2022

Informe de
INVESTIGACIÓN
069-22
NO-2022-86690223-APN-DNI#INIDEP
18/08/2022

Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2021

Anabela Zavatteri, Analía R Giussi

:

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Citar como:
Zavatteri A, Giussi AR. 2022. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2021. Inf Investigación INIDEP Nº 069/22, 15 pp.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
Argentina

INIDEP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO

Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2021

Anabela Zavatteri, Analía R Giussi

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Resumen ejecutivo

Se elaboró el índice de abundancia de merluza de cola correspondiente al período 2003-2021. Fue construido mediante la aplicación de un Modelo Lineal General (MLG) a partir de datos obtenidos por los Asistentes de Investigación Pesquera (AIP) a bordo de los buques comerciales que cuentan con asignación de una Cuota Individual Transferible de Captura (CITC) para la especie. El modelo quedó planteado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} ln(CPUE_{ijklm}) = {} & \mu + AÑO_i + BIMESTRE_j + ÁREA_k + POTENCIA_l + PROFUNDIDAD_m + (AÑO_i \\ & * BIMESTRE_j) + (AÑO_i * ÁREA_k) + (AÑO_i * POTENCIA_l) + (AÑO_i * PROFUNDIDAD_m) \\ & + (BRIMESTRE_j * ÁREA_k) + (BIMESTRE_j * POTENCIA_l) \\ & + (BIMESTRE_j * PROFUNDIDAD_m) + (ÁREA_k * POTENCIA_l) + (POTENCIA_l \\ & * PROFUNDIDAD_m) + \varepsilon_{ijklm} \end{aligned}$$

El coeficiente de correlación múltiple explicó el 38% de la variación total de los datos observados. La tendencia general del índice de CPUE estimado fue levemente descendente y evidenció una marcada variabilidad interanual. El valor máximo fue registrado en el año 2009 y el menor correspondió al último año del análisis (2021), precedido éste último por un período con tendencia marcadamente decreciente que se inició en el año 2018. Los mayores rendimientos fueron obtenidos por los buques de mayor potencia de máquina, principalmente entre los meses de marzo y abril, en el área ubicada al sur de los 51°S y a profundidades menores de 600 m.

Palabras Clave

Macruronus magellanicus, CPUE estandarizada, modelo lineal generalizado.

Introducción

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) forma parte de conjunto íctico austral en el cual se destaca por su importancia comercial, siendo una de las especies con mayor volumen de desembarque. Se distribuye en torno al cono sur de Sudamérica y es capturada en el océano Atlántico Sudoccidental por buques congeladores y un buque surimero al sur de los 48°S, donde se encuentra su principal área de distribución.

Esta especie requiere de una evaluación anual de su abundancia que permite determinar el estado actual de explotación del recurso y establecer una Captura Máxima Permisible que permita mantener al *stock* en niveles sustentables. Los modelos de evaluación de recursos pesqueros como el que se emplea en merluza de cola (Zavatteri y Giussi 2021), requieren de la estimación de índices de abundancia, derivados de campañas de investigación o de la flota comercial, que proporcionen información necesaria para explicar adecuadamente las tendencias observadas en las variables de estado. En este sentido, uno de los índices más utilizados en el análisis de pesquerías es la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) estandarizada, proveniente de los datos obtenidos por la flota comercial. La estandarización de la CPUE se emplea para intentar remover los efectos que podrían sesgar la proporcionalidad que se espera entre el índice mencionado y la abundancia del recurso. De esta forma, los Modelos Lineales Generalizados, MLG (Nelder y Wedderburn 1972) son ampliamente utilizados en diversas pesquerías para lograr dicho objetivo (Punt et al. 2000; Maunder y Punt 2004).

En el caso particular de la merluza de cola, éste índice, junto con aquellos que aportan información de la estructura poblacional, han proporcionado resultados adecuados para observar la evolución del recurso (Giussi y Zavatteri 2018, 2019, 2020, 2021). El período considerado incluyó algunos años en los cuales las capturas nominales fueron elevadas, cercanas a las 140.000 t, y otros cuyos valores han alcanzado, en promedio, las 80.000 t. Esta variabilidad registrada podría deberse a diversas causas intrínsecas propias del recurso en relación a ciertos parámetros poblacionales, o a distintos factores relacionados con la actividad de la flota comercial, tales como variaciones en el esfuerzo, modalidad de captura y eficiencia en las operaciones de pesca. El análisis de la captura por unidad de esfuerzo y su estandarización debería permitir obtener una visión de las interacciones entre las flotas que operan sobre el efectivo pesquero y su dinámica.

El objetivo del presente estudio fue la obtención de un índice de abundancia actualizado de merluza de cola a partir de la estimación de la CPUE estandarizada de los buques comerciales arrastreros que operaron sobre el recurso durante el período 2003-2021.

Materiales y métodos

Los datos básicos empleados para la elaboración del índice de abundancia fueron obtenidos a partir de la información colectada por los Asistentes de Investigación Pesquera (AIP) a bordo de los buques comerciales de la flota argentina, que poseen asignación de Cuota Individual Transferible de Captura (CITC) para la especie. Dichos datos consistieron en el registro de las capturas de merluza de cola en toneladas, la localización geográfica agrupada por grado de latitud y longitud, la fecha y el tiempo de duración de cada operación de pesca en horas. Se consideraron los registros obtenidos entre los 48ºS y los 56ºS de latitud, por ser la zona donde la especie fue capturada en todos los años y en la mayoría de los meses del período analizado. De esta manera, se consideró la captura (t) de merluza de cola en cada lance de pesca, respecto del esfuerzo pesquero (h) aplicado en el arrastre como estimación de la CPUE (t/h).

La estandarización del índice de abundancia se realizó mediante la aplicación de un Modelo Lineal Generalizado (MLG), en el cual se consideraron diferentes factores. En un primer procesamiento se atribuyó cada lance de pesca a la latitud, conformando así el factor denominado ÁREA, el cual quedó constituido por cinco niveles: <=50º, 51-52º, 53º, 54º y >=55º. Además, se consideró la información proveniente de las flotas que tuvieron participación en todo el período analizado cuyos buques fueron categorizados en dos estratos en relación a la potencia de los mismos: <4.500 hp y >=4.500 hp, factor denominado POTENCIA. Así mismo, se agruparon en categorías de BIMESTRE de forma de poder analizar las interacciones correspondientes con el momento del año en que se obtuvieron las capturas. De esta forma, el factor quedó comprendido por los bimestres: enero-febrero, …, noviembre-diciembre. Por último, se consideró el factor PROFUNDIDAD para determinar si los rendimientos podrían estar asociados a diferentes profundidades de obtención de las capturas. Para ello, se conformaron los siguientes cuatro estratos de profundidad (m): <=200, 201-400, 401-600, >600.

A los efectos de verificar la existencia de datos anómalos ("*outliers"*) y puntos influyentes, que provocaran resultados sesgados, se resolvió eliminar aquellos puntos cuyos valores residuales se encontraran por fuera de los límites calculados a partir de la Prueba de Bonferroni con un nivel de significación de 0,05 (Jammalamadaka y Sengupta 2003), la cual considera el número de observaciones y los grados de libertad para establecer dichos límites.

Se planteó el modelo con todos los factores independientes y las interacciones factibles de ser realizadas, ya que algunas de ellas no pudieron considerarse debido a la ausencia de datos, principalmente en determinados meses del año. A partir de este modelo general, se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA tipo III), para evaluar la significancia de los factores y sus interacciones.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Se realizó un diagnóstico del modelo considerado mediante el análisis de los residuales (Zar 1999, Crawley 2013), evaluando el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia de las observaciones.

Además, se empleó el Criterio de Información de Akaike, AIC (Akaike 1973; Burnham y Anderson 2002) para seleccionar las variables independientes y las interacciones entre ellas que permitieran determinar el mejor modelo posible entre varios que pudieran plantearse. Se realizó la selección del modelo de forma automatizada mediante la función *dredge* del paquete estadístico *MuMIn* del programa R (https://cran.r-project.org/). El valor de AIC, la diferencia y el peso relativo de cada modelo fueron los estimados que se consideraron para evaluar las diferencias y la importancia de cada uno de ellos.

La bondad de ajuste del modelo y su capacidad para predecir los datos observados, fueron evaluados mediante el coeficiente de determinación múltiple (R^2).

Las medias geométricas anuales de los logaritmos naturales de la CPUE y los límites de sus respectivos intervalos de confianza, estimados por el modelo mediante el método de máxima verosimilitud, se expresaron en términos de la variable original ($CPUE_i$) aplicando la transformación antilogarítmica (Hernández 2004):

$$\overline{CPUE_i} = exp\left(\overline{lnCPUE_i}\right) \quad para\ i = 2003, \ldots, 2021$$

y de forma análoga para el resto de los factores e interacciones planteadas.

A partir del modelo final seleccionado, se realizó un análisis descriptivo de la variación de la CPUE en relación con los factores independientes y las interacciones entre ellos.

Resultados y Discusión

Selección de las covariables y definición del MLG

El análisis de la varianza (ANOVA) en el modelo general, indicó que todos los factores independientes y las interacciones entre ellos fueron altamente significativas (Tabla 1). La interacción Área:Profundidad no pudo ser evaluada ya que no todas las áreas incluyeron la totalidad de las categorías de profundidad que fueron analizadas.

Tabla 1. Análisis de la varianza (ANOVA) del modelo con los factores independientes y las interacciones entre ellos.

Factores/Interacciones	SC	gl	Valor F	p (>F)
Intercepto	749,7	1	284,26	0,0000
Año	144,1	18	3,04	0,0000
Bimestre	76,5	5	5,80	0,0000
Área	814,8	4	77,24	0,0000
Potencia	209,1	1	79,27	0,0000
Profundidad	456,1	3	57,65	0,0000
Año:Bimestre	884,9	90	3,73	0,0000
Año:Área	945,7	72	4,98	0,0000
Año:Potencia	121,7	18	2,56	0,0003
Año:Profundidad	445,1	54	3,12	0,0000
Bimestre:Área	245,2	20	4,65	0,0000
Bimestre:Potencia	92,3	5	6,99	0,0000
Bimestre:Profundidad	108,2	15	2,73	0,0003
Área:Potencia	36,4	4	3,45	0,0081
Potencia:Profundidad	129,1	3	16,32	0,000

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Se obtuvo una serie de modelos alternativos mediante distintas combinaciones de las covariables y sus interacciones, todos ellos derivados de un primer modelo global (Tabla 2). Los submodelos (M1-M5) fueron ordenados considerando su peso relativo (w), su valor de AIC y la diferencia de AIC entre ellos (ΔAIC). El análisis de selección de las covariables indicó que el sub-modelo de mayor importancia relativa (w=0,952) fue aquel que incluyó todos los factores independientes y las interacciones entre ellos (Tabla 2). Los submodelos M_2 a M_5 presentaron valores de w muy inferiores al M_1 y los valores de ΔAIC_c fueron superiores a dos.

Tabla 2. Resultado del proceso de selección de covariables. Se muestran los cinco modelos alternativos más importantes (M1 a M5), la significancia de las covariables (+), los grados de libertad (gl), el negativo del logaritmo de la verosimilitud (-logV), el Criterio de Información de Akaike corregido (AICc), las diferencias entre AICc (ΔAIC_c) y la importancia relativa (w) de cada uno de ellos.

Covariables/Submodelos	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
Año	+	+	+	+	+
Bimestre	+	+	+	+	+
Área	+	+	+	+	+
Potencia	+	+	+	+	+
Profundidad	+	+	+	+	+
Año:Bimestre	+	+	+	+	+
Año:Área	+	+	+	+	+
Año:Potencia	+	+		+	+
Año:Profundidad	+	+	+	+	+
Bimestre:Área	+	+	+	+	+
Bimestre:Potencia	+	+	+	+	+
Bimestre:Profundidad	+	+	+		
Área:Potencia	+		+	+	
Potencia:Profundidad	+	+	+	+	+
gl	314	310	296	299	295
-logV	10.106	10.113	10.130	10.128	10.135
AICc	20.879	20.885	20.887	20.889	20.895
ΔAIC_c	0,00	5,60	8,31	9,64	15,66
w	0,922	0,056	0,014	0,007	0,000

Modelo aplicado y evolución de la CPUE estandarizada

El MLG (M1) aplicado para evaluar la tendencia de la CPUE fue el siguiente:

$$\begin{aligned} ln(CPUE_{ijklm}) = {} & \mu + AÑO_i + BIMESTRE_j + ÁREA_k + POTENCIA_l + PROFUNDIDAD_m + (AÑO_i \\ & * BIMESTRE_j) + (AÑO_i * ÁREA_k) + (AÑO_i * POTENCIA_l) + (AÑO_i * PROFUNDIDAD_m) \\ & + (BRIMESTRE_j * ÁREA_k) + (BIMESTRE_j * POTENCIA_l) \\ & + (BIMESTRE_j * PROFUNDIDAD_m) + (ÁREA_k * POTENCIA_l) + (POTENCIA_l \\ & * PROFUNDIDAD_m) + \varepsilon_{ijklm} \end{aligned}$$

$$siendo\ \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

$para\ i = 2003, \dots, 2021;\ j = 1, \dots, 6;\ k = 1, \dots, 5; l = 1\ y\ 2; m = 1, \dots, 4.$

siendo:

$CPUE_{ijkl}$: Captura Por Unidad de Esfuerzo, expresada en toneladas por hora de arrastre (t/h), correspondiente al año *i*, al bimestre *j*, al área *k*, a la potencia de los buques *l* y a la profundidad de captura *m*.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

μ: intercepto del modelo.

$AÑO_i$: efecto correspondiente al nivel *i* del factor año (19 niveles).

$BIMESTRE_j$: efecto correspondiente al nivel *j* del factor Bimestre (6 niveles).

$ÁREA_k$: efecto correspondiente al nivel *k* del factor área (5 niveles).

$POTENCIA_l$: efecto correspondiente al nivel *l* del factor potencia del buque (2 niveles).

$PROFUNDIDAD_m$: efecto correspondiente al nivel *m* del factor profundidad de captura (4 niveles).

ε_{ijkl}: término de error aleatorio del modelo.

El coeficiente de determinación múltiple (R^2 múltiple) derivado del MLG aplicado, explicó un 41% de la variación anual de la CPUE (Tabla 3) y representó un buen ajuste para el tipo de modelo utilizado.

Tabla 3. Prueba de suma de cuadrados *vs.* suma de cuadrados residuales del MLG (período 2003-2021).

Error estándar residual	0,481
R^2 múltiple	0,408
R^2 ajustado	0,371
gl (modelo)	312
gl (residual)	5.078
F	11,20
p	0,000

A partir de la Prueba de Bonferroni se identificó la presencia de dos valores anómalos, los cuales fueron eliminados del análisis. De esta manera, la explicación del modelo aumentó levemente, aunque, por tratarse pocos datos, resultó poco significativa.

Los residuos estudentizados se encontraron normalmente distribuidos (Figura 1a). El histograma de distribución de frecuencias presentó una forma simétrica con excepción de los valores negativos que evidenciaron un sesgo en la distribución, también observado en el alejamiento de los mismos de la recta probabilística de normalidad (Figura 1b). Así se cumplió con el supuesto básico de normalidad, necesario para la aplicación del MLG.

La relación entre los residuos estudentizados y los valores normales esperados evidenció una distribución homogénea y una tendencia poco significativa de los errores, lo cual permitió aceptar el supuesto de homocedasticidad (Figura 1c).

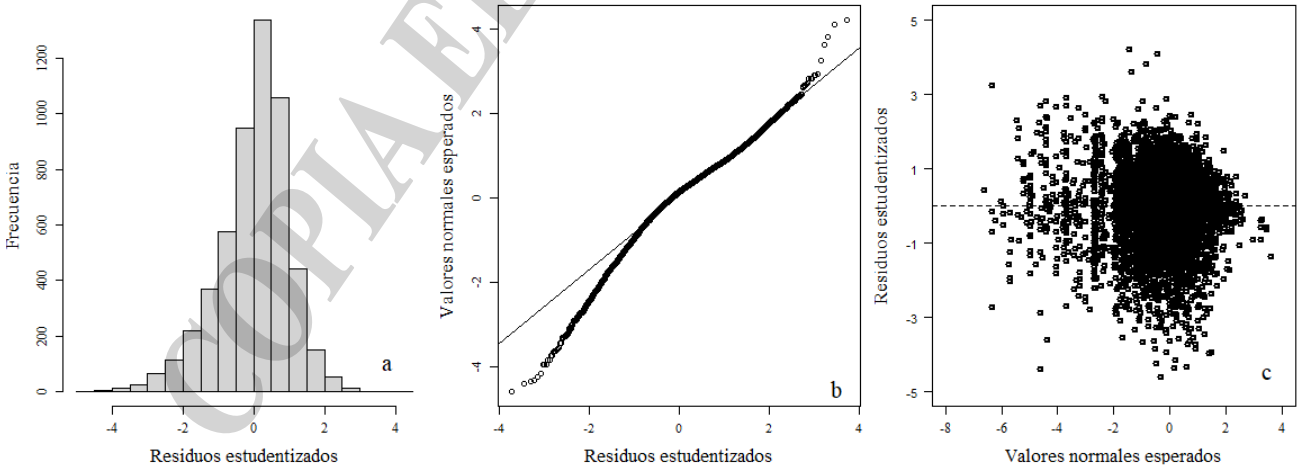

Figura 1. Análisis de normalidad y homocedasticidad de los residuos estudentizados derivados del MLG ajustado: a) histograma de distribución de frecuencias, b) recta probabilística de normalidad, c) supuesto de homocedasticidad.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Asimismo, el comportamiento anual de los residuos estudentizados evidenció una normalidad aceptable en mayor o menor grado dependiendo del año, dado que ciertos valores se alejaron respecto de la recta normal esperada (Figura 2).

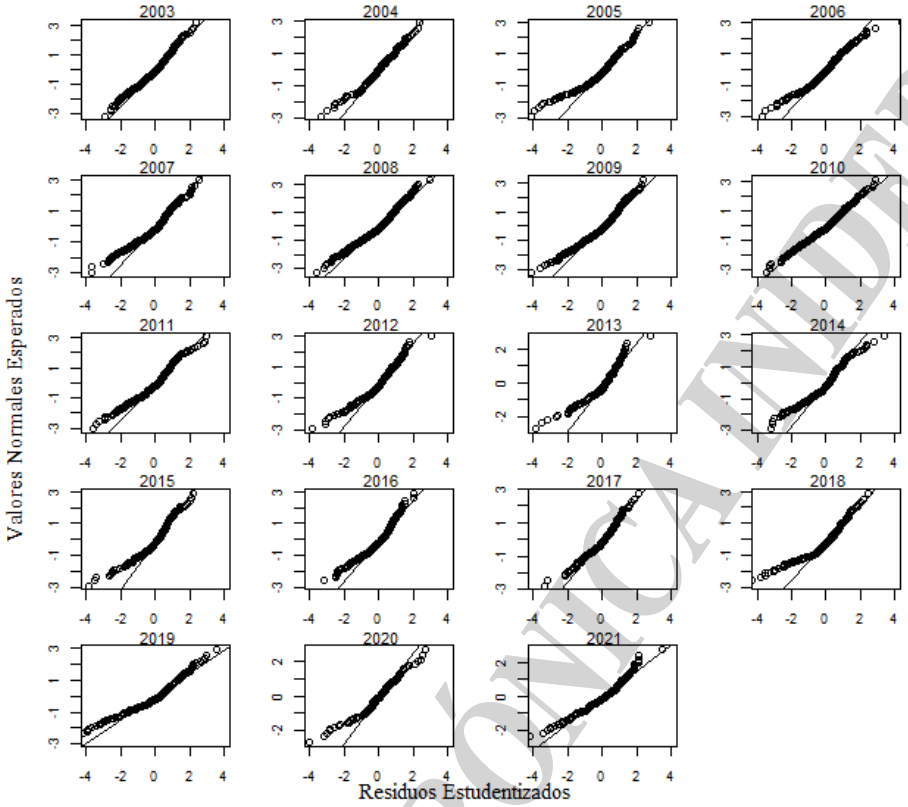

Figura 2. Valores normales anuales esperados para los residuos del MLG. Período 2003-2021.

Si bien los rendimientos evidenciaron una tendencia creciente en los inicios de la serie analizada, hasta alcanzar el máximo en el año 2009, la tendencia general del índice de CPUE estimado fue levemente descendente y evidenció una marcada variabilidad interanual (Figura 3, Tabla 4). El período comprendido entre los años 2010 y 2019 se mantuvo relativamente estable, aunque los años 2011 y del 2013 al 2015 se registraron valores de CPUE más elevados. Si bien el año 2020 manifestó un rendimiento más elevado respecto de los años previos, la tendencia posterior fue marcadamente decreciente hasta registrarse el valor más bajo de la serie en el último año del análisis (2021). Este valor representó un 54% de aquel obtenido en el primer año (2003) y un 26% respecto del máximo registrado en el 2009.

Al comparar el índice de CPUE actual con aquel obtenido para el período 2003-2020 (Giussi y Zavatteri 2021), se observó que, en general, los valores se encontraron dentro del mismo rango. El índice actual evidenció una tendencia levemente descendente en comparación con el índice anterior que presentó mayor estabilidad. Sin embrago, la incorporación de un nuevo factor (PROFUNDIDAD) en la estimación del modelo, permitió lograr una mejor explicación de la variabilidad del índice de abundancia y darle mayor confiabilidad a su estimación.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 4. Valores medios anuales de CPUE de merluza de cola estimados por el modelo (en toneladas por hora), sus intervalos de confianza al 95% y número de observaciones. Período 2003-2021.

Año	$CPUE_{est}$ (t/h)	Lím. Inf. I.C. 95%	Lím. Sup. I.C. 95%	N° Obs. efectivas
2003	0,336	0,267	0,424	591
2004	0,334	0,201	0,555	242
2005	0,366	0,246	0,546	286
2006	0,432	0,293	0,637	339
2007	0,401	0,274	0,588	344
2008	0,432	0,331	0,563	592
2009	0,693	0,465	1,032	498
2010	0,223	0,176	0,281	661
2011	0,324	0,181	0,581	267
2012	0,215	0,132	0,351	179
2013	0,392	0,218	0,706	155
2014	0,331	0,170	0,647	165
2015	0,546	0,310	0,960	255
2016	0,206	0,120	0,354	168
2017	0,211	0,108	0,415	188
2018	0,229	0,119	0,440	140
2019	0,273	0,174	0,429	142
2020	0,450	0,224	0,905	85
2021	0,182	0,092	0,360	96

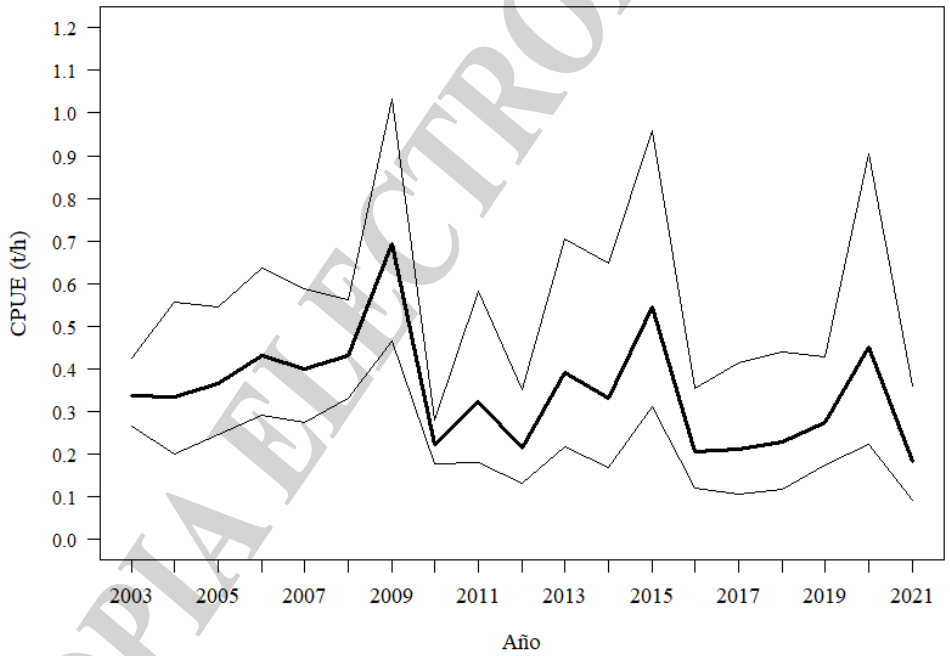

Figura 3. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola (línea continua negra) como resultado del MLG aplicado, y sus correspondientes intervalos de confianza del 95% (líneas punteadas grises). Período 2003-2021.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Análisis espacio-temporal

Covariables independientes

Bimestre

El análisis temporal de la CPUE estandarizada evidenció los mayores rendimientos durante el primer semestre (enero-junio), mientras que los valores más bajos se observaron entre julio y diciembre (Figura 4a), probablemente vinculado con el comportamiento reproductivo de la especie y el posible desplazamiento de los cardúmenes hacia otras áreas, donde se concentrarían para el desove, tal como sucede en aguas chilenas durante el mes de agosto (Payá 2014).

La tendencia temporal del índice de abundancia fue también analizada para toda la serie de años. Previo al 2010, las mayores abundancias se registraron entre marzo y junio. Sin embargo, con posterioridad a esos años no se vio una marcada tendencia, y la predominancia de los rendimientos mensuales fue sumamente variable. En el último año de análisis los rendimientos fueron muy bajos durante todo el año. (Figura 4b).

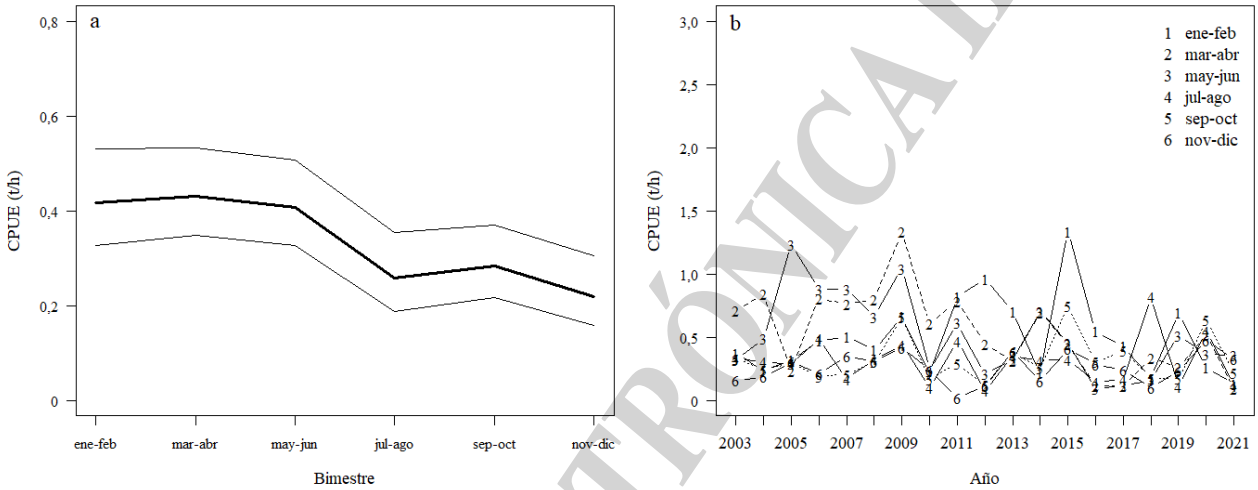

Figura 4. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la covariable BIIMESTRE (a) y de la interacción AÑO * BIMESTRE (b). Período 2003-2021.

Área

Respecto del análisis latitudinal de la CPUE, se observó una tendencia variable y los mayores rendimientos se obtuvieron entre los 51ºS y los 52ºS, mientras que los más bajos se registraron al norte de dicha latitud (Figura 5a).

El análisis de la relación anual entre la CPUE y la latitud evidenció, también, los mayores valores en las latitudes 51º y 52ºS durante la mayoría de los años de la serie analizada, a excepción de algunos en los cuales se obtuvieron los rendimientos más elevados al sur de los 53°S. Los valores máximos de CPUE fueron observados en los años 2015 y 2020. El último año del análisis (2021) también registró los rendimientos más altos en el área comprendida entre los 51° y los 52°S, aunque no se destacó del resto de las áreas evaluadas y resultó evidente el descenso de los mismos respecto del año anterior. Los menores rendimientos se produjeron al norte de los 50ºS, cuya tendencia general fue declinante y la merma fue principalmente evidente a partir del año 2010 (Figura 5b).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

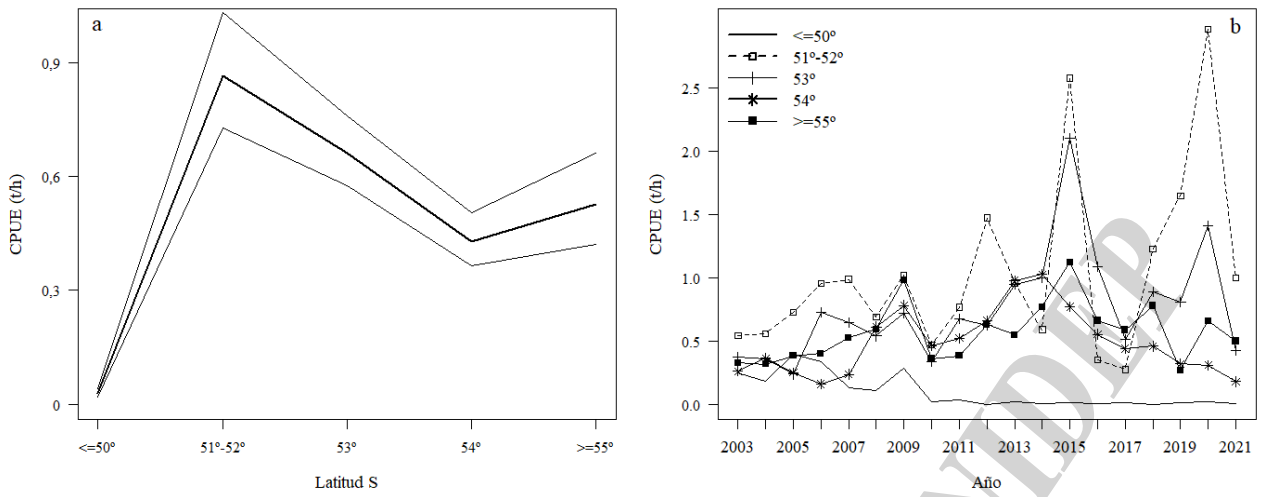

Figura 5. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la covariable ÁREA (a) y de la interacción AÑO * ÁREA (b). Período 2003-2021.

Potencia

Los buques clasificados con potencia de máquina superior a los 4.500 hp, obtuvieron los rendimientos más elevados (Figura 6a). Respecto del análisis anual de los valores de CPUE, se observó la misma relación, es decir que, a mayor potencia de buque, los rendimientos anuales fueron más elevados, excepto en el año 2021 que fueron prácticamente iguales (Figura 6b).

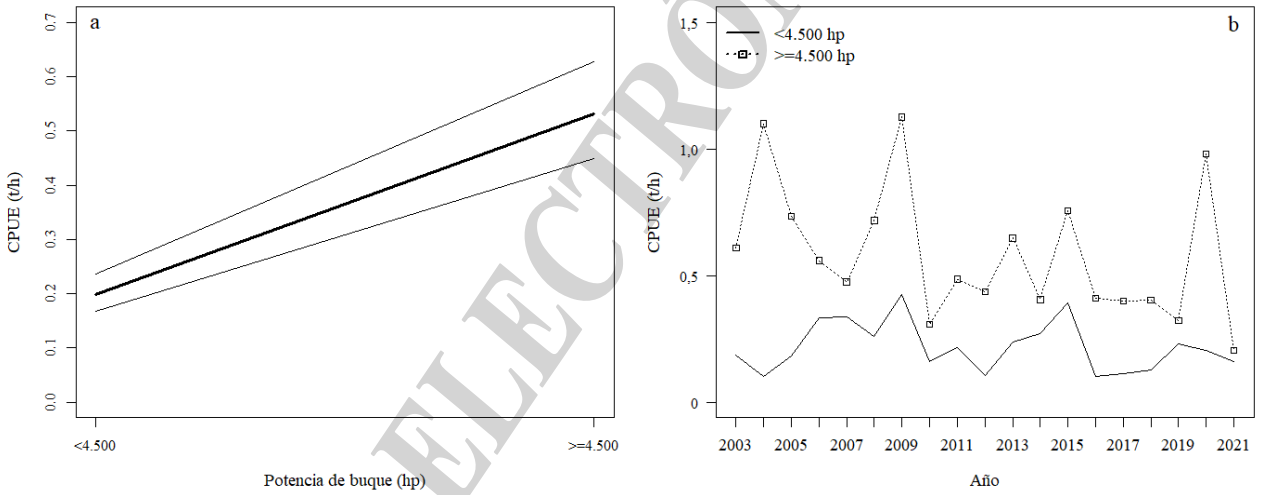

Figura 6. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la covariable POTENCIA (a) y de la interacción AÑO * POTENCIA (b). Período 2003-2021.

Profundidad

Los mayores rendimientos fueron registrados en profundidades inferiores a los 600 m, en aguas de la plataforma continental (Figura 7a). Esta misma observación pudo realizarse en el análisis anual, en el cual las profundidades superiores a los 600 m evidenciaron rendimientos mucho menores en relación al resto, excepto los años 2009 y 2015 que presentaron valores algo más elevados (Figura 7b).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

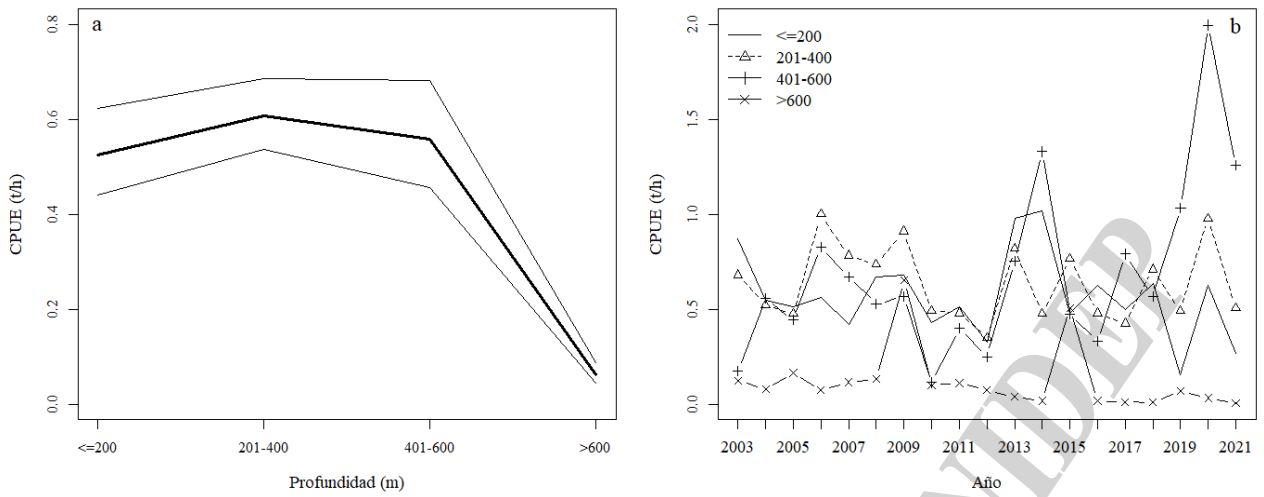

Figura 7. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la covariable PROFUNDIDAD (a) y la interacción AÑO * PROFUNDIDAD (b). Período 2003-2021.

Interacciones entre covariables

Bimestre:Área

El análisis de los rendimientos en relación con las áreas y los bimestres, demostró que al sur de los 51°S los valores más elevados de CPUE se obtuvieron entre marzo y junio. A su vez, tal como se observó en el análisis de la covariable independiente ÁREA, todos los bimestres evidenciaron los valores más importantes de CPUE entre las latitudes 51°-52°S. La región al norte registró valores bajos de abundancia en todos los bimestres (Figura 8).

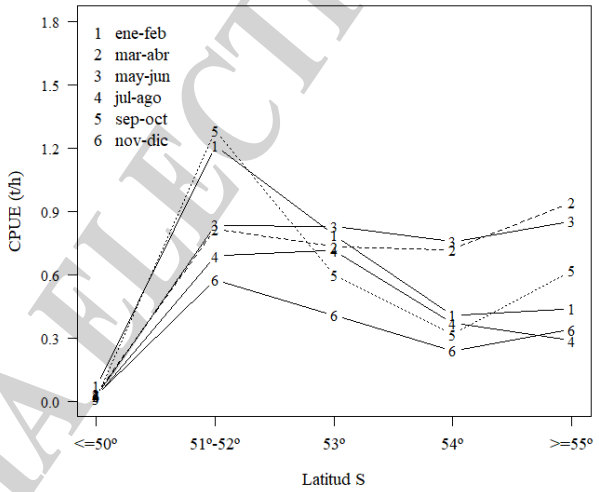

Figura 8. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la interacción BIMESTRE * ÁREA. Período 2003-2021.

Bimestre:Potencia

Los buques con mayor potencia de máquina fueron los que obtuvieron los rendimientos más elevados en todos los bimestres, destacándose el segundo de ellos. Los meses de noviembre y diciembre evidenciaron valores de CPUE muy similares para ambas categorías de potencia de buque (Figura 9).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

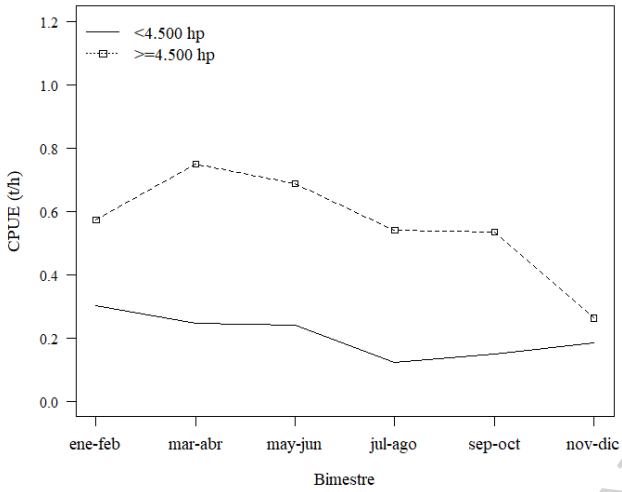

Figura 9. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la interacción BIMESTRE * POTENCIA. Período 2003-2021.

Bimestre:Profundidad

Se observó una gran variabilidad en la tendencia de los rendimientos obtenidos a profundidades inferiores a 600 m, a lo largo de todo el año. Aun así, en esas profundidades se detectaron los valores más elevados de CPUE, distinguiéndose de las mayores profundidades donde los mismos fueron bajos, principalmente entre julio y diciembre (Figura 10).

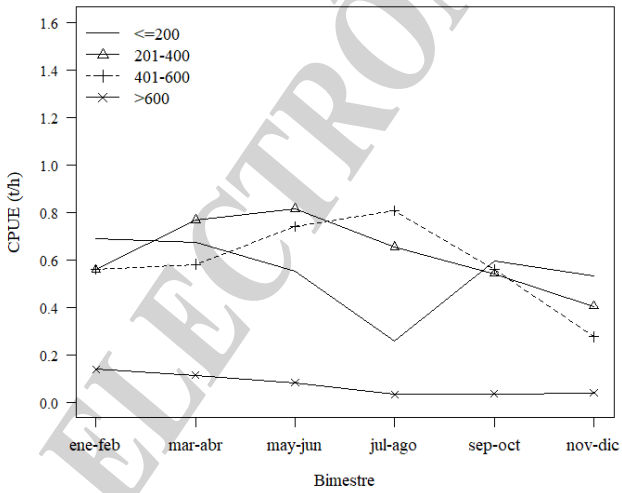

Figura 10. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la interacción BIMESTRE * PROFUNDIDAD. Período 2003-2021.

Área:Potencia

Los buques de mayor potencia registraron los valores de CPUE más elevados en todas las áreas visitadas. La tendencia de los rendimientos fue similar entre ellas, destacándose el área comprendida por las latitudes 51º y 52ºS, donde se obtuvieron los valores más importantes (Figura 11).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

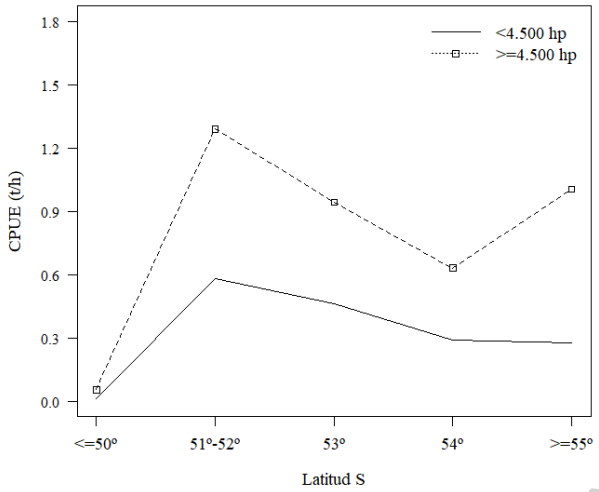

Figura 11. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la interacción ÁREA * POTENCIA. Período 2003-2021.

Potencia:Profundidad

Los valores más elevados de CPUE fueron obtenidos a profundidades inferiores a los 600 m, detectándose un descenso importante de los mismos a mayores profundidades. Los buques con mayor potencia de máquina obtuvieron rendimientos más importantes en todas las profundidades analizadas (Figura 12).

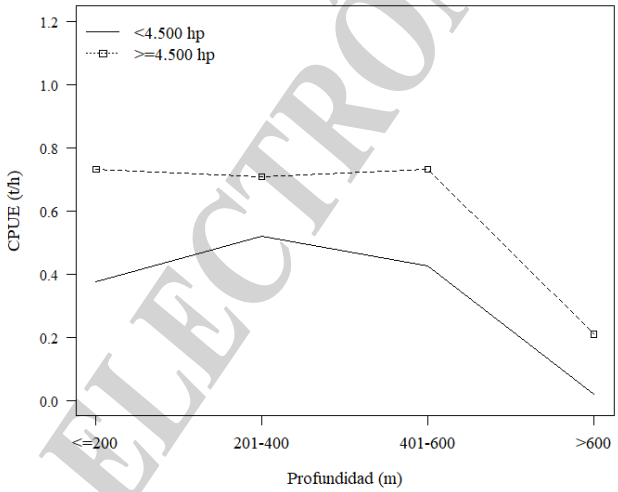

Figura 12. Valores medios anuales de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado. Análisis de la interacción PROFUNDIDAD * POTENCIA. Período 2003-2021.

Análisis de las capturas en relación con la potencia de los buques

Las capturas de merluza de cola evidenciaron una tendencia oscilante a través de los años. Las más elevadas de la serie, fueron obtenidas por los buques de mayor potencia, a excepción del año 2003, en el cual esta relación se invirtió. En general, los buques de más de 4.500 hp registraron mayor inversión de esfuerzo, y sólo en el año 2003 las horas de pesca de dichos buques se encontraron muy por debajo de las observadas para los buques de menor potencia, lo cual podría haber contribuido a que estos fueran más exitosos al momento de capturar la especie.

A partir del año 2010, la tendencia en el esfuerzo fue muy similar en ambos tipos de buques, probablemente debido al efecto del retiro de embarcaciones de mayor potencia.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

En general, e independientemente de la potencia de los buques intervinientes en la pesquería, se observó un aumento de las capturas cuando el esfuerzo aplicado fue mayor (Figura 13).

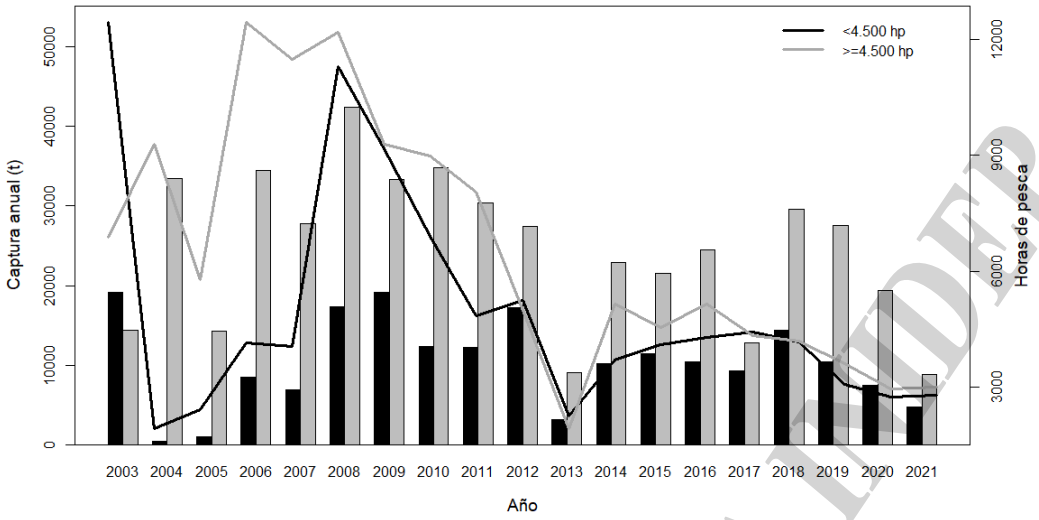

Figura 13. Esfuerzo en horas de pesca (líneas) y capturas anuales (barras) de merluza de cola, identificados por categoría de potencia de máquina. Período 2003-2021.

Conclusiones

El modelo empleado para estimar el índice de CPUE estandarizado para la merluza de cola, cumplió con los supuestos básicos necesarios para su implementación y explicó el 38% de la variación anual.

La tendencia general de dicho índice fue creciente hasta el año 2009 en el cual alcanzó el valor máximo de toda la serie, pero luego de este año la misma fue levemente descendente y presentó una gran variabilidad interanual. El último año del análisis registró el menor valor de CPUE de toda la serie y representó el 35% de aquel obtenido al inicio del período.

Si bien el modelo empleado en este trabajo difiere en ciertos aspectos del implementado en el período 2003-2020, el modelo actual resultó más complejo al incorporar la variable PROFUNDIDAD, lo cual permitió lograr una mayor explicación de la variabilidad observada.

El análisis espacio-temporal de los valores de CPUE obtenidos, evidenció cierta estacionalidad indicando que los mayores rendimientos fueron asociados a los meses de marzo y abril. Los buques de mayor potencia de máquina registraron los valores más elevados, observados al sur de los 51°S de latitud y a profundidades inferiores a los 600 m.

Bibliografía

AKAIKE H. 1973. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In: B.N. PETROV and F. CSAKI, eds. Second International Symposium on Information Theory. Budapest: Akademiai Kiado, pp. 267–281.

BURNHAM K, ANDERSON D. 2002. A Practical Information-Theoretic Approach, 2nd ed., XXVI, 488 p.

CRAWLEY MJ. 2013. The R Book. Second edition. Chichester (UK): Wiley & Sons, 1041 pp. ISBN 978-0-470-97392-9.

GIUSSI AR & ZAVATTERI A. 2018. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2017. Inf. Invest. INIDEP Nº54/2018. 10 p.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

GIUSSI AR & ZAVATTERI A. 2019. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2018. Inf. Invest. INIDEP Nº61/2019. 10 p.

GIUSSI AR & ZAVATTERI A. 2020. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2019. Inf. Invest. INIDEP Nº79/2020. 10 p.

GIUSSI AR, ZAVATTERI A. 2021. Índice de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) obtenido a partir de buques de la flota comercial argentina con observador científico a bordo. Período 2003-2020. Inf. Invest. INIDEP N°40/2020. 10 p.

HERNÁNDEZ D. 2004. Estimación de índices de abundancia relativa, estimación del poder de pesca y estandarización del esfuerzo a partir de modelos multiplicativos. Revisión y ampliación de notas de 2002. Notas de divulgación, Biblioteca INIDEP, Mar del Plata. 56 p.

JAMMALAMADAKA SR, SENGUPTA D. 2003. Linear Models an Integrated Approach. Singapore: World Scientific Publications. 622 p.

MAUNDER M, PUNT A. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fisheries Research 70: 141–159.

NELDER JA, WEDDERBURN RW. 1972. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society Series A 135: 370–384.

PAYÁ I. 2014. Informe de estatus y cuota. Convenio de desempeño 2014: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2015: Merluza de cola 2015. 108 p.

PUNT AE, WALKER TI, TAYLOR BL, PRIBAC F. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. Fish. Res., 45: 129-145.

ZAR JH. 1999. Biostatistical Analysis. 4th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 663 p.

ZAVATTERI A, GIUSSI AR. 2021. Evaluación de abundancia de la merluza de cola (*Maruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2020. Inf. Téc. Of. INIDEP N°40/2021. 26 p.

COPIA ELECTRONICA INIDEP