



INFORME TÉCNICO OFICIAL

N°
037
Fecha
21/08/09

Páginas
24

DIRECCIÓN: Pesquerías Demersales
PROGRAMA / GABINETE: 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 1985-2008**

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

PREPARADO POR:

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

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

FIRMA:		/ /
NOMBRE:	 día/mes/año

FIRMA:		/ /
NOMBRE:	 día/mes/año

FIRMA:		/ /
NOMBRE:	 día/mes/año

SOLICITADO POR:

INSTITUCION:
CARGO:

APROBADO POR:

JEFE DE PROGRAMA / GABINETE
 LIC. PATRICIA A. MARTÍNEZ DIRECTORA DE AREA
 DIRECTOR NACIONAL DE INVESTIGACIÓN

Dr. OTTO C. WÖHLER
DIRECTOR
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP

DNI 701 / 10 / 09 / 09

**EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MERLUZA DE COLA
(*Macruronus magellanicus*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL.
PERÍODO 1985-2008.**

por

Analía R. Giussi y Otto C. Wöhler
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

Resumen Ejecutivo

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, siendo explotada principalmente por buques arrastreros de gran porte que procesan las capturas a bordo. La pesquería comenzó a principios de la década del '80, con bajos niveles de extracción, aumentado las capturas durante la última década, hasta llegar a niveles máximos que han superado las 160 mil toneladas anuales. No obstante ello, y dadas las estimaciones de abundancia del recurso, en ninguna oportunidad se ha superado el valor de la Captura Máxima establecido por la Autoridad de Aplicación.

El diagnóstico del estado de explotación de la merluza de cola se ha realizado anualmente aplicando un análisis de cohortes calibrado con índices de abundancia provenientes de campañas de investigación. Como datos básicos se ha empleado la información referente a las capturas totales, estructura y diversos parámetros poblacionales (peso medio y proporción de individuos maduros por edad) y pesqueros (patrón de selección) correspondiente al período 1985-2008. A partir de los resultados obtenidos, se han simulado proyecciones de la evolución de la población y se ha medido el riesgo de sobrepesca asociado a distintos supuestos acerca de los posibles reclutamientos futuros y diferentes niveles de explotación. Finalmente, se han estimado distintos niveles de Captura Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2009.

La biomasa total mostró una tendencia ascendente en el período 1995-2001, relacionadas a la fuerza de varias clases anuales, principalmente las correspondientes a las cohortes 1995, 1996 y 1998. A partir de 2001, comenzó una etapa de ligera declinación del tamaño efectivo, con reclutamientos medios menores, aunque podrían mencionarse los correspondientes a los años 2001 y 2004 como importantes, contribuyendo a la estabilización la abundancia observada durante los últimos años. La biomasa total estimada a inicios de 2008 fue de 1,2 millones de toneladas.

La biomasa de reproductores se estimó en valores cercanos a 690 mil toneladas. La tendencia observada fue cíclica, siendo máxima durante los períodos 1991-1992 y 2001-2004, mientras que el valor mínimo se observó en 1999. La tasa de explotación habría disminuido levemente respecto de los valores del año anterior a pesar del aumento de la captura total.

Se realizaron proyecciones a largo plazo considerando dos escenarios basados en distintos supuestos acerca de los niveles de reclutamiento futuros. Uno de ellos se construyó considerando todo el período analizado (1985-2006; Escenario 1) y el otro incluyó los estimados durante la última parte del mismo (1996-2006; Escenario 2). Además, en ambos casos se consideraron dos valores de Biomasa Reproductiva Límite (450 mil y 500 mil toneladas). Los niveles de extracción correspondientes a la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) proyectada para el año 2009, con 10% de riesgo de no cumplir con el objetivo planteado, se estimaron entre 89 mil y 156 mil toneladas. Las proyecciones basadas en el Escenario 1 implican que ambas biomásas disminuirían. Con resultados promedio como los supuestos en el Escenario 2 se predeciría una disminución en la BR y un leve aumento en la BT.

Dado que los índices de ajuste aplicados en esta pesquería surgen de las campañas de investigación, y que durante los últimos años han existido problemas de índole logística que han impedido su realización, la robustez de la metodología aplicada puede disminuirse en los análisis subsiguientes si se mantiene esta problemática. De hecho, el índice correspondiente al último año debió ser re-estimado para que el diagnóstico del estado de explotación de la pesquería pudiera realizarse.

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, 2007). Las capturas biológicamente aceptables (CBA) 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 2008, 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 2008.

2.- FUENTES DE INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA APLICADA EN EL ANÁLISIS

2.1.- Capturas totales anuales

Como en análisis anteriores (Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006, 2007, Giussi *et al.*, 2008), 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; 2007) 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), Sánchez (2001, 2004; 2005, 2006) y Sánchez & Giussi (2007, 2008). También se incluyó la información correspondiente a las capturas de buques que operan ilegítimamente en el área circundante a las Islas Malvinas.

Tabla 1. Capturas totales anuales (expresadas en toneladas) de merluza de cola obtenidas en el Atlántico Sudoccidental y las Capturas Máximas Permisibles (CMP) establecidas por la Autoridad de Aplicación Argentina.

AÑO	Captura	CMP	AÑO	Captura	CMP
1985	21663		1997	63205	180000
1986	40895		1998	139395	175000
1987	85605		1999	160487	260000
1988	145340		2000	168031	300000
1989	62215		2001	150388	230000
1990	29852		2002	144382	230000
1991	21966		2003	123139	230000
1992	30716		2004	149754	200000
1993	56248	150000	2005	139656	200000
1994	28562	200000	2006	167880	200000
1995	45584	160000	2007	134043	189000
1996	65712	175000	2008	142281	189000

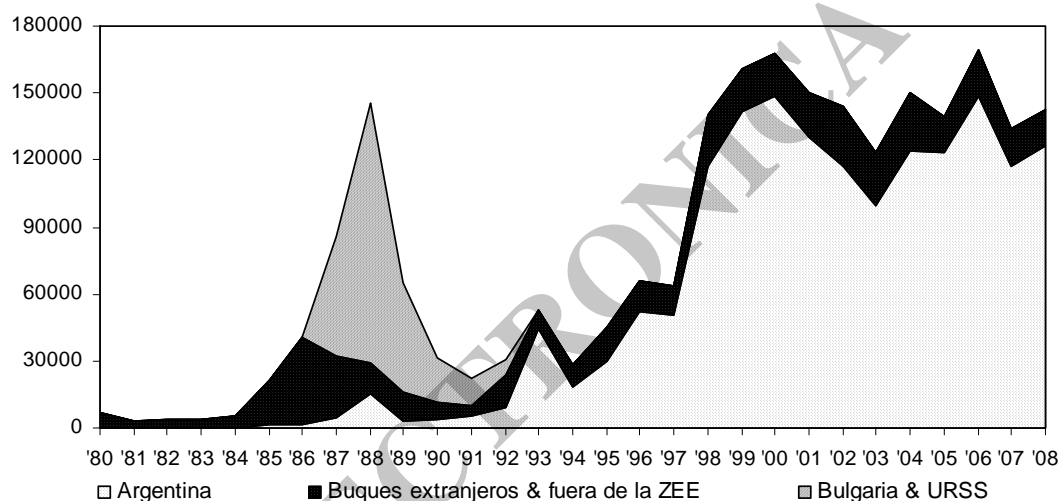


Figura 1. Capturas totales anuales de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental estimadas para el período 1980-2008.

2.2.- Captura por edad

Las capturas por edad correspondientes al período 1985-2006 estuvieron basadas en aquellas indicadas por Giussi & Wöhler (2007), y fueron completadas con los valores del año 2007 (Abachian & Giussi, 2007) y los del 2008* (Tabla 2).

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

AÑO / EDAD	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1	2	466	11847	1729	195	21	145	3368	2800	42	16671	60
2	363	1539	25541	20832	2955	547	1629	7033	12122	13034	5356	26720
3	762	2639	5681	22007	4847	1161	2008	4486	13049	15452	13434	8405
4	2580	7852	34376	9180	13050	4903	5009	5780	16389	5837	12317	17931
5	2895	7036	13646	30668	11773	5877	5077	5526	9394	2303	6832	12910
6	3284	6172	14229	23661	10904	5969	4210	5124	6145	1076	2990	6143
7	3048	5087	6054	16177	8136	4627	2778	3700	5011	1153	3558	3022
8	2658	3881	4831	12063	5498	3304	1711	2531	3714	1187	3194	3219
9	1312	1977	1965	6651	2353	1411	734	1127	1780	496	1411	2804
10	653	961	712	3374	814	544	247	399	583	293	590	1264
11	251	391	425	2103	157	140	36	104	164	256	273	467
12+	146	223	177	91	71	73	17	51	84	90	68	171

* Abachian & Giussi, datos sin publicar.

Tabla 2. Continuación.

AÑO / EDAD	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	487	7382	1657	70392	4054	566	17944	1282	36043	22698	16006	4859
2	543	87435	36494	53075	60178	22095	17269	64378	19013	84966	69357	50719
3	27459	19939	122888	76838	33852	78295	21894	15735	107119	13642	43394	66087
4	8519	81572	14574	70777	56842	23984	46766	22065	16066	89470	23183	41730
5	16049	12956	57789	16665	27203	24670	17198	45866	22902	18721	34558	13345
6	8758	11473	10243	24516	17484	23878	18454	14748	25593	16935	9044	22618
7	3140	3705	5201	4973	8488	9277	19402	18627	6742	16517	8151	4976
8	1938	2232	2058	2249	2379	4599	7241	17871	4983	6666	6722	6187
9	1668	1302	1810	956	1311	1308	3526	3803	2522	3219	1863	2160
10	1352	653	1230	890	571	536	2333	975	758	1151	541	808
11	641	247	370	227	434	150	497	337	42	160	59	294
12+	164	133	217	160	478	220	76	1	89	1	52	126

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; Abachian & Giussi, 2007). También han sido calculados los valores correspondientes al comienzo de cada año y en la época de reproducción.

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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

Tabla 3. Continuación.

AÑO / EDAD	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	0,1534	0,177	0,142	0,142	0,194	0,194	0,191	0,212	0,195	0,177	0,160	0,160
2	0,3327	0,339	0,297	0,297	0,346	0,346	0,395	0,337	0,360	0,347	0,389	0,389
3	0,5489	0,529	0,487	0,487	0,542	0,542	0,523	0,572	0,495	0,530	0,499	0,499
4	0,7784	0,735	0,694	0,694	0,764	0,764	0,679	0,743	0,700	0,684	0,741	0,741
5	1,0045	0,944	0,903	0,903	0,947	0,947	0,819	0,870	0,869	0,842	0,930	0,930
6	1,2166	1,149	1,105	1,105	1,195	1,195	0,940	1,015	0,947	1,048	1,148	1,148
7	1,4090	1,342	1,294	1,294	1,333	1,333	1,022	1,092	1,129	1,100	1,296	1,296
8	1,5792	1,523	1,466	1,466	1,687	1,687	1,217	1,177	1,164	1,216	1,340	1,340
9	1,7272	1,687	1,619	1,619	1,653	1,653	1,378	1,323	1,058	1,348	1,420	1,420
10	1,8543	1,836	1,754	1,754	1,688	1,688	1,540	1,448	1,338	1,367	1,416	1,416
11	1,9623	1,969	1,872	1,872	1,875	1,875	1,898	2,080	2,080	1,431	1,230	1,230
12+	2,0611	2,088	1,973	1,973	2,285	2,285	2,890	2,890	2,100	2,119	1,400	1,400

2.4.- Madurez sexual por edad

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 de la campaña de investigación estival realizada durante ese año. 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).

