

Informe de
**ASESORAMIENTO
y TRANSFERENCIA**

034-24

NO-2024-47248050-APN-DNI#INIDEP
8/05/2024

Índice de abundancia estandarizado para el grupo de Lenguados en el período 2007-2023.

Sebastián García y Gustavo Martínez Puljak

Dirección: Pesquería de peces

Área: Pesquerías de Peces Demersales Costeros

Citar como:

García S y Martínez Puljack G. 2024. Índice de abundancia estandarizado para el grupo Lenguados en el período 2007-2023. Inf ASES INIDEP N° 034/24, 08 pp.



Índice de abundancia estandarizado para el grupo Lenguados en el período 2007-2023.

Sebastián García y Gustavo Martínez Puljak

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

Resumen

En este trabajo se estimó un índice de abundancia estandarizado para el grupo de lenguados al norte de los 39°S. El estudio se basó en el análisis de las declaraciones oficiales de captura y el esfuerzo de pesca proveniente del monitoreo satelital. El índice de CPUE_{std} obtenido mediante un modelo lineal generalizado (MLG) presentó una tendencia general oscilante y positiva en sus valores medios, con un período inicial estable hasta 2017, seguido de un aumento significativo hasta 2022 y una disminución en el último año analizado. En cuanto al diagnóstico y supuestos del modelo, los residuos cumplieron con la normalidad, sin sesgos significativos en los histogramas de frecuencias. La homocedasticidad se confirmó por la falta de tendencia en la variación de residuales studentizados frente a los valores predictivos, indicando una varianza constante de errores. Estos hallazgos validaron los supuestos del MLG, permitiendo usar los índices derivados como descriptores de la abundancia media anual del grupo estudiado. El modelo explicó el 38,6% de la varianza ($R^2_{ajustado}$), y el análisis de varianza resaltó la significancia de los factores e interacciones del modelo para representar la abundancia del recurso. Además, los resultados obtenidos revelaron áreas clave con altos rendimientos medios, como los RP 3553 y 3654, identificados como los más importantes durante todo el estudio. Otras zonas relevantes para la pesquería incluyeron los RP 3554, 3655, 3755, 3856 y 3858. Los resultados emanados de este trabajo son fundamentales para comprender la dinámica poblacional de los lenguados y contribuyen a informar decisiones de manejo sostenible de esta especie en el contexto pesquero actual.

Palabras Clave

CPUE_{std}, grupo lenguados, CTMFM.

Introducción

Las especies del género *Paralichthys* (*P. orbini*, *P. patagonicus*, *P. isósceles*) y *Xystreuris Rasile*, son un conjunto de peces bentónicos de tamaño pequeño y mediano, forma aplanada y asimétrica que se distribuyen en aguas costeras y de plataforma de ambos márgenes del océano Atlántico y en el Pacífico oriental (Díaz de Astarloa, 1994).

En Argentina, son considerados como un recurso pesquero de elevado valor de comercialización debido principalmente a la alta calidad de su carne (Díaz de Astarloa, 1994). Este grupo, forma parte de una pesquería que se desarrolla principalmente entre los 34°S y 41°S (Rico y Lagos 2009) y que se caracteriza por ser multiespecífica y multiflota, denominada comercialmente variado costero (VC). Dentro de las especies que lo conforman, los lenguados representaron aproximadamente el 5,9% de la captura total declarada durante el año 2022 (Rozycki et al. 2023).

Las capturas de este grupo son realizadas por una flota de buques de variadas características, aunque mayormente por un grupo de barcos de 18 a 25 m de eslora con asiento en el puerto de Mar del Plata y que utiliza redes de arrastre de fondo con portones o “a la pareja” durante los primeros cinco meses del año, aunque noviembre y diciembre también son importantes.

