



N° 028	Fecha 20/06/07	Páginas 23
-----------	-------------------	---------------

INFORME TÉCNICO

AREA: Pesquerías Demersales
PROGRAMA: Pesquerías de Peces Demersales Australes y Subantárticos
ACTIVIDAD: Evaluación de la abundancia y estimación de capturas biológicamente aceptables de merluza de cola.

EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2006

Resumen

Se diagnostica el estado de explotación de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental, mediante información del período 1985-2006, aplicando un análisis de cohortes calibrado con índices de abundancia provenientes de campañas de investigación. A partir de los resultados, se simulaban proyecciones del estado de la población y se midió el riesgo de sobrepesca asociado a distintos supuestos acerca de los reclutamientos futuros y diferentes niveles de explotación. Finalmente, se estimaron niveles de Captura Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2007.

Tanto la biomasa total como la de reproductores mostraron tendencias ascendentes en el período 1995-2001, relacionadas a la fuerza de varias clases anuales, principalmente aquellas de 1993 y 1995. A partir de 2001 comenzó una etapa de ligera declinación del efectivo, estimándose una biomasa total a inicios de 2006 de 1,38 millones de toneladas. La biomasa de reproductores se estimó en valores cercanos a 676 mil toneladas. La tasa de explotación habría aumentado levemente respecto de los valores del año anterior.

Los niveles de extracción correspondientes a la captura biológicamente aceptable (CBA) proyectados para el año 2007, con mínimo riesgo de sobrepesca, se estimaron entre 124 mil y 189 mil toneladas, dependiendo de los niveles de los reclutamientos futuros y de los valores de biomasa reproductiva límite establecidos.

Citar indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP.

PREPARADO POR:

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE: Giussi, A. R.

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE: Wöhler, O. C.

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE:

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE:

SOLICITADO POR:

INSTITUCION:

CARGO:

APROBADO POR:

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE:

FIRMA: / /
..... día/mes/año
NOMBRE:

EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MERLUZA DE COLA (*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2006.

por

Analía R. Giussi y Otto C. Wöhler

1.- INTRODUCCION

La merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, es el recurso íctico de mayor abundancia en el Océano Atlántico, al sur de los 45° S, donde habita principalmente en aguas templado - frías de la corriente de Malvinas.

Las capturas de la especie en el Mar Argentino y sector adyacente alcanzaron un primer máximo en el año 1988, cuando se declararon 145 mil toneladas, principalmente extraídas por buques rusos y búlgaros (Wöhler *et al.*, 1999a), y el segundo durante el año 2000 cuando buques argentinos superaron las 160 mil toneladas. Entre 1990 y 1997 promediaron unas 40 mil t/año y luego, en el período 1998-2005, se capturaron, en promedio, unas 147 mil toneladas anuales, correspondiendo el 85 % de dichas capturas a la flota argentina.

Desde finales de la década del '60 se ha utilizado el método de área barrida para evaluar en forma directa la abundancia del recurso en el Mar Argentino, pero muchas de estas estimaciones fueron parciales, pues no cubrieron toda el área de distribución de la especie (Bellisio & López, 1973; Otero *et al.*, 1981 y 1982; Cordo, 1987; Chesheva & Shlibanov, 1991). Sin embargo, a partir de 1992 se ha realizado una serie de campañas anuales de evaluación (Wöhler *et al.*, 1999b) que permiten disponer de índices de abundancia de la especie en el área principal de distribución (Giussi *et al.*, 2002 a y b).

También ha sido estimada la abundancia del recurso, desde el año 1997, mediante técnicas indirectas de evaluación como el APV (Análisis de la Población Virtual) o los análisis de cohortes (Prenski *et al.*, 1997; Wöhler *et al.*, 1999a, 1999c, 2000, 2001, 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006). Las capturas biológicamente aceptables que se recomendaron como resultado de estos trabajos, han sido consideradas por la Autoridad pesquera de Argentina para establecer anualmente las capturas máximas permisibles (CMP).

El presente estudio incorpora a la serie disponible anualmente a partir del año 1985, los datos de la estructura poblacional y de las capturas obtenidas por la flota correspondientes al año 2006, presentándose un nuevo análisis secuencial del efectivo de plataforma (excluyendo el Golfo San Matías). Dicho análisis es calibrado con información proveniente de las campañas de investigación iniciadas en 1992, utilizando también los resultados de un crucero llevado a cabo en 1987. Se estima el estado actual de explotación del efectivo y se analiza su evolución teórica ante supuestos acerca de los futuros niveles de reclutamiento y tasas de explotación, recomendándose capturas biológicamente aceptables para el año 2007.

2.- FUENTES DE INFORMACION Y METODOLOGIA APLICADA EN EL ANALISIS

2.1.- Capturas totales anuales

Como en análisis anteriores (Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006), la información de las capturas totales (Tabla 1) y por flota (Figura 1), fue tomada de las estadísticas de la FAO (1995a) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, las que recientemente fueron recopiladas por Gorini *et al.* (2003; 2006) y Giussi *et al.* (2006) para los últimos años del análisis. Las capturas nominales de las embarcaciones argentinas se corrigieron atendiendo a los criterios de estimación de subdeclaración y descarte de Sánchez & Wöhler (2001) y Sánchez (2001, 2004;

2005, 2006). También se incluyó la información correspondiente a las capturas de buques que operan ilegítimamente en el área circundante a las Islas Malvinas.

2.2.- Captura por edad

Las capturas por edad correspondientes al período 1985-2005 estuvieron basadas en aquellas indicadas por Giussi & Wöhler (2006), y fueron completadas con los valores del año 2006 (Giussi & Abachian, 2006) (Tabla 2).

2.3.- Peso medio por edad

Los pesos medios por edad empleados para la aplicación del análisis secuencial (Tabla 3) provinieron de datos obtenidos por observadores a bordo de pesqueros comerciales, y de cruceros de investigación, siendo asimilables al 1° de marzo de cada año (Giussi, 2004; Giussi & Abachian, 2004, 2005, 2006). También han sido calculados los valores correspondientes al comienzo de cada año y en la época de reproducción.

2.4.- Curva de madurez sexual

Las proporciones de individuos maduros por grupo de edad (Tabla 4) durante el período 1985-2005 fueron tomadas de Giussi & Wöhler (2006). Los valores correspondientes al año 2006 se obtuvieron de Giussi & Abachian (2006), quienes estimaron la edad de primera maduración sexual a partir la campaña de investigación estival realizada durante el año 2006. Dicha serie de parámetros correspondió aproximadamente a una edad de entre 3 y 4 años, siendo en ese aspecto coincidente con la serie analizada por Giussi & Wöhler (2001).

2.5.- Mortalidad natural

En el presente trabajo se ha mantenido el criterio de Wöhler *et al.* (2000 *et seq.*), adoptándose un valor de $0,3 \text{ años}^{-1}$, que surgió de la aplicación del modelo de Hoenig (1983) basado en la longevidad máxima observada.

2.6.- Mortalidad pre-reproductiva

Como en análisis previos (Wöhler *et al.*, 2001 y 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006), 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 0,6. Debido a que la pesca del recurso no es marcadamente estacional, se resolvió considerar la misma proporción para la mortalidad por pesca pre-reproductiva.

2.7.- 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 los 45° S y hasta los 55° S , llevadas a cabo en 1987 y, luego en forma anual, desde el año 1992 (con excepción de 1996 y 2002). Se emplearon seis series de datos provenientes de dichas campañas (Tabla 5). La primera serie (Índice 1) correspondió a las densidades medias (t/mn^2) estimadas por área barrida, entre 50 y 400 m de profundidad, donde se localizan las principales concentraciones de merluza de cola en la época en que los cruceros son realizados. Los Índices 2 y 3 indicaron la abundancia relativa de las

edades 3 y 4 en cada año, respecto de aquellas correspondientes a 1992. Las tres series restantes representaron la abundancia relativa de las edades 3, 4 y 5 respecto de la totalidad de individuos de tres años de edad y mayores presentes cada año en la población (excluyendo las edades 1 y 2).

2.8.- 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 Excel Microsoft Office XP. Los índices de abundancia fueron empleados para ajustar el modelo en el marco conceptual adaptativo denominado “ADAPT”, propuesto por Gavaris (1988). En el Anexo I se indican en detalle las ecuaciones matemáticas utilizadas, así como el método de estimación del error estándar y de los intervalos de confianza de los principales parámetros de manejo, obtenidos mediante *bootstrap* paramétrico (Efron, 1981).

2.9.- Puntos biológicos de referencia

Para recomendar niveles anuales de extracción se adoptó como punto de referencia la Captura anual Biológicamente Aceptable (CBA). Esta resulta de aplicar a la biomasa del año 2006 (proyectada al inicio de 2007) un valor de mortalidad por pesca (F) de referencia que, en el largo plazo, tienda a mantener a la población en un nivel tal que el riesgo biológico de sobreexplotación (definido en esta oportunidad como la disminución de la biomasa del efectivo reproductor por debajo de un determinado nivel límite) sea igual al 10%. Se realizaron dos análisis en los cuales los valores de BRL considerados fueron 450 y 500 mil toneladas, supuestos establecidos en función de las menores biomasa de reproductores que produjeron reclutamientos superiores al promedio, considerados como exitosos (Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005).

2.10.- Proyección poblacional y análisis de riesgo

Las simulaciones para proyectar el estado poblacional y medir el riesgo biológico asociado a la aplicación de distintas estrategias de explotación se realizaron partiendo de la estimación del efectivo derivada del ADAPT. En el Anexo II se describen las fórmulas matemáticas empleadas.

Estas simulaciones se realizaron proyectando la estrategia de explotación por 25 años a partir de 2006. El procedimiento se repitió 500 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 que fue empleado por Giussi & Wöhler, (2006) y que fuera estimado como promedio de las tasas de mortalidad por pesca F relativas a la edad 5 (considerada como totalmente reclutada al área y arte de pesca) durante el período 1993-2004.

Del mismo modo que en análisis anteriores (Wöhler *et al.*, 2001 y 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006), la incertidumbre fue introducida sobre la base de la obtenida en la estimación de la biomasa total a comienzos de 2006, calculada mediante el *bootstrap* paramétrico, y también a través del proceso de reclutamiento. Los valores de biomasa inicial (B_{2007}) provinieron de los resultados del modelo de evaluación empleado. En el caso del reclutamiento (R) se supuso una distribución log-normal (Anexo II) con una media y un desvío estándar variable en función de dos escenarios:

- 1) Un valor medio del número de reclutas de la edad 1 igual al promedio resultante del mejor ajuste, sin considerar la estimación correspondiente a los dos últimos años (2005 y 2006), y con un rango de variación que también correspondió a los valores surgidos del análisis.
- 2) Un reclutamiento futuro promedio de mayor magnitud, calculado incorporando sólo los valores observados hacia fines del período (1995 a 2004), con su correspondiente rango de variación.

3.- RESULTADOS Y DISCUSION

3.1.- Estimación de la abundancia y de la mortalidad por pesca por edad

El ajuste realizado para la calibración del modelo consideró todos los índices de abundancia indicados anteriormente (Tabla 5, Figura 2), y con igual ponderación. Los valores de sigma (σ^i) y de la función a minimizar ($-\ln L$) se observan en la Tabla 6, y los correspondientes a los coeficientes de proporcionalidad (q^i) en la Tabla 7.

Las estimaciones de la biomasa total (Figura 3) y de la biomasa de reproductores (Figura 4) mostraron una tendencia general similar a las obtenidas en estimaciones históricas. Las máximas estimaciones de biomasa total se observaron en el período 1998-2004 y, aunque con fluctuaciones, se mantuvieron en valores cercanos a 1,6 millones de toneladas. A partir del año 2005 comenzó a observarse una leve declinación, estimándose una biomasa de 1,378 millones de toneladas (Figura 3). La biomasa de reproductores se estimó en 676 mil toneladas (Figura 4). La tendencia observada en sus estimaciones fue notoriamente más variable que la observada en la biomasa total, detectándose los mayores valores, cercanos a 1 millón de toneladas entre los años 2000 y 2001, cuando los individuos provenientes de los elevados reclutamientos superaron la edad de primera madurez.

La incorporación de nuevos individuos a la población ha resultado muy variable, coincidiendo con lo observado en evaluaciones previas (Wöhler *et al.*, 2001, 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006). Aunque la fuerza de algunas clases anuales (Figura 5) resultó claramente superior al promedio (1800 millones de individuos), particularmente de las clases anuales de 1995 (edad 1+ en 1997), 1996 (edad 1+ en 1998) y 2001 (edad 1+ en el año 2003), existieron otras cohortes menos numerosas, que alcanzaron escasamente los 1000 millones de individuos que correspondieron a los años 1986 (edad 1+ en 1988), 1993 (edad 1+ en 1995), 1998 (edad 1+ en el año 2000) y 2003 (edad 1+ en el año 2005). Respecto del tamaño del efectivo reproductor que les diera origen no se manifestó una clara relación con el número de reclutas (Figura 6). La mayoría de los reclutamientos, independientemente del aporte realizado, habrían provenido de biomasa reproductiva de 400 a 750 mil toneladas (Figura 6). Los reclutamientos que mayormente contribuyeron a las elevadas estimaciones de la biomasa poblacional habrían surgido de relativamente bajas abundancias de reproductores (menores de 500 mil toneladas). Por el contrario, existieron biomasa de reproductores superiores a las 950 mil toneladas correspondientes a los años 1999 y 2000, que habrían dado origen a un relativamente bajo número de reclutas en los años 2001 y 2002.

La tasa instantánea de mortalidad por pesca estimada para el promedio de las edades 5 a 12+ (Figura 7) mostró un máximo absoluto asociado a la elevada captura registrada en 1988 y otro secundario correspondiente al año 2004, declinando posteriormente. Los valores estimados de la mortalidad por pesca (F), expresada como promedio de las tasas actuantes sobre las edades totalmente reclutadas (5 a 12+), así como los estimados de las tasas de explotación (F/Z), sugieren que ambos parámetros habrían disminuido ligeramente en 2005 estabilizándose posteriormente. En términos generales, se observó una marcada relación entre la mortalidad por pesca y las capturas totales provenientes del efectivo.

3.2.- Proyección de la biomasa y estimación de las capturas biológicamente aceptables

Las proyecciones de la abundancia se realizaron considerando el patrón de selección actuante en la pesquería (Tabla 8), la proporción de individuos maduros por edad y los valores medios, máximos y mínimos del número de reclutas estimados por el ADAPT (Tabla 9) calculándose además las mortalidades por pesca de referencia (Tabla 10). Los valores de F que corresponden a una probabilidad del 10% de que la biomasa de reproductores disminuya en el largo plazo por debajo de los límites de 450 mil y de 500 mil toneladas, correspondientes al Escenario 1 fueron estimados en 0,145 y 0,125, respectivamente, mientras que considerando el Escenario 2 fueron 0,215 y 0,195 (Tabla 10, Figuras 6 y 7).

