

# **Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2021.**

Zavatteri Anabela, Giussi Analía

*Citar como:*

*Zavatteri A, Giussi AR. 2022. Evaluación de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2021. Inf Tec Oficial INIDEP N° 057/22, 28 pp.*





# Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2021.

Zavatteri Anabela, Giussi Analía

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

## Resumen ejecutivo

Se realizó la estimación de abundancia de la merluza de cola *Macrurus magellanicus* distribuida en el océano Atlántico Sudoccidental mediante la aplicación de un modelo estadístico de captura a la edad de carácter prospectivo que comprendió 37 años (1985-2021) de capturas históricas y proporciones por edades que conformaron las mismas.

En el ajuste se utilizaron un índice de abundancia relativo y la estructura de edades, ambos obtenidos a partir de las campañas de investigación estival (1992-2019) y un índice de abundancia obtenido de la flota comercial que operó sobre el recurso en el período 2003-2021.

Dada la merma en la provisión de datos producto de la reducción de las mareas en las cuales se embarcaron Asistentes de Investigación Pesquera, que impidieron tener la misma calidad de información que en años previos, así como la interrupción en la serie de campañas de investigación, se plantearon dos modelos alternativos (Caso 1 y Caso 2). La diferencia entre ambos fue el grado de confianza al índice de abundancia de la flota.

La Biomasa Total (B), correspondiente al año 2021, se estimó entre 271.913 y 303.850 t y la Biomasa Reproductiva (BR) entre 191.859 y 217.675 t. La discrepancia en las tendencias del último año en ambas biomásas, B y BR, probablemente esté relacionada con el bajo número de individuos que se incorporaron a la población. Aun así, el crecimiento de los ejemplares, generaría un aumento en peso que podría verse reflejado en la biomasa reproductiva, más que en la biomasa total, en la cual la incidencia de los juveniles es notoria.

Los reclutamientos estimados fueron variables y se pudieron distinguir períodos de estabilidad y de fluctuaciones, con valores notoriamente elevados en algunos años. Recientemente, se detectaron bajas incorporaciones de individuos, a excepción de los nacidos durante la época reproductiva de 2015. En el año 2021 se estimó el menor valor de reclutamiento.

Para el análisis de riesgo se consideraron tres escenarios de reclutamientos futuros. El escenario **E1** tomó el valor promedio de la serie de reclutamientos correspondientes al período 1985-2019, es decir de todo el período. El escenario **E2** se calculó a partir de esa misma serie de reclutamientos, sin incluir los que superaron el valor medio de **E1**. El escenario **E3** surgió de promediar los estimados en los últimos diez años del diagnóstico, esto es, el período más reciente.

Para conocer la trayectoria del estado poblacional de la merluza de cola, se consideró como Punto Biológico de Referencia Objetivo (PBRO), el nivel de biomasa reproductiva que es deseable de alcanzar o permanecer sobre el mismo y se definió como el 40% de la biomasa reproductiva virginal ( $BR_v$ ). Por otro lado, el nivel no deseable, definido por el Punto Biológico de Referencia Límite (PBRL), se consideró como un nivel de biomasa reproductiva por debajo del cual no se debería descender a fin de asegurar la sustentabilidad del recurso y se definió como el nivel equivalente al 25% de  $BR_v$ .

Al considerar la variabilidad de la BR respecto de la  $BR_v$ , se detectó que el efectivo se encontraría próximo al PBRO, con una relación de  $BR=0,39BR_v$  según el Caso 1, o de  $BR=0,44BR_v$ , según el Caso 2. Es importante destacar que las referencias del estado poblacional se realizan con los valores medios de las variables de estado y por lo tanto existe incertidumbre en torno a los resultados obtenidos.

Se estimaron las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) de acuerdo con estrategias de manejo alternativas: mantener la misma mortalidad por pesca del último año ( $F_{2021}$ ), conservar a la población bajo un nivel de riesgo biológico de sobreexplotación inferior al 10% respecto del PBRO ( $F_{PBRO}$ ) o aplicar la mortalidad por pesca derivada de la regla de control de captura ( $F_{RCC}$ ), en el caso que correspondiera.

De esta manera, las CBA correspondientes al año 2023, se estimaron entre 30.000 y 51.000 t luego de considerar todos los escenarios de reclutamiento y de explotación. Dada la situación actual del recurso y a pesar de haberse detectado una gran variabilidad en las estimaciones de la CBA para 2023, sería conveniente que la Autoridad de Aplicación estableciera un nivel de extracción del orden de las 50.000 toneladas, similar al valor máximo de CBA estimado entre los distintos valores de F de los dos casos planteados.



		F	CBA <sub>2023</sub> (t)	P(BR<0,4BR <sub>v</sub> )	
Caso 1	E1	F2021	0,17	30.909	0,008
		FPBRO	0,29	44.952	0,100
		FRCC	0,27	43.005	0,071
	E2	F2021	0,17	30.778	0,040
		FPBRO	0,19	34.092	0,100
		FRCC	0,18	31.996	0,06
	E3	F2021	0,17	30.749	0,320
		FPBRO	0,12	23.204	0,100
		FRCC	0,11	21.753	0,08
Caso 2	E1	F2021	0,15	31.370	0,003
		FPBRO	0,29	51.302	0,100
	E2	F2021	0,15	31.250	0,019
		FPBRO	0,20	38.895	0,100
	E3	F2021	0,15	31.236	0,130
		FPBRO	0,14	29.592	0,100

## Palabras Clave

*Macruronus magellanicus*, desembarques, abundancia, captura máxima.

## 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 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 145.000 t durante 1988. Esta etapa fue seguida por un período en el cual los desembarques promediaron unas 40.000 t por 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 169.000 t. En la última década las descargas han disminuido por debajo de las 100.000 t y en los últimos tres años promediaron las 42.000 t. En particular, el año 2021 evidenció un descenso importante en los desembarques, superando levemente las 33.000 t.

Las primeras estimaciones de la biomasa poblacional de la merluza de cola que se han realizado emplearon 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 y 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. 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, 1999b, 2000, 2001, 2002; Wöhler y Hansen, 2003; Wöhler y Giussi, 2004; Giussi y Wöhler 2005, 2006, 2007, 2009) y modificado (Giussi et al. 2011) y, por último, el estructurado por edades (Giussi et al. 2016, 2017a, 2019; Giussi y Zattereri 2018, 2020, Giussi et al. 2019; Zattereri y Giussi 2021).

A partir del año 2012, la evaluación de la abundancia de la merluza de cola se ha realizado mediante el planteo de un modelo estadístico de captura a la edad, implementado en la plataforma de trabajo AD Model Builder (Fournier et al. 2012). Este modelo ha sido sometido a dos revisiones por pares (Payá 2014; Canales 2016) en las que se han evaluado los datos básicos, los índices de ajustes y el código de programación, que contribuyeron a validar las estimaciones previas con modificaciones menores. Asimismo, fueron analizados los Puntos Biológicos de Referencia que se empleaban, establecidos como valores fijos a partir de la relación *stock*-recluta, como aquella BR a partir de la cual se habían obtenido reclutamientos similares a los valores promedios estimados en el período de diagnóstico.

El período analizado se extendió entre los años 1985 y 2021. Se utilizaron datos de la estructura poblacional y de las capturas obtenidas por la flota que operó 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 2003-2021 como índices para el ajuste. Se estimó el estado actual de explotación del efectivo, se analizó su evolución teórica y se recomendaron capturas máximas biológicamente aceptables para el año 2023, de acuerdo a distintos escenarios de reclutamientos futuros.

## 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), se extrajo de las estadísticas de la FAO (1995), para la primera parte del período analizado, y de las estadísticas oficiales de la República Argentina para los últimos años del análisis que fueron recopiladas por varios autores (Gorini et al. 2006, 2014, 2017, 2021, Gorini y Giussi 2018, 2020, Gorini et al 2021, Gorini y Lukaszewicz 2022). Además, se incorporaron las capturas obtenidas por la flota uruguaya en el Área del Tratado de la Zona Común de Pesca Argentino Uruguaya, ZCPAU (<http://ctmfm.org/archivos-de-captura/>).

Las capturas nominales de las embarcaciones argentinas se corrigieron atendiendo a los criterios de estimación de subdeclaración y descarte (Sánchez y Giussi 2011), incluidos en las evaluaciones de abundancia hasta el año 2016 por Giussi et al. (2017a) y, en las más recientes, de acuerdo a los resultados obtenidos por Lukaszewicz et al. 2022. También, se incluyó la información correspondiente a las capturas de buques extranjeros que operan en la Zona Económica Exclusiva Argentina.

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 del período 1985-2022. \*Valor estimado.



Año	Flota Argentina	Flota uruguaya (ZCPAU)	Flota Extranjera	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		61.733	64.766	-
1990	3.840		27.483	31.323	-
1991	5.289		16.648	21.937	-
1992	9.335		21.438	30.773	-
1993	44.382		8.634	53.016	150.000
1994	18.640		10.064	28.704	200.000
1995	29.779		15.603	45.382	160.000
1996	52.090		13.813	65.903	175.000
1997	50.826	150	13.006	63.982	180.000
1998	117.464	1.824	22.378	141.666	175.000
1999	141.795	1.464	18.765	162.024	260.000
2000	148.218	800	19.831	168.849	300.000
2001	130.588	835	19.471	150.894	230.000
2002	117.489	1.002	26.970	145.461	230.000
2003	99.344	1.707	23.815	124.866	230.000
2004	123.879	1.534	25.905	151.318	200.000
2005	123.429	2.074	16.723	142.226	200.000
2006	148.277	1.390	19.769	169.436	200.000
2007	117.384	742	16.669	134.795	189.000
2008	127.745	896	15.908	144.549	189.000
2009	111.528	451	23.404	135.383	170.000
2010	80.001	1.054	19.227	100.282	150.000
2011	97.119	512	22.979	120.610	150.000
2012	67.958	483	15.867	84.308	140.000
2013	54.382	401	16.849	71.632	130.000
2014	65.248	267	7.392	72.907	130.000
2015	63.605	551	6.845	71.001	130.000
2016	56.544	674	11.562	68.780	80.000
2017	25.021	26	4.053	29.100	80.000
2018	38.240	1.119	4.438	43.797	80.000
2019	38.769	1.668	7.407	47.844	80.000
2020	38.129	1.223	7.643	46.995	80.000
2021	31.478	423	1.914	33.815	70.000
2022*	-	-	-	30.000	80.000

## 1.2.- Captura por edad

Las capturas por edad correspondientes al período 1985-2018 se basaron en aquellas indicadas por Giussi et al. 2017a, mientras que las de los años 2019 y 2021 fueron estimadas a partir de las edades observadas<sup>1</sup> y ponderadas a la captura total a partir de la distribución de frecuencias de longitudes obtenidas de las muestras de los observadores embarcados en los buques comerciales (Ruocco y Lukaszewicz 2022). El período incluido abarcó los años 1985 a 2021 (Tabla 2, Figura 1).

<sup>1</sup> Zavatteri, A. Datos sin publicar. Programa Pesquerías de Peces Demersales Australes y Subantártico  
Evaluación de abundancia de merluza de cola. Período 1985-2021.



