RENDIMIENTOS MÁXIMOS SOSTENIDOS DE LA PESQUERIA DE JUREL EN EL PACÍFICO SUR ORIENTAL

Dr. Eleuterio Yáñez Rodríguez
Profesor Titular PUCV (j)
eleuterio.yanez@pucv.cl

RESUMEN. Se analiza la pesquería de jurel (*Trachurus murphyi*) realizada en el Pacífico Sur Oriental (1973-2025), estimando rendimientos máximos sostenidos (RMS) de 999.715 t para el período interdecadal más frío de 1999-2025 y de 3.526.535 t para el más cálido de 1977-1998, con el modelo CLIMPROD seleccionado. Mientras que tomando en cuenta correcciones de capturas y de CPUE, con el mismo modelo se estiman RMS de 779.118 t para el período interdecadal más frío y de 4.188.902 t para el periodo interdecadal más cálido. Se recomienda considerar el plano espacial en la evaluación del jurel, como también la variabilidad climática y el cambio climático, para una mejor comprensión del estado del recurso y de sus proyecciones.

Introducción

El jurel (*Trachurus murphyi* Nichols 1920) presenta una amplia distribución en el Pacífico Sur, desde el ecuador hasta el sur de Chile, llegando hasta Nueva Zelanda y Tasmania (Serra, 1991; Poulin et al., 2004). La Organización Regional del Pacífico Sur (OROP-PS) registra capturas de jurel desde 1970, para los 16 países (incluida la Unión Europea) que lo explotan en el Pacífico Sur Oriental (PSO) (SPRFMO SC12-Report, 2024;SPRFMO SC14-JM0, 2026). Estas cifras indican un máximo de 4.955.186 t en 1995, disminuyendo dramáticamente a 353.120 t en 2013 y aumentando a 1.419.640 t en 2025 (Tabla 1). Los desembarques de Chile representan el 73% de las capturas totales registradas para el PSO entre 1970 y 2025. De este desembarque realizado en Chile, la mayor parte se realiza en la zona centro-sur del país, principalmente por la flota industrial de cerco (SERNAPESCA, 2008 - 2025).

Para garantizar la sostenibilidad de la pesca y salvaguardar el ecosistema marino, el manejo de esta pesquería en el Pacífico Sur Oriental lo realiza oficialmente la OROP-PS. La pesca de jurel en esta región es realizada por flotas cerqueras de zonas costeras de Chile, Perú y Ecuador, y por flotas arrastreras pelágicas de aguas lejanas de diversos países que operan más allá de la ZEE de los estados costeros. La OROP-PS utiliza un modelo estadístico de captura por edad para evaluar la población de jurel (SPRFMO SC12-Report, 2024).

En el presente trabajo se estiman rendimientos máximos sostenidos del jurel considerando, además del esfuerzo de pesca la variabilidad climática. El trabajo plantea la hipótesis de que, con la inclusión de la variabilidad ambiental se pueden lograr resultados diferentes en las evaluaciones del recurso.

Modelo de producción

En este trabajo se analiza la pesquería de jurel realizada en el PSO, de i = 1973 a 2025. Para tal efecto se considera la hipótesis de una sola unidad de stock y se toman en cuenta

anualmente (i = años): 1) la captura total (C_i), en toneladas (t), de todos los países que explotan el recurso en el PSO; 2) el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile (f), estimado como $CPUE_i = Cf_i / Ef_i$ (t/capacidad de bodega desplazada (CBD) * duración promedio del viaje de pesca (DPFP)); 3) el esfuerzo total de pesca extrapolado $E_i = C_i * Ef_i/Cf_i$; y 4) el promedio de la temperatura superficial del mar (°C), registrada por la NOAA ($TSM\text{-}NOAA_i$), entre los 32º S - 42º S y 71º W - 80º W (Tabla 1). Cabe señalar que las capturas de la zona centro-sur de Chile representan el 62% del total capturado en el PSO entre 1970 y 2024, resultando bastante representativas; ahora si le agregamos la pesca de cerco realizada en el norte de Chile, en Perú y Ecuador, este porcentaje aumentaría. Esta representación da suficiente seguridad en el calculo del esfuerzo de pesca extrapolado, aspecto central en esta forma de calculo cuando se trabaja con una fracción de las flotas de pesca (Laurec y Leguen, (1980), forma de cálculo utilizada por Plaza et al. (2026).

Payá (2025, 2026) señala, en los dos trabajos, que las capturas comerciales y los estudios acústicos en la zona central de Chile muestran que el jurel ha estado altamente concentrado en las aguas costeras durante los últimos años. La CPUE podría verse afectada por este elevado aumento de la concentración del recurso y recomienda, entonces, precaución al utilizar este índice que estaría sobreestimando su abundancia. Por tal motivo utilizó una relación lineal entre la CPUE y el área de distribución del recurso para corregir la CPUE del 2000 al 2025. Este índice lo utilizamos para corregir nuestras estimaciones de CPUE, estimadas como: capturas (t), divididas por la CBD de la flota y por la DPFP, mostrando una situación bastante menos optimista que la que muestra la CPUE sin corrección (Tabla 1). Además se consideran correcciones de las capturas de jurel, que implicarían aumentos en la zona centro-sur de Chile de 79% en 1998, 95% en 1999, 63% en 2000 y 115% en 2001 (Aranís et al., 2010).

En el análisis se ajustan modelos globales de producción que consideran la variabilidad ambiental (Fréon et al., 1993; Fréon & Yáñez, 1995), utilizando la versión del programa CLIMPROD 5.0 de 2021 (www.researchgate.net/publication/350399949). Las estimaciones del rendimiento máximo sostenido (RMS) se realizan no considerando y considerando las correcciones de las capturas y CPUE antes mencionadas. Dichas estimaciones se hicieron para el período interdecadal más cálido de 1977-1998 (de un promedio anual de 13,7540 °C) y del período interdecadal más frío de 1999-2025 (de un promedio anual de 12,9491) (Tabla 1). Este último incluye el periodo de 2015-2017, de sucesivos fenómenos “El Niño” (Garreaud, 2018).

Resultados

Para ajustar los modelos CLIMPROD se consideran 5 clases de edad participando significativamente en las capturas (SPRFMO SC12-Report, 2024), el reclutamiento a los 2 años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años (Espíndola et al., 2016. Así, para la pesquería del período 1973-2025 se ajusta el siguiente modelo, sin considerar las correcciones de capturas y CPUE:

$$\mathbf{CPUE = ((a\ TSM^b) + d\ E)^{(1/c-1)}} \qquad \mathbf{(1)}$$

R^2 = 0,83 ($p<0.01$); R^2 Jackknife = 0,82; test Jackknife = bueno para los cuatro parámetros del modelo: a = 0,00874 ($p<0.01$), b = 2,07263 ($p<0.01$), c = 1,10873 ($p<0.01$ y d = - 1,2466 E-5 ($p<0.05$)

Este ajuste incorpora una relación no lineal entre CPUE y TSM, dentro del modelo de producción generalizado de Pella y Tomlinson (1969). Con el fin de tener una aproximación de la contribución relativa de ambas variables explicativas, se ajustan el modelo exponencial (dado que el valor de c en el modelo (1) queda cerca de 1) **CPUE = a exp (b * E) (**R^2 = 0,38) y el modelo lineal **CPUE = a + b TSM** (R^2 = 0,56), mostrando una relevancia mayor la TSM.

El modelo (1) se ajusta ahora tomando en cuenta las correcciones de las capturas y CPUE antes mencionadas, con los siguientes resultados:
:
R^2 = 0,88 ($p<0.01$); R^2 Jackknife = 0,87 ; test Jackknife = bueno para los 4 parámetros del modelo ($p<0.01$): a=0,02052, b=1,63044, c=1,06137 y d= - 4,1827 E-6. En este caso las contribuciones relativas de ambas variables fueron: **CPUE = a exp (b * E) (**R^2 = 0,45) y **CPUE = a + b TSM** (R^2 = 0,64).

Los rendimientos máximos sostenidos (RMS) se calculan como los máximos de las curvas de equilibrio, estimadas considerando como constantes las TSM promedios anuales de los dos períodos interdecadales, obteniendo los siguientes resultados:

Sin correcciones de capturas y CPUE:

3.526.535 t (13,7450 °C, promedio anual del período 1977-1998)
999.715 t (12,9491 °C, promedio anual del período 1999-2025)

y con correcciones de capturas y CPUE:

4.188.902 t (13,7450 °C, promedio anual del período 1977-1998)
779.118 t (12,9491 °C, promedio anual del período 1999-2025)

Comentarios

Recordar que para el período 1999-2025 en este trabajo se estima un RMS cercano o menor a un millón de toneladas para el período interdecadal frío de 1999 al 2025, dependiendo si o no se consideran correcciones de capturas y CPUE en el modelo de producción seleccionado (1). En tanto, la OROP-PS informa una captura total en el PSO para el 2025 equivalente a 1.419.119 t (SPRFMO SC14-JM01. 2026).

El jurel implicó en el PSO capturas cercanas a 5 millones de t en 1995, que caen a 402.681 t de promedio anual en el período 2012-2017, aumentando a 942.098 t anuales en el período 2018-2025 (Tabla 1): el jurel se estaría recuperando de una importante sobre-explotación. Pero, los eventos ambientales también influirían en la abundancia del jurel y probablemente en su disponibilidad, durante los cuales se observan los residuos mayores del modelo CLIMPROD seleccionado (1). En el presente trabajo se analizan las fluctuaciones temporales de las variables tomadas en cuenta; sería recomendable incluir otras variables climáticas

(Naranjo et al., 2015), y características relevantes de la historia de vida del recursos y de sus relaciones interespecíficas. Además se recomienda considerar la dimensión espacial, incluyendo la variabilidad ambiental y el cambio climático en las evaluaciones sobre el estado del recurso y sus proyecciones (Yáñez et al., 1992; Silva et al., 2015, 2016; Yáñez et al., 2018).

Referencias

Aranis A., L. Caballero, A. Gómez, G. Rosson, M. González, F. Cerna, V. Bocic, A. López, C. Machuca, F. Espíndola, C. Vera, Z Young, H. Miranda. 2010. Informe Final, Investigación Situación Pesquería Pelágica Zona Centro-Sur, 2009. Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Subsecretaría de Pesca, Inst. Fom. Pesq. Valparaíso, Chile. 188p + Anexos.

Espíndola, F., Quiroz, J.C., Wiff, R., Yáñez, E. 2016. Incorporating sea surface temperature into stock-recruitment relationship: Application to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. Revista de Biología Marina & Oceanografía. Vol. 51 (1): 137-145.

Fréon, P., G. Pichon, C. Mullon. 1993. CLIMPROD: experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. FAO, Computerized Information Series Fisheries 5, 76 pp.

Fréon, P., Yáñez. 1995. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: una aproximación con modelos globales de producción. Invest. Mar., Valparaíso, 23: 25-47.

Garreaud, R. 2018. Tres Niños Sorprendentes. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile. Boletín Técnico, Vol. 5, Nº 1, 9 paginas.

Laurec, A., Le Guen, J.C. 1980. Dinamique des populations marines exploitées. Tome 1, Concepts et modeles. Publications du Centre National pour l'Explotation des Oceans, France. Rapports Scientifique et Techniques N°45, 117 pp.

Naranjo, L., F. Plaza, E. Yáñez, M. Á. Barbieri, F. Sánchez. 2015. Forecasting of jack mackerel landings in central-southern Chile through neural networks. Fisheries Oceanography, Vol. 24 (3): 219–228.

Payá, I. 2025. Update on the Chilean Jack Mackerel CPUE Index and Acoustic Biomass Estimates in Chile. 13th SPRFMO SC Meeting, SC13-JM04: 1-21.

Payá, I. 2026. Update on the Chilean Jack Mackerel (Trachurus murphyi) CPUE Index based on fishing trip database and Acoustic Biomass Estimates in Chile. 14th SPRFMO SC Meeting, SC13-JM15: 1-21.

Pella, J.J., P.K. Tomlinson. 1969. A generalized stock production model. IATTC Bull., 13 (3): 419-496.

Poulin, E., L. Cárdenas, C.E. Hernández, I. Kornfield, F.P. Ojeda. 2004. Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerel using mitochondrial DNA sequence. Journal of Fish Biology 65: 1160-1164.

SERNAPESCA. 1982-2024. Anuarios estadísticos de desembarque. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Chile.

Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*. Invest. Pesq. (Chile), 36: 67-83.

Silva, C., I. Andrade, E. Yáñez, S. Hormazábal, M.Á. Barbieri, A. Aranís y G. Böhm. 2016. Predicting habitat suitability and geographic distribution of anchovy (*Engraulis ringens*)

due to climate change in the coastal areas off Chile. Progress in Oceanography 146:159-174.

Silva, C., E. Yáñez, M. A. Barbieri, C. Bernal, A. Aranis. 2015. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. Progress in Oceanography, 134: 343–355.

SPRFMO SC11-Report. 2023. Annex 7. Jack Mackerel Technical Annex. Scientific Committee**,** South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO), 114 pp.

SPRFMO SC12-Report. 2024. Annex 7. Jack Mackerel Technical Annex. Scientific Committee**,** South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO), 94 pp.

SPRFMO SC13-Report. 2025. C13–JM 01_rev 2 (10 Sept) Catch history of Trachurus murphyi, summary to 2024 and 2025 year-to-date. Scientific Committee**,** South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO), 8 pp.

SPRFMO SC14-JM01. 2026. Catch history of Trachurus murphyi (incl. Annex 1 reformatted 27 Aug).

Yáñez, E., M.A. Barbieri y L. Santillán. 1992. Long-term environmental variability and pelagic fisheries in Talcahuano, Chile. *In*: Benguela Trophic Functioning. Payne, A.I.L., Brink, K.H., Mann, K.H. and R. Hilborn (Eds). S. Afr. J. mar. Sci. 12: 175-188.

Yáñez, E., Lagos, N., Norambuena, R., Silva, C., Letelier, J., Muck, P., San Martin, G., Benítez, S., Broitman, B., Contreras, H., Duarte, C., Gelcich, S., Labra, F., Lardies, M., Manríquez, P., Quijón, P., Ramajo, L., González, E., Molina, R., Gómez, A., Soto, L., Montecino, A., Barbieri, M.A., Plaza, F-.Sánchez, F., Aranis, A., Bernal., Böh, G. 2018. Impacts of Climate Change on Marine Fisheries and Aquaculture in Chile (Chapter 10). In: Phillips F. Bruce & Mónica Pérez.Ramírez (Editores). Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis. Editorial Wiley, Volume 1, Chapter 10, pp. 239-332.

Tabla 1. Capturas de la OROP-PS, esfuerzos totales de pesca estrapolados y TSM-NOAA en el PSO (1973-2025).
(datos de entradas a CLIMPROD)

Años	Capturas (t)	Esfuerzos de pesca (CBD*DPFP/1000)	TSM-NOAA (°C)
1973	164.376	3.210	13,117
1974	322.723	8.583	13,208
1975	299.104	3.920	13,294
1976	396.458	3.505	13,297
1977	848.071	5.609	13,678
1978	1.024.764	4.581	13,774
1979	1.301.611	5.047	13,856
1980	1.316.363	4.925	13,939
1981	1.944.670	4.572	13,831
1982	2.371.611	5.217	13,916

1983	1.870.262	3.051	13,979
1984	2.686.902	5.005	13,466
1985	2.370.934	4.701	13,742
1986	2.072.848	5.056	13,629
1987	2.679.764	5.362	14,022
1988	3.245.699	7.290	13,467
1989	3.547.077	8.717	13,723
1990	3.714.757	10.464	13,463
1991	3.777.618	10.338	13,502
1992	3.361.674	10.388	13,54
1993	3.369.598	12.240	13,588
1994	4.274.793	15.792	13,898
1995	4.955.186	18.224	13,711
1996	4.378.844	18.117	13,761
1997	3.597.117	20.865	13,981
1998	2.025.758*	14.216	13,924
1999	1.423.447*	9.477	13,068
2000	1.540.318*	9.681	12,757
2001	2.527.725*	14.502	12,929
2002	1.750.077	12.170	12,765
2003	1.797.229	13.523	13,193
2004	1.934.411	12.610	13,297
2005	1.754.673	12.110	13,088
2006	2.020.136	13.477	13,099
2007	1.996.975	18.056	12,213
2008	1.472.631	22.938	13,242
2009	1.283.473	19.242	12,953
2010	726.573	15.795	12,337
2011	634.125	22.728	12,721
2012	454.746	9.187	13,12
2013	355.539	8.911	12,927
2014	415.366	10.989	12,827
2015	395.210	10.710	13,527
2016	389.101	7.585	13,889
2017	406.126	5.174	13,556
2018	527.539	6.341	13,514
2019	635.569	5.314	13,188
2020	725.945	3.400 (10.622)**	12,843
2021	802.048	3.825 (12.518)**	12,592
2022	961.428	4.431 (14.068)**	12,764
2023	1.134.612	5.014 (18.973)**	12,656
2024	1.296.740	6.522 (20.239)**	11,928
2025	1.419.640	6.693 (20.772)**	12,632

* cifra no corregida como se menciona en el texto
** estimado con la CPUE corregida