

Informe TÉCNICO OFICIAL

035-24

NO-2024-123740554-APN-DNI#INIDEP

11/11/2024

Abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2023. Captura Biológicamente Aceptable para el año 2025

Emiliano J. Di Marco, Otto C. Wöhler, Patricia A. Martínez y Gonzalo H. Troccoli

Citar como:

Di Marco EJ, Wöhler OC, Martínez PA, Troccoli GH. 2024. Abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2023. Captura Biológicamente Aceptable para el año 2025. Inf. Téc. N° 035/24. 39 pp.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO



Abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. período 1980-2023. Captura Biológicamente Aceptable para el año 2025

Emiliano J. Di Marco, Otto C. Wöhler, Patricia A. Martínez y Gonzalo H. Troccoli

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

Resumen ejecutivo

La serie de medidas de ordenamiento establecidas en la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), a partir del año 2002, logró moderar la caída en la biomasa, estabilizándose su tendencia hasta el año 2010, para luego volver a decrecer hacia los últimos años. La implementación del régimen de Cuotas Individuales y Transferibles de Captura (CITC) para la especie (Resolución CFP 21/09) contribuyó al mencionado ordenamiento, otorgándole mayor previsibilidad. Desde el año 2004, se realiza anualmente la estimación del estado de explotación del efectivo que se distribuye en el océano Atlántico Sudoccidental (ASO) y se sugieren valores de CBA a la administración pesquera nacional. Con esa finalidad, se implementó, en la plataforma AD Model Builder, un Modelo Estadístico de Captura a la Edad (MECE o SCAA por sus siglas en inglés) que considera error en las proporciones por edad de la captura y en los reclutamientos.

A fin de diagnosticar el estado de explotación del efectivo de merluza negra del ASO, se realizó el ajuste del modelo de evaluación considerando el período de explotación 1980-2023. Dicho ajuste se realizó en función de cuatro series de CPUE estandarizadas (índices de abundancia) y dos series de proporciones del número de individuos por edad (composiciones por edad) provenientes de la flota comercial, discriminadas por tipo de flota (arrastre y palangre) y períodos de años. Se consideraron tres períodos en la serie de valores de CPUE estandarizadas procedentes de la flota palangrera (1994-2000, 2001-2006 y 2009-2016) y un período en la serie de valores de CPUE provenientes de la flota arrastrera (2010-2023). Respecto de los índices de composición por edad, provinieron de la captura de la flota arrastrera obtenida en los años 2000, 2003 a 2010 y 2012 a 2023, y de la flota palangrera obtenida en los años 2000, 2003 a 2021.

Además, se realizó la proyección de la abundancia en el largo plazo (a 30 años: 2054) con una dinámica poblacional similar a la del período de explotación, a fin de evaluar el riesgo de caer por debajo de determinados Puntos Biológicos de Referencia (PBR). Tanto en el modelo de evaluación como en la proyección a futuro se consideraron dos valores diferentes del parámetro h (*steepness*, en inglés) de la relación stock-recluta: en 0,60, valor tradicionalmente empleado en la evaluación de merluza negra, y en 0,75, valor normalmente utilizado como genérico o de compromiso en la bibliografía internacional. Esto motivó la realización de dos escenarios de evaluación:

Escenario 1: modelo de evaluación y de proyección con parámetro h fijo en 0,60.

Escenario 2: modelo de evaluación y de proyección con parámetro h fijo en 0,75.

A fin de realizar el análisis de riesgo de disminución de la biomasa reproductiva por debajo de los distintos Puntos Biológicos de Referencia (PBR), se emplearon, para ambos escenarios, los siguientes PBR:

PBRL: límite de seguridad biológica, del 20% de la BR_v , evaluado con el 10% de riesgo de caer por debajo.

PBRO_{tradi}: objetivo de explotación tradicional, del 30% de la BR_v , evaluado con 10% de riesgo de caer por debajo.

Dado que, actualmente, el criterio del PBRO está en discusión a nivel mundial, considerando que la biomasa reproductiva deba alcanzar niveles consistentes con el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), se reemplazó el PBRO_{tradi} por un PBRO asociado al RMS, más adaptado a la especie en particular y a los nuevos estándares internacionales. El PBRO definido en función del nivel medio de la distribución del RMS, se evaluó de forma que la biomasa reproductiva (BR) supere a dicho nivel con el 50% de probabilidad (o 50% de riesgo de no lograrlo, regla 50-50), de forma similar a como se realizan la mayoría de las evaluaciones de merluza negra en el ámbito internacional. Dicho PBRO se definió a partir de un análisis específico para la merluza negra del ASO, en el que se propuso un nivel de PBRO tomando como referencia el nivel medio de la distribución del RMS, para cada valor medio del parámetro h de la relación stock-recluta de Beverton y Holt. Dicho PBRO se utilizó para estimar y recomendar la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2025 (CBA₂₀₂₅) en cada escenario considerado. El PBRO asociado al RMS, por cada escenario, quedó definido como:



$PBRO_{RMS,h=0,60}$ (Escenario 1): objetivo de explotación relacionado al RMS, del 41% de la BR_v , evaluado con 50% de riesgo de caer por debajo (regla 50-50).

$PBRO_{RMS,h=0,75}$ (Escenario 2): objetivo de explotación relacionado al RMS, del 36% de la BR_v , evaluado con 50% de riesgo de caer por debajo (regla 50-50)..

Luego, se estimaron las mortalidades por pesca que permitirían alcanzar los distintos niveles de PBRO en el largo plazo (a 30 años futuro) y las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) asociadas a los mismos para el año 2025.

En ambos escenarios considerados, el modelo presentó un ajuste aceptable tanto a los índices de abundancia como a las composiciones por edad observadas en las capturas. El diagnóstico realizado sobre del efectivo, durante el período de explotación, resultó relativamente similar para ambos escenarios, tal como se esperaba ya que el error que acompaña a la relación stock-recluta (S-R) se asumió con un cv de 0,6, de forma que los puntos estimados en dicha relación tuvieran suficiente libertad para alejarse de la curva teórica de la relación, independizándose en gran medida del valor de h asumido.

Tanto la tendencia de biomasa reproductiva (BR) como la de la biomasa total (BT) resultaron, en general, decrecientes durante el período de explotación para ambos escenarios, siguiendo la tendencia de los índices de abundancia. La biomasa reproductiva virgen, al inicio del período de explotación, se estimó en 105.659 y 102.104 t, la BR del año 2023 en 27.774 y 27.814 t, y la proporción de esta última respecto de aquella en el estado virgen en 26 y 27% para los escenarios 1 y 2, respectivamente. La BR del año 2023 se ubicó en un nivel bien por encima del PBRL, pero por debajo de los niveles de todos los PBRO considerados en ambos escenarios. Sin embargo, el nivel de mortalidad por pesca aplicado durante los últimos años habría sido excesivo al superar el nivel objetivo e incluso el límite de mortalidad por pesca (F), provocando la tendencia declinante tanto de la BT como de la BR durante los últimos años del período. Por lo tanto, se podría inferir que, actualmente (año 2023), el recurso se encontraría en una situación de sobreexplotación. Respecto del nivel de F aplicado, el recurso se encontraría en una situación de sobrepesca, evidenciada por los valores de F elevados durante los últimos años.

Las CBA para el año 2025, correspondientes a cada escenario, en función de los distintos PBR definidos, se muestran en el siguiente cuadro:

CBA ₂₀₂₅	PBRL (0,20BR _v)	PBRO _{tradi} (0,30BR _v)	PBRO _{RMS,h=0,60} (0,41BR _v)	PBRO _{RMS,h=0,75} (0,36BR _v)
Escenario \ Riesgo	0,10	0,10	0,50	0,50
1 (h=0,60)	3.588	2.405	2.202	-
2 (h=0,75)	4.648	3.107	-	3.327

Las CBA₂₀₂₅ resultaron más bajas (más precautorias) en el escenario que consideró un menor valor del parámetro h , de 0,60 (escenario 1) al asumir una menor productividad del recurso, y viceversa, las correspondientes al escenario con h de 0,75 (escenario 2) fueron más elevadas (menos precautorias) al asumir una mayor productividad del recurso. En ambos escenarios, las CBA₂₀₂₅ asociadas a los PBRO definidos en función del RMS (41 y 36% de la BR_v , con regla 50-50) resultaron con unas 200 t de diferencia aproximadamente, en más y en menos, a las asociadas al PBRO tradicional utilizado (30% de la BR_v con 10% de riesgo, regla 90-10), si bien dicha diferencia fue por más y por menos en uno y otro escenario. Respecto de las CBA₂₀₂₅ asociadas al PBRL se presentan sólo a modo de referencia pues dicho valor de captura no debe de ser recomendado, ya que este PBRL representa un límite de seguridad biológico que no debería ser alcanzado ni sobrepasado.

En función de los valores obtenidos de CBA₂₀₂₅ para los distintos escenarios y PBR planteados, se recomienda que la Captura Máxima Permisible (CMP) de la merluza negra, para el año 2025 en el total del ASO, no supere las 2.202 t considerando el Escenario 1 o las 3.327 t considerando el Escenario 2. Dicha recomendación se realizó reconociendo la existencia de cierto grado de incertidumbre asociada a la estimación del índice de abundancia de la flota arrastrera y de los reclutamientos estimados. Además, se observó una tendencia decreciente de la abundancia estimada durante los últimos años, sin señales de reversión de dicha tendencia.

Es importante resaltar que lo sugerido se define en función de la consideración de un único efectivo en el ASO que comprende la totalidad de las capturas obtenidas de merluza negra en el área, tanto por la flota argentina como por la flota extranjera ilegalmente licenciada por el gobierno de Gran Bretaña y que opera alrededor de las Islas Malvinas. Ese es el esquema aplicado a las evaluaciones de abundancia hasta tanto no se resuelva, definitivamente, la segregación de los distintos stocks presentes en el ASO. Debe tenerse en cuenta que, de esta forma, las capturas totales llevadas a cabo por las distintas flotas que operan en el área, excederían la capacidad de producción anual del recurso en el ASO, y las F resultarían excesivas para lograr mantener la biomasa al nivel del PBRO.



La actual estrategia de explotación basada, mayoritariamente, en el accionar de la flota arrastrera en un área muy pequeña respecto de la totalidad de la distribución de la especie, podría no resultar favorable en el mediano o largo plazo, dado que podría estar produciendo agotamientos locales temporales en las zonas habilitadas a la pesca cuyo efecto negativo sobre la evaluación de la abundancia global del recurso en el ASO no puede ser cuantificado.

En la actualidad, cobra vital importancia habilitar la pesca en los algunos sectores de las Áreas Marinas Protegidas, siendo necesaria, además de la elaboración y puesta en práctica de los planes de manejo pesquero correspondientes, mediante la incorporación de buques palangreros que puedan operar en dichas zonas. La escasa participación en la pesquería de buques con palangre, únicos capacitados para realizar operaciones de pesca en fondos cuya naturaleza no es propicia para el arrastre, atenta sobre los actuales caladeros habilitados del recurso dado que produce una concentración del esfuerzo en áreas muy limitadas cuyo efecto deberá ser evaluado en el corto plazo.

Respecto de la administración de la pesquería, se aconseja, por un lado, continuar con las medidas de manejo oportunamente establecidas, manteniendo el esquema que recientemente incorporó acciones tendientes a la protección de la fracción adulta de la población en el momento de la reproducción y, por otro lado, cubrir la observación de la totalidad de los viajes realizados por buques dirigidos a la captura de la especie.

Palabras Clave

Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), Atlántico Sudoccidental, evaluación de stock, Captura Biológicamente Aceptable.

Introducción

La explotación comercial de merluza negra en Argentina y en el Océano Atlántico Sudoccidental (ASO) comenzó a desarrollarse desde finales de los años ochenta y comienzos de los noventa, tanto con arrastre de fondo como con palangre convencional. Luego de un periodo de crecimiento y expansión, se advirtió, a inicios de la década del 2000, una situación de sobreexplotación del recurso (Wöhler et al. 2001; Wöhler y Martínez 2002). Posteriormente, el establecimiento de una serie de medidas de ordenamiento, a partir del año 2003, logró moderar la caída en la biomasa, estabilizándose su tendencia hasta el año 2010, para luego volver a decrecer hacia los últimos años. Desde el año 2004, se realiza anualmente la estimación del estado de explotación del efectivo que se distribuye en el ASO y se sugieren valores de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) a la administración pesquera nacional. La implementación del régimen de Cuotas Individuales y Transferibles de Captura (CITC) para la especie (Resolución CFP 21/09), funcional desde el año 2010, contribuyó en el sentido de otorgarle mayor previsibilidad al manejo de la misma.

La proporción de captura entre uno y otro tipo de arte (arrastre y palangre) varió, casi cíclicamente, a lo largo de la historia de la pesquería. Durante los últimos años, se observó una disminución del número de buques palangreros, con una marcada mayoría de captura obtenida por la flota arrastrera. De este modo, surgió la necesidad de introducir en el modelo de evaluación un índice de abundancia relativa de la fracción de la población accesible a la flota arrastrera, además del índice derivado de la flota palangrera utilizado en evaluaciones anteriores.

En este informe, se realizó el diagnóstico del estado de explotación del efectivo de merluza negra que se encuentra en el ASO durante el período 1980-2023, por medio de la aplicación de un Modelo Estadístico de Captura a la Edad (MECE o SCAA, por sus siglas en inglés). Además, se realizaron proyecciones a futuro de la abundancia bajo distintas estrategias de explotación, realizándose un análisis de riesgo estimando la probabilidad de que la biomasa de reproductores disminuya por debajo de los Puntos Biológicos de Referencia definidos como Objetivo y Límite (PBRO y PBRL, respectivamente), a fin de estimar las CBA correspondientes y recomendar una CMP para el año 2025.



Materiales y métodos

Información básica utilizada y datos de entrada al modelo

- Capturas anuales nominales de merluza negra durante el período 1980-2023 (Tabla 1), discriminadas por su origen: flotas argentina y extranjera de arrastre y palangre (SAGyP 2024, FIG 2023, Gorini y Lukaszewicz 2024);
- Capturas argentinas correspondientes al año 2024 supuestas idénticas al valor de la Captura Máxima Permisible (CMP) argentina establecida para dicho año en 3.700 t. Se consideró la misma proporción entre capturas de arrastre y palangre que en el año previo (2023, SAGyP 2024). Las capturas extranjeras estimadas en el año 2024, se consideraron también idénticas a las del año previo (2023) dado que no se dispuso de dicha información actualizada (FIG 2023);
- Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (1937), calculados para la merluza negra del ASO (Cassia 2006) y de la relación longitud-peso (Tabla 2);
- La matriz de pesos medios por edad, estimados a comienzos (1 de enero), mediados (1 de julio) y en el momento de la reproducción (1 de septiembre), de cada año (Tabla 3);
- Las proporciones de individuos maduros por grupo de edad (Tabla 3), derivadas de los valores indicados por Prenski y Almeyda (2000);
- Una estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural ($M=0,17$) para toda edad y año, similar a la utilizada en evaluaciones previas;
- Parámetro de “escarpamiento” h (*steepness*, en inglés) fijo en dos valores distintos, de 0,60 y 0,75 (Brandão y Butterworth 2009, Tascheri 2019, Skeljo 2022);
- Desvío estándar del error de la serie de reclutamientos anuales (σ_{ϵ_R}), fijo en un valor de 0,6 (Brandão y Butterworth 2005; Beddington y Cooke 1983);
- Composiciones por edad obtenida a partir de las longitudes convertidas a edades mediante el método que utiliza la curva de von Bertalanffy (en proporción del número de individuos) observadas en las capturas de merluza negra por parte de la flota argentina arrastrera de los años 2000, 2003-2010, 2012-2023 y palangrera de los años 2000, 2003-2021 (Figura 1);
- Series de índices de abundancia relativa, representados por las medias anuales estandarizadas de CPUE de merluza negra provenientes de las flotas arrastrera y palangrera en distintos períodos (Di Marco et al. 2017a, 2017b, 2018a, 2019a, 2019b, 2020a, 2021a, 2022a, 2023a, 2024a en revisión) (Tabla 4).



Tabla 1. Capturas nominales (t) de merluza negra, discriminadas por flota, en el ASO durante el período 1980-2023 y captura supuesta para el año 2024. La suma de capturas argentinas por tipo de flota que corresponderían al año 2024, se consideró idéntica a la CMP establecida para dicho año, suponiendo las mismas proporciones por tipo de flota ocurridas durante el año previo (2023) (*). Las capturas extranjeras del año 2024 se supusieron idénticas a las del año previo (2023) (**).

Año	Flota argentina		Flota extranjera		Total
	Arrastre	Palangre	Arrastre	Palangre	
1980	388	0	0	0	388
1981	409	0	0	0	409
1982	54	0	0	0	54
1983	152	0	0	0	152
1984	70	0	0	0	70
1985	195	0	0	0	195
1986	223	0	0	0	223
1987	981	0	31	0	1.012
1988	1.587	0	180	0	1.767
1989	1.200	0	334	0	1.534
1990	1.900	0	361	0	2.261
1991	1.220	18	1.108	105	2.451
1992	499	133	791	120	1.543
1993	3.805	547	395	8	4.755
1994	7.049	6.969	230	2.733	16.981
1995	3.760	14.465	323	1.746	20.294
1996	3.033	11.878	173	513	15.597
1997	2.150	6.655	208	1.000	10.013
1998	3.155	7.730	629	1.313	12.827
1999	4.456	5.181	1.184	1.771	12.592
2000	5.697	3.737	763	1.554	11.751
2001	3.704	2.625	443	1.310	8.082
2002	6.051	2.046	351	1.439	9.887
2003	4.180	1.514	253	1.455	7.402
2004	1.334	765	276	1.725	4.100
2005	373	883	123	1.554	2.933
2006	474	612	65	1.244	2.395
2007	484	947	53	1.407	2.891
2008	768	1.120	61	1.368	3.317
2009	648	1.760	285	1.134	3.827
2010	916	2.109	460	943	4.428
2011	1.011	1.724	339	1.221	4.295
2012	1.687	1.588	226	1.085	4.586
2013	1.770	1.730	120	1.303	4.923
2014	3.340	556	45	1.252	5.193
2015	2.759	960	103	1.123	4.945
2016	3.261	395	476	1.023	5.155
2017	3.593	76	489	1.030	5.188
2018	3.584	121	277	982	4.964
2019	3.845	74	268	1.049	5.236
2020	3.771	14	202	1.044	5.031
2021	3.693	8	85	1.010	4.796
2022	3.634	4	43	1.097	4.778
2023	3.469	4	95	1.071	4.639
2024	*3.696	*4	**95	**1.071	4.866

**Tabla 2.** Valores de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y de la relación largo-peso de merluza negra utilizados.

Crecimiento		Relación largo-peso	
$L_{\infty} =$	184,67	$a =$	0,02
$K =$	0,065	$b =$	2,73
$t_0 =$	- 0,386		

Tabla 3. Pesos medios (kg) por edad estimados a comienzos (1 de enero, PmEne), mediados (1 de julio, PmJul) y al momento de la reproducción (1 de setiembre, PmSep) de cada año. Se indican también las proporciones de individuos maduros por edad (PropMad).

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PmEne	0,027	0,144	0,408	0,858	1,515	2,391	3,483	4,782	6,274	7,939
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	9,756	11,704	13,759	15,900	18,107	20,359	22,640	24,933	27,222	29,496
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30+
	31,744	33,955	36,122	38,238	40,298	42,296	44,230	46,098	47,896	52,044

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PmJul	0,070	0,255	0,608	1,159	1,925	2,910	4,107	5,505	7,086	8,830
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	10,715	12,719	14,820	16,997	19,229	21,497	23,786	26,078	28,362	30,624
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30+
	32,855	35,045	37,187	39,275	41,305	43,272	45,173	47,006	48,770	52,831

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PmSep	0,103	0,326	0,726	1,331	2,152	3,190	4,439	5,884	7,508	9,289
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	11,206	13,236	15,358	17,551	19,793	22,069	24,359	26,65	28,930	31,186
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30+
	33,407	35,586	37,715	39,789	41,803	43,754	45,638	47,454	49,200	53,218

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PropMad	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,050	0,140	0,330	0,580	0,780
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0,900	0,960	0,980	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30+
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

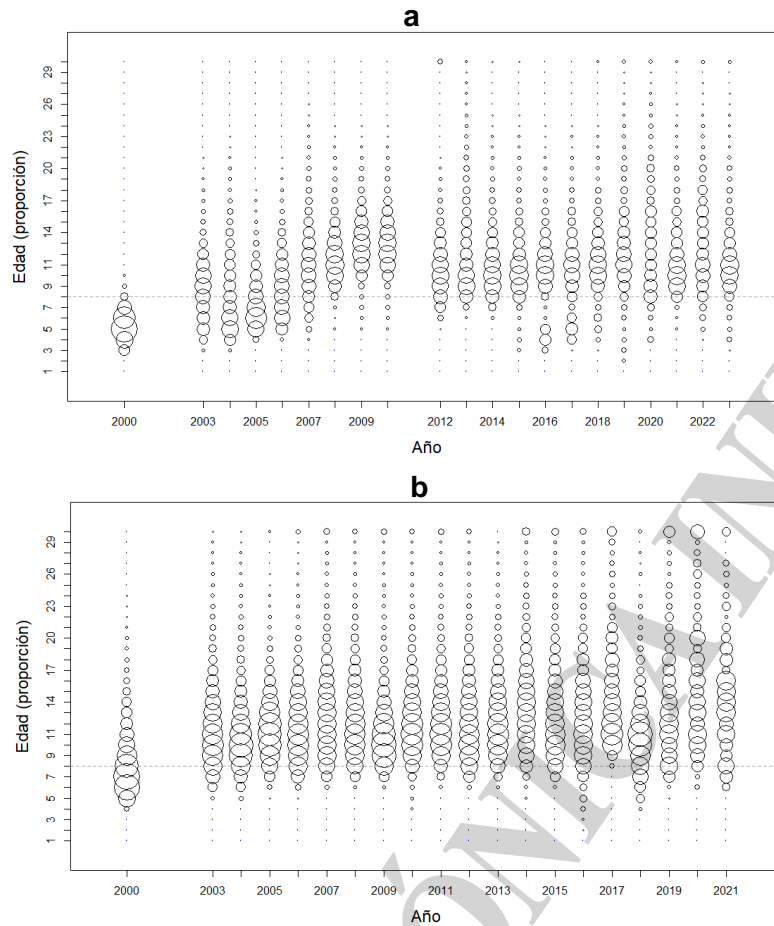


Figura 1. Composiciones por edad (longitudes convertidas a edades mediante la ecuación de von Bertalanffy, en proporción del número de individuos) de merluza negra observadas en las capturas de la flota argentina con arrastre (a) y palangre (b). La línea punteada horizontal señala la edad de primera madurez de la merluza negra del ASO, estimada en, aproximadamente, ocho (8) años (Prensky y Almeida 2000).

Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE)

A fin de calibrar el modelo se utilizaron en total cuatro series de CPUE (Captura por Unidad de Esfuerzo) estandarizada, definidas por tipo de flota y período (palangreros convencionales: 1994-2000 y 2001-2006, palangreros con cachalotera (dispositivo con el fin de aumentar la eficiencia del arte al estar conformado por un manojito de anzuelos y una protección sobre los mismos con el fin de reducir la interacción con mamíferos): 2009-2016 y arrastreros: 2010-2023 (Tabla 4).

La información procedente de la flota palangrera (CPUE) utilizada para estimar índices de abundancia relativa de la merluza negra del ASO, ha demostrado ser apropiada para tal fin (Wöhler et al. 2004a, 2004b; Wöhler y Martínez 2005; Martínez y Wöhler 2006, 2007, 2008, 2014, Martínez et al. 2015; Di Marco et al. 2017a, 2018a). Su utilización se fundamentó en que la pesca con ese tipo de arte puede ser considerada como dirigida efectivamente hacia la especie y en que su área de operaciones involucra gran parte del área de distribución geográfica de la especie. Sin embargo, la disminución en la cantidad de información biológico-pesquera, como consecuencia directa del retiro de la pesquería en forma progresiva de buques palangreros, dificultó cada vez más la estimación del índice. Durante los años 2003 al 2013, las capturas obtenidas mediante el palangre representaban, en promedio, el 56% del total capturado por la flota argentina mientras que, durante los años 2014 a 2016, dicho porcentaje se redujo a un 17% y, en los años 2017 a 2022, de un 8 a un 1%, respectivamente. Esta situación impactó directamente en la estimación del CPUE debido, en



principio, a la disminución de la cantidad de operaciones de pesca posibles a ser incorporadas en los estudios y, además, a las diferentes áreas de pesca habituales de cada flota. Debido a ello, se continuó, tal como en la evaluación previa (Di Marco et al. 2023b), con la necesidad de analizar y actualizar la información proveniente de la flota arrastrera, la que se ha concentrado en una zona pequeña próxima al área de veda de juveniles de la especie, con muy altos rendimientos (Troccoli y Martínez 2018, 2019, Martínez y Troccoli 2020, Troccoli et al. 2021, 2022, Martínez et al. 2023, Martínez et al. 2024).

La consideración de las CPUE derivadas de la flota palangrera convencional en dos series diferentes definidas por los períodos 1994-2000 y 2001-2006, se fundamentó en los cambios de operatoria de la pesquería de merluza negra en respuesta a medidas de manejo establecidas por la autoridad de aplicación y a decisiones empresariales. El primer período (1994-2000) se definió sobre la base de la mayor predominancia de captura de la especie por parte de los buques palangreros convencionales respecto de los arrastreros, en las aguas australes, particularmente, en las cuadrículas 5461, 5462 y 5463, las cuales fueron incluidas, dos años después, dentro del Área de Protección de Juveniles de Merluza Negra (APJMN, Resolución SAGyP N°19/2002). El segundo período (2001-2006) se definió teniendo en cuenta la presencia de gran cantidad de buques arrastreros en la zona austral a raíz de su desplazamiento al sur de los 48°S obligado por la Resolución SAGyP N°24/1999, lo cual provocó que los palangreros convencionales trasladaran su flota hacia otras áreas de pesca con menores rendimientos, a fin de evitar la interacción entre los dos tipos de artes. Dichas series de CPUE se estimaron a partir de la estadística oficial derivada de la flota palangrera convencional, expresadas en kilogramos de merluza negra por operación de pesca (Wöhler et al. 2002, 2004; Wöhler y Martínez 2005; Martínez y Wöhler 2006, 2007, 2008, 2010; Martínez et al. 2012). Ambas series se estimaron a partir del siguiente Modelo Lineal Generalizado (MLG):

$$\ln(\text{CPUE}) = \mu + \text{Año} + \text{Semestre} + \text{Área} + \text{Barco} + \text{Año} \times \text{Semestre} + \text{Año} \times \text{Área} + \text{Área} \times \text{Barco} + \varepsilon$$

La tercera serie de CPUE, correspondiente a la flota palangrera con cachalotera que operó durante el período 2009-2016, se definió sobre la base de la reducción del número de barcos palangreros convencionales a dos en el año 2007 y uno en el año 2008. A partir del 2009, todos los buques palangreros presentes en la pesquería poseían cachaloterías. Dicha serie se estimó a partir de los datos colectados por Observadores del INIDEP a bordo de la flota palangrera con cachalotera que operó durante el período 2009-2016, expresada en toneladas de merluza negra por hora-anzuelo (Di Marco et al. 2017a, 2018a). Dicha serie se estimó a partir del siguiente Modelo Lineal Generalizado (MLG):

$$\ln(\text{CPUE}) = \mu + \text{Año} + \text{Rectángulo} + \text{Profundidad} + \varepsilon$$

El retiro progresivo de la pesquería de los buques palangreros, tanto convencionales como con cachalotera, sumado a la baja proporción de captura de los mismos respecto de los arrastreros desde 2013, condicionó a la serie de CPUE estandarizada procedente de la flota palangrera, como representativa de la abundancia actual del recurso. Debido a ello, surgió la necesidad de utilizar la información pesquera (CPUE) proveniente de la flota de arrastre, la cual opera sobre merluza negra concentrada en una zona pequeña, dentro del área de protección de juveniles de la especie, con muy altos rendimientos. Dicha serie se estimó, por medio de un Modelo Lineal Mixto (MLM), a partir de los datos colectados por observadores a bordo de la flota arrastrera, tanto aquella que la captura en forma dirigida como la que lo hace en forma incidental, que operó durante el período 2010-2023, expresada en kilogramos de merluza negra por hora de arrastre (Di Marco et al. 2023a en revisión). El MLM empleado quedó definido como:

$$\ln(\text{CPUE}) = \mu + \text{Año} + \text{Mes} + \text{Área} + \text{Profundidad} + \text{Veda} + \text{Buque} + \text{Año} \times \text{Área} + \varepsilon$$

donde el factor Buque y la interacción Año×Área son factores aleatorios.



La serie de CPUE estandarizada estuvo representada por el valor medio estandarizado del efecto “Año” extraído del MLM.

Tabla 4. Series de índices de abundancia relativa de merluza negra, representados por las medias anuales estandarizadas de CPUE de la especie provenientes de la estadística de desembarques de los buques palangreros convencionales durante los períodos 1994-2000 y 2001-2006 (CPUE 1 y 2 Pal.conv., en kilogramos por operación de pesca), de observadores a bordo de los buques palangreros con cachaloteras durante el período 2009-2016 (CPUE 3 Pal.cach., en kilogramos por hora-miles de anzuelos) y de los observadores a bordo de los buques arrastreros durante el período 2010-2023 (CPUE 4 Arr. en kilogramos por hora de arrastre).

Año	CPUE 1 Pal.conv. (kg/op)	CPUE 2 Pal.conv. (kg/op)	CPUE 3 Pal.cach. (kg/h-ma)	CPUE 4 Arr. (kg/h)
1994	831,08	-	-	-
1995	886,15	-	-	-
1996	815,10	-	-	-
1997	753,30	-	-	-
1998	696,29	-	-	-
1999	566,17	-	-	-
2000	408,73	-	-	-
2001	-	267,20	-	-
2002	-	202,53	-	-
2003	-	201,09	-	-
2004	-	193,95	-	-
2005	-	190,59	-	-
2006	-	227,86	-	-
2007	-	-	-	-
2008	-	-	-	-
2009	-	-	30,97	-
2010	-	-	31,77	84,96
2011	-	-	24,99	145,19
2012	-	-	21,86	86,47
2013	-	-	21,87	80,38
2014	-	-	21,54	84,37
2015	-	-	21,19	101,97
2016	-	-	20,24	116,23
2017	-	-	-	100,34
2018	-	-	-	90,06
2019	-	-	-	103,58
2020	-	-	-	87,09
2021	-	-	-	79,53
2022	-	-	-	76,29
2023	-	-	-	61,17

Modelo de producción de biomasa estructurado por edades

A fin de diagnosticar la abundancia poblacional de la merluza negra del ASO, se aplicó un modelo de evaluación similar a los empleados, anualmente, desde el año 2004. Dicho modelo es un Modelo Estadístico de Captura a la Edad (MECE o SCAA por sus siglas en inglés) dado que el mismo considera incertidumbre en las proporciones por edad de la captura (Deriso et al. 1985, Hilborn

1990, Butterworth y Punt 1992, Francis 1992, Punt 1994, Punt y Japp 1994, Punt et al. 1995, Wöhler et al. 2004a, 2004b, Wöhler y Martínez 2005, Martínez y Wöhler 2006, 2014, Martínez et al. 2015, 2016, Di Marco et al. 2017c, 2018b, 2019c, 2020b, 2021b, 2022b, 2023b). El modelo aplicado consideró, además, incertidumbre asociada al vector de los reclutamientos tal como en la evaluación previa (Di Marco et al. 2023b).

Al igual que en el resto de las evaluaciones anteriores (Martínez et al. 2016, Di Marco et al. 2017c, 2018b, 2019c, 2020b, 2021b, 2022b, 2023b), el modelo se aplicó mediante un lenguaje de programación en plataforma AD Model Builder (<http://www.admb-project.org/>). Dicha plataforma, representa una potente herramienta, ampliamente utilizada en las evaluaciones de efectivos de diferentes especies explotadas, ya que cuenta con la ventaja de poder definir funciones complejas a ser minimizadas, con la potencialidad de poder estimar una gran cantidad de parámetros y la incertidumbre asociada a los mismos, a partir del empleo de algoritmos de diferenciación automática (AD) por medio de la librería AUTODIF, que es una extensión del lenguaje C++.

Los reclutamientos se estimaron por medio de una relación stock-recluta de Beverton & Holt (1957), a la cual se adicionó un término de error anual estimado como parámetro del modelo. La dinámica poblacional básica quedó definida en las siguientes ecuaciones:

$$N_{y,a} = \begin{cases} \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} \epsilon_y & a = 1 \\ N_{y-1,a-1} e^{-(M + f_{y-1}^A S_{y-1,a-1}^A + f_{y-1}^P S_{y-1,a-1}^P)} & 2 \leq a < A \\ N_{y-1,a-1} e^{-(M + f_{y-1}^A S_{y-1,a-1}^A + f_{y-1}^P S_{y-1,a-1}^P)} + N_{y-1,a} e^{-(M + f_{y-1}^A S_{y-1,a}^A + f_{y-1}^P S_{y-1,a}^P)} & a = A \end{cases}$$

para los años $y=1981, \dots, 2023$

bajo la condición: $\sum_{y=1981}^{2023} \epsilon_y = 0$

donde $N_{y,a}$ es el número de peces por cada edad “a” al comienzo del año “y”; BR_{y-1} es la biomasa reproductiva del año anterior; ϵ_y es el término de error anual que acompaña a la función de reclutamiento para cada año y; M es la tasa instantánea de mortalidad natural, constante para todo tiempo y edad; $S_{y,a}^A$ y $S_{y,a}^P$ son los factores de selección de la edad a en el año y, correspondientes a las flotas arrastrera A y palangrera P, respectivamente; f_y^A y f_y^P son los factores de mortalidad por pesca del año y, correspondientes a las flotas arrastrera A y palangrera P, respectivamente; A es la edad máxima considerada como grupo plus, igual a 30+; α y β son los parámetros de la función stock-recluta de Beverton y Holt (1957).

Los números de individuos por edad, las biomazas total y reproductiva, los errores del reclutamiento y las componentes anuales de las mortalidades por pesca fueron estimados para todos los años del período de diagnóstico considerado (1980-2023).

Se supuso a la población en equilibrio virgen (sin pesca) en un estado previo al inicio del período de explotación considerado. El número de individuos por edad en el estado de equilibrio virgen (sin pesca) ($N_{v,a}$), se calculó a partir del reclutamiento virginal ($N_{v,1}$) estimado como parámetro del modelo, y de la tasa de mortalidad natural, de la siguiente forma:

$$N_{v,a} = \begin{cases} N_{v,1} & a = 1 \\ N_{v,1} e^{-\sum_{a=1}^{l-2} M} & 2 \leq a < A \\ N_{v,1} e^{-\sum_{a=1}^{l-1} M} / (1 - e^{-\sum_{a=1}^l M}) & a = A \end{cases}$$

A partir de dichos valores, conjuntamente con los pesos medios por edad ($W_{v,a}$) y la proporción de individuos maduros por edad (m_a), se calculó la biomasa reproductiva virginal (BR_v) de la siguiente forma:

$$BR_v = \sum_{a=1}^A N_{v,a} W_{v,a} m_a$$

Los coeficientes α y β de la relación *stock*-recluta se calcularon en función del parámetro de “escarpamiento” h (*steepness*, en inglés) (Francis 1992; Punt y Japp 1994) de la siguiente manera:

$$\alpha = BR_v(1 - h)/(4 h N_{v,1})$$

$$\beta = (5 h - 1)/(4 h N_{v,1})$$

donde BR_v y $N_{v,1}$ son la biomasa reproductiva y el reclutamiento en el estado de equilibrio virgen, en la fase previa a la explotación, h es el parámetro que representa la inclinación de la curva *stock*-recluta, definido como la fracción del reclutamiento ($N_{v,1}$) esperada en el equilibrio (en ausencia de explotación) cuando la biomasa reproductiva se reduce a un 20% (Francis 1992). El parámetro h se fijó en valores de 0,60 y 0,75 (Brandão y Butterworth 2009), dependiendo del escenario considerado.

El inicio del período de explotación (o fase del diagnóstico) se definió a comienzos (1 de enero) del año 1980 y, en dicho año, se supuso al vector estado (vector estado inicial, $N_{ini,a}$) en equilibrio virgen con pesca incipiente al igual que en la evaluación previa (Di Marco et al. 2023b). El número de individuos de la edad 1 (reclutamiento inicial) se consideró idéntico al reclutamiento virginal (estimado por el modelo) y el número de individuos del resto de las edades ($a=2, \dots, 30+$) se estimó considerando la mortalidad por pesca (con supuesto de separabilidad), además de la mortalidad natural, de la siguiente manera:

$$N_{ini,a} = \begin{cases} N_{v,1} & a = 1 \\ N_{v,a-1} e^{-(M + f_{1980}^A S_{1980,a-1}^A + f_{1980}^P S_{1980,a-1}^P)} & 2 \leq a < A \\ N_{v,a-1} e^{-(M + f_{1980}^A S_{1980,a-1}^A + f_{1980}^P S_{1980,a-1}^P)} + N_{v,a} e^{-(M + f_{1980}^A S_{1980,a}^A + f_{1980}^P S_{1980,a}^P)} & a = A \end{cases}$$

La biomasa total (BT_y) y reproductiva (BR_y), al comienzo de cada año, y las biomásas explotables correspondientes a la flota arrastrera (BE_y^A) y palangrera (BE_y^P), tomadas a mediados de año ($y+0,5$), se estimaron de la siguiente forma:

$$BT_y = \sum_{a=1}^A N_{y,a} W_{y,a}$$

$$BR_y = \sum_{a=1}^A N_{y,a} W_{y,a} m_a$$

$$BE_y^A = \sum_{a=1}^A N_{y,a} W_{y+0,5,a} S_{y,a}^A e^{-0,5(M + f_y^A S_{y,a}^A + f_y^P S_{y,a}^P)}$$

$$BE_y^P = \sum_{a=8}^A N_{y,a} W_{y+0,5,a} S_{y,a}^P e^{-0,5(M + f_y^A S_{y,a}^A + f_y^P S_{y,a}^P)}$$

donde $W_{y,a}$ y $W_{y+0,5,a}$ expresan los pesos medios de la edad (a) al comienzo y mediados del año, respectivamente, siendo m_a la proporción de ejemplares adultos por edad.

Las capturas nominales anuales (en peso), provenientes de la información de los desembarques de cada flota (arrastre y palangre), se asumieron como exactas. La forma de representar ello en el modelo de evaluación, fue que las capturas anuales estimadas por el modelo (\hat{C}_y^A y \hat{C}_y^P) se ajustaron a las nominales observadas mediante el empleo de una función de verosimilitud correspondiente a una distribución log-normal, asignándole un coeficiente de variación lo suficientemente pequeño ($cv=0,01$), de forma que dicho ajuste se realizara con un error mínimo. En cada año, se resolvió la ecuación de Baranov (1918) definida como:

$$\hat{C}_y^A = \sum_{a=1}^A N_{y,a} w_{y+0,5,a} S_{y,a}^A f_y^A \frac{1 - e^{-(M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P)}}{M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P}$$

$$\hat{C}_y^P = \sum_{a=1}^A N_{y,a} w_{y+0,5,a} S_{y,a}^P f_y^P \frac{1 - e^{-(M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P)}}{M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P}$$

Los patrones de selección, tanto para la flota arrastrera como palangrera, fueron modelados de acuerdo a una función dependiente de la edad. Los mismos se estimaron mediante la aplicación de una curva de tipo doble-normal de la siguiente forma:

$$S_a^A = \begin{cases} e^{-0,5(a-E_{50}^A)^2} / \sigma_1^A & \text{para } a < E_{50}^A \\ e^{-0,5(a-E_{50}^A)^2} / \sigma_2^A & \text{para } a \geq E_{50}^A \end{cases}$$

$$S_a^P = \begin{cases} e^{-0,5(a-E_{50}^P)^2} / \sigma_1^P & \text{para } a < E_{50}^P \\ e^{-0,5(a-E_{50}^P)^2} / \sigma_2^P & \text{para } a \geq E_{50}^P \end{cases}$$

donde S_a^A y S_a^P representan los patrones de selección, por grupo de edad “a”, correspondientes a las flotas arrastrera y palangrera, respectivamente; E_{50}^A , σ_1^A , σ_2^A y E_{50}^P , σ_1^P , σ_2^P son los parámetros de dichas curvas doble-normales, estimados en el modelo. Sobre la base de las proporciones por edad observadas en cada flota y el análisis del ajuste del modelo a las mismas (Figuras 1 y 4), se consideraron cuatro períodos de selección para la flota de arrastre (1980-2007, 2008-2011, 2012-2014 y 2015-2023, Figuras 1a y 4a), y tres períodos de selección para la flota de palangre (1980-2000, 2001-2015 y 2016-2023, Figuras 1b y 4b).

Ajuste del modelo a los índices de abundancia y composiciones por edad en la captura

Índices de abundancia relativa derivados de la CPUE

Se utilizaron dos series anuales de CPUE estandarizada derivada de la flota palangrera convencional (series $i=1$ y 2), una serie derivada de la flota palangrera con cachalotera (serie $i=3$), y una serie derivada de la flota arrastrera (serie $i=4$). En los casos que correspondieron, las series fueron incorporadas al modelo como índices de abundancia en forma independiente, es decir, con un coeficiente de capturabilidad (q^i) propio a ser estimado para cada índice. Se asumió una relación lineal entre el valor del índice observado (I_y^i) y la biomasa explotable por las flotas palangrera y arrastrera a mediados de año y (BE_y^{iP} y BE_y^{iA}), considerando al factor de proporcionalidad como el coeficiente de capturabilidad q^i , según:

$$\hat{I}_y^i = q^i BE_y^{iP} \quad y \quad \hat{I}_y^i = q^i BE_y^{iA}$$

$$I_y^i = q^i BE_y^{iP} e^{\epsilon_y^i} \quad y \quad I_y^i = q^i BE_y^{iA} e^{\epsilon_y^i} \quad \text{con} \quad \epsilon_y^i \sim N(0, \sigma^{i^2})$$

para las series de palangre:

$$i = 1 (y = 1994, \dots, 2000), i = 2 (y = 2001, \dots, 2006), i = 3 (y = 2009, \dots, 2016)$$

para la serie de arrastre:

$$i = 4 (y = 2010, \dots, 2023)$$

Los coeficientes de capturabilidad (q_y^i) se calcularon a partir de la expresión analítica de su estimador de máxima verosimilitud (EMV), de la siguiente forma:

$$q_y^i = e^{\frac{1}{n^i} \sum_{y=1}^{n^i} (\ln \hat{I}_y^i - \ln I_y^i)}$$

donde \hat{I}_y^i y I_y^i son los índices estimados (por el modelo de evaluación) y observado (derivado del modelo estadístico ML o MLM), n^i es el número de años con valores disponibles de la serie i del índice observado.

Distribuciones de longitudes y proporciones por edad en la captura

Las distribuciones de longitudes observadas en las capturas, derivadas de los muestreos a bordo de la flota arrastrera durante los años 2000, 2003-2010, 2012-2023, y de la flota palangrera durante los años 2000, 2003-2021, se ponderaron a la captura anual de cada año y flota respectiva. Luego, se convirtieron a edades mediante método indirecto, utilizando los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy.

Una vez transformadas las longitudes a edades, se calcularon las proporciones observadas ($pCn_{y,a}^A$ y $pCn_{y,a}^P$) del número de individuos capturados ($Cn_{y,a}^A$ y $Cn_{y,a}^P$) por grupo de edad, año, y flota, a partir de los datos observados a bordo:

$$pCn_{y,a}^A = \frac{Cn_{y,a}^A}{\sum_{a=1}^l Cn_{y,a}^A} \quad ; \quad pCn_{y,a}^P = \frac{Cn_{y,a}^P}{\sum_{a=1}^l Cn_{y,a}^P}$$

Las proporciones estimadas por el modelo ($p\widehat{Cn}_{y,a}^A$ y $p\widehat{Cn}_{y,a}^P$) del número de individuos capturados ($\widehat{Cn}_{y,a}^A$ y $\widehat{Cn}_{y,a}^P$) por grupo de edad, año y flota, se calcularon en forma similar que las observadas:

$$p\widehat{Cn}_{y,a}^A = \frac{\widehat{Cn}_{y,a}^A}{\sum_{a=1}^l \widehat{Cn}_{y,a}^A} \quad ; \quad p\widehat{Cn}_{y,a}^P = \frac{\widehat{Cn}_{y,a}^P}{\sum_{a=1}^l \widehat{Cn}_{y,a}^P}$$

El número de individuos capturados ($\widehat{Cn}_{y,a}^A$ y $\widehat{Cn}_{y,a}^P$) se calculó mediante la ecuación de captura de Baranov (1918):

$$\widehat{Cn}_{y,a}^A = \sum_{a=1}^l N_{y,a} S_{y,a}^A f_y^A \frac{1 - e^{-(M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P)}}{M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P};$$

$$\widehat{Cn}_{y,a}^P = \sum_{a=1}^l N_{y,a} S_{y,a}^P f_y^P \frac{1 - e^{-(M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P)}}{M + S_{y,a}^A f_y^A + S_{y,a}^P f_y^P}$$

Las proporciones anuales observadas (Figura 1) se utilizaron como índices de la estructura de edades de la captura, ajustándose las proporciones estimadas por el modelo a las observadas (Figura 4).

Cabe aclarar que, para el año en curso (2024), no se contó con información estructurada por edad correspondiente y, tal como se dijo previamente, se supuso una captura anual argentina idéntica a la CMP establecida para ese año manteniendo las mismas proporciones por tipo de flota del año anterior (2023).

Funciones de verosimilitud

Los parámetros del modelo fueron estimados utilizando un procedimiento de “Estimación de Máxima Verosimilitud Penalizada” (PMLE, por sus siglas en inglés), mediante la minimización de la función objetivo en distintas fases (Henríquez et al. 2016). La función objetivo estuvo representada por la log-verosimilitud negativa total ($-\ln L$), la cual se calculó como la suma de las componentes parciales ($-\ln L^j$) correspondientes a las capturas, las CPUE, las composiciones por edad en la captura y los desvíos de reclutamiento, en el caso de los índices de abundancia relativa $i=1, 2, 3$ (palangre) y 4 (arrastre), penalizadas por un factor λ_i :

$$-\ln L = -\sum_{j=1}^k \ln L^j = -\ln L^{CA} - \ln L^{CP} - \ln L^{\epsilon R} - \lambda_1 \ln L^1 - \lambda_2 \ln L^2 - \lambda_3 \ln L^3 - \lambda_4 \ln L^4 \\ - \ln L^{DMA} - \ln L^{DMP}$$

donde $-\ln L$ es la log-verosimilitud negativa total, $-\ln L^j$ es cada una de las componentes de log-verosimilitudes negativas j ; k es el total de componentes; $-\ln L^{CA}$ y $-\ln L^{CP}$ son las componentes correspondientes a las capturas de arrastre y palangre, respectivamente; $-\ln L^{\epsilon R}$ es la componente correspondiente a los errores del reclutamiento; λ_i es el factor de ponderación que acompaña a la componente correspondiente a cada índice de abundancia relativa i ; $-\ln L^{DMA}$ y $-\ln L^{DMP}$ son las componentes correspondientes a las composiciones (proporciones) por edad en la captura de arrastre y palangre, respectivamente.

Los valores de las penalizaciones (lambdas) fueron elegidos en función del ajuste de los índices correspondientes: $\lambda_1=300$, $\lambda_2=1200$, $\lambda_3=1200$ (palangre) y $\lambda_4=200$ (arrastre).

Capturas totales anuales

En la función a minimizar, se incorporó el ajuste de las capturas anuales estimadas respecto de aquellas observadas, para cada flota, de forma de que las estimadas sean prácticamente iguales a las observadas, considerándolas como exactas, de acuerdo a:

$$-\ln L^{CA} = \frac{1}{2\sigma_A^2} \sum_{y=1}^{n_A} (\ln \hat{C}_y^A - \ln C_y^A)^2 \quad \text{para } y = 1980, \dots, 2023 \\ -\ln L^{CP} = \frac{1}{2\sigma_P^2} \sum_{y=1}^{n_P} (\ln \hat{C}_y^P - \ln C_y^P)^2 \quad \text{para } y = 1980, \dots, 2023$$

donde \hat{C}_y^A , C_y^A y \hat{C}_y^P , C_y^P representan la captura estimada y observada de las flotas arrastrera y palangrera, respectivamente; n_A y n_P representan la cantidad de años de captura; σ_A y σ_P representan los desvíos estándares, ambos fijos en valores de 0,001.

Errores del reclutamiento

Se ponderó cada valor de los errores del reclutamiento anual (1981-2023) relacionando su peso con la inversa del cuadrado del desvío estándar de dichos errores, de la siguiente manera:

$$-\ln L^{\epsilon_R} = \frac{1}{2\sigma_{\epsilon_R}^2} \sum_{y=1}^{n_{\epsilon_R}} (\epsilon_{Ry})^2 \quad \text{para los años } y = 1981, \dots, 2023$$

donde ϵ_{Ry} representa los errores (o desvíos) de los reclutamientos (estimados como parámetros del modelo) correspondientes a cada año y ; n_{ϵ_R} es la cantidad de años en que se estima dicho error; σ_{ϵ_R} representa el desvío estándar de los errores, fijo en un valor de 0,60 (Beddington y Cooke 1983, Brandão y Butterworth 2005).

Índices de abundancia (series $i=1, 2, 3$ y 4 de CPUE)

La calibración del modelo a los índices de abundancia relativa se llevó a cabo ajustando los valores de índices estimados por el modelo (\hat{I}_y) a los observados (I_y), ponderando la diferencia de cuadrados entre dichos valores por la inversa del cuadrado del desvío estándar correspondiente a cada índice (σ_i), para los cuatro índices de abundancia relativa (series de CPUE) considerados, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} -\ln L_1^I &= \frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_{y=1}^{n_1} (\ln \hat{I}_y - \ln I_y)^2 && \text{para } y = 1994, \dots, 2000 \text{ (palangre convencional)} \\ -\ln L_2^I &= \frac{1}{2\sigma_2^2} \sum_{y=1}^{n_2} (\ln \hat{I}_y - \ln I_y)^2 && \text{para } y = 2001, \dots, 2006 \text{ (palangre convencional)} \\ -\ln L_3^I &= \frac{1}{2\sigma_3^2} \sum_{y=1}^{n_3} (\ln \hat{I}_y - \ln I_y)^2 && \text{para } y = 2009, \dots, 2016 \text{ (palangre cachalotera)} \\ -\ln L_4^I &= \frac{1}{2\sigma_4^2} \sum_{y=1}^{n_4} (\ln \hat{I}_y - \ln I_y)^2 && \text{para } y = 2010, \dots, 2023 \text{ (arrastre)} \end{aligned}$$

Las desviaciones estándares correspondientes a cada índice serie ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ y σ_4) se fijaron en valores de 0,3. Tal como se mencionó previamente, el peso relativo (ponderaciones) para cada índice fue dado mediante los valores de las penalizaciones (lambdas) que acompañaron a la función de verosimilitud correspondiente a cada serie.

Índices de composición por edad en la captura

A fin de ajustar las composiciones por edad en la captura, estimadas por el modelo, para cada tipo de flota (arrastrera y palangrera), a las observadas a bordo, se utilizó y minimizó la función de verosimilitud Dirichlet-Multinomial, recientemente introducida en el programa de evaluación de stock integrado *Stock Synthesis* (Francis 2016, Thorson et al. 2017). Dicha función corresponde a una distribución de probabilidad compuesta por la función Dirichlet (con un parámetro de dispersión estimado por el modelo) y la función Multinomial. La función Dirichlet-Multinomial tiene la ventaja de ser autoponderada, sin necesidad de realizar una reponderación iterativa, lo que simplifica enormemente el proceso de evaluación y asegura que la incertidumbre asociada con la ponderación de las composiciones por edad esté incluida en cualquier medida de incertidumbre de la evaluación de stock (errores estándares e intervalos de confianza). También, tiene la ventaja de permitir proporciones con valor cero (0). Sin embargo, dicha función posee ciertas debilidades, ya que no logra reproducir elevadas correlaciones entre las edades, tiende a sobreponderar los datos composicionales y considera el mismo grado de sobredispersión para todas las edades cuando en realidad es dependiente de cada una de ellas.

$$\begin{aligned}
 -\ln L^{\text{DMA}} &= \sum_{y=1}^n \left[\Gamma(b^A) - \Gamma(n_A + b^A) + \sum_{a=1}^l \Gamma(n_A * pCn^A_{y,a} + b^A * \widehat{pCn^A}_{y,a}) \right. \\
 &\quad \left. - \sum_{a=1}^l \Gamma(b^A * \widehat{pCn^A}_{y,a}) \right] \\
 -\ln L^{\text{DMP}} &= \sum_{y=1}^n \left[\Gamma(b^P) - \Gamma(n_P + b^P) + \sum_{a=1}^l \Gamma(n_P * pCn^P_{y,a} + b^P * \widehat{pCn^P}_{y,a}) \right. \\
 &\quad \left. - \sum_{a=1}^l \Gamma(b^P * \widehat{pCn^P}_{y,a}) \right]
 \end{aligned}$$

donde $pCn^A_{y,a}$, $\widehat{pCn^A}_{y,a}$ y $pCn^P_{y,a}$, $\widehat{pCn^P}_{y,a}$ son las proporciones observadas y estimadas de captura por clase de edad a en el año y , para las flotas de arrastre A y palangre P ; b^A y b^P son los parámetros de sobredispersión causada por la distribución Dirichlet, estimados en el modelo, para cada flota; n_A y n_P son el tamaño de muestra de entrada para cada flota, fijas en un valor relativo de 1000.

En el proceso de calibración participaron como parámetros a ser estimados por el modelo: el reclutamiento en el estado equilibrio virgen ($N_{v,1}$), los vectores de factores anuales proporcionales a la mortalidad por pesca de las embarcaciones palangreras y arrastreras (f_y^A y f_y^P), la serie de errores anuales que acompañaron a los reclutamientos en la relación stock-recluta (ϵ_R), los parámetros de las curvas doble-normales de los patrones de selección para cada tipo de flota y período de años (E_{50}^A , σ_1^A , σ_2^A y E_{50}^P , σ_1^P , σ_2^P), los parámetros de sobredispersión correspondientes a las funciones Dirichlet-Multinomiales de las estructuras de edades de la flota de arrastre y de palangre (b^A y b^P).

Puntos Biológicos de Referencia (Límite y Objetivos)

A fin de diagnosticar el estado de explotación del recurso en el último año del período de explotación (1986-2023) y evaluar el efecto de distintas estrategias de explotación propuestas a tiempo futuro y estimar una Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para el año 2025 (CBA_{2025}), se establecieron distintos Puntos Biológicos de Referencia, Límite (PBRL) y Objetivos (PBRO). A fin de responder a los nuevos requerimientos y estándares internacionales, el PBRO tradicional, utilizado en las evaluaciones previas, fue reemplazado por un nuevo PBRO propuesto a partir de un análisis realizado por Di Marco et al. (2024b en revisión). En dicho informe, se estimó un aproximado o *proxy* del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) específico para la merluza negra del ASO, proponiendo como PBRO la proporción de biomasa reproductiva asociada al RMS respecto de la biomasa reproductiva en el estado virgen (sin pesca) para dos diferentes valores medios y rangos del parámetro h de la relación stock-reclutamiento de Beverton y Holt (*steepness*, en inglés). Los PBR se definieron como:

PBRL: valor de biomasa reproductiva equivalente al 20% de aquella estimada en el estado de equilibrio virgen, previo al inicio de la explotación ($PBRL=0,20BR_v$). Dicho valor representa un límite de sustentabilidad, el cual nunca debiera ser alcanzado por la BR ni la misma ubicarse por debajo de este punto, dado que podría comprometer seriamente la seguridad biológica del recurso. Este PBR se asoció a un riesgo del 10% de caer por debajo (o una probabilidad del 90% de ubicarse por encima) del mencionado nivel.



El valor del PBRL se estableció en función de los estudios realizados por varios autores y aplicando el criterio precautorio (Clark 1991, Mace y Sisenwine 1993, Goodyear 1993, Thompson 1993), dadas las características biológicas de la merluza negra, como ser una especie de aguas profundas con crecimiento lento, madurez tardía y gran longevidad, a menudo viviendo incluso más de 50 años (Collins et al. 2010, Horn 2002, Belchier 2004).

PBRO_{tradi}: valor de biomasa reproductiva equivalente al 30% de aquella estimada en el estado de equilibrio virgen, previo al inicio de la explotación ($PBRO_{tradi}=0,30BR_v$). Representa un nivel de referencia objetivo, el cual es deseable de alcanzar y mantener en el largo plazo. El alcance de este PBR se evaluó con un riesgo del 10% de caer por debajo del punto establecido (regla 90-10). Este PBR es el tradicionalmente utilizado en las evaluaciones de merluza negra para estimar y recomendar la CBA respectiva. En el presente informe sólo se empleó a modo de referencia, sin ser utilizado para recomendar la CBA₂₀₂₅.

PBRO_{RMS,h=0,60} (Escenario 1): valor de biomasa reproductiva equivalente al 41% de aquella estimada en el estado de equilibrio virgen, previo al inicio de la explotación ($PBRO_{RMS,h=0,60}=0,41BR_v$). Dicho valor establece un nivel de referencia objetivo en función del nivel medio de la distribución del *proxy* del RMS estimado para la merluza negra del Atlántico Sudoccidental considerando un valor del parámetro *h* de la relación stock-recluta de Beverton y Holt de 0,60, a fin de tender a mantener la abundancia poblacional en niveles económicamente óptimos y biológicamente seguros (Di Marco et al. 2024b en revisión). El alcance de este PBR se evaluó con un riesgo del 50% de caer por debajo del punto establecido (regla 50-50), de forma similar a como se suelen realizar las evaluaciones de merluza negra en el ámbito internacional. La biomasa reproductiva alcanzaría dicho nivel si se ubica, en términos medios, justo en dicho nivel.

PBRO_{RMS,h=0,75} (Escenario 2): valor de biomasa reproductiva equivalente al 36% de aquella estimada en el estado de equilibrio virgen, previo al inicio de la explotación ($PBRO_{RMS,h=0,75}=0,36BR_v$). Dicho valor establece un nivel de referencia objetivo en función del nivel medio de la distribución del *proxy* del RMS estimado para la merluza negra del Atlántico Sudoccidental considerando un valor del parámetro *h* de la relación stock-recluta de Beverton y Holt de 0,75, a fin de tender a mantener la abundancia poblacional en niveles económicamente óptimos y biológicamente seguros (Di Marco et al. 2024b en revisión). El alcance de este PBR se evaluó con un riesgo del 50% de caer por debajo del punto establecido (regla 50-50), de forma similar a como se realizan las evaluaciones de merluza negra en el ámbito internacional. La biomasa reproductiva alcanzaría dicho nivel si se ubica, en términos medios, justo en dicho nivel.

Estos dos últimos PBR planteados fueron empleados para estimar y recomendar la CBA₂₀₂₅ de la merluza negra del ASO.

Proyecciones de la abundancia y análisis de riesgo

Con el objetivo de estimar las CBA₂₀₂₅ del efectivo de merluza negra, tendientes a mantener el recurso en un estado de explotación sustentable, se realizaron proyecciones de la abundancia poblacional, en el largo plazo (a 30 años), bajo distintos niveles de explotación, introduciendo incertidumbre en la magnitud de la biomasa del año inicial de proyección y en los reclutamientos de los años subsiguientes de proyección.

El análisis de riesgo se realizó utilizando una metodología similar a la aplicada en evaluaciones previas (Martínez et al. 2016, Di Marco et al. 2017c, 2018b, 2019c, 2020b, 2021b, 2022b, 2023b). Se realizaron 1.500 simulaciones de la evolución del recurso.

En cada simulación, se realizó un resorteo del vector estado (número de individuos por edad) estimado a comienzos del año 2023 ($N_{a,2023}$) por el modelo de evaluación en el período de explotación (etapa de diagnóstico), generándose aleatoriamente un nuevo valor para cada edad ($N_{a,2023}^*$) bajo el supuesto de distribución de tipo Normal a partir del valor medio ($\bar{N}_{a,2023}$) y desvío ($\sigma_{N_{a,2023}}$) por edad estimados en dicho año:

$$N_{a,2023}^* \sim N(\bar{N}_{a,2023}, \sigma_{N_{a,2023}})$$

También, se recalcularon las biomazas total y reproductiva correspondientes a dicho año (BT_{2023} y BR_{2023}) suponiendo los mismos pesos medios por edad utilizados en el último año del período de diagnóstico. Luego, a partir del vector estado del 2023 resorteado, la BR en dicho año, y aplicando las f_{2023}^A y f_{2023}^P estimadas en la fase de diagnóstico, se estimó el número de individuos a comienzos del año 2024 (N_{2024}) de forma similar a la utilizada para los años previos.

Suponiendo conocidas las capturas de arrastre y palangre totales del año 2024 (Tabla 1), se estimaron, mediante la ecuación de captura de Baranov, las componentes anuales de las mortalidades por pesca correspondientes a cada flota (f_{2024}^A y f_{2024}^P), para obtener, así, el valor medio y desvío del número de individuos por edad a comienzos del año 2025 ($N_{a,2025}$), y las biomazas total y reproductiva de dicho año (BT_{2025} y BR_{2025}).

Tanto en el año 2025 como en el resto de los años de proyección (2026 a 2054), los reclutamientos se estimaron en forma similar a los estimados en la fase de diagnóstico. Se supuso una relación stock-recluta de Beverton y Holt (1957), y se introdujo incertidumbre mediante la adición de un término de error aleatorio multiplicativo, siguiendo una distribución log-normal:

$$R_y = N_{y,1} = \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} e^{\varepsilon_y} \quad \text{para } y = 2025, \dots, 2054 \quad \text{con } \varepsilon_y \approx N(0, \sigma_{\ln R}^2)$$

siendo $\hat{\mu}_{\ln R} = \frac{\sum_y \ln R_y}{n}$ y $\hat{\sigma}_{\ln R} = \frac{\sum_y (\ln R_y - \hat{\mu}_{\ln R})^2}{n-1}$

donde $R_y = N_{y,1}$ es el número de reclutas (peces de edad 1) al comienzo del año y ; BR_{y-1} es la biomasa reproductiva del año anterior; ε_y es el término de error que acompaña a la función de reclutamiento; α y β son los parámetros de la relación, fijos en los valores estimados durante el período de diagnóstico; $\hat{\mu}_{\ln R}$ y $\hat{\sigma}_{\ln R}$ son el valor medio y desvío estándar en escala log-normal, respectivamente, de la serie de reclutamientos históricos estimados durante el período de diagnóstico.

La dinámica poblacional de la fase de proyección fue similar a la de la fase de diagnóstico:

$$N_{y,a} = \begin{cases} \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} e^{\varepsilon_y} & a = 1 \\ N_{y-1,a-1} e^{-(M + f_{pr}^A S_{2023,a-1}^A + f_{pr}^P S_{2023,a-1}^P)} & 2 \leq a < A \\ N_{y-1,a-1} e^{-(M + f_{pr}^A S_{2023,a-1}^A + f_{pr}^P S_{2023,a-1}^P)} + N_{y-1,a} e^{-(M + f_{pr}^A S_{2023,a}^A + f_{pr}^P S_{2023,a}^P)} & a = A \end{cases}$$

para los años $y=2025, \dots, 2054$

donde $N_{y,a}$ es el número de peces de edad a al comienzo del año y ; BR_{y-1} es la biomasa reproductiva del año anterior; α y β son los parámetros de la función stock-recluta; ε_y es el término de error que acompaña a la función de reclutamiento; M es la tasa instantánea de mortalidad natural, constante para todo tiempo y edad; f_{pr}^A y f_{pr}^P son los factores de mortalidad por pesca propuestos;



$S_{2023,a}^A$ y $S_{2023,a}^P$ son los patrones de selección de las flotas arrastrera (A) y palangrera (P), fijos en los valores estimados por edad en el último año de la fase de diagnóstico con datos de captura (2023); A es la edad máxima considerada como grupo plus, igual a 30+.

En cada año, a partir del año 2025 inclusive, en adelante, se avanzó mediante la aplicación de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca propuestas como constantes a todo tiempo futuro (F_{pr}^A y F_{pr}^P), bajo el supuesto de separabilidad de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca ($F_{pr}^A = f_{pr}^A S_{2023,a}^A$ y $F_{pr}^P = f_{pr}^P S_{2023,a}^P$), y el cálculo de los vectores estado ($N_{y,a}$) al año siguiente. Se propusieron distintos niveles de factores (componente anual) de tasa de mortalidad por pesca de cada flota (f_{pr}^A y f_{pr}^P), manteniendo constante tanto dichos factores como los patrones de selección estimados durante el último año del período de diagnóstico con disponibilidad de datos de captura (S_{2022}^A y S_{2022}^P). Además, se mantuvo la misma proporcionalidad entre los factores anuales de cada flota aplicados durante el año 2023 (f_{2023}^A y f_{2023}^P).

En cada año proyectado, se calcularon los valores anuales de biomasa total, biomasa reproductiva, y de las capturas proyectadas bajo las distintas estrategias de explotación, de la forma siguiente:

Biomasa total (al comienzo del año y):

$$B_y = \sum_{a=1}^l N_{y,a} W_{2023,a}$$

Biomasa de reproductores (al comienzo del año y):

$$BR_y = \sum_{a=1}^l N_{y,a} W_{2023,a} m_a$$

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

$$BRr_y = \sum_{a=1}^l N_{y,a} W_{2023+0,75,a} m_a e^{-0,75(M + f_{pr}^A S_{2023,a}^A + f_{pr}^P S_{2023,a}^P)}$$

siendo $W_{2023,a}$ y $W_{2023+0,75,a}$ los pesos medios por edad a inicios de año y al momento de la reproducción en el año previo al último del período de diagnóstico (2023), m_a la proporción de individuos maduros por clase de edad y 0,75 la proporción de la mortalidad natural por pesca pre-reproductiva, al momento de la reproducción (1 de septiembre).

Las capturas anuales (en peso) correspondientes a cada nivel de explotación propuesto (f_{pr}^A y f_{pr}^P) se estimaron mediante la ecuación de Baranov (1918):

Captura con arrastre:

$$\hat{C}_y^A = \sum_{a=1}^A N_{y,a} W_a f_{pr}^A S_{2023,a}^A \frac{1 - e^{-(M + S_{2023,a}^A f_{pr}^A + S_{2023,a}^P f_{pr}^P)}}{M + S_{2023,a}^A f_{pr}^A + S_{2023,a}^P f_{pr}^P}$$

Captura con palangre:

$$\hat{C}_y^P = \sum_{a=1}^A N_{y,a} W_a f_{pr}^P S_{2023,a}^P \frac{1 - e^{-(M + S_{2023,a}^A f_{pr}^A + S_{2023,a}^P f_{pr}^P)}}{M + S_{2023,a}^A f_{pr}^A + S_{2023,a}^P f_{pr}^P}$$

La captura total se estimó como la suma de las capturas de arrastre y palangre:



$$\hat{C}_y = \hat{C}_y^A + \hat{C}_y^P$$

Se obtuvieron las medias aritméticas y desvíos estándares tanto de las biomazas total y reproductiva como de las capturas, en cada año proyectado.

Posteriormente, a partir de las 1.500 simulaciones realizadas, se calculó la cantidad de casos en que la biomasa reproductiva proyectada (BR_y), en el largo plazo, fuera inferior a los Puntos Biológicos de Referencia Objetivos (PBRO) y Límite (PBRL) de la siguiente forma:

$$P(BR_y < PBRL) = P(BR_y < 0,20 BR_v), \text{ riesgo del 10\% (regla 90-10)}$$

$$P(BR_y < PBRO_{\text{tradi}}) = P(BR_y < 0,30 BR_v), \text{ riesgo del 10\% (regla 90-10)}$$

$$P(BR_y < PBRO_{\text{RMS},h=0,60}) = P(BR_y < 0,41 BR_v), \text{ riesgo del 50\% (regla 50-50)}$$

$$P(BR_y < PBRO_{\text{RMS},h=0,75}) = P(BR_y < 0,36 BR_v), \text{ riesgo del 50\% (regla 50-50)}$$

Finalmente, las CBA_{2025} se estimaron promediando las capturas anuales de dicho año, resultantes de las 1.500 simulaciones, que correspondieron a un nivel de mortalidad por pesca, por cada flota, asociado a un riesgo de no cumplir con el PBR planteado (f_{PBRL} , $f_{PBRO_{\text{tradi}}}$, $f_{PBRO_{\text{RMS},h=0,60}}$, $f_{PBRO_{\text{RMS},h=0,75}}$), siendo dicho riesgo de un valor del 10% para el PBRO tradicional y del 50% para los PBRO actuales asociados al RMS para cada caso del valor del parámetro h . El riesgo del 10% se utilizó a fin de asegurar que la BR se mantuviera por encima de la BR_v en la gran mayoría de los casos (90 % de probabilidad) y es considerado como precautorio en la literatura internacional (Francis 1993). El riesgo del 50% se utilizó con el fin de garantizar que la mitad de los casos quedan por encima y la otra mitad por debajo de la BR_v , ubicando, en términos medios, a la BR sobre el PBR, de forma similar a como se evalúa internacionalmente.

El nivel de mortalidad por pesca que produciría una biomasa reproductiva situada, un 90 o 50% por encima de cada uno de los PBRO según el caso, sería considerado como deseable de ser aplicado dado que propone una situación favorable para la pesca, en mayor o menor grado dependiendo del PBRO considerado y, además, dentro de límites biológicamente seguros, es decir, por encima del PBRL.

Aquel nivel de mortalidad por pesca que produciría una biomasa reproductiva situada en el PBRL (f_{PBRL}) sería considerado como un nivel de pesca a ser evitado y menos aún sobrepasado, dado que se encuentra asociado al límite de seguridad biológica y, por lo tanto, pondría en peligro la sustentabilidad del recurso.

Escenarios planteados

Se consideraron dos escenarios, cada uno asociado a un valor diferente del parámetro *steepness* ($h=0,60$ y $h=0,75$) de la relación stock-recluta, utilizados en la evaluación previa (Di Marco et al. 2023b). Ambos de ellos, comúnmente empleados en la bibliografía internacional sobre evaluaciones de merluza negra (Brandão y Butterworth 2009, Tascheri 2019, Skeljo 2022). El primero de ellos ($h=0,60$) se suele utilizar como valor precautorio y el segundo ($h=0,75$) como un valor intermedio de la distribución del parámetro h en estudios meta-analíticos que incluyeron varias especies o simplemente como valor genérico o de compromiso. Sobre cada caso, se realizó el diagnóstico durante el período de explotación, proyección a futuro y análisis de riesgo, evaluándose los ajustes de los índices provenientes de la CPUE, las estimaciones de abundancia durante los últimos años y las estimaciones de la CBA_{2025} por cada PBRO asociado al RMS planteado. Los escenarios quedaron definidos de la siguiente forma:

Escenario 1: modelo de evaluación con un valor del parámetro de relación stock-recluta h (*steepness*) fijo en 0,60, tanto en la fase de diagnóstico como en la de proyección. Los PBR establecidos para evaluar el estado de explotación del recurso y efectuar el análisis de riesgo fueron: PBRL (regla 90-10), $PBRO_{\text{tradi}}$ (regla 90-10) y $PBRO_{\text{RMS},h=0,60}$ (regla 50-50).

Escenario 2: modelo de evaluación con un valor del parámetro de relación stock-recluta h (*steepness*) fijo en 0,75, tanto en la fase de diagnóstico como en la de proyección. Los PBR establecidos para evaluar el estado de explotación del recurso y efectuar el análisis de riesgo fueron: PBRL (regla 90-10), $PBRO_{\text{tradi}}$ (regla 90-10) y $PBRO_{\text{RMS},h=0,75}$ (regla 50-50).

Resultados y Discusión

Ajuste del modelo a las capturas de cada flota

Los ajustes de las capturas estimadas por el modelo a las observadas (desembarques nominales), tanto de la flota de arrastre como de la de palangre, en todos los escenarios, resultaron prácticamente sin error, de acuerdo al supuesto de haber considerado, en el modelo, a las capturas como exactas, con un coeficiente de variación (cv) de 0,001 (Figura 2).

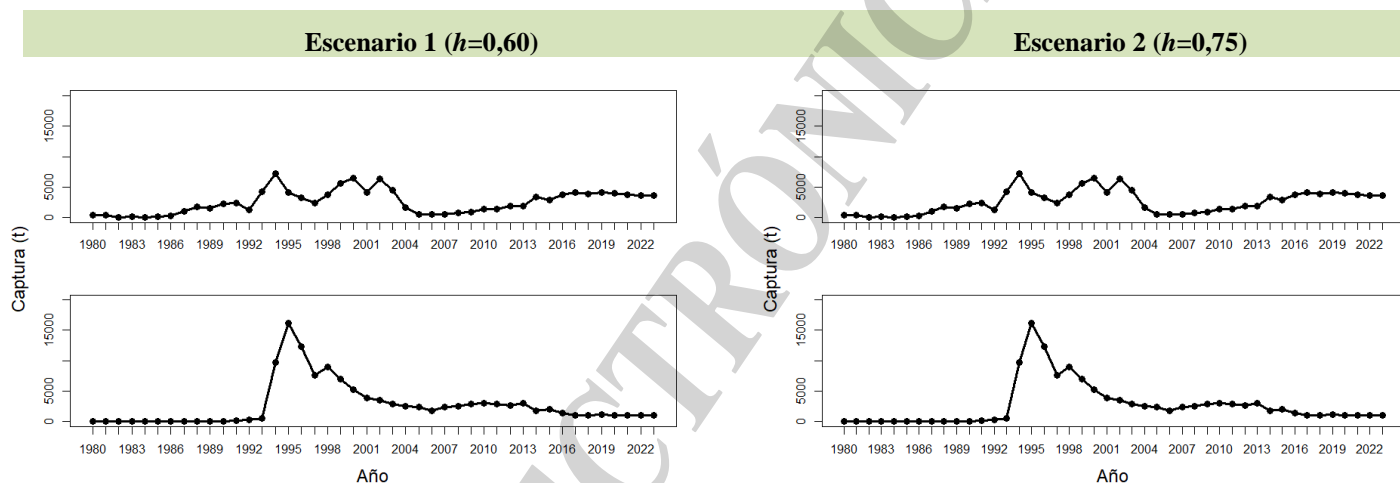


Figura 2. Ajuste de las estimaciones de captura del modelo (línea continua) a las capturas anuales nominales de merluza negra (puntos) en la flota arrastrera (superior) y palangrera (inferior) en el ASO (período 1980-2023) para cada escenario.

Ajuste del modelo a los índices de abundancia

El ajuste de los índices de abundancia estimados a los índices observados, para las distintas flotas y períodos considerados, fue aceptable en ambos escenarios de modelos de evaluación (Figura 3). En general, los índices estimados mostraron una tendencia declinante, en mayor o menor grado, incluso en el índice de arrastre y sus tendencias resultaron muy similares entre escenarios.

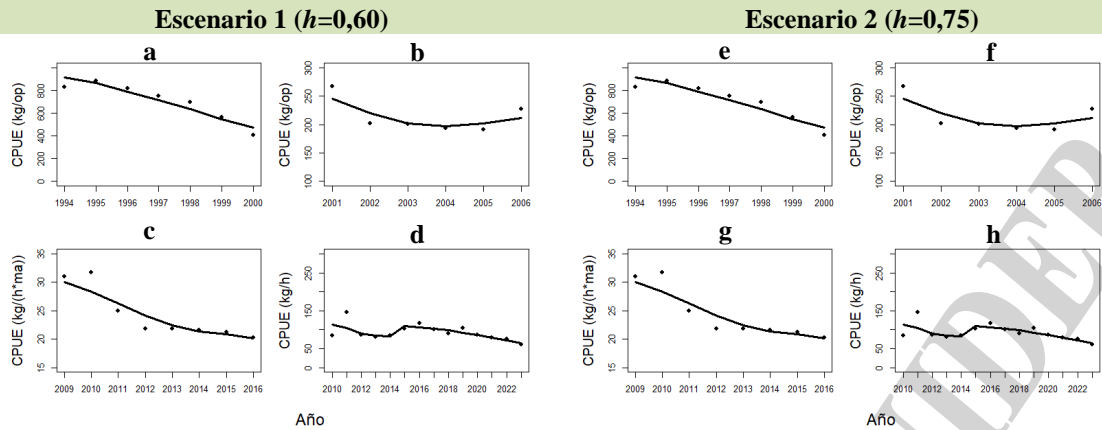


Figura 3. Ajuste de las estimaciones de captura del modelo (línea continua) a las capturas anuales nominales de merluza negra (puntos) en la flota arrastrera (superior) y palangrera (inferior) en el ASO (período 1980-2023) para cada escenario.

Ajuste del modelo a la composición por edad en la captura

Respecto de las proporciones por edad estimadas en la captura, los ajustes fueron aceptables en ambos tipos de flotas y muy similares entre los distintos escenarios. En la mayoría de los años, las proporciones estimadas (longitudes convertidas a edades) se ajustaron aceptablemente a las observadas, excepto en algunas edades y años para ambas flotas (Figura 4).

Cabe aclarar que se priorizó el ajuste de los índices de abundancia globales por sobre el de composiciones por edad, asumiendo que los datos de los primeros son representativos de los cambios en la abundancia del efectivo, tal como se recomienda en la literatura internacional (Francis 2011).

Ajuste de los patrones de selección

Las curvas de selección estimadas resultaron similares en todos los escenarios (Figura 5). Respecto de las curvas de selección estimadas para el arrastre, se observó una diferencia notoria entre las estimadas antes y después del año 2008. A partir de dicho año, las edades medias seleccionadas correspondieron a individuos mayores de edad 8 (adultos). Las curvas estimadas para el palangre presentaron una progresión de selección hacia individuos adultos. La tendencia, a través del tiempo, a capturar individuos de mayor edad, en ambos tipos de flotas, estaría directamente relacionada con el efecto que habrían tenido las diferentes medidas de administración establecidas. Entre ellas, la implementación del régimen de Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC) para los buques arrastreros que pescaban en forma dirigida hacia la especie, la prohibición de pescar a una profundidad menor a los 800 m en el Área de Protección de Juveniles de Merluza Negra (APJMN) y la prohibición de capturar más del 15% (hasta el 2019) y del 20% (valor actual) del número ejemplares juveniles, respecto del total capturado en un viaje de pesca.

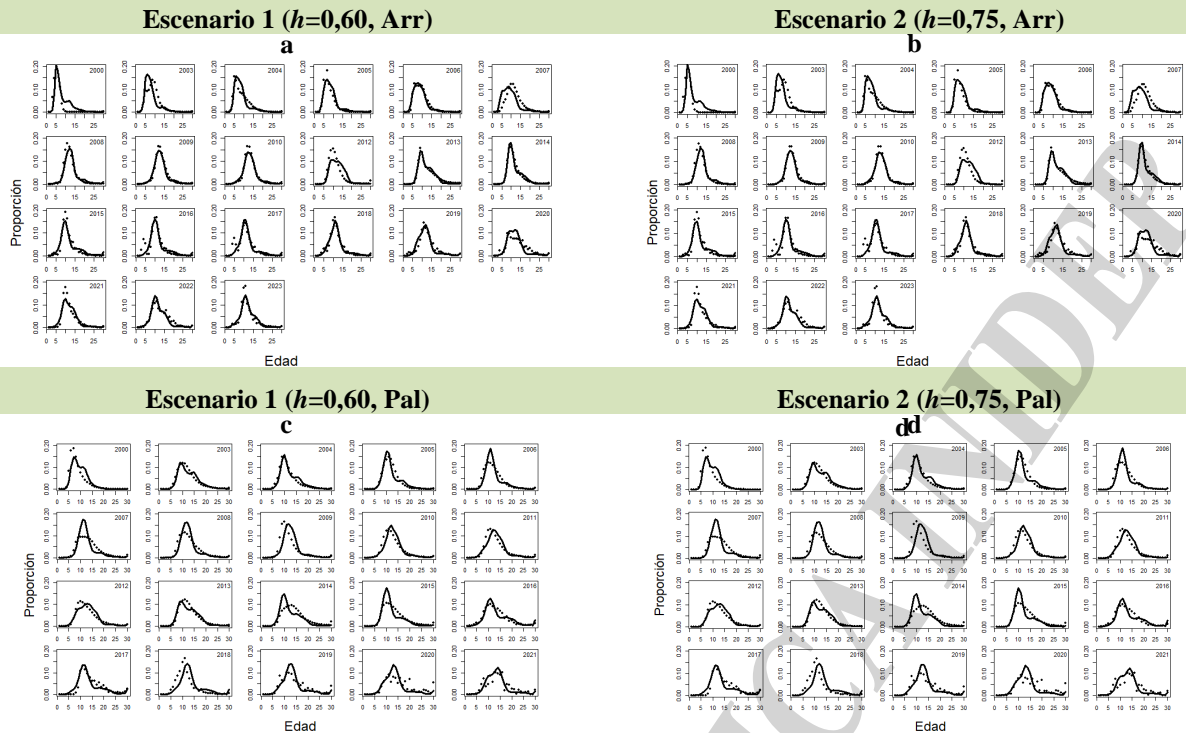


Figura 4. Ajuste de composiciones por edad en la captura de merluza negra estimadas por el modelo (línea continua) a las observadas a bordo de las flotas arrastrera (a, b) y palangrera (c, d) en los dos escenarios planteados, para la merluza negra del ASO.

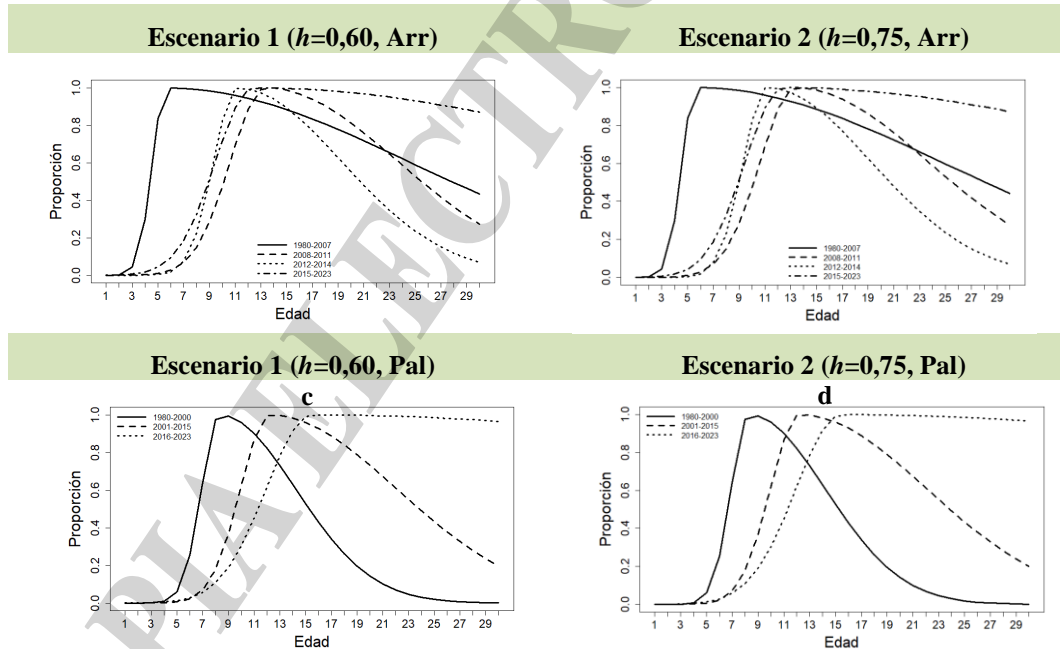


Figura 5. Patrones de selección (curvas de tipo doble-normal) por período de pesca, estimados por el modelo de evaluación para las flotas arrastrera (a, b) y palangrera (c, d) que operaron sobre merluza negra durante el período 1980-2023.

Estimaciones de abundancia y estado de explotación del efectivo

Las tendencias de las biomazas total (BT) y reproductiva (BR), durante el período de diagnóstico, fueron, en general, decrecientes y muy similares en ambos escenarios considerados (Figura 6, Tabla 5), siguiendo las tendencias de los índices de abundancia. Durante los primeros diez años, la biomasa se mantuvo estable. Luego, si bien ésta tuvo una recuperación transitoria durante los años 1992 a 1994, probablemente como resultado de reclutamientos exitosos ocurridos durante años previos (1987 a 1990), a partir del año 1994 disminuyó marcadamente como producto de las elevadas capturas ocurridas durante dicho período. Entre los años 1994 y 2003 la tendencia de biomasa fue fuertemente decreciente. A partir del año 2004, y hasta 2010, la tendencia fue de cierta estabilización, como consecuencia del establecimiento de medidas de manejo en su conjunto. Desde el año 2011, decreció, sobre todo hacia los últimos años del período considerado.

La biomasa reproductiva en el año 2023 (BR_{2023}) se estimó, en términos medios, en el 26 y 27% del nivel de biomasa reproductiva virgen (BR_v) para los escenarios 1 y 2, respectivamente. Es decir, se ubicó bien por encima del nivel del PBRL, pero por debajo de los niveles de los tres PBRO planteados (Figura 6, Tabla 6).

Cabe destacar que las estimaciones propias de la etapa de diagnóstico resultaron similares en ambos escenarios durante el período considerado. Es decir, el valor de h (0,60 o 0,75) asumido para la relación stock-recluta (S-R) tuvo pequeña influencia sobre los resultados arrojados en cada escenario en la etapa de diagnóstico, durante el período de explotación (1980-2023). Esto se debería a que el error que acompaña a la relación S-R se asumió con un cv de 0,6, de forma que los puntos estimados de reclutamiento y BR en dicha relación tuvieron suficiente libertad (amplitud de ajuste) para alejarse de la curva teórica de la relación S-R, independizándose en gran medida del valor de h asumido.

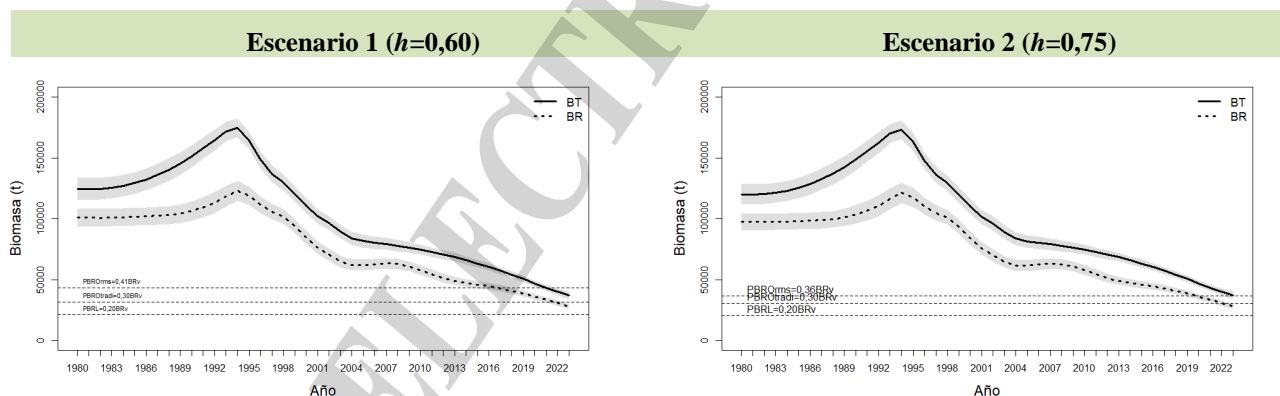


Figura 6. Evolución de las BT y BR anuales (t) estimadas por el modelo de evaluación durante el período de diagnóstico (1980-2023), para todos los escenarios, considerando un único efectivo de merluza negra en el ASO. Las rectas horizontales de guiones indican los niveles de los PBR Objetivo ($PBRO_{tradi}$ y $PBRO_{RMS}$) y Límite (PBRL). El área sombreada de color gris indica el intervalo de confianza de las biomazas.



Tabla 5. Estimaciones de parámetros y variables relevantes resultantes del modelo de evaluación de merluza negra correspondiente a ambos escenarios planteados. $N_{1,v}$: reclutamiento virginal; BR_v : biomasa reproductiva virginal; BT_{1980} : biomasa total inicial; BR_{1980} : biomasa reproductiva inicial; BT_{2023} : biomasa total del año 2023; BR_{2023} : biomasa reproductiva del año 2023; BR_{2023}/BR_v : proporción de BR_{2023} respecto de BR_v ; $PBRO_{RMS,h=0,60}$ y $PBRO_{RMS,h=0,75}$: Puntos Biológicos de Referencia Objetivos asociados al RMS para ambos valores de h ; $PBRO_{tradi}$: Punto Biológico de Referencia Objetivo tradicional; $PBRL$: Punto Biológico de Referencia Límite; $\bar{N}_{1,y}$: reclutamiento promedio anual; $farr_{2023}$ y $fpal_{2023}$: factores anuales de mortalidad por pesca de arrastre y de palangre, respectivamente, del año 2023.

Parámetro/ variable	Esc 1		Esc 2	
	Media	DE	Media	DE
$N_{1,v}$ (miles)	3.894	138	3.763	128
BR_v (t)	105.659	3.739	102.104	3.464
BT_{1980} (t)	124.371	4.580	120.024	4.228
BR_{1980} (t)	100.827	3.739	97.278	3.451
BT_{2023} (t)	36.969	1.641	37.264	1.679
BR_{2023} (t)	27.774	1.053	27.814	1.058
BR_{2023}/BR_v	0,263	-	0,272	-
$PBRO_{RMS,h=0,60} = 0,41BR_v$ (t)	43.321	-	-	-
$PBRO_{RMS,h=0,75} = 0,36BR_v$ (t)	-	-	36.756	-
$PBRO_{tradi} = 0,30BR_v$ (t)	31.698	-	30.630	-
$PBRL = 0,20BR_v$ (t)	21.132	-	20.420	-
$\bar{N}_{1,y}$ (miles)	4.291	2.692	4.322	2.694
$farr_{2023}$	0,1433	-	0,1429	-
$fpal_{2023}$	0,0550	-	0,0548	-

Sobre la base de los datos disponibles y de las estimaciones de abundancia del efectivo de merluza negra del ASO, se podría inferir que dicho recurso se encontraría en una situación de sobrexplotación, por debajo de todos los objetivos de explotación (PBRO) planteados, con una tendencia de BR decreciente durante los últimos años y sin señales de recuperación de la misma, para ambos escenarios planteados. Por otro lado, el recurso se encontró por encima del límite de seguridad biológica (PBRL), sin presentar riesgo de sobrepesca de reclutamiento o colapso.

La serie histórica de reclutamientos anuales estimados resultó muy similar en ambos escenarios (Figura 7). Durante los años 1987 a 1990, se observó un aumento de los reclutamientos (edad 1) estimados por el modelo, cuando alcanzaron el máximo histórico. Posteriormente, entre los años 1991 y 2000, disminuyeron y se mantuvieron, con algunas oscilaciones, alrededor de niveles similares a aquellos del inicio del período. A partir del año 2001, se observaron reclutamientos medios aún menores, con oscilaciones, representando unos de los más bajos del período en 2002, 2003 y 2015 a 2019, aunque estos últimos con intervalos de confianza más amplios. Durante los últimos cuatro años del período de explotación (2020-2023), los reclutamientos medios estimados mostraron un pequeño aumento. Sin embargo, en estos últimos años, los intervalos de confianza fueron más amplios que los anteriores, probablemente, debido al efecto del proceso de estimar

parámetros a partir de la información disponible en años previos, pero sin información en los años posteriores.

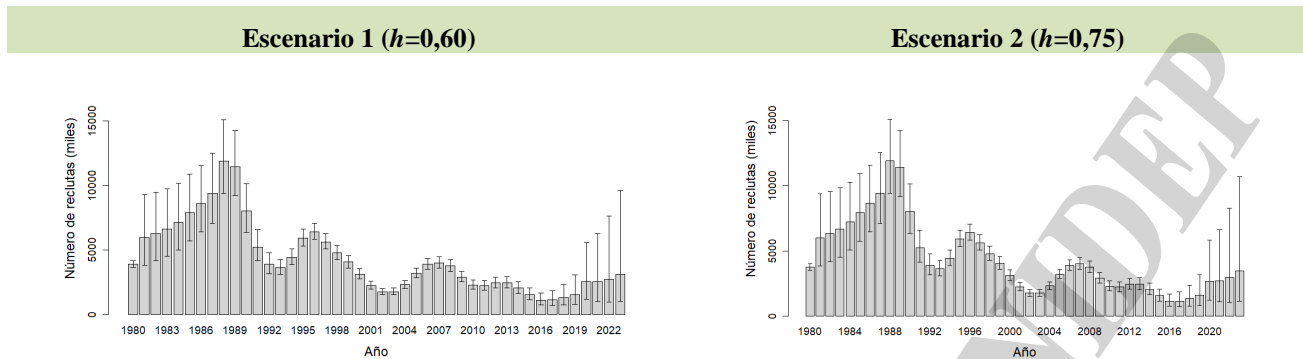


Figura 7. Evolución de los reclutamientos anuales (en miles de individuos) de merluza negra estimados por el modelo de evaluación, para cada escenario, durante el período de diagnóstico (1980-2023).

Cabe aclarar que los reclutamientos estimados por el modelo podrían tener cierto grado de sesgo debido a la falta de información independiente de la pesca de la fracción juvenil de la población, producto de la restricción de la captura a profundidades de pesca mayores a 800 m, donde es poco probable que se capturen individuos juveniles. Debe tenerse en cuenta que los mismos se distribuyen principalmente a profundidades menores a los 600 m, mientras que los adultos pueden capturarse hasta los 2.500 m de profundidad (Cassia y Perrotta 1998). Si bien esta circunstancia ya ha sido objeto de discusión en el pasado y, en función de ello, se diseñaron y realizaron, en los últimos años, campañas de investigación con buques comerciales con la finalidad de construir un índice independiente que refleje la abundancia de juveniles de merluza negra, por el momento, la información disponible se considera limitada y su tratamiento se encuentra sujeto a análisis. Al no incluir dicha información en el modelo, los valores de los reclutamientos se estimaron en función de la combinación de los efectos entre las capturas totales anuales, los índices de abundancia y las composiciones por edad en dichas capturas.

Relación stock-recluta (S-R)

Prácticamente, no se observaron diferencias en la relación S-R entre ambos escenarios (Figura 8). Desde el comienzo de la explotación, en 1980, hasta el año 1996 se observó una estabilidad de la BR con los reclutamientos estimados más elevados del período entre los años 1987 y 1990. A partir del año 1997, los reclutamientos sufrieron una fuerte disminución, probablemente debido al fuerte aumento de la magnitud de las capturas en años previos, que habría afectado negativamente a la BR en dichos años afectando al éxito del reclutamiento de los años subsiguientes. Entre los años 2004 y 2008, la BR se mantuvo estable, para después volver a una tendencia declinante, afectando a los reclutamientos subsiguientes incluso a los de los últimos años, los cuales se ubicaron por debajo de la curva teórica de la relación S-R, excepto el último, correspondiente al año 2022 que se posicionó inmediatamente por sobre la curva.

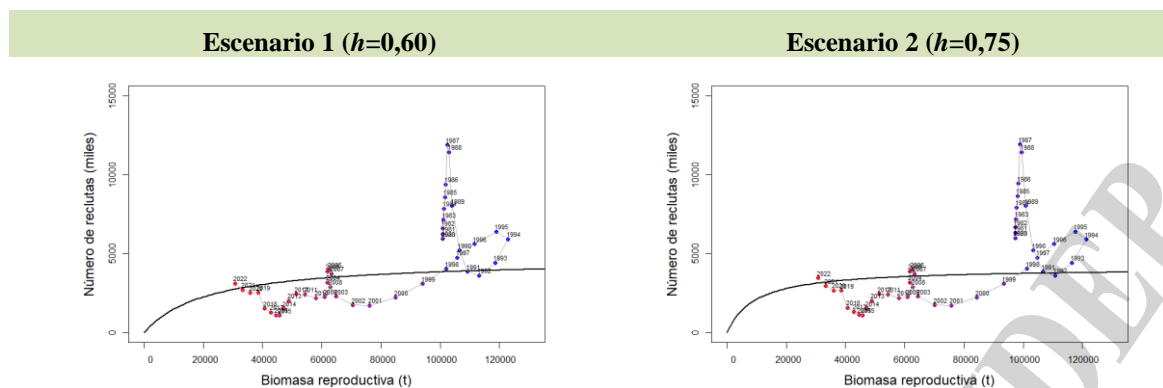


Figura 8. Trayectoria de la relación stock-recluta histórica estimada para el período de explotación para ambos escenarios. El año indicado refiere al año de la biomasa reproductiva que generó el reclutamiento al año siguiente. Los puntos más azulados corresponden a los más antiguos y los más rojizos a los más nuevos.

Evaluación del estado de explotación (potencial pesquero)

Las Capturas Biológicamente Aceptables para el efectivo de merluza negra del ASO en el año 2025 (CBA_{2025}), asociadas a cada PBR planteado resultaron, en general, más bajas en el PBRO asociado al RMS correspondiente al Escenario 1 ($h=0,60$) que en el correspondiente al Escenario 2 ($h=0,75$, Tabla 6, Figura 9). Esto era esperable dado que en el primero se asumió una menor resiliencia del recurso al fijar el parámetro h en un valor más bajo, resultando en reclutamientos sorteados más elevados en términos medios, en la etapa de proyección. Por lo tanto, la CBA_{2025} correspondiente al Escenario 1 resultó de carácter más precautorio (con mayor restricción de captura, pero menores riesgos biológicos) que aquella correspondiente al Escenario 2.

Tabla 6. Capturas Biológicamente Aceptables para el año 2025 (CBA_{2025}) y mortalidades por pesca de referencia de las flotas arrastrera (f_{arr}) y palangrera (f_{pal}) en función de los Puntos Biológicos de Referencia Objetivos (PBRO) y Límite (PBRL) evaluados en el largo plazo (a 30 años) para los dos escenarios. Se resalta, en color marrón, las CBA_{2025} asociadas a cada PBRO del RMS utilizado para recomendar.

Escenario 1 ($h=0,60$)				
PBR	f_{arr}	f_{pal}	CBA_{2025} (t)	Riesgo (%)
PBRO _{RMS, $h=0,60$} : $P(BR_y < 0,41 BR_v)$	0,072	0,028	2.202	50
PBRO _{tradi} : $P(BR_y < 0,30 BR_v)$	0,079	0,030	2.405	10
PBRL: $P(BR_y < 0,20 BR_v)$	0,120	0,046	3.588	10
Escenario 2 ($h=0,75$)				
PBR	f_{arr}	f_{pal}	CBA_{2025} (t)	Riesgo (%)
PBRO _{RMS, $h=0,75$} : $P(BR_y < 0,36 BR_v)$	0,110	0,042	3.327	50
PBRO _{tradi} : $P(BR_y < 0,30 BR_v)$	0,102	0,039	3.107	10
PBRL: $P(BR_y < 0,20 BR_v)$	0,159	0,061	4.648	10

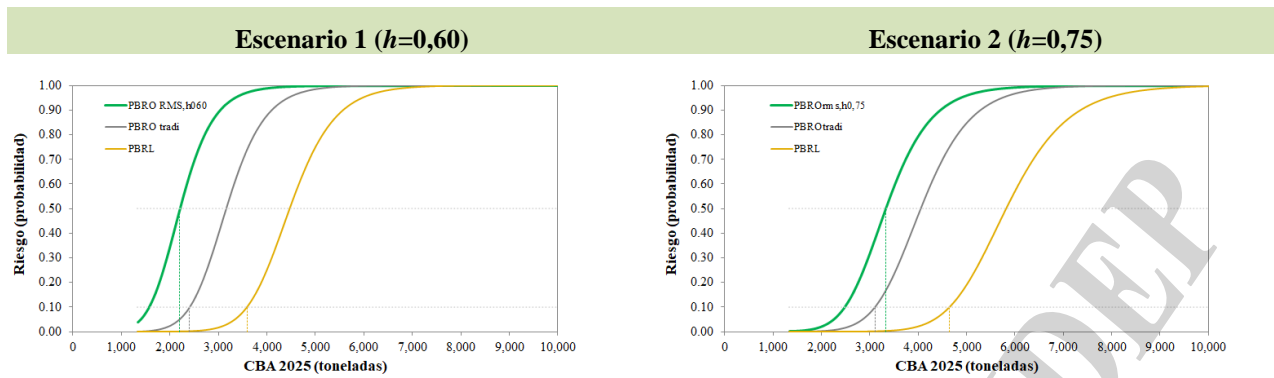


Figura 9. Curvas resultantes del análisis de riesgo en función de la CBA para el año 2025 para ambos escenarios planteados. La curva continua gris oscura y naranja indica el riesgo de no alcanzar el PBRO tradicional y el PBRL, respectivamente. La curva verde indica el riesgo de no alcanzar el PBRO asociado al RMS para cada escenario. Las líneas punteadas verticales indican el valor de CBA que permite alcanzar cada PBR con riesgos asociados del 10 o 50% según corresponda. Las líneas grises punteadas horizontales indican niveles de riesgo del 10 y 50%.

Respecto de la evolución de la biomasa reproductiva proyectada en el largo plazo (a 30 años: 2054), se observó que, si se aplicara un nivel de mortalidad por pesca que permitiera alcanzar el PBRO asociado al RMS (43.320 y 36.757 t para escenarios 1 y 2, respectivamente) en el largo plazo, con un 50% de probabilidad de riesgo (regla 50-50), el valor medio de la BR alcanzaría, en el año 2054, unas 44.264 y 37.117 t en los Escenarios 1 y 2, respectivamente (Figura 10). Es decir, la BR media aumentaría un 59 y 34% para los Escenarios 1 y 2, respectivamente, respecto de aquellas estimadas en el último año del período de diagnóstico con captura conocida (2023).

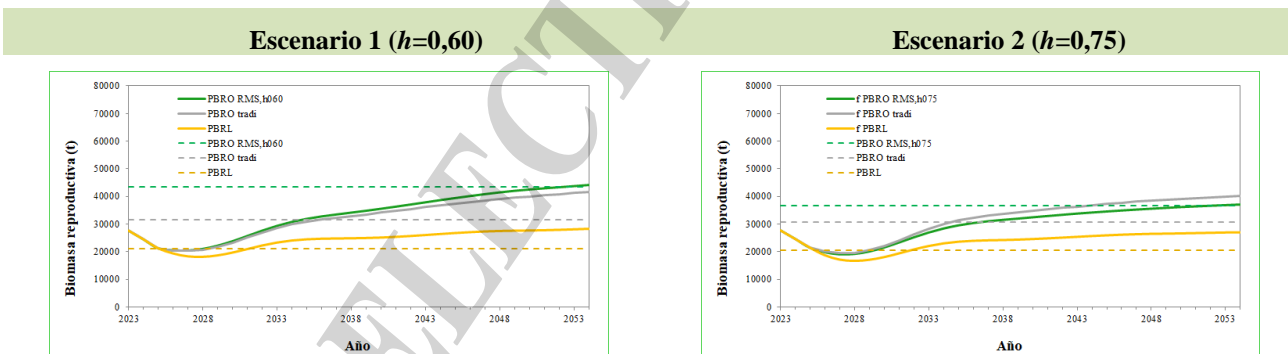


Figura 10. Evolución de la BR proyectada en el largo plazo al aplicar la mortalidad por pesca de referencia asociadas a cada PBR para ambos escenarios. Las líneas horizontales rectas indican el nivel de cada PBR. Las líneas curvas indican la trayectoria de la BR para cada nivel de mortalidad por pesca (f) aplicado.

Tanto en el diagnóstico como en las proyecciones, los reclutamientos se consideraron con una función de reclutamiento de Beverton y Holt acompañada por un error estimado en el diagnóstico y simulado en las proyecciones, relajando, de esta forma, el supuesto de dependencia entre la BR y el reclutamiento. Como se dijo anteriormente, al no incluirse información independiente de la pesca sobre la fracción de juveniles, las estimaciones del reclutamiento están condicionadas a la información que aportan los índices de abundancia y de la estructura de edades provenientes de las capturas comerciales, los cuales representan, mayoritariamente, a la fracción adulta de la población.

Por lo tanto, dada la escasa información disponible sobre los reclutas en las composiciones por edad provenientes de la pesca, existe incertidumbre asociada a los valores de reclutamiento estimados por el modelo y en las proyecciones de abundancia futuras.

La BR del último año del período de diagnóstico (BR_{2023}) se encontró por debajo del nivel del PBRO asociado al RMS, en ambos escenarios. En este punto, cabe tener presente que, además de las dificultades e incertidumbres mencionadas en las estimaciones del reclutamiento y en las series de CPUE estandarizada consideradas como índices representativos de la abundancia, procedentes de la flota palangrera y arrastrera, existen externalidades, recientemente analizadas, capaces de afectar seriamente la salud del recurso. En tal sentido, se ha sugerido a las Autoridades Nacionales mantener las medidas de manejo relacionadas con la protección de la fracción adulta de la población, resultantes en el establecimiento del período de veda, de julio a septiembre, para la pesca de la especie en el APJMN (Martínez et al. 2019a, Resolución CFP N°12/2019).

Tal como se mencionó anteriormente, el PBRO tradicional (30% de la BR_v) ha sido ampliamente utilizado en otros recursos demersales en la bibliografía tanto nacional como internacional, pero, dicho criterio, adoptado en su momento por convención y recomendaciones de expertos, se reemplazó, en este informe, por un PBRO definido en función del RMS y adecuado a las características biológico-pesqueras propias de la especie, establecido con valores de BR del 41 y 36% para los escenarios 1 y 2, respectivamente, empleando una regla 50-50 para ser evaluados (riesgo del 50%), a fin de permitir el mantenimiento de la abundancia de reproductores cercana a niveles de mayor seguridad biológica y el alcance de niveles objetivos con rendimientos óptimos sostenibles. Dicho cambio, implicaría una variación de la CBA respecto de evaluaciones anteriores tal como lo demuestran los análisis llevados a cabo en este informe con los PBR objetivos asociados al RMS para cada escenario de evaluación planteado ($PBRO_{RMS,h=0,60}$ en el Escenario 1 y $PBRO_{RMS,h=0,75}$ en el Escenario 2).

Evolución del estado del recurso (diagrama de Kobe)

La evolución del estado del recurso en el tiempo mostró, respecto de la biomasa reproductiva, un descenso progresivo respecto de aquella en el nivel objetivo (BR_v/BR_{obj}) en ambos escenarios, y pasó de un estado inicial (año 1980) de subexplotación a un estado final (año 2023) de sobreexplotación (Figura 11). Respecto de la mortalidad por pesca relativa (de referencia), mostró un estado de subpesca inicial y un estado de sobrepesca final, con períodos alternados de estados de sub y sobrepesca (F_v/F_{obj}).

El principal motivo del descenso del nivel de la BR habría sido el exceso de la F aplicada durante los períodos 1994-2003 y 2012-2023. La F fue de mayor intensidad en el escenario 1 dado que este asumió una menor resiliencia que en el escenario 2 y, por ende, menor capacidad del recurso de sobreponerse a los efectos de la sobrepesca. En el año 2023, el recurso se encontraría en un estado de sobrepesca, es decir, sujeto a una mortalidad por pesca superior a la F_{obj} en ambos escenarios, aunque en el Escenario 1 habría excedido, aproximadamente, un 98% dicho nivel mientras que en el 2 el exceso fue menor, en aproximadamente un 30% dicho nivel.

Es importante aclarar que al comparar el estado actual de explotación (año 2023) determinado en el presente informe con aquel determinado en la evaluación previa (año 2022) podría interpretarse que el estado de sobreexplotación del recurso ha empeorado significativamente. Esta interpretación no sería del todo correcta si se tiene en cuenta que el nivel de referencia objetivo a partir del cual se define el estado de sobreexplotación (PBRO) se redefinió a niveles más elevados en el presente informe (PBRO asociados al *proxy* del RMS del 36 y 41% de la BR_v) y, por ende, más exigentes respecto de utilizado en evaluaciones previas (PBRO tradicional del 30% de la BR_v). De todas

formas, el nivel de sobreexplotación de los últimos años ha empeorado progresivamente respecto de los años previos basándose, exclusivamente, en el diagnóstico de la evaluación actual, independientemente del cambio en el PBRO respecto de la evaluación previa.

Respecto de la proyección del estado del recurso a futuro, en el largo plazo (año 2054), suponiendo capturas asociadas a un nivel de F_{obj} , se observó que, en ambos escenarios, conduciría, a ubicar a la BR, estrictamente, en el nivel objetivo, es decir, con un 50% de probabilidad de ubicarse tanto por encima como por debajo del PBRO asociado al RMS en cada escenario (PBRO asociado al RMS, del 41 y 36% de la BR_v en Escenarios 1 y 2, respectivamente), tendiente a ubicarse en un estado de explotación económicamente óptimo y biológicamente seguro, en el nivel de F_{obj} . Sin embargo, en el escenario 2, dicha recuperación se alcanzaría más fácilmente al ser menor el nivel del PBRO, es decir, al suponer una mayor resiliencia y productividad ($h=0,75$) que en el escenario 1 ($h=0,60$).

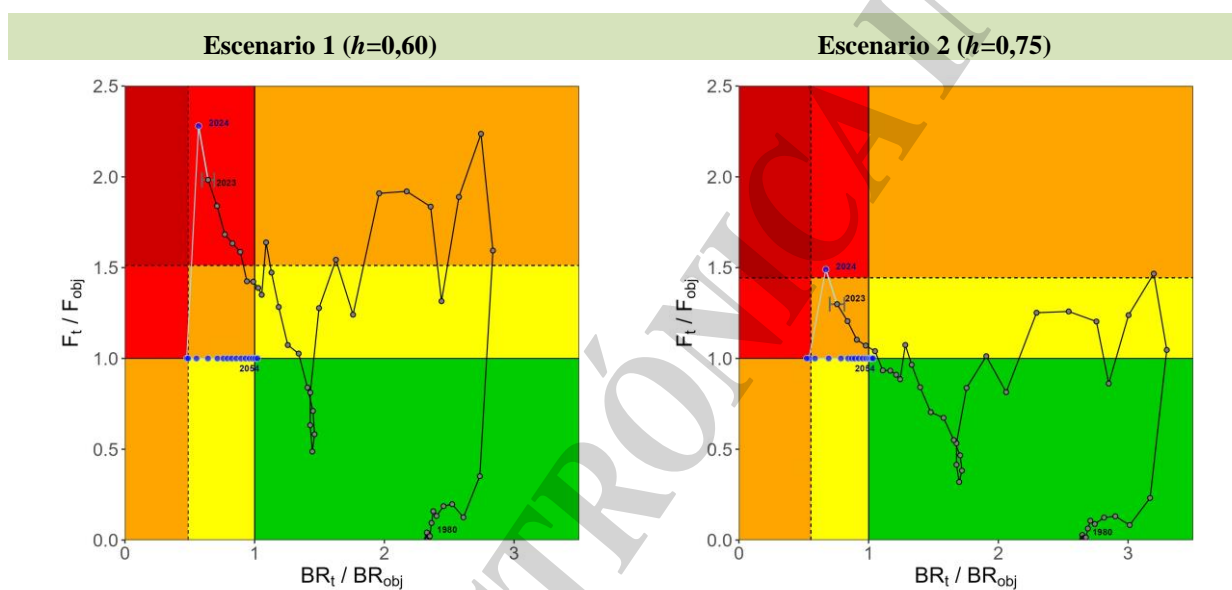


Figura 11. Diagrama de fases (Kobe). Se muestra la trayectoria de los niveles anuales de biomasa reproductiva (BR_t) y de mortalidad por pesca de referencia aplicado (F_t) durante el período de diagnóstico (1980-2023, trayectoria negra y puntos grises oscuros) y de proyección a futuro (2024-2054, trayectoria celeste y puntos azulados). Las líneas rectas continuas corresponden a los niveles objetivos de la biomasa reproductiva (BR_{obj}) y de la mortalidad por pesca (F_{obj}). Las líneas rectas guionadas corresponden a los niveles límites de la biomasa reproductiva y de la mortalidad por pesca. Las áreas de color representan los distintos estados de explotación respecto de la BR y de pesca respecto de la F: subexplotado y subpescado (verde), subexplotado y sobrepescado (amarillo horizontal derecho), plenamente explotado y subpescado (amarillo vertical izquierdo), subexplotado y sobrepescado (naranja superior derecho), sobrepescado por debajo del PBRL pero subpescado (naranja inferior izquierdo), levemente sobreexplotado y sobrepescado (naranja central), moderadamente sobrepescado y sobreexplotado (rojo) e intensamente sobrepescado y sobreexplotado (bordo).

Conclusiones

El modelo de evaluación, en todos los escenarios, presentó un buen ajuste a todos los índices de abundancia globales y, de igual forma, a las composiciones de longitudes convertidas a edades en las capturas.



Las tendencias de las BT y BR fueron, durante el período considerado, en general, decreciente en todos los escenarios considerados, influidas por los índices de abundancia. Particularmente, durante los últimos años, el modelo mostró una disminución de la abundancia relativamente acentuada hacia el último decenio (2010-2023), asociado a la tendencia de disminución del índice proveniente de la flota arrastrera en dicho período. Los reclutamientos estimados por el modelo podrían contener cierto sesgo debido a la falta de información independiente de la pesca sobre la fracción juvenil de la población, producto de la restricción de la captura a profundidades de pesca mayores a 800 m, donde es poco probable que se capturen individuos juveniles.

Sobre la base de los datos disponibles, el modelo estimó una BR en el año 2023 que representó alrededor de un 26 y 27% de aquella estimada en el estado virgen para los escenarios 1 y 2, respectivamente, ubicándose, en términos medios, por debajo del nivel del PBRO asociado al RMS, sin cumplir con el objetivo de superarlo con una probabilidad del 50%, definiendo un estado de sobreexplotación del recurso, si bien se ubicó por sobre el PBRL y, por lo tanto, aun en estado biológicamente seguro.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se presentan las CBA_{2025} estimadas para los distintos escenarios y PBR planteados, destacándose en importancia (sombreado de color marrón) las magnitudes asociadas a los PBRO asociados al *proxy* del RMS empleados para la recomendación, del 41 y 36% de la BR_v para los escenarios 1 y 2, respectivamente:

CBA_{2025}	PBRL 0,20 BR_v	PBRO 0,30 BR_v	PBRO _{RMS,h=0,60} 0,41 BR_v	PBRO _{RMS,h=0,75} 0,36 BR_v
Esc \ Riesgo	0,10	0,10	0,50	0,50
1 ($h=0,60$)	3.588	2.405	2.202	-
2 ($h=0,75$)	4.648	3.107	-	3.327

Las CBA_{2025} asociadas a los PBR planteados resultaron más bajas (más precautorias) en el escenario 1 que consideró un menor valor del parámetro h y, por lo tanto, asumió una menor resiliencia y productividad del recurso. En ambos escenarios, las CBA_{2025} asociadas a los PBRO definidos en función del RMS (41 y 36% de la BR_v con 50% de riesgo) resultaron relativamente cercanas, con unas 200 t de diferencia aproximadamente, a las asociadas al PBRO tradicional utilizado (30% de la BR_v con 10% de riesgo), si bien dicha diferencia fue por más y por menos en uno y otro escenario.

Es importante resaltar que las CBA_{2025} fueron estimadas a partir de una relación stock-recluta teórica estimada en el modelo, que tiende a sobrestimar los reclutamientos en la etapa más reciente de la explotación, los que habrían resultado, en promedio, los más bajos del período. Debido a esto, al proyectar teniendo en cuenta dicha relación teórica, podría ocurrir que los reclutamientos y la BR proyectados resulten sobreestimados y, por lo tanto, las CBA_{2025} asociadas a los PBR también reflejarían dicha condición.

En función de los valores obtenidos de CBA_{2025} para los distintos escenarios y PBR planteados, se recomienda que la Captura Máxima Permisible (CMP) de la merluza negra, para el año 2025 en el total del ASO, no supere las 2.202 t considerando el Escenario 1 con un valor de h de 0,60 o no supere las 3.327 t considerando el Escenario 2 con un valor de h de 0,75. Dicha recomendación se realizó reconociendo la existencia de cierto grado de incertidumbre asociada a la estimación del índice de abundancia de la flota arrastrera y de los reclutamientos estimados. Además, se observó una tendencia decreciente de la abundancia estimada durante los últimos años, sin señales de reversión de dicha tendencia.



Es importante resaltar que lo sugerido se define en función de la consideración de un único efectivo en el ASO que comprende la totalidad de las capturas obtenidas de merluza negra en el área, tanto por la flota argentina como por aquella extranjera que opera ilegalmente alrededor de las Islas Malvinas. Ese es el esquema aplicado a las evaluaciones hasta tanto no se resuelva, definitivamente, la segregación de los distintos stocks presentes en el ASO. Debe tenerse en cuenta que, de esta forma, las capturas totales llevadas a cabo por las distintas flotas que operan en el área, excederían la capacidad de producción anual del recurso en el ASO, y las F resultarían excesivas para lograr mantener la biomasa en el PBRO asociado al RMS en cada escenario de evaluación.

Tal como se indicó en evaluaciones anteriores, resulta importante reiterar que la actual estrategia de explotación, basada mayoritariamente en el accionar de la flota arrastrera en un área muy pequeña respecto de la totalidad de la distribución de la especie, podría no resultar favorable en el mediano-largo plazo. La casi inexistente operación de buques palangreros condicionó que la captura esté limitada a las áreas apropiadas sólo para el arrastre, dejando aquellas que históricamente eran visitadas por los buques con ese tipo de arte de pesca, como las ubicadas en el talud entre los 34° y los 47° S. Por otra parte, la creación de las Áreas Marinas Protegidas Namuncurá-Banco Burdwood y Yaganes, también ha limitado significativamente el área que constituía el principal caladero de los buques palangreros en el sector austral de la plataforma y talud del Mar Argentino. Continuar con una explotación restringida casi exclusivamente a los tres cuadrángulos que componen el APJMN, la cual, produjo más del 90% de la captura total durante los últimos años, podría llevar a sesgos en el índice de abundancia y, por ende, en la estimación del tamaño poblacional, producto de la extracción pesquera en un área reducida y de la movilidad promedio limitada de la especie, que puede producir fenómenos transitorios de agotamiento local. Ante esto, cobra vital importancia para la pesquería, habilitar la pesca en ciertos sectores de las Áreas Marinas Protegidas, para lo cual resulta necesaria, además de la elaboración y puesta en práctica de los planes de manejo pesquero correspondientes, la incorporación de buques palangreros que puedan operar en aquellas zonas. La falta de buques con palangre, únicos con la capacidad de realizar operaciones de pesca en fondos cuya naturaleza no es propicia para el arrastre, atenta sobre los actuales caladeros habilitados de la especie, dado que produce una concentración del esfuerzo de buques arrastreros en áreas muy limitadas cuyo efecto deberá ser evaluado en el corto plazo.

Respecto de la administración de la pesquería, se aconseja continuar con las medidas de manejo oportunamente establecidas, manteniendo el esquema que recientemente incorporó medidas tendientes a la protección de la fracción adulta de la población en el momento de la reproducción.

Bibliografía

- Beddington JR, Cooke JR. 1983. The potential yield of previously unexploited stocks. FAO Fish.Tech.Pap.242:47 p
- Belchier M. 2004. The age structure and growth rate of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) at South Georgia. CCAMLR WG-FSA 04/86.
- Bertalanffy L Von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213.
- Beverton, RJH, Holt SJ. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agric. Fish. Food, Fish. Invest., (Ser. 2) 19: 533 p.
- Brandão A, Butterworth DS. 2005. A two-fleet ASPM assessment of the toothfish (*Dissostichus eleginoides*) resource in the Prince Edward Islands vicinity. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources Document: WG-FSA-05/58.



- Brandão A, Butterworth DS. 2009. A proposed management procedure for the toothfish (*Dissostichus eleginoides*) resource in the Prince Edward Islands vicinity. *CCAMLR Science*, 16: 33–69.
- Butterworth DS, Punt AE. 1992. A review of some aspects of the assessment of western North Atlantic bluefin tuna. *Collve Vol. scient. Pap. int. Commn Conserv. Atl.*
- Cassia MC, Perrotta RG. 1996. Distribución, estructura de tallas, alimentación y pesca de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides* Smith, 1898) en un sector del Atlántico Sudoccidental. INIDEP, Inf.Téc. N°17/1996 :24 pp.
- Clark W, Dorn M, Dunn M, Fernández C, Haddon M, Klaer N, Sissenwine M, Zhou S. 2014 Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales. Convenio II: “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2014”. Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Informe Final. IFOP, Noviembre de 2014. 51 p + Anexos.
- Collins M, Brickle P, Brown J, Mark B. 2010. The Patagonian Toothfish: Biology, Ecology and Fishery. *Ecology and Fishery*, 59, 227-300.
- Deriso RB, Quinn TJ, Neal PR. 1985. Catch age analysis with auxiliary information. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 42(4): 815-824.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA. 2017a. Índice de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivado de la información de observadores a bordo de la flota comercial palangrera/cachalotera argentina. Período 2009-2015. Informe de Investigación DNI-INIDEP N° 27/2017. 14 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA. 2017b. Estandarización de las tasas de captura de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) observadas a bordo de la flota arrastrera argentina. Período 2010-2016. Informe de Investigación DNI-INIDEP N° 120/2017, 13 pp.
- Di Marco EJ, Martinez PA, Wöhler OC. 2017c. Abundancia y Estado de Explotación de la Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable Año 2018. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 40/2017. 30 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA. 2018a. Índice de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*): estandarización de la CPUE de la flota palangrera/cachalotera argentina que operó durante el período 2009-2016. Informe de Investigación DNI- INIDEP N° 44/2018. 13 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA, Wöhler OC. 2018b. Evaluación de la abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable año 2019. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 46/2018. 33 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA. 2019a. Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivada de la flota arrastrera argentina mediante la aplicación de un modelo lineal mixto. Período 2010-2017. Informe de Investigación DNI-INIDEP N° 65/19.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA. 2019b. Estandarización de las tasas de captura de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) accesible a la flota arrastrera argentina que operó durante el período 2010-2018. Informe de Investigación N°90/2019.



- Di Marco EJ, Martinez PA, Wöhler OC, Troccoli G. 2019c. Evaluación de abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental durante el período 1980-2018. Captura Biológicamente Aceptable para el año 2020. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 043/2019. 33 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA, Wöhler, OC. 2020a. CPUE estandarizada de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivada de la flota arrastrera argentina. Período 2010-2019. Informe de Investigación N°81/2020. 19 pp.
- Di Marco EJ, Martinez PA, Wöhler OC, Troccoli G. 2020b. Evaluación de la abundancia y del estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental (período 1980-2019): recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2021. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 036/2019. 33 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA, Wöhler, OC. 2021a. Estandarización de la CPUE de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) proveniente de la flota arrastrera comercial argentina. Período 2010-2020. Informe de Investigación N°040/2021. 21 pp.
- Di Marco EJ, Wöhler OC, Martinez PA, Troccoli G. 2021b. Evaluación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental (período 1980-2020). Captura Biológicamente Aceptable. Año 2022. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 042/2021, 38 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Wöhler, OC, Martinez PA. 2022a. CPUE estandarizada de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) proveniente de la flota arrastrera argentina durante el período 2010-2021. Informe de Investigación N°091/2022. 26 pp.
- Di Marco EJ, Wöhler OC, Martinez PA, Troccoli G. 2022b. Evaluación de la abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental (período 1980-2021). Captura Biológicamente Aceptable para el año 2023. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 058/2022, 40 pp.
- Di Marco EJ, Troccoli GH, Wöhler OC, Martínez PA. 2023a. Estandarización de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) proveniente de la flota arrastrera argentina austral que operó durante el período 2010-2022. Inf. Invest. INIDEP N° 137/2023, 22 pp.
- Di Marco EJ, Wöhler OC, Troccoli GH, Martínez PA. 2023b. Evaluación de la abundancia y estado de explotación de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental durante el período 1980-2023. Captura Biológicamente Aceptable para el año 2024. Informe Técnico Oficial N°035/2023. 40 p.
- Di Marco EJ, Troccoli GH, Wöhler OC, Martínez PA. 2024a en revisión. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) estandarizada de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) proveniente de la flota arrastrera argentina austral. Período 2010-2023. Inf. Invest. INIDEP en revisión. 23 p.
- Di Marco EJ, Troccoli G, Martinez PA, Wöhler, OC. 2024b en revisión. Aproximación al Rendimiento Máximo Sostenible de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe de Investigación DNI- INIDEP en revisión.
- Efron B. 1981. Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68(3): 589-599.
- FIG (Falkland Islands Government). 2023. Fisheries Department Fisheries Statistics, Volume 28, 2023: 98 pp. Stanley, FIG Fisheries Department.



- Francis RICC. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zealand. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(5): 922-930.
- Francis RICC. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 68 (2011), pp. 1124-1138.
- Francis RICC. 2016. Revisiting data weighting in fisheries stock assessment models. *Fisheries Research*. DOI: 10.1016/j.fishres.2016.06.006.
- Gorini F, Lukaszewicz G. 2024. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (período 2011-2023). *Inf. Téc. INIDEP N° 025/2024*. 64 p.
- Hilborn R. 1990. Estimating the parameters of full age-structured models from catch and abundance data. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Commn* 50: 207-213.
- Horn PL. 2002. Age and Growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) in waters from the New Zeland Subantartic to the Ross Sea, Antarctica. *Fisheries Reserch*, 56, 275-287.
- Martinez PA., Hernandez D, Wöhler OC. 2011. Análisis de los índices de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivados de la información de los observadores y de la estadística oficial. Informe Investigación INIDEP N° 00/11: 14 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2005. La pesquería argentina de merluza negra durante el año 2004. Informe Interno INIDEP N 01/05. 18 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2006. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero durante el período 1986-2005 de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe Interno INIDEP N° 30/06. 30 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2007. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Periodo 1986-2006. Informe Interno INIDEP N° 42/07. 33 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2008. Estimación de la abundancia de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental y recomendaciones de capturas biológicamente aceptables. Periodo 1986-2007. Informe Interno INIDEP N° 60/08. 33 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2010 a. La pesquería de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Año 2009. Informe Interno INIDEP N° 03/10. 10 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2010 b. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Periodo 1986-2009. Informe Interno INIDEP N° 19/10. 34 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2011. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Periodo 1986-2010. Informe Interno INIDEP N° 32/11. 27 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2011. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Periodo 1986-2010. Informe Interno INIDEP N° 32/11. 27 pp.
- Martinez PA, Wöhler OC. 2012. Estimación de la Abundancia y Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable de Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) para el Año 2013 Informe Interno INIDEP N° 32/12. 25 pp.



- Martínez PA, Wöhler OC. 2013. Estimación de la Abundancia y Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable de Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) para el Año 2014 Informe Interno INIDEP N° 31/13. 27 pp.
- Martínez PA, Di Marco EJ, Wöhler OC, Troccoli G. 2016. Diagnóstico del Estado de Explotación de la Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico sudoccidental. Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable año 2017. Informe Técnico Oficial-INIDEP N° 53/2016. 25 pp.
- Martínez PA, Wöhler, O, Troccoli G, Di Marco E. 2019a. Sugerencia de establecimiento de una veda estacional y medidas adicionales para resguardar a la fracción adulta y el proceso reproductivo de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el área de protección de juveniles de la especie. Informe Técnico Oficial INIDEP N°038/2019. 9 p
- Martínez PA, Wöhler, O, Troccoli G, Di Marco E. 2019b. Factores de riesgo en la consecución del punto biológico de referencia objetivo y sostenibilidad de la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). Informe Técnico Oficial INIDEP N°039/2019. 16 p.
- Martínez PA, Troccoli G. 2020. Síntesis de la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). AÑO 2019. Informe Técnico Oficial N° 33/2020. 10 pp.
- Martínez PA, Troccoli G, Wöhler OC, Di Marco EJ. 2023. Caracterización de la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el período 2000-2022. Informe Técnico Oficial N° 022/2023. 11 pp.
- Martínez PA, Troccoli G, Wöhler OC, Di Marco EJ. 2024. La pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) durante el año 2023 y su evolución en el período 2000-2023. Inf Tec Oficial INIDEP N° 18/2024. 12 pp.
- Polachek T, Hilborn R, Punt AE. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2597-2607.
- Prenski IB. 2000. Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). Págs. 81-92. En: Bezzi, S, Akselman, R. & Boschi, E. (Eds.). Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con una actualización de 1999. Publicaciones especiales. INIDEP, Mar del Plata. 388 pp.
- Prenski IB, Almeyda SM. 2000. Some biological aspects relevant to Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) exploitation in the Argentine exclusive economic zone and adjacent ocean sector. *Frente Marítimo*, Vol 18 (A): 103-124.
- Punt AE. 1994. Assessments of the stocks of cape hakes *Merluccius* spp. Off South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 14: 159-186.
- Punt AE, Japp DW. 1994. Stock assessment of the kingklip *Genypterus capensis* of South Africa. *S. Afr. J. mar. Sci.* 14: 133-149.
- Punt A.E., Butterworth DS, Penney AJ. 1995. Stock Assessment and risk analysis for the South Atlantic population of Albacore *Thunnus alalunga* using an age-structured production model. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 16: 287-310.
- SAGyP (Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca). 2023. http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/
- Skeljo F, Lee B, Winter A. 2022. 2021 Stock assessment report for Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*). Fisheries Report SA-2021-TOO. Fisheries Department,



- Directorate of Natural Resources, Falkland Islands Government, Stanley, Falkland Islands. 44 p.
- Tacheri R. 2019. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2020. Bacalao de profundidad. Informe Estatus y CBA. Convenio SSEyEMT. IFOP, Agosto 2019. 125 p + Anexos.
- Thorson JT, Johnson KF, Methot RD, Taylor IG. 2017. Model-based estimates of effective sample size in stock assessment models using the Dirichlet-multinomial distribution, In *Fisheries Research*, Volume 192, 2017, Pages 84-93, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.06.005>.
- Troccoli G, Martínez PA. 2018. Síntesis de la pesquería de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el espacio marítimo argentino. AÑO 2017. Informe Técnico Oficial N° 24/18. 9 pp.
- Troccoli G, Martínez PA. 2019. Síntesis de la evolución de la pesquería de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el espacio marítimo argentino. AÑO 2018. Informe Técnico Oficial N° 36/19. 9 pp.
- Troccoli G, Martínez PA, Di Marco E, Wöhler OC. 2021. Síntesis de la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). Período 2000-2020. Inf. Téc. Of. INIDEP N° 20/2021. 11 p.
- Troccoli G, Martínez PA, Wöhler OC, Di Marco EJ. 2022. Análisis de la información biológico-pesquera en la pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). Año 2021. Inf. Téc. Of. INIDEP N° 50/2022. 9 pp.
- Troccoli GH, Martínez PA, Di Marco EJ, Waessle JA, Wöhler OC. 2022. Análisis de los patrones migratorios de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental a través del programa de marcado y recaptura llevado a cabo a bordo de la flota argentina. Inf Invest INIDEP 26/2022. 24 pp.
- Waessle JA, Martínez PA. 2018. Resultados del programa de marcado de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental, 2004-2017. Informe de Investigación N° 085/18. 20 pp.
- Wöhler OC. 2003. Estimación de índices de abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) a partir de la captura por unidad de esfuerzo de buques surimeros argentinos en el período 1992-2002. Informe interno INIDEP N° 21/03. 13 pp.
- Wöhler OC, Hansen JE. 2003 a. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 y 2002. Informe interno INIDEP 34/03. 23 pp.
- Wöhler OC, Hansen JE. 2003 b. Evaluación de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987 y 2002. Informe interno INIDEP 48/03. 17 pp.
- Wöhler OC, Hansen JE, Cordo HD. 2001 b. Índices de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) derivados de la flota comercial argentina en el período 1995-2000. Informe Interno INIDEP N° 21/01. 7 pp.
- Wöhler OC, Hansen JE, Cassia MC, Cordo HD. 2002 b. Evaluación de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2001. Informe Interno INIDEP 30/02. 18 pp.



- Wöhler OC, Hansen JE, Giussi AR, Cordo HD. 2002 c. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2001. Informe Interno INIDEP 27/02: 23 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA, Marí N. 2002 a. Estimación de índices de abundancia relativa de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Informe Interno INIDEP 13/02. 35pp.
- Wöhler OC, Martínez PA. 2004. Análisis de la pesquería argentina de merluza negra durante el año 2003. Inf. Téc. Int. INIDEP 4/04. 24 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA, HANSEN JE. 2004a. Estimación de la abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental mediante la aplicación de un modelo de producción de biomasa estructurado por edades. Informe Interno INIDEP 13/04. 25 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA, HANSEN JE. 2004b. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Informe Interno INIDEP 65/04. 32 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA. 2005. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental período 1986-2004. Informe Interno INIDEP 15/05. 32 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA. 2006. A proposal methodology to assess the Patagonian toothfish stock abundance at CCAMLR Subarea 48.3 using ASPM.WG-FSA-59/2006. 15 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA, Aubone A. 2005 a. Exploring the ASPM as an alternative method to estimate the Patagonian toothfish biomass at CCAMLR Subarea 48.3 WG-FSA-SAM-05/05. 25 pp.
- Wöhler OC, Martínez PA, Aubone A. 2005 b. Reviewing the age structured production model (ASPM) as an alternative method to estimate the Patagonian toothfish biomass at CCMLR subarea 48.3. 8. WG-FSA-73/05. 18 pp.