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

AÑO / EDAD	1985 - 1996	1997	1998	1999 - 2002	2003	2004	2005	2006 - 2008
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,01	0,05	0,00	0,03	0,16	0,05	0,04	0,13
3	0,29	0,30	0,35	0,14	0,51	0,34	0,20	0,34
4	0,88	0,63	0,62	0,66	0,77	0,76	0,67	0,55
5	0,99	0,89	0,89	0,88	0,90	0,91	0,89	0,69
6	1	0,95	0,95	0,95	0,98	0,97	0,94	0,93
7-12+	1	1	1	1	1	1	1	1

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; 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006; 2007; Giussi *et al.*, 2008), 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, 2002 y 2007). 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).

Cabe destacar que los índices correspondientes al año 2007 no pudieron ser utilizados como fuera explicitado en Giussi *et al.* (2008), dado que se suscitaban diversos

inconvenientes en el desarrollo de la campaña durante la cual son obtenidos. Por tal razón y por la imposibilidad de contar también con los correspondientes al año 2008, se realizó una aproximación al índice de la densidad media que incluyó los datos colectados en años recientes. Se emplearon entonces las estimaciones de las densidades medias y las varianzas por estrato visitado en las campañas correspondientes a los años 2006 y 2009. Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

$$\hat{d}_i = \frac{\sum d_{ij} * \frac{N_{ij}}{\text{var}_{ij}}}{\sum \frac{N_{ij}}{\text{var}_{ij}}} \quad \hat{d}_{2008} = \frac{\sum \hat{d}_i * a_i}{\sum a_i}$$

donde d es la densidad media (t/mn^2) del estrato i en el año j , interviniendo el número de observaciones y la varianza además del área de cada uno de ellos.

El valor resultante, es decir el estimado de la densidad media \hat{d}_{2008} fue incluido como único índice correspondiente a ese año.

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 2007 (proyectada al inicio de 2008) 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 biomásas 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 2009. 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 que fue empleado por Giussi & Wöhler, (2007) 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 1993-2006.

Del mismo modo que en análisis anteriores (Wöhler *et al.*, 2001; 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005; 2006; Giussi *et al.*, 2008), la incertidumbre fue introducida sobre la base de la obtenida en la estimación de la biomasa total a comienzos de 2008, calculada mediante el *bootstrap* paramétrico, y también a través del proceso de reclutamiento. Los valores de biomasa inicial (B_{2008}) 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 (2007 y 2008), 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 (1996 a 2006), con su correspondiente rango de variación.

3.- RESULTADOS Y DISCUSION

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

En el ajuste realizado para la calibración del modelo se consideraron todos los índices de abundancia indicados anteriormente (Tabla 5, Figura 2), y con igual ponderación para los años 1987-2006. El correspondiente a la densidad media incluyó también el re-estimado para el año 2008. 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.

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

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

Índice / año	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2008
Densidad media (t/mn^2)	24,31	24,08	19,09	21,65	22,66	13,27	12,50
N edad 3 / N 1992	5,24	3,44	2,83	2,73	11,80	0,48	
N edad 4 / N 1992	9,23	7,88	8,86	2,91	1,64	6,42	
N edad 3 / N edades 3-12	0,36	0,31	0,24	0,13	0,50	0,07	
N edad 4 / N edades 3-12	0,36	0,39	0,42	0,20	0,67	0,56	
N edad 5 / N edades 3-12	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 al proceso de ajuste del modelo a los valores observados.

Índice	σ^i	$-\ln L$	Factor Pond.
1	0,19	-17,23	1
2	0,72	2,44	1
3	0,29	-10,55	1
4	0,13	-10,03	1
5	0,10	-10,27	1
6	0,13	-11,47	1
Total		-59,55	

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

Parámetro	Valor estimado
q^1	1,42E-05
q^2	7,65E-06
q^3	1,60E-05

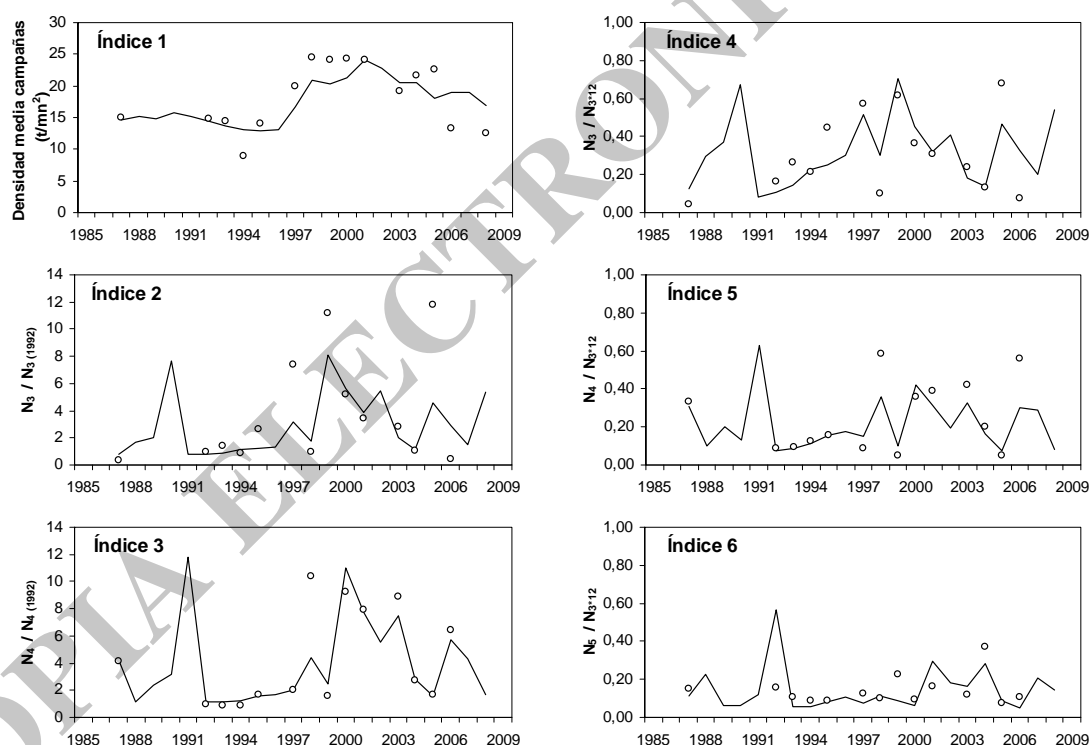


Figura 2. Resultados del ajuste del modelo calibrado con los seis índices disponibles ponderados de igual forma. Índice 1: densidad media en t/mn^2 obtenida mediante campañas de investigación *versus* biomasa total al momento de la realización de los cruceros; Índice 2: número de ejemplares de edad 3 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.

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, particularmente con las estimadas durante los dos últimos años que comprendieron el período 1985-2007 (Giussi & Wöhler, 2007; Giussi *et al.*, 2008). Las máximas estimaciones de biomasa total se observaron a partir del año 1998, con valores promedio de 1,5 millones de toneladas, aproximadamente. La trayectoria de la biomasa podría dividirse en tres etapas. La primera más estable se extendió hasta el año 1997 con valores cercanos al millón de toneladas, la segunda evidenció una tendencia creciente, prolongándose hasta el año 2002 y la tercera, en la cual se detectó una leve disminución. La biomasa total estimada a comienzos del año 2008 fue de 1,2 millones de toneladas (Figura 3).

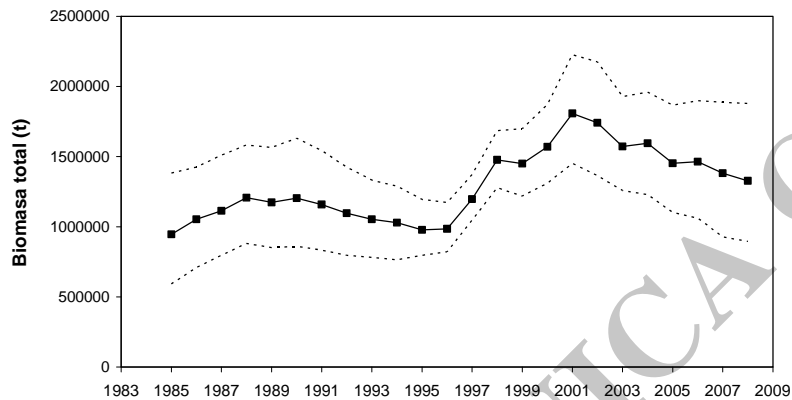


Figura 3. Estimaciones de la biomasa total de la población y límites de confianza obtenidos por el método de los percentiles a través del *bootstrap* paramétrico.

La biomasa de reproductores se estimó en aproximadamente en 690 mil toneladas. La tendencia observada en sus estimaciones fue notoriamente variable aunque pareció evidenciar una periodicidad en el tamaño del efectivo, dado que se observaron algunos años de biomasa reproductiva altas con valores cercanos a las 800 mil t y tres períodos bajos cuyos valores medios se hallarían cercanos a las 500 mil t (Figura 4). La estimación actual se encuentra en valores cercanos al promedio de todo el período, similar a las obtenidas durante los últimos tres años, luego de los elevados valores correspondientes al período 2001 – 2004.

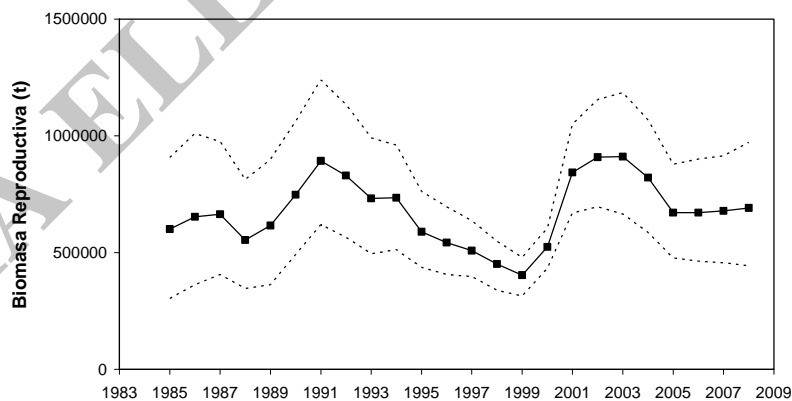


Figura 4. Estimaciones anuales de la biomasa de reproductores y límites de confianza obtenidos por el método de los percentiles a través del *bootstrap* paramétrico.

La variabilidad observada en los reclutamientos coincidió con los resultados observados en evaluaciones previas (Wöhler *et al.*, 2001, 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006, 2007; Giussi *et al.*, 2008). La incorporación de individuos de edad 1+ a la población evidenció varios períodos, el primero, que se extendió entre los años 1986-1988, estuvo caracterizado por reclutamientos relativamente elevados, que habrían superado los 1.000 millones de individuos. En el segundo período (1997-2000), las estimaciones del número de reclutas

superó los 1.500 millones de individuos, destacándose particularmente la clase anual de 1995 (edad 1+ en 1997) que superó los 2.000 millones (Figura 5). Otras cohortes destacables fueron la del 1996 (edad 1+ en 1998) y la de 1998 (edad 1+ en el año 2000). Sin embargo, durante el tercer período, las incorporaciones de reclutas fueron algo menores (<1.000 millones de individuos), aunque se destacaron las estimaciones correspondientes al año 2001 (edad 1+ en el año 2003) y al 2004 (edad 1+ en el año 2006).

