



INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME TÉCNICO OFICIAL

Número 025	Páginas 022	Dirección DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES
Fecha de aprobación 120 NOV 2014	Programa / Gabinete Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos	Actividad AUST 17. Estimación de capturas máximas aceptables de merluza de cola desde el punto de vista biológico y de otras medidas de manejo del recurso para el año 2015

EVALUACIÓN DE ABUNDANCIA DE LA MERLUZA DE COLA (*Macrurus magellanicus*) DEL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERÍODO 1985-2013.

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

SOLICITADO POR	Institución	Cargo
-----------------------	-------------	-------

PREPARADO POR

Firma:
Nombre: GIUSSI, ANALIA ROSA
Firma:
Nombre: ZAVATTERI, ANABELA
Firma:
Nombre: DI MARCO, EMILIANO
Firma:
Nombre: WOHLER, OTTO
Nombre: CRISTIAN

PREPARADO POR

APROBADO POR

	Jefe de Programa / Gabinete
	LIC. PATRICIA MARTÍNEZ Jefe de Área Pesquerías Demersales
	Dr. OTTO C. WOHLER DIRECTOR Dirección Nacional de Investigación Director Nacional de Investigación
	Director del INIDEP



Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2013

Anaía R. Giussi, Anabela Zavatteri, Emiliano J. Di Marco y Otto C. Wöhler

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

Resumen

La merluza de cola, *Macrurus magellanicus*, es un pez de amplia distribución geográfica que se extiende en los océanos Atlántico sudoccidental y Pacífico sudoriental. Los ejemplares que se encuentran en la plataforma continental argentina son considerados, a los efectos de la evaluación de la abundancia y del manejo pesquero, como un único efectivo pesquero. De hábito demersal pelágico y adaptable a distintas condiciones oceanográficas, puede ser capturada con altos rendimientos en distintas latitudes y profundidades. Si bien se han realizado algunos estudios para conocer las causas de la alta variabilidad poblacional que caracteriza a esta especie en aguas atlánticas, aún no se ha concluido al respecto por lo que se requiere la continuidad de investigaciones de esa índole que contribuyan a realizar el manejo sustentable de la pesquería.

Las edades máximas observadas escasamente superan los 13 años, aunque se han detectado esporádicamente algunos individuos más longevos. A pesar de ello, y dada su baja frecuencia, se considera, en la evaluación de la abundancia, un grupo que reúne las edades mayores de 11 años. Con una elevada tasa de crecimiento durante los primeros años de vida, alcanza la edad de primera madurez superados los 3 años de edad, cuando tiene la mitad del tamaño máximo que poseen los individuos más longevos.

La evolución de la capturas de merluza de cola ha sido variable en el período considerado. Durante los años '80, los desembarques fueron bajos, incrementándose abruptamente hacia finales de la misma década, cuando la operatividad de buques de bandera extranjera se materializó mediante la implementación de los Acuerdos Marco. A la finalización de los mismos, las capturas totales decayeron para aumentar, luego, hasta los máximos niveles registrados entre los años 1998 y 2004, con un posterior decrecimiento sostenido durante la última década.

En el comienzo de la pesquería el manejo se realizaba mediante el establecimiento de un valor de captura máxima permisible cuya aplicación correspondía a toda la flota que operaba sobre el recurso. A partir del año 2010, se estableció el sistema de Cuotas Individuales Transferibles, instrumento mediante el cual la Autoridad de Aplicación otorga un porcentaje de la captura total permisible a las empresas armadoras que participan de la pesquería.

La estimación de la abundancia del efectivo se realizó mediante la aplicación de dos modelos de producción de biomasa estructurados por edad de carácter prospectivo, considerando las capturas históricas y las proporciones de edades que conforman las mismas. Dichos modelos, **Modelo Base** y **Modelo 1**, difirieron en el tipo de índice de abundancia utilizado para su ajuste. En ambos, se consideró que el efectivo se encontraba en estado de no equilibrio con pesca incipiente al inicio del período. Los reclutamientos fueron estimados sin considerar ninguna relación preestablecida, incluyéndose errores representados mediante los desvíos respecto del valor medio. Para el ajuste del **Modelo Base**, se utilizaron un índice de abundancia relativo y la proporción de individuos de edad 3 estimados ambos a partir de las campañas de investigación estival. En el **Modelo 1**, se incluyó además, un índice de abundancia obtenido de la flota comercial que operó sobre el recurso en el período 2003-2013.

En ambos modelos se observó la misma tendencia en la evolución de la biomasa en la mayor parte del período de diagnóstico, detectándose diferencias hacia los últimos años, del orden del 30%. De acuerdo con los resultados obtenidos correspondientes a los modelos planteados, la Biomasa Total (B) correspondiente al año 2013 se hallaría entre 561 mil y 961 mil t y la Biomasa Reproductiva (BR) entre 300 y 511 mil t en el Atlántico Sudoccidental.



La tendencia de la abundancia ha sido variable. De acuerdo con el **Modelo Base**, los valores actuales son algo más elevados a los estimados al inicio del período de diagnóstico, en cambio, los correspondientes al **Modelo 1** son levemente menores. Sin embargo, los máximos se registraron entre los años 1995 a 2003 en ambos modelos.

En todas las observaciones, la tendencia de los reclutamientos estimados evidenció dos períodos, el primero más estable y el segundo caracterizado por una gran variabilidad, con mayores valores medios. Cabe destacar que en ellos parece identificarse una periodicidad, en la cual se alternan años con bajos reclutamientos, seguidos de algunos con valores extraordinarios. Por ello, se han establecido dos escenarios con distintos niveles de reclutamientos futuros, empleados en el análisis de riesgo para estimar capturas biológicamente aceptables en el corto plazo y la evolución poblacional en el largo plazo.

Uno de los escenarios consideró los reclutamientos estimados en el período analizado (1985-2011; Escenario 1), y el otro incluyó los estimados en la última parte del mismo (1995-2011; Escenario 2). En ambos escenarios se excluyeron los dos últimos años debido a la elevada incertidumbre de los resultados. Además, se consideraron dos Puntos Biológicos de Referencia: estabilidad del tamaño de efectivo reproductor respecto del último año (Punto Biológico de Referencia Objetivo, PBRO) y un valor de Biomasa Reproductiva Límite: 450 mil toneladas (Punto Biológico de Referencia Límite, PBRL). Los niveles de extracción correspondientes a la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) proyectada para el año 2015, con 50% de riesgo de no cumplir con el PBRO, se estimaron entre 131 mil y 151 mil toneladas, y con el 10% de no alcanzar los PBRLs se hallaron entre 71 y 141 mil toneladas, dependiendo del modelo utilizado y del escenario de reclutamiento que se considere más probable. Las proyecciones de la evolución de la Biomasa Total y de la Biomasa Reproductiva en el largo plazo supondrían tendencias favorables cualquiera fuera el modelo elegido.

En base a los resultados obtenidos sería conveniente que la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2015 se estableciera entre 71 y 141 mil toneladas, valores que permitirían que la BR se mantuviera en valores cercanos a las 450 mil t, cualquiera sea el modelo que se considere más adecuado.

Modelo	Escenario de R	BRL (t)	CBA (2015)
Modelo Base	1	BR ₂₀₁₃	131.739
		450.000	119.305
	2	BR ₂₀₁₃	151.646
		450.000	141.360
Modelo 1	1	450.000	71.450
	2	450.000	90.803

Introducción

La merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, es una de las especies más importantes entre los recursos ícticos patagónicos. Esta especie que habita en aguas templado - frías de la corriente de Malvinas es principalmente abundante al sur de los 45°S. Sus características biológicas, fundamentalmente su capacidad adaptativa y oportunista, han permitido el aprovechamiento de nichos ecológicos y el aumento del tamaño de la población entre 1995 y 2003.

La pesquería se inició a comienzos de la década del '80, y la gran operatividad de buques extranjeros principalmente buques rusos y búlgaros (Wöhler *et al.*, 1999a), que operaban en virtud de acuerdos internacionales, incrementaron las capturas hasta las 145 mil toneladas durante 1988. Esta etapa fue seguida por un período en el cual los desembarques promediaron unas 40 mil t/año



que se extendió entre 1990 y 1997. A partir del año siguiente el aumento de las declaraciones fue notorio, destacándose los años 2000 y 2006, pues las capturas alcanzaron el máximo histórico de 168 mil toneladas.

Las primeras estimaciones de la biomasa poblacional de la merluza de cola que se han realizado empleando el método de área barrida, datan de finales de la década del '60, cuando, en su mayoría, no abarcaban el área de distribución total de la especie (Bellisio & López, 1973; Otero *et al.*, 1981, 1982; Cordo, 1987). La relevancia de la merluza de cola en el ecosistema y la presión pesquera incipiente motivaron estudios más profundos, con el fin de identificar una época y delimitar el área de distribución para la estimación absoluta de la abundancia, mediante la realización de campañas de investigación. Estos estudios, cuya serie se inició en 1992 y se continúa hasta la actualidad casi en forma ininterrumpida, permitieron estimar índices de abundancia que son utilizados para los ajustes de los modelos de evaluación de la abundancia del efectivo (Wöhler *et al.*, 1999b; Giussi *et al.*, 2002a, 2008).

Desde el año 1997 la abundancia del recurso ha sido estimada mediante técnicas indirectas de evaluación como el APV (Análisis de la Población Virtual) o los análisis de cohortes tradicionales (Prenski *et al.*, 1997; Wöhler *et al.*, 1999a, 1999c, 2000, 2001, 2002; Wöhler & Hansen, 2003; Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005, 2006, 2007, 2009) y modificado (Giussi *et al.*, 2011) y, por último, el estructurado por edades (Giussi *et al.*, 2013).

A partir de 2012, la evaluación de la abundancia de la merluza de cola se realiza empleando un modelo estructurado por edades, implementado en la plataforma de trabajo AD Model Builder (Fournier *et al.*, 2012), que permite ajustar modelos estadísticos no lineales de manera rápida, poderosa y sencilla. De esta manera se ha logrado realizar una mejor modelización de los datos y obtener estimaciones más precisas de los parámetros y de sus perfiles de verosimilitud.

El período analizado se extendió entre los años 1985 y 2013 y se utilizaron datos de la estructura poblacional y de las capturas obtenidas por la flota que opera sobre el recurso, empleándose la información proveniente de las campañas de investigación iniciadas en 1992, de la estructura del efectivo pesquero y de la captura por unidad de esfuerzo de la flota arrastrera estimada para el período 2003-2013 como índices para el ajuste. Se estimó el estado actual de explotación del efectivo y se analizó su evolución teórica ante distintos supuestos acerca de los futuros niveles de reclutamiento y tasas de explotación, recomendándose capturas máximas biológicamente aceptables para el año 2015.