Debido a su gran similitud en la morfología externa, los distintos lenguados presentes en Argentina son difícilmente distinguibles a nivel específico durante las operaciones comerciales de captura y clasificación, lo que representa un desafío adicional en el seguimiento de su estado poblacional. Debido a su abundancia, importancia comercial y las significativas capturas, es fundamental, para la gestión adecuada, estimar índices de abundancia relativa que puedan ser utilizados para calibrar los modelos de evaluación de este grupo multiespecífico. En este contexto, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada, derivada de la información de la flota comercial, se emplea con frecuencia como un indicador relativo de los cambios en la abundancia a lo largo del tiempo tanto para el grupo de lenguados como para otras especies de importancia comercial pertenecientes al variado costero (*M. furnieri*, *C. guatucupa*, *P. pagrus*, *P. brasiliensis*, entre otros).



El objetivo del presente trabajo, fue estimar un índice de abundancia relativa estandarizado para el grupo de lenguados a partir de la información obtenida de la flota comercial Argentina en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) y aguas jurisdiccionales adyacentes al norte de los 39°S. El mismo será provisto al grupo de trabajo técnico de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (CTMFM) GT-COSTERO para ser utilizado en la calibración del modelo de dinámica poblacional.

Materiales y métodos

Se analizó información de:

- Partes de pesca: declaraciones de captura efectuadas en los partes de pesca nacionales y provinciales remitidos por la Dirección Nacional de Coordinación Pesquera, de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca (SAGyP) y compilados en el INIDEP por el Sistema de Información Oceanográfico-Pesquera (SIOP). Las mismas incluyeron las capturas de lenguados declaradas por la flota argentina provenientes del Río de La Plata, de la ZCPAU y de aguas jurisdiccionales de la provincia de Buenos Aires, al norte de los 39°S. Cada registro contiene además el esfuerzo de pesca (horas y lances), el área, fecha y características estructurales del buque (eslora, HP, etc.) así como también la captura del resto de las especies obtenidas en el viaje de pesca y del puerto de origen.
- Información del monitoreo satelital (VMS): registros satelitales de la flota comercial argentina en la cual se consignan la posición, identificación del buque, fecha, hora, velocidad y rumbo. La información de monitoreo satelital no indica *per se* si un buque está pescando cuando transmite su posición, por ello, el uso de estos datos como unidad de esfuerzo pesquero, depende de una diferenciación precisa entre la actividad o la inactividad de la acción pesquera. En este sentido, se utilizó la herramienta desarrollada por Martínez Puljak et al. (2018), en la cual se definieron los procesos necesarios para obtener una base de datos con información de posicionamiento satelital en labor efectiva de pesca. Cada una de las emisiones satelitales fue utilizada como unidad de esfuerzo pesquero y que se denominan, horas equivalentes de monitoreo satelital (HS_{VMS}).

Finalmente, la base de datos original utilizada estuvo constituida por las variables: año, barco y características estructurales del buque (eslora, bodega y HP), fecha, posición, captura de lenguados (kg), captura de todas las especies en el registro (kg) y esfuerzo de pesca (días y HS_{VMS}). Se consideró el estrato de flota Ic: 18,24 a 24,99 m por ser este el de mayor representación en el total capturado (Riestra y Rodríguez 2021). La información fue agrupada considerando una resolución espacial de 1° x 1° denominada rectángulo de pesca (RP). En el proceso de análisis de la información se consideraron los siguientes filtros para depurar la base de datos para la estimación de la CPUE, se descartaron aquellos registros que reportaban un elevado número de días navegados (> 14 días). En cuanto a la información espacial, se descartaron aquellos rectángulos de pesca (RP) con menos de dos registros por año.

Modelo de estandarización

$$\text{Estrato Ic: } Ln(CPUE_{ijl}) = \mu + Año_i + RP_j + Mes_k + Buque_l + Año_i * Mes_k + Año_i * RP_l + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

μ : constante del modelo.

$CPUE_{ijklm}$: Captura por unidad de esfuerzo expresada en kilogramos/ HS_{VMS} , correspondiente al Año_i, Mes_k, Rectángulo de Pesca RP_j y Buque_l

Año_i: variable categórica correspondiente a la fecha de arribo del buque. Período 2007-2023 (17 niveles).

Mes_j: variable categórica correspondiente al mes de captura desembarcada. 12 niveles.

Rectángulo de pesca (RP): efecto espacial, con una resolución de 1°x1° (RP =17 niveles).



Estrato de flota_i: variable categórica correspondiente al tamaño de las embarcaciones. Ib (de 15 a 18,23 m de eslora) y Ic (de 18,24 a 24,99 m de eslora).

Buque_m: variable categórica. Unidad de pesca perteneciente al estrato de flota considerado en el modelo.

ϵ_{ijklm} : término de error del modelo.

Luego del ajuste realizado mediante la reparametrización *sigma*-restrictiva con todos los registros disponibles, se procedió a eliminar aquellos residuos (*studentized deleted residuals*) mayores a 3 y menores a -3, considerados *outliers* o puntos influyentes, para volver a correr los modelos y analizar los resultados.

La CPUE media correspondiente al factor Año (y) se obtuvo a partir del Modelo Lognormal como:

$$CPUE\ media_y = \exp(\ln CPUE_y)$$

Se consideró el problema generado por la presencia en el modelo de interacciones de primer orden que incluyen el factor Año descrito por Hernández y Perrotta (2006). Dichos autores demostraron matemáticamente que, ante la presencia de estas interacciones, la serie de los índices no es proporcional a la abundancia anual media del recurso. Se evaluó este posible efecto sobre el índice, considerando el porcentaje de varianza explicada por el modelo con y sin estas interacciones.

Resultados

En los distintos escenarios planteados no se observaron alejamientos importantes de los logaritmos naturales de las $CPUE_{std}$ respecto de la linealidad esperada, así como tampoco se observaron grandes sesgos en los histogramas de frecuencias de los residuos de cada modelo, que significó el cumplimiento del supuesto de normalidad. Respecto de la homocedasticidad, la variación de los residuales *studentizados versus* los valores predictivos, evidenció falta de tendencia (Figura 1), hecho que indicó una distribución constante de la varianza de los errores en todo el rango de valores predictivos. Estos resultados, permitieron aceptar los supuestos básicos del MLG y utilizar los distintos índices obtenidos como descriptores de la abundancia media anual para el grupo de Lengüados a norte de los 39°S en el periodo considerado.

En relación al porcentaje de varianza explicada ($R^2_{ajustado}$) por las variables predictoras incluidas en el modelo, se observó un valor de 38,6% (Tabla 1). El análisis de varianza (Tabla 2) indicó que fueron significativos los factores e interacciones considerados para describir la abundancia del recurso.

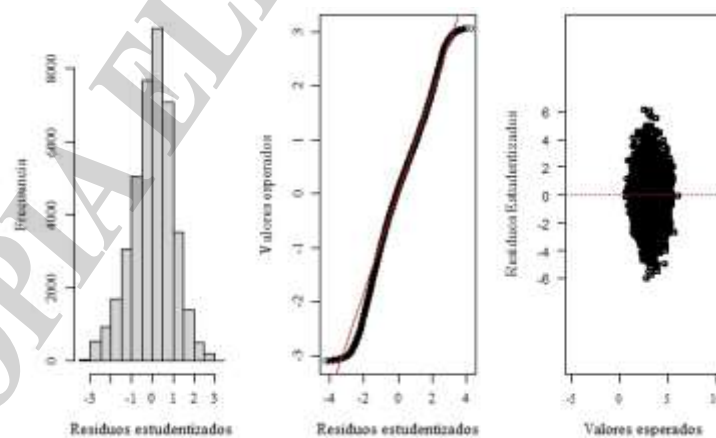


Figura 1. Histogramas de frecuencia de los residuos *studentizados* (izquierda), gráfico cuantil-cuantil de probabilidad normal (centro) y distribución de los residuales del modelo respecto de los valores predictivos (derecha).

Tabla 1. Test de suma de cuadrados del modelo *versus* suma de cuadrados residual en el modelo con y sin interacciones con el factor “Año”.

	C/interacciones	S/interacciones
R ² Múltiple	39,3	38,9
R² ajustado	38,6	38,9
GL residual	40.419	40.426
CM residual	520	520
F	50,4	49,6
P	< 2,2e-16	< 2,2e-16
Efecto año	0,93%	

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza (ANOVA).

	$\Sigma_{\text{cuadrados}}$	GL	F	p
Constante	47.271	1	79.489	< 0,001
Año	446	16	47	< 0,001
RP	1.074	14	129	< 0,001
Mes	2.595	11	397	< 0,001
Buque	4.864	79	104	< 0,001
Año:RP	547	224	4	< 0,001
Año:Mes	986	176	9	< 0,001
Error	24.037	40.419		

Estimación del índice de abundancia

El proceso de estandarización del índice planteado resultó significativo como resultado de la comparación con su serie nominal (Tabla 3, Figura 2). Si bien la tendencia general de la CPUE_{std} fue oscilante y positiva, se observó un periodo inicial relativamente estable hasta el año 2017, momento en el que se inició un incremento cuyo máximo se detectó en 2022 para finalmente caer en el último año (2023). En el período analizado, la variación entre el primer y último año fue del 21% que evidenció la tendencia creciente en el indicador de la abundancia.

Tabla 3: Valores medios del índice de abundancia estandarizado (CPUE_{std}), sus intervalos de confianza del 95% (IC+, IC-), error estándar (SE), coeficiente de variación (cv), número de registros utilizados (n) y valores medios del índice nominal (CPUE_n).

Año	CPUE _{std}	IC+	IC-	SE	cv	n	CPUE _n
2007	24,7	26,1	23,5	0,03	0,66	2.843	41,3
2008	21,9	22,7	21,0	0,02	0,44	3.427	43,0
2009	22,8	23,9	21,8	0,02	0,53	3.105	42,5
2010	25,7	26,9	24,7	0,02	0,56	3.077	45,3
2011	28,3	29,5	27,1	0,02	0,60	3.315	52,7
2012	26,1	27,3	25,0	0,02	0,57	3.113	55,0
2013	21,6	22,6	20,7	0,02	0,49	2.920	36,5
2014	30,2	31,8	28,8	0,03	0,76	2.522	42,8
2015	22,0	23,1	21,0	0,03	0,54	2.461	34,3
2016	21,0	21,9	20,1	0,02	0,47	2.536	39,9
2017	22,3	23,6	21,0	0,03	0,64	2.018	35,4
2018	31,4	33,3	29,6	0,03	0,94	1.551	50,0
2019	31,1	32,9	29,4	0,03	0,89	2.086	46,9
2020	31,1	33,2	29,2	0,03	1,04	1.429	42,8
2021	37,0	40,1	34,2	0,04	1,49	1.584	56,2
2022	38,1	41,7	34,9	0,05	1,74	1.464	55,2
2023	30,0	32,0	28,0	0,04	1,02	1.489	45,0

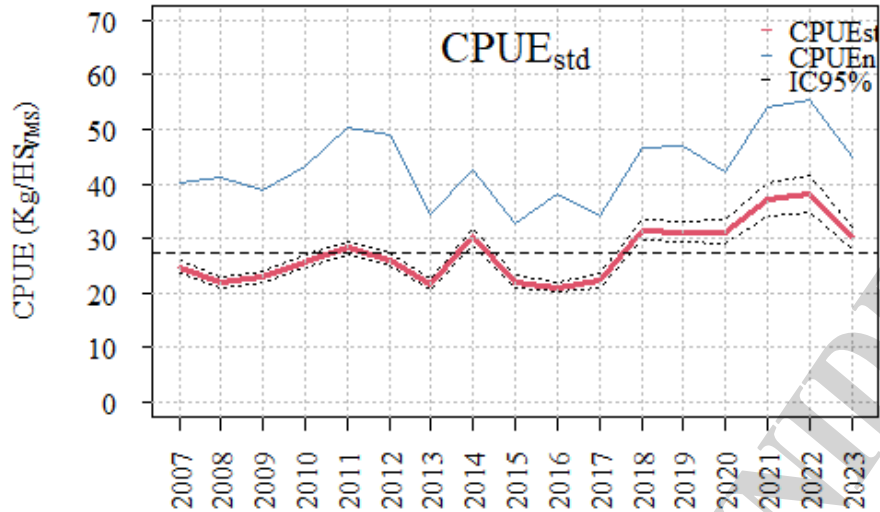


Figura 2. Tendencia de los valores medios del índice estandarizado ($CPUE_{std}$) para el grupo de lenguados con sus intervalos de confianza del 95% e índices nominales ($CPUE_n$).