Tabla 2. Captura de merluza de cola 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	1.6671	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	5.201	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
2014	2.292	35.357	53.371	19.819	18.046	4.040	1.887	1.644	669	218	105
2015	907	32.208	38.293	22.134	6.652	4.389	1.158	789	353	61	28
2016	560	8.337	25.895	21.076	13.025	4.821	1.841	347	175	123	28
2017	9.089	11.592	7.625	11.820	8.709	3.479	890	509	119	107	180
2018	217	41.526	52.733	7.949	3.602	1.819	707	243	167	64	18
2019	1.490	16.666	61.403	12.194	1.621	1.141	389	146	72	2	13
2020	357	9.037	23.390	34.679	19.253	2.824	403	150	61	142	0
2021	14	23.09	8.919	20.068	14.547	3.141	189	59	20	22	9

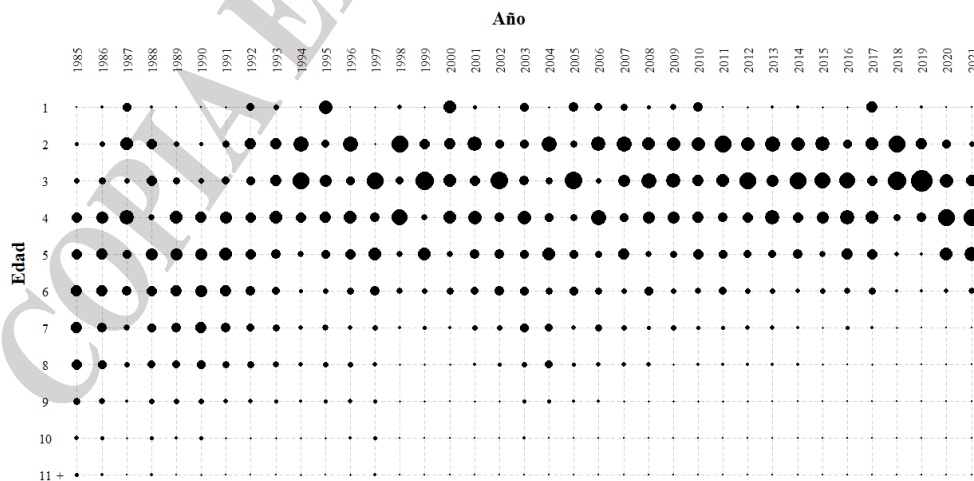


Figura 1. Porcentajes de individuos de merluza de cola por edad y por año capturados por la flota. Período 1985-2021.

Evaluación de abundancia de merluza de cola. Período 1985-2021.



## 1.3.- Pesos medios por edad

Los pesos medios por edad empleados para la re-estimación de las capturas (Tabla 3) provinieron de datos obtenidos de los cruceros de investigación (Giussi 2004; Giussi y Abachian 2004, 2005, 2006; Abachian y Giussi 2007, 2009) y por los observadores a bordo de los buques pesqueros comerciales (Zavatteri et al. 2011) calculados al comienzo de cada año. Para la estimación de las variables de estado (B y BR) se calculó un vector de pesos promedio que incluyó todo el período para así evitar variabilidades interanuales producto del factor de condición de los efectivos.

Tabla 3. Peso medio de merluza de cola 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
2012-2021	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, consideradas para la estimación de la biomasa reproductiva (Tabla 4) fueron derivadas de las observaciones realizadas durante las campañas de investigación llevadas a cabo en el período 1987-2012. Dado que la serie de cruceros no fue continua, algunas ojivas se repitieron en años consecutivos (Giussi y Abachian 2006; Giussi y Wöhler 2006; Abachian y Giussi 2009; Zavatteri et al. 2012). Los resultados correspondientes a las ojivas de madurez coincidieron en estimar valores de edad de primera madurez sexual cercanos a los 3,5 años, compatibles además con la serie analizada por Giussi y Wöhler (2001).

Con dichas ojivas anuales se estimó un único vector de madurez a la edad, resultante del promedio de las mismas, para evitar que las variaciones aleatorias de los muestreos produjeran efectos erróneos en el tamaño del *stock* reproductor y se debieran, efectivamente, a cambios reales en la tendencia de esta fracción poblacional.

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

AÑO / EDAD	1985	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2012
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2011	2021
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	0,98
7-11+	1	1	1	1	0,97	1	1	1	1	1	1	0,99	1

Evaluación de abundancia de merluza de cola. Período 1985-2021.



### 1.5.- Mortalidad natural

En el presente trabajo se ha adoptado un valor de  $0,35 \text{ años}^{-1}$ , tal como fuera aplicado en análisis previos (Giussi et al. 2011, 2016, 2019, Giussi y Zavatteri 2020, Zavatteri y Giussi 2021).

### 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 estivales diseñadas para la evaluación de la abundancia de la especie en latitudes que abarcan desde los  $45^{\circ}\text{S}$  a los  $55^{\circ}\text{S}$ , 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 (Zavatteri y Giussi 2022).

Las campañas de investigación, de carácter anual, se iniciaron en el año 1987 y, luego de un lapso sin su realización, se continuaron desde el año 1992 hasta 2022 (con excepción de 1996, 2002, 2007, 2008). Uno de los índices, derivado de dicha fuente de información, fue la serie de densidad de la abundancia ( $\text{t/mn}^2$ ) estimada por área barrida, con excepción del año 2012, cuyo valor fue considerado atípico y por ello se resolvió no incluirlo. El coeficiente de variación empleado resultó de considerar la varianza anual relativizada a un valor máximo de 0,2 (Tabla 5). El valor de densidad media correspondiente al año 2019 podría contener mayor incertidumbre respecto del resto de la serie y por ello la ponderación con la que se ajustó fue distinta (0,3). Cabe destacar que dicha campaña se llevó a cabo con otro buque, el cual realizaba su primera experiencia en el área y que requirió de la realización de algunos ajustes en la operatoria de pesca. No obstante, se consideró que el dato era sumamente relevante para conocer el estado del recurso. A su vez, el valor de la densidad media de la especie obtenido en la última campaña realizada (2022) será incluido en la próxima estimación de abundancia ya que corresponde a dicho período.

Además, se incorporó como índice de ajuste la proporción por edades de las campañas realizadas entre 1992 y 2012, de modo de incluir el conocimiento de la estructura poblacional.

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 2021 (Zavatteri y Giussi 2022). Se plantearon dos ajustes diferentes a los valores observados a partir del coeficiente de variación (cv). En el Caso 1 se empleó un  $\text{cv}=0,3$  fijo para todos los años del período, mientras que en el Caso 2 el valor de cv de cada año se relativizó a un valor máximo de 0,3, es decir que permitió considerar la variabilidad propia del valor estimado por año (Tabla 6). En relación a este índice, es importante mencionar que se realizó una reestimación del mismo, la cual consideró la incorporación de otra variable de interés y que contribuyó a mejorar la explicación de la tendencia observada, aportando mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

Tabla 5. Índice de abundancia ( $\text{t/mn}^2$ ) de merluza de cola derivado de las campañas de investigación y coeficientes de variación anuales utilizados en el ajuste del modelo.

AÑO	1987	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2009	2019
Índice	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	5,9
C.V.	0,017	0,058	0,046	0,041	0,052	0,063	0,043	0,037	0,040	0,049	0,084	0,054	0,146	0,200	0,107	0,300





Tabla 6. Índice de CPUE (t/h) de merluza de cola derivado de la flota comercial y coeficientes de variación anuales utilizados en el ajuste del modelo.

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Índice	0,336	0,334	0,366	0,432	0,401	0,432	0,693	0,223	0,324	0,215
cv Caso 1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
cv Caso 2	0,140	0,305	0,263	0,301	0,275	0,206	0,496	0,094	0,339	0,189

AÑO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Índice	0,392	0,331	0,546	0,206	0,211	0,229	0,273	0,450	0,182
cv Caso 1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
cv Caso 2	0,414	0,398	0,553	0,200	0,256	0,269	0,221	0,565	0,223

## 2.- Modelo de evaluación

La dinámica poblacional de la merluza de cola fue interpretada mediante un modelo de evaluación de abundancia de captura a la edad. El mismo fue implementado en la plataforma de programación AD ModelBuilder (Fournier et al. 2012), que facilitó el empleo de técnicas de estimación no lineales en los parámetros del modelo. En esta plataforma fueron programadas la dinámica poblacional y las ecuaciones de verosimilitud que involucraron las capturas, los índices de abundancia, las proporciones por edad y los vectores de desvíos, según correspondiera.

El período completo de evaluación contempló 37 años (1985-2027). Se establecieron una serie de supuestos al inicio del período analizado, y previo al mismo, en base a conocimientos que se poseían de la especie (Giussi y Wöhler 2009).

El estado virginal se consideró como una condición teórica en ausencia de explotación y bajo condiciones de equilibrio, previa al momento de inicio del período analizado ( $t=1985$ ). Dicho vector del número de individuos se representó mediante una forma conocida como “pseudo-cohorte”, que se calculó a partir de un reclutamiento de largo plazo (virginal o asintótico),  $R_0$ , y de la probabilidad de sobrevivencia en torno a la tasa de mortalidad natural ( $M_{i,1985}$ ), desde el grupo de edad  $i=1$  hasta el grupo de edad “plus”  $i=11+$ , de la siguiente forma:

$$N_1 = R_0$$

$$N_{i+1} = N_i e^{-M_i} \quad \text{para } i = 1, \dots, 9$$

$$N_{11+} = N_{10} e^{-M_{10}/(1 - e^{-M_{11}})}$$

En el inicio del período analizado ( $t=1985$ ), se consideró que la población de merluza de cola se hallaba en un estado de equilibrio estocástico (perturbado) con pesca. La estructura de dicho estado se calculó en forma similar al estado virginal pero incluyendo tasas de mortalidad por pesca ( $F_{i,1985}$ ) y un vector de desvíos ( $devEini_i$ ) asociados a cada grupo de edad para representar la perturbación respecto del estado de equilibrio. El reclutamiento inicial  $R_0$  se estimó con la condición de que fuera similar al promedio de aquellos estimados durante los primeros diez años del período de diagnóstico (cv=0,0001), de la siguiente manera:

$$N_{1,1985} = R_0 \cdot devEini_1$$

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

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



Los reclutamientos  $R_t$  ( $N_{1,t}$  para los años  $t=1986, \dots, 2021$ ) fueron modelados y estimados a partir de una relación con el efectivo reproductor (*stock-recluta*) de Beverton y Holt (1957) asociada con un vector de desvíos aleatorios respecto del  $R_0$  ( $devR_t$ ):

$$\alpha = 4 \cdot h \cdot Ro / (5 \cdot h - 1);$$

$$\beta = (1 - h) \cdot BRo / (5 \cdot h - 1);$$

$$N_{1,t+1} = \frac{\alpha \cdot BR_t}{\beta + BR_t} \cdot devR_t \quad \text{para } t = 1986, \dots, 2021; \quad \text{siendo } devR_t = e^{\varepsilon_R} \quad \text{con } \varepsilon_R \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_R}^2)$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la relación.