Materiales y métodos

1. Datos básicos

1.1.- Capturas totales anuales

La información de las capturas totales de merluza de cola obtenidas por año y por flota (Tabla 1, Figura 1), se extrajo de las estadísticas de la FAO (1995a) para la primer parte del período analizado y de las estadísticas oficiales de la República Argentina que recientemente fueron recopiladas por varios autores (Gorini *et al.*, 2006; 2014), 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 incluidos hasta el año 2008 por Giussi & Wöhler (2009) y agregándose las correcciones correspondientes a los últimos años (Sánchez & Giussi, 2011; Marí & Giussi, 2011, 2013a, 2013b, 2014a). También se incluyó la información correspondiente a las capturas de buques extranjeros que operan en el Mar Argentino.

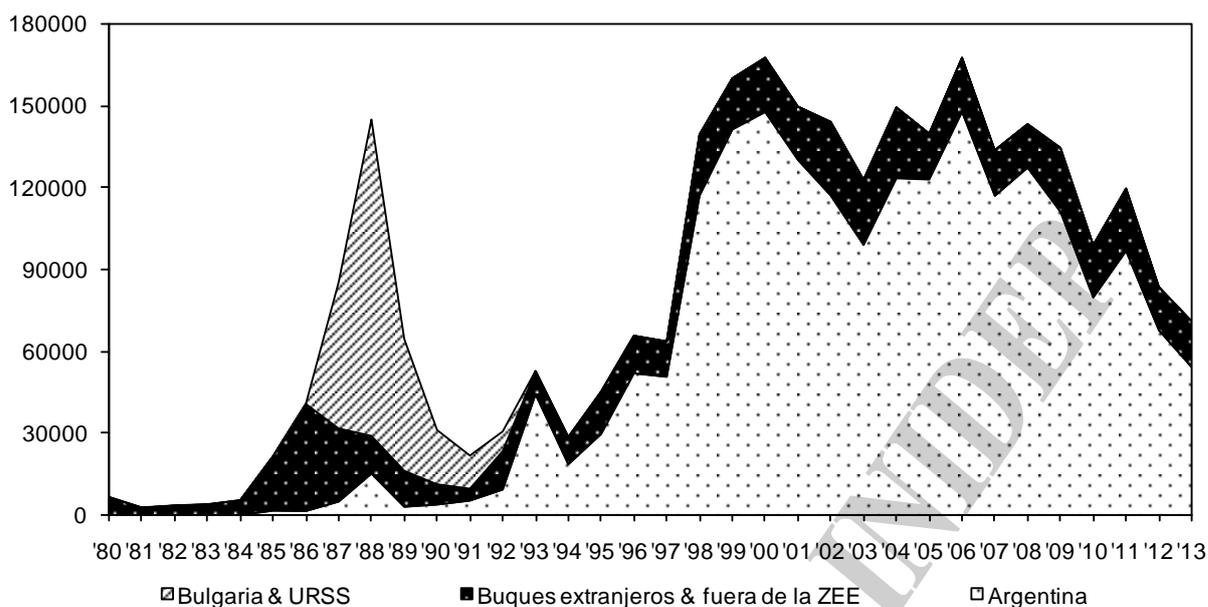


Figura 1. Capturas totales anuales de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2013.

Tabla 1. Capturas totales anuales (expresadas en toneladas) de merluza de cola obtenidas en el Atlántico Sudoccidental y Capturas Máximas Permisibles (CMP) establecidas por el Consejo Federal Pesquero de Argentina.

Año	Flota Argentina	Flota Extranjera	Captura total	CMP
1985	1.602	20.061	21.663	-
1986	1.452	39.443	40.895	-
1987	4.925	80.680	85.605	-
1988	15.212	130.128	145.340	-
1989	3.033	59.182	62.215	-
1990	3.840	26.012	29.852	-
1991	5.289	16.677	21.966	-
1992	9.335	21.381	30.716	-
1993	44.382	11.866	56.248	150.000
1994	18.640	9.922	28.562	200.000
1995	29.779	15.805	45.584	160.000
1996	52.090	13.622	65.712	175.000
1997	50.826	12.379	63.205	180.000
1998	117.464	21.931	139.395	175.000
1999	141.795	18.692	160.487	260.000
2000	148.218	19.813	168.031	300.000
2001	130.588	19.471	150.059	230.000
2002	117.489	26.970	144.459	230.000
2003	99.344	23.815	123.159	230.000
2004	123.879	25.904	149.784	200.000
2005	123.429	16.721	140.150	200.000
2006	148.277	19.761	168.038	200.000
2007	117.384	16.669	134.053	189.000
2008	127.745	15.902	143.646	189.000
2009	111.528	23.403	134.931	170.000
2010	80.001	19.227	99.228	150.000
2011	97.119	22.864	119.983	150.000
2012	67.958	15.869	83.827	140.000
2013	54.382	16.848	71.230	130.000



1.2.- Captura por edad

Fueron considerados los porcentajes de individuos por edad entre los años 1985 a 2013 (Tabla 2, Figura 2). Las capturas por edad correspondientes al período 1985-2010 se basaron en aquellas indicadas por Giussi *et al.* (2013), actualizándose las del último año a partir de la estructura de edades estimada por Zavatteri *et al.* (2014) y de la distribución de frecuencias de longitudes de las capturas comerciales a partir de las muestras de los observadores embarcados en los buques comerciales (Marí *et al.*, 2014).

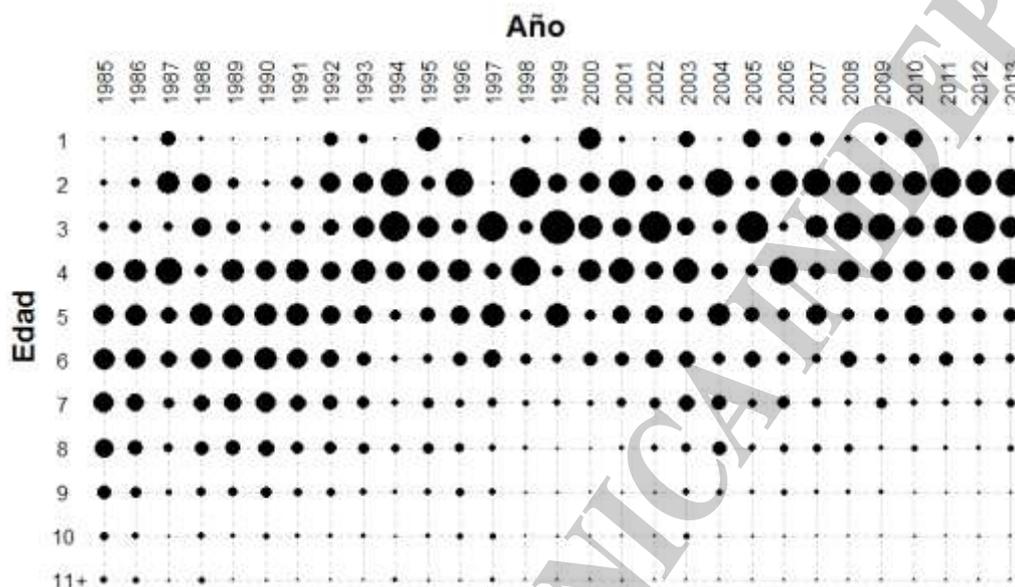


Figura 2. Porcentajes de individuos por edad y por año capturados por la flota.

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

Año	Edad										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1985	2	363	762	2.580	2.895	3.284	3.048	2.658	1.312	653	397
1986	466	1.539	2.639	7.852	7.036	6.172	5.087	3.881	1.977	961	614
1987	11.847	25.541	5.681	34.376	13.646	14.229	6.054	4.831	1.965	712	602
1988	1.729	20.832	22.007	9.180	30.668	23.661	16.177	12.063	6.651	3.374	2.194
1989	195	2.955	4.847	13.050	11.773	10.904	8.136	5.498	2.353	814	228
1990	21	547	1.161	4.903	5.877	5.969	4.627	3.304	1.411	544	213
1991	145	1.629	2.008	5.009	5.077	4.210	2.778	1.711	734	247	53
1992	3.368	7.033	4.486	5.780	5.526	5.124	3.700	2.531	1.127	399	155
1993	2.800	12.122	13.049	16.389	9.394	6.145	5.011	3.714	1.780	583	248
1994	42	13.034	15.452	5.837	2.303	1.076	1.153	1.187	496	293	345
1995	16.671	5.356	13.434	12.317	6.832	2.990	3.558	3.194	1.411	590	341
1996	60	26.720	8.405	17.931	12.910	6.143	3.022	3.219	2.804	1.264	638
1997	487	543	27.459	8.519	16.049	8.758	3.140	1.938	1.668	1.352	805
1998	7.382	87.435	19.939	81.572	12.956	11.473	3.705	2.232	1.302	653	380
1999	1.657	36.494	122.888	14.574	57.789	10.243	5201	2.058	1.810	1.230	587
2000	70.392	53.075	76.838	70.777	16.665	24.516	4.973	2.249	956	890	387
2001	4.051	60.129	33.809	56.752	27.137	17.424	8.457	2.369	1.305	568	907
2002	566	22.107	78.338	23.997	24.683	23.892	9.282	4.601	1.309	536	370
2003	17.944	17.269	21.895	46.769	17.200	18.457	19.406	7.243	3.527	2.334	573
2004	1.273	64.002	15.633	21.915	45.554	14.651	18.506	17.757	3.780	969	337
2005	32.212	17.405	100.667	15.592	23.414	27.054	7.858	6.166	2.911	1.060	142
2006	21.717	81.111	12.839	85.080	18.675	18.029	17.963	7.636	3.854	1.384	193
2007	15.999	69.327	43.375	23.172	34.540	9.039	8.146	6.717	1.861	540	112
2008	4.901	51.135	66.604	42.046	13.442	22.778	5.010	6.229	2.174	812	422
2009	12.271	49.336	57.517	39.694	14.721	8.554	9.551	2.047	2.074	562	437
2010	21.322	40.625	27.844	29.942	24.876	8.743	3.908	2.739	920	672	251
2011	736	58.976	33.582	18.717	17.235	11.862	3.191	1.977	968	593	580
2012	1.134	31.172	48.733	17.506	9.926	5.816	3.363	1.450	885	585	384
2013	1.476	29.958	19.553	29.105	7.825	4.042	2.962	1.589	457	336	274



1.3.- Peso medio por edad

Los pesos medios por edad empleados para la aplicación del análisis secuencial (Tabla 3) provinieron de datos obtenidos de los cruceros de investigación (Giussi, 2004; Giussi & Abachian, 2004, 2005, 2006; Abachian & Giussi, 2007, 2009) y por los observadores a bordo de los buques pesqueros comerciales (Zavatteri *et al.*, 2011) calculados al comienzo de cada año.

Tabla 3. Peso medio por edad (kg) al comienzo del año.

Año	Edad										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1985-1989	0,116	0,231	0,526	0,651	0,900	1,119	1,374	1,520	1,693	1,999	2,175
1990-1992	0,133	0,296	0,499	0,709	0,902	1,074	1,201	1,334	1,430	1,524	1,580
1993	0,170	0,304	0,495	0,735	0,982	1,125	1,200	1,395	1,486	1,580	1,856
1994	0,114	0,275	0,572	0,852	1,056	1,331	1,433	1,534	1,740	1,969	2,208
1995	0,139	0,313	0,530	0,753	0,968	1,163	1,326	1,465	1,568	1,671	1,750
1996-1997	0,140	0,303	0,513	0,740	0,967	1,181	1,377	1,551	1,703	1,833	1,993
1998	0,163	0,312	0,497	0,701	0,909	1,115	1,310	1,493	1,660	1,811	2,006
1999-2000	0,130	0,271	0,455	0,659	0,868	1,072	1,263	1,437	1,594	1,732	1,903
2001-2002	0,180	0,320	0,509	0,727	0,916	1,154	1,310	1,628	1,659	1,682	2,045
2003	0,175	0,361	0,502	0,653	0,796	0,920	1,008	1,185	1,351	1,513	2,319
2004	0,198	0,316	0,533	0,715	0,849	0,991	1,079	1,162	1,299	1,427	2,359
2005	0,180	0,333	0,473	0,666	0,841	0,934	1,099	1,158	1,076	1,292	1,923
2006	0,163	0,319	0,500	0,658	0,815	1,014	1,091	1,197	1,326	1,364	1,762
2007-2008	0,144	0,351	0,481	0,701	0,899	1,112	1,271	1,332	1,407	1,417	1,929
2009	0,136	0,342	0,549	0,798	1,012	1,214	1,321	1,524	1,609	1,782	2,103
2010-2011	0,154	0,335	0,575	0,770	0,984	1,192	1,367	1,493	1,606	1,707	1,987
2012-2013	0,140	0,351	0,535	0,753	1,051	1,348	1,493	1,675	1,709	1,977	2,163

1.4.- Madurez sexual por edad

Las proporciones de individuos maduros por grupo de edad (Tabla 4) durante el período 1985-2005 se tomaron de Giussi & Wöhler (2006) y para los años 2006 y 2009 se estimaron con los datos colectados durante las campañas de investigación estival realizadas (Giussi & Abachian, 2006; Abachian & Giussi, 2009). Los resultados correspondientes a las ojivas de madurez coincidieron en estimar valores de edad de primera madurez sexual cercanos a los 3 años, compatibles además con la serie analizada por Giussi & Wöhler (2001).

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

AÑO / EDAD	1985	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2012
	-			-							-	-	-
	1996			2000							2008	2011	2013
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,01	0,05	0,00	0,03	0,07	0,04	0,16	0,05	0,04	0,13	0,08	0,06	0,10
3	0,29	0,30	0,35	0,14	0,33	0,22	0,51	0,34	0,20	0,34	0,28	0,41	0,38
4	0,88	0,63	0,62	0,66	0,72	0,5	0,77	0,76	0,67	0,55	0,65	0,9	0,68
5	0,99	0,89	0,89	0,88	0,84	0,94	0,9	0,91	0,89	0,69	0,9	0,96	0,95
6	1	0,95	0,95	0,95	0,96	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,98	0,98	1
7-11+	1	1	1	1	0,97	1	1	1	1	1	1	0,99	1

1.5.- Mortalidad natural

En el presente trabajo se ha adoptando un valor de 0,35 años⁻¹, tal como fuera aplicado en análisis previos (Giussi *et al.*, 2011; 2013).

1.6.- Índices de abundancia

Los índices de abundancia empleados para el ajuste del modelo de evaluación de merluza de cola, provinieron de las campañas de investigación estival diseñadas para la evaluación de la especie en latitudes que abarcan desde los 45°S a los 55°S, y profundidades comprendidas entre



50 y 400 m y de la información derivada de la flota argentina, a partir de datos colectados por los observadores a bordo de buques comerciales (Giussi *et al.*, 2014).

Las campañas de investigación fueron llevadas a cabo en el año 1987 y luego en forma anual, desde el año 1992 hasta 2009 (con excepción de 1996, 2002, 2007 y 2008). Uno de los índices derivado de dicha fuente de información fue la serie de densidad de la abundancia (t/mn^2) estimada por área barrida. El otro, indicativo de la estructura poblacional, correspondió a la abundancia relativa del grupo de edad 3, respecto de la totalidad de los individuos de esa edad y mayores presentes en cada año en la población (excluyendo las edades 1 y 2). Tabla 5.

El índice de abundancia de la flota comercial fue elaborado a partir de los estimados de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y abarcó el período comprendido entre 2003 y 2013 (Giussi *et al.*, 2014). Los coeficientes de variación anuales se incluyeron en el ajuste del modelo (Tabla 6).

Tabla 5. Índices de abundancia y estructura poblacional utilizados en el ajuste del modelo. Índice 1: densidad de la abundancia (t/mn^2), Índice 2: proporción de individuos de edad 3 en los cruceros de investigación.

AÑO	1987	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2009
Índice 1	15,06	14,88	14,40	8,861	14,07	19,99	24,51	24,16	24,30	24,07	19,09	20,21	21,59	13,26	14,21
Índice 2	0,051	0,162	0,264	0,212	0,445	0,574	0,100	0,613	0,363	0,306	0,241	0,134	0,678	0,074	0,446

Tabla 6. Valores de CPUE y coeficientes de variación anuales utilizados en el ajuste del Modelo 1.

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Índice	0,392	0,308	0,333	0,372	0,224	0,338	0,34	0,183	0,298	0,041	0,121
C.V.	0,0798	0,2150	0,2022	0,1725	0,1357	0,1011	0,1097	0,1148	0,1661	0,3808	0,4158

2. Modelo de evaluación

La dinámica poblacional de la merluza de cola fue interpretada mediante un modelo de evaluación de abundancia estructurado por edades. El mismo fue implementado en la plataforma de trabajo AD Model Builder (Fournier *et al.*, 2012), que facilita el empleo de técnicas de estimación no lineales en los parámetros de un modelo. En esta plataforma fueron programadas la dinámica poblacional y las ecuaciones de verosimilitud que involucraron los índices de proporcionalidad y de abundancia, según correspondiera.

Debido a la discontinuidad en la obtención de los índices de abundancia provenientes de las campañas de investigación estivales, se decidió elaborar un modelo de evaluación alternativo que incluyera información de la flota que opera sobre el recurso. Este índice debería proporcionar el conocimiento acerca del estado del efectivo principalmente de los últimos años y así compensar la ausencia de información. La estructura del modelo es común a ambos: **Modelo Base** incluye sólo los índices de abundancia de la campaña de evaluación y **Modelo 1**, incorpora el índice de CPUE.

La incertidumbre de los parámetros del modelo fue evaluada mediante la construcción de los perfiles de verosimilitud.

Se establecieron una serie de supuestos al inicio del período analizado en base a conocimientos que se poseían de la especie (Giussi & Wöhler, 2009). Se consideró que la población de merluza de cola se hallaba en un estado inicial ($t=1985$) de no equilibrio, con pesca incipiente, calculado a partir de un reclutamiento medio inicial (R_0) y de las desviaciones de la estructura inicial ($devE_{0i}$) desde el grupo de edad $i=2$ hasta el grupo de edad "plus" $i=11+$ en adelante, parámetros a ser estimados en el modelo. El vector estado inicial quedó definido de la siguiente forma:

$$N_{1,1985} = R_0$$



$$N_{i+1,1985} = N_{i,1985} \cdot e^{-F_{i,1985} - M_{i,1985}} \cdot devEo_{i+1} \quad \text{para } i = 1, \dots, 9$$

$$N_{11+,1985} = N_{10,1985} \cdot e^{-F_{10,1985} - M_{10,1985}} / (1 - e^{-F_{10,1985} - M_{10,1985}}) \cdot devEo_{11+}$$

Los reclutamientos R_t ($N_{1,t}$ para los años $t=1986, \dots, 2013$) fueron estimados en el modelo a partir de un vector de desvíos aleatorios respecto del R_0 ($devR_t$) con distribución log-normal, sin tener en cuenta ninguna relación preestablecida con el efectivo reproductor:

$$N_{1,t+1} = R_0 \cdot devR_t \quad \text{para } t = 1985, \dots, 2013; \text{ siendo } devR_t = e^{\varepsilon_{Rt}} \quad \text{con } \varepsilon_{Rt} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_{Rt}}^2)$$

Para la estimación del número de individuos del resto de los grupos de edad i (2 a 11+) y año t , fueron empleadas las siguientes ecuaciones:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} \cdot e^{-F_{i,t} - M_{i,t}} \quad \text{para } i = 1, \dots, 9 \text{ y } t = 1985, \dots, 2013$$

$$N_{11+,t+1} = N_{10,t} \cdot e^{-F_{10,t} - M_{10,t}} + N_{11+,t} \cdot e^{-F_{11+,t} - M_{11+,t}} \quad \text{para } t = 1985, \dots, 2013$$

donde

$N_{i,t}$ es el número de individuos de edad i en el tiempo t

$M_{i,t}$ es la tasa instantánea de mortalidad natural de edad i en el tiempo t

$F_{i,t}$ es la tasa instantánea de mortalidad por pesca de edad i en el tiempo t

El vector de tasas instantáneas de mortalidad natural (M para las edades 1, ..., 11+ y los años $t=1985, \dots, 2013$) se asumió constante para todos los tiempos y edades. La mortalidad por pesca, F , fue calculada partir del producto entre el patrón de selección, S (curva logística), y la componente anual de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (f_t) estimada en el proceso de ajuste:

$$F_{i,t} = f_t S_i, \quad \text{siendo } S_i = \left(1 + e^{-\log(19)(i-i_{50})/d}\right)^{-1} \quad \text{para } i=1, \dots, 11+ \text{ y } t=1985, \dots, 2013$$

donde i_{50} y d corresponden a los parámetros de la curva logística a ser ajustados.

Las capturas por edad y año, $C_{i,t}$, se calcularon resolviendo la ecuación de captura de Baranov (1918):

$$C_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{M_{i,t} + F_{i,t}} (1 - e^{-M_{i,t} - F_{i,t}}) N_{i,t}, \quad \text{para } i=1, \dots, 11+ \text{ y } t=1985, \dots, 2013$$

El período completo de evaluación contempló 29 años ($t=1985, \dots, 2013$). Fueron ajustados dos patrones de selección dividiendo el período completo en dos partes (1985-1992; 1993-2013) a los efectos de obtener un mejor ajuste de la estructura de edades presentes en las capturas y por cambios en la tasa de mortalidad por pesca.

El índice correspondiente a la densidad de la abundancia, se relacionó con la biomasa anual y se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$I_{camp} = q_{camp} \cdot B_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_t}^2)$$

donde I_{camp} es la densidad de la biomasa estimada (t/mn^2), q_{camp} es el coeficiente de capturabilidad, B_t es la biomasa anual estimada y ε_t es un error de tipo aditivo y con distribución normal en cada año t .

El índice correspondiente a la CPUE de la flota comercial, se relacionó con la biomasa anual vulnerable, y se estimó mediante la siguiente relación:

$$I_{cpue} = q_{cpue} \cdot BV_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_t}^2)$$

donde I_{cpue} es la captura por unidad de esfuerzo (t/h), q_{cpue} es el coeficiente de capturabilidad, BV_t es la biomasa vulnerable anual estimada y ε_t es el error de tipo aditivo y con distribución normal en cada año t .



Se mantuvo un único período de ajustes de las proporciones de edades, los índices de abundancia (densidad de campaña, proporción de edad 3, CPUE) y los desvíos de los reclutamientos. Las capturas nominales se consideraron sin errores, mientras se estimaron dos ojivas de selección correspondientes a los períodos 1985 a 1992 y 1993 a 2013.

Las funciones de verosimilitud asociadas con distribuciones específicas, multinomial o logarítmica, según correspondiera de acuerdo a cada tipo de variable o índice considerado, contribuyeron a una función objetivo total a ser minimizada en el modelo (Tabla 7).

Se estimaron los perfiles de distribución (normal y de verosimilitud) para evaluar la coherencia en los valores de abundancia estimados por los modelos planteados.

Tabla 7. Contribuciones parciales a la verosimilitud total. Se indican las distribuciones y funciones de log-verosimilitud asociadas a cada variable o índice considerados para el ajuste del modelo. Se muestran, también, el número efectivo de datos utilizados (n) y la desviación estándar (σ) de cada variable o índice.

Variable/índice	Distribución	Función de log-verosimilitud negativa	n	σ	
Desvíos de reclutamientos	Log-normal	$-LL_R = \frac{1}{2 \cdot \sigma_R^2} \sum_{t=1986}^{2013} (\ln(devR_t))^2$	-	0,1	
Proporciones por edad en la captura	Multinomial	$-LL_{propC_1} = -n_{propC_1} \cdot \sum_{t=1985}^{1992} \sum_{i=1}^{k+} p_{i,t} \cdot \ln \hat{p}_{i,t}$	190	-	MBase
Índice de abundancia relativa de Campaña (Densidad en t/mn ²)	Log-normal	$-LL_{Dcamp} = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{Dcamp}^2} \sum_{t_{Camp}=1}^{T_{Camp}} (\ln I_{t_{Camp}} - \ln(q_{Camp} \cdot B_{t_{Camp}}))^2$	-	0,1	M1
Proporción de edad 3 respecto de 3 en delante	Multinomial	$-LL_{p3Camp} = -n_{p3Camp} \cdot \sum_{t_{Camp}=1}^{T_{Camp}} \sum_{i=3}^{k+} p_{i,t_{Camp}} \cdot \ln \hat{p}_{i,t_{Camp}}$	100	-	
Cpue Flota Arrastrera	Log-normal	$-LL_{cpue} = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{cpue}^2} \sum_{t_{cpue}=1}^{t_{cpue}} (\ln I_{t_{cpue}} - \ln(q_{cpue} \cdot BV_{t_{cpue}}))^2$	-	variable	M1

3. Puntos biológicos de referencia

Para recomendar el nivel anual de extracción (Captura Biológicamente Aceptable, CBA) se adoptaron tres puntos biológicos, uno objetivo y dos límites, asociados a valores de mortalidad por pesca de referencia (F_{seg}) que tendieran a mantener a la población bajo distintos niveles de riesgo biológico de sobreexplotación. El Punto Biológico de Referencia Objetivo (PBRO) se basó en el mantenimiento en el largo plazo de una abundancia de reproductores de la población equivalente al nivel observado durante el último año (BR_{2013}), con un riesgo del 50% de no alcanzar dicho objetivo:

$$\Pr(BR_{2015} < BR_{2013}) = 0,5$$

En relación con el Punto Biológico de Referencia Límite (PBRL) se consideró un valor de BR en función de las menores biomásas de reproductores que produjeron reclutamientos superiores al promedio, considerados como exitosos (Wöhler & Giussi, 2004; Giussi & Wöhler, 2005). La BRL considerada fue de 450 mil t con un riesgo del 10% de sobrepasar dichos límites.

$$\Pr(BR_{2015} < BRL = 450 \text{ mil t}) = 0,1$$

4. Proyección del estado poblacional y análisis de riesgo

El vector de estado poblacional derivado del modelo de evaluación empleado fue la base para realizar las simulaciones que proyectaron el estado de la población a futuro (largo plazo) y medir el riesgo biológico asociado a la aplicación de distintas estrategias de explotación concordantes con los PBRL y PBO planteados. Se consideró la incertidumbre en la biomasa total en relación a la varianza asociada y el número de reclutas resultantes del modelo de evaluación para generar los valores correspondientes al primer año de proyección.



Se introdujeron además, como datos de entrada, la ojiva de selectividad, la tasa instantánea de mortalidad por pesca del último año del diagnóstico ($F_{últ}$), parámetros asociados a dos escenarios de reclutamientos futuros, similares a los promedios históricos (1985-2011, Escenario 1) y a los de años más recientes (1995-2011, Escenario 2) e información sobre los pesos medios y el momento de máximo potencial reproductivo.

Se efectuaron 500 simulaciones para proyectar el estado poblacional a corto, mediano y largo plazo, variando, a su vez, las tasas instantáneas de mortalidad por pesca F de referencia (F_{ref}).

Resultados Obtenidos

Los modelos resultantes (**Modelo Base** y **Modelo 1**) permitieron una adecuada interpretación de los datos observados y buenos ajustes a los índices de abundancia (Figura 3.A) y de estructura poblacional obtenidos de los cruceros de investigación (Figura 3.B), principalmente luego de la mitad del período analizado. Las más notorias diferencias entre ambos modelos se observaron a partir del año 2009, cuando el Modelo 1 sólo es calibrado al índice de CPUE (Figura 3.C).

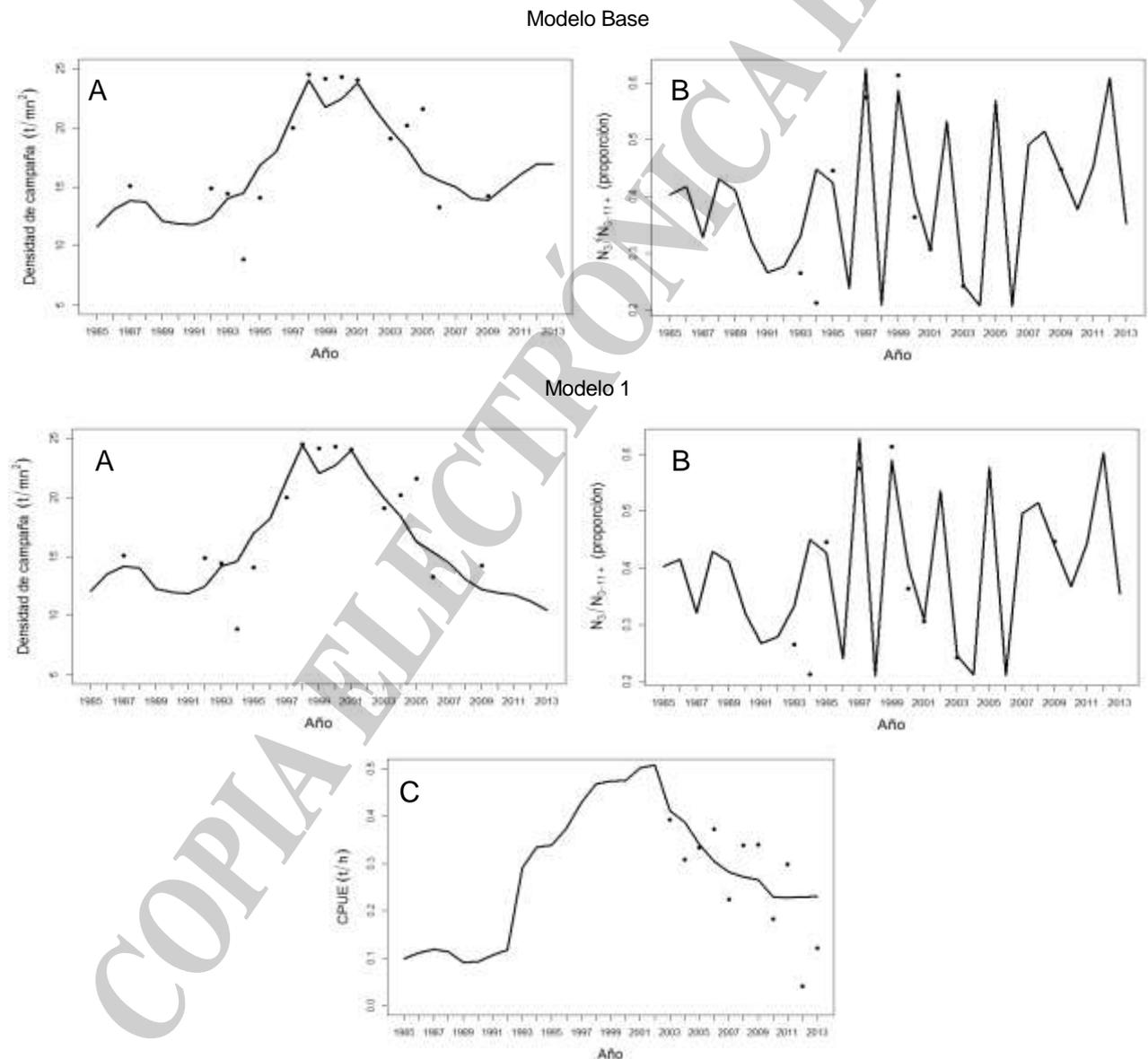


Figura 3. Ajuste de los índices de abundancia a los dos modelos planteados. **A)** abundancia relativa (t/mn^2), **B)** proporción de ejemplares de edad 3, **C)** índice de CPUE (t/h). Los puntos corresponden a las observaciones y las líneas a las estimaciones resultantes del modelo correspondiente.

Los resultados de estimar dos patrones de selección basados en los cambios en la estructuras de edades de las capturas, evidenciaron notorias diferencias entre los dos períodos del mismo modelo, mientras que no existieron entre modelos (Figura 4). La edad de primera captura para la primera época (1985-1992) correspondió a individuos mayores a 5 años. En la segunda etapa (1995-2013), en cambio, la edad de primera captura correspondió al grupo de edad 2.

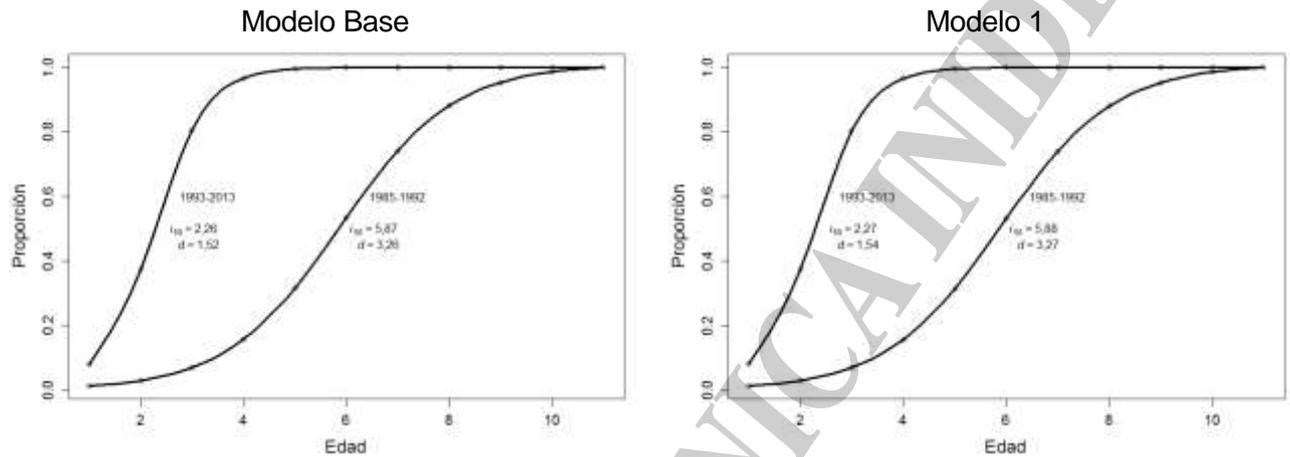


Figura 4. Ojivas de selección ajustadas en cada uno de los modelos planteados.

La proporción por edades de las capturas comerciales (Figura 5, 6) evidenció en general buenos ajustes. Se pueden identificar las cohortes más importantes y seguirlas durante varios años.

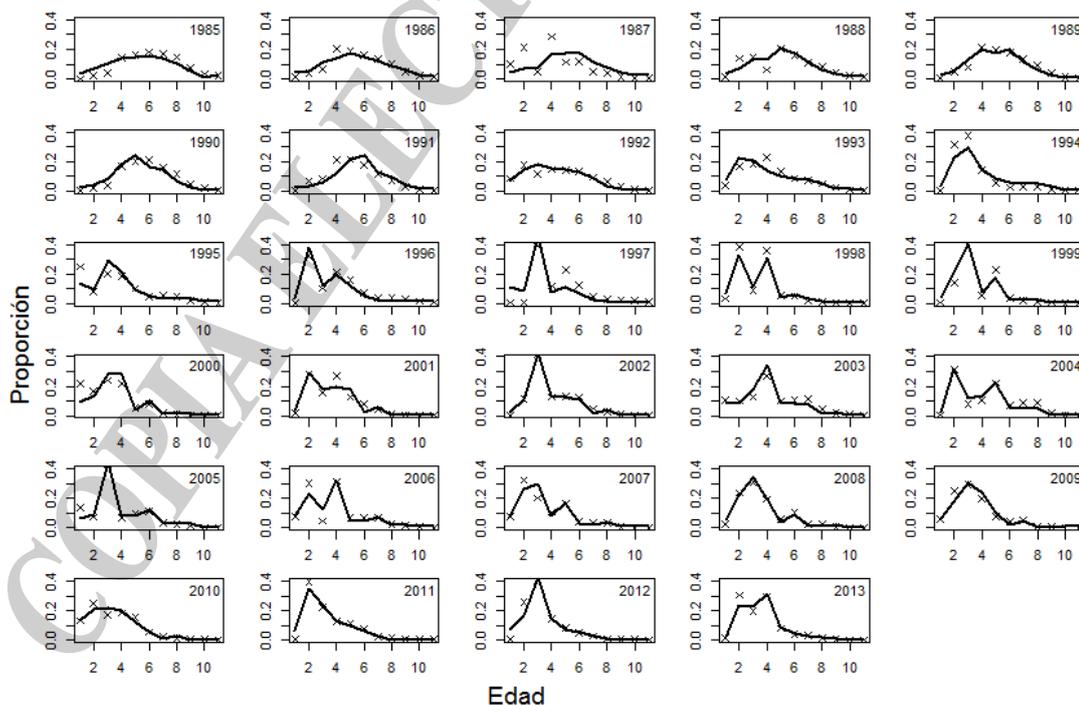


Figura 5. Proporciones por grupos de edad y por año observadas (cruz) y ajustadas (línea). **Modelo Base.**

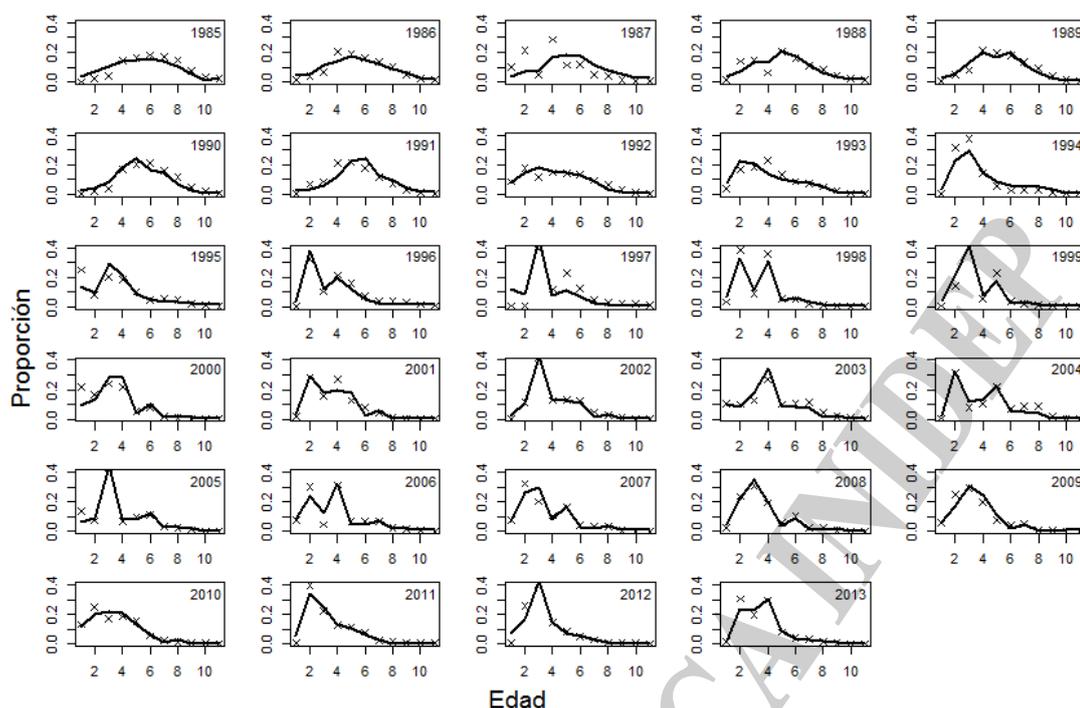


Figura 6. Proporciones por grupos de edad y por año observadas (cruz) y ajustadas (línea). **Modelo 1**.

La biomasa total (B) estimada al inicio del año 2013 fue 961 mil toneladas de acuerdo al **Modelo Base**. En cambio, la estimación obtenida en el **Modelo 1** alcanzó las 562 mil toneladas (Tabla 8). La tendencia general, en ambos modelos, evidenció alternativamente declinaciones e incrementos, los que se detectaron durante la segunda mitad del período analizado (Figura 7). La principal diferencia entre ambos se manifestó a partir del año 2009, coincidente con el último valor obtenido del índice de abundancia de la campaña de evaluación estival. El incremento de la abundancia registrado en el período que se extendió entre 1993 y 2004, fue el resultado de exitosos reclutamientos que contribuyeron a mantener elevados niveles de biomasa. La disminución posterior colocó a la B en valores similares a las estimaciones de los primeros años del análisis.

Tabla 8. Valores de biomasa al inicio y al final del período considerado y puntos biológicos de referencia límites obtenidos en los distintos modelos.

	Modelo Base	Modelo 1
$B_{0(1985)}$ (t)	659.580	648.490
M	0,35	0,35
B_{T2013} (t)	961.720	561.910
B_{R2013} (t)	511.710	298.880

En el **Modelo Base**, la $B_{(2013)}$ fue superior a la correspondiente al inicio del período, cuando el efectivo se consideraba sometido a escasa explotación, es decir a una pesca incipiente. Bajo estas mismas condiciones, el nivel actual de abundancia estimado por el **Modelo 1** fue un 14% menor al estimado en el inicio. Los valores anuales de los últimos años (Tabla 9) contienen una mayor incertidumbre asociada a la falta de índices de abundancia de las campañas de investigación.

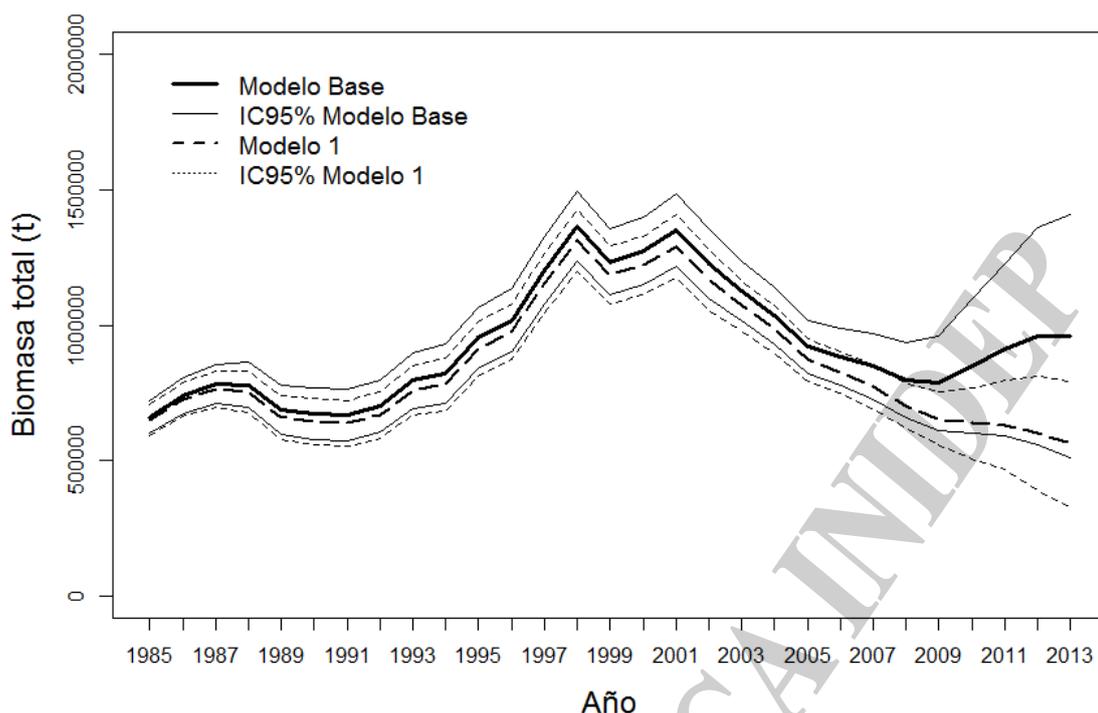


Figura 7. Biomasa total e intervalos de confiabilidad estimados mediante el modelo de evaluación.

Tabla 9. Estimados de biomasa total (B) media anual y límites de confianza resultantes de los modelos planteados. Periodo 1985-2013.

Año	Modelo Base			Modelo1		
	B (t)	Lim.Inf (95%)	Lim.Sup. (95%)	B (t)	Lim.Inf (95%)	Lim.Sup. (95%)
1985	659.580	599.659	719.501	648.490	592.113	704.867
1986	740.820	675.515	806.125	725.120	664.650	785.590
1987	783.790	710.921	856.659	762.560	696.239	828.881
1988	779.360	695.721	862.999	753.910	678.434	829.386
1989	686.660	596.731	776.589	658.670	578.110	739.230
1990	673.310	578.197	768.423	643.520	558.517	728.523
1991	668.670	573.716	763.624	638.510	553.836	723.184
1992	700.480	605.057	795.903	669.150	584.353	753.947
1993	795.710	692.463	898.957	760.470	668.983	851.957
1994	821.080	710.383	931.777	782.850	684.779	880.921
1995	954.180	841.633	1.066.727	913.610	813.987	1.013.233
1996	1.019.500	902.629	1.136.371	977.040	873.366	1.080.714
1997	1.201.700	1.076.948	1.326.452	1.154.200	1.043.709	1.264.691
1998	1.365.500	1.236.081	1.494.919	1.314.300	1.199.640	1.428.960
1999	1.233.900	1.113.462	1.354.338	1.185.100	1.078.394	1.291.806
2000	1.274.200	1.150.487	1.397.913	1.220.600	1.111.432	1.329.768
2001	1.352.200	1.218.483	1.485.917	1.291.400	1.173.688	1.409.112
2002	1.227.400	1.100.343	1.354.457	1.168.300	1.056.788	1.279.812
2003	1.125.300	1.015.481	1.235.119	1.072.500	978.438	1.166.562
2004	1.038.200	933.244	1.143.156	987.850	899.711	1.075.989
2005	920.220	822.087	1.018.353	871.710	793.867	949.553
2006	881.470	776.681	986.259	825.600	749.442	901.758
2007	848.270	725.715	970.825	774.710	694.046	855.374
2008	795.420	657.054	933.786	702.480	618.915	786.045
2009	786.180	612.402	959.958	655.390	557.429	753.351
2010	850.040	602.492	1.097.588	639.420	507.851	770.989
2011	910.530	593.461	1.227.599	631.620	466.637	796.603
2012	960.010	557.132	1.362.888	600.870	392.287	809.453
2013	961.720	512.566	1.410.874	561.910	328.748	795.072

La biomasa reproductiva (BR) en el **Modelo Base** fue estimada en 511 mil t, superior a la correspondiente al inicio del período (Figura 8), observándose además un incremento del 10%, aproximadamente, respecto de la estimación del año anterior (Giussi *et al.*, 2013). El valor actual representa un incremento del orden del 30%, respecto de la BR inicial. En el **Modelo 1** fue estimada en 298 mil toneladas, evidenciando una disminución cercana al 20% respecto de aquella estimada en el primer año del análisis. Los valores resultantes de cada modelo fueron muy similares en todos los años considerados en el diagnóstico (Tabla 10), observándose las mayores divergencias a partir del año 2009, como fuera también observado en la B (Biomasa total).

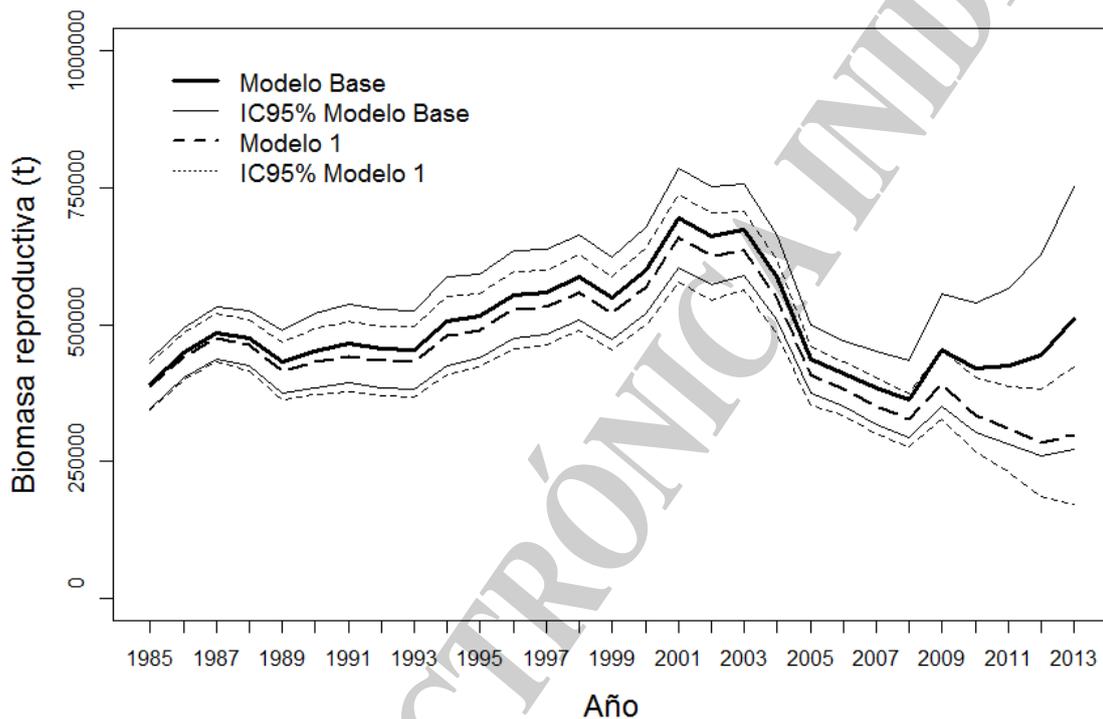


Figura 8. Biomasa reproductiva e intervalos de confiabilidad estimados mediante el modelo de evaluación.

La variabilidad de los reclutamientos podría implicar la existencia de ciclos con baja incorporación de individuos y otros en los cuales las cohortes exitosas provocarían el notorio incremento de la abundancia poblacional. Cabría esperar, entonces, nuevamente elevados reclutamientos de los cuales la cohorte de 2008 podría ser un indicio. Los reclutas pertenecientes a ésta, detectados ya en estudios poblacionales previos (Zavatteri *et al.*, 2011; Abachian *et al.*, 2013), podrían contribuir a un incremento en el tamaño del efectivo en la medida que se incorporen a la porción adulta y que sean seguidos por otros de similares características (Figura 9).

La relación entre el número de reclutas y el tamaño del efectivo reproductor exhibió una gran variabilidad (Figura 10).



Tabla 10. Estimados de biomasa reproductiva (BR) media anual y límites de confianza resultantes de los modelos planteados. Periodo 1985-2013.