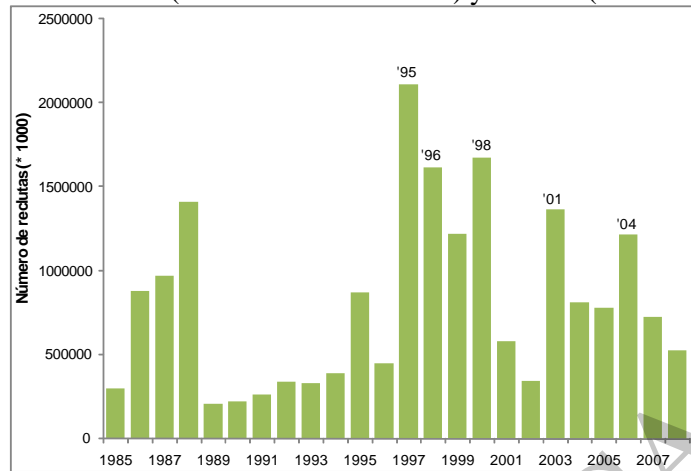


Figura 5. Estimaciones del número de reclutas a la edad de 1 año. El año indicado en cada columna corresponde a la clase anual que dio origen a ese número de reclutas

La relación entre el número de reclutas y el tamaño del efectivo reproductor que les diera origen no manifestó una clara dependencia (Figura 6). La mayoría de los reclutamientos, independientemente del aporte realizado, habrían provenidos de biomazas reproductivas entre 450 y 900 mil toneladas (Figura 6). Los reclutamientos que principalmente contribuyeron a las elevadas estimaciones de la biomasa poblacional habrían surgido de relativamente bajas abundancias de reproductores, estimadas entre 450 y 600 mil toneladas, que correspondieron al período 1995-1998. Por el contrario, existieron biomazas de reproductores superiores a las 900 mil toneladas, correspondientes a los años 2002 y 2003, que habrían dado origen a un relativamente bajo número de reclutas en los años 2004 y 2005. Cabe destacar que durante el comienzo del período analizado, las BR fueron muy variables y elevadas y aportaron bajo número de reclutas.

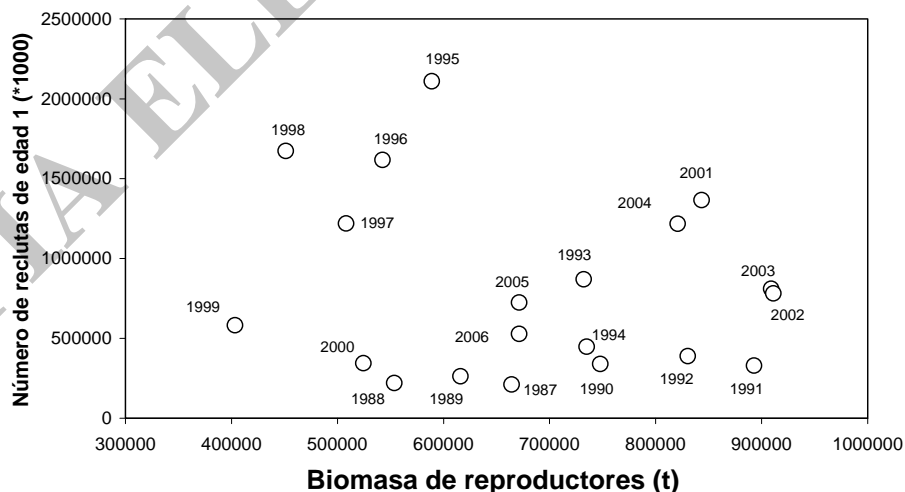


Figura 6. Relación entre el tamaño del efectivo reproductor y el número de reclutas a la edad de 1 año. El año indicado en cada punto corresponde a la clase anual o cohorte.

Tanto los valores estimados de la tasa instantánea de mortalidad por pesca para el promedio de las edades 5 a 12+, como los de la tasa de explotación (F/Z) (Figura 7) fueron máximos en el año 1999. A partir del año 2001, ambos parámetros se mantuvieron en

valores más bajos y con tendencia fluctuante cercanos a la media, aun cuando las capturas declaradas en los últimos años del período fueron altas.

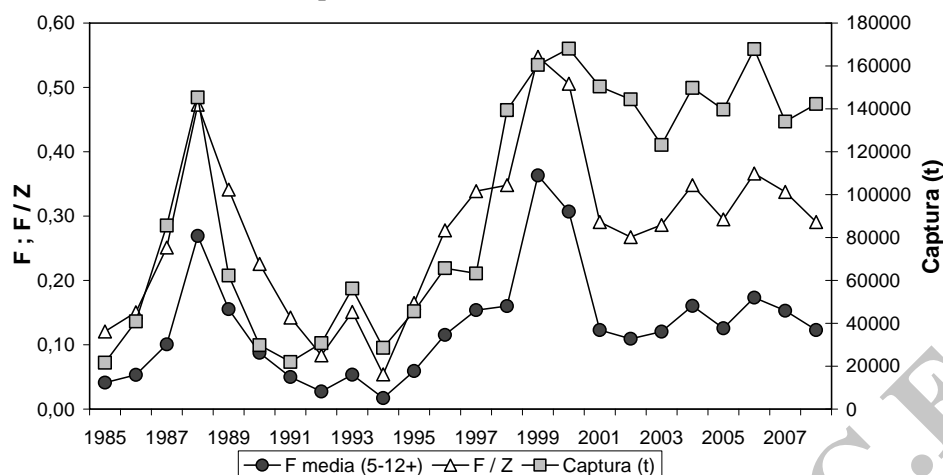


Figura 7. Tasa anual de mortalidad por pesca estimada por el modelo como promedio anual de las edades totalmente reclutadas (5-12+), tasa de explotación (F/Z) y capturas totales anuales.