La estimación del número de individuos del resto de los grupos de edad  $i$  (2 a 11+) y años  $t$  (1986 a 2021), se realizó de la siguiente forma:

$$N_{i+1,t+1} = N_{i,t} \cdot e^{-F_{i,t} - M_{i,t}} \quad \text{para } i = 1, \dots, 9 \text{ y } t = 1986, \dots, 2021$$

$$N_{11+,t+1} = N_{10,t} \cdot e^{-F_{10,t} - M_{10,t}} + N_{11+,t} \cdot e^{-F_{11+,t} - M_{11+,t}} \quad \text{para } t = 1986, \dots, 2021$$

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  $i=1, \dots, 11+$  y los años  $t=1985, \dots, 2021$  se asumió constante para todos los tiempos y edades. La mortalidad por pesca,  $F_{i,t}$ , fue calculada partir del producto entre el patrón de selección  $S_i^p$  y la componente anual de la tasa instantánea de mortalidad por pesca ( $f_t$ ) estimada en el proceso de ajuste. Dicho patrón de selección  $S_i^p$  se asumió con una forma de curva logística y fue ajustado en tres períodos  $p$  diferentes (1985-1992, 1993-2010 y 2011-2021) a los efectos de tener en cuenta los cambios producidos en la estructura de edades observada en las capturas:

$$F_{i,t} = f_t S_i^p,$$

$$S_i^1 = \left[ 1 + e^{-\ln(19)(i-i_{50}^1)/d^1} \right]^{-1}, S_i^2 = \left[ 1 + e^{-\ln(19)(i-i_{50}^2)/d^2} \right]^{-1}, S_i^3 = \left[ 1 + e^{-\ln(19)(i-i_{50}^3)/d^3} \right]^{-1}$$

para  $i = 1, \dots, 11 +$

con  $p = 1$  para  $t = 1985, \dots, 1992$ ,  $p = 2$  para  $t = 1993, \dots, 2010$ ,  $p = 3$  para  $t = 2011, \dots, 2021$

donde,

$i_{50}^1$ ,  $d^1$ ,  $i_{50}^2$  y  $d^2$  corresponden a los parámetros de la curva logística para cada período considerado.

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

$$C_{i,t} = \frac{F_{i,t}}{F_{i,t} + M_{i,t}} (1 - e^{-F_{i,t} - M_{i,t}}) N_{i,t} \quad \text{para } i = 1, \dots, 11 + \text{ y } t = 1985, \dots, 2021$$



El índice derivado de la campaña (densidad de la abundancia en t/mn<sup>2</sup>), se relacionó con la biomasa anual vulnerable a la campaña y se estimó mediante la siguiente ecuación:

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

donde,

$I_{camp}$  es el índice de campaña,  $q_{camp}$  es el coeficiente de capturabilidad de la campaña,  $BV_{camp,t}$  es la biomasa anual vulnerable a la campaña.

El índice correspondiente a la flota comercial (CPUE en t/h), se relacionó con la biomasa anual vulnerable a la flota, y se estimó mediante la siguiente relación:

$$I_{flota} = q_{flota} \cdot BV_{flota,t} \cdot e^{\varepsilon_t} \quad , \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_t}^2)$$

donde,

$I_{flota}$  es el índice de la flota,  $q_{flota}$  es el coeficiente de capturabilidad de la flota,  $BV_{flota,t}$  es la biomasa anual vulnerable a la flota.

En ambos índices  $e^{\varepsilon_t}$  es el término de error de tipo multiplicativo donde  $\varepsilon_t$  se supone con distribución normal en cada año  $t$ .

Se mantuvo un único período de ajuste de las capturas, las proporciones de edades, los índices de abundancia (densidad de campaña y CPUE) y los desvíos de los reclutamientos. Las capturas nominales se consideraron, prácticamente, sin errores ( $cv=0,01$ ).

Las contribuciones parciales a la verosimilitud total, se asociaron con distribuciones específicas, multinomial o logarítmica, según correspondiera de acuerdo a cada tipo de variable o índice considerado, contribuyendo a una función objetivo total a ser minimizada en el modelo (Tabla 7).

La condición impuesta sobre el reclutamiento inicial se introdujo como una suma de cuadrados adicional ( $SC R_0$ ) dentro de la función objeto a ser minimizada, con  $\sigma_{R_0} = 0,0001$ , de la siguiente forma:

$$SC R_0 = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{R_0}^2} \sum_{t=1985}^{1994} [\ln(R_0) - \ln(R_t)]^2$$

Los tamaños efectivos de muestra, que intervienen como ponderador en la función multinomial, correspondientes a las proporciones por edad, tanto las provenientes de las campañas ( $\hat{n}_{camp,t}$ ) como las provenientes de la flota ( $\hat{n}_{flota,t}$ ), se estimaron proponiendo un número inicial a partir del número de muestras original de la toma de datos y ajustando dicho número mediante un proceso iterativo hasta su convergencia, tal como lo propusieron McAllister y Ianelli (1997). Dicho número se calculó como la media geométrica ( $\hat{n}$ ) de los tamaños efectivos de muestra anuales ( $\hat{n}_t$ ):

$$\hat{n}_{camp,t} = \frac{\sum_{i=1}^{11+} \hat{p}_{i,t} (1 - \hat{p}_{i,t})}{\sum_{i=1}^{11+} (p_{i,t} - \hat{p}_{i,t})^2} ;$$

$$\hat{n}_{flota,t} = \frac{\sum_{i=1}^{11+} \hat{p}_{i,t} (1 - \hat{p}_{i,t})}{\sum_{i=1}^{11+} (p_{i,t} - \hat{p}_{i,t})^2} ;$$

$$\hat{n}_{camp} = \sqrt[T_{camp}]{\prod_t \hat{n}_{camp,t}} ;$$

$$\hat{n}_{flota} = \sqrt[T_{flota}]{\prod_t \hat{n}_{flota,t}}$$



donde  $\hat{p}_{i,t}$  y  $p_{i,t}$  son las proporciones por edad  $i$  estimadas y observadas, respectivamente en cada año  $t$ ,  $T_{camp}$  y  $T_{flota}$  son la cantidad de años con datos disponibles de proporciones observadas, de la campaña y de la flota, respectivamente.

Fueron estimadas las edades medias por año del período de diagnóstico y las derivadas del modelo de evaluación para poder observar los cambios producidos en el estado poblacional.

Tabla 7. Funciones de log-verosimilitud (parcial) correspondientes a cada variable, su tipo de distribución y el peso de sus ponderadores utilizadas en el modelo de evaluación de merluza de cola. Período 1985-2021.\*  $\sigma_{camp\ 2019} = 0,3$

Variable	Distribución	Función de log-verosimilitud	ponderador
Capturas	Log-normal	$-LL_c = \frac{1}{2 \cdot \sigma_c^2} \sum_{t=1985}^T [\ln(C_{obs,t}) - \ln(C_{est,t})]^2$	$\sigma_c = 0,01$
Desvíos de reclutamientos	Log-normal	$-LL_R = \frac{1}{2 \cdot \sigma_R^2} \sum_{t=1986}^T (\ln(d_{sev}R_t))^2$	$\sigma_R = 0,8$
Desvíos de N por edad en el inicio (1985)	Log-normal	$-LL_{E_{ini}} = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{E_{ini}}^2} \sum_{i=1}^{k+1} (\ln(d_{sev}E_{ini,i}))^2$	$\sigma_{E_{ini}} = 0,8$
Proporciones por edad en la población (de campaña)	Multinomial	$-LL_{pcamp} = -\hat{n}_{pcamp} \sum_{t=1985}^{T_{camp}} \sum_{i=1}^{k+1} p_{i,t} \ln(\hat{p}_{i,t})$	$\hat{n}_{pcamp} = 60$
Proporciones por edad en la captura (de flota)	Multinomial	$-LL_{p/flota} = -\hat{n}_{p/flota} \sum_{t=1985}^{T_{flota}} \sum_{i=1}^{k+1} p_{i,t} \ln(\hat{p}_{i,t})$	$\hat{n}_{p/flota} = 2$
Índice de abundancia de Campaña (densidad en t/mn <sup>2</sup> )	Log-normal	$-LL_{camp} = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{camp}^2} \sum_{t=1987}^{T_{camp}} [\ln(I_{t,camp}) - \ln(q_{camp} \cdot BV_{t,camp})]^2$	$\sigma_{camp} = 0,2v^*$
Índice de abundancia de flota (CPUE de flota arrastrera en t/h)	Log-normal	$-LL_{flota} = \frac{1}{2 \cdot \sigma_{flota}^2} \sum_{t=2003}^{T_{flota}} [\ln(I_{t,flota}) - \ln(q_{flota} \cdot BV_{t,flota})]^2$	$\sigma_{flota1} = 0,3$ $\sigma_{flota2} = cv * f$

### 3.- Puntos Biológicos de Referencia Objetivo (PBRO) y Límite (PBRL)

El PBRO se consideró como un nivel de biomasa reproductiva que es deseable de alcanzar o permanecer sobre el mismo y se definió como el 40% de la biomasa reproductiva virginal (BR<sub>V</sub>).

El PBRL se consideró como un nivel de biomasa reproductiva por debajo del cual no se debería descender a fin de asegurar la sustentabilidad del recurso y se definió como el nivel equivalente al 25% de la biomasa reproductiva virginal (BR<sub>V</sub>).

### 4.- Proyección del estado poblacional y análisis de riesgo

La estructura poblacional del efectivo y la incertidumbre asociada, correspondiente al último año de diagnóstico fue la base para proyectar el estado poblacional en un plazo de 20 años. Se realizaron 500 simulaciones con distintas tasas instantáneas de mortalidad por pesca.



Se plantearon tres objetivos de manejo basados en distintas mortalidades por pesca de referencia y tres escenarios de reclutamientos futuros para poder estimar el nivel anual de extracción (Captura Biológicamente Aceptable, CBA) en el mediano plazo (9 años). Uno fue mantener la misma  $F$  correspondiente al último año de diagnóstico,  $F_{2021}$ , otro en el cual tendieran a mantener a la población bajo un nivel de riesgo biológico de sobreexplotación inferior al 10% respecto del PBRO planteado,  $F_{PBRO}$ , y el tercero que consideró la mortalidad por pesca derivada de la regla de control de captura,  $F_{RC}$  (Giussi et al 2017b). Esta última fue planteada sólo para el caso en que el recurso se encontrara en niveles por debajo del PBRO, ya que, si el mismo se mantiene en un nivel de subexplotación, la  $F_{RC}$  que debiera aplicarse corresponde a aquella derivada del objetivo de manejo ( $F_{PBRO}$ ). En caso contrario, el esfuerzo de pesca aplicado debería reducirse según:

$$F_{RC} = F_{obj} * \left( \frac{BR}{0,4BR_{s}} - 0,6 \right) / (1 - 0,6)$$

Los tres escenarios de reclutamiento se basaron en distintos supuestos del valor medio utilizado para proyectar a futuro. Dichos valores surgieron a partir de promediar la serie de reclutamientos estimados durante el período de diagnóstico, excepto los dos últimos años, los cuales estarían asociados a una mayor incertidumbre. El reclutamiento correspondiente al escenario **E1** se calculó a partir de la serie completa de reclutamientos del período 1985-2020. El reclutamiento del escenario **E2** se calculó a partir de esa misma serie (1985-2020), de la cual se removieron aquellos valores que superaron el estimado del **E1**. El reclutamiento del escenario **E3** se calculó con los valores estimados en los últimos 10 años del período diagnóstico (2010-2020).

## Resultados

Las capturas de la especie fueron obtenidas por diferentes embarcaciones que operaron sobre el recurso y evidenciaron períodos de gran abundancia. Entre los años 1980 y 1992 la merluza de cola era obtenida casi en su totalidad por buques extranjeros, principalmente de banderas rusa y búlgara, y la participación de la flota argentina era muy reducida. En el año 1988 se registró uno de los valores más elevados de captura de todo ese período, que alcanzó un total de 145.000 t. A partir de mediados de 1990 en adelante, las capturas referenciadas a los buques extranjeros fueron básicamente obtenidas por la flota ilegítimamente licenciada por Gran Bretaña y que opera alrededor de las Islas Malvinas (Figura 2).

A partir del año 1993 y hasta la actualidad, los buques congeladores y surimeros argentinos fueron los que evidenciaron la mayor participación en la pesquería de la especie y, entre los años 1999 y 2006 se registraron los valores máximos de captura que llegaron a las 169.000 t. Desde allí entonces, la tendencia de los desembarques fue en descenso, a pesar de que las capturas aún mantenían niveles relativamente elevados. Desde el año 2013, los valores se redujeron prácticamente a la mitad de lo que se había obtenido en los años de mayor abundancia y continuó en descenso hasta la actualidad. La misma tendencia fue registrada en las capturas obtenidas por los buques extranjeros que evidenciaron en el último año (2021), una merma notoria que la redujo un 25% en comparación con el año anterior (Figura 2).

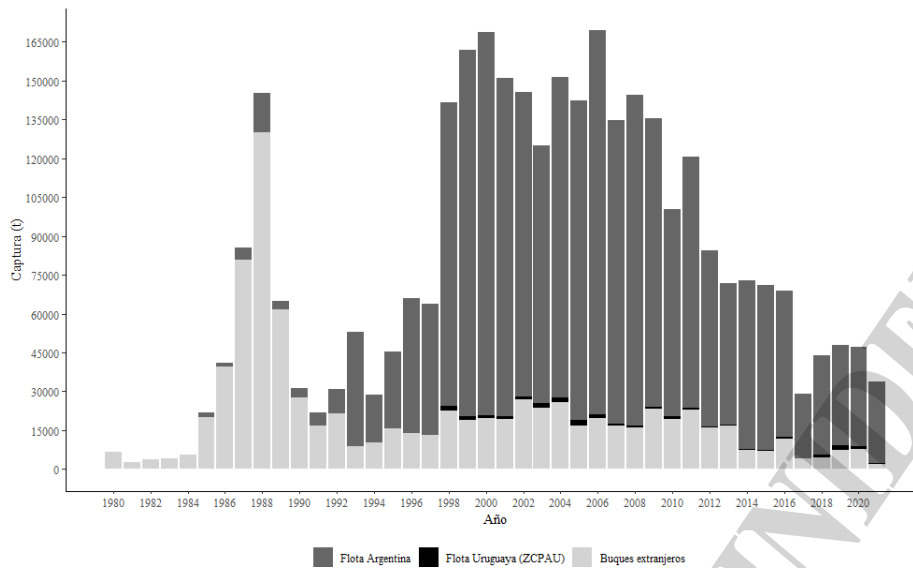


Figura 2. Evolución de las capturas totales anuales de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2021.

El modelo resultante interpretó adecuadamente los datos observados y evidenció buenos ajustes al índice de abundancia de los cruceros de investigación y al derivado de la CPUE (Figura 3). En ambos índices las tendencias estimadas fueron similares. En el primero, los niveles más elevados de abundancia fueron detectados entre los años 1998 y 2001 y en el segundo los mayores rendimientos se registraron en los años 2001 y 2002. En ambos casos, se evidenció posteriormente un descenso de los valores estimados y observados y un leve aumento de los rendimientos en el período 2018-2020 en el índice de CPUE. Sin embargo, en este último, el valor observado correspondiente al año 2021 fue el menor de toda la serie. El ajuste del índice en los dos casos planteados (Casos 1 y 2) fue muy similar y siguieron la tendencia media de los rendimientos observados.

El valor de abundancia obtenido de la campaña de investigación correspondiente al año 2019, fue muy útil para condicionar los últimos años de estudio y contar con un valor observado que permitiera conocer la situación de la población, a pesar de que la incertidumbre estuvo muy marcada.

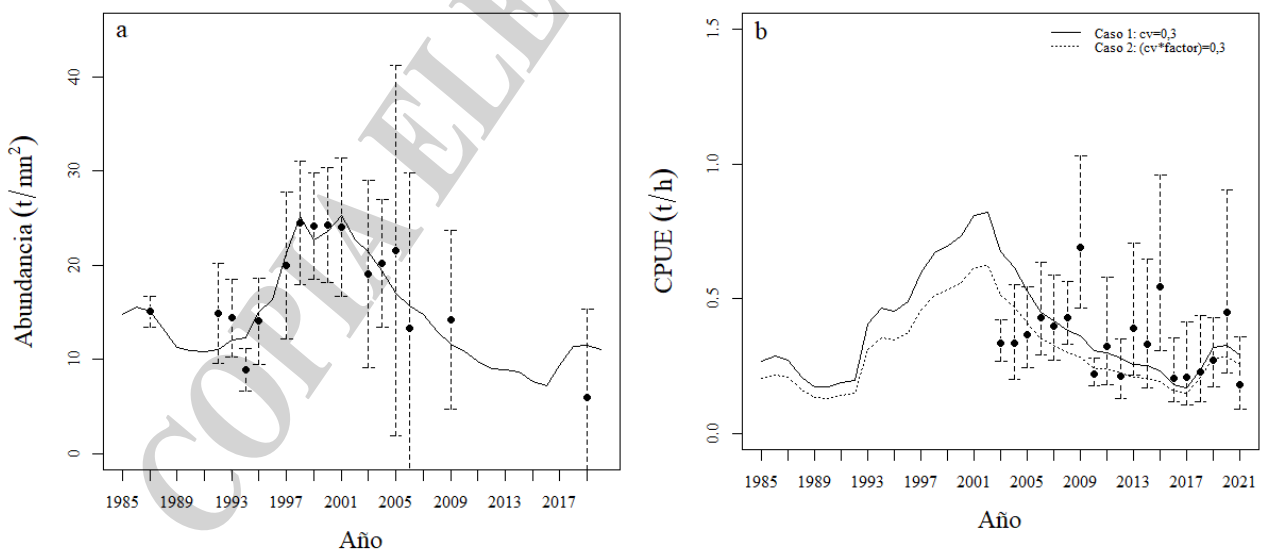


Figura 3. Ajuste de los índices empleados en el modelo de evaluación de abundancia de merluza de cola planteado: a) abundancia relativa ( $t/mm^2$ ), b) índice de CPUE ( $t/h$ ). Los puntos corresponden a las observaciones y las líneas a las estimaciones resultantes del modelo.



El modelo logró replicar, parcialmente, la estructura etaria poblacional observada en las campañas de evaluación de abundancia de la temporada estival. El grupo de edad uno (reclutas) presentó el menor ajuste en la mayoría de los años de la serie, excepto en aquellos años donde la fuerza de alguna clase anual fue más importante. En cambio, se observó un mejor ajuste en las edades mayores, donde la presencia de cohortes dominantes permitió visualizar su seguimiento en años consecutivos y predecir la de aquellos años en los que no se contó con información (Figura 4).

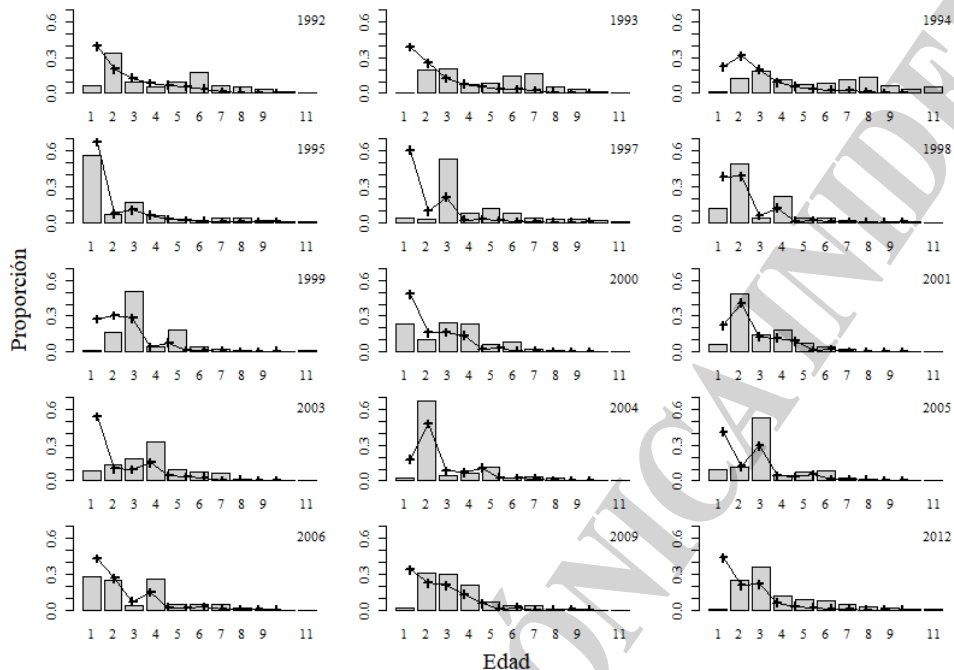


Figura 4. Proporciones por grupos de edad y por año de merluza de cola, observadas (barras) durante las campañas de evaluación de abundancia estival y las ajustadas (líneas) en el modelo planteado.

Las proporciones por edades de las capturas comerciales evidenciaron, en general, buenos ajustes (Figura 5). Se pudieron identificar las cohortes más importantes y su evolución pudo ser observada durante varios años. En general, hasta el año 1992, se observó una mayor proporción de individuos de edades mayores a los cuatro años. Luego, la pesquería estuvo principalmente compuesta por individuos juveniles, en su mayoría de dos y tres años de edad, y se evidenció una mayor variabilidad. Las capturas del año 2021 estuvieron principalmente representadas por individuos de cuatro y cinco años, aunque la presencia de los de tres también fue relevante. Los ejemplares de edades mayores a 10 años estuvieron escasamente representados, tal como se observó en años previos (Giussi y Zavatteri 2020, Zavatteri y Giussi 2021). En año 2019 fue posible identificar una cohorte destacada y seguirla en los dos años subsiguientes, observándose el crecimiento de los ejemplares hacia edades mayores. Sin embargo, fue escaso el aporte que esta tuvo en el tamaño poblacional.

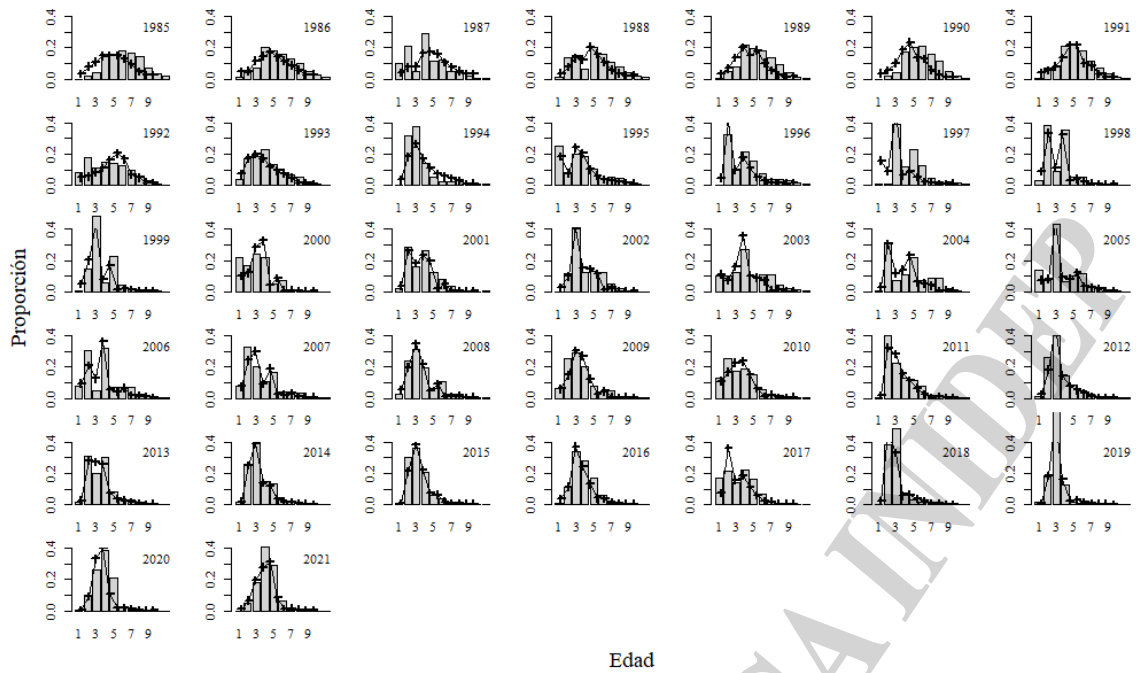


Figura 5. Proporciones por grupos de edad y por año de merluza de cola proveniente de las capturas comerciales. Las barras indican los valores observados y las líneas los ajustados.

La edad media anual observada en las capturas, al comienzo del período de diagnóstico, fue de 6 años y descendió abruptamente hasta el año 2000. Luego de una leve recuperación, se estabilizó en torno a los 3,5 años con un pequeño aumento en 2016, el cual fue también identificado por el modelo de evaluación. En los tres años subsiguientes se observó nuevamente un descenso bastante pronunciado, aunque esto se revirtió en los últimos dos años y en el 2021 evidenció un aumento a niveles similares a los observados en los años 2003 y 2004 (Figura 6). Esta observación representó una situación esperable ya que se puede distinguir el crecimiento de los individuos de los años previos permitiendo detectar el seguimiento de las cohortes.

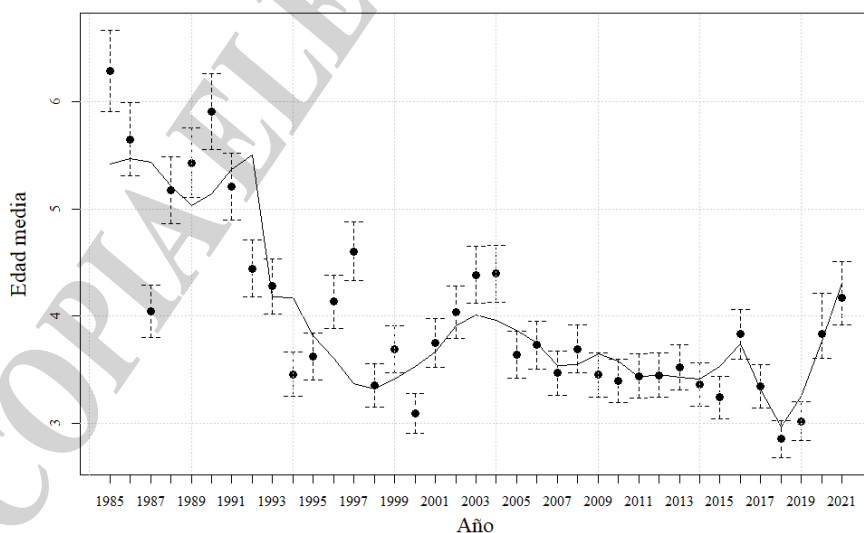


Figura 6. Edad media anual observada (punto con barras) y estimada (línea continua) en el modelo de evaluación de abundancia de merluza de cola. Período 1985-2021.



Los resultados de la estimación de los patrones de selección, basados en los cambios de las estructuras de edades de las capturas, evidenciaron notorias diferencias en los tres períodos planteados (Figura 7). La edad a la cual el 50% de los individuos fue retenido por el arte de pesca ( $i_{50}$ ) para el primero de ellos (1985-1992), correspondió a individuos mayores a cinco años. A lo largo de este período fue evidente la mayor presencia de individuos adultos en las capturas. Durante la segunda y tercera etapa, los ejemplares juveniles fueron dominantes, por lo que, en estos casos, la  $i_{50}$  fue similar y se ubicó entre los dos y tres años. La diferencia observada en ambas curvas radicó en que la mayoría de los individuos capturados durante el último período (2011-2021) correspondió al grupo de edad 2, mientras que en el período previo (1993-2010) aún se detectaba presencia de individuos mayores a dicha edad.

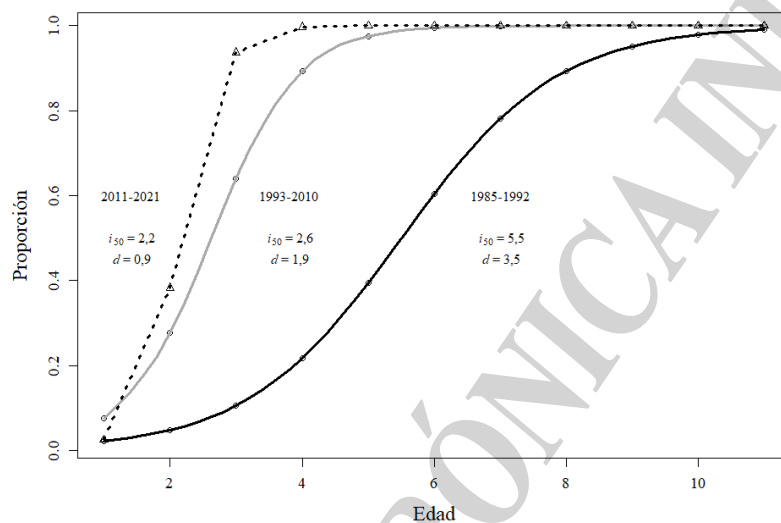


Figura 7. Ojivas de selección ajustadas en el modelo de evaluación de merluza de cola planteado. Período 1985-2021.

La Biomasa Total (B) estimada al inicio del año 2021 se encontró entre 271.913 y 303.850 t dependiendo de los casos planteados (Tabla 8, Figura 8). La tendencia general fue decreciente hasta mediados de la década de 1990 y luego se observó un aumento abrupto de la biomasa hasta alcanzar su máximo histórico en el año 2000, con valores cercanos a 1.180.000 t. A partir de ese año, la abundancia evidenció un descenso hasta el 2016 que registró los niveles más bajos, para luego crecer nuevamente en torno a las 370.000 t. En el último año (2021) se detectó un descenso (13%) de la B respecto del valor estimado en el 2020.

La Biomasa Reproductiva (BR) correspondiente al año 2021 fue estimada entre 191.859 y 217.675 t y fue superior en un 3% a la del año 2020. La incertidumbre de los valores anuales de ambas biomazas fue similar en todo el período de diagnóstico, aunque algo más amplio en los años recientes. La discrepancia en las tendencias del último año en ambas biomazas, B y BR, probablemente esté relacionada con el bajo número de individuos que se incorporaron a la población. Aun así, el crecimiento de los ejemplares, generaría un aumento en peso que podría verse reflejado en la biomasa reproductiva, más que en la biomasa total, en la cual la incidencia de los juveniles es notoria.



Tabla 8. Estimados de las Biomosas Total (B) y Reproductiva (BR), reclutamientos (R, n° de individuos) y tasas instantáneas de mortalidad por pesca (F), resultantes del modelo de evaluación de merluza de cola. Periodo 1985-2021.

Año	Caso 1				Caso 2			
	B (t)	BR (t)	R	F	B (t)	BR (t)	R	F
1985	684.723	404.660	363.900	0,117	683.533	403.896	363.315	0,117
1986	720.409	441.258	514.365	0,207	719.164	440.454	513.568	0,208
1987	727.348	452.607	451.243	0,454	726.063	451.756	450.549	0,456
1988	670.761	412.767	332.319	0,971	669.493	411.887	331.945	0,976
1989	540.370	325.934	269.216	0,531	539.157	325.035	268.880	0,535
1990	498.320	315.352	280.454	0,265	497.169	314.452	280.104	0,266
1991	492.352	318.617	303.620	0,170	491.273	317.762	303.268	0,171
1992	511.212	318.245	416.028	0,228	510.186	317.456	415.543	0,229
1993	531.765	308.167	442.510	0,189	530.766	307.439	441.976	0,190
1994	503.353	291.980	217.729	0,090	502.421	291.297	217.618	0,090
1995	651.632	313.828	1.331.190	0,145	650.667	313.158	1330.250	0,146
1996	721.283	323.899	398.117	0,195	720.335	323.250	397.919	0,195
1997	925.602	362.337	1.718.870	0,156	924.297	361.695	1.715.950	0,156
1998	1.115.710	456.205	1.159.720	0,305	1.113.400	455.507	1.153.560	0,306
1999	1.146.860	504.675	709.168	0,335	1.142.970	503.720	701.332	0,336
2000	1.184.420	570.506	1.434.880	0,331	1.176.960	568.760	1.414.620	0,333
2001	1.116.100	574.284	517.046	0,270	1.106.780	571.076	515.047	0,272
2002	1.015.170	587.638	350.564	0,256	1.006.240	582.154	356.539	0,259
2003	1.002.540	588.415	1.277.790	0,266	1.000.190	581.023	1.315.990	0,270
2004	923.616	521.854	324.106	0,354	926.542	515.475	331.842	0,357
2005	842.341	450.908	732.492	0,385	849.685	449.396	742.188	0,383
2006	778.360	409.783	782.086	0,535	786.783	413.919	777.732	0,527
2007	687.039	319.198	582.220	0,464	694.008	325.881	573.073	0,455
2008	612.923	296.065	368.943	0,541	618.073	302.731	367.299	0,532
2009	508.382	265.542	357.364	0,530	513.152	270.415	364.058	0,523
2010	454.870	225.236	547.735	0,465	461.146	228.475	560.523	0,459
2011	413.886	194.281	269.509	0,569	421.556	197.331	275.327	0,551
2012	356.120	158.061	380.134	0,432	365.572	162.660	391.379	0,415
2013	335.094	149.491	334.118	0,401	346.999	155.386	348.906	0,381
2014	317.130	142.797	251.709	0,413	332.380	149.984	270.550	0,389
2015	269.163	137.529	101.303	0,437	286.556	146.557	109.973	0,403
2016	240.343	123.332	314.303	0,534	261.031	134.756	337.328	0,477
2017	274.525	93.515	641.912	0,250	301.278	106.957	681.426	0,217
2018	338.015	104.041	319.596	0,265	369.484	119.419	339.148	0,232
2019	345.373	143.641	138.893	0,216	379.032	162.791	148.795	0,191
2020	310.670	187.927	75.102	0,209	343.882	211.716	79.925	0,185
2021	271.913	191.859	147.566	0,167	303.850	217.675	156.283	0,147



Figura 8. Biomasa Total y Reproductiva de merluza de cola con sus respectivos intervalos de confianza estimadas en los dos casos del modelo planteado. Período 1985-2021.