Año	Modelo Base			Modelo1		
	BR (t)	Lim.Inf (95%)	Lim.Sup. (95%)	BR (t)	Lim.Inf (95%)	Lim.Sup. (95%)
1985	390.950	345.445	436.455	386.510	342.839	430.181
1986	448.520	403.168	493.872	442.340	399.228	485.452
1987	485.520	438.121	532.919	476.230	431.799	520.661
1988	475.600	424.883	526.317	462.080	415.528	508.632
1989	432.370	374.391	490.349	414.990	362.713	467.267
1990	452.420	385.059	519.781	431.850	371.335	492.365
1991	464.830	392.827	536.833	442.810	378.236	507.384
1992	455.350	384.167	526.533	433.440	369.718	497.162
1993	454.340	383.002	525.678	432.060	368.348	495.772
1994	506.770	426.098	587.442	480.630	408.851	552.409
1995	515.480	439.726	591.234	489.890	422.617	557.163
1996	554.340	474.188	634.492	526.740	455.549	597.931
1997	559.820	483.029	636.611	532.430	464.394	600.466
1998	586.610	509.274	663.946	558.760	490.035	627.485
1999	548.560	473.486	623.634	521.230	454.510	587.950
2000	599.270	519.353	679.187	568.800	497.928	639.672
2001	694.680	604.498	784.862	658.050	578.274	737.826
2002	662.450	572.672	752.228	624.630	545.375	703.885
2003	673.140	590.497	755.783	634.890	562.350	707.430
2004	586.500	509.049	663.951	550.300	482.633	617.967
2005	437.120	374.194	500.046	407.870	353.899	461.841
2006	410.890	350.785	470.995	382.500	333.345	431.655
2007	384.690	317.889	451.491	352.070	300.698	403.442
2008	363.420	293.272	433.568	326.370	277.268	375.472
2009	454.210	352.143	556.277	390.790	327.455	454.125
2010	420.860	302.978	538.742	334.660	266.436	402.884
2011	424.650	282.681	566.619	309.530	231.671	387.389
2012	444.140	259.802	628.478	284.880	186.666	383.094
2013	511.710	271.198	752.222	298.240	172.829	423.651

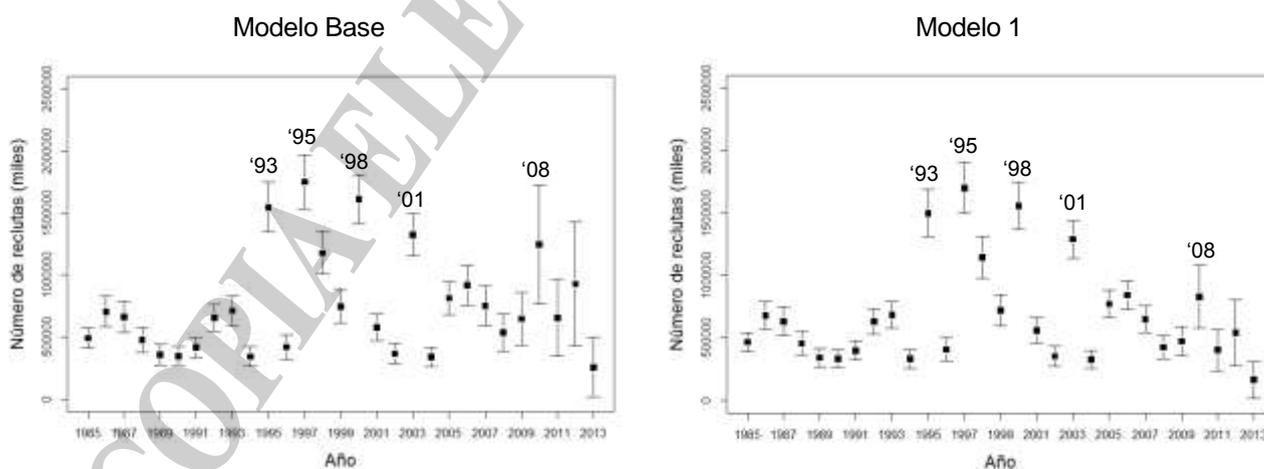


Figura 9. Estimaciones del número de reclutas a la edad de 1 año y de su desvío estándar. El año indicado en cada barra corresponde a la clase anual a la cual pertenece ese número de reclutas.

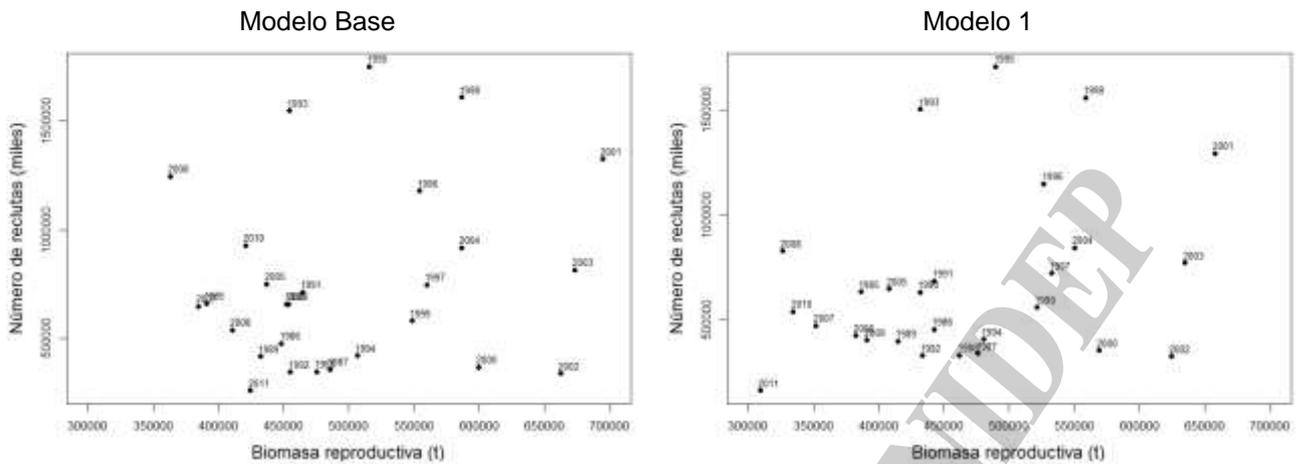


Figura 10. Relación entre el tamaño del efectivo reproductor y el número de reclutas a la edad de 1 año. El año indicado en cada punto corresponde a la clase anual o cohorte.

Los perfiles de verosimilitud estimados de las variables estado aportaron mayor robustez a los resultados obtenidos, puesto que en ningún caso se evidenciaron anomalías que indicaran la necesidad de cambios sustanciales en los modelos (Figura 11). Las estimaciones de la B_{2013} y de la BR_{2013} , a modo de ejemplo, confirmarían la estabilidad de los resultados.

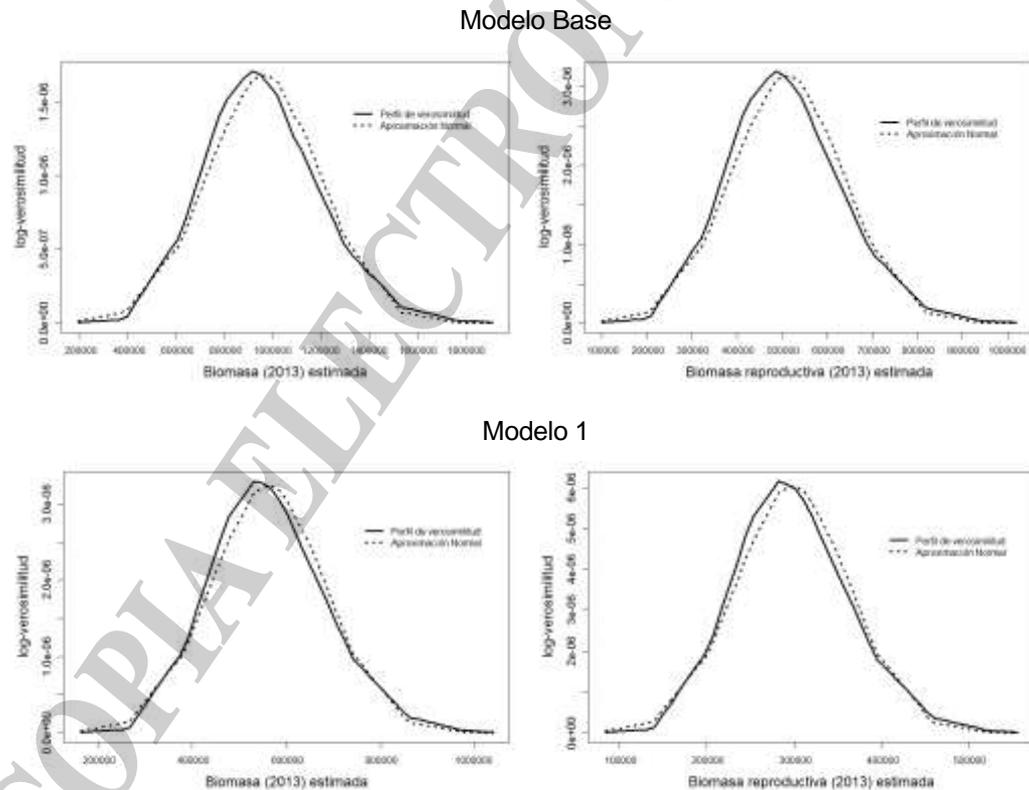


Figura 11. Perfiles de verosimilitud y aproximación normal de la biomasa total (B_{2013}) y la biomasa reproductiva (BR_{2013}) de cada uno de los modelos planteados.

**Proyección del estado poblacional y estimación de las CBAs.**

Las proyecciones de la abundancia se realizaron considerando los dos escenarios de reclutamientos planteados (Tabla 11) cuyas diferencias no fueron tan marcadas como para resultar en capturas máximas muy dispares.

Tabla 11. Valores medios, máximos y mínimos (en miles) empleados para la generación aleatoria de reclutamientos (edad 1) con distribución log-normal. Escenario 1: valores del período 1985-2011. Escenario 2: período 1995-2011.

Modelo		Escenario 1	Escenario 2
		Base	Valor medio \bar{R}
	Valor mínimo de R	338.769	338.769
	Valor máximo de R	1.751.360	1.751.360
1	Valor medio \bar{R}	701.668	822.106
	Valor mínimo de R	327.866	327.866
	Valor máximo de R	1.702.870	1.702.870

Tabla 12. Capturas biológicamente aceptables (CBA) de merluza de cola y sus correspondientes tasas de mortalidad por pesca de referencia F_{ref} (F_{obj} y F_{seg}) en función de los PBR (PBRO y PBRL), considerando los dos escenarios de reclutamiento futuro propuestos para cada modelo.