El nivel de extracción resultante del ajuste del modelo proyectado para el año 2007, correspondiente al punto biológico definido previamente (CBA) y considerando un reclutamiento promedio igual al observado en el período 1985-2004 (Escenario 1), fue de 142 mil toneladas, manteniendo una BRL de 450 mil toneladas. Si el límite de ésta fuera ligeramente superior (500 mil toneladas), el volumen que podría extraerse sería de 125 mil toneladas. Si por el contrario, los valores de reclutamiento subsiguientes fueran superiores, tomando valores cercanos al promedio del período más reciente, es decir 1995-2004 (Escenario 2), las CBA serían de 189 mil toneladas y 176 mil toneladas para las BRL de 450 mil toneladas y 500 mil toneladas, respectivamente (Tabla 11, Figura 8).

Los resultados de los análisis realizados respecto de las variaciones a largo plazo evidenciaron que, en la mayoría de los casos, la abundancia total de la población aumentaría en diversos niveles dependiendo de la BRL. Sin embargo, la biomasa de reproductores tendería a disminuir respecto de la estimación del año 2006, en porcentajes que se irían del 15 al 25 % aproximadamente (Tabla 11, Figura 9).

Los valores de las proyecciones de las capturas en el largo plazo respecto de la CBA estimada para 2007 evidenciaron una evolución positiva, con una amplitud considerable, cuyos incrementos se ubicaron entre 40 y 150 % dependiendo de los supuestos acerca del reclutamiento futuro y de los niveles de biomasa reproductiva límite que se pretendiera mantener. Así, las proyecciones realizadas considerando la incorporación de reclutas promedio del período 1985-2004, indican que las capturas biológicamente aceptables (CBA) en el largo plazo, aumentarían entre 40 y 50% respecto de aquellas producidas durante el año 2006, mientras que suponiendo el promedio de incorporación de reclutas correspondiente al período 1995-2004, las capturas en el largo plazo evolucionarían positivamente, estabilizándose en valores cuyo rango se ubicaría entre 136 y 150% de aquellas producidas durante 2006.

4.- CONSIDERACIONES FINALES

El presente análisis confirma otros anteriores, en el sentido que, a pesar de los importantes incrementos en las capturas obtenidas desde el año 1998, la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental puede ser considerada como un recurso explotado en forma apropiada en función de su sustentabilidad. Si en el futuro los reclutamientos se comportaran de acuerdo a aquellos estimados para el período que abarcó este estudio (1985-2004) las capturas actuales, cercanas a las 150 mil t, serían del orden de las que se han evaluado como sustentables en el presente estudio. Sin embargo, si la incorporación anual futura de nuevos peces a la pesquería se asemejara a la estimada en la segunda mitad del período (1995-2004), cuando se observaron los mayores reclutamientos, el esfuerzo pesquero ejercido sobre la especie podría superar ligeramente los niveles que actualmente están siendo alcanzados, sin someter al efectivo a un riesgo biológico considerable. En ambos casos, 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 y c, 2001, 2002, Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006).

El análisis realizado permite sugerir, considerando los supuestos acerca de los futuros reclutamientos, que las capturas máximas correspondientes al año 2007 deberían establecerse dentro del rango de 125 mil a 189 mil toneladas (Tabla 11). Los valores indicados resultaron similares a aquellos obtenidos en las evaluaciones anteriores (Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006). Dicha recomendación considera los principios precautorios generales que deben guiar a un manejo pesquero responsable (FAO, 1995b), por cuanto existe aún cierta incertidumbre en la estimación de la abundancia del efectivo.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta respecto de la estimación de la abundancia de la merluza de cola presentada en este informe, es la mayor inestabilidad mostrada por el modelo, respecto de evaluaciones previas (Wöhler *et al.*, 1999a, 1999c, 2000, 2001, 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006). Dicha inestabilidad puede estar relacionada con el volumen y las características de la información considerada para el ajuste del modelo aplicado. Se ha presentado cierta inconsistencia en la estimación de la abundancia de las clases anuales que forman parte de los índices de ajuste del modelo respecto de la información de abundancia relativa (índice 1).

En función de esta circunstancia, existe la intención de realizar un análisis que compare la actual metodología con otra alternativa, como es el modelo de producción estructurado por edades, empleado para evaluar la abundancia de la merluza negra (Wöhler & Martínez, 2005; Martínez & Wöhler, 2006). Del mismo modo, se buscarán índices de abundancia alternativos en el caso de que no puedan contarse con los que surgen de los cruceros de investigación.

5.- BIBLIOGRAFIA

- BELLISIO, N. & LOPEZ, R. 1973. Prospección pesquera del Mar Argentino. I. Merluza de cola, *Macruronus magellanicus* Lönnberg. *Monografías. Rec. Pesqs., Buenos Aires, Serv. Nac. Pesca, Minist. Agric. Ganad.*, 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, Kaliningrad, Russia: 85-92.
- CORDO, H.D. 1987. Informe de la campaña de investigación "OB/01/87". Biblioteca INIDEP, Mar del Plata, Argentina. (No publ.).
- EFRON, B. 1981. Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68(3): 589-599.
- FAO, 1995a. Fishstat-PC. An analytical tool for global catch time series 1970-1993.
- FAO, 1995b. Precautionary approach to fisheries. Part 1: guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 350, Part 1. Rome, FAO. 52 pp.
- 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. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2003. Informe Interno INIDEP N° 38/04, 8 pp.
- GIUSSI, A.R. & ABACHIAN, V. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2004. Informe Interno INIDEP N° 111/04, 8 pp.
- GIUSSI, A.R. & ABACHIÁN, V. 2005. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2005. Informe Interno INIDEP N° 78/05, 9 pp.
- GIUSSI, A.R. & ABACHIAN, V. 2006. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2006. Informe Interno INIDEP N° 46/06, 9 pp.
- GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2001. Estimación de la edad y la longitud de primera madurez de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Período 1995-2001. Inf. Téc. Int. INIDEP 72/01, 6 pp.
- GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2005. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2004. Informe Interno INIDEP N° 29/05, 25 pp.

- GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2006. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2005. Informe Interno INIDEP N° 23/06, 22 pp.
- GIUSSI, A.R.; MARI, N.R. & SANCHEZ, F. 2002a. Estimación de la biomasa y composición por longitudes de la merluza de cola a partir de campañas estivales. Período 1992 a 2002. . Informe Interno INIDEP N° 18/02, 12 pp.
- GIUSSI, A.R.; HANSEN, J.E & WÖHLER, O.C. 2002b. Estimated total abundance and numbers-at-age of longtail hake (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic during the years 1987–2000. Contribution INIDEP 1137. *Scientia Marina*, 66(3): 283-291.
- GIUSSI, A.R., F.L. GORINI y O.C. WÖHLER. 2006. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1995-2005). Informe Técnico Interno INIDEP N° 101/06, 79 pp.
- GORINI, F.L., DI MARCO, E.J. & WÖHLER, O.C. 2003. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1980-2002). Inf. Téc. Int. INIDEP 108/03, 86 pp.
- GORINI, F.L., GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2006. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1980-2004). Inf. Téc. Int. INIDEP 12/06, 94 pp.
- HOENIG, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish Bull. NOAA/NMFS*, 81 (4): 898-903.
- MARTÍNEZ, P.A & WÖHLER, O.C. 2006. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero durante el periodo 1986-2005 de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe Técnico Interno INIDEP, 30/06, 30pp.
- 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: Campañas de investigación pesquera realizadas en el Mar Argentino por los B/I “Shinkai Maru” y “Walther Herwig” y el B/P “Marburg”. Años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. Angelescu, V. (Ed.). *Contrib. INIDEP*, Mar del Plata, Argentina, 383: 28 - 41.
- OTERO, H.O.; BEZZI, S.I.; RENZI, M.A. & VERAZAY, G.A. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. *Contrib. INIDEP*, Mar del Plata, Argentina, 423, 248 pp.
- 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. y Des. 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.
- SANCHEZ, 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. Informe Interno INIDEP N° 111/01, 10 pp.
- SANCHEZ, M.F. 2004. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina durante 2003 a partir de la información derivada del Programa Observadores. Informe Interno INIDEP N° 37/04, 8 pp.
- SANCHEZ, M.F. 2005. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina durante 2004 a partir de la información derivada del Programa Observadores. Informe Interno INIDEP N° 73/05, 7 pp.
- SANCHEZ, M.F. 2006. Estimación de la captura total de merluza de cola durante 2005, obtenida por la flota argentina a partir de la información derivada del Programa Observadores. Informe Interno INIDEP (en corrección).
- SANCHEZ, 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. Informe Interno 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 Marítimo*, 18 (A): 135-141.
- WÖHLER, O.C. & GIUSSI, A.R. 2004. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2003. Informe Interno INIDEP N° 36/04, 38 pp.
- WÖHLER, O.C. & HANSEN, J.E., 2003. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2002. Informe Interno INIDEP N° 34/03, 23 pp.
- WÖHLER, O. C. & MARTÍNEZ, P. A. 2005. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2004. Informe Técnico Interno INIDEP N° 15/05, 32pp.
- WÖHLER, O.C.; GIUSSI, A.R. & HANSEN, J.E. 1999a. Análisis secuencial de la población de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 1996. *Rev. Invest. Des. 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. Informe Interno INIDEP N° 08/00, 27 pp.
- WÖHLER, O.C.; HANSEN, J.E.; CORDO, H.D. & GIUSSI, A.R. 1999c. Evaluación del estado de explotación y recomendaciones de manejo de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1997. Informe Interno 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. Informe Interno INIDEP N° 15/01, 11 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., GIUSSI, A.R. & CORDO, H.D. 2002. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2001. Informe Interno INIDEP N° 27/02, 23 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. 1999b. Resultados de la campaña de evaluación de peces demersales australes efectuada en el verano de 1997. *INIDEP, Informes técnicos*, 24, 60 pp.

ANEXO I

Estimación de la abundancia de la población

Los números de individuos por edad en la población fueron estimados como:

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

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

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

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

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

$$N_{t,2004} = C_{t,2004} Z_{t,2004} / (F_{t,2004} (1 - e^{(-Z_{t,2004})})) \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, 11,$$

donde $Z_{t,2004} = M + F_{t,2004}$.

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

$$N_{12+,y} = C_{12+,y} Z_{12+,y} / F_{12+,y} \quad \text{para } y = 1985, 1986, \dots, 2004.$$

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

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

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

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

donde $W_{t,y}$, $W_{t,y}^1$ y $W_{t,y}^R$ expresan los pesos medios de la edad t al comienzo del año, al 1° de marzo y al comienzo de la reproducción, respectivamente, y $P_{t,y}$ representa la proporción de ejemplares maduros por grupo de edad.

El ajuste del modelo a los índices de abundancia

El modelo se calibró con seis índices de abundancia, uno de los cuales fue la densidad media estimada anualmente mediante campañas de investigación. Otros dos correspondieron a la abundancia relativa de las edades 3 y 4 respecto a la observada en el año 1992. Los tres índices restantes representan 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 la el valor del índice y el estimado del modelo, de la forma:

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

Cuando I_y^i se refiere a la densidad media (t/mn²) estimada mediante la campaña en el año y; \hat{I}_y^i 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:

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

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

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

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 al número relativo de ejemplares de dichas edades, que es calculado por el modelo de acuerdo a:

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

En los tres 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 $F_{4,2004}$, $F_{5,2004}, \dots, F_{12+,2004}$; $F_{12+,1985}$, $F_{12+,1986}, \dots, F_{12+,2003}$, con dos restricciones. En primer término, que ningún parámetro asumiera valores negativos. En segundo lugar, que ningún índice contribuyera con más del 40% al valor final de la minimización. La mortalidad por pesca de las tres primeras edades del último año, esto es $F_{1,2004}$, $F_{2,2004}$ y $F_{3,2004}$ se calcularon como el promedio de las mortalidades por pesca correspondientes a dichas edades en los cuatro años previos.

El ajuste fue realizado minimizando el menos logaritmo de la función de máxima verosimilitud (L) de acuerdo a las expresiones:

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

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

para $i = 4$ hasta 6.

Donde σ^i es la desviación estándar residual de la serie de abundancia i , definida por las funciones:

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

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

Finalmente, la función a minimizar (λ) incorporó las funciones de verosimilitud de cada índice. La expresión final fue:

$$\lambda = \sum_{i=1}^6 -\ln L^i$$

Cálculo de la varianza y los intervalos de confianza

Mediante el proceso de *bootstrap* paramétrico se estimaron las varianzas y los intervalos de confianza de algunos de los parámetros obtenidos. La técnica, aplicada siguiendo a Punt (1994) y 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 a partir del *bootstrap* ($U_{máx}$, donde $U=1, \dots, U_{máx}$). Así, el correspondiente conjunto $(\hat{Q}_1, \hat{Q}_2, \dots, \hat{Q}_{U_{máx}})$ es estimado.

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 un término de error de acuerdo a la ecuación:

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

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 σ^i representa el desvío estándar residual para la serie de abundancia i previamente definido.

La varianza de \hat{Q} se estimó de acuerdo a:

$$Var(\hat{Q}) = 1/(U_{m\acute{a}x} - 1) \sum_{U=1}^{U_{m\acute{a}x}} (\hat{Q}^U - \bar{\hat{Q}}^U)^2$$

donde $\bar{\hat{Q}}^U$ 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 ejemplares por edad en la población al comienzo del año se estimó como:

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

donde $N_{t-I,y-I}$ es la numerosidad 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 reproductores, 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 P_t la proporción de individuos maduros por clase de edad y D la proporción de la mortalidad natural y por pesca pre-reproductiva, en este caso igual a 8/12.

Captura:

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

siendo $W_{t,y}^j$ el peso medio por edad a mediados de año.

La magnitud de los reclutamientos fue establecida aleatoriamente en cada simulación 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

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

donde $R_{máx}$ y $R_{mín}$ son los valores extremos máximo y mínimo resultantes del modelo secuencial aplicado.

Tabla 1. Capturas totales anuales (expresadas en toneladas) de merluza de cola obtenidas en el Atlántico Sudoccidental.

AÑO	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Captura	21663	40895	85605	145340	62215	29852	21966	30716	56248	28562	45584	65712	63205	139395	160487	168031	150388	144382	123140	149755	139657	115173

Tabla 2. Captura en número por edad (miles de ejemplares).

AÑO / EDAD	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	2	466	11847	1729	195	21	145	3368	2800	42	16671	60	487	7382	1657	70392	4054	566	17944	1282	35890	20520
2	363	1539	25541	20832	2955	547	1629	7033	12122	13034	5356	26720	543	87435	36494	53075	60178	22095	17269	64378	18932	76814
3	762	2639	5681	22007	4847	1161	2008	4486	13049	15452	13434	8405	27459	19939	122888	76838	33852	78295	21894	15735	106663	12333
4	2580	7852	34376	9180	13050	4903	5009	5780	16389	5837	12317	17931	8519	81572	14574	70777	56842	23984	46766	22065	15997	80886
5	2895	7036	13646	30668	11773	5877	5077	5526	9394	2303	6832	12910	16049	12956	57789	16665	27203	24670	17198	45866	22804	16925
6	3284	6172	14229	23661	10904	5969	4210	5124	6145	1076	2990	6143	8758	11473	10243	24516	17484	23878	18454	14748	25484	15310
7	3048	5087	6054	16177	8136	4627	2778	3700	5011	1153	3558	3022	3140	3705	5201	4973	8488	9277	19402	18627	6713	14932
8	2658	3881	4831	12063	5498	3304	1711	2531	3714	1187	3194	3219	1938	2232	2058	2249	2379	4599	7241	17871	4962	6027
9	1312	1977	1965	6651	2353	1411	734	1127	1780	496	1411	2804	1668	1302	1810	956	1311	1308	3526	3803	2511	2910
10	653	961	712	3374	814	544	247	399	583	293	590	1264	1352	653	1230	890	571	536	2333	975	755	1041
11	251	391	425	2103	157	140	36	104	164	256	273	467	641	247	370	227	434	150	497	337	42	145
12+	146	223	177	91	71	73	17	51	84	90	68	171	164	133	217	160	478	220	76	1	89	1

Tabla 3. Peso medio por edad (kg) en el momento de realización de los cruceros de investigación (1° de marzo).