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 0,120 y 0,095, respectivamente, mientras que considerando el Escenario 2 fueron 0,180 y 0,160 (Tabla 10, Figuras 6 y 7).

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 1993-2006.

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

El nivel de extracción resultante del ajuste del modelo proyectado para el año 2009, correspondiente al punto biológico definido previamente (CBA) y considerando un reclutamiento promedio igual al observado en el período 1985-2006 (Escenario 1), fue de 105 mil toneladas, manteniendo una BRL de 450 mil toneladas (Tabla 11, Figura 8). Si el límite de ésta fuera ligeramente superior (500 mil toneladas), el volumen que podría extraerse sería de 89 mil toneladas. En cambio, si los valores de reclutamiento subsiguientes fueran superiores, cercanos al promedio del período más reciente, es decir 1996-2006 (Escenario 2), las CBA serían de 157 mil toneladas y 139 mil toneladas para las BRL de 450 mil y 500 mil toneladas, respectivamente (Tabla 11, Figura 9).

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 1985-2006. Escenario 2: período 1996-2006.

Escenario	Reclutamiento	($N * 10^3$)
1	Valor medio (\bar{R})	834.286
	Valor mínimo ($R_{mín}$)	210.830
	Valor máximo ($R_{máx}$)	2.109.754
2	Valor medio (\bar{R})	1.086.760
	Valor mínimo ($R_{mín}$)	344.924
	Valor máximo ($R_{máx}$)	2.109.754

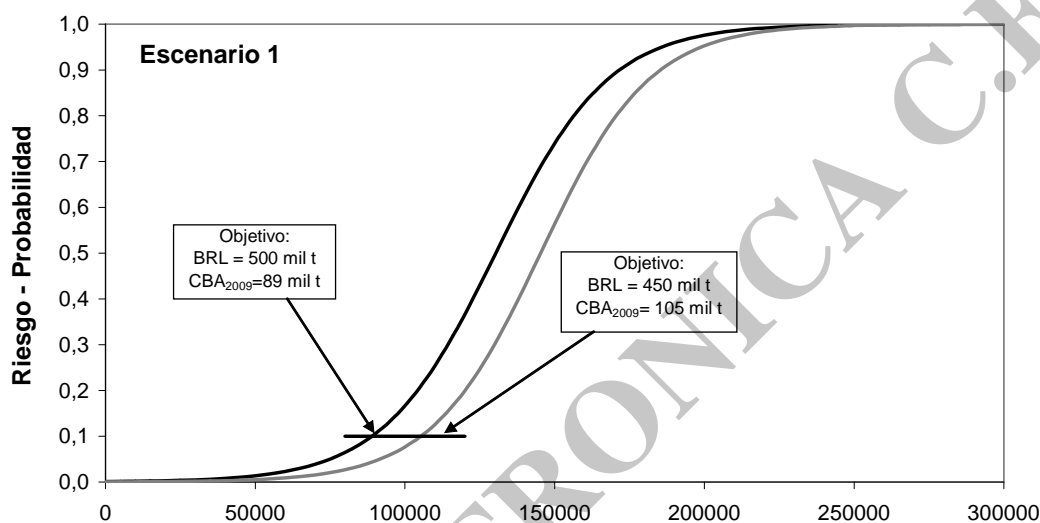


Figura 8. Curvas de riesgo derivadas de la aplicación de niveles crecientes de mortalidad por pesca a la población de merluza de cola proyectada considerando dos valores, asumiendo el reclutamiento medio del período 1985-2006 (Escenario 1). Se indican las capturas biológicamente aceptables proyectadas para el año 2009, considerando los dos niveles de biomasa reproductiva límite (BRL).

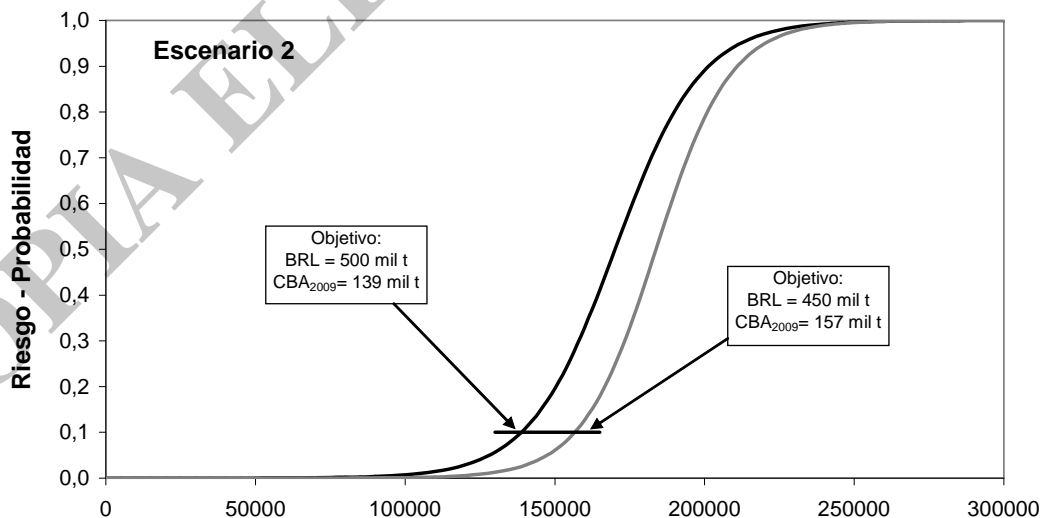


Figura 9. Curvas de riesgo derivadas de la aplicación de niveles crecientes de mortalidad por pesca a la población de merluza de cola proyectada considerando dos valores, asumiendo el reclutamiento medio del período 1996-2006 (Escenario 2). Se indican las capturas biológicamente aceptables proyectadas para el año 2009, considerando los dos niveles de biomasa reproductiva límite (BRL).