Efectos puros e interacciones
Rectángulo de pesca (RP)

Respecto del análisis espacial, se observó que la variabilidad en los valores de $CPUE_{std}$ puede considerarse relativamente baja, ya que la mayoría de los valores están dentro de un rango de 20 unidades (Figura 3). Esto podría indicar que las condiciones de pesca en estas áreas son bastante estables. Los mayores valores de $CPUE_{std}$ (representados en rojo) se encontraron en la zona externa del Río de la Plata, entre los $35^{\circ}S$ y los $37^{\circ}S$, y entre las ciudades costeras de Mar del Plata y Necochea (al sur de los $38^{\circ}S$). El RP 3654 resultó el de mayor abundancia observada. Además, parece haber una disminución general en los valores de $CPUE_{std}$ hacia el sur y hacia el oeste

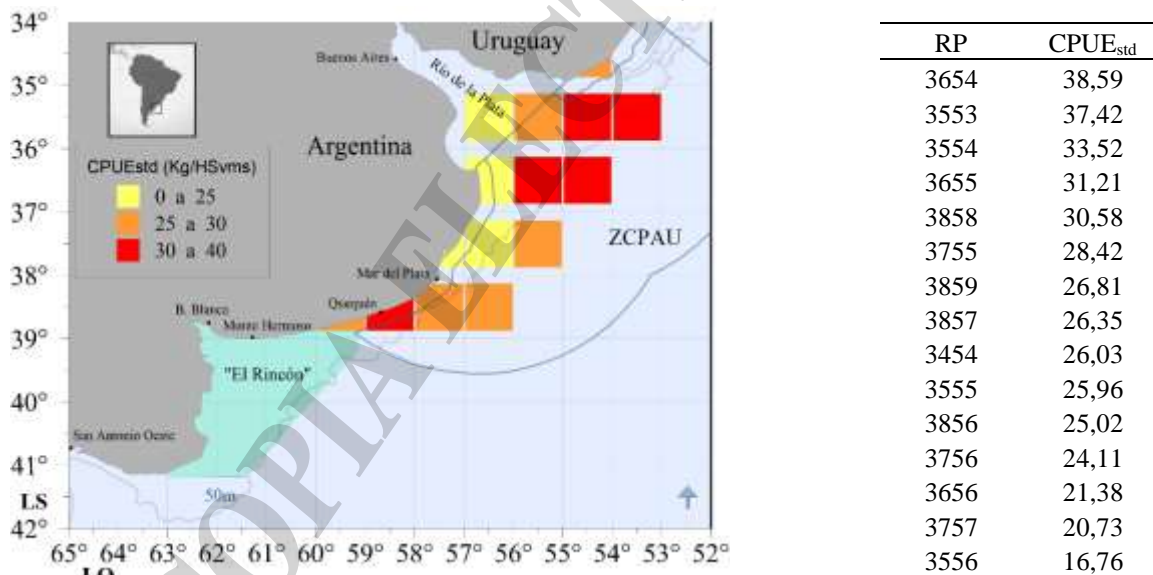


Figura 3: Efecto espacial (RP) del índice de abundancia del grupo Lenguados. Período 2007-2023.

La consideración anual de las zonas con mayores rendimientos medios, observados en la interacción Año:RP, indicó que los RP 3553 y 3654 fueron los más importantes de todo el período de estudio. Otras áreas relevantes para la pesquería se encontraron en los RP 3554, 3655, 3755, 3856 y 3858 (Figura 4).

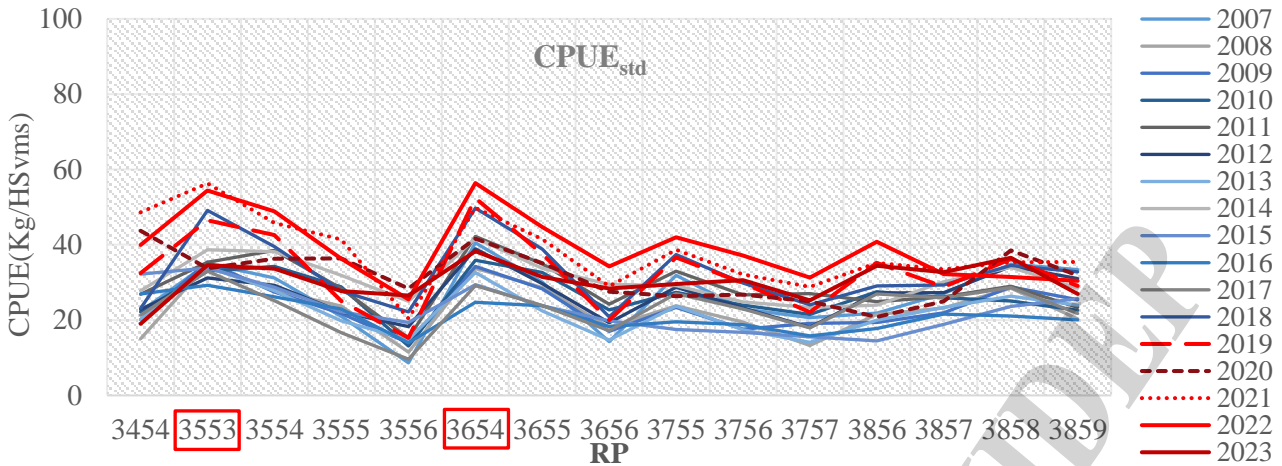


Figura 4: Efecto de la interacción Año:RP en la CPUE_{std} del grupo lenguados.

Efecto Temporal (Mes)

La tendencia mensual de la CPUE_{std} presentó variación estacional con un máximo en el mes de enero (40,99 Kg/HSvms) y un mínimo en agosto (16,33 Kg/HSvms). Se observó una disminución progresiva desde el inicio hasta mediados de año, alcanzando su punto más bajo en agosto, seguido de un incremento hacia el final del año (Figura 6).

Este mismo patrón fue observado a lo largo de todo el período de estudio (2007-2023) al analizar la interacción de primer orden Año:Mes. Además, se pudo observar que los rendimientos extraordinarios detectados en el año 2022 se explican por valores especialmente elevados en los meses de enero a marzo y septiembre a diciembre de dicho año y por el efecto de “inercia” observado en diciembre del 2021 (el valor medio mensual más elevado hasta ese momento), que en algunos casos indicaron máximos históricos para el periodo de estudio (Figura 6).

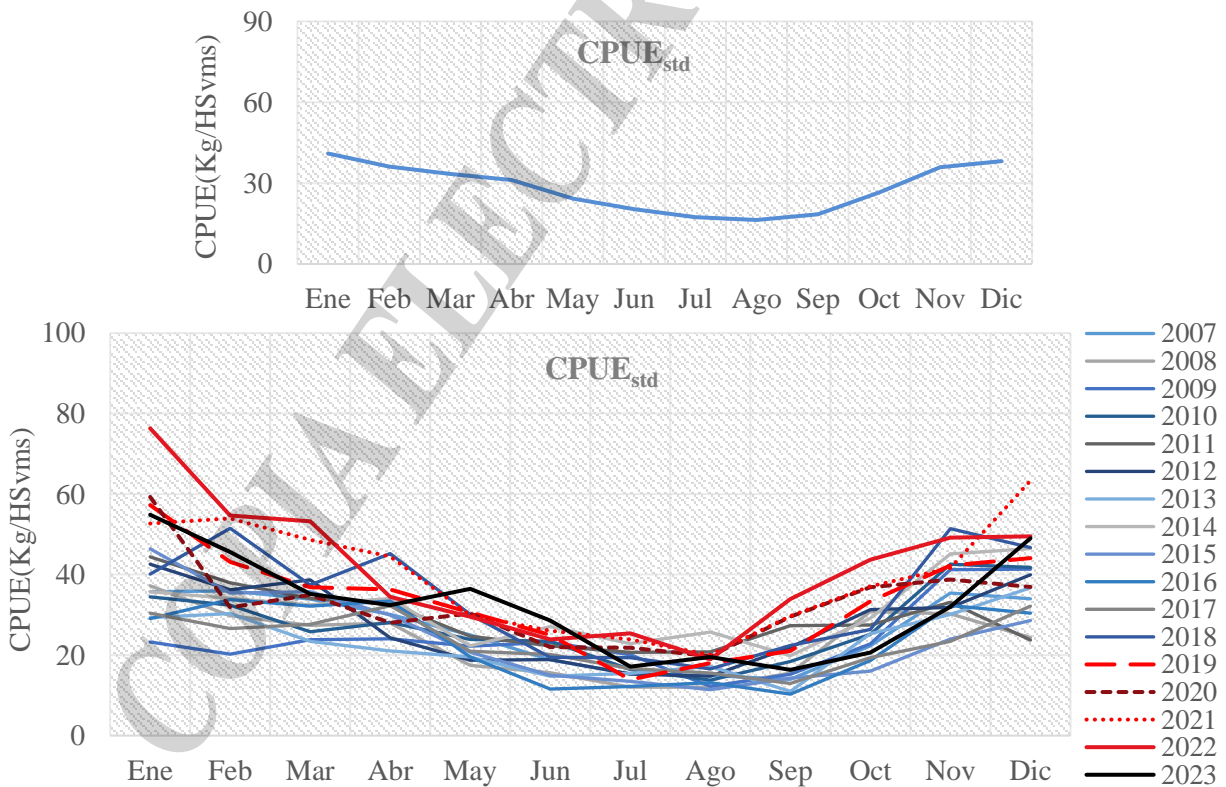


Figura 5: CPUE_{std} para el factor temporal puro (Mes - Arriba) e interacción de primer orden (Año:Mes - Abajo).



Conclusiones

El propósito de este estudio fue proporcionar un índice relativo de abundancia para el grupo multiespecífico de Lengüados para su incorporación en el modelo de evaluación referido al norte de los 39°S. El ejercicio de estandarización planteado contempló las características especiales de la pesquería de este recurso, utilizándose para tal fin, una detallada selección de la información. Se observó el correcto cumplimiento de los supuestos del MLG y un ajuste satisfactorio a los datos. El modelo utilizado explicó el 38,6% de la varianza, lo que indica que las variables consideradas fueron relevantes para describir la abundancia del recurso. Esto permitió concluir que el índice estandarizado obtenido en este trabajo es un indicador representativo de la abundancia anual del recurso.

Adicionalmente, se identificaron áreas clave con altos rendimientos medios, como los RP 3553 y 3654, que fueron destacados a lo largo de todo el estudio, junto con otras zonas relevantes para la pesquería de lengüados. Los resultados obtenidos en este trabajo son fundamentales para comprender la dinámica poblacional de los lengüados y contribuyen a informar decisiones de manejo sostenible de esta especie en el contexto pesquero actual.

Bibliografía

- Diaz de Astarloa JM. 1994. Las especies del género *Paralichthyidae* (Pices, Paralichthyidae) del Mar Argentino. Morfología y sistemática. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata: 194pp.
- Martínez Puljak G, Navarro G, Prosdocimi L, Sánchez R, Remes Lenicov M. 2018. Mejora de la resolución espacial de la información estadística de la flota pesquera Argentina. Informe DPyGP N° 6 /2018. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/informes_pesquerias/archivos//000001_Generales/180919_Informe%20DPyGP%20N6-18%20-%20Mejora%20de%20la%20resoluci%C3%B3n%20espacial.pdf
- Rico MR, Lagos AN. 2009. Lengüados del sistema costero bonaerense. Herramientas para la identificación de especies. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N°58/09, 15pp.
- Riestra, C. y Rodríguez, J. 2021 Análisis de la pesquería y estandarización de la CPUE del grupo lengüados en aguas del Tratado del Río de la Plata y aguas jurisdiccionales adyacentes al norte de los 39°S. Año 2020. Inf. Invest. INIDEP N°030/2021, 18pp.
- Rozycki V, Monsalvo M, Martínez Puljak G. 2023. Informe anual – Variado costero 2022. Informe DPP N° 4/2023. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/informes/pesquerias/_archivos//000010_Variado_costero/000030_Variado Costero Anual 2022.pdf