AÑO / EDAD	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
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	0,194	0,191	0,212	0,195	0,177
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	0,346	0,395	0,337	0,360	0,347
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	0,542	0,523	0,572	0,495	0,530
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	0,764	0,679	0,743	0,700	0,684
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	0,947	0,819	0,870	0,869	0,842
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	1,195	0,940	1,015	0,947	1,048
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	1,333	1,022	1,092	1,129	1,100
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	1,687	1,217	1,177	1,164	1,216
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	1,653	1,378	1,323	1,058	1,348
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	1,688	1,540	1,448	1,338	1,367
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	1,875	1,898	2,080	2,080	1,431
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	2,285	2,890	2,890	2,890	2,119

Tabla 4. Proporción de individuos maduros sexualmente en función de la edad.

AÑO / EDAD	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,16	0,05	0,04	0,13
3	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,35	0,14	0,14	0,14	0,14	0,51	0,34	0,20	0,34
4	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,63	0,62	0,66	0,66	0,66	0,66	0,77	0,76	0,67	0,55
5	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,90	0,91	0,89	0,69
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,98	0,97	0,94	0,93
7-12+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 5. Índices de abundancia de merluza de cola obtenidos a partir de campañas de investigación y empleados para el ajuste del análisis.

Indice / año	1987	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006
Densidad media (t/mn ²)	15,06	14,89	14,40	8,86	14,07	19,99	24,52	24,17	24,31	24,08	19,09	21,65	22,66	13,27
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	2,83	2,73	11,80	0,48
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	8,86	2,91	1,64	6,42
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	0,24	0,13	0,50	0,07
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	0,42	0,20	0,67	0,56
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	0,12	0,37	0,09	0,11

Tabla 6. Estimados del desvío estándar residual de los índices de abundancia (σ^i) y de la función de máxima verosimilitud (L) correspondientes proceso de ajuste del modelo a los valores observados.

Índice	σ^i	$-\ln L$	Factor Pond.
1	0,16	-18,51	1
2	0,57	-0,81	1
3	0,53	-2,02	1
4	0,12	-9,94	1
5	0,10	-10,30	1
6	0,10	-11,27	1
Total		-52,84	

Tabla 7. Estimados del factor de proporcionalidad (q^i).

Parámetro	Valor estimado
q^1	1,44E-05
q^2	7,55E-06
q^3	1,43E-05

Tabla 8. Patrón de selección surgido del modelo como promedio de las F relativas a la edad 5 (considerada como completamente reclutada) durante el período 1993-2003.

Edad	Proporción retenida
1	0,05
2	0,43
3	0,80
4	0,94
5-12+	1,00

Tabla 9. Valores medios, máximos y mínimos empleados para la generación aleatoria de reclutamientos (edad 1) con distribución log-normal. Escenario 1: valores del período 1985-2004. Escenario 2: período 1995-2004.

Escenario	Reclutamiento	(N * 10 ³)
1	Valor medio (\bar{R})	1.009.556
	Valor mínimo (R_{\min})	262.021
	Valor máximo (R_{\max})	3.370.298
2	Valor medio (\bar{R})	1.407.375
	Valor mínimo (R_{\min})	282.880
	Valor máximo (R_{\max})	3.370.298

Tabla 10. Resultados del análisis de riesgo aplicado a la proyección de las capturas de merluza de cola realizada para estimar la mortalidad por pesca de bajo riesgo (F_{safe}), considerando los dos escenarios supuestos acerca de los reclutamientos futuros y dos valores de biomasa reproductiva límite (BRL).

<i>Escenario 1</i>				<i>Escenario 2</i>			
<i>Factor F</i>	<i>captura 2007 (t)</i>	<i>riesgo BRL 450 mil t</i>	<i>riesgo BRL 500 mil t</i>	<i>Factor F</i>	<i>captura 2007 (t)</i>	<i>riesgo BRL 450 mil t</i>	<i>riesgo BRL 500 mil t</i>
0,000	0	0,00	0,00	0,000	0	0,00	0,00
0,050	55774	0,00	0,00	0,050	55305	0,00	0,00
0,100	100906	0,01	0,03	0,100	104830	0,00	0,00
0,110	108749	0,02	0,05	0,110	113806	0,00	0,00
0,120	118378	0,03	0,08	0,120	123856	0,00	0,00
0,125	124619	0,04	0,10	0,140	140056	0,00	0,01
0,130	132584	0,06	0,13	0,150	145332	0,01	0,02
0,135	137830	0,07	0,15	0,160	156030	0,01	0,02
0,140	139523	0,08	0,18	0,170	166518	0,01	0,03
0,145	142414	0,10	0,21	0,180	171779	0,02	0,05
0,150	139866	0,13	0,24	0,190	177772	0,03	0,08
0,160	157077	0,17	0,29	0,193	174745	0,03	0,08
0,170	158916	0,22	0,37	0,195	176072	0,04	0,10
0,180	170375	0,27	0,43	0,200	180338	0,05	0,12
0,190	169780	0,35	0,52	0,210	198652	0,08	0,17
0,200	180638	0,41	0,57	0,215	189567	0,10	0,19
0,210	191544	0,50	0,66	0,220	193868	0,11	0,23
0,220	196498	0,55	0,70	0,230	199897	0,16	0,29
0,230	195465	0,63	0,76	0,240	201615	0,21	0,36
0,240	201626	0,69	0,81	0,250	214664	0,25	0,41
0,250	203367	0,73	0,84	0,260	214861	0,31	0,47
0,260	211733	0,80	0,89	0,270	221535	0,41	0,56
0,270	223493	0,84	0,91	0,280	223775	0,43	0,59
0,280	225564	0,85	0,92	0,290	230426	0,50	0,65
0,290	225630	0,89	0,95	0,300	244450	0,55	0,69

Tabla 11. Capturas de merluza de cola (en toneladas) proyectadas para el punto de referencia (CBA) aplicando la mortalidad por pesca de bajo riesgo (F_{safe}), y considerando los dos escenarios supuestos acerca del reclutamiento futuro y dos valores de BRL. Se indican también la variación de la biomasa total y de reproductores de la población, así como de las capturas proyectadas en el largo plazo respecto de los valores estimados para 2007.

Escenario de R	BRL (t)	F_{safe}	CBA (2007)	C.V. (%)	Variación largo plazo		
					BT	BR	C
1	450000	0,145	142414	49,37	-1,59	-24,62	49,53
1	500000	0,125	124619	51,16	5,04	-15,77	40,80
2	450000	0,215	189567	51,19	20,20	-20,81	150,76
2	500000	0,195	176072	47,55	22,36	-16,00	136,50

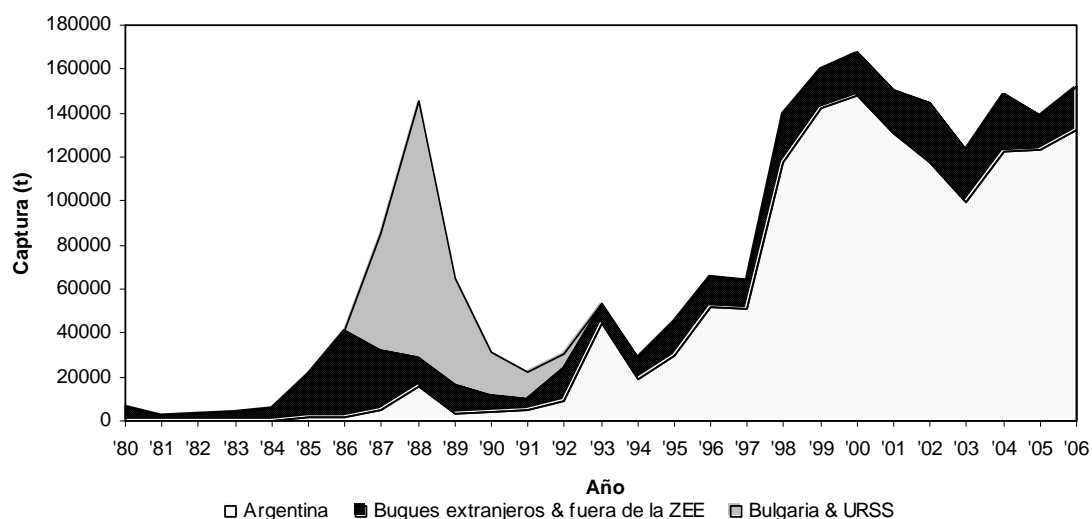


Figura 1. Capturas totales anuales de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental estimadas para el período 1980-2005.

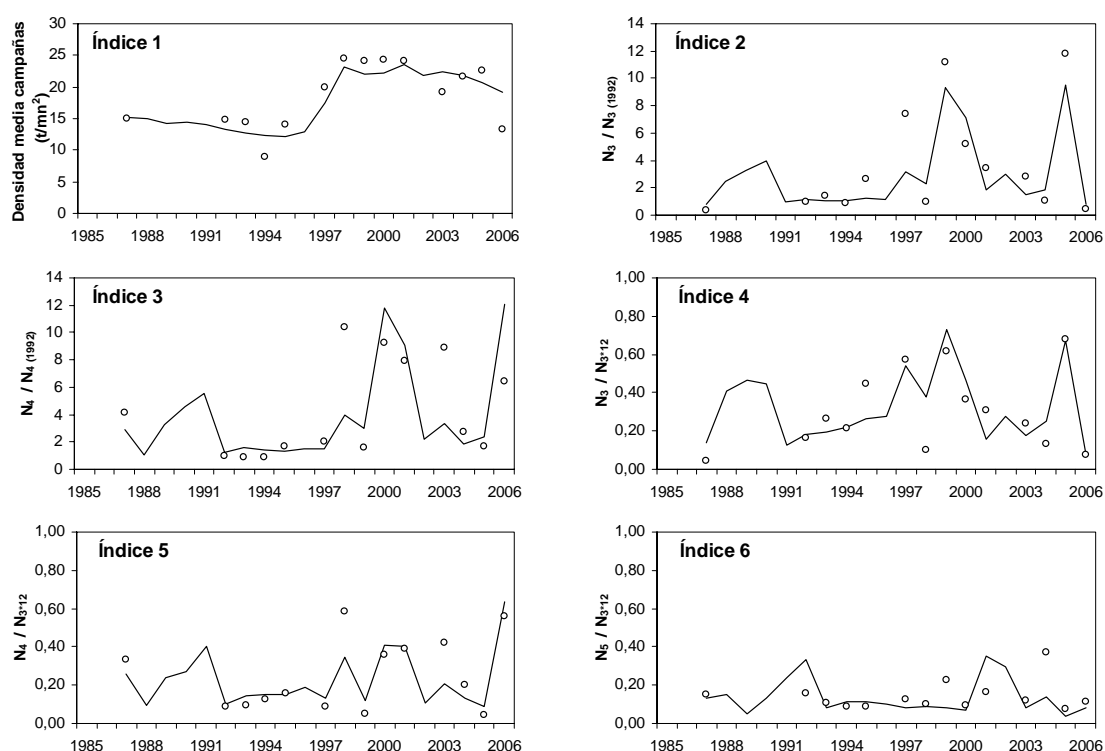


Figura 2. Resultados del ajuste del modelo calibrado con los seis índices disponibles ponderados de igual forma. Índice 1: densidad media en t/mn^2 obtenida mediante campañas de investigación *versus* biomasa total al momento de la realización de los cruceros; índice 2: número de ejemplares de edad 3 estimados en campañas de investigación *versus* número de individuos de edad 3 estimados por el modelo (ambas series, relativas a los respectivos valores correspondientes al año 1992); índice 3: ídem anterior, considerando la edad 4; índice 4: proporción de ejemplares de edad 3 en el número total de individuos (edades 3 a 12+) estimado por campañas de investigación *versus* la proporción análoga resultante del modelo; índice 5: ídem anterior, considerando la edad 4; índice 6: ídem anterior, considerando la edad 5.

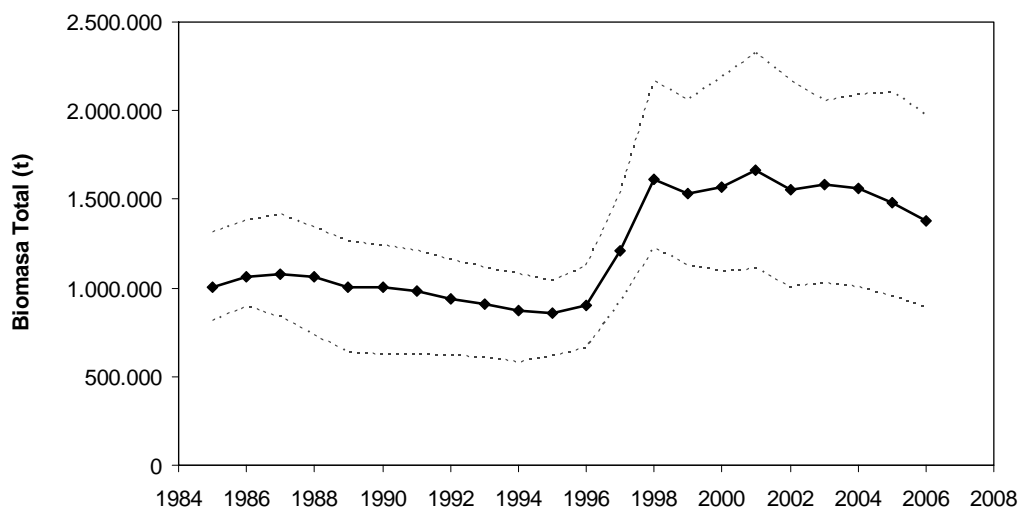


Figura 3. Estimaciones de la biomasa total de la población y límites de confianza obtenidos por el método de los percentiles a través del *bootstrap* paramétrico.

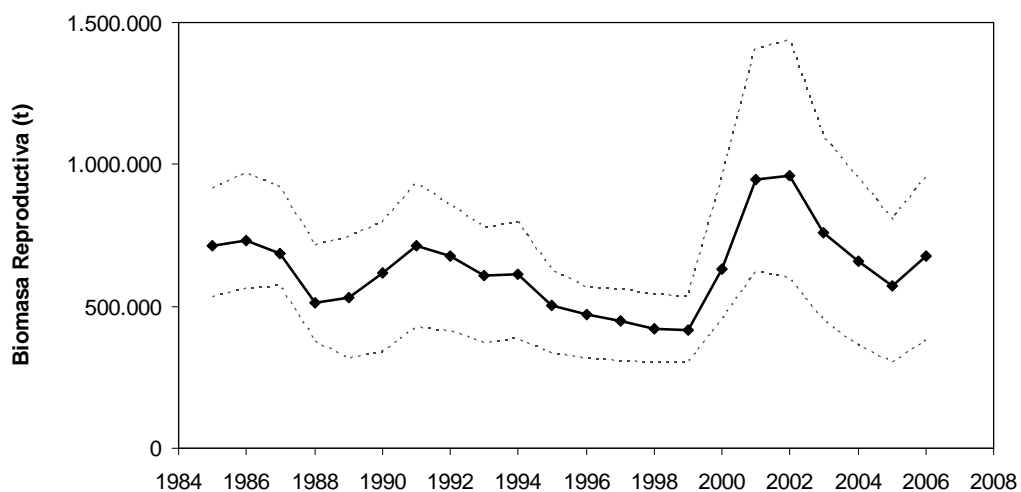


Figura 4. Estimaciones anuales de la biomasa de reproductores y límites de confianza obtenidos por el método de los percentiles a través del *bootstrap* paramétrico.

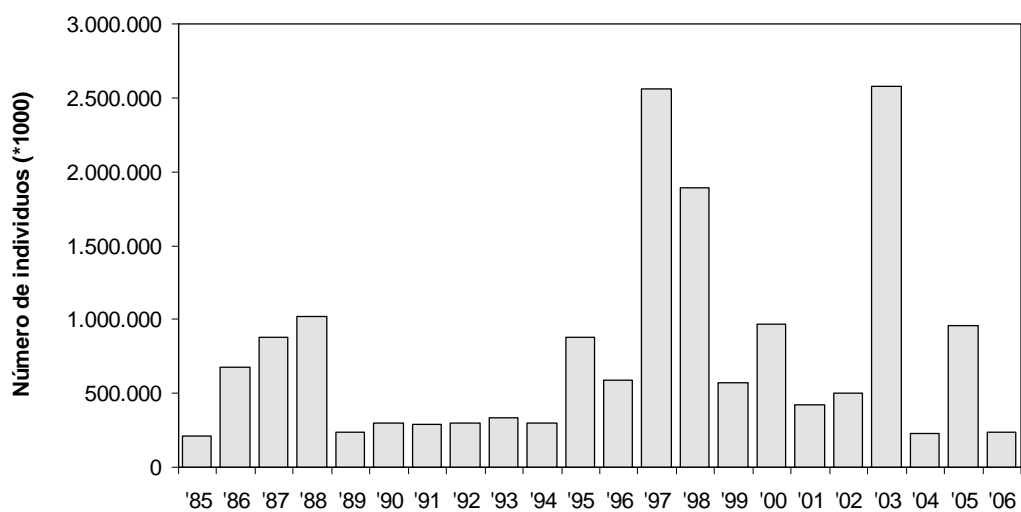


Figura 5. Estimaciones del número de reclutas a la edad de 1 año.

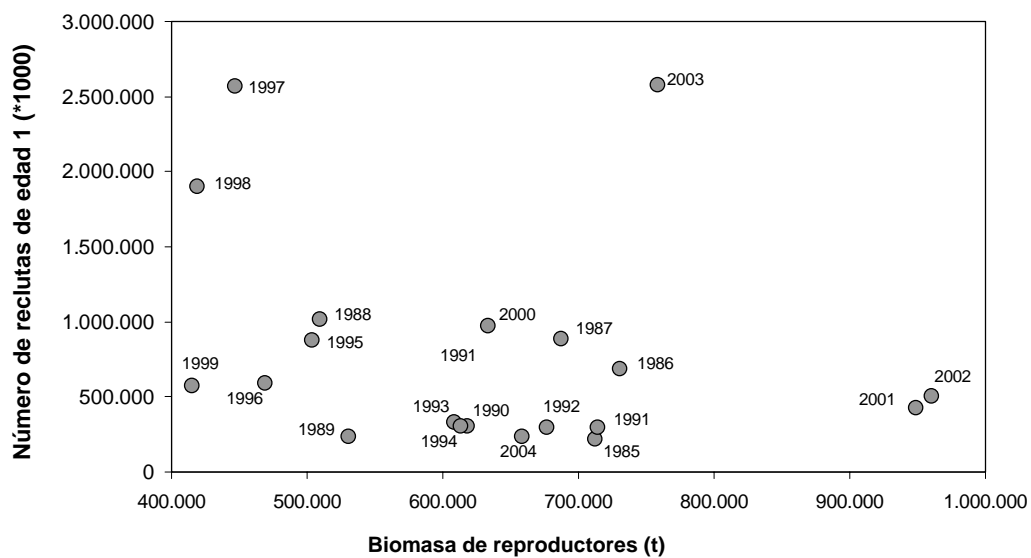


Figura 6. Relación entre el tamaño del efectivo reproductor y el número de reclutas a la edad de 1 año. El año indicado en cada punto corresponde al número estimado de reclutas de edad 1+ en ese año.

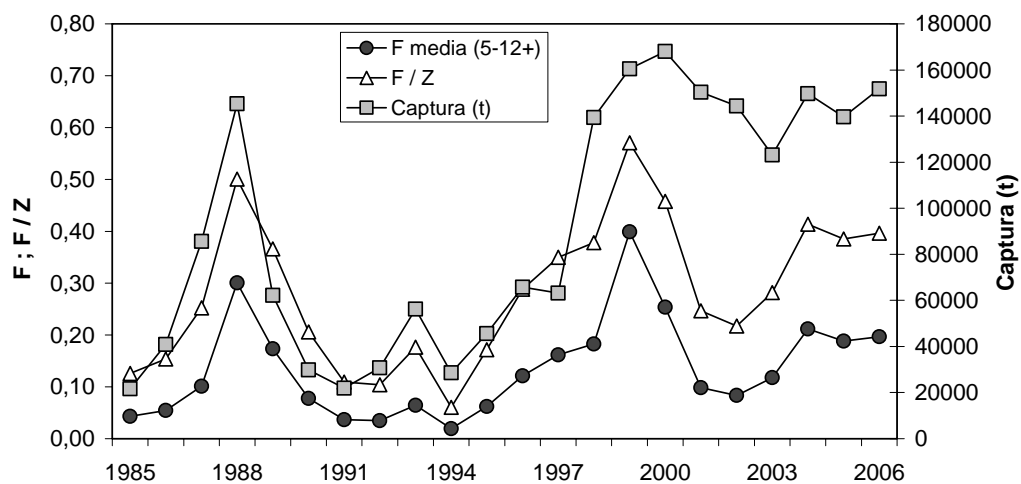


Figura 7. Tasa anual de mortalidad por pesca estimada por el modelo como promedio anual de las edades totalmente reclutadas (5-12+), tasa de explotación (F/Z) y capturas totales anuales.

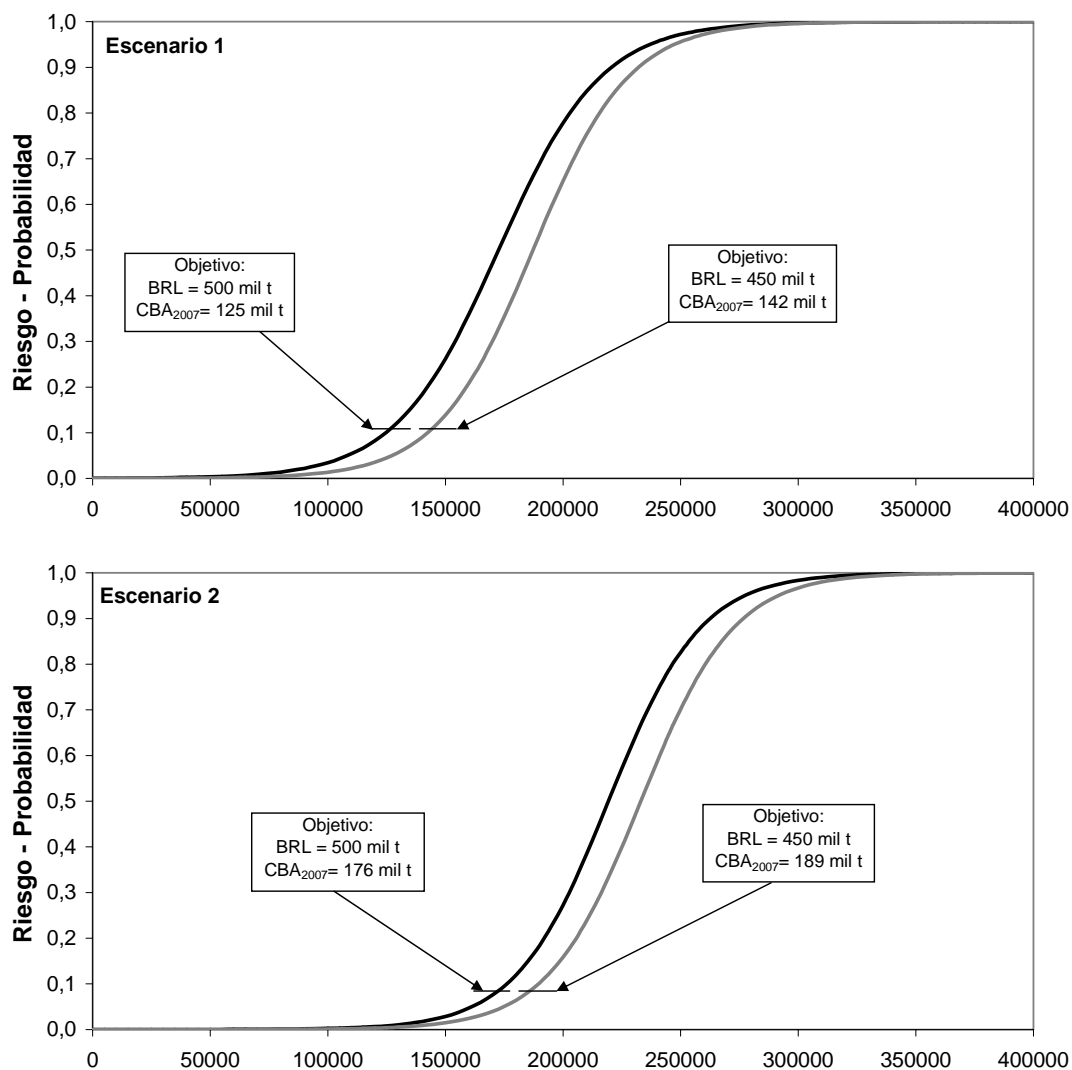


Figura 8. Curvas de riesgo derivadas de la aplicación de niveles crecientes de mortalidad por pesca a la población de merluza de cola proyectada considerando dos valores, asumiendo el reclutamiento medio del período 1985-2004 (Escenario 1) y el del período 1995-2004 (Escenario 2). Se indican las capturas biológicamente aceptables proyectadas para el año 2007, considerando los dos niveles de biomasa reproductiva límite (BRL).

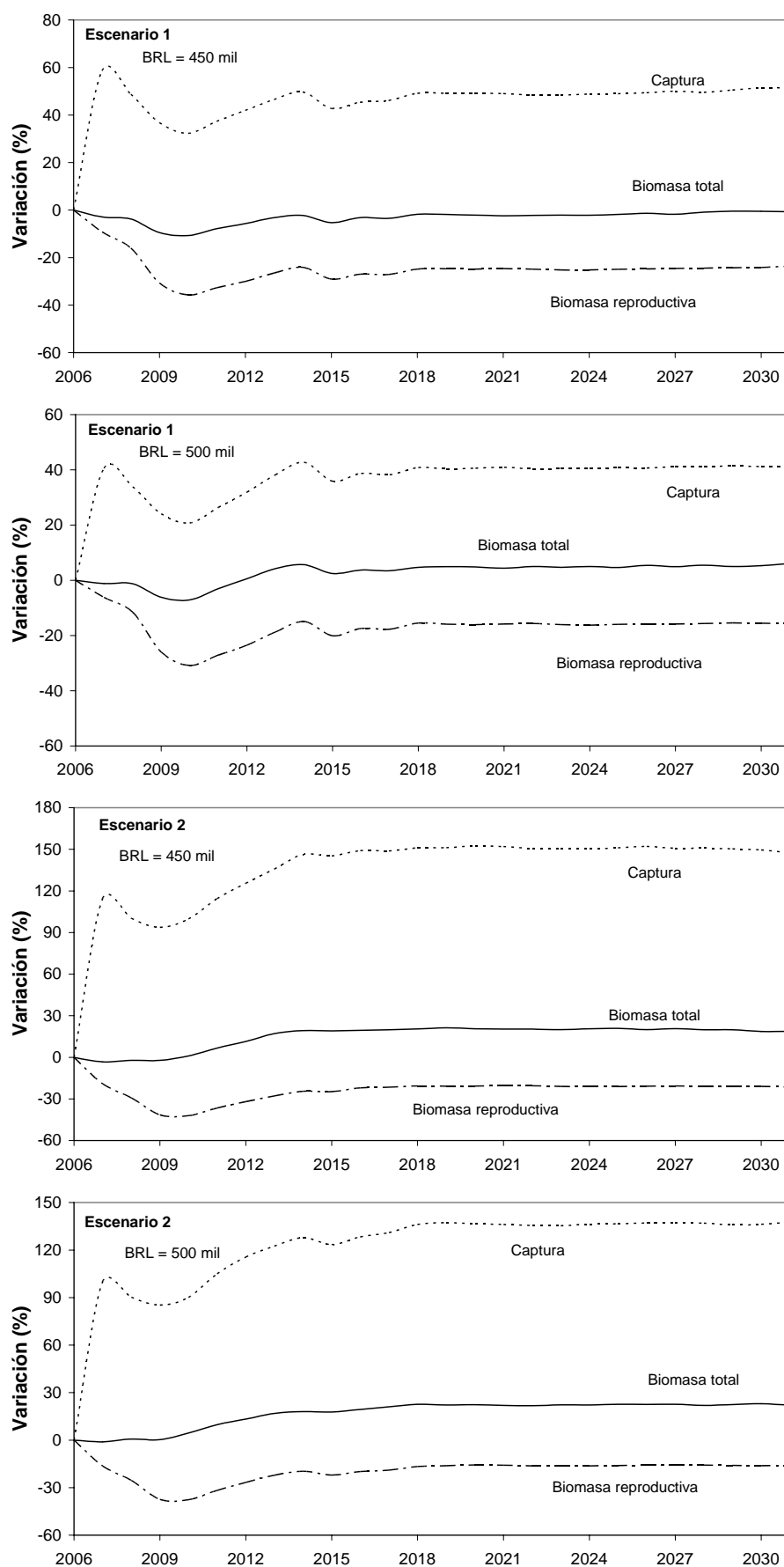


Figura 9. Variación porcentual de la biomasa total y de la reproductiva y de las capturas, según las proyecciones realizadas con las mortalidades por pesca de referencia calculadas con los reclutamientos promedio del período 1985-2004 (Escenario 1) y del período 1995-2004 (Escenario 2), considerando dos niveles límites de la biomasa reproductiva.