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 2009 (t)</i>	<i>riesgo BRL 450 mil t</i>	<i>riesgo BRL 500 mil t</i>	<i>Factor F</i>	<i>captura 2009 (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	50193	0,00	0,01	0,050	49844	0,00	0,00
0,060	58319	0,00	0,02	0,060	58654	0,00	0,00
0,070	67593	0,01	0,02	0,070	67304	0,00	0,00
0,090	85139	0,03	0,08	0,090	83460	0,00	0,00
0,095	89975	0,04	0,10	0,095	91824	0,00	0,00
0,100	94469	0,05	0,12	0,100	92866	0,00	0,00
0,105	97107	0,07	0,16	0,105	96842	0,00	0,00
0,110	102382	0,07	0,17	0,110	100658	0,00	0,00
0,115	104612	0,09	0,22	0,115	108655	0,00	0,00
0,120	105319	0,10	0,25	0,120	110477	0,00	0,00
0,125	114498	0,14	0,27	0,125	114955	0,00	0,01
0,140	124082	0,23	0,40	0,140	127154	0,00	0,02
0,150	130048	0,33	0,52	0,150	129694	0,01	0,04
0,160	138583	0,43	0,61	0,160	138798	0,02	0,10
0,170	144406	0,50	0,67	0,170	142708	0,04	0,15
0,180	150060	0,56	0,72	0,180	156645	0,10	0,23
0,190	154719	0,66	0,81	0,190	157186	0,12	0,284
0,200	163229	0,75	0,88	0,200	168458	0,23	0,44
0,230	183218	0,89	0,95	0,230	183560	0,44	0,67
0,240	190936	0,90	0,96	0,240	187781	0,60	0,79
0,250	189803	0,93	0,97	0,250	191900	0,66	0,83
0,260	200058	0,95	0,98	0,260	195443	0,73	0,88
0,270	202451	0,96	0,98	0,270	202743	0,82	0,94
0,280	209984	0,96	0,98	0,280	205129	0,87	0,95

Al considerar el Escenario 1 (1985-2006) 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 disminuiría hasta el 8% respecto de las actuales estimaciones, dependiendo de la BRL establecida. La evolución de la biomasa de reproductores evidenciaría la misma tendencia aunque su disminución sería notoriamente mayor, disminuyendo en porcentajes del 10 al 20 %, aproximadamente (Tabla 11, Figura 10). La captura se incrementaría hasta el 16%.

Al considerar el Escenario 2, con reclutamientos futuros más exitosos, la evolución de las capturas sería positiva en todo el período, incrementándose hasta el 88% respecto de los últimos registros. En ambos objetivos planteados, la biomasa total aumentaría hasta el 3%, mientras que la biomasa reproductiva podría decrecer hasta el 22% (Tabla 11, Figura 10).

Los valores de las proyecciones de las capturas en el largo plazo respecto de la CBA estimada para 2009 evidenciaron una evolución positiva en los dos escenarios planteados. Las capturas en el largo plazo, considerando el Escenario 1 y de acuerdo a la BRL, se estabilizarían en valores porcentajes variables entre el 4 y el 16%. En el caso del Escenario 2 y con los dos valores de BRL, los incrementos en la CBA podrían alcanzar porcentajes que oscilarían entre el 72 y el 88%.

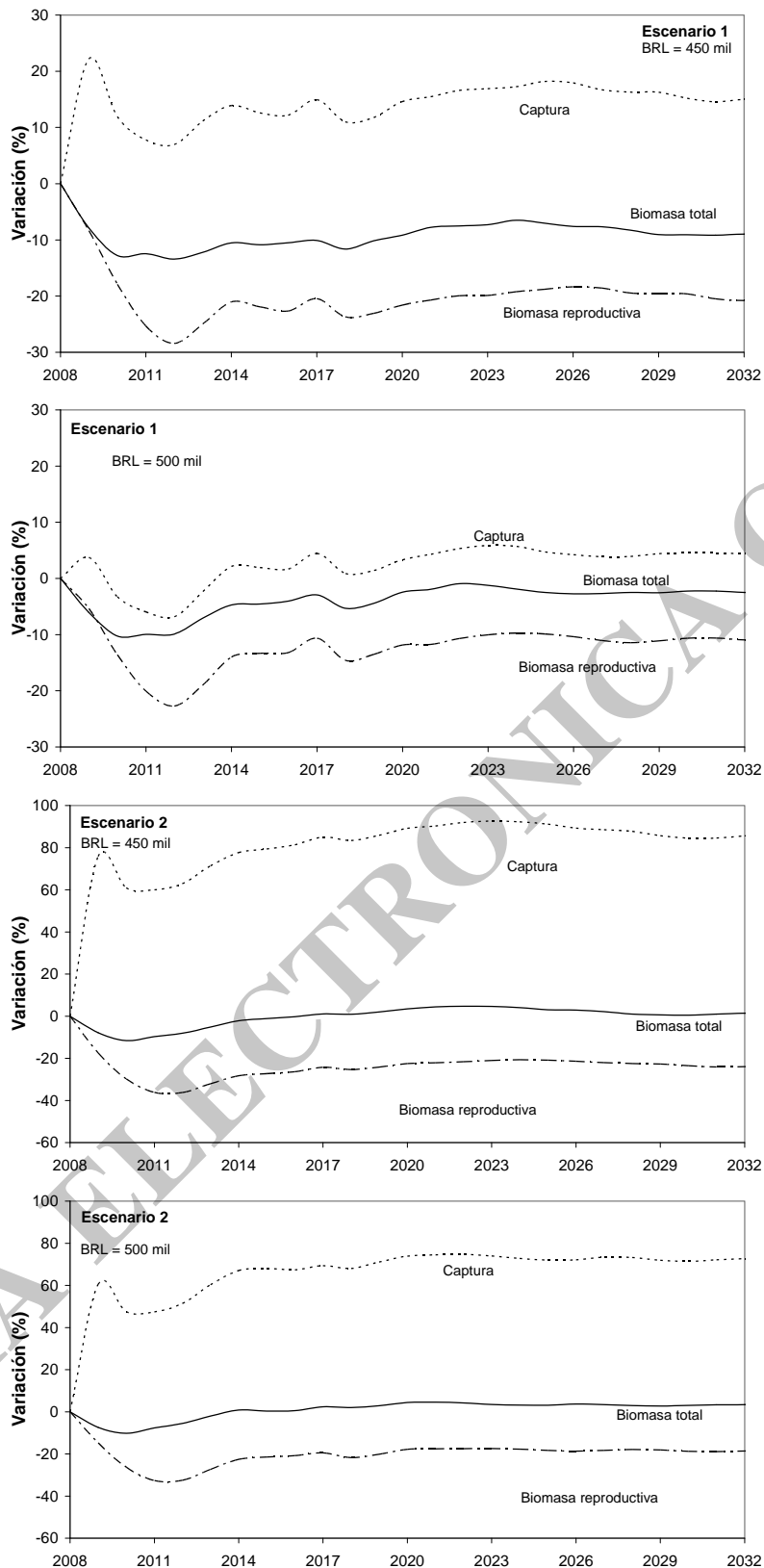


Figura 10. Variación porcentual de la BT, de la BR y de las capturas, según las proyecciones realizadas con las mortalidades por pesca de referencia calculadas con los reclutamientos promedio que dieron lugar a los dos Escenarios, considerando dos niveles límites de la biomasa reproductiva.

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 2009.

Escenario de R	BRL (t)	F_{safe}	CBA (2009)	C.V. (%)	Variación largo plazo		
					BT	BR	C
1	450000	0,120	105319	22,71	-8,16	-10,78	4,54
1	500000	0,095	89975	23,79	-2,20	-19,83	16,15
2	450000	0,180	156645	24,74	2,52	-18,13	72,99
2	500000	0,160	138798	20,01	3,54	-22,35	88,57

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 como promedio del período que abarcó este estudio (1985-2006) las capturas a obtenerse en el futuro deberían ser algo menores a las que se registraron últimamente. Sin embargo, si la incorporación anual futura de nuevos peces a la pesquería se asemejara a la estimada en la segunda mitad del período (1996-2006), cuando se observaron los mayores reclutamientos, el esfuerzo pesquero ejercido sobre la especie debería ser similar al obtenido durante los años más recientes.

El análisis realizado permite sugerir, considerando los supuestos acerca de los futuros reclutamientos, que la Captura Máxima Permisible (CMP) debería ubicarse entre 89 mil y 156 mil toneladas (Tabla 11) teniendo en cuenta las estimaciones de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) proyectada para el año 2009, con 10% de riesgo de sobrepesca. Dicha recomendación debe considerar los principios precautorios generales que deben guiar a un manejo pesquero responsable (FAO, 1995b), por cuanto existe cierta incertidumbre en la estimación de la abundancia del efectivo. Estas cifras sugeridas son menores que las CMP establecidas por la Autoridad de Aplicación en los años previos, que se debe principalmente a que, de acuerdo al diagnóstico realizado, la evolución de Biomasa Total durante los últimos años ha sido levemente decreciente. A juzgar por dicha evolución, el tamaño de la población de merluza de cola parece ser oscilante.

Como se observara, el modelo de evaluación empleado para la merluza de cola es ajustado a diversos índices de abundancia provenientes de campañas de investigación. Si bien durante los primeros años del análisis, éstos eran obtenidos de manera continua, evidenciando una serie con escasas interrupciones, durante los últimos años diversos problemas de índole logística impidieron la realización de las campañas y, por ende, la obtención de los índices de abundancia correspondientes, provocando interrupciones frecuentes que dificultan el buen desarrollo del modelo de evaluación.

5.- BIBLIOGRAFIA

- ABACHIAN, V. & GIUSSI, A.R. 2007. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2007. Informe Interno INIDEP N° 66/07, 9 pp.
- 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. & ABACHIAN, 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. & WÖHLER, O.C. 2007. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2006. Informe Interno INIDEP N° 28/07, 23 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 & WÖHLER O.C.. 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.
- GIUSSI, A.R.; WÖHLER, O.C. & ABACHIAN, V.E. 2008. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2007. Informe Interno INIDEP N° 58/08, 23 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.
- GORINI, F.L., GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2006. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1995-2006). Inf. Téc. Int. INIDEP 50/07, 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.
- SANCHEZ, M.F. & GIUSSI, A.R. 2007. Estimación de la captura total de merluza de cola obtenida por la flota argentina en el año 2006 a partir del análisis de la información derivada del Programa Observadores. Inf. Téc. Int. INIDEP 57/07, 9 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. Periodo 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 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:

$$\sigma^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2}$$

para $i = 1$ hasta 3,

$$\sigma^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\hat{P}_y^i - P_y^i)^2}$$

para $i = 4$ 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:

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

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%.

COPIA ELECTRONICA C.F.P.

ANEXO II

Proyecciones

El número de ejemplares 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 ejemplares 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.