer data from 1988 to 2000, is shown in Figure 9. *M. australis* is largely absent from the Falkland's zones in June and July. In August and September the highest CPUEs have been recorded at in the south west of the FICZ at latitudes of 53°S, close to the 500m depth contour. Through the summer (October to February) catches are relatively high over the deeper shelf area in the south-west FICZ. In late summer (February, March), in particular, *M. australis* also appears as bycatch in the *Loligo gahi* fishery around the 200m contour to the south and east of the Islands, and on the shallower shelf in the north-west of the FICZ. The highest catches in April and May occur south of the 200m contour in the west of the FICZ and in May are concentrated on the western edge of the FICZ.

Fishery

Data sources

The Fisheries Department licenses all vessels fishing in Falkland Island waters. Licences are available for targeting the main squid species (*Illex argentinus* and *Loligo gahi*), rays (principally *Bathyraja* spp.) and finfish. Very little of the catch is landed in the Islands, although some is transhipped in Falkland Island waters. Therefore, records of catch are provided by daily radio reports of vessels and logbooks completed by the vessels. Occasional inspections are not adequate to validate all these catch reports, but since all fisheries are effort limited (rather than catch limited) the incentive to mis-report is thought to be minimal.

M. hubbsi and *M. australis* are difficult to distinguish. Furthermore, the reporting system described above does not allow for easy port-based validation of commercial identifications of the two species. Consequently, a single reporting category for 'hakes' has been used by vessels since the start of the Falkland Islands fisheries regime in 1987. Information on the species composition of this category has been obtained from scientific observers (present on some, but not all, fishing trips), which have included reliable identification of the two species.

Catch proportions

Since the decline in the catch of hakes (predominantly *M. hubbsi*) from the early 1990s, and concern about the stock of *M. hubbsi* around the Islands (Tingley et al 1995), a specific licence has been required to catch hake and the number of licences issued has been strictly controlled (Table 3). Paradoxically, this 'hake' licence is often referred to as 'general finfish' since it allows unrestricted fishing for all demersal teleosts, but to avoid confusion we will term it the 'hake' licence in this paper. The bycatch of hake in other fisheries, including the trawl fishery for other demersal species (termed 'restricted finfish'), is limited to 10%. This limitation might have the potential to create an incentive to under-report hake catches. However, an analysis of catch and observer data undertaken by Imperial College in 1998 detected very few suspected cases of such mis-reporting.

The proportion of hake in the catch of vessels able to target hake was relatively low (20-40%) even in the early part of the fishery when a substantial quantity of *M. hubbsi* was taken. Since 1993, the proportion of hake in catches by 'hake' vessels has been between 10 and 22%. Other important species taken by both the hake and the restricted finfish vessels are hoki (*Macruronus magellanicus*), southern blue whiting (*Micromesistius australis*) and red cod (*Salilota australis*).

Trends in catch and CPUE

The general scheme of distribution of *M. australis* described in Figure 9 is not necessarily evident in all years, because 'hake' and 'restricted finfish' vessels do not fish in all areas in each year and observer coverage is also variable from year to year. However, it is clear that estimates of the proportion of *M. australis* in the catches of 'hakes' by vessels should take into account the time of year and area in which those catches are made. Both species occur in similar areas and depths around the Islands. However, the shelf waters to the north of the Islands form an important winter feeding ground for *M. hubbsi* (Agnew 2000) whereas as *M. australis* are generally distributed in shelf slope waters to the south of the islands (Figure 10).

To estimate total catches of *M. australis* we used observer data to calculate the proportion of hake that were *M. australis* in each of two areas, north and south of 51°S, for each of the quarters of the year, and applied these proportions to the catches reported by fishing vessels (Table 4). The difference between the seasonal and areal distributions of the two species can be clearly seen in this table.

It is, unfortunately, not possible to assume similar proportions of the two hakes by area and season in years prior to 1990 since the very large catches taken in the late 1980s were taken in the winter both N and S of 51° S, a time when *M. hubbsi* is present around the Islands. However, the fact that these catches were not taken in the summer is taken as evidence that they were *M. hubbsi*. Tingley et al (1995) estimated that the proportion of *M. australis* in the hake catch in these years was less than 5%. We have assumed that *M. australis* comprised 4% of the catch in these earlier years. The total catch of *M. australis* therefore seems to have been between 1000 and 3000 t in the years 1987 to 1992, dropping to less than 1000 t from 1993 onwards (the average from 1993 to 2000 has been 430 t: Figure 11).

Catch per unit effort, calculated using the proportions in Table 4, shows a decline from a peak in 1991 to a more or less steady CPUE from 1993 to the present (Figure 12). There are, as would be expected from the general analysis above, strong seasonal peaks in CPUE in the first quarter of the year (January to March), declining during the autumn and then recovering as fish return to the areas S and SW of the Islands in spring. The CPUE for *M. australis* is lower in the north, and shows winter peaks associated with increased fishing effort on *M. hubbsi* in the north at this time, in which *M. australis* is clearly a minor bycatch species.

Discussion

Merluccius australis occurs in the Falkland Islands fishery zones during most of the year, being most abundant in the SW of the zone in the late summer. From the position of the major catch areas it would appear that the species is at the eastern edge of a more

westerly distribution. Females dominate in catches from the FICZ, leading to the supposition that they have a larger range than males, occurring further to the east.

The principal topographic feature of the south-west of the FICZ is a deep-water basin bounded by the Patagonian shelf to the west, the Falklands shelf to the northeast and Burdwood Bank to the south. This basin lies just to the west of an area in which the Falklands Current, an off-shoot of the Antarctic Circumpolar Current, splits into a major component flowing east and north around the Islands and a smaller current flowing up onto the Patagonian Shelf west of the Islands. The shelf around the Islands, and particularly the shelf-breaks to the southwest and northeast, are areas of persistent high productivity that attract a number of fish both to spawn and to feed in the winter and summer (Agnew, 2001). Of particular note is southern blue whiting (*Micromesistius australis*), which Paya (1992) found to be the second most important prey item in the diet of *M. australis* in the Chilean fishery. This fish enters Falkland Islands waters to spawn in September and October on the shelf break to the south and south-west of the Islands. There are also substantial stocks of other potential prey species, such as hoki (*Macrouronus magellanicus*) and red cod (*Salilota australis*). It may therefore not be surprising that this is a suitable feeding area for adult *M. australis*.

We have found no evidence that any significant spawning actually takes place in Falkland's waters. Spawning is believed to take place mainly during June and July somewhere to the south-west of the Falkland Islands, as the species is largely absent from Falklands waters during these months. Although there is usually less fishing in the FICZ during these months, we do not believe that the absence of these animals is simply a sampling artefact. The species appears to arrive in the south-west of the FICZ in the spring, after spawning, possibly concentrating initially in the deeper (500m) water around 53°S. Over the summer the bulk of *M. australis* are found over the deeper shelf in the south-west FICZ, between the 200m and 500m contours, with resting and early developing animals predominating in catches. There is some dispersion up on to the shallower shelf areas in the north-west of the zone, and around the 200m isobath to the north-east and north of the Falkland Islands, and it has been recorded on the shelf break in international waters as far north as 45°S. In autumn there is a general increase in maturity and catch rates are highest in the west of the FICZ, just deeper than the 200m contour. In May the animals are concentrated at the western extent of the FICZ about 52°S and our assumption is that they move out of Falklands waters at this time of year to spawn further to the south and west, although whether in the Atlantic or Pacific is not known.

The fished population in the Falkland's zones is an entirely adult population. Very few immature fish have been encountered, and to our knowledge juvenile *M. australis* have also not been encountered around the Falkland Islands, so it must be assumed that the nursery grounds are also elsewhere. The size distribution of both male and female fish in the FICZ is generally unimodal with a peak around 70cm and is remarkably consistent between years. However, fish in Falkland Islands waters appear to be somewhat larger at age than recorded for fish in the Chilean *M. australis* fishery. This may be simply an artefact of differences in the ageing techniques used for samples from the different fisheries. However, if the two groups belong to the same stock another possibility is that only the larger, faster-growing, mature fish in each cohort penetrate to the further eastern reaches of the species' feeding range. This would tend to bias the size at age for this mature, feeding population towards larger fish compared with the smaller, perhaps immature fish that do not move as far east.

The variability in size at age apparent in the otoliths sampled in November may be the result of protracted spawning periods. Inter-annual differences in the proportion of the various maturity stages, in particular post-spawning individuals, from catches in Falkland's waters also suggest that there may be differences in the time of spawning between years. However, the possibility that this observation is simply due to sampling differences between years cannot be discounted at this stage.

There is clearly a discrepancy between the large estimates of biomass of *M. australis* made from the surveys conducted in the 1970s, and the suggestion that most of this biomass was distributed around the Falkland Islands, and the comparative rarity of the species in catches. Estimated catches in Falkland Island waters are less than 1000t per annum. Argentine catches of this species are also low, between 2000 and 4000 t per annum (source: FAO; however, see also Woehler, this volume). What, therefore, happened to the large stocks? Either they are currently still there, but unexploited (an unlikely scenario given the high fishing effort on hakes generally in the SW Atlantic), or there is no longer a large stock size.

The declines in CPUE since 1990 suggest that there has been a real decline in the abundance of *M. australis* in Falkland Islands' waters over this decade. Similar indications from other *M. australis* fisheries in the region and in Chilean waters also suggest a decline in *M. australis* generally around the south of South America from at least the mid-1980s (Aguayo, 1995).

It might be thought that the large catches in 1985-1989, from the Falkland Islands and also possibly Argentina, may have contributed to a decline in the abundance of this species. However, Tingley et al (1995) estimate that over 95% of the hake caught in these years were *M. hubbsi*. An alternative explanation might be that *M. australis* in the SW Atlantic is continuous with stocks of the same species in SE Pacific waters. The biomass of the Chilean stock showed a decline from 350,000t to 150,000 t over the period 1981-1990 (Aguayo, 1995). If the Pacific and Atlantic distributions of this species are continuous, so that the same 'stocks' are being fished in both areas, the decline in *M. australis* in Chilean waters and the rarity of *M. australis* around the Falkland Islands may have a common cause.

The catch of hakes in Falkland Islands waters continues to be managed by effort control, with considerable effort restriction on vessels that are permitted to target hake. Management is currently directed at controlling effort on *M. hubbsi*, following the assessments of this species performed by Tingley et al (1995). Given the increasing body of information available on southern hake, and the fact that this species appears to be largely confined to the SW of the Falkland Islands in both Falkland and Argentine waters, there may be a need to consider separate management approaches for the two *Merluccius* species. Unlike the situation early in the fishery, fishermen are now clearly able to distinguish between the two species, and there is an economic incentive for them to do so – the value of *M. australis* is double that of *M. hubbsi*. There may still be some uncertainty about identification of the smaller specimens in particular, but increased certainty about the two species has led to a need to report catches of the two species separately.

In addition to more accurate reporting and management directed at *M. australis* in Falkland Islands' waters, it is clear that this species occurs in both Falkland and

Argentine waters, and is possibly also continuous with the distribution of *M. australis* in Chilean waters. A joint approach to research, assessment and management of this species around the southern part of South America may therefore be appropriate.

Acknowledgements

This paper has analysed data collected over a number of years by scientific observers from the Falkland Islands. We acknowledge gratefully their work without which such analyses as this would not be possible. We are grateful for the efforts of Mr J. Pompert in resolving queries related to early observer data, and acknowledge the otolith ageing work carried out by the MIR Sea Fisheries Research Institute in Gdynia.

References

- Agnew, D. J. 2001. Critical aspects of the SW Atlantic pelagic ecosystem: distribution, spawning and migration of pelagic animals in relation to oil exploration. *Mar. Cons.* 000-000 (in press)
- Aguayo, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. gayi* and *M. australis*). In, Hake: biology, fisheries and markets, Alheit, J, Pitcher, T (Eds), Chapman & Hall: London, pp 305-337.
- Angelescu, V, Prenski, LB. 1987. Ecología trófica de la merluza común (*Merluccius hubbsi*) del Mar Argentino, 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. Contrib. INIDEP 561.
- Anon. (2000). Fisheries Statistics. Falkland Islands Government Fisheries Department, Stanley, Falkland Islands.
- Bezzi, SI, Verazay, GA, Dato, CV. 1995. Biology and fisheries of Argentine hakes (*M. hubbsi* and *M. australis*). In, Hake: biology, fisheries and markets, Alheit, J, Pitcher, T (Eds), Chapman & Hall: London, pp 239-267.
- Colman, J.A. 1995. Biology and fisheries of New Zealand hake (*M. australis*). In, Hake: biology, fisheries and markets, Alheit, J, Pitcher, T (Eds), Chapman & Hall: London, pp 305-337.
- Csirke, J. 1987. The Patagonian fisheries resources and the offshore fisheries in the South-West Atlantic. FAO Fish. Tech. Pap. 286, 75pp.
- Inada, T. 1981. Studies on the Merlucciid fishes. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab, 18, pp 1-172.
- Inada, T. 1981. Two nominal species of *Merluccius* from New Zealand and Southern South America. Jap. J. Ichthyology, 28 (1), 31-36.
- Paya, I. (1992). The diet of Patagonian hake *Merluccius australis polylepis* and its daily ration of Patagonian grenadier *Macrouronus magellanicus*. In *Benguela Trophic Functioning* (eds. A.I.L. payne, K.H. Brink, K.H. Mann & R. Hilborn). *S. Afr. J. mar. Sci.*, 12: 753-760.
- Tingley, G. A., L. V. Purchase, M. V. Bravington & S. J. Holden. 1995. Biology and fisheries of hakes (*M. hubbsi* and *M. australis*) around the Falkland Islands. In, Hake: fisheries, ecology and markets, J. Alheit & T. J. Pitcher (eds), Chapman & Hall, pp 269-303.
- Wysokinski, A, 1974. Taxonomic position of hake, *Merluccius polylepis* Ginsburg, 1954, from the Falkland Islands and Tierra de Fuego region. *Acta Ichthyologica et piscatoria*, 4 (2), 19-31.

Table 1. Commercial value of *M. australis* and *M. hubbsi* in January 2001 (J. Portelo, IEO Vigo, pers. comm.).

<i>Merluccius australis</i>			<i>Merluccius hubbsi</i>		
Category	Weight (grams)	Price (Spanish, pts)	Category	Weight (grams)	Price (Spanish, pts)
			0	<250	140
			1X	251-400	160
			1	401-600	200
2	601-800	430	2	601-800	f230
3	801-1500	550	3	801-1500	280
4	1501-2400	600	4	1501-2400	300
5	>2400	650	5	>2400	342

Table 2. The maturity scale used for assessment of finfish maturity by observers in the Falkland Islands fisheries, based on macroscopic examination of the gonads.

Maturity stage	Description
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).

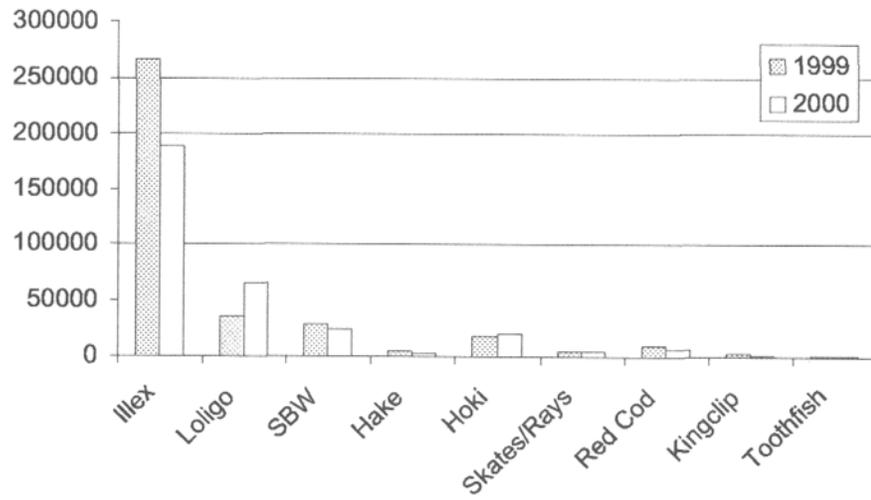


Figure 2. The proportion of female *M. australis* in all sampled trawls with more than 10 individuals over the period 1988 to 2000.

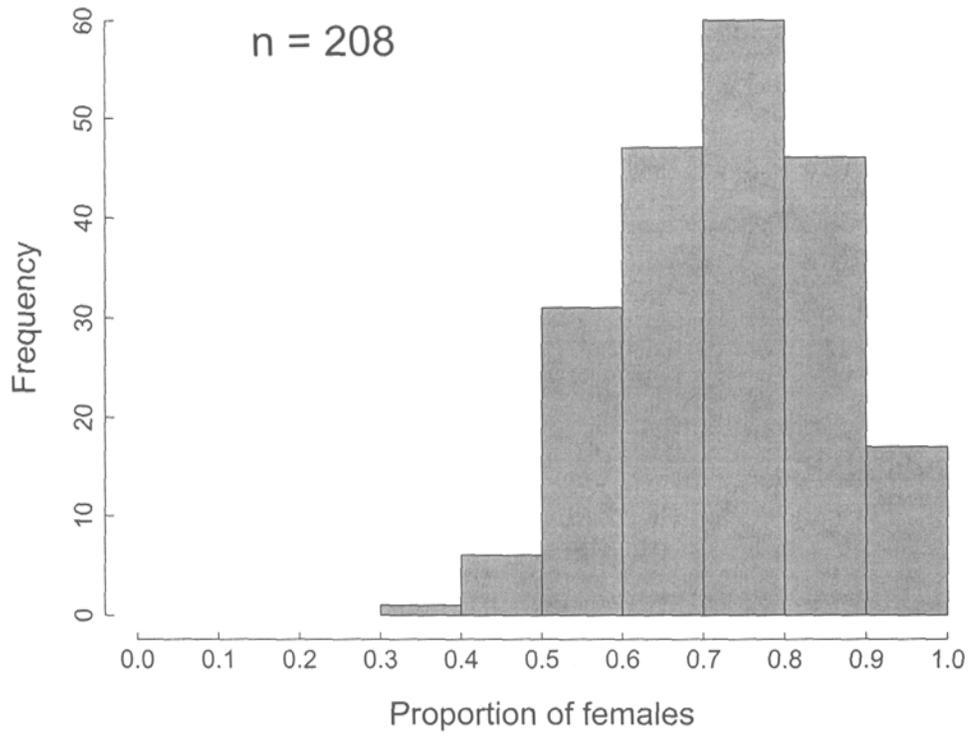


Figure 3. The proportion of individuals assigned to each maturity stage for females (top) and males (bottom), on a monthly basis using data aggregated over the period 1988 to 2000.

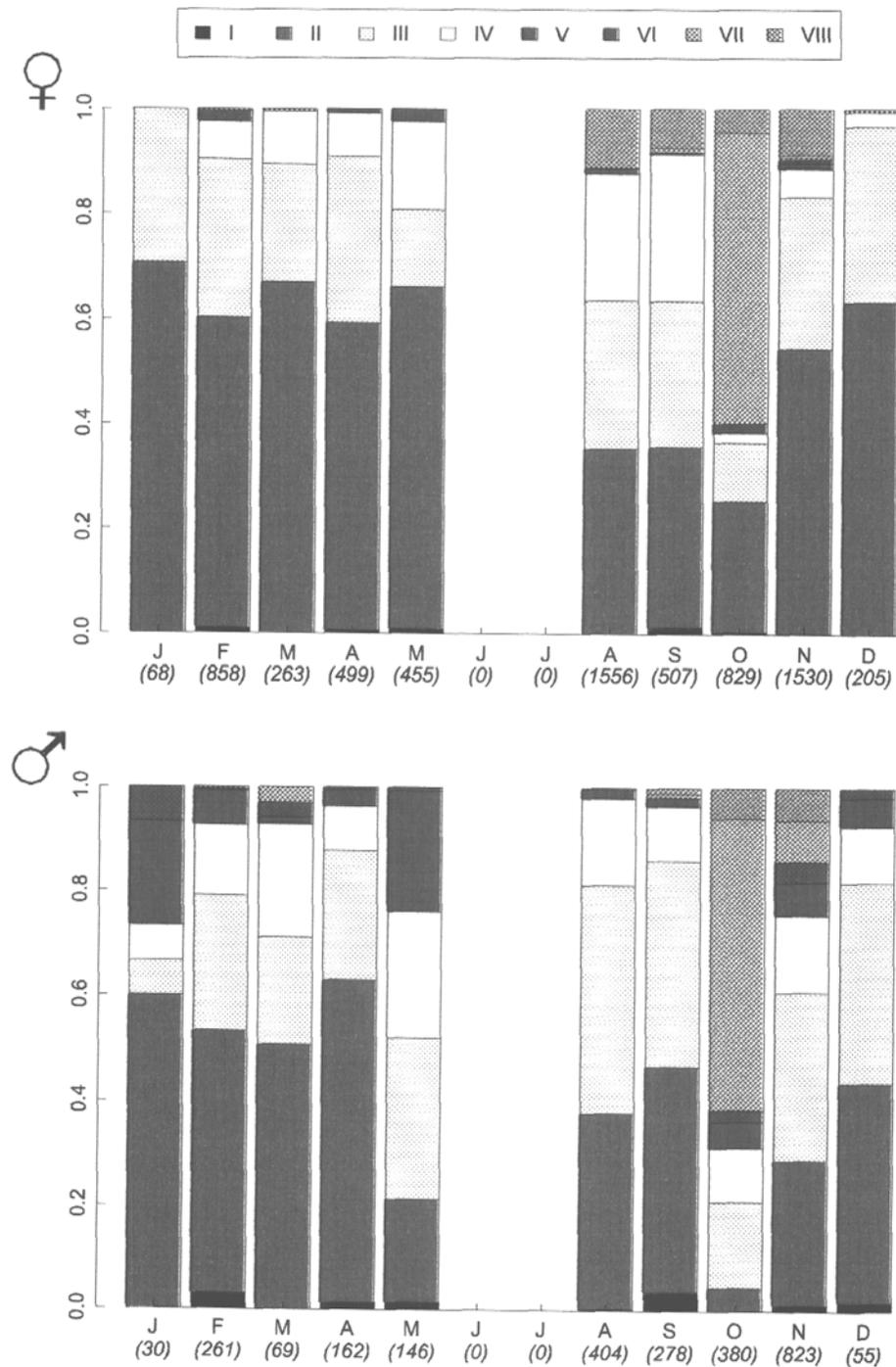


Figure 4. Annual length frequency distribution of female *M. australis* in catches from Falkland's waters using 3cm length classes and considering feeding (December – February), pre-spawning (March to May) and post-spawning (August - November) period separately.

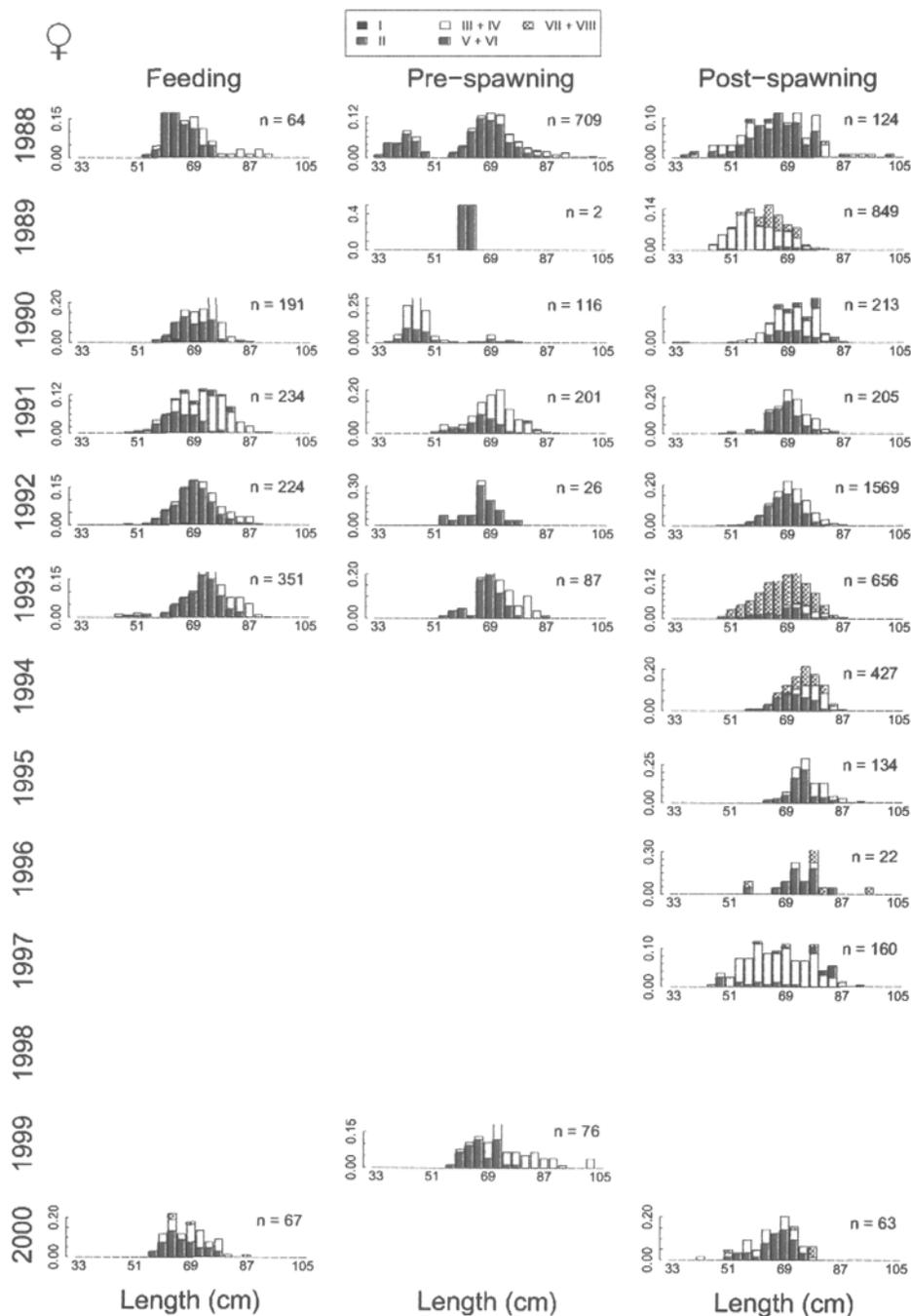


Figure 5. Annual length frequency distribution of male *M. australis* in catches from Falkland's waters using 3cm length classes and considering feeding (December – February), pre-spawning (March to May) and post-spawning (August - November) periods separately.

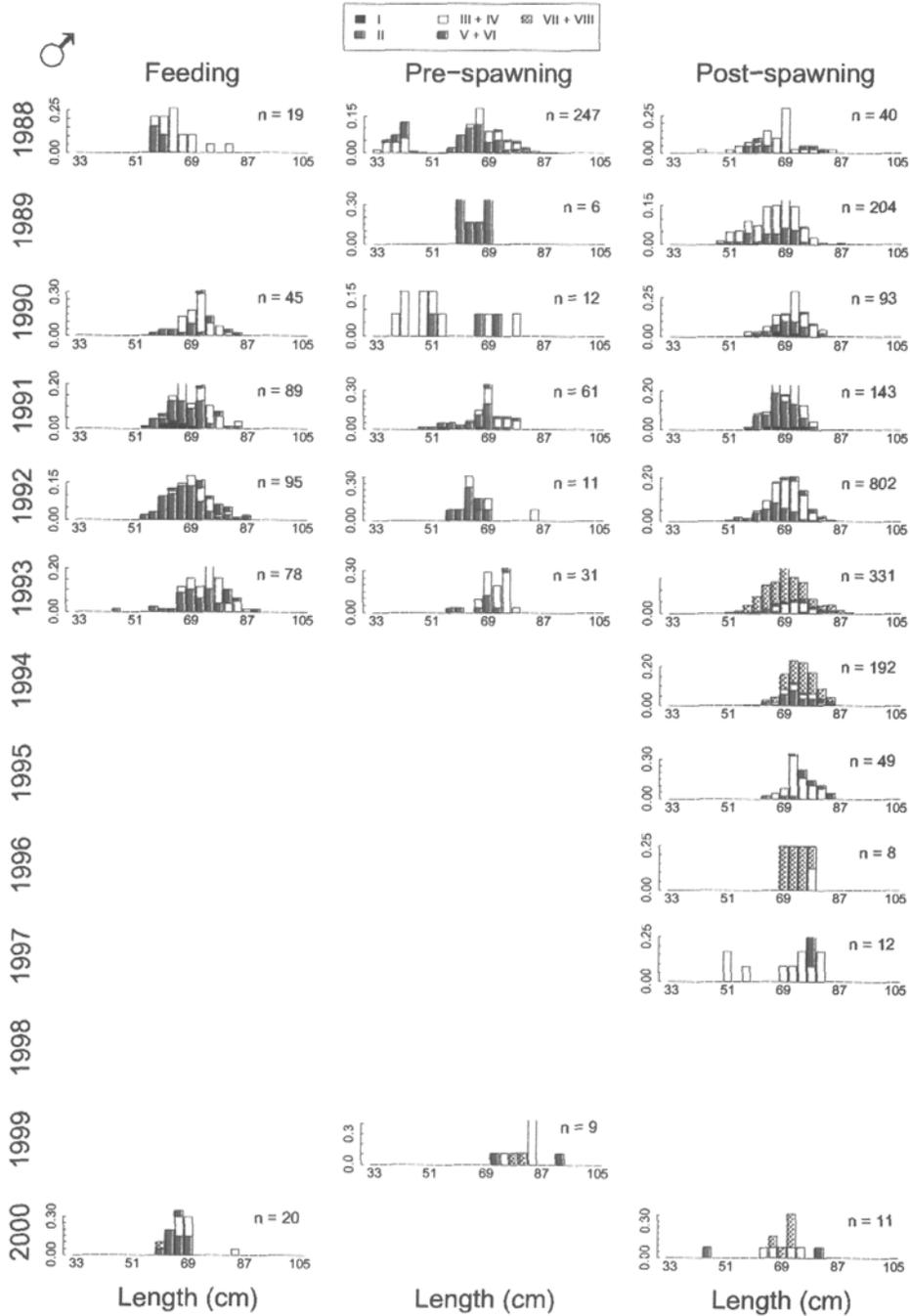


Figure 6. Size at age for females (top) and males (bottom), from all otolith readings over the period 1988 to 2000. Otoliths collected in November are shown as filled circles, otoliths in other months as crosses. Comparative von Bertalanffy growth curves are shown for fish from the Chilean fishery (Ojeda and Aguayo, 1986, in Aguayo, 1995; solid line) and the New Zealand fishery (Colman, 1995; dashed line).

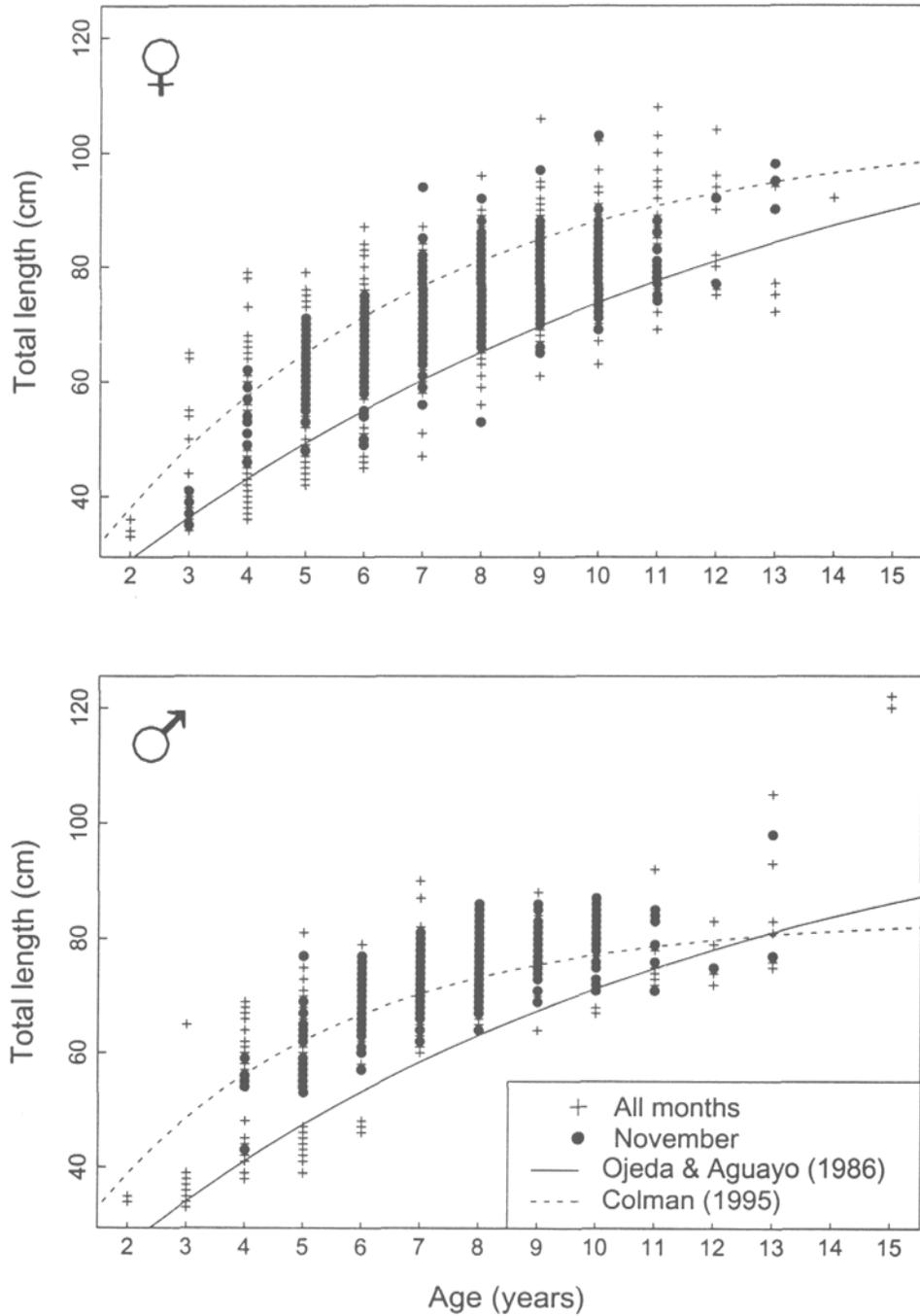


Figure 7. The overall distribution of *M. australis* in the areas sampled by Falkland Islands Fisheries Department observers. Each red square marks the position of a sampled trawl where *M. australis* was recorded. The dashed line illustrates the 200m depth contour, and the dotted line the 500m contour.

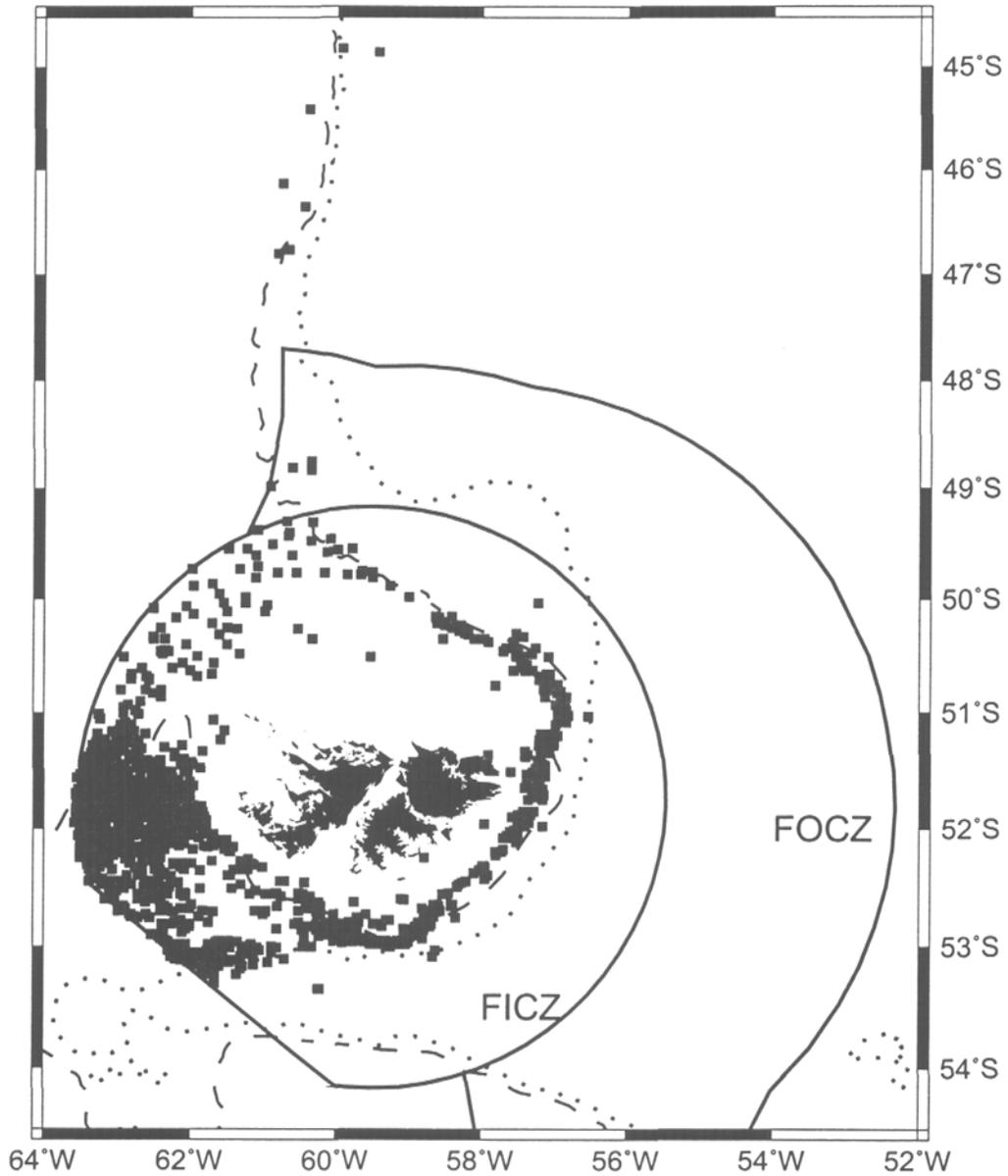


Figure 8. Bottom depths of sampled trawls with catches of *M. australis*.

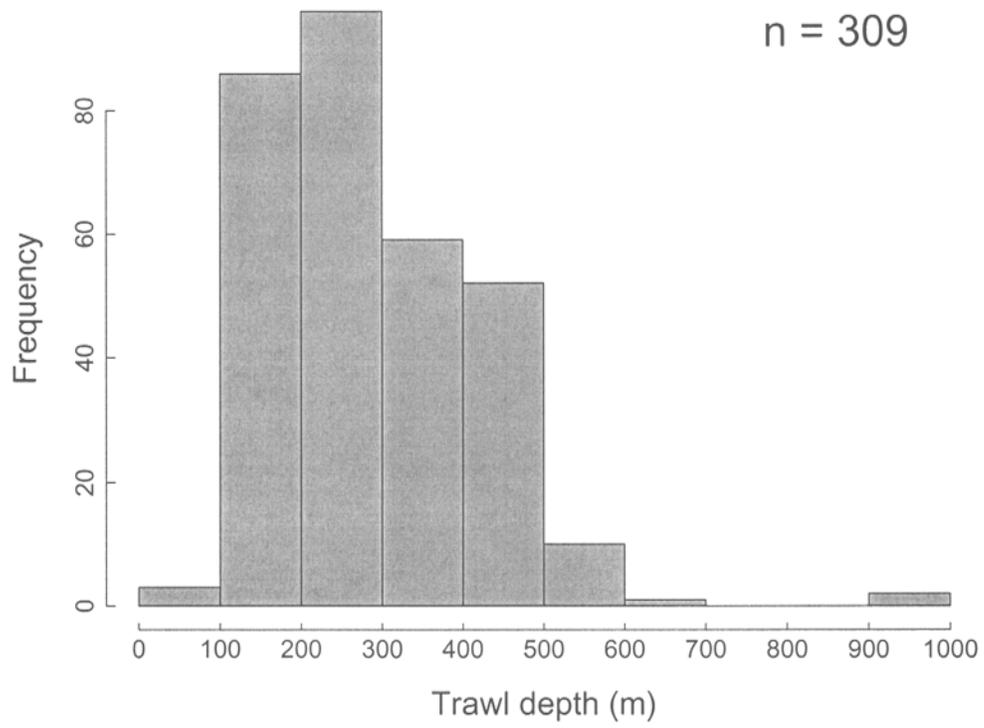


Figure 9. Monthly distribution of *M. australis* within the FICZ using aggregated data from 1988 to 2000. The locations of observed trawls without *M. australis* are shown as grey crosses. Filled circles mark the position of trawls containing *M. australis*; circle diameter is proportional to the square root of catch per unit effort (calculated as kg/hr).

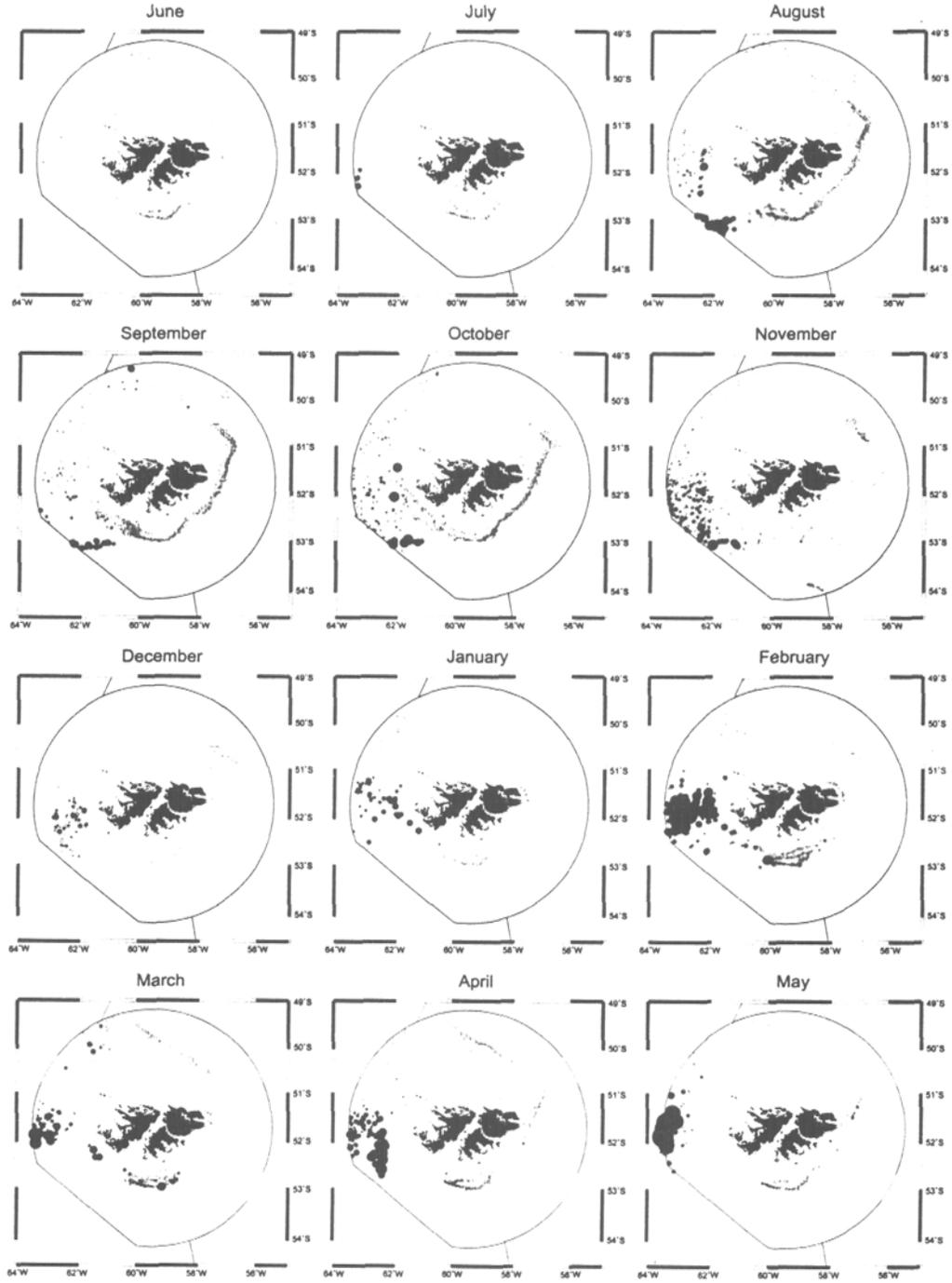


Figure 10 The proportion of *M. hubbsi* and *M. australis* in observer catches, 1997, showing the line used to define N and S. The area to the north is the winter feeding area for *M. hubbsi*.

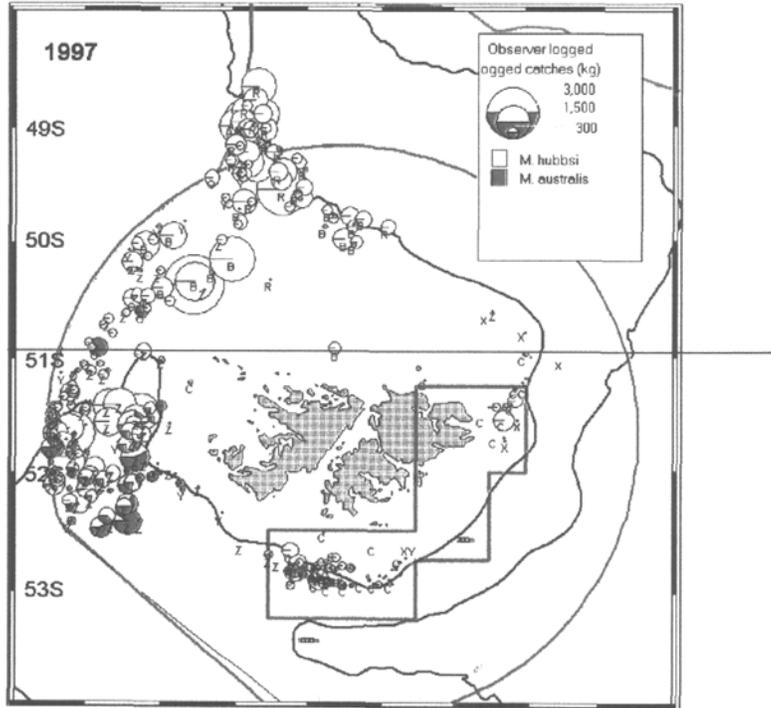


Figure 11 Estimated catch of Southern hake *M. australis* in Falkland Island waters. Estimates are given separately for the two areas (S and N). The total number of days fishing by hake licensed vessels, and the total catch of both species of hake by all vessels, are also given.

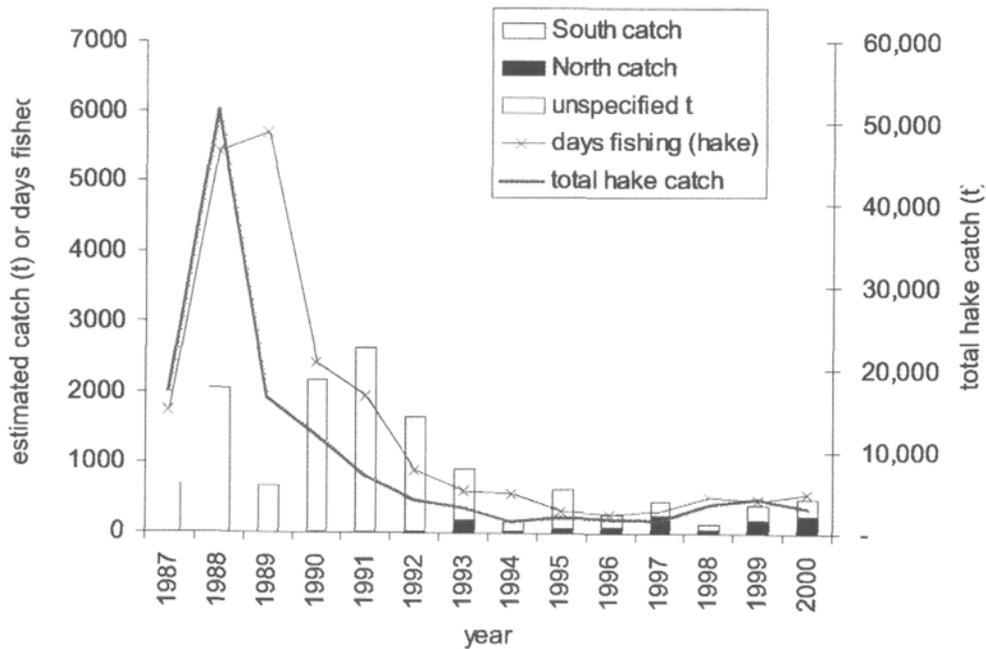
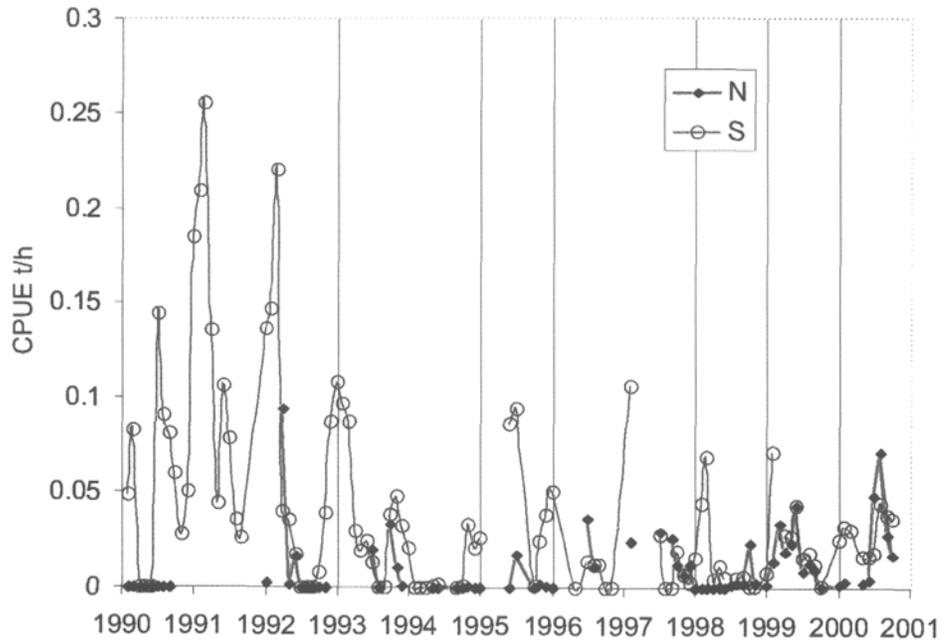


Figure 12 Estimated CPUE of *M. australis* in the two areas, S and N of 51°S. Vertical divisions represent 1 January.



**An overview of the life-cycle, fishery, and stock management
of hake (*Merluccius australis* Hutton) in New Zealand waters**

A. Dunn, M.E. Livingston, & J. McKoy

**National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd. (NIWA)
P.O. Box 14-91, Kilbirnie, Wellington
NEW ZEALAND**

The logo for NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research) features the acronym "NIWA" in a bold, sans-serif font. The text is positioned above a stylized, curved graphic element that resembles a wave or a swoosh, extending from the left towards the right.

NIWA

TABLE OF CONTENTS

List of tables	ii
List of figures	iii
1. Introduction	1
2. Bathymetry and oceanography of the New Zealand region	1
3. The biology of hake	4
3.1 Distribution and life-cycle	4
3.2 Stock structure	12
3.3 Growth, natural mortality, and ageing	12
3.4 Feeding	17
4. The history and character of the hake fishery	18
4.1 Introduction	18
4.2 History and development of the fishery	20
4.3 Patterns of catch and effort	22
5. Stock assessment and stock management	24
5.1 Catch per unit effort abundance indices	24
5.2 Trawl surveys	24
5.3 Acoustic surveys	28
5.4 Stock assessment and stock management	30
6. Acknowledgments	31
7. References	31

LIST OF TABLES

Table 1: Estimates of biological parameters of hake.	14
Table 2: Reported landings (t) of hake by fish stock from 1984 to 1990 and actual TACs (t) for 1987 to 2000.	21
Table 3: Biomass indices (t) and coefficients of variation (c.v.) for hake from R.V. <i>Tangaroa</i> trawl surveys for (a) Chatham Rise and (b) Sub-Antarctic. (These estimates assume that the areal availability, vertical availability, and vulnerability are equal to one.)	27

LIST OF FIGURES

- Figure 1: Hake (~65 cms Total Length), *Merluccius australis*. (Photo: P.J. McMillan, NIWA.) 1
- Figure 2: The New Zealand bathymetry, and EEZ. (© NIWA, reproduced with permission). 2
- Figure 3: Surface circulation and water masses around New Zealand. (Carter et al. 1998. © NIWA, reproduced with permission.) 3
- Figure 4: Scientific processing of hake in the Tangaroa wet lab. (Photo: N. Bagley, NIWA.) 5
- Figure 5: Locations of commercial catches of hake from TCEPR records for 1989–90 to 1999–2000, N=number of TCEPR records. (Reproduced with permission from Phillips 2001). 6
- Figure 6: Distribution of all hake from all bottom research trawls. (Reproduced with permission from Anderson et al. 1998.) 7
- Figure 7: Distribution of adult (76 cms Total Length) hake. Grey points indicate positions of all hake samples, but where data are unavailable to distinguish length. Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000.) 8
- Figure 8: Distribution of immature (75 cms Total Length) hake. Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000) 9
- Figure 9: Distribution of hake aged 0+ (usually defined 25 cms Total Length, but also of shorter lengths depending on the season of the catch, see Hurst et al. (2000) for detail). Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000) 10
- Figure 10: Distribution of hake aged 1+ (usually defined as >25 cms and 45 cms Total Length, but also of other lengths depending on the season of the catch, see Hurst et al. (2000) for detail). Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000) 11
- Figure 11: Estimated age frequencies for males and females, from the Scientific Observer data for the commercial catch of hake in 1999 for the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic. 13
- Figure 12: Estimated von Bertalanffy growth curves of hake for males (M) and females (F) for the west coast South Island (7), Chatham Rise (4), and Sub-Antarctic (1). 14
- Figure 13: Estimated length frequencies of males (blue) and females (red) from the Scientific Observer data for the commercial catch (left side figures) and trawl survey data (right side) of hake for the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic. 15
- Figure 14: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the west coast South Island commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash. 15
- Figure 15: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the Chatham Rise trawl surveys (circles) and commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash. 16

- Figure 16: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the Sub-Antarctic trawl surveys (circles) and the commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash. 16
- Figure 17: The Southern Oscillation Index for 1970 to 2000, and approximate year class sizes of hake (calculated directly from survey and scientific observer data) for the west coast South Island Scientific Observer data, Chatham Rise trawl survey and Scientific Observer data, and Sub-Antarctic summer and autumn trawl survey data. Note: larger circles indicate stronger year class strengths. 17
- Figure 18: Percentage prey category of stomach contents of hake from research trawls by area and size range. (Reproduced with permission from Stevens et al. 2001a.) 18
- Figure 19: Quota Management Areas (QMAs) for hake in the New Zealand EEZ. The western Chatham Rise (nominally HAK 1) is considered to be part of the Chatham Rise stock for stock assessment purposes. 19
- Figure 20: A typical catch of hake, mixed with hoki, caught by R.V. *Tangaroa* on the west coast South Island, August 1999. (Photo: A Dunn, NIWA.) 20
- Figure 21: Total landings by year for the hake QMAs (a) Challenger (HAK 7), (b) Chatham Rise (HAK 4), and (c) the Sub-Antarctic (HAK 1). 22
- Figure 22: The NIWA deep sea research vessel R.V. *Tangaroa*, as seen from NIWA's Greta Point Research Centre. (Photo: NIWA.) 25
- Figure 23: Chatham Rise trawl survey stratification for 2000, showing the core 200–800 m strata (blue), and more recent 800–1000 m strata (beige). 26
- Figure 24: Sub-Antarctic trawl survey stratification for 2000, showing the core 300–800 strata (blue), Puysegur 800–1000 m strata (green), Bounty Platform (green) and more recent 800–1000 m strata (beige). 26
- Figure 25: The target strength/fork length data obtained from swim bladder modelling and *in situ* data for hake. The dashed curves and dots are from scaled swim bladders. The dashed line is from Lillo (1996), and the circle is the *in situ* point. The solid lines are regressions fitted to the swim bladder and *in situ* data. Part (a) contains results for 12 kHz, and (b) contains results for 38 kHz. (Reproduced with permission from Macaulay & Grimes 2000.) 29

1. INTRODUCTION

The merluccid hake *Merluccius australis* Hutton (Figure 1) is found in New Zealand waters in depths of 250 to 800 m, mostly around the South Island. The same species is found off Chile and Argentina, where earlier records reported it as a different species, *Merluccius polylepis* (Inada 1981). It is thought that the New Zealand population of *Merluccius australis* may have originated from South America (Inada 1981, Ho 1990) during an interglacial period in the Pleistocene (Alheit & Pitcher 1995).

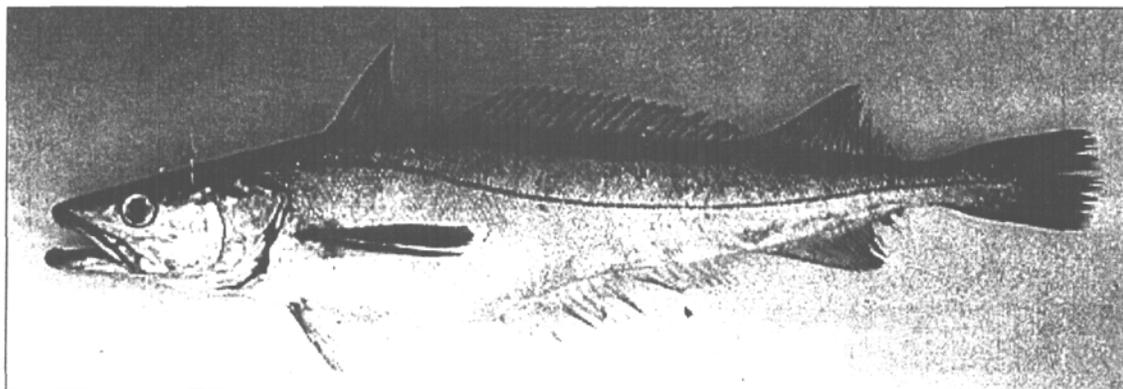


Figure 1: Hake (~65 cms Total Length), *Merluccius australis*. (Photo: P.J. McMillan, NIWA.)

The total annual catch of hake in New Zealand is about 15 000 t (Dunn 2001). In New Zealand, most hake (80%) are taken as bycatch of hoki (*Macruronus novaezelandiae*) another merluccid hake which has an annual catch of about 250 000 t. Hake are mostly caught off the west coast of the South Island, on the Chatham Rise, and to the northeast of the Auckland Islands in Sub-Antarctic waters (Colman 1995). The life-cycle, recruitment and stock structure of New Zealand hake are not well understood, however some research suggests that there are possibly three sub-populations of hake that are potentially vulnerable to localised over-exploitation. The stocks are currently managed as three fish stocks that roughly correspond to these three sub-populations. The recruitment processes of hake have not been researched in New Zealand, however, the distribution of 0+ hake (less than 1 year old) gives some indication that newly hatched larvae from spawning locations move inshore to shallow coastal water during the first year of life (Hurst et al. 2000).

In this paper, we summarise current understanding of the biology and life cycle of hake within the New Zealand oceanographic regime. We also describe the history of the New Zealand hake fishery, the management regime, and the current approach to stock assessment.

2. 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 centred on longitude 175° E. Apart from South America, New Zealand is the closest substantial land mass to Antarctica. The three 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 landmass that is above sea level is comparatively small (about 268 000 km²), but is surrounded by three large plateaux that extend out across the continental shelf and slope to a depth of 1000 m (Figure 3). The bathymetry greatly increases the effective size of the New Zealand landmass as an obstruction to the west wind drift. The largest plateau is the Campbell Plateau that 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.

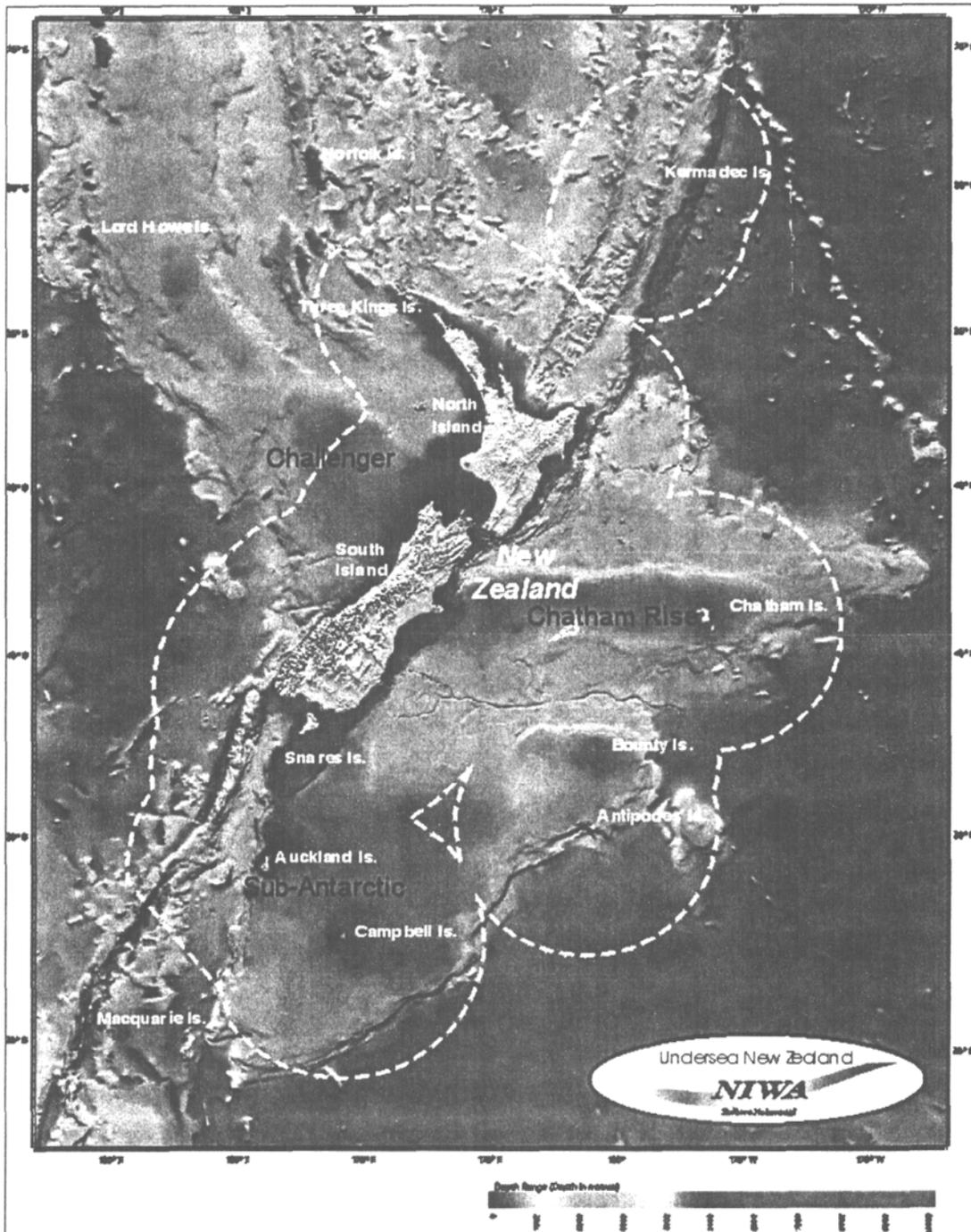


Figure 2: The New Zealand bathymetry, and EEZ. (© NIWA, reproduced with permission).

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 that runs about 700 km eastwards from the east coast of the South Island to the Chatham Islands at the eastern end. The Chatham Rise has a narrow ridge at depths of 50 to 200 m that 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.



Figure 3: Surface circulation and water masses around New Zealand. (Carter et al. 1998. © NIWA, reproduced with permission.)

Circulation in New Zealand waters is strongly constrained by the bathymetry. The Subtropical Front (labelled STF in Figure 3), 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 east coast of the South Island 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.

3. THE BIOLOGY OF HAKE

3.1 Distribution and life-cycle

Hake are essentially a cold water species, and their catch distribution and abundance is mostly associated with, or lies south of the STF. Hake are widely distributed from shallow coastal water to mid-slope depths around the South Island (Anderson et al. 1998, Hurst et al. 2000). Distributions of hake are shown in Figure 5 and Figure 6 below. Mature sized hake (defined as 76 cms Total Length in Figure 7) are mainly distributed in depths of 300–800 m though some have been found as deep as 1200 m. Juvenile hake (0+) are found in shallower inshore regions, usually in depths less than 250 m (Hurst et al. 2000). Distributions of immature, 0+, and 1+ hake (as defined by length class) are shown in Figures 8–10.

Details of spawning location, timing, and the spawning behaviour of New Zealand hake are not well documented. Gonad data collected during research surveys and roe data from commercial vessels have identified at least three spawning grounds that occur during different periods of the year. The best known spawning ground is off the west coast South Island. A study in the late 1970's showed that hake caught in June and July off the west coast South Island are pre-spawners (Patchell 1981). More recent information collected by Ministry of Fisheries Scientific Observers on trawlers operating in the west coast hoki fishery agrees with this, and shows that active spawning of hake west coast South Island does not appear to take place until August or September.

The Chatham Rise spawning ground, west of the Chatham Islands, was first reported in January 1980 (Patchell 1981). Observers on commercial vessels visited the area in December 1984 to January 1985, and in December 1988, and found concentrations of hake mainly in pre-spawning condition but also some running-ripe females. Trawl surveys on the Chatham Rise in 1989 and 1990 located actively spawning hake in the area in mid-December. This suggests that in at least some years the Chatham Rise hake spawn at least as early as December. There have also been unconfirmed reports of hake spawning at the western end of the Chatham Rise in some years.

In February 1979, a German research vessel, *Wesermünde*, caught small quantities of spent hake east of the Auckland islands (Patchell 1981). Ministry of Fisheries Scientific Observers on commercial vessels have reported the occurrence of hake in running-ripe condition to the north-east of the Auckland Islands between September and December from 1989 to 1991. The status of this area as a spawning ground is not yet clear.

The extended spawning periodicity of hake species elsewhere has been linked to their gonad development as indeterminate spawners (MacGregor 1966). A mature female can develop multiple clutches of eggs from primary oocyte stage through to the fully ripe tertiary stage within a spawning season. This is typical of hakes in general (Foucher & Beamish 1980), but differs from hoki, which appear to only develop a single clutch of eggs within a given spawning season (Schofield & Livingston 1998).

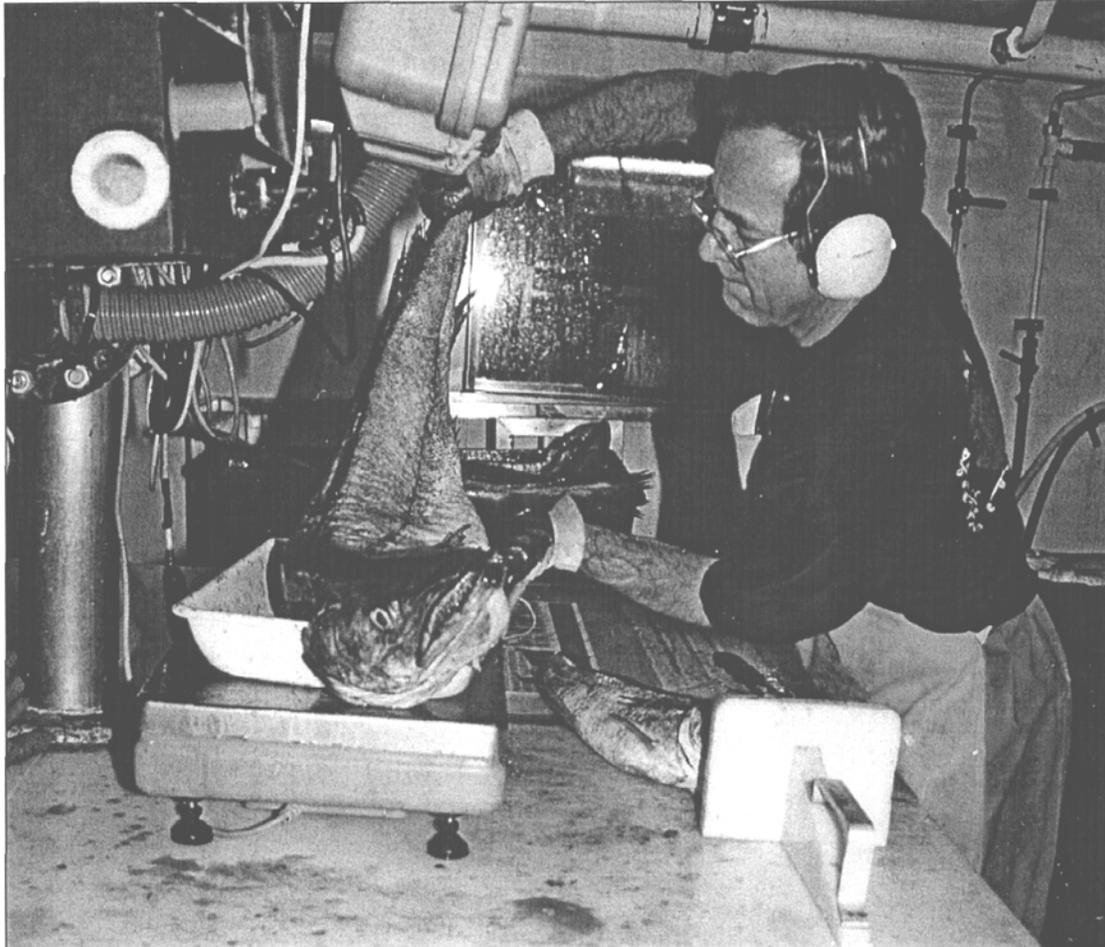


Figure 4: Scientific processing of hake in the Tangaroa wet lab. (Photo: N. Bagley, NIWA.)

Other spawning grounds have been identified on the Chatham Rise and on the north-western side of the Campbell Plateau.

Little is known of the early life history of hake in New Zealand. Larvae have not been reported from any plankton surveys. The 0+ aged fish are found only in shallow depths, close to shore (Figure 9) although a Japanese research vessel caught very small hake (8–14 cm Total Length) east of the Auckland Islands in February 1972 (Patchell 1981). Juvenile hake have been caught in coastal waters on both sides of the South Island and on the Campbell Plateau and may have derived from any of the spawning grounds (Figure 10). They reach a length of about 15–25 cm Total Length at one year old, and about 35 cm Total Length at 2 years. On the Chatham Rise, juvenile hake are most abundant at the western end (Bull & Bagley 1999). Juvenile hake are assumed to have a pelagic lifestyle that becomes increasingly demersal as they mature and move

to deeper water. Hake begin to mature sexually at age 5, at lengths of about 65 cm for males and 70 cm for females (Colman 1995).

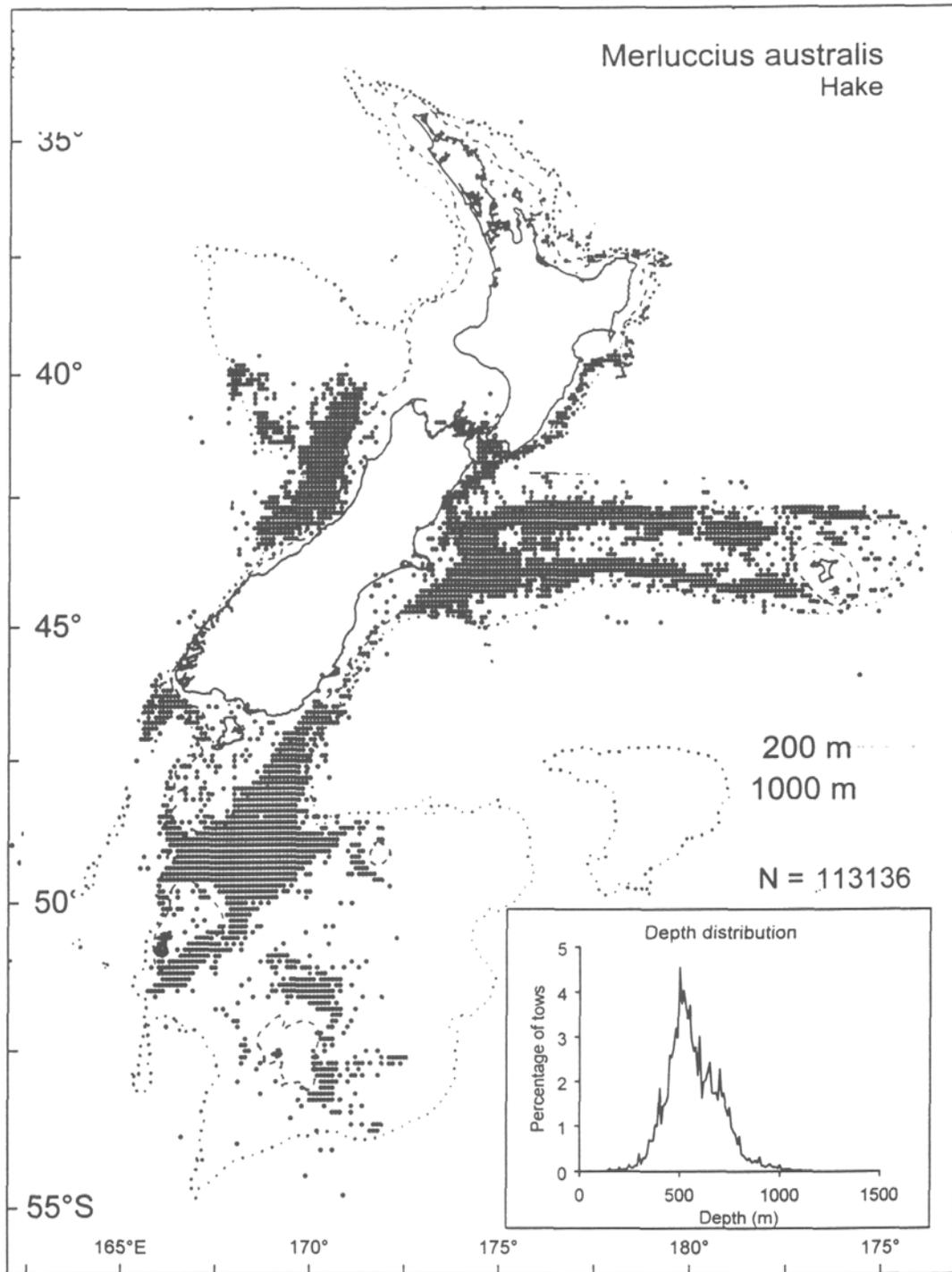


Figure 5: Locations of commercial catches of hake from TCEPR records for 1989–90 to 1999–2000, N=number of TCEPR records. (Reproduced with permission from Phillips 2001).

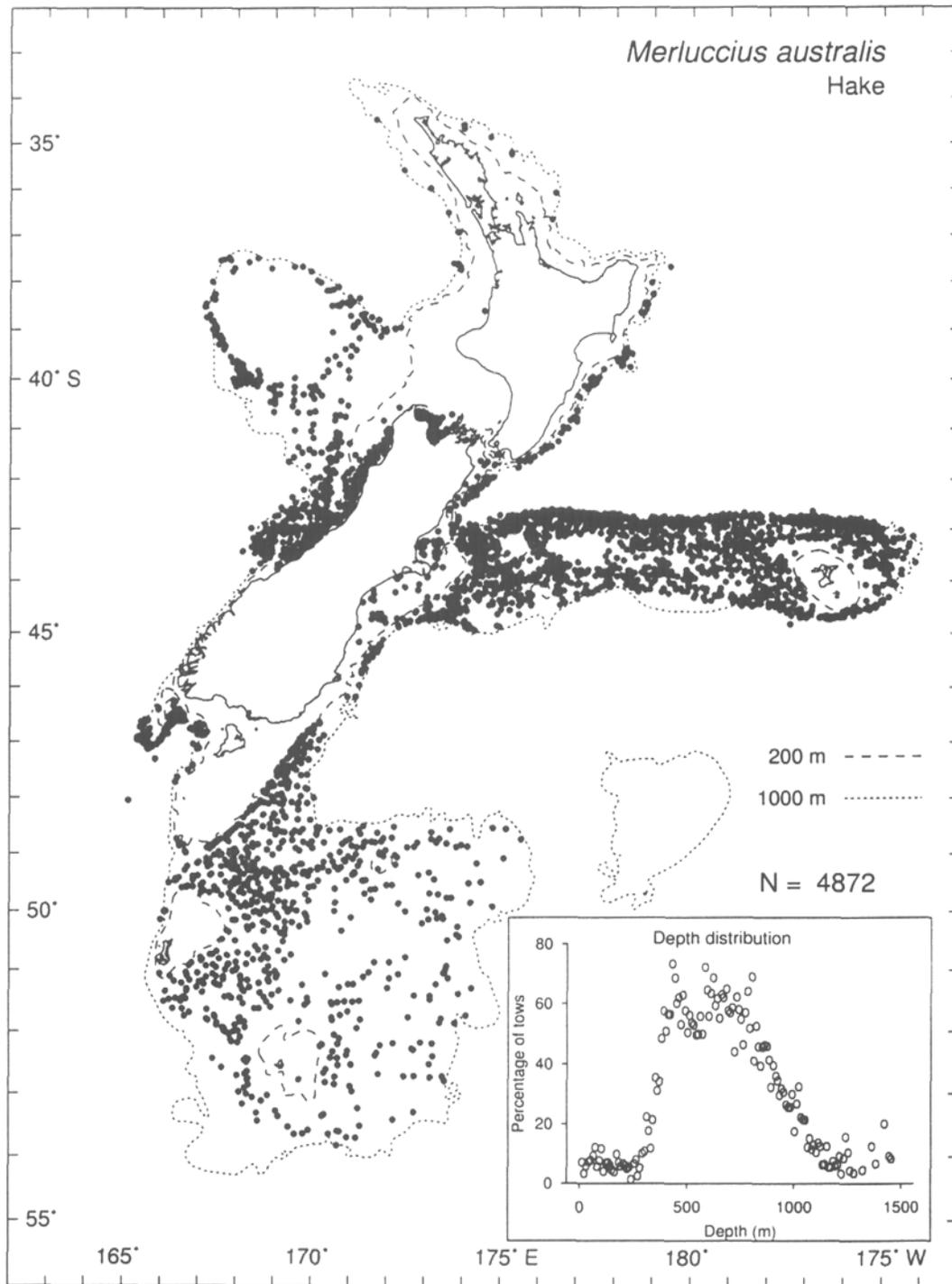


Figure 6: Distribution of all hake from all bottom research trawls. (Reproduced with permission from Anderson et al. 1998.)

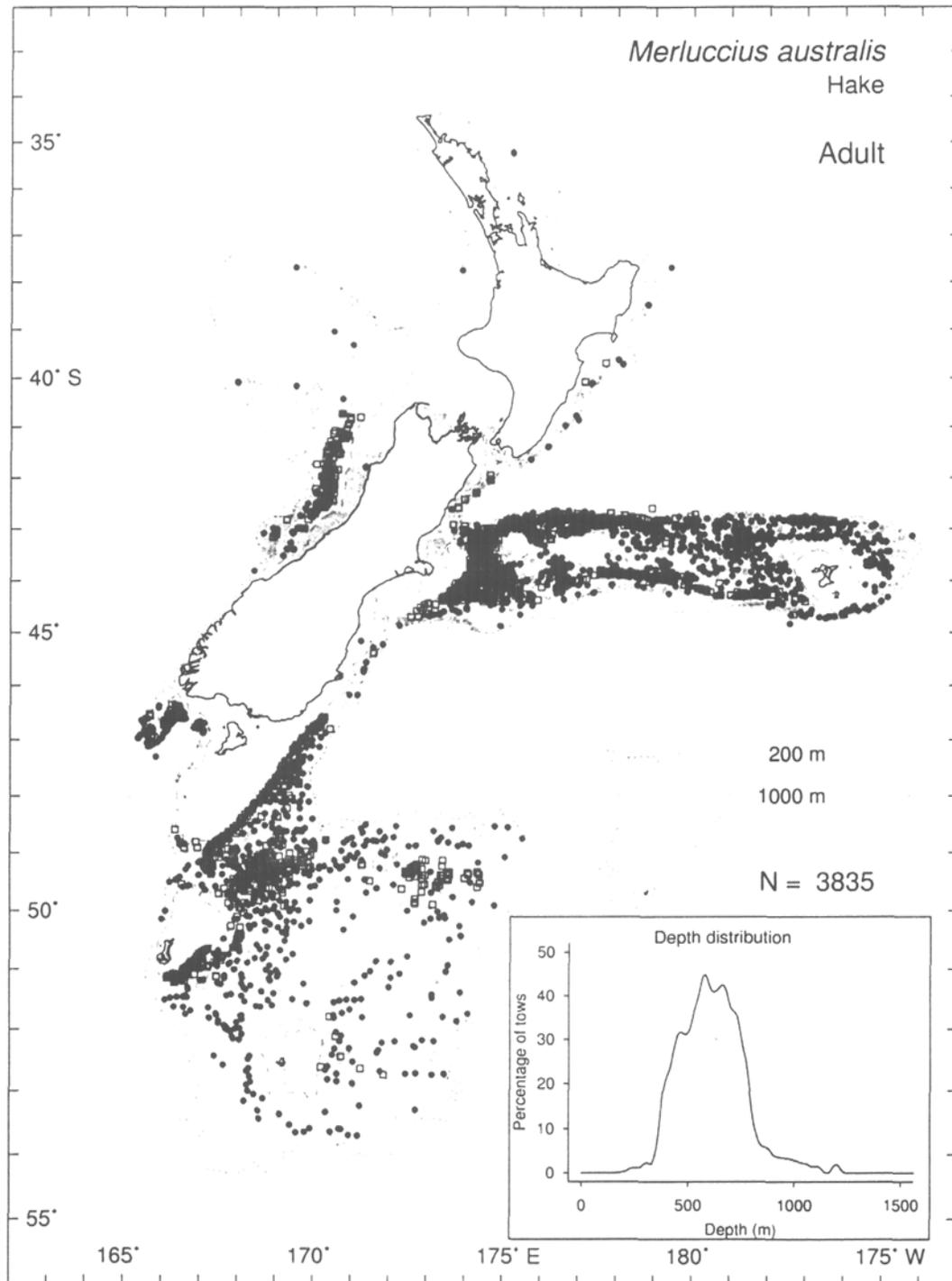


Figure 7: Distribution of adult (76 cms Total Length) hake. Grey points indicate positions of all hake samples, but where data are unavailable to distinguish length. Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000.)

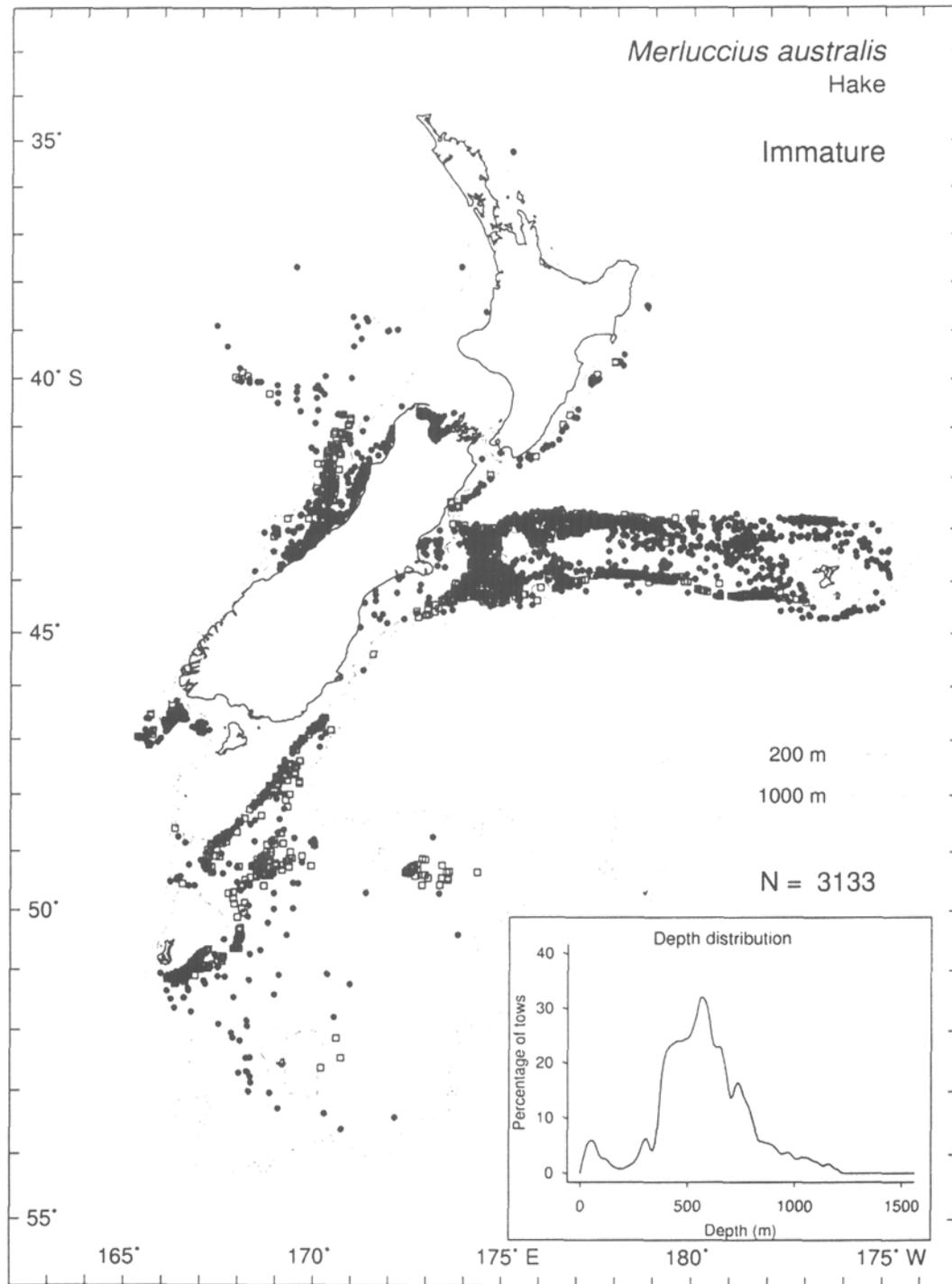


Figure 8: Distribution of immature (75 cms Total Length) hake. Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000)

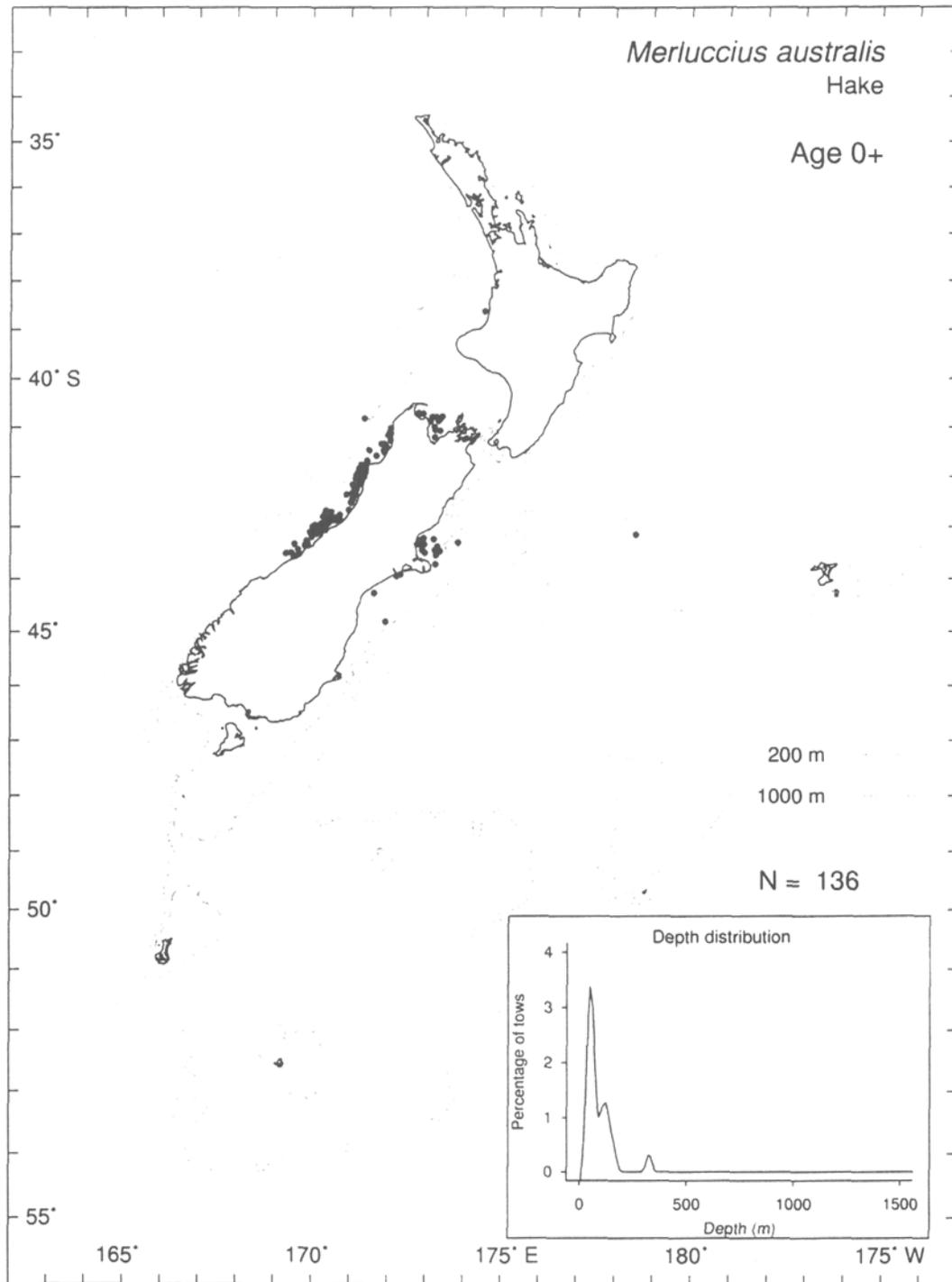


Figure 9: Distribution of hake aged 0+ (usually defined 25 cms Total Length, but also of shorter lengths depending on the season of the catch, see Hurst et al. (2000) for detail). Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000)

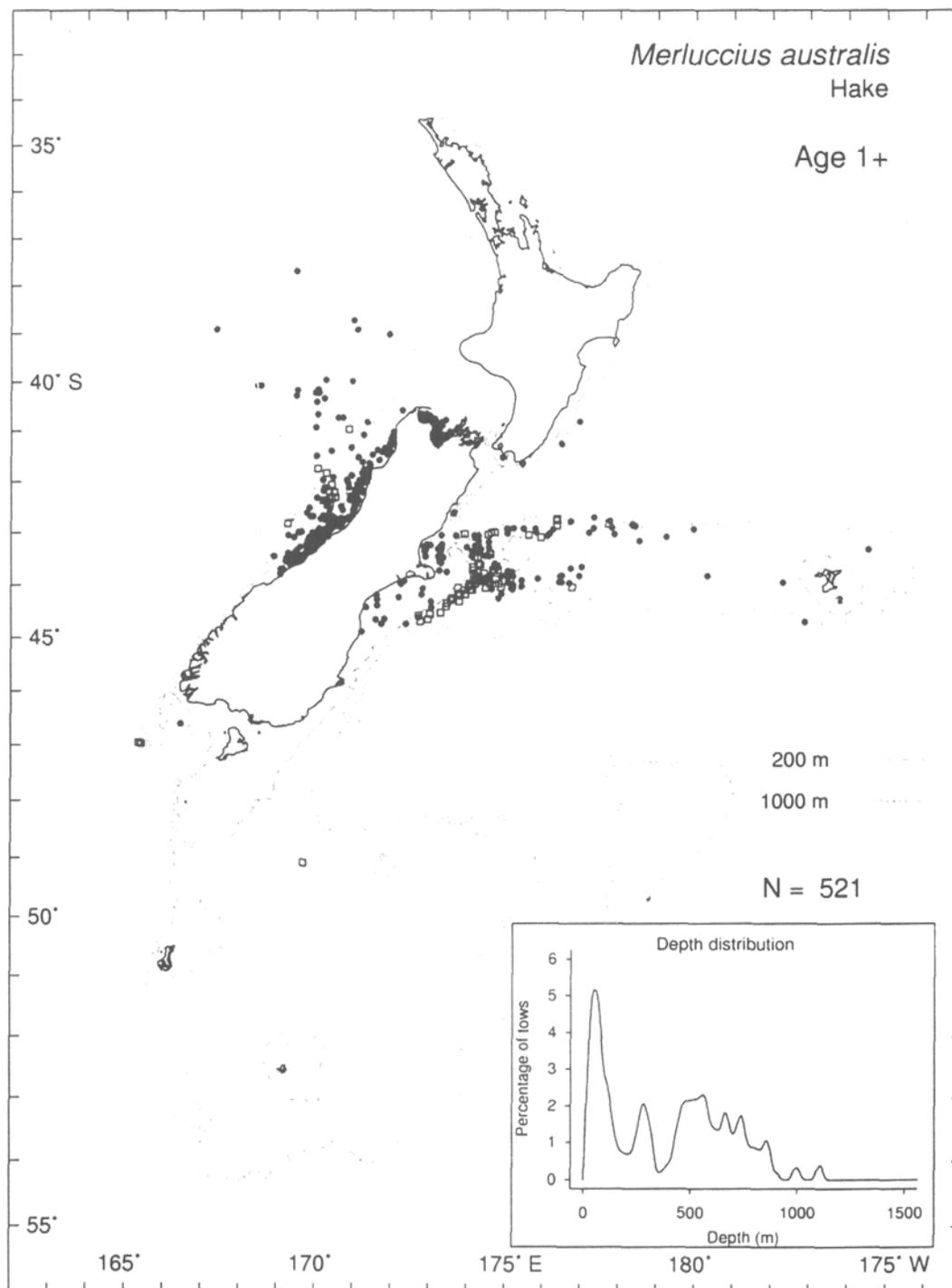


Figure 10: Distribution of hake aged 1+ (usually defined as >25 cms and 45 cms Total Length, but also of other lengths depending on the season of the catch, see Hurst et al. (2000) for detail). Circles indicate positions of research tows, and squares indicate positions of Scientific Observer samples. (Reproduced with permission from Hurst et al. 2000)

3.2 Stock structure

Several methods have been used to differentiate hake stocks around the world, including analyses of distribution patterns, growth, morphometrics, immunobiology, genetics, and reproductive biology (Alheit & Pitcher 1995).

Smith et al. (1979) were unable to find evidence from analysis of data on enzyme polymorphisms for more than one stock in New Zealand, and preliminary morphometric studies have not shown any clear differences between hake from different areas. However, there are at least three locations where hake are known to spawn (see above), which may be indicative of separate stocks. An age and growth study found that spawning hake from the west coast South Island have slower growth rates than fish from the Campbell Plateau or Chatham Rise, and growth rates for males differ between the Chatham Rise and the Campbell Plateau (see Figure 12). Populations from the last two areas both exhibit a strong 1979 year class, which is not as apparent in west coast South Island samples. This suggests that there are at least two sub-populations of hake in New Zealand waters, with west coast South Island fish being distinct from the rest. The Chatham Rise and Campbell Plateau populations may also be separate sub-populations, despite their comparable female growth rates, as there are differences apparent in their population age structures and spawning grounds may be present in both areas. For stock assessment purposes, hake are assessed as three separate stocks, defined as the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic.

3.3 Growth, natural mortality, and ageing

New Zealand hake females reach a maximum length of up to 130 cms (Figure 13), and a maximum age of at least 25 years (Figure 11). Males rarely exceed 100 cm Total Length. The size range of hake caught in all three areas is similar, although smaller fish tend to predominate on the Chatham Rise when compared with the west coast South Island or Sub-Antarctic. The higher proportion of larger hake on the west coast South Island may be due to higher vulnerability of hake to trawl gear during spawning.

Both sexes reach sexual maturity between 6 and 10 years of age, at lengths of 67–75 cm Total Length (males) and 75–85 cm Total Length (females). Colman (1998) found that hake reached 50% maturity at between 6 and 8 years for hake from the Sub-Antarctic, and 7–8 years for hake from the Chatham Rise (see Table 1).

New Zealand hake are among the largest and most long-lived of hakes worldwide, but this may be due in part to the low level of exploitation. The length range of fish in juvenile year classes is very broad, being at least 10 cm for hake aged 0.6 years and about 25 cm for 1.6 year fish. This appears to be largely a function of the observed extended spawning seasons in each area.

Although the interpretation of some merluccid otoliths has been controversial because of the complex nature of the early growth zones and the frequent lack of clarity of true annuli (e.g., Penttila & Dery 1988), Colman (1998) showed that otoliths from *Merluccius australis* could be interpreted consistently to provide estimates of age. Growth has been validated to age 1 by following the progression of length modes, and from age 2 onwards by examining the state of the otolith margins (Colman 1998). The progression of a strong 1979 year class in age-frequency distributions over a 5 year period provided further validation of the ageing method. The growth curves for Chilean *Merluccius australis* are very different from those for New Zealand hake (Ojeda & Aguayo 1986), and could be due to different patterns of growth and/or different methods of interpretation of the otoliths.

Differences in growth curves for males and females from within each area in New Zealand are statistically significant. The growth of both sexes is relatively rapid up to about age 4–5, but then slows markedly (Horn 1997). Growth for both sexes, but particularly males, is slight after about 12 years (Horn 1997).

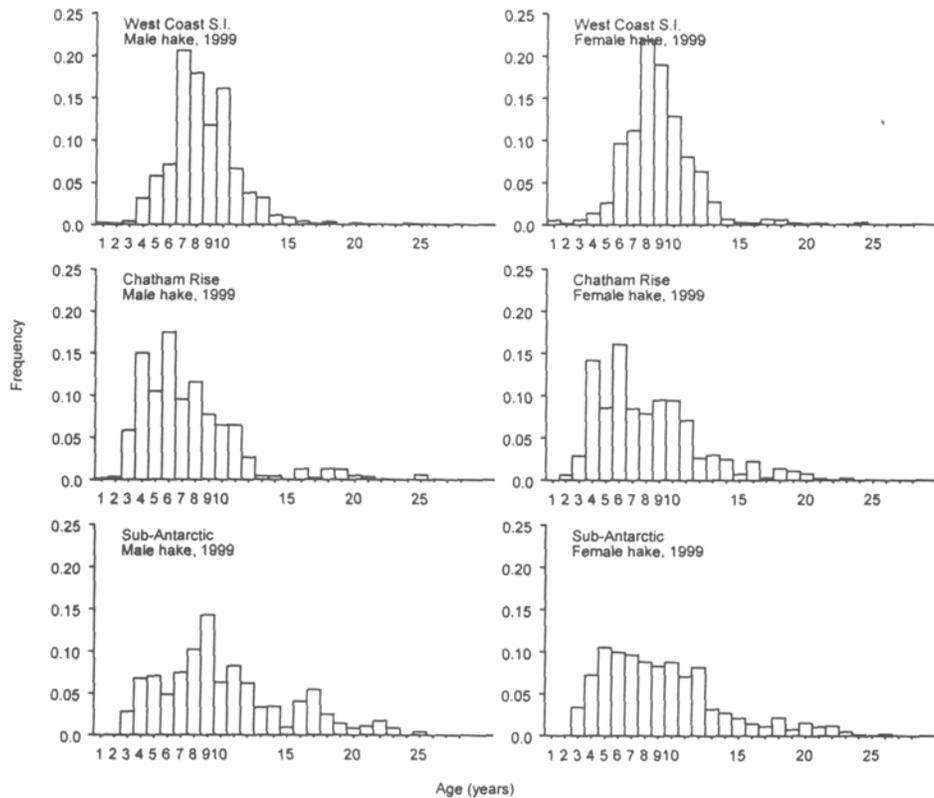


Figure 11: Estimated age frequencies for males and females, from the Scientific Observer data for the commercial catch of hake in 1999 for the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic.

Natural mortality (M) was estimated by Dunn et al. (2000) as 0.18 y^{-1} for females and 0.20 y^{-1} for males using the methods described by Chapman & Robson (1960). This method technically estimates instantaneous total mortality (Z), rather than M . However, if it can be assumed for any particular sample that exploitation (i.e., instantaneous fishing mortality, F) was negligible, then Z will approximate M . However, the Chapman Robson estimator is sensitive to the choice of age of recruitment, and assumes that that M is constant after recruitment, and that selectivity does not decline with age. All estimates of Z for the Chatham Rise and Sub-Antarctic from research trawl surveys are based on sets of relatively imprecise age data; mean weighted c.v.s over all age classes are in the range of 40–55% for the Sub-Antarctic and 34–50% for the Chatham Rise (Horn 1998).

Hake recruitment has not been studied in New Zealand. Investigations of possible links between climate variables and year class strengths of hoki have found a correlation between the variants of the Southern Oscillation index, sea surface temperature, and periods of strong and weak recruitment (Livingston 2000, Bull & Livingston 2001). As a cold water species, relationships

between similar climate variables and year class strengths of hake may also be hypothesised. However, preliminary research has not established any strong links (see Figure 17).

Table 1: Estimates of biological parameters of hake.

Fish stock	Estimate		Reference
<i>Natural mortality (M)</i>			
	Males	Females	
Sub-Antarctic	} 0.20	} 0.18	(Dunn et al. 2000)
Chatham Rise	}	}	
West coast S.I.	}	}	
<i>Weight = a(length)^b (Weight in g, length in cm)</i>			
	Males	Females	
Sub-Antarctic	a = 0.00395 b = 3.130	a = 0.00186 b = 3.313	(Horn 1998)
Chatham Rise	a = 0.00249 b = 3.234	a = 0.00170 b = 3.328	(Horn 1998)
West coast S.I.	a = 0.00275 b = 3.23	a = 0.00133 b = 3.41	(Colman et al. 1991)
<i>von Bertalanffy growth parameters</i>			
	Males		Females
	<i>k</i>	<i>t₀</i>	<i>L_{inf}</i>
Sub-Antarctic	0.263	-0.06	90.8
Chatham Rise	0.277	-0.11	90.3
West coast S.I.	0.309	-0.02	83.1
	<i>k</i>	<i>t₀</i>	<i>L_{inf}</i>
Sub-Antarctic	0.188	-0.13	115.0
Chatham Rise	0.202	-0.20	113.4
West coast S.I.	0.236	-0.08	101.0
<i>Age at 50% maturity</i>			
	Males	Females	
Sub-Antarctic	6-7	7-8	(Colman 1998)
Chatham Rise	7	8	(Colman 1998)
West coast S.I.	na	na	

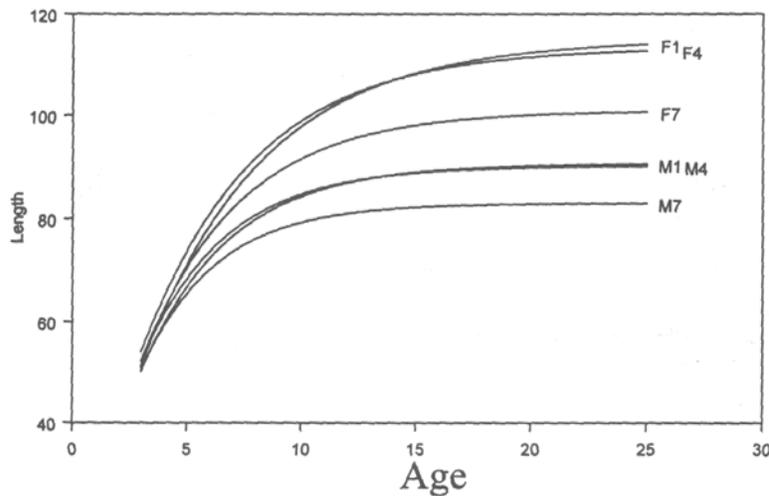


Figure 12: Estimated von Bertalanffy growth curves of hake for males (M) and females (F) for the west coast South Island (7), Chatham Rise (4), and Sub-Antarctic (1).

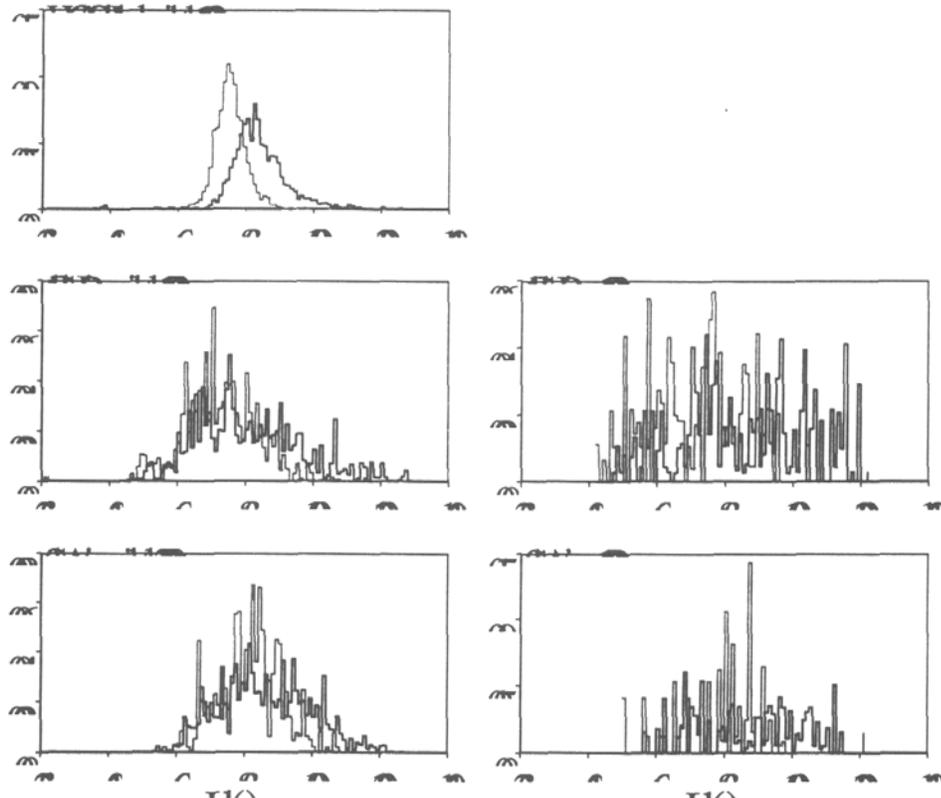


Figure 13: Estimated length frequencies of males (blue) and females (red) from the Scientific Observer data for the commercial catch (left side figures) and trawl survey data (right side) of hake for the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic.

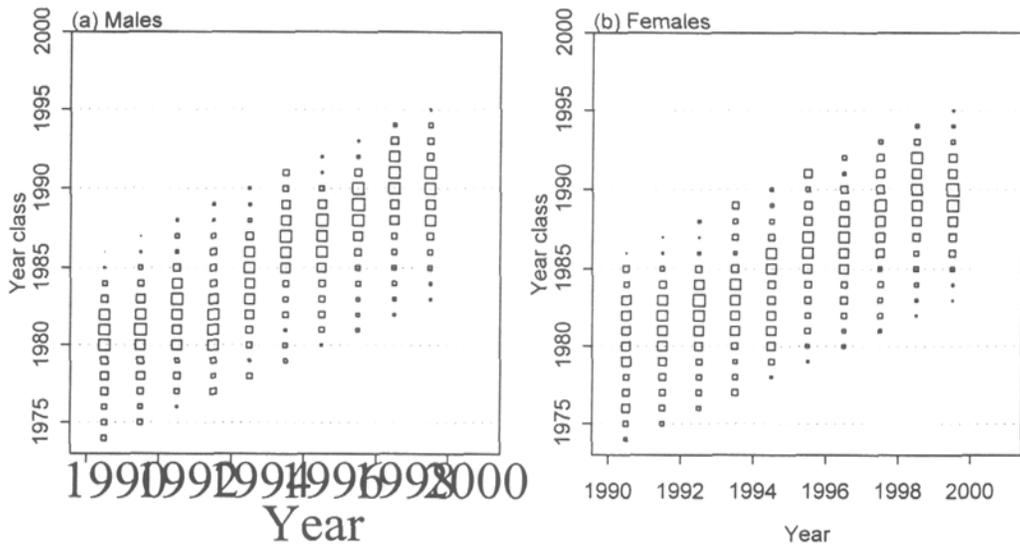


Figure 14: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the west coast South Island commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash.

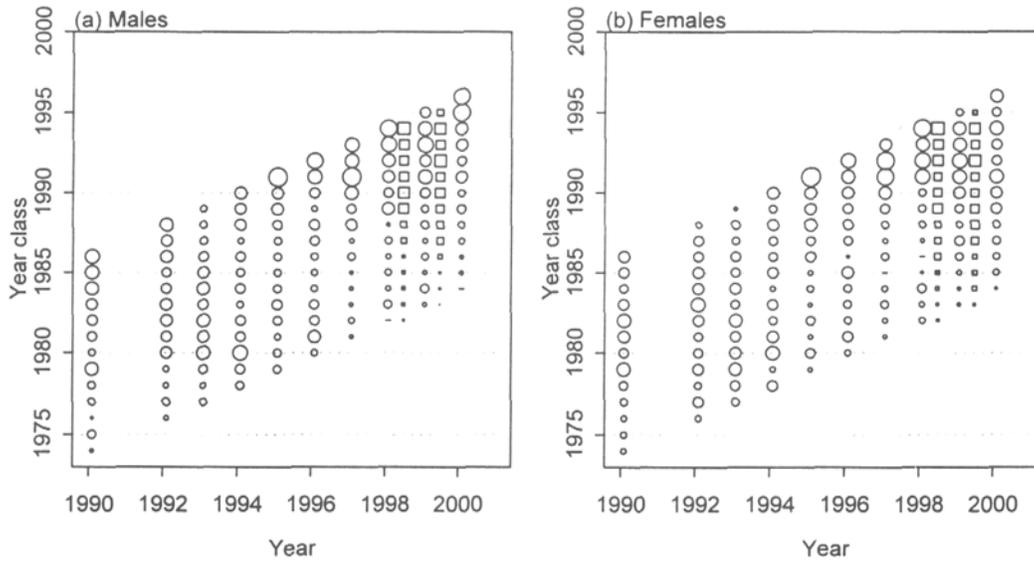


Figure 15: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the Chatham Rise trawl surveys (circles) and commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash.

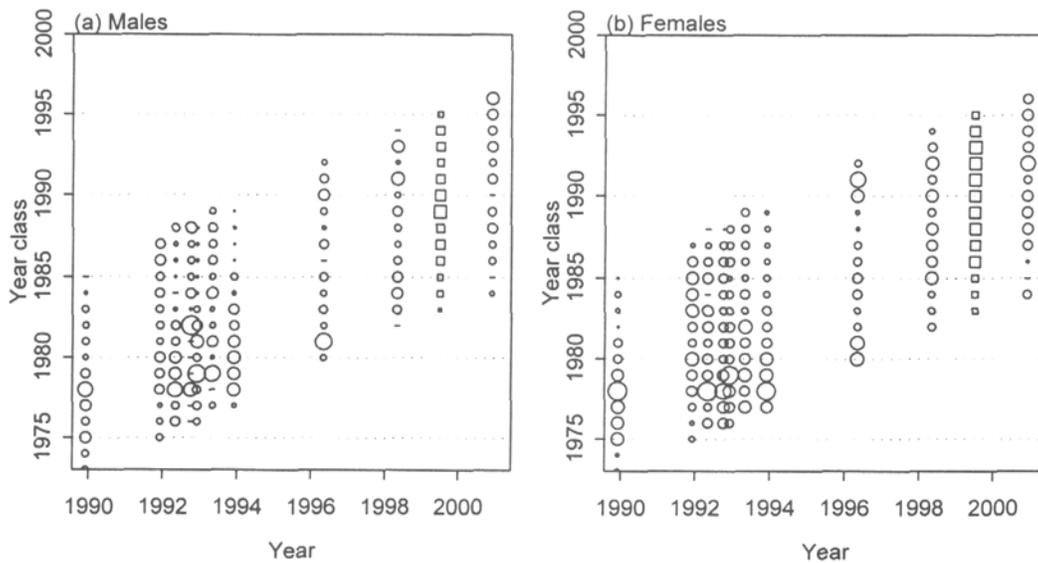


Figure 16: Age frequencies (ages 3 to 15) of hake by year class and year (symbol area proportional to the proportions at age within sampling event) for the Sub-Antarctic trawl surveys (circles) and the commercial catch-at-age data (squares) for (a) males, and (b) females. Zero values are represented by a dash.

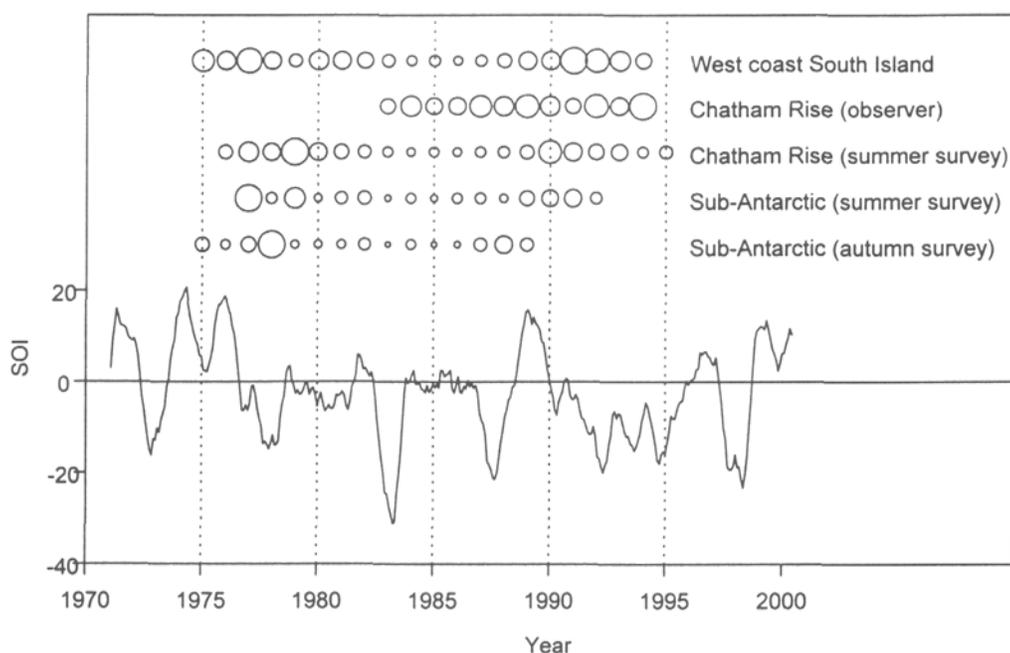


Figure 17: The Southern Oscillation Index for 1970 to 2000, and approximate year class sizes of hake (calculated directly from survey and scientific observer data) for the west coast South Island Scientific Observer data, Chatham Rise trawl survey and Scientific Observer data, and Sub-Antarctic summer and autumn trawl survey data. Note: larger circles indicate stronger year class strengths.

3.4 Feeding

A study to analyse feeding data held on the Ministry of Fisheries Trawl Survey Database (Trawl Survey Database, Ministry of Fisheries, Wellington) has recently been completed (Stevens et al. 2001a). Feeding records for hake were available from the west coast South Island, Chatham Rise, and Campbell Plateau. However, additional records from the remainder of the Challenger Plateau and the North Island were sparse (Figure 18). There were also few records from deepwater (more than 800 m depth) on the Chatham Rise and west coast South Island shallow areas (less than 200 m depth) where hake occur.

Teleosts comprised 85% of the overall diet of hake (Figure 18). Of those identified, hoki (22%) and javelin fish, *Lepidorhynchus denticulatus* (13%), were the most common. Mesopelagic fish were relatively unimportant (under 2%). Hoki varied in importance from 15% off southern New Zealand to 35% off the west coast South Island. Cephalopods, mainly squid (9%), were also important and included a variety of genera. Crustaceans comprised mainly natant decapods (5%). Crustaceans comprised about 10–25% of the diet of small hake (up to 60 cm), but decreased in importance with increasing hake size. Teleosts and cephalopods showed a corresponding increase in importance with increasing hake size, in some areas.

In total, at least 8 main invertebrate groups in 5 phyla and 38 teleost (including 5 mesopelagic) species were identified.

A feeding study on the same species off Chile, using percentage of stomach mass (Paya 1992), found similar results: teleosts comprised at least 70% of the diet and the importance increased with increasing fish size; merluccids were the most commonly recorded teleost prey; squids were also important (although decreasing in importance with increasing fish size); and natant decapods were the main crustacean comprising 5% of the diet.

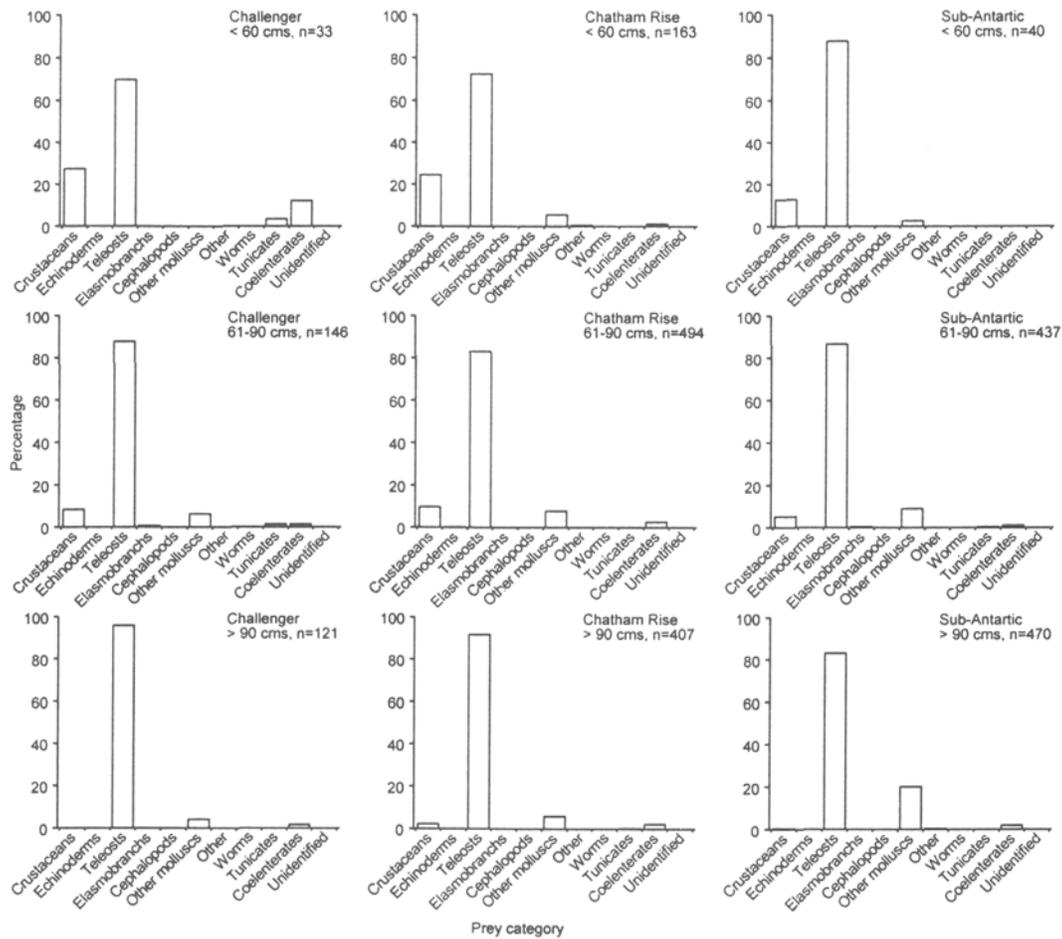


Figure 18: Percentage prey category of stomach contents of hake from research trawls by area and size range. (Reproduced with permission from Stevens et al. 2001a.)

4. THE HISTORY AND CHARACTER OF THE HAKE FISHERY

4.1 Introduction

New Zealand established a 200 mile Exclusive Economic Zone (EEZ) in 1978. The exploitation of deepwater species like hake was controlled with a range of management policies until 1986, when the Quota Management System (QMS) was introduced. Rights to harvest fish for sale are acquired by purchasing or leasing quota. The levels of catch are controlled under the QMS, within which catch limits are established.

Hake are currently managed within New Zealand waters in four Quota Management Areas (QMAs) named HAK 1, 4, 7, & 10. There are three main areas where hake are found: Challenger or west coast South Island (HAK 7), Chatham Rise (HAK 4), and the Sub-Antarctic (HAK 1). Unfortunately, the QMA boundary between HAK 1 and HAK 4 occurs on the western end of Chatham Rise. Currently, this part of HAK 1 is assumed to be HAK 4 for stock assessment purposes. However, reported landings and TACCs for HAK 1 and HAK 4 reported in this documents use the QMA boundaries. An administrative Total Allowable Catch (TAC) exists for the Kermadec QMA (HAK 10) of 10 t — although no landings of hake have ever been recorded from that area. None of these stocks are believed to straddle the boundaries of New Zealand's Exclusive Economic Zone (EEZ). The QMA stock boundaries are shown in Figure 19.

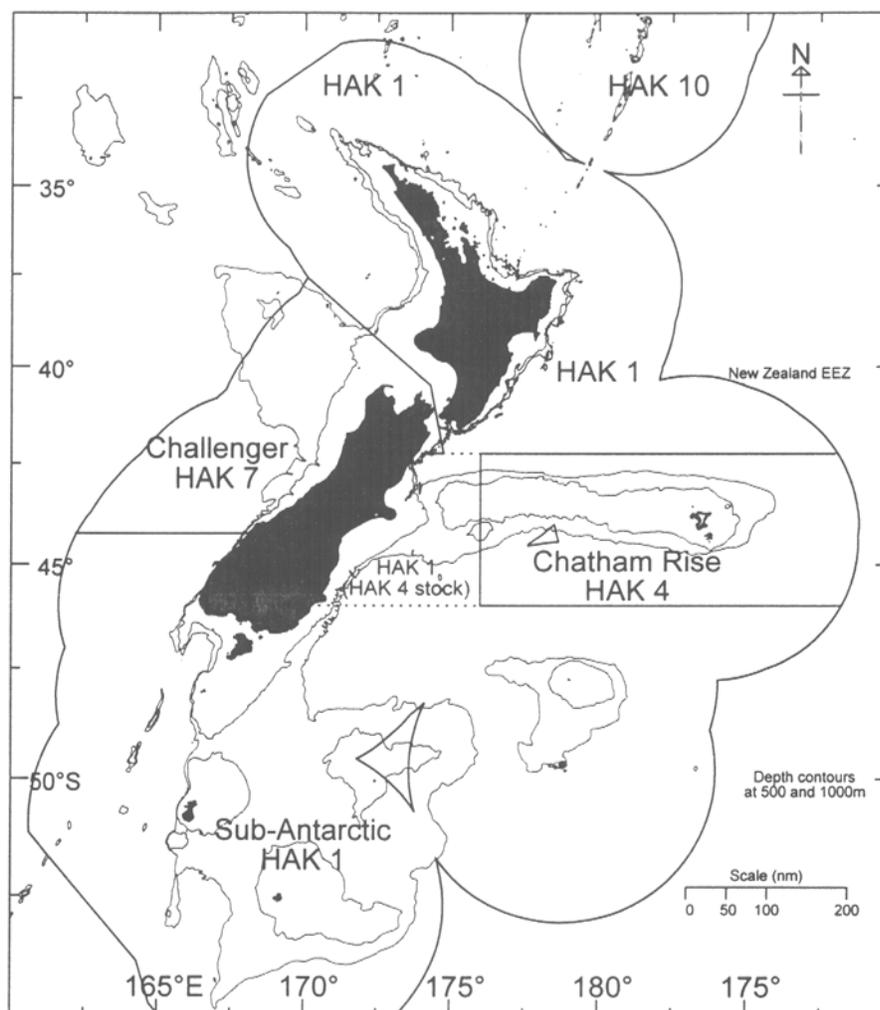


Figure 19: Quota Management Areas (QMAs) for hake in the New Zealand EEZ. The western Chatham Rise (nominally HAK 1) is considered to be part of the Chatham Rise stock for stock assessment purposes.

The TACCs for the Chatham Rise and Sub-Antarctic have been reviewed bi-annually in recent years. Few data for monitoring the west coast South Island stock are available, and this stock has been reviewed on an ad-hoc basis, as new information becomes available.

Hake are an important fishery economically in New Zealand. Total seafood exports from New Zealand in 2000 were worth about \$1.43 billion; hake accounted for \$34 million of these earnings, with major export markets in Spain, Japan, Portugal, and Australia (New Zealand Industry Seafood Council 2001). Most of the hake catch is exported frozen, as headed and gutted product. Some fillet and roe are also exported, mainly derived from the fishery off the west coast South Island (Colman 1995).

4.2 History and development of the fishery

Prior to 1975, few hake were recorded as being caught around New Zealand. The local fleets fished close to shore, and hence did not encounter hake. At this time Japanese vessels were fishing in the New Zealand area, but mainly on the edge of Shelf. Russian trawlers were also present, predominantly on the Chatham Rise and on the Campbell Plateau, but records for these vessels were often incomplete.

In 1975, Japanese vessels began exploratory fishing further offshore. Catches of hake off the west coast South Island increased rapidly (Figure 21), with about 5000 t being caught by Japanese vessels in 1976. In 1977 trawlers from the Republic of Korea were also present off the west coast South Island, with nearly 18 000 t of hake caught there in 1977.

From 1978 there were tight controls on the catching of hoki. A TACC of 60 000 t for the entire EEZ was set of which 20 000 t was allowed to be caught off the west coast South Island. These limits on the dominant species in the depth range occupied by hake were undoubtedly an important factor in restricting the catches of hake as well as catches of hoki.



Figure 20: A typical catch of hake, mixed with hoki, caught by R.V. *Tangaroa* on the west coast South Island, August 1999. (Photo: A Dunn, NIWA.)

In 1986, the TAC for hoki rose to 131 000 t and the previous area restrictions were removed, as trawl surveys on the Chatham Rise and Sub-Antarctic and an acoustic survey on the west coast

South Island had suggested that the resources of hoki should be able to support much higher catches than previously had been allowed. As a result there was an increase in fishing activity, particularly off the west coast South Island. This resulted in an increase in the bycatch of hake, of which nearly 1700 t were taken in 1986. In 1987 the hoki TAC was again increased, to 250 000 t. At the same time the TAC for hake off the west coast South Island increased to 3000 t, and a TAC of 2500 t was set for the remainder of the EEZ. This raised the hake TAC for the whole EEZ to 6510 t.

In 1991, the hoki TAC was reduced to about 202 000 t, but this had little effect on overall fishing effort or on the catches of hake. For the 1992 fishing year the TACs for hake were increased to 6770 t for the west coast South Island, 3500 t for the Chatham Rise, and 3500 t for the Sub-Antarctic. Aside from small increases in the TAC for the west coast South Island in 1993 (to 6835 t), and for the Sub-Antarctic in 1995 (to 3632 t), TACCs remain at these levels.

In recent years, hake have been mainly caught off the west coast of the South Island (56% of landed catches in 1999), with significant proportions caught on the Chatham Rise (25%) and most of the remainder in the Sub-Antarctic (18%). A small amount of catch occurs in Cook Strait (less than 0.1%) and around the east coast of the North Island (less than 0.1%) (Phillips 2001).

Table 2: Reported landings (t) of hake by fish stock from 1984 to 1990 and actual TACs (t) for 1987 to 2000.

Fish stock	Sub-Antarctic (HAK 1)		Chatham Rise (HAK 4)		West coast S.I. (HAK 7)		Total (incl. HAK 10)	
	Landings	TAC	Landings	TAC	Landings	TAC	Landings	TAC
1984 ¹	886	—	180	—	945	—	2 011	—
1985 ¹	670	—	399	—	965	—	2 034	—
1986 ¹	1 047	—	133	—	1 695	—	2 875	—
1987 ²	1 022	2 500	200	1 000	2 909	3 000	4 131	6 510
1988 ²	1 381	2 500	288	1 000	3 019	3 000	4 689	6 510
1989 ²	1 487	2 513	554	1 000	6 835	3 004	8 876	6 527
1980 ²	2 115	2 610	763	1 000	4 903	3 310	7 783	6 930
1991 ²	2 635	2 610	743	1 000	6 189	3 310	9 567	6 930
1992 ²	3 156	3 500	2 013	3 500	3 027	6 770	8 196	13 780
1993 ²	3 525	3 501	2 545	3 500	7 154	6 835	13 224	13 846
1994 ²	1 803	3 501	2 587	3 500	2 973	6 835	7 363	13 847
1995 ²	2 572	3 632	3 369	3 500	8 840	6 855	14 781	13 997
1996 ²	3 956	3 632	3 466	3 500	8 660	6 855	16 082	13 997
1997 ²	3 534	3 632	3 524	3 500	6 118	6 855	13 176	13 997
1998 ²	3 810	3 632	3 523	3 500	7 416	6 855	14 749	13 997
1999 ²	3 845	3 632	3 324	3 500	8 165	6 855	15 333	13 997
2000 ²	3 899	3 632	2 803	3 500	6 898	6 855	13 599	13 997

1. Fishery Statistics Unit data

2. Quota Management System data

The fisheries on the Sub-Antarctic and Chatham Rise operate through most of the year. In contrast, the west coast fishery operates only during the hoki spawning season, with most hake taken as bycatch of the hoki fishery. Much of the remainder is targeted catch, mostly on what are suspected to be spawning aggregations (Phillips 2001).

On the west coast South Island, hake are mostly caught as a bycatch of hoki (71% in 1999 fishing year), with about 1% as a bycatch of other smaller target fisheries (e.g., ling, *Genypterus blacodes*, and silver warehou, *Serirolella punctata*). The remaining 28% were targeted catch. The relative proportions for that year on the Chatham Rise were; 56% as a bycatch of targeted hoki,

and 41% targeted hake. For the Sub-Antarctic, these proportions were: 53% as a bycatch of targeted hoki, and 18% targeted hake.

Reported landings for each fish stock since 1984 and TACs since 1987 are shown in Table 2 and since 1975 in Figure 21. Catches in recent years have remained close to the TAC on the Chatham Rise and Sub-Antarctic, and consistently above the TAC on the west coast South Island.

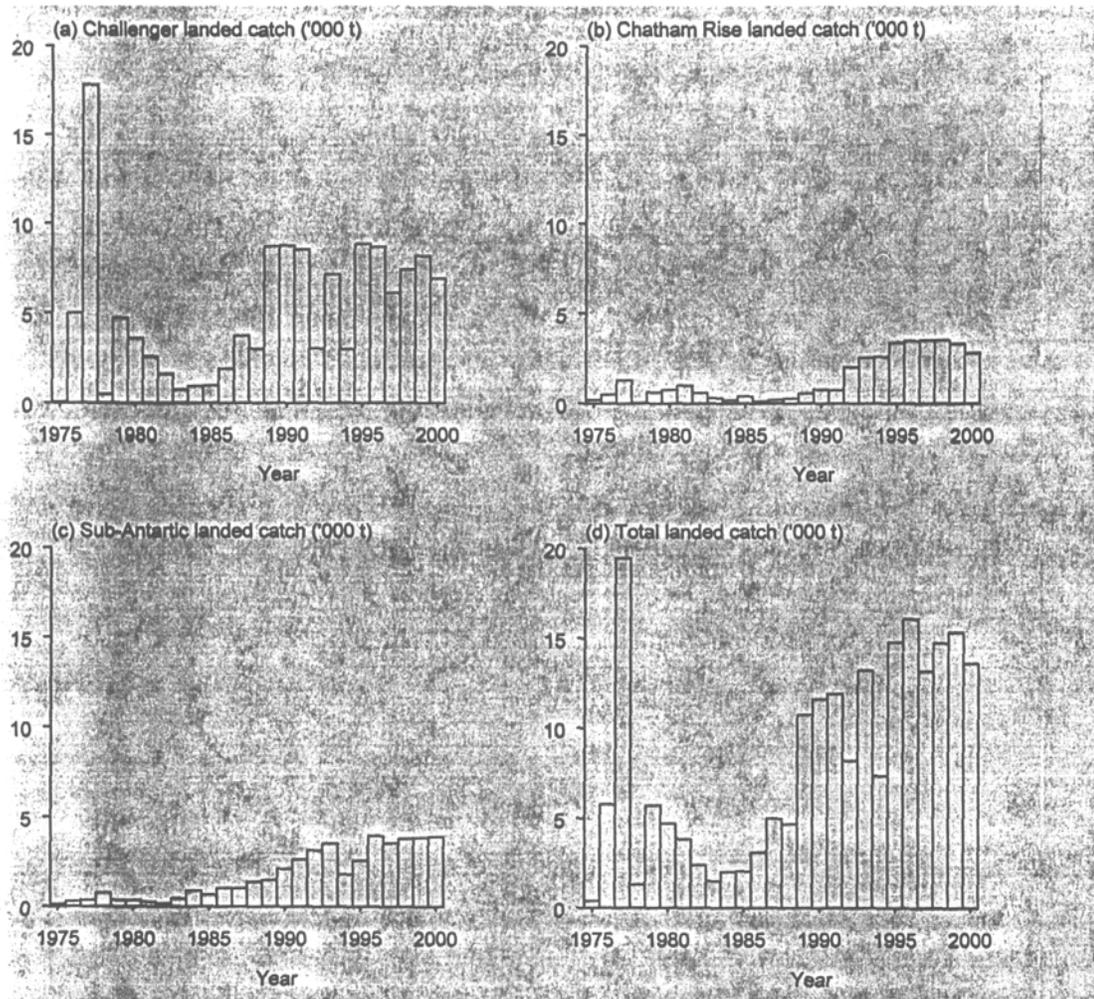


Figure 21: Total landings by year for the hake QMAs (a) Challenger (HAK 7), (b) Chatham Rise (HAK 4), and (c) the Sub-Antarctic (HAK 1).

4.3 Patterns of catch and effort

In 1990, a new system was introduced for recording catch and effort data from vessels fishing in New Zealand waters. Larger middle and deep water vessels completed Trawl Catch Effort Processing Returns (TCEPR), summarising details of each individual tow and associated catch and daily processing summaries from each vessel. Data on vessel characteristics (e.g., nationality, length, breadth, tonnage, etc) are also collected as a part of this system.

Hake is caught in almost equal proportions by mid-water trawl (53%) and bottom trawl (46%) gear. Hake are occasionally caught using other fishing methods (e.g., set net, long-line, and purse seine), mostly recorded by smaller inshore vessels. Mid-water trawl gear is predominately used in the west coast South Island, and bottom trawl gear on non-spawning hake on the Sub-Antarctic and Chatham Rise. Where mid-water gear is used, most catch (65% in 1999) occurs within 20 m of the sea floor (Phillips 2001).

On the west coast South Island, fishers targeting hoki concentrate on aggregations within the Hokitika Canyon, and fish on either side of the canyon when targeting hake. On the Chatham Rise, most of the recorded hake catch occurs between the months of September and January, corresponding to the period of the year when hake aggregate to spawn (Colman 1998). Hake is caught in two main areas; north-west of the Chatham Islands, and around the Mernoo Bank. Most tows are by bottom trawl gear, while the use of mid-water trawl gear occurs mainly along the 500 m depth contour. Most of the catch (60%) recorded in the Sub-Antarctic is taken between September and November in each year. Most of this catch appears to come from spawning or pre-spawning aggregations. On the Sub-Antarctic, aggregations of hake are targeted in three main locations; south east of the Snares Shelf, and in localised regions on the western side and central part of the Campbell Plateau.

Since 1990, there has been a steady reduction in vessels registered from Japan, Norway, former Soviet republics, with a corresponding increase in vessels registered in New Zealand, Korea, and Panama. However, some large Japanese surimi vessels still operate within the fishery.

Analysis of the catch and effort data from 1990 to 1999 suggests that patterns of fishing for hoki and hake have undergone substantial change in recent years. Improved fishing technology and an increase in worldwide demand for high quality white fish has encouraged vessels to process less surimi, and produce more high quality fillets. Few vessels processing surimi remain in either the hake or hoki fisheries. With this change, the fishing practise of vessels has undergone a significant change. Fishing gear configurations and methods have altered to obtain better, high quality catches, for example, mid-water tows have reduced in average length and duration over the past ten years, and the headline heights of the net have increased. The makeup of the fishing fleet has also changed, with smaller, more powerful vessels with modern processing plants entering the fishery, replacing older, larger, and more operationally expensive vessels.

5. STOCK ASSESSMENT AND STOCK MANAGEMENT

Several sources of data are available for the monitoring of the hake stocks. Aside from historical records of catches, the Ministry of Fisheries Scientific Observer Programme collects length and age data from random samples of catches. Catch per unit effort indices have been calculated for each of the three stocks. Trawl survey biomass series exist for the Chatham Rise and Sub-Antarctic, along with associated length and age distributions. On the west coast South Island, no survey biomass indices are available.

5.1 Catch per unit effort abundance indices

Standardised catch per unit effort indices have been calculated using methodology of Gavaris (1980) and Vignaux (1994) for the west coast South Island, Chatham Rise, and Sub-Antarctic, with varying degrees of success. Indices for the west coast South Island were calculated by Colman *et al.*

(1991), Colman & Vignaux (1992), and Kendrick (1998); for the Chatham Rise by Kendrick (1998) and Dunn *et al.* (2000); and the for the Sub-Antarctic by Kendrick (1998).

Kendrick (1998) reported standardised indices for the west coast South Island, based on the hoki by-catch and hake target TCEPR data. However, the trends seen in these indices are believed to reflect the fishing strategy of the vessels in the hoki fishery, rather than the underlying abundance of hake.

In the Sub-Antarctic, the low volume of tow-by-tow data (due to the nature of fishing in this area) lead Kendrick (1998) to discount these indices as indices of abundance. Changes in fleet structure, highly variable seasonal patterns, and the highly skewed catch distributions suggested that such indices were unlikely to reflect underlying hake abundance.

Standardised indices for the Chatham Rise were calculated from catches from the area of the large spawning aggregation west of the Chatham Islands (Dunn *et al.* 2000). This series suggests a steady decline since the start of the series in 1991, with a rapid upturn since 1997. This series forms the most reliable index of abundance for hake, although little data exists to confirm the accuracy of these indices.

5.2 Trawl surveys

Trawl surveys have been carried out on the Chatham Rise and Sub-Antarctic since 1991 by the NIWA research vessel, R.V. *Tangaroa* (Figure 22), using the same gear and comparable survey designs. Periodic surveys were conducted in all three areas prior to 1991 by a variety of vessels (i.e., the *Wesermünde*, *Shinkai Maru*, and *Amaltal Explorer*); however, these surveys used different gear and had different survey designs to those used by *Tangaroa*.

Tangaroa is a purpose-built research stern trawler of 70 m overall length, a beam of 14 m, with 3000 kW (4000 hp) of power and a gross tonnage of 2282 t. The same net was used on all *Tangaroa* surveys, i.e., an eight-seam hoki bottom trawl with 100 m sweeps, 50 m bridles, 12 m backstrops, 58.8 m groundrope, 45 m headline, and 60 mm codend mesh (detailed net and rigging plans are given in Chatterton & Hanchet 1994). The trawl doors are Super Vee type with an area of 6.1 m². Measurements of door spread, (SCANMAR 400 system) and headline height (Furuno net monitor) are usually recorded throughout each tow.

Trawl surveys generally follow a two-phase stratified random design (Francis 1984), stratified by area and depth. The allocation of stations in the first phase is usually determined from analysis of catch data from previous, similar, surveys, with second phase stations allocated to at the conclusion of the first phase (see Francis 1984 for detail). The survey areas are maintained to be the same as previous surveys in the same region, although from time to time, new areas are added, and the stratification redesigned. Known areas of foul ground are excluded, and tows are usually carried out during daylight hours. Towing speed and gear configuration are maintained as constant as possible during each survey, following the guidelines given by Hurst *et al.* (1992).

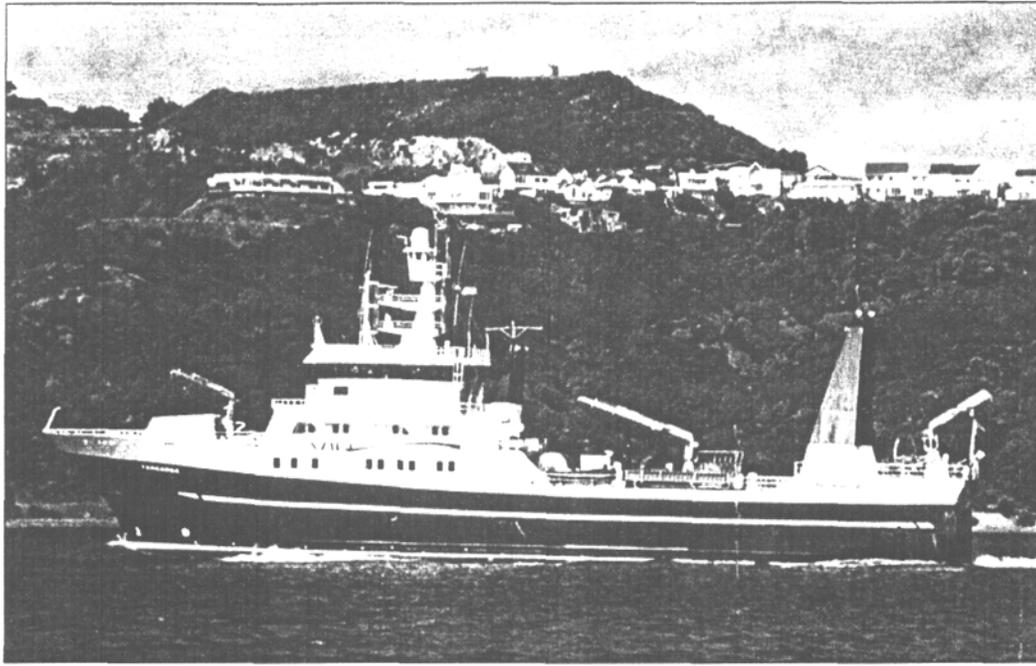


Figure 22: The NIWA deep sea research vessel R.V. *Tangaroa*, as seen from NIWA's Greta Point Research Centre. (Photo: NIWA.)

On the Chatham Rise, there have been ten surveys at the same time of the year (January–February 1992–2001) (see Table 3). Figure 24 shows the Chatham Rise survey stratifications used for the 2000 survey. The survey primarily is aimed at estimating hoki juvenile abundance over the Chatham Rise, but has also been optimised to improve estimates of hake abundance. Strata are defined mostly by depth, but also take into account known aggregations of hoki and hake. In 2000 and 2001, additional deeper water strata were added to the survey to include 800–1000 m depths on the northern Chatham Rise.

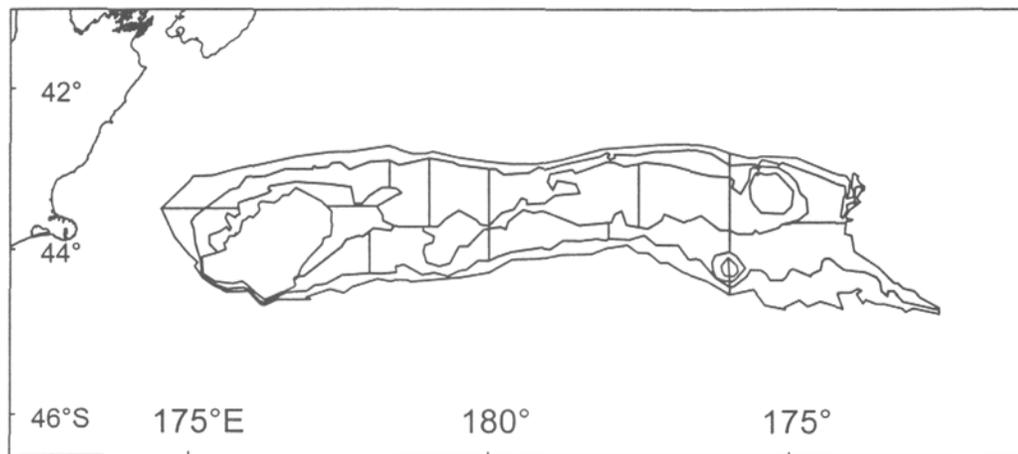


Figure 23: Chatham Rise trawl survey stratification for 2000, showing the core 200–800 m strata (blue), and more recent 800–1000 m strata (beige).

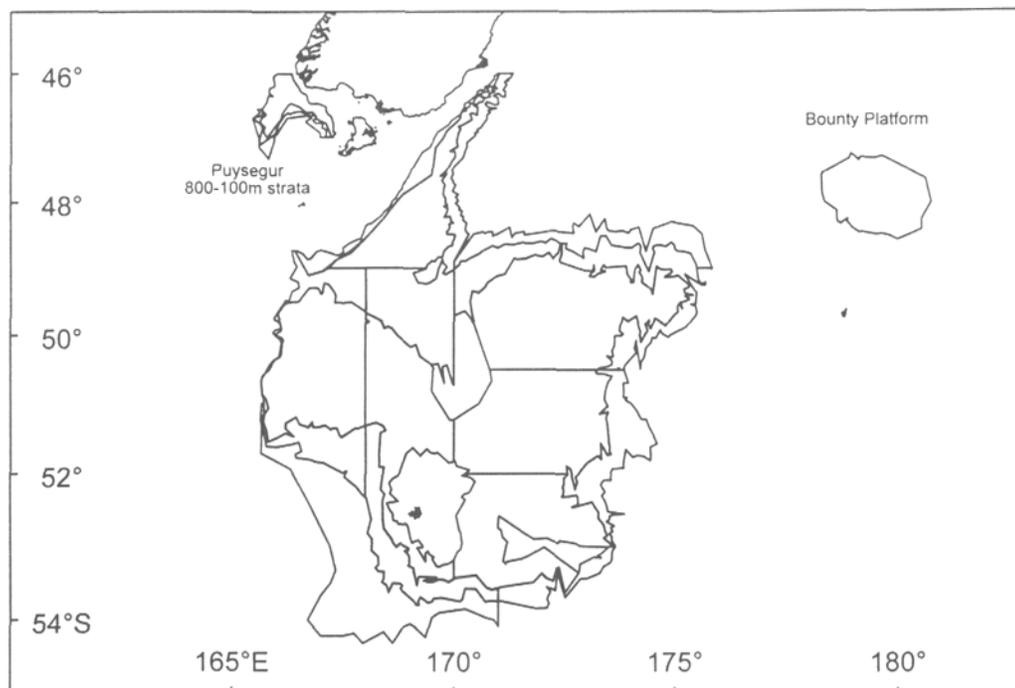


Figure 24: Sub-Antarctic trawl survey stratification for 2000, showing the core 300–800 strata (blue), Puysegur 800–1000 m strata (green), Bounty Platform (green) and more recent 800–1000 m strata (beige).

In the Sub-Antarctic, three surveys were carried out in November–December 1991, 1992, 1993, and 2000. Following evidence that hake might be aggregated for spawning at that time of the year and that spawning aggregations had a high probability of being missed during any one survey, a series of autumn surveys was introduced. Surveys in April–May 1992, 1993, 1996, and 1998 formed the basis for the series — when hake appeared to be more evenly distributed through the survey area. The two most recent autumn surveys (1996 and 1998) increased the survey area to include hake in deeper strata (800–1000 m). Previous *Tangaroa* surveys included only the depth range 300–800 m (with the occasional survey including 800–1000 m deep strata in the Puysegur region and on the Bounty Platform). However, the current stock model uses only data from 300–800 m depth range in order to maintain a consistent time series. These estimates of relative abundance are shown in Table 3. Figure 24 shows the survey regions used for the 2000 survey of the Sub-Antarctic.

The trawl survey series have produced a reasonable time series of biomass estimates for hake on both the Chatham Rise and the Sub-Antarctic. However, the number of sampled hake on each survey is small. Typically, the number of hake caught and sampled is less than 400 on the Chatham Rise, and less than 300 on the Sub-Antarctic.

Scientific Observer samples taken from the commercial catch in all three areas is much larger. About 8000 hake were sampled from the west coast South Island annually since 1990, and about 500 of these were subsequently aged. On the Chatham Rise, about 2000 fish are sampled annually, although samples have only been recorded since 1998. Of these, about 500 are aged. In the Sub-Antarctic, scientific observer data is available for 1999, where about 1000 fish were sampled and 500 subsequently aged.

Table 3: Biomass indices (t) and coefficients of variation (c.v.) for hake from R.V. *Tangaroa* trawl surveys for (a) Chatham Rise and (b) Sub-Antarctic. (These estimates assume that the areal availability, vertical availability, and vulnerability are equal to one.)

Vessel	Date	Depth	Biomass	c.v.	Reference
(a) Chatham Rise					
<i>Wesermünde</i>	Mar-May 1979	–	na	–	(Kerstan & Sahrhage 1980)
<i>Wesermünde</i>	Oct Dec 1979	–	na	–	(Kerstan & Sahrhage 1980)
<i>Shinkai Maru</i>	Mar 1983	200–800	11 300	0.13	(Fenaughty & Uozumi 1989)
<i>Shinkai Maru</i>	Nov–Dec 1983	200–800	9 900	0.12	(Hatanaka et al. 1989b)
<i>Shinkai Maru</i>	Jul 1986	200–800	6 300	0.12	(Livingston et al. 1991)
<i>Amaltal Explorer</i>	Nov–Dec 1989	200–800	9 500	0.65	(Livingston & Schofield 1995)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1992	200–800	4 180	0.15	(Horn 1994a)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1993	200–800	2 950	0.17	(Horn 1994b)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1994	200–800	3 353	0.10	(Schofield & Horn 1994)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1995	200–800	3 303	0.23	(Schofield & Livingston 1995)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1996	200–800	2 457	0.13	(Schofield & Livingston 1996)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1997	200–800	2 811	0.17	(Schofield & Livingston 1997)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1998	200–800	2 873	0.18	(Bagley & Hurst 1998)
<i>Tangaroa</i>	Jan 1999	200–800	2 302	0.12	(Bagley & Livingston 2000)
<i>Tangaroa</i>	Jan 2000	200–800	2 090	0.09	(Stevens et al. 2001b)
<i>Tangaroa</i>	Jan 2001	200–800	1 588	0.13	(Unpublished results)
(b) Sub-Antarctic					
<i>Wesermünde</i>	Mar-May 1979	–	na	–	(Kerstan & Sahrhage 1980)
<i>Wesermünde</i>	Oct Dec 1979	–	na	–	(Kerstan & Sahrhage 1980)
<i>Shinkai Maru</i>	Mar–Apr 1982	200–800	6 100	0.15	(Van den Broek et al. 1984)
<i>Shinkai Maru</i>	Oct–Nov 1983	200–800	14 500	0.23	(Hatanaka et al. 1989a)
<i>Amaltal Explorer</i>	Oct–Nov 1989	200–800	2 650	0.21	(Livingston & Schofield 1993)
<i>Amaltal Explorer</i>	Jul–Aug 1990	300–800	4 350	0.21	(Hurst & Schofield 1995)
<i>Amaltal Explorer</i>	Nov–Dec 1991	300–1000	5 950	0.19	(Hurst & Schofield 1995)
<i>Tangaroa</i>	Nov–Dec 1991	300–800	5 553	0.44	(Chatterton & Hanchet 1994)
<i>Tangaroa</i>	Apr–May 1992	300–800	5 028	0.15	(Schofield & Livingston 1994a)
<i>Tangaroa</i>	Sep–Oct 1992	300–800	3 760	0.15	(Schofield & Livingston 1994b)
<i>Tangaroa</i>	Nov–Dec 1992	300–800	1 822	0.12	(Ingerson et al. 1995)
<i>Tangaroa</i>	May–Jun 1993	300–800	3 221	0.14	(Schofield & Livingston 1994c)
<i>Tangaroa</i>	Nov–Dec 1993	300–800	2 586	0.12	(Ingerson & Hanchet 1995)
<i>Tangaroa</i>	Mar–Apr 1996	300–800	2 046	0.12	(Colman 1996)
<i>Tangaroa</i>	Apr–May 1998	300–800	2 554	0.18	(Bagley & McMillan 1999)
<i>Tangaroa</i>	Nov–Dec 2000	300–800	2 194	0.17	(O'Driscoll et al. 2001)

1. Several surveys by the *Wesermünde* were carried out on the Chatham Rise and Sub-Antarctic in 1979, but biomass estimates for hake were not calculated.

5.3 Acoustic surveys

Research into the potential use of acoustic surveys to estimate hake abundance have recently begun (Macaulay & Dunn 2000). Currently, there are periodic hoki acoustic surveys on the west coast South Island that may be adapted to survey hake, but uncertainty with target strength relationships and problems in identifying the species mix in acoustic signals currently prevents calculation of hake biomass.

Macaulay & Dunn (2000) found that spawning hake were concentrated in a layer on or close to the bottom. On the main hake aggregation, hake appeared to be concentrated in a layer that varied

from 16 to 23 m in thickness, with the top of the layer up to about 50 m off the bottom. Hake rose and dispersed through the water column in the evening, up to about 300 m off the bottom. Just before sunrise, hake began to descend again to reform as a concentrated layer on the bottom. The observed behaviour of the hake is consistent with previous observations of west coast South Island hake (Patchell 1981) and, more generally, the behaviour seen in most species of hake (Alheit & Pitcher 1995).

Macaulay & Grimes (2000) derived preliminary of target strength for hake from calibrated *in situ* data and modelling of hake swim bladders, however, they warned that these estimates were based on sparse data. Macaulay & Grimes (2000) proposed a preliminary target strength to fork length relationship as:

$$TS = 27.1 \log_{10} FL - 83.5 \text{ at } 38 \text{ kHz, and}$$

$$TS = 23.8 \log_{10} FL - 78.5 \text{ at } 12 \text{ kHz,}$$

where *TS* is the fish target strength (dB) and *FL* is the hake fork length in centimetres. The 12 kHz estimate consists entirely of the swim bladder modelling results, while the 38 kHz estimate also includes the *in situ* point. A comparison of these estimates with the 38 kHz relationship for hake off the Chilean coast (Lillo 1996) is given in Figure 25. (Note that comparison of the relationship is limited to the fish of length 50–85 cms.)

Macaulay & Grimes (2000) note that *in situ* target strength measurements are the preferred method for estimating target strength. However, many *in situ* points, spread over a wide fish length range are usually required to achieve a robust estimate. Macaulay & Grimes (2000) conclude that it may be difficult to achieve due to the broad uni-modal length distribution of hake off the west coast of the South Island. They recommend that more detailed mathematical models of hake target strength, with some *in situ* measurements, may offer the best opportunity for improving knowledge of hake target strength in the short term.

5.4 Stock assessment and stock management

Stock assessments for hake include those by Colman et al. (1991) for the 1991–92 fishing year, Colman & Vignaux (1992) for the 1992–93 fishing year, Colman (1997) for the 1997–98 fishing year, Dunn (1998) for the 1998–99 fishing year, Dunn et al. (2000) for the 1999–00 fishing year, and Dunn (2001) for the 2000–01 fishing year.

The stock assessment for the Sub-Antarctic was very uncertain. Inconsistencies and poor fits to the age data and biomass indices resulted in unreliable model estimates. New data that are becoming available (i.e., December 2000 trawl survey and 3 years catch-at-age from the Ministry of Fisheries Scientific Observer programme) may result in more reliable model estimates. The estimates of current and reference biomass are unreliable.

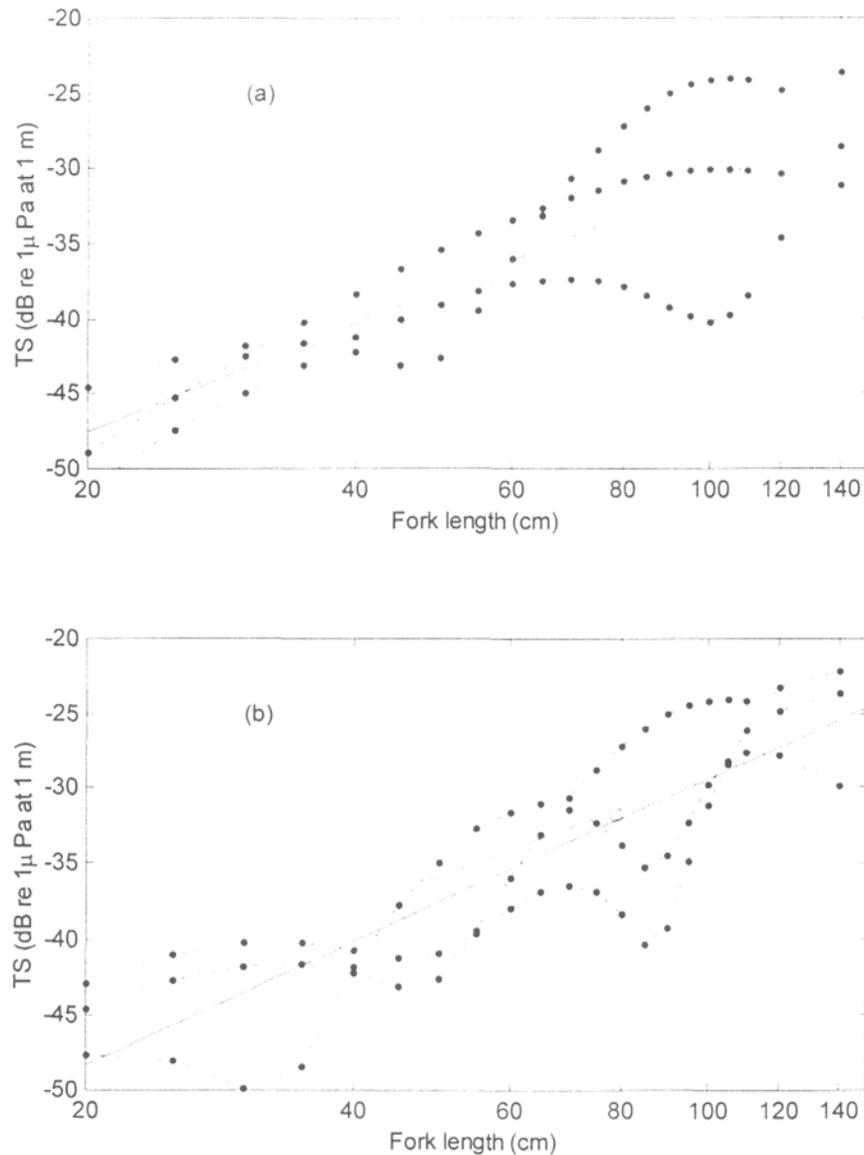


Figure 25: The target strength/fork length data obtained from swim bladder modelling and *in situ* data for hake. The dashed curves and dots are from scaled swim bladders. The dashed line is from Lillo (1996), and the circle is the *in situ* point. The solid lines are regressions fitted to the swim bladder and *in situ* data. Part (a) contains results for 12 kHz, and (b) contains results for 38 kHz. (Reproduced with permission from Macaulay & Grimes 2000.)

The stock assessment for the Chatham Rise was less uncertain, although biomass estimates of the stock could be determined only within wide ranges. Estimates of Constant Average Yield (CAY) indicated that catch levels were similar to the current level of catch. However the estimates of CAY were not very precise. The most recent stock assessment concluded that if the stock model assumptions were correct or conservative, and the recent estimated year class strengths are as strong as have been estimated by the models, then current catch levels are unlikely to pose undue risk to this stock in the near future.

The stock assessment of the west coast South Island was inconclusive. Lack of a biomass index means that estimates of current and reference biomass cannot be obtained. While there is no evidence of a change in stock status from either catch effort data, commercial catch-at-length, or catch-at-age data, it is not known if recent catch trends and the current TAC are sustainable, or will allow the stock to move towards a size that will support the MSY.

6. ACKNOWLEDGMENTS

We thank the following people for their advice and contributions in preparing this document; N.W. Bagley, P.J. Grimes, P.L. Horn, R.J. Hurst, G. Macaulay, R.L. O'Driscoll, and N.L. Phillips. The Ministry of Fisheries, under a variety of project codes, funded much of the work described in this document.

7. REFERENCES

- Alheit, J.; Pitcher, T.J. (eds.) (1995). Hake: Biology, fisheries and markets. Fish and Fisheries Series 15. 478 p. Chapman and Hall, London.
- Anderson, O.F.; 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.
- Bagley, N.W.; Hurst, R.J. (1998). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise January 1998 (TAN9801). *NIWA Technical Report 44*. 54 p.
- 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.
- Bagley, N.W.; McMillan, P.J. (1999). Trawl survey of hake and middle depth species in the Southland and Sub-Antarctic areas, April-May 1998 (TAN9805). *NIWA Technical Report 52*. 48 p.
- Bull, B.; Bagley, N. (1999). The effects of the 1995–96 Chatham Rise survey design on abundance estimates for hake age groups. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 99/36. 26 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Bull, B.; Livingston, M.E. (2001). Links between climate variation and the year class strength of hoki (*Macruronus novaezelandiae*): an update. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* (in press).
- Carter, L.; Garlick, R.D.; Sutton, P.; Chiswell, S.; Oien, N.A.; Stanton, B.R. (1998). Ocean circulation New Zealand. *NIWA Chart Miscellaneous Series 76*.
- Chapman, D.G.; Robson, D.S. (1960). The analysis of a catch curve. *Biometrics 16*: 354–368.
- Chatterton, T.D.; Hanchet, S.M. (1994). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, November–December 1991 (TAN9105). *New Zealand Fisheries Data Report 41*. 55 p.

- Colman, J.A. (1995). Biology and fisheries of New Zealand hake (*Merluccius australis*). In: Hake: Biology, fisheries and markets. Fish and Fisheries Series 15. Alheit, J. & Pitcher, T.J. (eds.). Chapman and Hall, London. 365–388 pp.
- Colman, J.A. (1996). Trawl survey of middle depth species in the Southland and Sub-Antarctic areas, March–April 1996 (TAN9605). *New Zealand Fisheries Data Report 83*. 40 p.
- Colman, J.A. (1997). Stock assessment of hake (*Merluccius australis*) for the 1997–98 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 97/19. 15 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Colman, J.A. (1998). Spawning areas and size and age at maturity of hake (*Merluccius australis*) in the New Zealand Exclusive Economic Zone. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/2. 17 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Colman, J.A.; Stocker, M.; Pikitch, E. (1991). Assessment of hake (*Merluccius australis*) stocks for the 1991–92 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 91/14. 29 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Colman, J.A.; Vignaux, M. (1992). Assessment of New Zealand hake (*Merluccius australis*) stocks for the 1992–93 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 92/17. 23 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Dunn, A. (1998). Stock assessment of hake (*Merluccius australis*) for the 1998–99 fishing year. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/30. 19 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Dunn, A. (2001). Stock assessment of hake (*Merluccius australis*) for the 2000–01 fishing year. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2001/22*. 31 p.
- Dunn, A.; Horn, P.L.; Cordue, P.L.; Kendrick, T.H. (2000). Stock assessment of hake (*Merluccius australis*) for the 1999–2000 fishing year. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/50*. 50 p.
- Fenaughty, J.M.; Uozumi, Y. (1989). A survey of demersal fishstocks on the Chatham Rise, New Zealand, March 1983. N.Z. Fisheries Technical Report 12. 42 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Foucher, R.; Beamish, R. (1980). Production of non-viable oocytes by Pacific hake (*Merluccius productus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 41–48.
- Francis, R.I.C.C. (1984). An adaptive survey for stratified random trawl surveys. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 18: 59–71.
- Gavaris, S. (1980). Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(12): 2272–2275.
- Hatanaka, H.; Uozumi, Y.; Fukui, J.; Aizawa, M.; Hurst, R.J. (1989a). Japan-New Zealand trawl survey off southern New Zealand, October–November 1983. N.Z. Fisheries Technical Report 9. 52 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)

- Hatanaka, H.; Uozumi, Y.; Fukui, J.; Aizawa, M.; Livingston, M.E. (1989b). Trawl survey of hoki and other slope fish on the Chatham Rise, New Zealand, November–December 1983. N.Z. Fisheries Technical Report 17. 31 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Ho, J.-S. (1990). Phylogeny and Biogeography of Hakes (*Merluccius*; Teleostei): A cladistic analysis. *Fishery Bulletin* 88(1): 95–104.
- Horn, P.L. (1994a). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, December 1991–January 1992 (TAN9106). *New Zealand Fisheries Data Report* 43. 38 p.
- Horn, P.L. (1994b). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, December 1992–January 1993 (TAN9212). *New Zealand Fisheries Data Report* 44. 43 p.
- Horn, P.L. (1997). An ageing methodology, growth parameters, and estimates of mortality for hake (*Merluccius australis*) from around the South Island, New Zealand. *Marine and Freshwater Research* 48: 201–209.
- Horn, P.L. (1998). The stock affinity of hake (*Merluccius australis*) from Puysegur Bank, and catch-at-age data and revised productivity parameters for hake stocks HAK 1, 4, and 7. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/34. 18 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Hurst, R.J.; Bagley, N.; Chatterton, T.; Hanchet, S.; Schofield, K.A.; Vignaux, M. (1992). Standardisation of hoki/middle depth time series trawl surveys. MAF Fisheries Greta Point Internal Report 194. 89 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Hurst, R.J.; Bagley, N.W.; Anderson, O.F.; Francis, M.P.; Griggs, L.H.; Clark, M.R.; Paul, L.J.; Taylor, P.R. (2000). Atlas of juvenile and adult fish and squid distributions from bottom and midwater trawls and tuna longlines in New Zealand waters. *NIWA Technical Report* 84. 162 p.
- Hurst, R.J.; Schofield, K.A. (1995). Winter and summer trawl surveys of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas 1990. N.Z. Fisheries Technical Report 43. 55 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Inada, T. (1981). Studies on the Merlucciid Fishes. *Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory (Shimizu)* 18: 1–172.
- Ingerson, J.K.V.; Hanchet, S.M. (1995). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, November–December 1993 (TAN9310). *New Zealand Fisheries Data Report* 67. 44 p.
- Ingerson, J.K.V.; Hanchet, S.M.; Chatterton, T.D. (1995). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, November–December 1992 (TAN9211). *New Zealand Fisheries Data Report* 66. 43 p.
- Kendrick, T.H. (1998). Feasibility of using CPUE as an index of stock abundance for hake. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 98/27. 22 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)

- Kerstan, M.; Sahrhage, D. (1980). Biological investigations on fish stocks in the waters off New Zealand. *Mitteilungen aus dem institut für seefischerei der bundesforschungsanstalt für fischerei, Hamburg. No. 29.* 287 p.
- Lillo, S., Cordova, J. & Paillaman, A., 1996. Target-strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 267-271. (1996). Target-strength measurements of hake and jack mackerel. *ICES Journal of Marine Science* 53: 267-271.
- Livingston, M.E. (2000). Links between climate variation and the year class strength of New Zealand hoki (*Macruronus novaezelandiae*) Hector. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 34(1): 55-69.
- Livingston, M.E.; Schofield, K.A. (1993). Trawl survey of hoki and associated species south of New Zealand, October-November 1989. N.Z. Fisheries Technical Report 36. 39 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Livingston, M.E.; Schofield, K.A. (1995). Trawl survey of hoki and associated species on the Chatham Rise, November-December 1989. N.Z. Fisheries Technical Report 41. 31 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Livingston, M.E.; Uozumi, Y.; Berben, P.H. (1991). Abundance, distribution, and spawning condition of hoki and other mid-slope fish on the Chatham Rise, July 1986. N.Z. Fisheries Technical Report 25. 47 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Macaulay, G.; Dunn, A. (2000). The feasibility of using acoustic techniques to estimate hake biomass on the west coast, South Island. *New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/35.* 32 p.
- Macaulay, G.; Grimes, P.J. (2000). Estimates of target strength of hake (*Merluccius australis*). Final Research Report to the Ministry of Fisheries. 16 p. (Unpublished report held by the Ministry of Fisheries, Wellington.)
- MacGregor, J.S. (1966). Fecundity of the Pacific hake *Merluccius productus* (Ayres). *Californian Fish and Game* 52: 111-116.
- New Zealand Industry Seafood Council (2001). Economics and Trade. [HTTP://www.seafood.co.nz/nzseabus.cfm?SEC_ID=67&DOC_ID=95](http://www.seafood.co.nz/nzseabus.cfm?SEC_ID=67&DOC_ID=95). Accessed on: 9 May 2001.
- O'Driscoll, R.L.; Bagley, N.W.; Bull, B. (2001). Trawl survey of middle depth species in the Southland and Sub-Antarctic areas, November-December 2000 (TAN0012). *NIWA Technical Report (in press)*.
- Ojeda, V.; Aguayo, M. (1986). Edad y crecimiento de merluza del sur (*Merluccius australis*) (Gadiformes-Merlucciidae). *Investigación Pesquera, Chile* 33: 47-59.
- Patchell, G.J. (1981). The Westland hake fishery. *Fisheries Research Division, Occasional Publication* 31. 18 p.

- Paya, I. (1992). The diet of Patagonian hake *Merluccius australis polylepis* and its daily ration of Patagonian grenadier *Macrouronus magellanicus*. *South African Journal of Marine Science* 12: 753–760.
- Penttila, J.; Dery, L.M. (1988). Age determination methods for northwest Atlantic species. *NOAA Technical Report NMFS* 72. 135 p.
- Phillips, N.L. (2001). Descriptive analysis of the commercial catch and effort data for New Zealand hake (*Merluccius australis*) for the 1989–1990 to 1998–1999 fishing years. Final Research Report to the Ministry of Fisheries. 56 p. (Unpublished report held by the Ministry of Fisheries, Wellington.)
- Schofield, K.A.; Horn, P.L. (1994). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, January 1994 (TAN9401). *New Zealand Fisheries Data Report* 53. 54 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1994a). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, April–May 1992 (TAN9204). *New Zealand Fisheries Data Report* 45. 38 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1994b). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, September–October 1992 (TAN9209). *New Zealand Fisheries Data Report* 46. 43 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1994c). Trawl survey of hoki and associated species in the Southland and Sub-Antarctic areas, May–June 1993 (TAN9304). *New Zealand Fisheries Data Report* 47. 39 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1995). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, January 1995 (TAN9501). *New Zealand Fisheries Data Report* 59. 53 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1996). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, January 1996 (TAN9601). *New Zealand Fisheries Data Report* 71. 50 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1997). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise, January 1997 (TAN9701). *NIWA Technical Report* 6. 50 p.
- Schofield, K.A.; Livingston, M.E. (1998). Ovarian development and the potential annual fecundity of western stock hoki (*Macrouronus novaezelandiae*). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 32: 147–159.
- Smith, P.J.; Patchell, G.J.; Benson, P.G. (1979). Glucosephosphate isomerase and isocitrate dehydrogenase polymorphisms in the hake, *Merluccius australis*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 13(4): 545–547.
- Stanton, B.R. (1973). Circulation along the eastern boundary of the Tasman sea. In: *Oceanography of the South Pacific 1972*. Fraser, R. (ed.). N.Z. National Commission for UNESCO, Wellington. 141–147 pp.
- Stevens, D.; Hurst, R.J.; Bagley, N.W. (2001a). A review of literature on feeding of New Zealand fish and additional data from research trawls. *NIWA Technical Report (in press)*.

- Stevens, D.; Livingston, M.E.; Bagley, N.W. (2001b). Trawl survey of hoki and middle depth species on the Chatham Rise December–January 2000 (TAN0001). *NIWA Technical Report (in press)*.
- Van den Broek, W.L.F.; Tokusa, K.; Kono, H. (1984). A survey of demersal fish stocks in waters south of New Zealand, March–May 1982. MAF Fisheries Research Division Occasional Publication 44. 51 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)
- Vignaux, M. (1994). Catch per unit effort (CPUE) analysis of west coast South Island and Cook Strait spawning hoki fisheries, 1987–93. New Zealand Fisheries Assessment Research Document 94/11. 29 p. (Unpublished report held in NIWA library, Wellington.)

Review of Pacific hake *Merluccius productus* life history and recruitment: Patterns of environmental forcing in the California Current system

A Presentation for the Second Workshop on the Dynamics of Southern Hake Recruitment, May 28-June 1, 2001, Villa Alemana, Chile.

Martin W. Dorn

*Alaska Fisheries Science Center
National Marine Fisheries Service
National Oceanic and Atmospheric Administration
7600 Sand Point Way, NE
Seattle, Washington 98115, USA
E-mail: Martin.Dorn@noaa.gov*

Extended abstract

Pacific hake (*Merluccius productus*) is temperate species occurring off the west coast of North America between 25E and 52E N latitude. Although several smaller populations occur in the major inlets of the Pacific Northwest, including the Strait of Georgia and Puget Sound, the largest population by far is the coastal population, with a mean biomass of 2.5 million tonnes and a mean annual harvest of 290,000 tonnes since 1990 (Dorn et al.1999). This review focuses on the coastal population, which seasonally ranges along the coasts of the United States and Canada, and is a considered a single stock for assessment and management. The characteristics of California Current system are described with particular attention to its role as a habitat for Pacific hake. The life cycle of Pacific hake is described, and, finally, research on environmental forcing of Pacific hake life history and recruitment is reviewed.

The fishery for Pacific hake has benefitted from innovative management and research widely adopted in other fisheries. Prior to the onset of large-scale commercial exploitation, scientists at the NOAA=s Alaska Fisheries Science Center correctly deduced the magnitude of potential fishery yields and the basic characteristics of hake life history. One of the first large-scale observer programs was begun in 1975 by the Alaska Fisheries Science Center to monitor catches and provide information on hake biology. The U.S. Fisheries Conservation and Management Act of 1976 provided management tools to restrict foreign fishing and promote development of joint venture and domestic fisheries. The development of acoustic survey methods at the Alaska Fisheries Science Center provided critically important estimates of stock abundance. In the 1990s, the Pacific Fisheries Management Council successfully managed the transition to a domestic fishery with significant shore-based and at-sea processing capacity while maintaining conservative quota-based management. More recent developments have been the formation a fishing cooperative (one of the first in the U.S.) to slow the inefficient race for fish, and development of a significant tribal fishery. However, an ongoing dispute on allocation of available yield between the U.S. and Canada have led to scientific recommendations on harvest levels being regularly exceeded, although the level of overharvest is relatively modest (10-15%).

Pacific hake have been extensively studied. The collected papers in Dark (1985) provide a summary of the early years of the fishery and research into hake reproductive dynamics and early life history during the 1980s. Methot and Dorn (1995) provide a general summary of hake biology and fisheries. In 1996, Pacific hake was the theme of the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations conference (CalCOFI Reports, Volume 38).

The California Current system

Pacific hake inhabit the California Current system, an eastern boundary current system. The California Current originates as the southern arm of the West Wind Drift, which diverges into the California Current and the Alaska Current as it approaches the west coast of Canada (Ware and McFarlane 1989). A characteristic feature of eastern boundary currents is the presence of wind-driven coastal upwelling. Offshore Ekman transport is highest off northern California, while a local minima occurs off southern California, where topographic features provide shelter from equatorward winds (Bakun 1996). There four major currents the California Current system (Hickey 1989). California Current is a broad equatorward flow, which in summer months develops a complex pattern of jets and eddies associated with coastal upwelling (Strub et al. 1999). A large persistent eddy occurs in the Southern California Bight, called the Southern California Eddy. The Davidson Current is a nearshore poleward current that forms in winter in response to south winds. Finally, the California Undercurrent is a narrow poleward subsurface current (~20 km) along the shelf break that peaks in summer, but is present throughout the year (Hickey 1989). Recent work using an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) indicates that in summer the California Undercurrent is a continuous feature of the California Current system, extending from southern California to the northern tip of Vancouver Island (Pearce et al. 1999). The undercurrent may have a significant role in Pacific hake life history by serving as a navigational cue during migration and for orientation within its summer feeding habitat.

Interannual variation in the California Current system is dominated by two modes: the El Niño Southern Oscillation (ENSO) with a period of 5-7 years, and the Pacific Decadal Oscillation (PDO) with a positive and negative phases lasting 20-30 years. The PDO has only been recently described, and may have significant effects on ecosystem productivity on a temporal scale comparable to a human generation (Mantua and Hare 2001). The ENSO and the PDO have a similar pattern of sea surface temperature anomalies, except that the ENSO is dominant in the tropics, while the PDO is dominant in the North Pacific. California Current system and the North Pacific show inverse productivity regimes during positive and negative phases of the PDO, potentially due to the relative strength of the Alaska Current and the California Current as the West Wind Drift diverges off the west coast of Canada (Hollowed and Wooster 1992).

Pacific hake life history

Pacific hake spawn primarily during the winter months in a region defined primarily by its oceanographic features. Although surveys of spawning Pacific hake have been limited, aggregations of spawning hake have been found from Cape Mendocino south to near the U.S.-Mexico border. Midwater spawning aggregations occur at a depth of 140-240 m over bottom depths of 3,600-4,200 m, and are located 110-167 km offshore (Saunders and McFarlane 1997). Eggs gradually move

upwards in the water column after spawning, and late-stage eggs are most abundant at 50-100 m (Moser et al. 1997). Larvae occur comparatively deep in the water column at 25-50 m, below the mixed layer at the base of the thermocline (Mullen and Cass-Calay 1997). Based on CalCOFI surveys, larvae are patchily distributed, with late-stage larvae tending to be more patchily distributed than early-stage larvae. Late-stage larvae also tend to be distributed more inshore than early-stage larvae, and tend to be abundant in specific locations such as immediately offshore of Point Conception, California (Hollowed.1992). Surveys off northern California indicate that juvenile hake are found in surface waters, at least during night, suggesting that they have begun diel vertical migration. Although northern California is an area of strong upwelling, hake juveniles tend to be more abundant in water that has not been recently upwelled (Sakuma and Ralston 1997). Juveniles also tend to be more abundant in specific locations such as Monterey Bay, suggesting that year class success may depend on transport to specific geographic areas with appropriate habitat for juveniles.

After settlement, hake begin an annual pattern of northward migration during spring followed by a southward return migration in fall (Figure 1). The migratory behavior of Pacific hake is that it is strongly age-dependent (Dorn 1995). Older fish and larger fish tend to migrate further, resulting a latitudinal stratification by age. Since there is an ontogenetic shift from euphausiids to fish as the preferred prey, a trophodynamic role of hake changes from south to north. This is an extremely conservative behavioral pattern. For example, even in years when the population is distributed further north, the older age groups are always found further north on average than the younger age groups.

While occupying their summer feeding habitat, hake show a pattern of diel vertical migration. During the day, characteristic aggregations of hake form between 150-250 m adjacent to or immediately offshore of the shelf break (Wilson et al. 2000). Typically, these aggregations form in poleward flowing water either above or below the core of the Californian Undercurrent, but in close association with it. During night, hake disperse upwards into surface waters, apparently following the diel migration of euphausiids, their primary prey.

The annual migratory patterns of Pacific hake correspond to a simple conceptual model of triangular fish migration, proposed by Harden-Jones (1968), which identifies three basic habitats for marine fish populations: a spawning habitat, a juvenile habitat, and a feeding habitat for adults. The concentration of hake spawning in southern California, an area with longer residence times and weaker offshore transport, is consistent with the member-vagrant hypothesis of Sinclair (1988). Sinclair (1989) states:

ALife-history features are interpreted to be associated with physical oceanographic constraints to population persistence in a particular geographic space....The existence of self-sustaining populations, and the geographic pattern of the population structure of a given species is a function of the ability of the planktonic phase of the life cycle to maintain an aggregated distribution in the face of dispersal by diffusion.@

Environmental forcing of population characteristics and recruitment

Pacific hake life history and migratory patterns are adaptations to ocean environment of the California Current system. As the ocean environment changes, life history characteristics and migratory patterns may also change, either due to direct forcing, or indirectly by an adaptive response to the forcing. Types of forcing that may be important to Pacific hake include variation at PDO and ENSO scales in current strength, water temperature, upwelling intensity, and ecosystem productivity. Potential population responses include changes in growth and maturation, changes in migration and spatial distribution, and, finally, variability in recruitment strength.

Changes in growth

Since 1977, the size at age of Pacific hake has declined significantly. For example, the weight at age 12 declined from 1.0 kg in 1977 to approximately 0.6 kg in 1991. Because size at age reflects conditions experienced by the fish throughout its lifetime, it is an excellent indicator of relative prey abundance or availability at the decadal scale. A growth increment regression model developed by Dorn (1992) found a significant inverse effect of sea surface temperature on annual growth. This effect was strongest on juvenile fish (ages 1-4). There was also a significant (though weaker) inverse effect of population biomass, which peaked in the late 1980s. The density-dependent effect was stronger for older hake, perhaps because their diet has shifted from euphausiids to forage fish species with multiyear life cycles that can be cropped down by intense hake predation. The inverse effect of sea surface temperature on growth can be attributed to reduced transport of cooler nutrient- and zooplankton-rich water from North Pacific subarctic gyre, or to reduced upwelling off the West Coast, both indicative of the positive-phase PDO conditions that have persisted since 1977.

Changes in annual migration

Perhaps the most easily detected impact of climate variation on Pacific hake is a change in the adult distribution. Although potential impacts of oceanographic variability could occur at any point in the annual migratory cycle, two categories of environmental influence are likely to be most important. First, changes in the characteristics of the migratory pathways and triggers of migratory behavior will occur during the relatively short period of active migration. Maximum northward movement occurs during March and April, and the southward return migration occurs primarily in November and December. Secondly, the boundaries of the preferred summer feeding habitat and spawning habitat are likely to be determined by environmental factors. Interannual variation in these factors will result in northern or southern shifts in hake spatial distribution, or cause the population to expand or contract. These changes in spatial distribution are important because Pacific hake is a transboundary stock, with significant catches in both the U.S. and Canadian zones.

Dorn (1995) developed an age-structured model to investigate the migratory behavior of Pacific hake. The U.S. and Canadian zones were defined as separate geographic areas, and the parameters of an age-specific migration function were estimated. Annual coefficients were estimated for the parameter specifying the asymptotic proportion of an age class migrating into the Canadian zone for years with coastwide acoustic surveys. Correlation analysis between these coefficients and a suite of environmental variables found that the March-April water temperature anomaly at a depth of 100 m from 30-42° N latitude had the highest correlations. High water temperatures were associated with

an increase in the proportion of the Pacific hake population in the Canadian zone, as occurred during the 1982-83 and 1991-92 El Niños, while in 1989, low water temperatures were associated with a decrease in the proportion of the population in the Canadian zone. Dorn (1995) suggested that El Niños promote the northward migration of Pacific hake via intensified northward currents during the period of active migration.

Although ENSO-scale variation appears to be most important in determining hake spatial distribution, environmental variation at longer time scales may produce a Aratchet effect@ in which hake population progressively shifts northwards or southwards over a period of years. This may have occurred by the end of the 1990s, an anomalously warm decade during which the PDO was consistently positive (McFarlane et al. 2000). In the 1998 acoustic survey, approximately 50% of the adult hake biomass was found in Canadian waters, and significant aggregations of hake were detected in Alaskan waters for the first time.

Changes in spawning location

Horne and Smith (1997) constructed a proxy time series for the mean latitude of hake spawning from the distribution of hake larvae sampled during CalCOFI surveys. Mean spawning latitude was positively correlated with water temperature at 100 m off Point Conception. The mechanism behind this relationship is not known. One possibility is that hake prefer water temperatures within a specific range, and simply migrate south in the autumn until they encounter appropriate conditions. If hake prefer a temperature at 100 m above 9E C for spawning, as some evidence suggests, an El Niño could produce up to a 10 degree shift in northern border of spawning habitat, from 34° N latitude to 44° N latitude. Since currents at depth during warm years are less favorable for southward migration, the increased energetic cost of migration may also be a factor. Larval hake were observed in abundance off Oregon only in the 1983 and 1994 post-El Niño years but not at other times, suggesting that there may also be residual effects of the summer distribution on the subsequent spawning distribution.

Year-class strength and upwelling

The time series of Pacific hake recruitment is highly variable with strong year classes (e.g., the 1980 and 1984 year classes) followed by year classes that are more than two orders of magnitude smaller, suggesting that environmental factors may play a significant role in year-class strength. Hollowed and Bailey (1989) conducted an extensive analysis of environmental correlates of year-class strength. Relative abundance was established within the first 1-3 months after spawning leading to a focus on environmental conditions during this time period. Results using linear and quadratic regression suggested that conditions favorable for larval survival included weak upwelling during early winter, and increased upwelling in March. Hollowed and Bailey (1989) suggest that weak winter upwelling enhances onshore transport of larvae from the spawning areas offshore, while strong March upwelling may increase the supply of zooplankton prey in summer.

Year-class strength and water temperature

A relationship was between water temperature and year-class strength was first noted in the mid-1980s by Bailey and Francis (1985). Although weak year class occurred during both cold years and warm years, strong year classes only occurred during warm years (January-March mean sea surface temperature in the Southern California Bight $> 15^{\circ}\text{C}$). For example, the strong year classes in 1980 and 1984, and the weak year classes from the El Niño years of 1983 and 1992 all occurred during warm years. Unlike other studies of environmental effects on recruitment, the relationship still holds more than fifteen years later. Since temperature is related to several oceanographic processes, the mechanism underlying the correlation is not clear. Hake larvae may be more likely to drift to unfavorable habitat during cold years as a result of stronger than normal upwelling, increased equatorward transport, or a more southerly distribution of spawning. Cooler temperatures could also result in slower growth of hake larvae, leading to higher predation rates.

Larval transport to suitable juvenile habitat may depend on episodic events, such as periods of wind relaxation that occur at spatial and temporal scales that are difficult to study (Horne and Smith 1997). A relatively weak and non-mechanistic relationship, such as the long-standing temperature-recruitment relationship for Pacific hake, may be most robust result from studies of environmental influences on recruitment. Such relationships can be useful in making short term projections for management advice, if such projections reflect the uncertainty in the relationship (Francis et al. 1989). Care must be used when extrapolating these relationships, derived from ENSO-scale variation (5-7 years), to longer time scales, such as regime-scale changes in the ocean environment.

Year-class strength and predator-prey interactions between cohorts

Pacific hake, in common with most other hake species worldwide, show a tendency for increased piscivory with age. Consequently, cannibalism can play an important role in hake population dynamics. Buckley and Livingston (1997) found evidence of cannibalism in Pacific hake from analysis of stomach contents during several years, although sampling was not adequate to quantify cannibalism at the population level nor fully characterize its temporal and spatial pattern. Buckley and Livingston (1997) found that mortality due to cannibalism occurs primarily during the first year and a half of life. Cannibalism requires both habit of piscivory and spatial and temporal overlap between predators and prey. Because annual migration shifts older hake away from juvenile settlement areas during the summer months, overlap between cohorts decreases as they become more separated in age. A strong year class would have the potential to cause significant mortality (and competition) only on the following one or two year classes. The intensity of the interaction will depend on geographic overlap, and such overlap will be a function of spawning location and larval drift for each year class.

The historical estimates of hake recruitment from 1970-95 show a regular pattern of strong year classes followed by 2-3 years of weak recruitment, although since 1995 recruitment has been more stable. Strong inter-cohort cannibalism is one possible cause of such damped oscillations, although additional sampling of the diet of age-1 and age-2 hake off southern California in the summer months is needed to assess this hypothesis. The presence of age-1 and older fish off northern California and further north may act as a predatory roadblock for larvae that are transported north, and may be a factor underlying the age-structured pattern of Pacific hake distribution in the

California Current system.

Conclusions

Pacific hake is one of the ecologically-dominant species in the California Current system. Although hake ranges from southern California to Canada, its pattern of habitat use is highly structured both spatially and temporally, with specific areas for spawning, rearing juveniles, and adult feeding. The migratory pattern of Pacific hake enables it to spawn in areas favorable for retention and onshore transport, while at the same time allows it to prey on the higher standing stocks of zooplankton in the northern part of the California Current system. This strategy may account in part for the success of Pacific hake as a species. Although uncertainty is large, it would appear that the major factors involved in the recruitment success of Pacific hake are spawning location, onshore transport, and prior year-class strength. Much research, including both field studies and modeling, is needed to further clarify the inter-relationships between these factors and their role in Pacific hake recruitment success.

References

- Bailey, K. M. and R. C. Francis. 1985. Recruitment of Pacific whiting, *Merluccius productus*, and the ocean environment. *Mar. Fish. Rev.* 47(2):8-15.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. California Sea Grant. 323 p.
- Buckley, T. W. and P. A. Livingston. 1997. Geographic variation in the diet of Pacific hake, with a note on cannibalism. *CalCOFI Rep.* 38:53-62.
- Cass-Calay S. 1997. Relation of mean growth rate to concentration of prey-sized particles for larvae of Pacific hake (*Merluccius productus*). *CalCOFI Rep.* 38:69-76.
- Dark, T. A. (editor). 1985. Pacific whiting. *Mar. Fish. Rev.* 47(2). 112 p.
- Dorn, M. W. 1992. Detecting environmental covariates of Pacific whiting *Merluccius productus* growth using a growth-increment regression model. *Fishery Bulletin, U.S.* 90:260-275.
- Dorn, M. W. 1995. The effects of age composition and oceanographic conditions on the annual migration of Pacific whiting, *Merluccius productus*. *CalCOFI Rep.* 36:97-105.
- Dorn, M. W., M. W. Saunders, C. D. Wilson, M. A. Guttormsen, K. Cooke, R. Kieser, and M. E. Wilkins. 1999. Status of the coastal Pacific hake/whiting stock In U.S. and Canada in 1998. In Pacific Fishery Management Council, Appendix: Status of the Pacific Coast groundfish fishery through 1999 and recommended acceptable biological catches in 2000: Stock assessment and fishery evaluation. Pacific Fishery Management Council, 2130 SW Fifth Avenue, Suite 224, Portland, OR 97201.

- Francis, R. C., S. A. Adlerstein, and A. Hollowed. 1989. Importance of environmental fluctuations in the management of Pacific hake (*Merluccius productus*), p. 51-56. In R. J. Beamish and G. A. McFarlane [ed.] Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Pub. Fish. Aqua. Sci. 108.
- Harden Jones, F. R. 1968. Fish Migration. Edward Arnold Ltd., London. 325 pp.
- Hickey, B. M. 1989. Patterns and processes of circulation over the continental shelf off Washington, pp 41-45 in Coastal Oceanography of Washington and Oregon, M. R. Landry, and B. M. Hickey, (eds.), Elsevier, New York.
- 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.
- Hollowed, A. B. and W. S. Wooster. 1992. Variability of winter ocean conditions and strong year classes of Northeast Pacific groundfish. ICES Mar. Sci. Symposium, 195, 433-444.
- Hollowed, A. B. and K. M. Bailey (1989). New perspectives on the relationship between recruitment of Pacific hake (*Merluccius productus*) and the ocean environment, p. 207-220. In R. J. Beamish and G. A. McFarlane [ed.] Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- Horne, J. K. and P. E. Smith. 1997. Space and time scales in Pacific hake recruitment processes: latitudinal variation over annual cycles. CalCOFI Rep. 38:90-102.
- McFarlane, G.A., J.R. King, and R.J. Beamish. 2000. Have there been recent changes in climate? Ask the fish. Prog. in Oceanography. 47(2-4): 147-169.
- Mantua, N. J. and S. R. Hare. 2001. The Pacific decadal oscillation. A review paper submitted to the Journal of Oceanography.
- Methot, R. D and M. W. Dorn. 1995. Biology and fisheries of North Pacific hake (*M. productus*). In J. Alheit and T. J. Pitcher (eds.), Hake: biology, fisheries and markets, p. 389-414. Chapman and Hall, London.
- Moser, H. G., N. C. H. Lo, and P. E. Smith. 1997. Vertical distribution of Pacific hake eggs in relation to the stage of development and temperature. CalCOFI Rep. 38:120-126.
- Mullen, M. M. and S. Cass-Calay. 1997. Vertical distributions of zooplankton and larvae of the Pacific hake (whiting), *Merluccius productus* in the California current system. CalCOFI Rep. 38:127-126.
- Pierce, S.D., R. L. Smith, P. M. Kosro, J.A. Barth, and C. D. Wilson. 2000. Continuity of the poleward undercurrent along the eastern boundary of the mid-latitude north Pacific. Deep-

Sea Research II:811-829.

- Sakuma, K. and S. Ralston. 1997. Vertical and horizontal distribution of juvenile Pacific whiting. (*Merluccius productus*). CalCOFI Rep. 38:137-146.
- Saunders M. W., and G. A. McFarlane. 1997. Observations on the spawning distribution and biology of offshore Pacific hake (*Merluccius productus*). CalCOFI Rep. 38:147-157.
- Sinclair, M. 1988. Marine Populations, an essay on population regulation and speciation. Washington Sea Grant Program. Univ. Washington Press, Seattle and London. 252 pp.
- Strub, P. T, M. Abbott, A. Thomas and J. Svejksky. 1999. Remote Sensing of the NE Pacific: Retrospective and Concurrent Time Series Analysis Using Multiple Sensors on Multiple Scales, US GLOBEC NE Pacific Program, Progress Report B March 1999. available at <http://www.oce.orst.edu/po/research/globec/fig1.html>
- Ware, D. M. and G. A. McFarlane. 1989. Fisheries production domains in the Northeast Pacific Ocean. p. 359-379 in Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models., R.J. Beamish and G.A. McFarlane, (eds.) Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.
- Wilson, C. D., M. A. Guttormsen, K. Cooke, M.W. Saunders, and R. Keiser. 2000. Echo integration-trawl survey of Pacific hake (*Merluccius productus*) of the Pacific coast of the United States and Canada during July-August, 1998. NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-118.

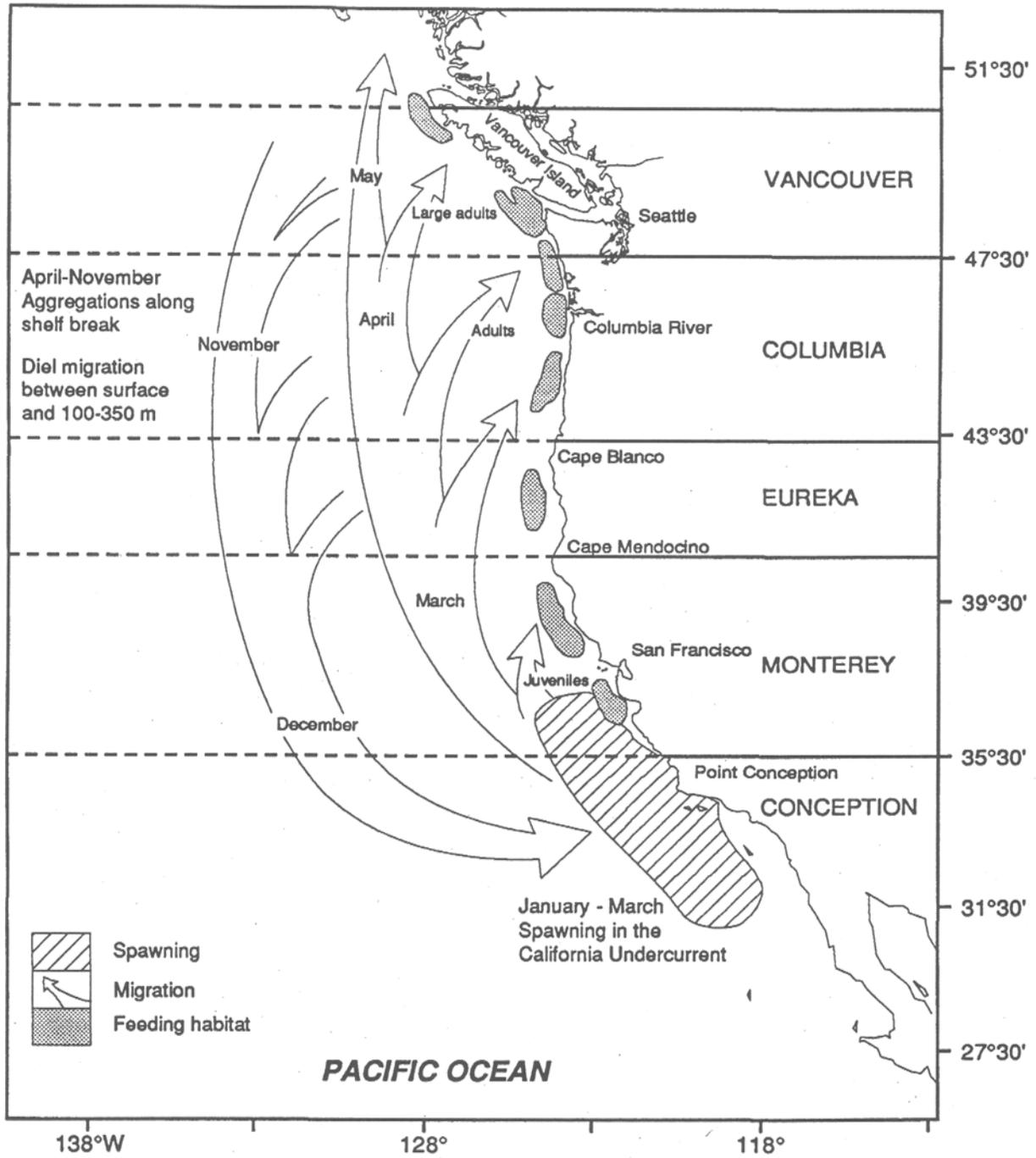


Figure 1. Migratory patterns of Pacific hake, *Merluccius productus* (from Dorn 1995).



Unidad Técnica Promoción y Ediciones

IFOP
Valparaíso