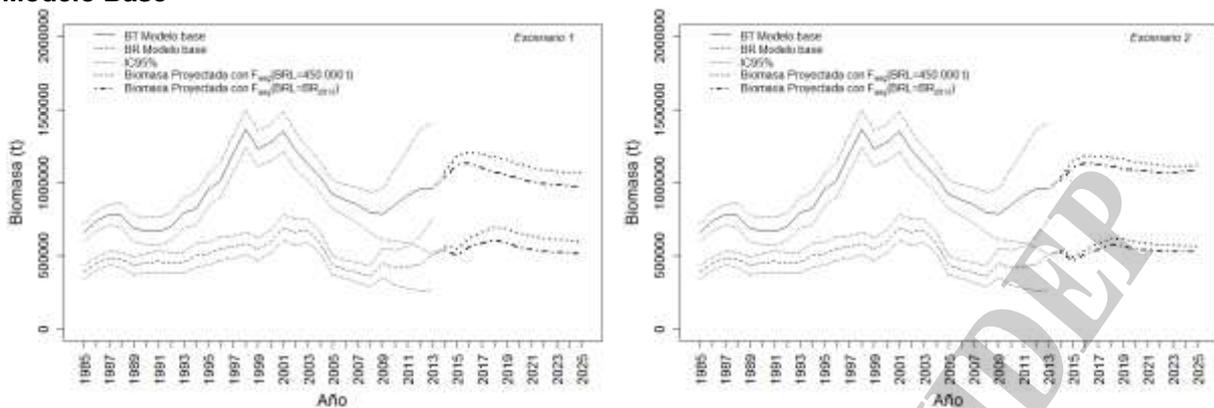
Escenario	PBR (t)	F_{ref}	CBA ₂₀₁₄ (t)	Variación Largo Plazo (%)			
				C	B	BR	
Modelo Base	BR₂₀₁₃ 450.000	0,221 (F_{obj})	131.739	73,54	2,37	1,11	
		0,187 (F_{seg})	119.305	55,65	11,96	17,71	
	2	BR₂₀₁₃ 450.000	0,284 (F_{obj})	151.646	125,99	13,24	5,39
			0,247 (F_{seg})	141.360	115,86	15,22	10,54
Modelo 1	1	450.000	0,164 (F_{seg})	71.450	125,99	109,30	141,93
	2	450.000	0,218 (F_{seg})	90.803	125,84	13,25	5,26

Las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) resultantes del **Modelo Base** variaron entre 119 y 151 mil toneladas. Las capturas máximas podrían obtenerse en la medida que ocurrieran reclutamientos más altos. Las mayores extracciones se hallarían asociadas, a su vez, con el objetivo de mantener la BR en el mismo nivel a la del último año del análisis (Tabla 12).

Los resultados de las proyecciones correspondientes al **Modelo 1** permitirían establecer CBAs menores: entre 71 y 91 mil toneladas, producto de la menor estimación de la abundancia obtenida en el último año y asociado a los más bajos niveles de reclutamiento. En este modelo, no se pudo plantear el PBRO por el bajo nivel actual de la BR.

Las tasas de mortalidad por pesca de referencia F_{ref} de ambos modelos, y de acuerdo con los distintos escenarios, producirían incrementos en el mediano plazo aunque en diferentes porcentajes y, luego estabilidad en valores más elevados que los actuales (Figura 12).

Modelo Base



Modelo 1

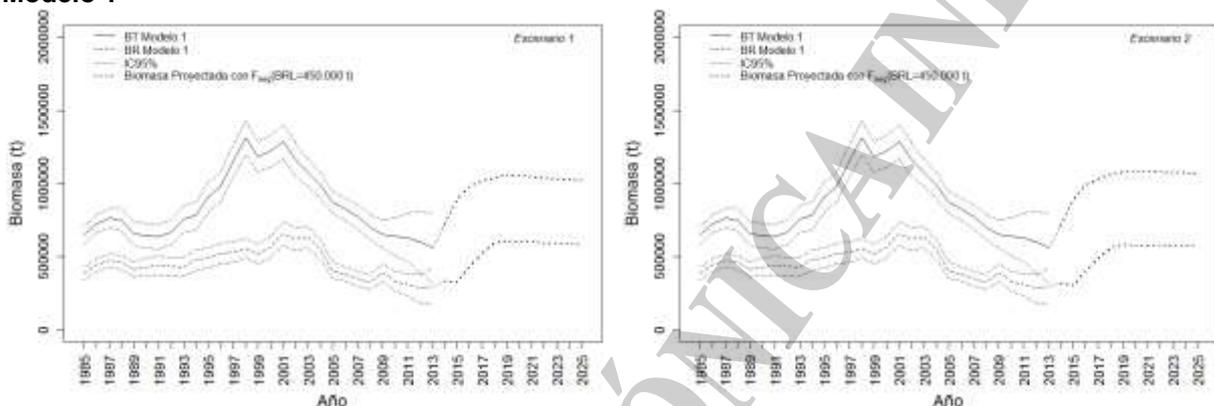


Figura 12. Tendencia de la B y de la BR según las proyecciones realizadas bajo los supuestos planteados.

Conclusiones

La evolución de la abundancia poblacional de merluza de cola parece tener una tendencia cíclica, observándose actualmente niveles de biomasa similares, o incluso superiores, a aquellos correspondientes a los del inicio del período. Se han detectado importantes fluctuaciones en los reclutamientos que han producido aumentos de la biomasa, principalmente a partir del año 1995. El origen de esas oscilaciones se desconoce, aportando niveles de incertidumbre variables por lo que resulta difícil predecir el comportamiento futuro de dichos reclutamientos y, por ende, de la evolución del efectivo.

Como ya fuera destacado en análisis previos los modelos planteados han ajustado de manera aceptable a los datos incluidos y a los índices utilizados. No obstante, debe considerarse la existencia de incertidumbre relacionada con los procesos biológicos de la especie, con el comportamiento de la flota que opera sobre el efectivo, con la interrupción en la serie de los índices de abundancia correspondientes a los años más recientes y con el error en el proceso de estimación de parámetros en el modelo. Las estimaciones obtenidas por el **Modelo 1** se encuentran, en toda su trayectoria, comprendidas dentro del intervalo de confianza estimado por el **Modelo Base**. La tendencia de los dos modelos de diagnóstico planteados es similar, observándose variaciones en los estimados de las B y BR de los últimos años.

La tendencia del efectivo proyectada para los próximos años evidencia una situación relativamente favorable en el largo plazo, respecto del estado estimado en el inicio del período de diagnóstico. Considerando el **Modelo Base**, podrían obtenerse capturas de 119 a 151 mil t de acuerdo con los PBR planteados. Los resultados del **Modelo 1**, en cambio, son menos promisorios en términos de CBA puesto que se podrían extraer menores capturas (71-91 mil t) durante el próximo año. Sin embargo, predicen una recuperación del recurso en pocos años a valores cercanos a los máximos históricos.



En base a los resultados obtenidos sería conveniente que la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2015 se estableciera entre 70 y 141 mil toneladas, valores que permitirían que la BR se mantuviera cercana a las 450 mil t, cualquiera fuera el modelo que se considere el más adecuado al estado del recurso.

Bibliografía

- ABACHIAN, V. & GIUSSI, A.R. 2007. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2007. . Inf. Invest INIDEP N° 66/07, 9 pp.
- ABACHIAN, V. & GIUSSI, A.R. 2009. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2009. . Inf. Invest INIDEP N° 88/09, 8 pp.
- ABACHIAN, V., ZAVATTERI, A., GIUSSI, A.R. & BARRUTIA, A. 2013. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2012. Inf. Invest. INIDEP N°73/13, 15 pp.
- BARANOV, F.I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. Nauchn. Issed. Ikhtiologicheskii Inst. Izv. 1:81-128.
- 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.
- CORDO, H.D. 1987. Informe de la campaña de investigación "OB/01/87". Biblioteca INIDEP, Mar del Plata, Argentina. (No publ.).
- FAO, 1995a. Fishstat-PC. An analytical tool for global catch time series 1970-1993.
- FOURNIER, D.A., SKAUG, H.J. ANCHETA, J., IANELLI, J., MAGNUSSON, A., MAUNDER, M.N., NIELSEN, A. & SIBERT, J. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optim. Methods Softw.* 27:233-249.
- GIUSSI, A.R. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2003. Inf. Int. INIDEP N° 38/2004, 8 pp.
- GIUSSI, A.R & ABACHIÁN, V. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2004. Inf. Int. INIDEP N° 111/2004, 8 pp.
- GIUSSI, A.R & ABACHIAN, V. 2005. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2005. Inf. Int. INIDEP N° 78/2005, 9 pp.
- GIUSSI, A.R & ABACHIÁN, V. 2006. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2006. Inf. Int. INIDEP N° 46/2006, 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 72/2001, 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. & WÖHLER, O.C. 2009. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2008. Informe Interno INIDEP N° 37/09, 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. Inf. Int. INIDEP N° 18/2002, 12 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. Inf. Int. INIDEP N° 58/08, 23 pp.
- GIUSSI, A.R., AUBONE, A. RODRÍGUEZ, J.S. DI MARCO, J.E. & ZAVATTERI, A. 2011. Evaluación de la abundancia de la población de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental entre los años 1985 y 2010. Informe Interno INIDEP N° 37/11, 22 pp.
- GIUSSI, A.R., DI MARCO, E.J., ZAVATTERI, A., CUETO, S.J. & WÖHLER, O.C. 2013. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2012. Inf. Invest. INIDEP N° 30/13, 24 pp.
- GIUSSI, A.R., DI MARCO, E.J. & ZAVATTERI, A. 2014. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2013. Inf. Invest. INIDEP N° 55/14, 12 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. 2014. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2001-2013). Inf. Téc. Of. INIDEP 17/14, 72 pp.
- MARÍ, N.R. & GIUSSI, A.R. 2011. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información derivada de la Estadística Pesquera y del Programa Observadores. Año 2010. Informe Técnico Oficial INIDEP N° 111/11, 14 pp.
- MARÍ, N.R. & GIUSSI, A.R. 2013a. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información derivada de la Estadística Pesquera y del Sub Programa Observadores. Año 2012. Informe de Investigación INIDEP N° 41, 9 pp.
- MARÍ, N.R. & GIUSSI, A.R. 2013b. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información derivada de la Estadística Pesquera y del Sub Programa Observadores. Año 2011. Informe de Investigación INIDEP N° 68, 9 pp.
- MARÍ, N.R. & GIUSSI, A.R. 2014a. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información obtenida por los observadores a bordo. Año 2013. Informe de Investigación en etapa de aprobación.
- MARÍ, N.R. & GIUSSI, A.R. 2014b. Distribuciones de frecuencias de longitudes de las especies de peces australes capturados por la flota comercial. Año 2013. Informe de Investigación en etapa de corrección.
- 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.
- 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.
- SANCHEZ, M.F. & GIUSSI, A.R. 2011. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información derivada de la Estadística Pesquera y del Sub Programa Observadores. Año 2009. Informe Técnico Oficial INIDEP N° 01/11, 12 pp.
- 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.; 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.
- ZAVATTERI, A., ABACHIAN, V., GIUSSI, A.R. & DI LEVA, I. 2011. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2010. *Inf. Invest. INIDEP* N° 79/11, 14 pp.
- ZAVATTERI, A., ABACHIAN, V., GIUSSI, A.R. & DI LEVA, I. 2014. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Análisis de los datos de la flota comercial. Año 2013. *Inf. Invest. INIDEP* N° 52/14, 11 pp.