

LA PESQUERÍA DE JUREL EN EL PACÍFICO SUR ORIENTAL (1973-2022): ESTIMACIONES DEL RENDIMIENTO MÁXIMO SOSTENIDO

Eleuterio Yáñez¹, Antonio Aranís² & Pierre Fréon³

¹Profesor Titular Pontificia Universidad Católica Valparaíso
(eleuterio.yanez@pucv.cl)

²Investigador en Pesquerías (antonio.aranis.r@gmail.com)

³Científico Pesquero (pierre.freon@free.fr)

El jurel (*Trachurus murphyi* Nichols 1920) se distribuye desde el sur del Ecuador hasta el sur de Chile (1°38' S - 55° S) y desde las costas del Pacífico Sur Oriental (PSO) hasta Nueva Zelandia (Serra, 1991; Poulin et al., 2014). La Organización Regional del Pacífico Sur (OROP-PS) registra capturas desde 1970 para los 16 países (incluida la Unión Europea) que explotan el jurel en el PSO (SPRFMO SC10-Report, 2022).

Estos indican un máximo de 4.955.186 t en 1995, disminuyendo drásticamente a 353.120 t en el 2013 y que aumentarían a 928.852 t en el 2022. Los desembarques de Chile representan el 73% de las capturas registradas para el PSO entre 1970 y 2022. En Chile el jurel es capturado por embarcaciones artesanales e industriales de cerco, representando éstas últimas cerca del 87% de los desembarques del recurso en el país en 2018-2022 (SERNAPESCA, 1918 - 2022).

En este trabajo se analiza la pesquería de jurel realizada en el PSO entre 1973 y 2022. Para tal efecto se considera la hipótesis de una sola unidad de stock (Parada et al., 2013) y se toman en cuenta: 1) la captura (C) de todos los países que explotan el recurso en el PSO; 2) el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca estándar (CPUE), deducido de los registros del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile; 3) el esfuerzo de pesca estándar ($E = C/CPUE$); y 4) la temperatura superficial del mar (TSM) registrada por la NOAA entre los 32° S - 42° S y 71° W - 80° W.

En el análisis se ajustan modelos globales de producción que consideran la variabilidad ambiental (Fréon et al., 1993; Fréon & Yáñez, 1995), usando la versión del programa CLIMPROD 5.2 (2021). Además se consideran correcciones de las capturas chilenas 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 (Yáñez et al., 2016). Estas diferencias, que se deben confirmar, se deberían a “dificultades” para identificar el jurel en presencia de otros recursos abundantes como la sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur, y la caballa (*Scomber japonicus*) en la zona norte. Por otra parte, la CPUE ocupada en la evaluación del stock parece estar sobre estimada en más del doble en el 2020, 2021 y 2022 en la zona centro-sur de Chile, debido a una fuerte concentración del recurso cerca de la costa (Payá, 2022).

Así, para la pesquería del período 1973-2022 se ajusta el siguiente modelo que considera el efecto del ambiente (TSM) y del esfuerzo de pesca (E), empleado anteriormente por Yáñez et al. (2021, 2022):

$$CPUE = (-a + b \text{ TSM}) e^{-cE}$$

El modelo considera $k = 5$ (clases de edad significativas en las capturas), un reclutamiento (R) = 2 años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años (Espíndola *et al.*, 2016). Para estimar el rendimiento máximo sostenido (RMS) se consideran como constantes las TSM promedios anuales de los períodos 2018-2021 (más cálida) y 1994-2014 (más fría). Además se toman en cuenta las C anuales no corregidas y corregidas de 1998-2001, y las CPUE promedios anuales no corregidas y corregidas de 2020-2022. De este modo se estiman, respectivamente con las TSM más fría y más cálida:

- sin correcciones de C y CPUE ($R^2 = 0,84$ $p < 0.01$; R^2 Jackknife = 0,82; test Jackknife = good, sobre los 3 parámetros del modelo), **RMS de 560.685 t y 989.477 t**;

- con correcciones de C y de CPUE ($R^2 = 0,83$; R^2 Jackknife = 0,80 $p < 0.01$; test Jackknife = bueno, sobre los 3 parámetros del modelo), **RMS de 438.582 y 920.037 t**.

Este modelo es aceptado estadísticamente, aunque presenta algunos problemas. Con las bajas temperaturas observadas los pronósticos de CPUE y capturas resultan negativos. Además, los residuos entre las CPUE estimadas y observadas presentan una cierta tendencia al aumento y los residuos de la CPUE versus E o versus TSM presentan una cierta heterocedasticidad.

Cabe señalar que durante el 2015-2018 se desarrolla un período más bien cálido asociado a sucesivos fenómenos El Niño, eventos que aumentarían la disponibilidad y por ende la CPUE, y no necesariamente la abundancia del recurso. Por otra parte, en el 2020 se manifestó una TSM promedio anual bastante fría, lo que no fue previsto por Yáñez *et al.* (2020) usando este mismo modelo.

También se considera el siguiente modelo, que presenta una cierta mejor performance:

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

Este modelo incorpora una relación no lineal entre CPUE y TSM, dentro del modelo de producción generalizado de Pella y Tomlinson (1969). El modelo considera igualmente $k = 5$, $R = 2$ años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años. Para estimar el RMS se consideran como constantes las TSM promedios anuales de los períodos 2018-2021 (más cálida) y 1994-2014 (más fría). Además se toman en cuenta las C anuales no corregidas y corregidas de 1998-2001, y las CPUE promedios anuales no corregidas y corregidas de 2020-2022. De este modo se estiman, respectivamente con las TSM más fría y más cálida:

- sin correcciones de C y CPUE ($R^2 = 0,87$ $p < 0.01$; R^2 Jackknife = 0,86; test Jackknife = bueno, sobre los 4 parámetros del modelo ; $p < 0.01$), **RMS de 779.151 t y 991.139 t**;

- con correcciones de C y de CPUE ($R^2 = 0,88$; R^2 Jackknife = 0,87 $p < 0.01$; test Jackknife = bueno, sobre los 4 parámetros del modelo; $p < 0.01$), **RMS de 673.626 y 892.231 t**.

Cabe señalar que la Comisión de la **OROP-PS adoptó para el 2023** una captura total permisible de **1.035.000 t** (SPRFMO SC10-Report, 2022). Por otra parte, se constata que el presente análisis muestra ciertas diferencias al usar los datos de C y CPUE corregidos y sin corregir. También que el período 1983-1998 es más bien cálido con un promedio anual de 13,712 °C y capturas bastante más altas (3.318.098 t de promedio anual) que las de los seis años más recientes (entre 400.000 y 930.000 t). En tanto que el promedio del período 1999-2014 es más frío (12,909°C) y aún más la TSM promedio anual del 2020 (12,843) 2021 (12,592 °C) y 2022 (12,764). Por otro lado, se observa una disminución de la TSM al comparar el promedio anual del período cálido de 2015-2018 (13,622°C), con el promedio anual de 2019 (13,188°C). Yáñez et al. (2020) analizan los datos de 1983 al 2019 y consideran para el pronóstico la TSM de 2019 y no la que realmente se dio en el 2020, lo que podría implicar una sobre estimación de las capturas pronosticadas. En el presente trabajo se supone que el enfriamiento no seguirá y que las condiciones volverían a las de 1999-2014, razón por la cual la TSM promedio anual de este período es considerada en los pronósticos; aunque también consideramos la temperatura promedio de 1998-2021 (13,034°C). La de 1999-2014 fue otra de las dos TSM consideradas por Yáñez et al. (2020). Por otra parte, un posible aumento de la disponibilidad se podría dar por una migración del jurel hacia el sur debido a los efectos del cambio climático, tal como sucedería con el pez espada (Silva et al., 2015).

Recordar que este recurso implicó capturas cercanas a 5 millones de t en 1995, las que caen a 400.000 t de promedio anual en el período 2012-2017, aumentando a 725.924 t anuales en el período 2018-2022. El recurso jurel se estaría recuperando de una gran sobre explotación, cuyo costo para el ecosistema no ha sido evaluado, toda vez que junto a este recurso se capturan otras 42 especies. Por otra parte, en el presente trabajo se consideran las fluctuaciones interanuales de las variables analizadas; sería recomendable incluir las variaciones intraanuales haciendo uso de información mensual de éstas y otras variables que podrían incluirse en los análisis (Naranjo et al., 2015).

Referencias

- Espíndola, F., J.C. Quiroz, R. Wiff & E. Yáñez. 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. & E. Yáñez. 1995. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: una aproximación con modelos globales de producción. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 23: 25-47.
- 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.
- Parada, C., B. Yannicelli, S. Hormazábal, S. Vásquez, J. Porobic, B. Ernst, C. Gatica, M. Arteaga, A. Montecinos, S. Núñez & A. Gretchina. 2013. Environmental variability and fisheries in the southeastern Pacific: research status and challenges for fisheries

- management. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(1): 1-28.
- Payá, I. 2022. High fish concentrations close to the coast in recent years could affect the Jack Mackerel CPUE abundance index in south-central Chile: proposal of a correction procedure. 10th SPRFMO SC Meeting, SC10-JM05: 1-14.
- 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. 1982-2022. 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.
- SPRFMO SC10-Report. 2022. Annex 10. Jack Mackerel Technical Annex. Scientific Committee, South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO), 87 pp.
- Yáñez, E., A. Aranís, L. Caballero & C. Silva. 2020. Capturas totales permisibles de jurel (*Trachurus murphyi*) en el Pacífico Suroriental. *Revista Versión Diferente*, Año 17, N°32: 68-69.
- Yáñez, E., A. Aranís & C. Silva. 2021. La explotación del jurel en el Pacífico Sur Oriental (1973-2020): Estimaciones del rendimiento máximo sostenido. *Revista Versión Diferente*, Año 18, N°33: 58-59.
- Yáñez, E., F. Plaza, P. