



ISSN 0327-9642

INIDEP Informe Técnico 62

Julio 2007

EVALUACIÓN DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2001

por

Otto C. Wöhler, Jorge E. Hansen, Analía R. Giussi y Héctor D. Cordo

EVALUACIÓN DE POLACA (*Micromesistius australis*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1987-2001

por

Otto C. Wöhler, Jorge E. Hansen, María C. Cassia y Héctor D. Cordo

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero - INIDEP
Mar del Plata, R. ARGENTINA

El Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) es un organismo descentralizado del Estado, creado según Ley 21.673, sobre la base del ex Instituto de Biología Marina (IBM). Tiene por finalidad formular y ejecutar programas de investigación pura y aplicada relacionados con los recursos pesqueros, tanto en los ecosistemas marinos como de agua dulce. Se ocupa, además, de su explotación racional en todo el territorio nacional, de los factores económicos que inciden en la producción pesquera, del estudio de las condiciones ambientales y del desarrollo de nuevas tecnologías.

El INIDEP publica periódicamente las series **Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero** e **INIDEP Informe Técnico** y, en ocasiones, edita **Publicaciones Especiales INIDEP**.

Los trabajos que se publican en la serie **INIDEP Informe Técnico** incluyen temas dirigidos fundamentalmente al sector pesquero y tienen como objetivo la rápida difusión de la información científico-técnica. Se trata de trabajos descriptivos con mínima discusión y conclusiones muy acotadas. Se da preferencia a la publicación de las investigaciones que se realizan en el INIDEP. Son evaluados en su mayoría por investigadores que desarrollan sus actividades en el Instituto. Anualmente se publica un mínimo de cuatro números.

INIDEP, the National Institute for Fisheries Research and Development is a decentralized state agency created by Statute Law 21,673 on the basis of the former Institute of Marine Biology (IBM). The main objectives of INIDEP are to formulate and execute basic and applied research programmes related to fisheries resources in marine and freshwater ecosystems. Besides, it is in charge of their rational exploitation, of analyzing environmental and economic factors that have an incidence on fishery production and of developing new technologies.

Current INIDEP publications comprise two periodical series: **Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero** and **INIDEP Informe Técnico**. On occasions, **Publicaciones Especiales INIDEP** are edited.

The papers published in the **INIDEP Informe Técnico** series include subjects related to the fishing sector and are aimed at the rapid spreading of scientific and technical information. Works published in this series are basically descriptive. They include a short discussion and limited conclusions. Research conducted at INIDEP is given first priority. Review of the majority of papers is in charge of scientists working at INIDEP. A minimum of four issues are published annually.

Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos

Dr. Javier M. De Urquiza

Subsecretario de Pesca y Acuicultura

D. Gerardo E. Nieto

Director del INIDEP

Lic. Enrique H. Mizrahi

Miembros del Comité Editor

Editor Ejecutivo

Dr. Enrique E. Boschi (CONICET-INIDEP, Argentina)

Editora Asociada

Lic. Susana I. Bezzi (INIDEP, Argentina)

Vocales

Dr. Eddie O. Aristizabal (INIDEP, Argentina)

Dra. Claudia S. Bremec (CONICET-INIDEP, Argentina)

Lic. Elizabeth Errazti (UNMdP-INIDEP, Argentina)

Dr. Otto C. Wöhler (INIDEP, Argentina)

Secretaria

Paula E. Israilson

Deseamos canje con publicaciones similares
Desejamos permutar com as publicações congeneres
On prie l'échange des publications
We wish to establish exchange of publications
Austausch erwünscht

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO (INIDEP)

Paseo Victoria Ocampo N° 1, Escollera Norte, B7602HSA - Mar del Plata, ARGENTINA

Tel.: 54-223-486 2586; Fax: 54-223-486 1830; Correo electrónico: c-editor@inidep.edu.ar

Impreso en Argentina - Printed in Argentine - ISSN 0327-9642



INIDEP Informe Técnico 62

Julio 2007

EVALUACIÓN DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2001*

por

Otto C. Wöhler, Jorge E. Hansen, Analía R. Giussi y Héctor D. Cordo

EVALUACIÓN DE POLACA (*Micromesistius australis*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1987-2001**

por

Otto C. Wöhler, Jorge E. Hansen, María C. Cassia y Héctor D. Cordo

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero - INIDEP
Mar del Plata, R. ARGENTINA

*Contribución INIDEP N° 1349

**Contribución INIDEP N° 1348

Queda hecho el depósito que ordena la Ley 11.723 para la protección de esta obra. Es propiedad del INIDEP.
© 2007 INIDEP

Permitida la reproducción total o parcial mencionando la fuente.
ISSN 0327-9642

INIDEP Informe Técnico 62
Julio 2007
Mar del Plata, República Argentina

Primera Impresión: 250 ejemplares

Diagramación e Impresión: El Faro Imprenta
9 de Julio 3802, B7600HAF - Mar del Plata

Resumida/Indizada en: Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA); Agrindex; Referativnyi Zhurnal; Zoological Record (BIOSIS Databases).

De Acceso Abierto en texto completo desde OceanDocs E-Repository of Ocean. Publications en:
<http://hdl.handle.net/1834/1355>

EVALUACIÓN DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2001*

por

Otto C. Wöhler¹, Jorge E. Hansen, Analía R. Giussi y Héctor D. Cordo

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo N° 1, Escollera Norte, B7602HSA - Mar del Plata, Argentina

¹Correo electrónico: owohler@inidep.edu.ar

SUMMARY

Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic. Period 1985-2001. A stock assessment of Patagonian hoki of the Southwest Atlantic was carried out by using data from the years 1985-2001. A cohort analysis, fitted with some survey abundance indices was used in an adaptive conceptual framework. Simulation trials were performed to project the evolution of the fishery, to evaluate the risk of over-fish the stock under different exploitation levels, and to estimate Biologically Acceptable Catches (BAC). Both total biomass and spawning stock biomass showed increasing trends resulting from four strong year classes (1993, 1995, 1996 and 1998). Total biomass at the beginning of 2001 was estimated to be 2.5 million tons, and spawning stock biomass at the spawning time (August) was estimated to be around 1.28 million tons. The exploitation rate was low (0.19) and showed a decreasing trend in relation to previous years. The fishing mortality rate producing sustainable total catches in the long term, i.e., BAC corresponded to yields between 160 and 306 thousand tons during 2002, depending on future levels of recruitment.

Key words: *Macruronus magellanicus*, stock assessment, resource management, Southwest Atlantic.

RESUMEN

Se evaluó el estado de explotación de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental, con información proveniente del período 1985-2001, aplicando el modelo de análisis de cohortes calibrado con índices de abundancia provenientes de campañas de investigación mediante la técnica de ADAPT. Se realizaron ensayos de simulación para proyectar el estado poblacional y medir el riesgo de sobrepesca asociado a distintas estrategias de explotación. Finalmente, fueron estimados niveles de Capturas Biológicamente Aceptables (CBA). La biomasa total y de reproductores mostraron tendencias ascendentes, relacionadas al éxito de las clases anuales de 1993, 1995, 1996 y 1998. A principios de 2001, la biomasa total se ubicó en 2.500.000 t, y la biomasa reproductiva en 1.280.000 t. La tasa de explotación fue pequeña (0,19) y decreció respecto de la registrada en los últimos tres años. La tasa de mortalidad por pesca asociada a niveles de extracción sostenibles en el largo plazo, o CBA, correspondió a rendimientos entre 160.000 t y 306.000 t durante 2002, dependiendo de los reclutamientos que se produzcan en el futuro.

Palabras clave: *Macruronus magellanicus*, evaluación, manejo de recurso, Atlántico Sudoccidental.

INTRODUCCIÓN

La merluza de cola, o *hoki* patagónico, es un pez demersal-pelágico de amplia distribución en los mares del extremo sur americano, tanto en el Atlántico como en el Pacífico. En el Atlántico, habita principalmente en aguas templado-frías de la Corriente de Malvinas. En esta área, y principalmente al sur de 45° S, es actualmente el recurso íctico de mayor abundancia.

Las capturas de merluza de cola en el Mar Argentino y sector adyacente no fueron de importancia hasta mediados de la década de 1980. La explotación creció desde entonces por la acción de flotas de varios países en aguas circundantes a las Islas Malvinas y fuera de la Zona Económica Exclusiva Argentina (Wöhler *et al.*, 1999 a). Se llegó así a una declaración de 145.000 t en 1988, principalmente debido a la acción de buques rusos y búlgaros que operaron en el Mar Argentino como consecuencia de los denominados Acuerdos Marco. A partir de 1990 el total capturado fue significativamente inferior, promediando 40.000 t año⁻¹. Sin embargo, se incrementó otra vez hacia finales de la década, estimándose capturas totales del orden de las 155.000 t anuales entre 1998 y 2001. En esos años, el 87% de las capturas correspondieron a la flota argentina.

La abundancia de merluza de cola en el Mar Argentino fue evaluada en diversas ocasiones por el método de área barrida. La mayor parte de estas estimaciones, que se iniciaron en 1969, no involucraron la totalidad del área de distribución de la especie (Bellisio y López, 1973; Otero *et al.*, 1981 y 1982; Cordo, 1987; Chesheva y Shlibanov, 1991). En 1992 el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) comenzó una serie de campañas anuales destinadas a la evaluación del recurso (Wöhler *et al.*, 1999 b). A partir de las mismas se han estimado índices de abundancia de la especie en el área (Giusi *et al.*, 2002 a y 2002 b).

Desde 1997, el recurso también se evaluó mediante la aplicación de modelos analíticos, tales como el Análisis de Población Virtual o análisis de cohortes (Prenski *et al.*, 1997; Wöhler *et al.*, 1999 a; Wöhler *et al.*, 1999 c; Wöhler *et al.*, 2000 y Wöhler *et al.*, 2001). Las recomendaciones de capturas biológicamente aceptables resultantes de estos trabajos han sido consideradas por la administración pesquera de la Argentina para el establecimiento de las Capturas Máximas Permisibles anuales.

El presente trabajo constituye un nuevo análisis secuencial del efectivo de merluza de cola que se distribuye sobre la plataforma. En el estudio no se incluyen datos provenientes del Golfo San Matías, porque es posible que en dicho golfo habite una unidad demográfica diferente (Giusi *et al.*, 1999). Se utilizan los datos de capturas correspondientes al período 1985-2001, e información para calibración derivada de campañas de investigación llevadas a cabo principalmente a partir de 1992. La finalidad es estimar el estado actual del efectivo y analizar su posible evolución. A este fin se investigan distintos supuestos acerca de los futuros niveles de reclutamiento y de explotación, recomendándose en consecuencia capturas máximas aceptables desde el punto de vista biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Capturas totales anuales

La información de las capturas totales (Tabla 1) y por país (Figura 1) procede de las estadísticas de la FAO (1995 a) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina (SAGyP, 1995 a; SAGyP, 1995 b; SAGPyA, 1996; SAGPyA, 1997). Las capturas nomina-

les de las embarcaciones argentinas se corrigieron atendiendo a los criterios de estimación de subdeclaraciones y descartes de Sánchez y Wöhler (2001) y Sánchez (2001). También se incluye la información correspondiente a las capturas de buques que operaron en aguas circundantes a las Islas Malvinas, obtenida mediante el intercambio regular de estadísticas pesqueras.

Captura por edad

Las capturas por edad en el período 1985-2000 (Tabla 2) son las presentadas por Wöhler *et al.* (2001), mientras que los valores correspondientes a 2001 han sido estimados por Giussi (datos no publicados).

Pesos medios por edad

Los pesos medios por edad alcanzados al 1° de marzo de cada año (Tabla 3) provienen de datos obtenidos por observadores a bordo de pesqueros comerciales y durante campañas de investigación. El procedimiento para el cálculo de otros valores de peso medio empleados en el análisis secuencial, correspondientes a inicios de cada año y al momento de la reproducción, se detalla en el Anexo I.

Curva de madurez sexual

Las proporciones de individuos maduros por grupo de edad (Tabla 4) correspondientes al período 1985-2000 fueron tomadas de Wöhler *et al.* (2001). Los valores de 2001 repitieron aquellos de 1999 y 2000.

Mortalidad natural

En el presente trabajo se mantuvo el criterio de Wöhler *et al.* (2001) de usar un valor de 0,3 años⁻¹, que surge de la aplicación del modelo de Hoenig (1983), basado en la longevidad máxima observada.

Mortalidad pre-reproductiva

Como en análisis previos (Wöhler *et al.*, 2001), y considerando que la reproducción ocurre hacia mediados o fines de invierno (agosto-setiembre), se fijó la proporción anual de la mortalidad natural pre-reproductiva en 0,67. Debido a que la pesca del recurso no es marcadamente estacional, se resolvió considerar el mismo valor para la mortalidad por pesca pre-reproductiva.

Índices de abundancia

Los índices de abundancia de merluza de cola utilizados para el ajuste del análisis provinieron de estimaciones realizadas a partir de campañas de investigación estival diseñadas para la evaluación de la especie, al sur de 45° S y hasta 55° S, llevadas a cabo en 1987 y, luego en forma anual, desde 1992 (con excepción de 1996). Se emplearon seis series de datos provenientes de dichas campañas (Tabla 5). La primera serie (Índice 1) corresponde a las densidades medias (t mn⁻²) estimadas por área barrida, al sur de 45° S, entre 50 m y 400 m de profundidad, donde se localizan las principales concentraciones de merluza de cola en la época de realización de las campañas de investigación. La segun-

da y tercera serie (Índices 2 y 3) indican la abundancia relativa de las edades 3 y 4 en cada año, respecto de aquellas correspondientes a 1992, y las tres series restantes (Índices 4, 5 y 6) representan la abundancia relativa de las edades 3, 4 y 5 respecto de la totalidad de individuos de tres años de edad y mayores, presentes en la población cada año (excluyendo las edades 1 y 2).

No se empleó el índice de abundancia derivado de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota comercial argentina (Hansen y Wöhler, 2002) porque podría no representar de manera apropiada la tendencia en la abundancia del efectivo, principalmente en los primeros años del período disponible (1995 y 1996), estimándose más confiables los índices obtenidos a partir de campañas de investigación.

Análisis secuencial de la población

Como método de evaluación se utilizó el modelo de análisis de cohortes (Pope, 1972) desarrollado en una hoja de cálculo Microsoft Excel 97. Los índices de abundancia fueron empleados para ajustar el modelo en el marco conceptual denominado ADAPT, propuesto por Gavaris (1988). En el Anexo I se indican en detalle las ecuaciones matemáticas utilizadas, así como el método de estimación (*bootstrap* paramétrico; Efron, 1981) del error estándar y de los intervalos de confianza de los principales parámetros de manejo.

Puntos biológicos de referencia

Para recomendar niveles anuales de extracción se adoptó como punto de referencia la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) anual. Esta es la extracción resultante de aplicar una tasa de mortalidad por pesca (F) que, mantenida a largo plazo, implica un bajo riesgo de sobreexplotación. En este caso, “bajo” se definió como igual o menor del 10% y “sobreexplotación”, como la disminución de la biomasa de reproductores por debajo de aquella que, según los resultados del análisis de cohortes, fue la menor requerida para producir un reclutamiento superior al promedio.

Proyección poblacional y análisis de riesgo

El proceso de simulación, desarrollado para proyectar el estado poblacional y medir el riesgo biológico de colapso asociado a la aplicación de distintas estrategias de explotación, se realizó partiendo de la estimación del efectivo en 2001 derivada del ADAPT. En el Anexo II se describen las fórmulas matemáticas empleadas.

Las simulaciones se realizaron proyectando la estrategia de explotación por 25 años a partir de la población esperada a inicios de 2002. El procedimiento se repitió 250 veces obteniéndose, para cada año (y), las medias aritméticas y los desvíos estándar de la biomasa poblacional (B_y) y de reproductores (BR_y), y también de la captura (C_y).

Como patrón de selección por edad se utilizó el estimado como promedio de las F relativas a la edad 5 (considerada como totalmente reclutada al área y arte de pesca) durante el período 1993-1999.

Al igual que en análisis anteriores (Wöhler *et al.*, 2001), la incertidumbre fue introducida sobre la base de las variaciones en la estimación de la biomasa total a comienzos de 2001, calculada mediante el método de *bootstrap* paramétrico, y también a través del proceso de reclutamiento. Los valores de biomasa inicial se generaron al azar, bajo el supuesto de una distribución normal con su correspondiente valor medio (B_{2001}) y desvío estándar. En el caso del reclutamiento (R) se supu-

so una distribución log-normal (Anexo II) con una media y un desvío estándar variable en función de dos escenarios:

- A) un valor medio del número de reclutas de la edad 1 igual al promedio resultante del ADAPT, sin considerar la estimación correspondiente a los dos últimos años (2000 y 2001), y con un rango de variación que también correspondió a los valores surgidos del análisis;
- B) un reclutamiento promedio futuro de mayor magnitud, calculado sólo a partir de los valores observados hacia fines del período (1993 a 1999), con su correspondiente rango de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de la abundancia y de la mortalidad por pesca por edad

Los ajustes de los índices de abundancia, tanto el correspondiente a la densidad media poblacional como aquellos derivados de los números relativos de individuos de los grupos de edades 3 a 5, se muestran en la Figura 2. Los valores de sigma (σ^2) y de la función objeto de minimización ($-\ln L$) se observan en la Tabla 6, y los correspondientes a los coeficientes de proporcionalidad (q^i) en la Tabla 7.

Las estimaciones de biomasa total (Figura 3) y de la biomasa de reproductores (Figura 4) continúan la tendencia general ascendente desde 1995 puesta de manifiesto en evaluaciones anteriores (Wöhler *et al.*, 1999 a; Wöhler *et al.*, 1999 c; Wöhler *et al.*, 2000; Wöhler *et al.*, 2001), como resultado de una serie de reclutamientos favorables (Figura 5), particularmente de las clases anuales de 1993 (edad 1+ en 1995) y 1995 (1+ en 1997). También las clases anuales de 1996 (edad 1+ en 1998) y 1998 (edad 1+ en 2000) parecen haber aportado un número de reclutas muy superior al promedio histórico. No obstante, debido al modelo empleado (análisis de cohortes), la magnitud de la clase anual de 1998 aún debe ser confirmada.

La biomasa total en 2001 se estimó cercana a las 2.500.000 t (Figura 3 y Tabla 8). La biomasa de reproductores (Figura 4 y Tabla 8) siguió la tendencia de la biomasa total aunque con un crecimiento menor, debido al aumento de la edad de primera maduración sexual en los últimos años (Tabla 4). El valor correspondiente a la fracción reproductiva de la población en 2001 fue de aproximadamente 1.280.000 t.

El número total de individuos por grupo de edad se muestra en la Tabla 9. La cantidad de reclutas a la edad de 1 año no manifestó una clara relación respecto del tamaño del efectivo reproductor (Figura 6). Por el contrario, resultó muy variable, aunque los mayores niveles de incorporación de nuevos individuos a la población se habrían alcanzado cuando la fracción reproductiva se encontraba cercana a los menores valores estimados.

La tasa instantánea de mortalidad por pesca estimada para el promedio de las edades 5 a 12+ (Figura 7) mostró un máximo asociado a la elevada captura registrada en 1988. El valor estimado de F (Tabla 10) en el último año, como promedio para las edades totalmente reclutadas (5 a 12+), fue de 0,072, equivalente a una tasa de explotación $F/Z = 0,19$.

Los límites de confianza de los estimados de biomasa total, de la fracción de reproductores y de los reclutas a la edad de un año se muestran en la Tabla 11, que indica también los desvíos estándar y los coeficientes de variación porcentual (C.V.) de cada una de las estimaciones. Los C.V. correspondientes a los valores anuales de la biomasa total estuvieron comprendidos entre 6,7% y 10,2%, mien-

tras que para la biomasa de reproductores fluctuaron entre 7,1% y 12,1%. Los estimados de C.V. del número de reclutas a la edad 1 resultaron comprendidos entre 0,6% y 27,9%.

Proyección de la biomasa y estimación de las Capturas Biológicamente Aceptables

El patrón de explotación resultante del ADAPT (Tabla 12) fue empleado posteriormente en las proyecciones de abundancia y capturas ante los dos diferentes supuestos acerca de futuros reclutamientos. Los valores medios, máximos y mínimos de dichos reclutamientos se muestran en la Tabla 13. Considerando la incorporación de nuevos individuos a la pesquería, el patrón de selección actuante en la misma, y la proporción de individuos maduros por edad, se estimaron las mortalidades por pesca de referencia, F_{safe} (Tabla 14). Tales valores de F corresponden a una probabilidad del 10% de que la biomasa de reproductores (BR) disminuya en el largo plazo (cuando ocurra la total renovación de las clases anuales presentes actualmente en la población) por debajo de un nivel límite de 628.000 t, equivalente a la menor BR estimada (BR_{1996} , Figura 6).

Las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) correspondientes a 2002 en función de los distintos escenarios de reclutamientos futuros (Tabla 14) variaron entre 160.000 t y 306.000 t (Figura 8).

CONSIDERACIONES FINALES

El análisis realizado indica que a pesar del notorio incremento de las capturas producido desde 1998 (Tabla 1), la merluza de cola puede considerarse un recurso explotado por debajo de su potencial. El esfuerzo pesquero ejercido sobre la especie podría aumentarse en forma significativa, sin riesgo biológico para el efectivo. El nivel de extracción permitido debería responder a la mortalidad por pesca objetivo, esto es F_{safe} , sugerencia ya realizada a partir de análisis previos (Wöhler *et al.*, 1999 a; Wöhler *et al.*, 1999 c; Wöhler *et al.*, 2001). Dicha recomendación considera los principios precautorios generales de un manejo pesquero responsable (FAO, 1995 b). Cuando no se conoce la respuesta del efectivo a niveles continuados de F mayores a los históricamente ejercidos, es necesaria una gran prudencia al fijar el valor de referencia.

Considerando el promedio de los reclutamientos históricos observados en el período 1985-1999 (Escenario A), aquel nivel de mortalidad por pesca permitiría mantener en promedio en el largo plazo, una biomasa total cercana a los 1.700.000 t, y una biomasa de reproductores de aproximadamente 868.000 t, si las capturas a partir de 2002 se mantuvieran en los niveles de CBA (Tabla 14). En caso que ocurrieran las condiciones más favorables previstas en el Escenario B (reclutamientos en el nivel medio observado durante el período 1993 a 1999), una mortalidad equivalente a la respectiva F_{safe} conservaría, en el largo plazo, una biomasa total de aproximadamente 1.900.000 t, y una biomasa de reproductores cercana a las 797.000 t (Tabla 14).

En resumen, y como ha sido referido con anterioridad (Wöhler *et al.*, 2000, Wöhler *et al.*, 2001), el efectivo muestra niveles de abundancia muy elevados respecto de los históricos. Sin embargo, no es seguro que este nivel poblacional se mantenga en el tiempo o retorne los valores del pasado. Por lo tanto, las extracciones totales no deben dimensionarse en función del máximo potencial estimado, como suele ocurrir en períodos de gran abundancia de los *stocks*, sobre todo porque tampoco se conoce el efecto de una explotación intensiva, al nivel de las CBA. Por otra parte, Wöhler (2000) ha señalado que la incertidumbre asociada a los puntos de referencia es elevada en esta pesquería, entre otras cosas por el bajo nivel de las capturas, que influye en la confiabilidad de la estimación del patrón de explotación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Lic. Guillermo Cañete (INIDEP) y demás personal del programa de Observadores a Bordo de la Flota Comercial Argentina, quienes han colaborado en la obtención de parte de la información básica necesaria para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLISIO, N. & LÓPEZ, R. 1973. Prospección pesquera del Mar Argentino. I. Merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lönnberg. Monografías. Rec. Pesq., Buenos Aires, Serv. Nac. Pesca, Min. Agr. Gan., 1, 48 pp.
- CHESHEVA, Z.A. & SHLIBANOV, V.I. 1991. Magellan hake of the Falkland - Patagonian Area: distribution, stock and fishery. En: State of fishing industry's biological resources in the central and south Atlantic and east Pacific Oceans. Publ. AtlantNIRO, Kaliningrado: 85-92.
- CORDO, H.D. 1987. INIDEP, Informe de la campaña de Evaluación de Peces Australes (OB-01/87). Proyecto Peces Australes. Biblioteca INIDEP, Mar del Plata, Argentina.
- EFRON, B. 1981. Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68 (3): 589-599.
- FAO, 1995 a. Fishstat-PC. Fishery Information, Data and Statistics Unit. FAO, Roma.
- FAO, 1995 b. Precautionary approach to fisheries. Part 1: guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fish. Tech. Pap., 350 (1), 52 pp.
- GAVARIS, S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size. *Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm.*, (CAFSAC) Res. Doc., 88/29, 12 pp.
- GIUSSI, A.R, HANSEN, J.E & WÖHLER, O.C. 2002 a. Estimated total abundance and numbers-at-age of longtail hake (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic during the years 1987-2000. *Scient. Mar.*, 66 (3): 283-291.
- GIUSSI, A.R, HERNÁNDEZ D. & ABACHIAN, V.E. 1999. Differences in growth of Long Tailed hake (*Macruronus magellanicus*) from two areas of South-western Atlantic Ocean. En: Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final del Proyecto INIDEP-JICA sobre Evaluación y Monitoreo de Recursos Pesqueros 1994-1999, Mar del Plata 6-9 septiembre, 1999. Publicaciones Especiales INIDEP, Mar del Plata: 131-134.
- GIUSSI, A.R, MARÍ, N.R. & SÁNCHEZ, F. 2002 b. Estimación de la biomasa y composición por longitudes de la merluza de cola a partir de campañas estivales. Período 1992 a 2002. *Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP* N° 18/02, 12 pp.

- HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. 2002. Aspectos generales de la pesquería argentina de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) durante el período 1995-2001 y estimación de índices de abundancia derivados de la flota comercial argentina. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N°12/02, 12 pp.
- HOENIG, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. U.S., 81 (4): 898-903.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., RENZI, M.A. & VERAZAY, G.A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata), N° 423, 248 pp.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., PERROTTA, R.G., PEREZ COMAS, J.A., SIMONAZZI, M.A. & RENZI, M.A. 1981. Los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Parte III: Distribución, estructura de la población, biomasa y rendimiento potencial de la polaca, el bacalao austral, la merluza de cola y del calamar. En: ANGELESCU, V. (Ed.). Campañas de investigación pesquera realizadas en el Mar Argentino por los B/I “Shinkai Maru” y “Walther Herwig” y el B/P “Marburg” años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. Contrib. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata), N° 383: 28-41.
- POLACHEK, T., HILBORN, R. & PUNT, A.E. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2597-2607.
- POPE, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF, 9: 65-74.
- PRENSKI, L.B., EHRHARDT, N.M. & LEGAULT, C. 1997. Evaluación del estado de explotación de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la plataforma sudpatagónica Argentina. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 11: 5-17.
- PUNT, A.E. 1994. Assessments of the stocks of cape hakes *Merluccius* spp. Off South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., 14: 159-186.
- PUNT, A.E., BUTTERWORTH, D.S. & PENNEY, A.J. 1995. Stock Assessment and risk analysis for the South Atlantic population of Albacore *Thunnus alalunga* using an age-structured production model. S. Afr. J. Mar. Sci., 16: 287-310.
- SAGyP. 1995 a. Guía pesquera argentina. Secr. Agr. Gan. Pesc., Argentina, 345 pp.
- SAGyP. 1995 b. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1994. Secr. Agr. Gan. Pesc., Argentina, 23 pp.
- SAGPyA. 1996. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1995. Secr. Agr. Gan. Pesc. Alim., Argentina, 22 pp.
- SAGPyA. 1997. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1996. Secr. Agr. Gan. Pesc.

Alim., Argentina, 22 pp.

SÁNCHEZ, M.F. 2001. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina durante 2000 a partir de la información derivada del Programa Observadores. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 111/01, 10 pp.

SÁNCHEZ, M.F. & WÖHLER, O.C. 2001. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina durante 1998 y 1999 a partir de la información derivada del Programa Observadores. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 24/01, 6 pp.

WÖHLER, O.C. 2000. Rendimiento potencial e incertidumbre en la estimación de puntos biológicos de referencia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Frente Marít., 18 (A): 135-141.

WÖHLER, O.C., GIUSSI, A.R. & HANSEN, J.E. 1999 a. Análisis secuencial de la población de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1996. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 12: 27-43.

WÖHLER, O.C., CORDO, H.D., GIUSSI, A.R. & HANSEN, J.E. 2000. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1998. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 08/00, 27 pp.

WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., CORDO, H.D. & GIUSSI, A.R. 1999 c. Evaluación del estado de explotación y recomendaciones de manejo de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1997 Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 6/99, 16 pp.

WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., GIUSSI, A.R. & CORDO, H.D. 2001. Tendencia de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental durante el periodo 1985-2000 y recomendaciones de la captura biológicamente aceptable correspondiente al año 2001. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 15/01, 11 pp.

WÖHLER, O.C., GIUSSI, A.R., GARCIA DE LA ROSA, S.B., SANCHEZ, F., HANSEN, J.E., CORDO, H.D., ALVAREZ COLOMBO, G.L., INCORVAIA, S., RETA, R. & ABACHIAN, V. 1999 b. Resultados de la campaña de evaluación de peces demersales australes efectuada en el verano de 1997. INIDEP Inf. Téc., 24, 60 pp.

Recibido: octubre de 2002

Aceptado: agosto de 2004

ANEXO I

Estimación de la abundancia poblacional

El número de ejemplares por edad en la población fue estimado como:

$$N_{t,y} = N_{t+1,y+1} e^{(M)} + C_{t,y} e^{(M/2)}$$

siendo $N_{t,y}$ el número de individuos de edad t al comienzo del año y ; $C_{t,y}$ la captura en número correspondiente a esa edad y año (Tabla 2), y M la mortalidad natural.

La tasa anual de mortalidad por pesca (F) se calculó de acuerdo con:

$$F_{t,y} = \ln(N_{t,y} / N_{t+1,y+1}) - M$$

El número de individuos al inicio del último año se calculó mediante la ecuación:

$$N_{t,2001} = C_{t,2001} Z_{t,2001} / (F_{t,2001} (1 - e^{(-Z_{t,2001})})) \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, 11,$$

donde $Z_{t,2001} = M + F_{t,2001}$.

El número de ejemplares de edad 12+ (edad 12 y mayores) al comienzo del año y se calculó como:

$$N_{12+,y} = C_{12+,y} Z_{12+,y} / F_{12+,y} \quad \text{para } y = 1985, 1986, \dots, 2001.$$

La biomasa total al comienzo del año (B_y), al 1° de marzo (B_y^1) y la de reproductores en la época de reproducción, asumida al 1° de septiembre (BR_y), se estimaron de la siguiente forma:

$$B_y = \sum_{t=1}^{12} (W_{t,y} N_{t,y})$$

$$B_y^1 = \sum_{t=1}^{12} (W_{t,y}^1 N_{t,y} \exp(-Z_{t,y} * 2/12))$$

$$BR_y = \sum_{t=1}^{12} (W_{t,y}^R N_{t,y} P_{t,y} \exp(-Z_{t,y} * 8/12))$$

donde $W_{t,y}$, $W_{t,y}^1$ (Tabla 3) y $W_{t,y}^R$ expresan respectivamente los pesos medios de la edad t al comienzo del año, al 1° de marzo y en la época de reproducción, y $P_{t,y}$ indica la proporción de ejemplares sexualmente maduros por grupo de edad y año (Tabla 4).

Los promedios de peso por edad a inicios de cada año se calcularon a partir de los datos de la Tabla 3, según se detalla a continuación:

$$W_{t,y} = W^1_{t,y} - \frac{(W^1_{t,y} - W^1_{t-1,y})}{6} \quad \text{para } t = 2, 3, \dots, 11$$

$$W_{t,y} = W_{t+1,y} \cdot \frac{W^1_{t,y}}{W^1_{t+1,y}} \quad \text{para } t = 1$$

$$W_{t,y} = W_{t-1,y} \cdot \frac{W^1_{t,y}}{W^1_{t-1,y}} \quad \text{para } t = 12+$$

Análogamente se estimaron los promedios de peso por edad en el momento de la reproducción:

$$W^R_{t,y} = W^1_{t,y} - \frac{(W^1_{t,y} - W^1_{t-1,y})}{2} \quad \text{para } t = 2, 3, \dots, 11$$

$$W^R_{t,y} = W^R_{t+1,y} \cdot \frac{W^1_{t,y}}{W^1_{t+1,y}} \quad \text{para } t = 1$$

$$W^R_{t,y} = W^R_{t-1,y} \cdot \frac{W^1_{t,y}}{W^1_{t-1,y}} \quad \text{para } t = 12+$$

El ajuste de los índices

El modelo se calibró con seis índices de abundancia (Tabla 5) derivados de campañas de investigación destinadas a la evaluación directa del efectivo, uno de los cuales fue la densidad media estimada anualmente. Otros dos correspondieron a la abundancia relativa de las edades 3 y 4 respecto a la observada en 1992. Los tres índices restantes surgieron de la proporción de las edades 3 a 5 en la abundancia total anual en número estimada en los cruceros, sin considerar las edades 1 y 2. En todos los casos se asumió una relación lineal entre el valor del índice y el estimado del modelo, de la forma:

$$I^i_y = \hat{I}^i_y e^{\varepsilon^i_y} \quad \text{donde } \varepsilon^i_y \sim N(0; (\sigma^i)^2)$$

Cuando I^i_y se refiere a la densidad media ($t \text{ mn}^{-2}$) estimada mediante la campaña en el año y ; $\hat{I}^i_y$ resulta proporcional a la biomasa estimada por el modelo para el año y , a la fecha de la campaña (1° de marzo), siendo calculado como:

$$\hat{I}^i_y = q^i B^1_y$$

Cuando I^i_y se refiere a la abundancia relativa por grupo de edad estimada en campañas de investigación, $\hat{I}^i_y$ resulta proporcional al número relativo de ejemplares de las edades 3 y 4 a la fecha de realización de los cruceros, calculadas por el ADAPT como:

$$\hat{I}^i_y = q^i N_{t,y} e^{(-Z_{t,y} * 2/12)}$$

Cuando I_y^i indica la proporción de las edades 3 a 5 en la abundancia total anual en número estimada en campañas de investigación (excluidas las edades 1 y 2), $\hat{I}_y^i$ es proporcional a los números relativos de individuos de dichas edades, que son calculados por el modelo de acuerdo con:

$$\hat{P}_y^i = \frac{N_{t,y} e^{(-Z_{t,y} * 2/12)}}{\sum_{t=3}^{12} N_{t,y} e^{(-Z_{t,y} * 2/12)}}$$

En los dos primeros casos, q^i es el coeficiente de proporcionalidad propio de cada índice, resuelto analíticamente según Polachek *et al.* (1993):

$$q^i = \exp \left(\frac{1}{n^i} \sum_{y=1}^n \ln(\hat{I}_y^i / I_y^i) \right)$$

donde n^i es el número de años con valores disponibles del índice de abundancia i .

La calibración se realizó en forma simultánea con los seis índices, variando $F_{3,2001}$, $F_{4,2001}, \dots, F_{12+,2001}$; $F_{12+,1985}$, $F_{12+,1986}, \dots, F_{12+,2000}$, con dos restricciones. En primer término, que ningún parámetro asumiera valores negativos. En segundo lugar, que ningún índice contribuyera con más del 30% al valor final de la minimización. La mortalidad por pesca de las dos primeras edades del último año, esto es $F_{1,2001}$ y $F_{2,2001}$ se calcularon como el promedio de las mortalidades por pesca correspondientes a esas edades en los cuatro años previos.

El ajuste fue realizado minimizando el valor, con signo negativo, del logaritmo de la función de máxima verosimilitud (L) de acuerdo con las expresiones:

$$-\ln L = \sum_i \left(\frac{1}{2(\hat{\sigma}^i)^2} \sum \left(\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i) \right)^2 + n^i \ln \hat{\sigma}^i \right) \text{ para } i=1 \text{ hasta } 3,$$

$$-\ln L = 0,5 \sum_i \ln \left(P_y^i (1 - P_y^i) + 0,1 \right) + \sum_i \ln \left[\exp \left(\frac{-(\hat{P}_y^i - P_y^i)^2}{2(P_y^i (1 - P_y^i) + 0,1)} \right) + 0,01 \right] \text{ para } i=4 \text{ hasta } 6.$$

Donde $\hat{\sigma}^i$ es la desviación estándar residual de la serie de abundancia i , definida por las funciones:

$$\hat{\sigma}^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2} \quad \text{para } i=1 \text{ hasta } 3,$$

$$\hat{\sigma}^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\hat{P}_y^i - P_y^i)^2} \quad \text{para } i=4 \text{ hasta } 6.$$

Cálculo de la varianza y los intervalos de confianza

Las varianzas e intervalos de confianza de algunos de los parámetros estimados mediante el análisis de cohortes, esto es, de los valores anuales de Biomasa total, de Biomasa de Reproductores y del Número de ejemplares del grupo de edad 1 fueron calculados mediante el proceso de *bootstrap* paramétrico. La técnica (Punt, 1994; Punt *et al.*, 1995) consiste en calcular un conjunto de valores del parámetro de interés Q , mediante la generación de un número grande de muestras al azar (en este caso, 450) a partir del *bootstrap* ($U_{máx}$, donde $U=1, \dots, U_{máx}$). Así, empleando las mismas fórmulas de cálculo expuestas a comienzos del presente Anexo, y todos los índices de ajuste descritos precedentemente, se estimó el correspondiente conjunto

$$(\hat{Q}_1, \hat{Q}_2, \dots, \hat{Q}_{U_{máx}}).$$

Cada una de las muestras originadas por el *bootstrap* establece nuevas series de abundancia. Estas son generadas a partir de los valores obtenidos del mejor ajuste del modelo a los datos, adicionando a cada índice de calibración un término de error que no considera la posible covarianza, de acuerdo con la ecuación:

$$\tilde{I}_y^{i,U} = \hat{I}_y^i e^{\varepsilon_y^{i,U}} \quad \text{donde} \quad \varepsilon_y^{i,U} \sim N(0; (\hat{\sigma}^i)^2)$$

siendo $\tilde{I}_y^{i,U}$ el nuevo índice de abundancia i estimado para el año y por la serie de *bootstrap* U , $\hat{I}_y^i$ es la estimación de la misma serie de abundancia obtenida por el mejor ajuste del modelo a los datos observados, y $\hat{\sigma}^i$ representa el desvío estándar residual para la serie de abundancia i previamente definido.

La varianza de $\hat{Q}$ se estimó como:

$$Var(\hat{Q}) = 1/(U_{máx} - 1) \sum_{U=1}^{U_{máx}} (\hat{Q}^U - \bar{\hat{Q}}^U)^2$$

donde $\bar{\hat{Q}}$ es la media aritmética de los $\hat{Q}^U$.

Los intervalos de confianza fueron estimados por el método de los percentiles (Efron, 1981). Para ello se ordenaron las estimaciones ($\hat{Q}^U$) producto del proceso de *bootstrap*, y fueron seleccionados los percentiles del 5% y del 95% para estimar el intervalo de confianza al 90%.

ANEXO II

Proyecciones

El número de individuos por edad en la población al comienzo del año se estimó como:

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(F S_t + M)}$$

donde $N_{t-1,y-1}$ es el número de peces de la edad anterior, al comienzo del año previo, y S_t representa la selectividad para cada clase de edad t , siendo M y F las tasas anuales instantáneas de mortalidad natural y por pesca, esta última calculada como promedio para las edades totalmente reclutadas.

Para cada año se calcularon la biomasa total, su correspondiente fracción explotable y de reproduc-

tores, y las capturas, proyectadas bajo las distintas estrategias de explotación, de la forma siguiente:

Biomasa total (al comienzo del año y):

$$B_y = \sum_y (W_{t,y} N_{t,y})$$

Biomasa de reproductores (en el momento de la reproducción):

$$BR_y = \sum_y (W_{t,y}^R N_{t,y} P_t e^{-((F S_t + M)D)})$$

Siendo S_t el factor de selección específico de la edad (Tabla 12), P_t la proporción de individuos maduros por clase de edad (considerando los datos correspondientes al año 2001 de la Tabla 4), y D la proporción de la mortalidad natural y por pesca pre-reproductiva, en este caso igual a 8/12.

Captura:

$$C_y = \sum_y \left[W_{t,2001}^j S_t N_{t,y} e^{-(F S_t + M)} \left(\frac{F S_t}{F S_t + M} \right) \right]$$

siendo $W_{t,2001}^j$ el peso medio por edad a mediados del último año, calculado también a partir del correspondiente al 1° de marzo, $W_{t,2001}^1$ (Tabla 3):

$$W_{t,2001}^j = W_{t,2001}^1 - \frac{(W_{t,2001}^1 - W_{t-1,2001}^1)}{3} \quad \text{para } t = 2, 3, \dots, 11$$

$$W_{t,2001}^j = W_{t+1,2001}^j \cdot \frac{W_{t,2001}^1}{W_{t+1,2001}^1} \quad \text{para } t = 1$$

$$W_{t,2001}^j = W_{t-1,2001}^j \cdot \frac{W_{t,2001}^1}{W_{t-1,2001}^1} \quad \text{para } t = 12+$$

En cada simulación, la magnitud de los reclutamientos fue establecida aleatoriamente bajo el supuesto de una distribución log-normal, asumiendo un valor medio y un rango máximo de variación que surgió del resultado del análisis de cohortes. El valor medio de dicha distribución se estimó como:

$$\mu_{\ln R} = \ln \bar{R} - (\sigma_{\ln R}^2 / 2)$$

donde $\bar{R}$ representa el valor promedio surgido del ADAPT, y

$$\sigma_{\ln R} = (\ln R_{\max} - \ln R_{\min}) / 2 * 1,96$$

donde $R_{\max}$ y $R_{\min}$ son los valores extremos máximo y mínimo resultantes del modelo secuencial aplicado.

Tabla 1. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Captura total anual (t) obtenida en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2001.

Table 1. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Annual catches (in tonnes) of Patagonian Hoki in the Southwest Atlantic. Years 1985-2001.

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Captura	21.663	40.895	85.605	145.340	62.215	29.852	21.966	30.716	56.248	28.562	45.584	65.712	63.205	139.395	160.487	168.031	150.388

Tabla 2. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Captura en número (miles de ejemplares) por edad. Período 1985-2001.

Table 2. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Catch in numbers-at-age (thousands of fish). Years 1985-2001.

Edad	Año																
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	2	466	11.847	1.729	195	21	145	3.368	2.800	42	16.671	60	487	7.382	1.657	70.392	5.105
2	363	1.539	25.541	20.832	2.955	547	1.629	7.033	12.122	13.034	5.356	26.720	543	87.435	36.494	53.075	58.650
3	762	2.639	5.681	22.007	4.847	1.161	2.008	4.486	13.049	15.452	13.434	8.405	27.459	19.939	122.888	76.838	34.815
4	2.580	7.852	34.376	9.180	13.050	4.903	5.009	5.780	16.389	5.837	12.317	17.931	8.519	81.572	14.574	70.777	56.145
5	2.895	7.036	13.646	30.668	11.773	5.877	5.077	5.526	9.394	2.303	6.832	12.910	16.049	12.956	57.789	16.665	26.311
6	3.284	6.172	14.229	23.661	10.904	5.969	4.210	5.124	6.145	1.076	2.990	6.143	8.758	11.473	10.243	24.516	18.926
7	3.048	5.087	6.054	16.177	8.136	4.627	2.778	3.700	5.011	1.153	3.558	3.022	3.140	3.705	5.201	4.973	8.096
8	2.658	3.881	4.831	12.063	5.498	3.304	1.711	2.531	3.714	1.187	3.194	3.219	1.938	2.232	2.058	2.249	2.481
9	1.312	1.977	1.965	6.651	2.353	1.411	734	1.127	1.780	496	1.411	2.804	1.668	1.302	1.810	956	1.298
10	653	961	712	3.374	814	544	247	399	583	293	590	1.264	1.352	653	1.230	890	773
11	251	391	425	2.103	157	140	36	104	164	256	273	467	641	247	370	227	383
12+	146	223	177	91	71	73	17	51	84	90	68	171	164	133	217	160	295

Table 3. Stock assessment of *Patagonian hoki* (*Macruronus magellanicus*). Mean weight at age (kg) at time of research cruises (March 1st). Years 1985-2001.

Edad	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1260	0,1460	0,1460	0,1460	0,1833	0,1265	0,1530	0,1534	0,1534	0,177	0,142	0,142	0,194
2	0,2520	0,2520	0,2520	0,2520	0,2520	0,3260	0,3260	0,3260	0,3285	0,3047	0,3450	0,3327	0,3327	0,339	0,297	0,297	0,346
3	0,5810	0,5810	0,5810	0,5810	0,5810	0,5330	0,5330	0,5330	0,5282	0,6255	0,5670	0,5489	0,5489	0,529	0,487	0,487	0,542
4	0,6650	0,6650	0,6650	0,6650	0,6650	0,7440	0,7440	0,7440	0,7762	0,8967	0,7900	0,7784	0,7784	0,735	0,694	0,694	0,764
5	0,9470	0,9470	0,9470	0,9470	0,9470	0,9340	0,9340	0,9340	1,0234	1,0881	1,0040	1,0045	1,0045	0,944	0,903	0,903	0,947
6	1,1530	1,1530	1,1530	1,1530	1,1530	1,1020	1,1020	1,1020	1,1454	1,3799	1,1950	1,2166	1,2166	1,149	1,105	1,105	1,195
7	1,4180	1,4180	1,4180	1,4180	1,4180	1,2210	1,2210	1,2210	1,2109	1,4440	1,3520	1,4090	1,4090	1,342	1,294	1,294	1,333
8	1,5400	1,5400	1,5400	1,5400	1,5400	1,3560	1,3560	1,3560	1,4312	1,5519	1,4880	1,5792	1,5792	1,523	1,466	1,466	1,687
9	1,7240	1,7240	1,7240	1,7240	1,7240	1,4450	1,4450	1,4450	1,4968	1,7781	1,5840	1,7272	1,7272	1,687	1,619	1,619	1,653
10	2,0540	2,0540	2,0540	2,0540	2,0540	1,5400	1,5400	1,5400	1,5963	2,0072	1,6880	1,8543	1,8543	1,836	1,754	1,754	1,688
11	2,1610	2,1610	2,1610	2,1610	2,1610	1,5040	1,5040	1,5040	2,2490	1,9760	1,8090	1,9623	1,9623	1,969	1,872	1,872	1,875
12+	2,2250	2,2250	2,2250	2,2250	2,2250	1,6440	1,6440	1,6440	1,6525	2,4281	1,7300	2,0611	2,0611	2,088	1,973	1,973	2,285

Table 4. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Percentage of sexually mature fish at age. Years 1985–2001.

[illegible]

Tabla 5. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Índice de abundancia obtenido a partir de las campañas de investigación y empleado para el ajuste del análisis. Período 1987-2001.

Table 5. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Abundance index estimated from research cruises, and used for the tuning process, Years 1987-2001.

Índice	Año									
	1987	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001
Densidad media (t mm ⁻²)	15,06	14,89	14,40	8,86	14,07	19,99	24,52	24,17	24,31	24,08
N edad 3 / N 1992	0,32	1,00	1,37	0,84	2,68	7,36	0,99	11,16	5,24	3,44
N edad 4 / N 1992	4,13	1,00	0,88	0,91	1,66	2,00	10,35	1,62	9,23	7,88
N edad 3 / N edades 3-12	0,05	0,16	0,26	0,21	0,45	0,57	0,10	0,61	0,36	0,31
N edad 4 / N edades 3-12	0,33	0,09	0,09	0,13	0,15	0,09	0,59	0,05	0,36	0,39
N edad 5 / N edades 3-12	0,15	0,16	0,10	0,09	0,09	0,13	0,10	0,23	0,09	0,16

Tabla 6. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Estimación de los desvíos estándares residuales de los índices de abundancia (σ) y de la función de máxima verosimilitud (L) correspondientes al proceso de ajuste del modelo a los valores observados.

Table 6. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Residual standard deviations of abundance indices (σ) and of values of maximum likelihood (L) derived from the tuning process.

Índice	σ	$-\ln L$
1	0,143	-14,447
2	0,356	-5,329
3	0,135	-14,990
4	0,061	-6,695
5	0,037	-7,338
6	0,039	-7,954
Total		-56,753

Tabla 7. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Estimación del factor de proporcionalidad (q^i).
 Table 7. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Estimated values of the proportionality coefficient (q^i).

Parámetro	Valor estimado
q^1	1,06E-05
q^2	6,07E-06
q^3	1,14E-05

Tabla 8. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Biomasa total (a principios de año) y biomasa de reproductores (en la época de reproducción) obtenidas mediante el ADAPT. Período 1985-2001.

Table 8. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Stock biomass (at the beginning of the year) and spawning stock biomass at spawning time as estimated by ADAPT. Years 1985-2001.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Biomasa (t)																	
Total	1.112.802	1.281.465	1.365.982	1.400.475	1.325.425	1.260.059	1.182.558	1.103.487	1.143.186	1.147.740	1.381.278	1539310	1.883.984	2.162.892	2.073.875	2.266.454	2.500.371
De reprod.	726.254	794.062	801.877	680.491	831.442	915.521	908.652	814.417	712.415	725.919	628.172	691521	809.086	853.048	871.488	1.036.395	1.283.876

Tabla 9. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Estimación del número de ejemplares (miles) por edad al comienzo del año. Período 1985-2001.

Table 9. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Estimated numbers-at-age (thousands) at the beginning of the year (1985-2001).

Edad	Año																
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	201.594	1.596.104	1.302.473	576.544	263.460	195.599	316.867	380.689	862.201	502.183	2.547.375	463.149	2.380.857	1.815.586	1.104.246	2.258.253	544.900
2	675.992	149.343	1.182.022	954.699	425.626	195.008	144.885	234.616	279.123	636.324	371.990	1.872.941	343.058	1.763.363	1.338.666	816.620	1.612.368
3	326.587	500.474	109.311	853.680	689.328	312.768	143.995	105.931	167.754	196.345	460.182	270.967	1.364.510	253.676	1.231.076	960.297	559.284
4	401.740	241.286	368.489	76.090	613.480	506.495	230.705	104.946	74.615	113.044	132.157	329.348	193.503	987.220	170.766	806.233	645.271
5	196.905	295.396	171.990	243.396	48.468	443.245	371.001	166.599	72.771	41.170	78.721	87.303	228.554	136.018	661.141	113.963	536.354
6	46.825	143.379	212.778	115.669	153.916	25.773	323.306	270.474	118.663	45.825	28.517	52.438	53.564	155.504	89.613	440.046	70.082
7	41.892	31.862	100.906	145.383	65.325	104.639	13.955	235.887	195.962	82.619	33.022	18.553	33.559	32.143	105.325	57.571	304.893
8	22.022	28.411	19.226	69.542	93.779	41.391	73.536	7.947	171.565	140.860	60.213	21.401	11.143	22.159	20.623	73.550	38.370
9	11830	14.027	17.707	10.085	41.135	64.741	27.819	53.004	3.709	123.902	103.330	41.858	13.084	6.587	14.494	13.507	52.552
10	98.602	7.634	8.690	11.427	1.747	28.449	46.747	19.977	38.296	1.216	91.362	75.334	28.596	8.257	3.759	9.180	9.183
11	5.108	72.484	4.829	5.824	5.561	593	20.607	34.418	14.456	27.868	649	67.175	54.721	20.020	5.555	1.726	6.035
12+	2.336	3.568	53.361	3.211	2.505	3.985	319	15235	25.408	10.569	20.425	245	49.363	39.987	14.619	3.796	1.083
Total	2.031.433	3.083.970	3.551.783	3.065.550	2.404.330	1.922.685	1.713.741	1.629.725	2.024.523	1.921.923	3.928.144	3.300.712	4.754.511	5.240.520	4.759.883	5.554.742	4.380.374

Tabla 10: Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Estimación de la mortalidad por pesca anual por edad. Período 1985-2001.

Table 10. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Annual fishing mortality rates at age. Years 1985-2001.

Edad	Año																
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	0,0000	0,0003	0,0106	0,0035	0,0009	0,0001	0,0005	0,0103	0,0038	0,0001	0,0076	0,0001	0,0002	0,0047	0,0017	0,0369	0,0109
2	0,0006	0,0120	0,0254	0,0257	0,0081	0,0033	0,0131	0,0355	0,0518	0,0241	0,0169	0,0167	0,0018	0,0593	0,0322	0,0785	0,0430
3	0,0027	0,0061	0,0623	0,0304	0,0082	0,0043	0,0163	0,0505	0,0947	0,0959	0,0345	0,0367	0,0237	0,0958	0,1233	0,0976	0,0746
4	0,0075	0,0385	0,1147	0,1510	0,0250	0,0113	0,0255	0,0661	0,2946	0,0619	0,1146	0,0653	0,0525	0,1009	0,1044	0,1076	0,1059
5	0,0172	0,0281	0,0967	0,1583	0,3316	0,0155	0,0160	0,0393	0,1625	0,0672	0,1063	0,1885	0,0851	0,1173	0,1071	0,1862	0,0584
6	0,0850	0,0513	0,0809	0,2714	0,0859	0,3135	0,0152	0,0223	0,0621	0,0277	0,1299	0,1463	0,2107	0,0896	0,1425	0,0669	0,3707
7	0,0883	0,2052	0,0723	0,1384	0,1563	0,0527	0,2630	0,0184	0,0302	0,0163	0,1337	0,2098	0,1151	0,1438	0,0591	0,1058	0,0312
8	0,1511	0,1728	0,3452	0,2251	0,0705	0,0973	0,0274	0,4620	0,0255	0,0098	0,0636	0,1921	0,2257	0,1245	0,1232	0,0362	0,0776
9	0,1379	0,1788	0,1380	1,4534	0,0688	0,0256	0,0311	0,0250	0,8154	0,0047	0,0160	0,0810	0,1603	0,2609	0,1567	0,0858	0,0290
10	0,0077	0,1581	0,1000	0,4202	0,7797	0,0225	0,0062	0,0235	0,0179	0,3278	0,0075	0,0197	0,0565	0,0964	0,4785	0,1195	0,1023
11	0,0588	0,0063	0,1079	0,5438	0,0334	0,3204	0,0020	0,0035	0,0132	0,0107	0,6721	0,0081	0,0137	0,0144	0,0806	0,1659	0,0762
12+	0,0200	0,0200	0,0010	0,0087	0,0088	0,0056	0,0169	0,0010	0,0010	0,0026	0,0010	0,6933	0,0010	0,0010	0,0045	0,0132	0,1122

Tabla 11. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Estimaciones del desvío estándar, coeficiente de variación (CV) y límites de confianza (calculados como los percentiles del 5% y 95% de las observaciones) correspondientes a la biomasa total, biomasa de reproductores y reclutas de edad 1. Período 1985-2001.

Table 11. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Parametric bootstrap estimates of standard deviation, coefficient of variation (CV), and confidence limits (estimated as 5% y 95% percentiles) corresponding to total biomass, spawning stock biomass and recruits (age 1). Years 1985-2001.

Año	Biomasa total				
	Media	Desvío estándar	C.V. (%)	Límites de confianza	
				Percentil 5%	Percentil 95%
1985	1.112.802	75.733	6,81	958.786	1.169.217
1986	1.281.465	85.243	6,65	1.087.091	1.354.600
1987	1.365.982	98.950	7,24	1.144.874	1.454.397
1988	1.400.475	106.736	7,62	1.163.305	1.499.157
1989	1.325.425	114.731	8,66	1.075.935	1.430.590
1990	1.260.059	112.395	8,92	1.015.783	1.364.389
1991	1.182.558	103.422	8,75	968.113	1.282.466
1992	1.103.487	90.633	8,21	918.248	1.198.246
1993	1.143.186	85.293	7,46	983.212	1.267.880
1994	1.147.740	85.674	7,46	991.551	1.290.169
1995	1.381.278	110.417	7,99	1.199.451	1.567.640
1996	1.539.310	134.894	8,76	1.338.912	1.770.224
1997	1.883.984	164.300	8,72	1.641.623	2.164.975
1998	2.162.892	180.264	8,33	1.886.982	2.478.770
1999	2.073.875	176.984	8,53	1.793.095	2.396.444
2000	2.266.454	208.228	9,19	1.906.905	2.657.863
2001	2.500.371	253.677	10,15	2.071.079	2.954.267
Año	Biomasa de reproductores				
	Media	Desvío estándar	C.V. (%)	Límites de confianza	
				Percentil 5%	Percentil 95%
1985	726.254	61.768	8,51	596.075	769.110
1986	794.062	61.000	7,68	665.030	839.796
1987	801.877	56.930	7,10	679.319	849.589
1988	680.491	49.919	7,34	568.361	728.224
1989	831.442	81.085	9,75	650.779	902.953
1990	915.521	97.345	10,63	722.394	1.002.516
1991	908.652	90.693	9,98	710.185	991.927
1992	814.417	78.463	9,63	658.462	889.989
1993	712.415	66.315	9,31	582.377	776.233
1994	725.919	63.234	8,71	603.633	801.405
1995	628.172	50.698	8,07	530.159	706.392
1996	691.521	69.635	10,07	585.051	819.164
1997	809.086	77.929	9,63	698.594	944.966
1998	853.048	93.736	10,99	715.314	1.022.383
1999	871.488	105.587	12,12	721.179	1.064.718
2000	1.036.395	121.483	11,72	863.746	1.253.605
2001	1.283.876	145.481	11,33	1.051.804	1.556.047
Año	Reclutas de edad 1				
	Media	Desvío estándar	C.V. (%)	Límites de confianza	
				Percentil 5%	Percentil 95%
1985	201.697	1.114	0,55	201.499	201.717
1986	1463.531	228.642	15,62	947.842	1.596.096
1987	1154.800	179.892	15,58	795.127	1.302.463
1988	622.412	173.919	27,94	491.203	922.901
1989	266.156	36.169	13,59	218.274	337.355
1990	197.005	10.378	5,27	185.108	213.630
1991	321.511	41.061	12,77	262.892	393.808
1992	386.234	48.901	12,66	315.987	475.785
1993	891.627	221.114	24,80	631.015	1.373.372
1994	509.587	84.786	16,64	391.562	675.866
1995	2493.802	402.723	16,15	1.867.080	3.249.112
1996	466.401	70.518	15,12	367.212	595.136
1997	2337.046	348.152	14,90	1.804.525	2.899.099
1998	1808.735	326.186	18,03	1.360.113	2.417.970
1999	1143.472	309.561	27,07	724.173	1.734.487
2000	2.217.796	272.781	12,30	1.729.412	2.698.176
2001	534.399	63.698	11,92	419.113	646.914

Tabla 12. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Patrón de selección surgido del modelo ADAPT como promedio durante el período 1993-1999 de las mortalidades por pesca (F) por edad en relación con la F de la edad 5 (considerada como completamente reclutada).

Table 12. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Selection pattern obtained from the ADAPT as the 1993-1999 mean F-at-age relative to that of age 5 (assumed to be fully recruited).

Edad	Proporción retenida
1	0,02
2	0,25
3	0,68
4	0,94
5-12+	1,00

Tabla 13. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Valores medios, mínimos y máximos empleados para la generación aleatoria de reclutamientos (edad 1) con distribución log-normal. Escenario A: período 1985-1999. Escenario B: período 1993-1999.

Table 13. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Mean, maximum and minimum values used to randomly generate log-normal distributed recruitments (age 1). Case A: years 1985-1999. Case B: years 1993-1999.

Escenario	Reclutamiento	(N*10 ³)
A	Valor medio ($\bar{R}$)	950.934
	Valor mínimo ($R_{\min}$)	197.005
	Valor máximo ($R_{\max}$)	2.493.802
B	Valor medio ($\bar{R}$)	1.378.667
	Valor mínimo ($R_{\min}$)	466.401
	Valor máximo ($R_{\max}$)	2.493.802

Tabla 14. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Captura Biológicamente Aceptable (CBA) en toneladas e intervalo de confianza (I.C.) aplicando la mortalidad por pesca de bajo riesgo (F_{safe}), Biomasa Total (BT) y Biomasa de Reproductores (BR). Escenario A: reclutamientos del período 1985-1999. Escenario B: reclutamientos del período 1993-1999.

Table 14. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Biologically Acceptable Catch (CBA) in tonnes and confidence interval (IC) at low risk fishing mortality (F_{safe}), Total Biomass (BT), and spawning stock biomass (BR). Case A: recruits during the years 1985-1999. Case B: recruits during the years 1993-1999.

Escenario	F_{safe}	CBA ₂₀₀₂ (t)	I.C. CBA (t)	BT (t)	BR (t)
A	0,085	160.440	126.000-191.000	1.701.015	868.132
B	0,185	306.485	249.000-362.000	1.946.864	797.121

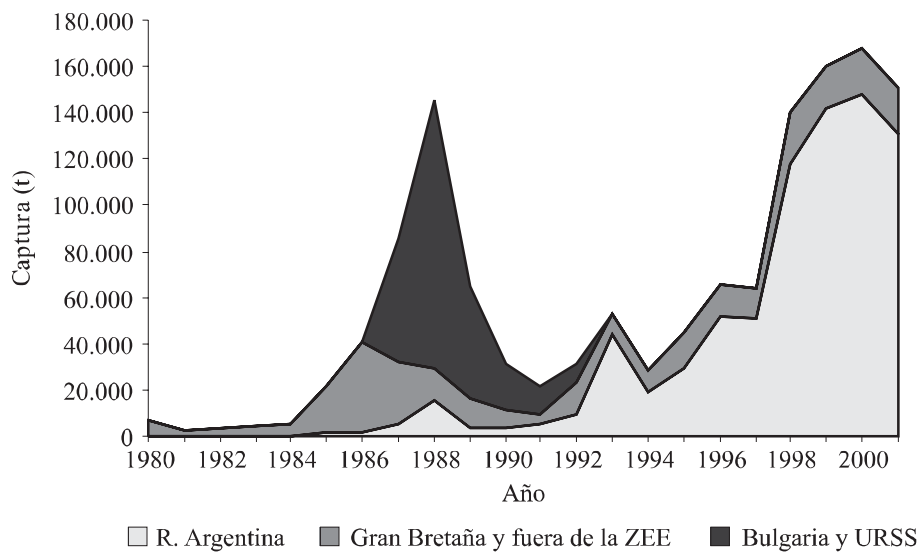


Figura 1. Evaluación de merluza de cola (*Macrurus magellanicus*). Captura total anual en el Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2001.

Figure 1. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macrurus magellanicus*). Annual catches in the Southwest Atlantic. Years 1980-2001.

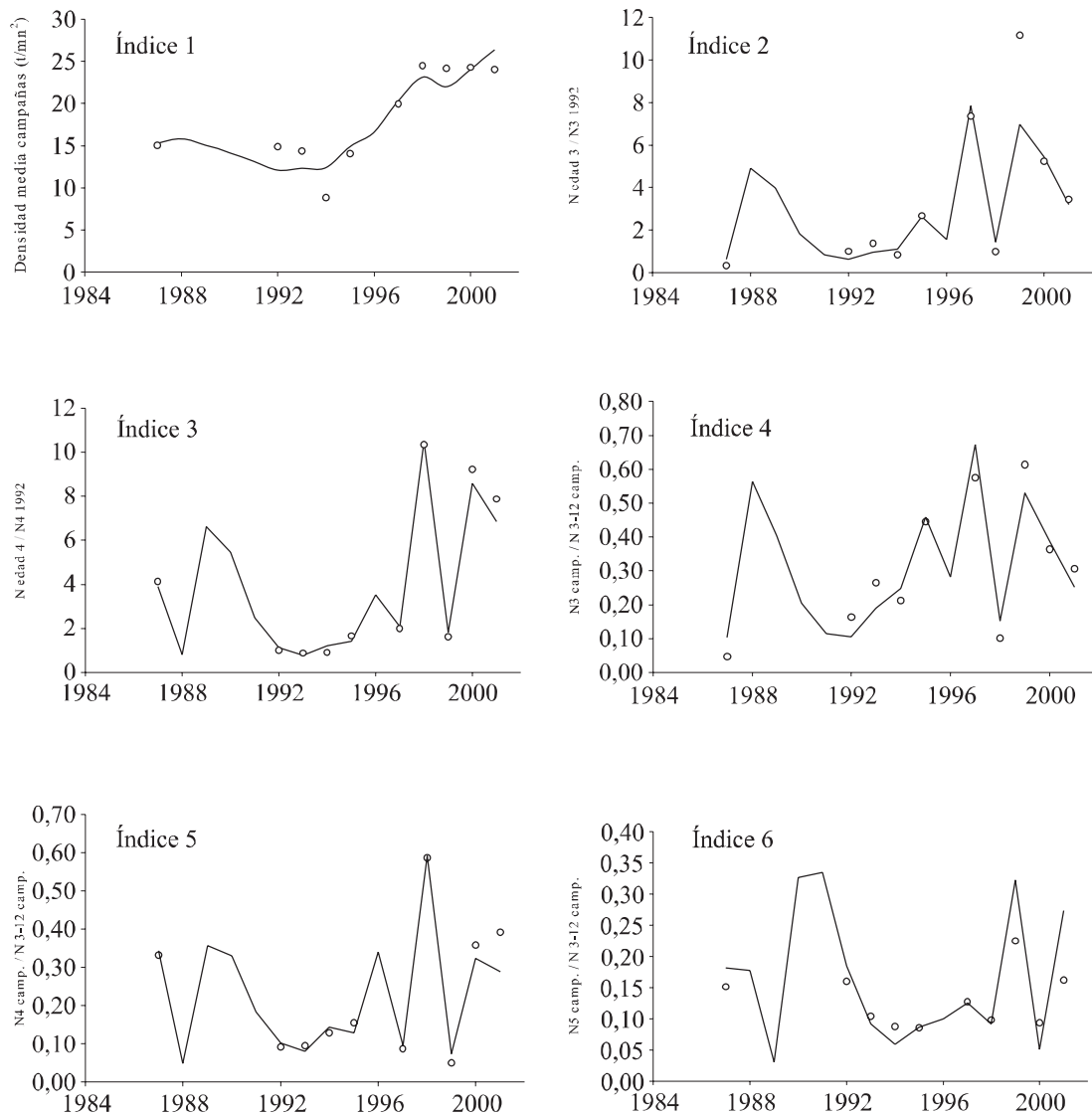


Figura 2. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Resultados del ajuste de los diferentes índices empleados para la calibración del ADAPT.

Figure 2. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Fitting of the different indices used to calibrate the ADAPT.

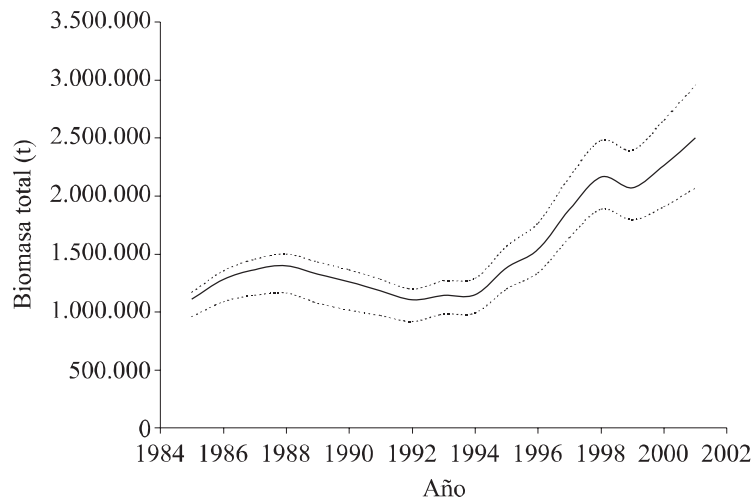


Figura 3. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Biomasa total (t) y límites de confianza calculados mediante los percentiles de 5% y 95%. Período 1985-2001.

Figure 3. Stock assessment of Patagonian hoki (Macruronus magellanicus). Total biomass estimates (t), and confidence limits obtained from the percentiles of 5% and 95%. Years 1985-2001.

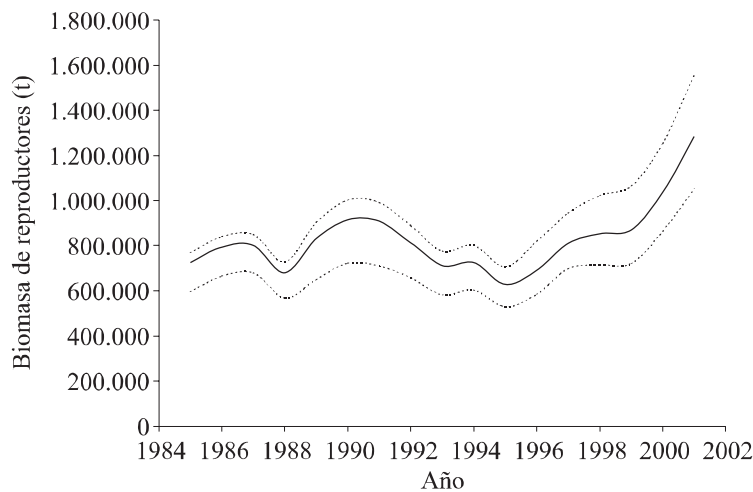


Figura 4. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Biomasa de reproductores (t) y límites de confianza calculados mediante los percentiles de 5% y 95%. Período 1985-2001.

Figure 4. Stock assessment of Patagonian hoki (Macruronus magellanicus). Spawning stock biomass estimates (t), and confidence limits obtained from the percentiles 5% and 95%. Years 1985-2001.

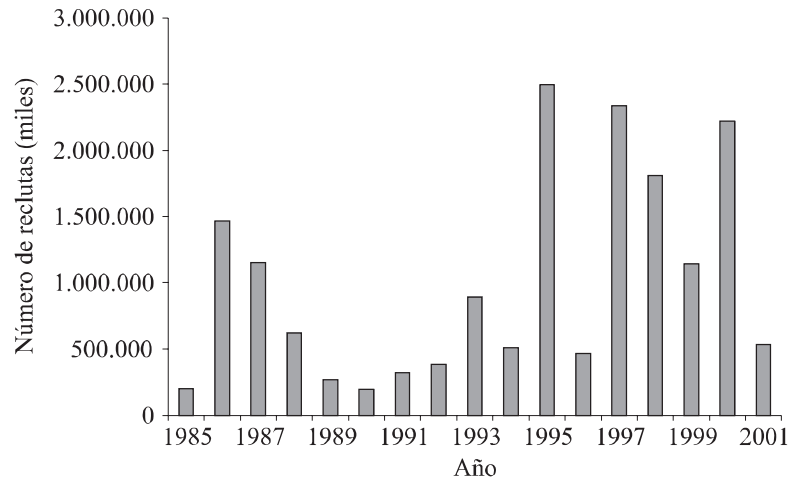


Figura 5. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Número de reclutas a la edad de 1 año. Período 1985-2001.

Figure 5. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Number of recruits at age 1. Years 1985-2001.

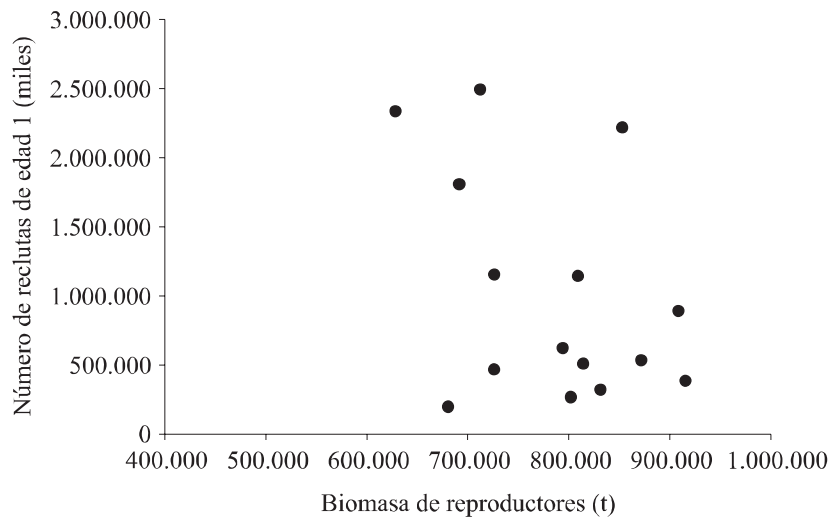


Figura 6. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Relación entre el tamaño del efectivo reproductor y el número de reclutas de edad 1.

Figure 6. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Stock size-age 1 recruits relationship.

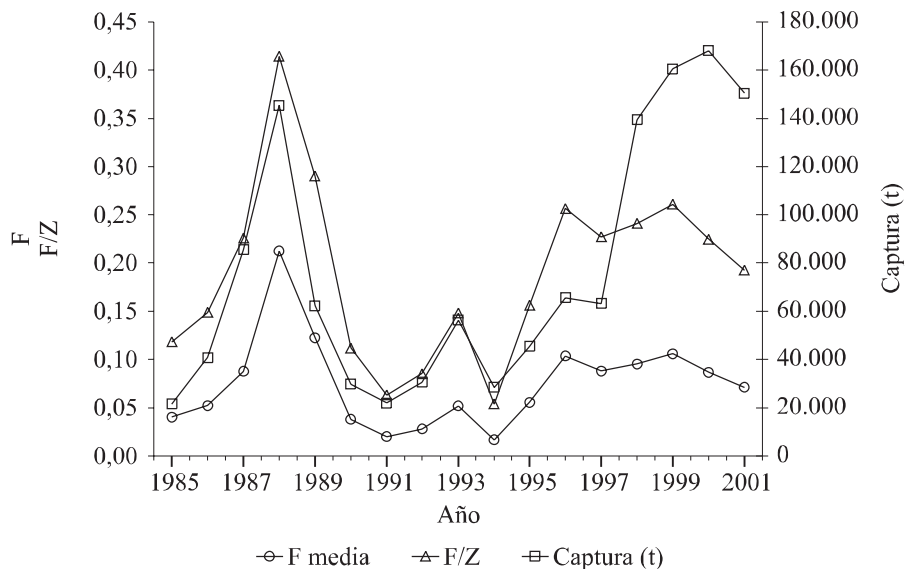


Figura 7. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Tasa media anual de mortalidad por pesca (F) de las edades totalmente reclutadas (5-12+), tasa de explotación (F/Z) y captura total (t). Período 1985-2001.

Figure 7. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). ADAPT estimates of the mean annual fishing mortality rate (F) on the fully recruited ages (5-12+), exploitation rates (F/Z,) and total catches (t). Years 1985-2001.

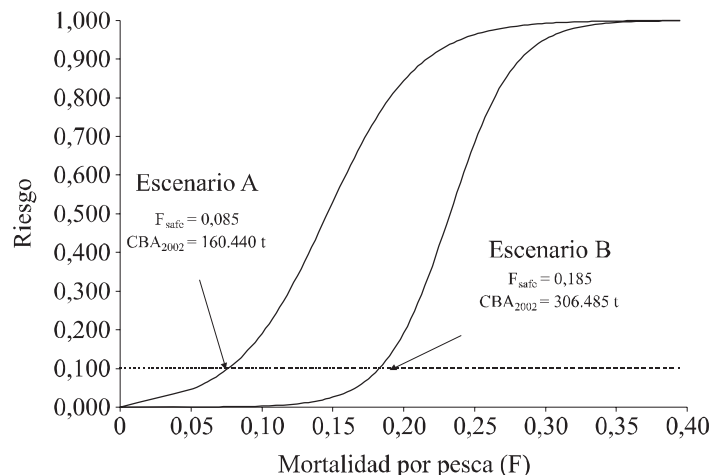


Figura 8. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Curva de riesgo. Escenario A: reclutamiento medio en el período 1985-1999. Escenario B: reclutamiento medio en el período 1993-1999. Se indican los valores de mortalidad por pesca asociados a un riesgo igual a 0,1 y las capturas biológicamente aceptables correspondientes a 2002.

Figure 8. Stock assessment of Patagonian hoki (*Macruronus magellanicus*). Risk curves. Case A: Mean recruitment from ADAPT (1985-1999); Case B: Mean recruitment from ADAPT (1993-1999). Safe and projected BAC values corresponding to a risk of 0.1 are indicated for the year 2002.