La variabilidad de los reclutamientos podría implicar la existencia de ciclos. En general, se registró una baja incorporación de individuos, en contraposición con otros años en los cuales se notó la fuerza de determinadas clases anuales, que habrían provocado el notorio incremento de la abundancia poblacional.

Durante el período 1993-2001, los reclutamientos fueron los mayores registrados y habrían contribuido al incremento poblacional en los años subsiguientes. Los reclutas pertenecientes a las elevadas cohortes fueron detectados en distintos estudios poblacionales (Zavatteri et al. 2011, Abachian et al. 2013). Luego de esta etapa de alta productividad, se observaron más de diez años de bajos reclutamientos, que podrían estar influenciados tanto por factores abióticos como por condiciones intrínsecas de la población.

El valor de reclutamiento estimado en el año 2017, perteneciente a la cohorte 2015, fue elevado en relación a los registrados en años previos y posteriores (Figura 9). Este nivel de aporte de reclutas no se mantuvo en los últimos años de diagnóstico (2018-2021).

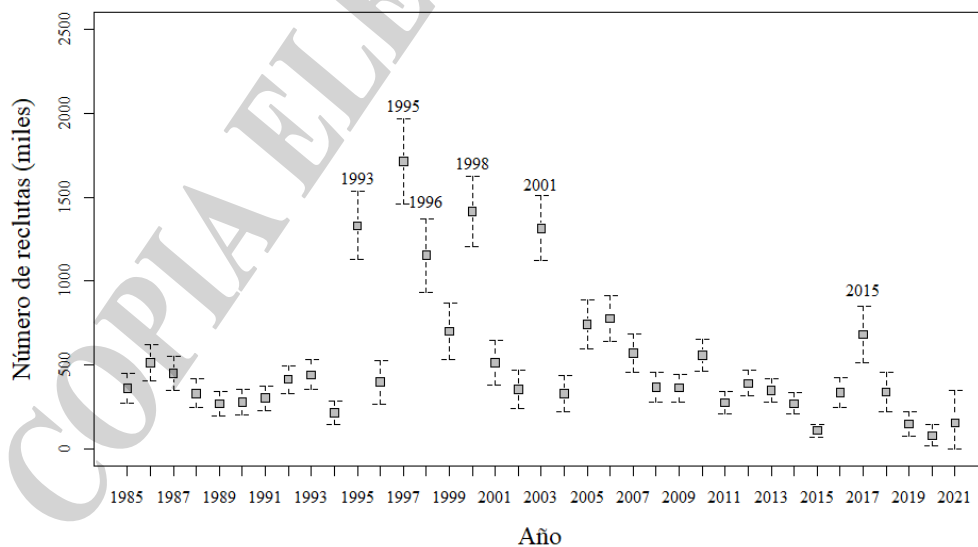


Figura 9. Estimaciones del número de reclutas de merluza de cola a la edad de 1 año y de su desvío estándar. El año indicado en cada barra corresponde a la clase anual a la cual pertenece ese número de reclutas.

La relación entre el número de reclutas y el tamaño del efectivo reproductor exhibió una gran variabilidad (Figura 10). Los reclutamientos elevados fueron aportados por BR variables que se encontraron entre 300.000 y 600.000 t. En los años más recientes, se observaron bajos reclutamientos relacionados con las menores BR (<300.000 t), a excepción de la cohorte correspondiente al año 2015, la cual evidenció uno de los niveles de reclutas más altos desde principios de la década de 2000.

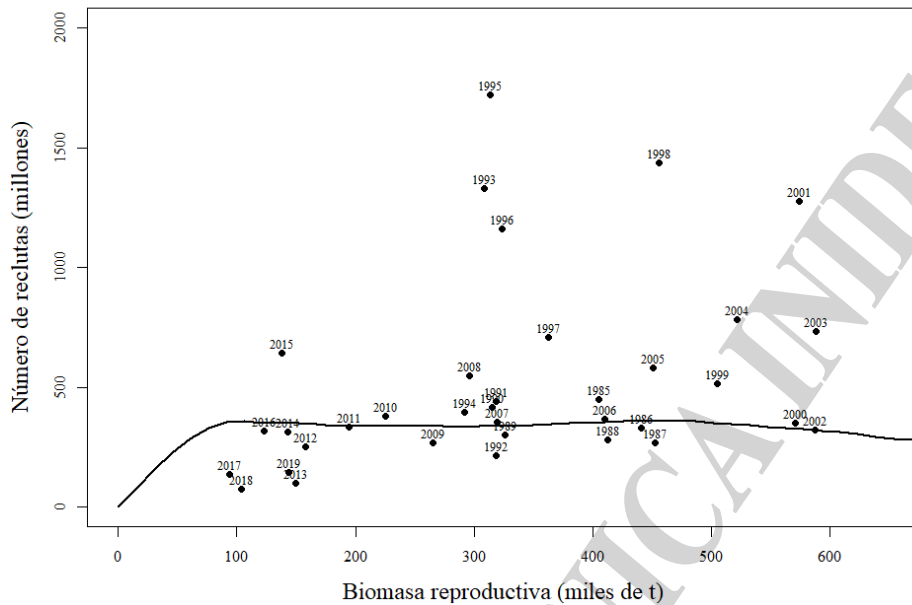


Figura 10. Relación entre el tamaño del efectivo reproductor de merluza de cola y el número de reclutas a la edad de 1 año. El año indicado en cada punto corresponde a la clase anual o cohorte.

El cociente entre la BR anual y la biomasa reproductiva virgen ( $BR_v$ ) estimada en 495.147 t en el Caso 1 y en 494.511 t en el Caso 2, presentó una tendencia variable a lo largo de los años. A partir del año 1997, se observó un aumento de la relación  $BR/BR_v$  hasta alcanzar los valores máximos en el 2000. El año 2003 fue el inicio de un período de descenso que continuó hasta el 2017, momento en el cual comenzó un incremento en los niveles de BR. El recurso evidenció un período en el cual se encontró por debajo del PBRO y actualmente se mantendría en esa situación, según el Caso 1, o levemente por encima del mencionado indicador, según el Caso 2 (Figura 11). Los valores de la relación  $BR/BR_v$  fueron 0,39 y 0,44, respectivamente para cada uno de los casos planteados. Es importante destacar que las referencias del estado poblacional se realizan con los valores medios de las variables de estado y por lo tanto existe incertidumbre en torno a los resultados obtenidos.

La tendencia general decreciente del estado actual de la abundancia de la merluza de cola se encuentra acorde a la situación que evidencia la pesquería desde hace algunos años y que se hizo notoria en los indicadores evaluados durante el 2021. Entre ellos, el índice de CPUE manifestó un marcado descenso de los rendimientos respecto del año 2020. Las capturas nominales presentaron igualmente valores más bajos, evidente en todas las flotas que capturaron la especie. Por otro lado, si bien se detectó un aumento en el crecimiento de los individuos de dos y tres años hacia edades mayores, no fue posible identificar ejemplares de más de 11 años, los cuales continúan siendo muy escasos en las capturas.

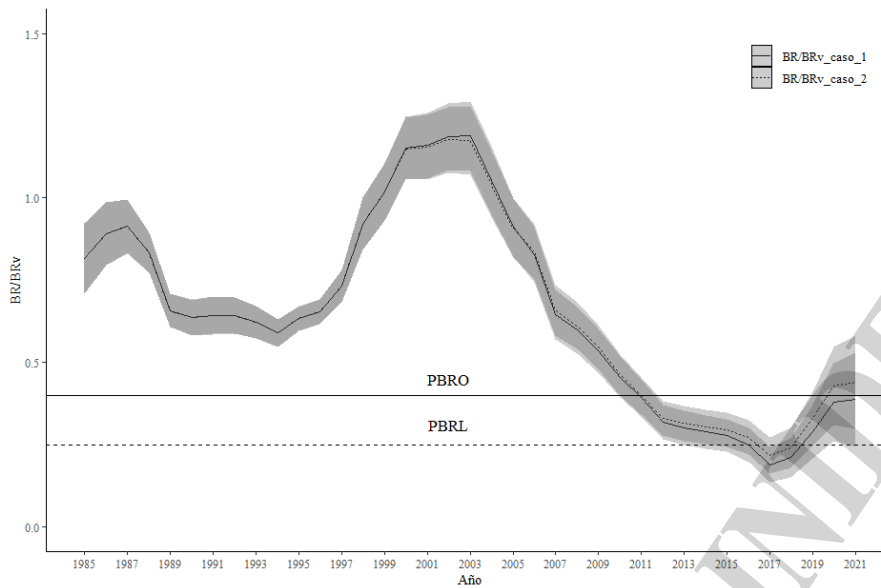


Figura 11. Variación de la BR respecto de la BR<sub>v</sub> resultantes del modelo de evaluación de merluza de cola. Período 1985-2021.

De acuerdo con el diagrama de fases planteado para el recurso en el cual se delimitaron distintas áreas en referencia a los Puntos Biológicos de Referencia (PBRO y PBRL) y a la regla de control de captura (Giussi et al. 2017b), se evidenció que la abundancia en el último año de diagnóstico se encontraría en un estado de sobreexplotación sin sobrepesca según el Caso 1, o en un estado de subexplotación según el Caso 2 (Figura 12). En ambos casos, la incertidumbre asociada evidencia cierta probabilidad de que el recurso se localice en una u otra de estas dos zonas del diagrama.

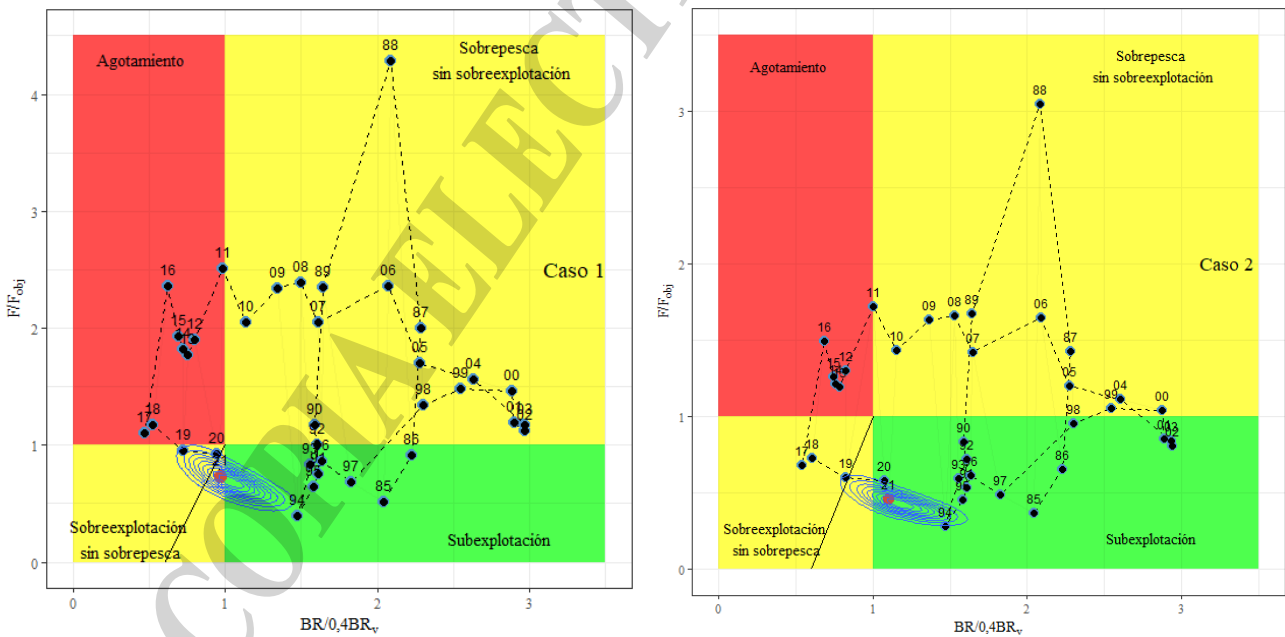


Figura 12. Diagrama de fases del estado de la abundancia y la explotación de la merluza de cola según los casos 1 y 2, en relación al Punto Biológico de Referencia Objetivo:  $0,4BR_v$  y a la correspondiente  $F_{obj}$ .



## Proyección del estado poblacional y estimación de las CBAs

Las proyecciones de la abundancia se realizaron considerando el valor promedio de los reclutamientos asociados a sus correspondientes desvíos, ambos en escala logarítmica. Estos valores fueron diferentes de acuerdo a cada escenario de reclutamiento planteado. Se consideraron, a su vez, los dos casos establecidos previamente, aunque los valores promedio fueron muy similares entre los escenarios de cada caso (Tabla 9).

Tabla 9. Valores medios de los reclutamientos de merluza de cola en escala log-normal para la generación aleatoria de reclutamientos (edad 1) en los distintos escenarios planteados.

	$\bar{R}$	Escenario <b>E1</b>	Escenario <b>E2</b>	Escenario <b>E3</b>
Caso 1	Valor medio	12,96	12,67	12,46
	Sigma	0,65	0,32	0,47
Caso 2	Valor medio	12,97	12,67	12,52
	Sigma	0,65	0,3	0,47

Se estimaron las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) correspondientes al año 2023, las cuales resultaron muy dependientes de los niveles de reclutamientos futuros y de las mortalidades por pesca correspondientes a las distintas estrategias de manejo planteadas (Tabla 10). Dichas capturas se obtendrían al optar por aplicar al efectivo pesquero tres mortalidades por pesca de referencia: la correspondiente al último año de diagnóstico,  $F_{2021}$ , la asociada al 10% de riesgo de no cumplir con el PBRO,  $F_{PBRO}$ , y la mortalidad por pesca derivada de la regla de control de captura,  $F_{RCC}$  (Giussi et al. 2017b).

Si se aplicara la  $F_{2021}$  (0,15-0,16), las capturas se encontrarían entre 30.700 y 31.300 t, cercanas a las obtenidas actualmente en la pesquería. Si se considerara la estrategia de pesca relacionada con la  $F_{PBRO}$ , las capturas podrían ubicarse entre 23.200 y 51.300 t, mientras que con la  $F_{RCC}$  podrían obtenerse rendimientos algo más bajos (22.000 a 43.000 t), según los escenarios de reclutamiento supuestos. De ellos, el **E1** resultó el más optimista ya que consideró todo el período de reclutamiento en el cual se incluyeron los valores más elevados de toda la serie. El **E3**, sin embargo, representó un valor promedio de los últimos diez años de reclutamientos, por lo cual, al no evidenciarse incorporaciones importantes, resultó en el escenario más pesimista.

La estrategia de mantener constantes los niveles de pesca actuales ( $F_{2021}$ ) ubicaría a la BR en valores superiores al obtenido en el último año, del orden del 100% en el escenario **E1**, entre el 25 y el 34% según el escenario **E2** y en torno al 16% según el escenario **E3**. El riesgo de que la BR se encuentre por debajo del PBRO, asociado a esta estrategia de captura, sería prácticamente nulo ante la presencia de reclutamientos mayores a los actuales, en el caso **E1**, y sería más elevado con niveles de reclutamientos bajos, en el caso **E3** (Tabla 10, Figura 13). Por lo tanto, bajo cualquiera de los tres escenarios de reclutamiento supuestos, el estado del recurso, evaluado en el largo plazo, se ubicaría en niveles por sobre el valor de referencia objetivo (PBRO), aunque en los próximos tres o cuatro años podría encontrarse incluso levemente por debajo del mismo.

Las F derivadas de la RCC ( $F_{RCC}$ ), consideradas solamente para el Caso 1, resultaron superiores a las de las  $F_{2021}$  y levemente menores a las del  $F_{PBRO}$ . Las capturas que podrían obtenerse tendrían entonces valores intermedios y los riesgos de caer por debajo del PBRO serían menores al 10% (Tabla 10, Figura 13).



En relación a la variación en los niveles de captura en el largo plazo, la misma sería positiva y podrían llegar a incrementarse en diferentes niveles según los escenarios de reclutamientos y las mortalidades por pesca futuros. En general, con niveles de reclutamientos más elevados (**E1**), las **F** que podrían aplicarse serían también superiores y, por lo tanto, el crecimiento de las capturas sería algo menor al del resto de los escenarios.

Tabla 10. Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) de merluza de cola del año 2023 y sus correspondientes tasas de mortalidad por pesca, en función de los tres escenarios de reclutamientos futuros (**E1**, **E2** y **E3**) y las mortalidades por pesca correspondiente al último año de diagnóstico (**F2021**), a la asociada al punto biológico de referencia objetivo (**FPBRO**) y a la derivada de la regla de control de captura (**FRCC**).

		<b>F</b>	<b>CBA<sub>2023</sub> (t)</b>	<b>P(BR&lt;0,4BR<sub>v</sub>)</b>	<b>Variación BR/BR<sub>2021</sub> (%)</b>	<b>Variación Captura (%)</b>	
<b>Caso 1</b>	<b>E1</b>	<b>F2021</b>	0,17	30.909	0,008	108,72	53,24
		<b>FPBRO</b>	0,29	44.952	0,100	53,04	35,90
		<b>FRCC</b>	0,27	43.005	0,071	59,98	36,88
	<b>E2</b>	<b>F2021</b>	0,17	30.778	0,040	33,84	56,34
		<b>FPBRO</b>	0,19	34.092	0,100	26,35	52,80
		<b>FRCC</b>	0,18	31.996	0,06	33,43	55,65
	<b>E3</b>	<b>F2021</b>	0,17	30.749	0,320	16,55	51,99
		<b>FPBRO</b>	0,12	23.204	0,100	35,42	61,31
		<b>FRCC</b>	0,11	21.753	0,08	41,06	60,24
<b>Caso 2</b>	<b>E1</b>	<b>F2021</b>	0,15	31.370	0,003	96,81	53,77
		<b>FPBRO</b>	0,29	51.302	0,100	35,45	36,71
	<b>E2</b>	<b>F2021</b>	0,15	31.250	0,019	24,77	54,06
		<b>FPBRO</b>	0,20	38.895	0,100	8,02	46,42
	<b>E3</b>	<b>F2021</b>	0,15	31.236	0,130	15,68	54,65
		<b>FPBRO</b>	0,14	29.592	0,100	20,03	57,27

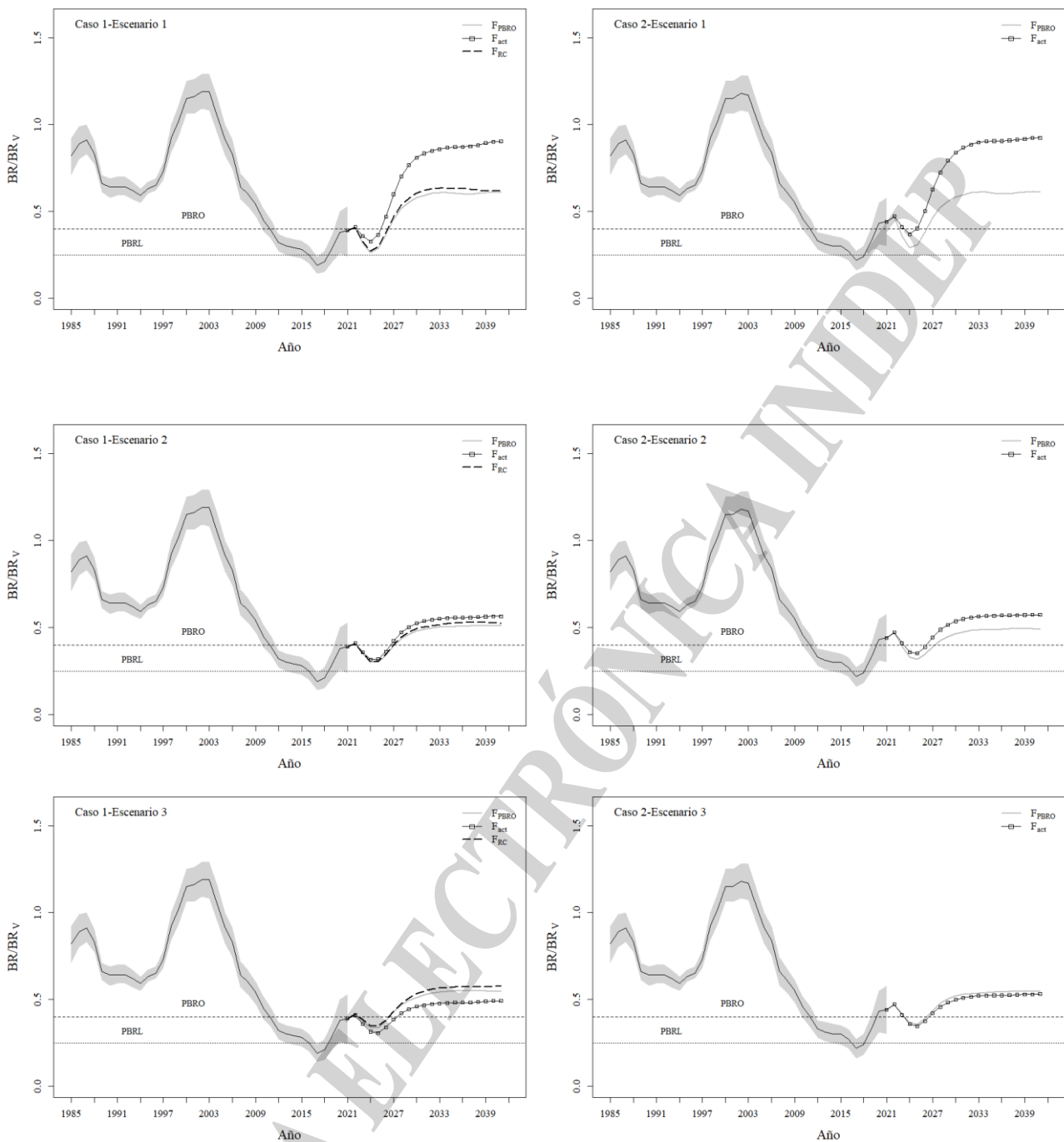


Figura 13. Proyección en el largo plazo de la variación de la BR respecto de la  $BR_v$  de merluza de cola.

## Discusión

Como ya fue destacado en análisis previos, el modelo planteado ajustó 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 los índices de abundancia y con el error en el proceso de estimación de parámetros.





La evolución de la abundancia poblacional de merluza de cola parece tener una tendencia cíclica. Actualmente, los niveles de biomasa fueron algo menores a aquellos correspondientes a los del inicio del período analizado, aunque, de acuerdo a la variabilidad de la BR respecto del estado virginal (BR<sub>v</sub>), el efectivo se encontraría próximo al PBRO.

La incorporación del índice de abundancia de la campaña de investigación realizada en 2019, así como la tendencia decreciente de la CPUE de los últimos años provocaron cambios en la estimación reciente del diagnóstico del recurso. La disminución de la abundancia era algo que podía esperarse de acuerdo con las capturas y otros indicios como es la situación actual del recurso en aguas del Pacífico (Paya 2018). Además, de acuerdo con los resultados de la estimación de la abundancia realizada durante la campaña de investigación del año 2022, no incluida en el presente diagnóstico, podría suponerse una abundancia en disminución que hace que su administración deba ser más cautelosa.

Los reclutamientos fueron variables en el período analizado. Los de mayor relevancia habrían producido los subsiguientes aumentos de la biomasa, principalmente a partir del año 1995. El origen de dichas oscilaciones se desconoce, lo cual dificulta predecir el comportamiento futuro de los mismos y, por ende, de la evolución del efectivo. El reclutamiento de 2017, proveniente de la cohorte 2015, evidentemente fue muy importante. Por ello, a pesar de la gran incertidumbre asociada a cada modelo planteado y a las proyecciones, el incremento esperado en la abundancia no sería muy relevante dado que las incorporaciones subsiguientes fueron de baja magnitud y no permitirían plasmarse en una tendencia de gran crecimiento poblacional.

La tendencia de la biomasa reproductiva proyectada para los próximos años evidenció una situación relativamente favorable en el largo plazo, puesto que, aunque disminuyera respecto del valor actual, en general, se mantendría por sobre el PBRO o cerca de éste. El efecto de los reclutamientos podría ser más relevante que la estrategia de explotación propuesta. Cualquiera de las estrategias de captura que se optara permitirían que la abundancia aumentara por sobre el PBRO en un plazo de cinco años.

Dada la situación actual del recurso y a pesar de haberse detectado una gran variabilidad en las estimaciones de la CBA para 2023, sería conveniente que la Autoridad de Aplicación estableciera un nivel de extracción del orden de las 50.000 toneladas, similar al valor máximo de CBA estimado.

## Bibliografía

- Abachian V, Giussi AR. 2007. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2007. Inf. Invest. INIDEP N° 66/07. 9 p.
- Abachian V, Giussi AR. 2009. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2009. Inf. Invest. INIDEP N° 88/09. 8pp.
- Abachian V, Zavatteri A, Giussi AR, Barrutia A. 2013. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2012. Inf. Invest. INIDEP N°73/13. 15 p.
- Baranov FI. 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.
- Canales C. 2016. Revisión y Evaluación de Merluza de cola del Océano Atlántico Sudoccidental. Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 26 p.
- Cordo HD. 1987. Informe de la campaña de investigación "OB/01/87". Biblioteca INIDEP, Mar del Plata, Argentina. (No publ.).



FAO 1995. Fishstat-PC. Analytical tool for global catch time series 1970-1993.

Fournier DA, Skaug HJ, Ancheta J, Ianelli J, Magnusson A, Maunder MN, 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 AR. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2003. *Inf. Int. INIDEP* N° 38/04. 8 p.

Giussi AR, Abachian V. 2004. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2004. *Inf. Int. INIDEP* N° 111/04. 8 p.

Giussi AR, Abachian V. 2005. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2005. *Inf. Int. INIDEP* N° 78/05. 9 p.

Giussi AR, Abachian V. 2006. Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2006. *Inf. Int. INIDEP* N° 46/06. 9 p.

Giussi AR, Wöhler OC. 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 p.

Giussi AR, Wöhler OC. 2005. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2004. *Inf. Int. INIDEP* N° 29/05. 25 p.

Giussi AR, Wöhler OC. 2006. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2005. *Inf. Int. INIDEP* N° 23/06. 22 p.

Giussi AR, Wöhler OC. 2007. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2006. *Inf. Int. INIDEP* N° 28/07. 23 p.

Giussi AR, Wöhler OC. 2009. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2008. *Inf. Int. INIDEP* N° 37/09. 23 p.

Giussi AR, Zavatteri A. 2018. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2017. *Inf. Téc. Of. INIDEP* N° /18. 23 p.

Giussi AR, Zavatteri A. 2020. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2019. *Inf. Téc. Of. INIDEP* N° 38/20. 23 p.

Giussi AR, Wöhler OC, Abachian VE. 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 AR, Zavatteri A, Di Marco EJ, Wöhler OC. 2016. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2015. *Inf. Téc. Of. INIDEP* N° 40/16. 21 pp.

Giussi AR, Zavatteri A, Di Marco EJ, Wöhler OC. 2017a. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2016. *Inf. Téc. Of. INIDEP* N° 38/17. 23 pp.

Giussi AR, Aubone A, Rodríguez JS, Di Marco EJ, 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. *Inf. Int. INIDEP* N° 37/11. 22 pp.

Giussi AR, Zavatteri A, Orlando P. 2017b. Regla de Control de Captura en la Pesquería de Merluza de Cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental: Una Propuesta. *Inf. Invest. INIDEP* N° 23/17. 24 pp.

Giussi AR, Zavatteri A, Di Marco EJ, Zumpano F. 2019. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2018. *Inf. Téc. Of. INIDEP* N° 42/19. 23 pp.

Gorini FL, Giussi AR. 2018. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2004-2017). *Inf. Téc. INIDEP* N° 25/2018. 62 p.

Gorini FL, Giussi AR. 2020. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2004-2019). *Inf. Téc. INIDEP* N° /2020. 62 p.



- Gorini FL, Giussi AR, Wöhler OC. 2006. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1980-2004). Inf. Téc. Int. INIDEP N° 12/06. 94 p.
- Gorini FL, Giussi AR, Wöhler OC. 2014. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2001-2013). Inf. Téc. Of. INIDEP N° 17/14. 72 p.
- Gorini FL, Giussi AR, Wöhler OC. 2017. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2001-2016). Inf. Téc. Of. INIDEP N° 04/18. 62 p.
- Gorini FL, Lukaszewicz G, Giussi AR. 2021. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2008-2020). Inf. Téc. INIDEP N° /2021. 64 p.
- Gorini FL, Lukaszewicz G. 2022. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 2008-2021). Inf. Téc. Of. INIDEP (en corrección en DNI).
- Lukaszewicz G, Ruocco NL, Zavatteri A. 2022. Estimación de la captura total de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) a partir del análisis de la información obtenida por los asistentes de investigación pesquera. Año 2021. Inf. Invest. INIDEP N° 85/2022. 8 p.
- McAllister MK, Ianelli JN. 1997. Bayesian Stock assessment using catch-age data and the Sampling/Importance Resampling Algorithm. Can. J. Fish. & Aquat. Sci. 54:284-300.
- Otero HO, Bezzi SI, Perrotta RG, Pérez Comas JA, Simonazzi MA, Renzi MA. 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 "WaltherHerwig" 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 HO, Bezzi SI, Renzi MA, Verazay GA. 1982. Atlas de los recursos pesqueros demersales del Mar Argentino. Contrib. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, 423. 248 pp.
- Payá Contreras I. 2014. Revisión de los datos, procedimientos y modelo de evaluación de la merluza de cola del Atlántico Sudoccidental, realizada por INIDEP en 2013. Documento Técnico IFOP. 78 pp.
- Payá Contreras I. 2018. Informe I. Estatus y CBA. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2019: Merluza de cola, 2019. 209 p.
- Prenski LB, Ehrhardt NM, 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.
- Ruocco N, Lukaszewicz G. 2022. Distribuciones de frecuencias de longitudes de algunas especies de peces demersales australes capturadas por la flota comercial. Año 2021. Inf. Invest. INIDEP N° /21. p
- Sánchez F, Giussi AR. 2011. Estimación de la captura total de merluza de cola a partir del análisis de la información derivada del programa observadores. Año 2009. Inf. Téc. Of. INIDEP N° 01/11. 12 p.
- Wöhler OC, Giussi AR. 2004. Evaluación de la abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985 - 2003. Inf. Int. INIDEP N° 36/04. 38 p.
- Wöhler OC, Hansen JE. 2003. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2002. Inf. Int. INIDEP N° 34/03. 23 p.
- Wöhler OC, Giussi AR, Hansen JE. 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 OC, Cordo HD, Giussi AR, Hansen JE. 2000. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-1998. Inf. Int. INIDEP N°08/00. 27 p.
- Wöhler OC, Hansen JE, Cordo HD, Giussi AR. 1999b. 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° 06/99. 16 pp.



Wöhler OC, Hansen JE, Giussi AR, Cordo HD. 2001. Tendencia de la abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental durante el periodo 1985-2000 y recomendaciones de la captura biológicamente aceptable correspondiente al año 2001. Inf. Int. INIDEP N° 15/01. 11 pp.

Wöhler OC, Hansen JE, Giussi AR, Cordo HD. 2002. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Periodo 1985-2001. Inf. Int. INIDEP N° 27/02. 23 pp.

Zavatteri A, Abachian V, Giussi AR, 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 p.

Zavatteri A, Abachian V, Giussi AR, Barrutia A. 2012 Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Análisis de datos de la flota comercial. Año 2012. Inf. Invest. INIDEP N° 28/12. 14 p.

Zavatteri A, Giussi AR. 2021. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2020. Inf. Téc. Of. INIDEP N°40/2021. 27 p.

Zavatteri A, Giussi AR. 2022. 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 2003-2021. Inf. Invest. INIDEP N°69/2022. 15 p.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP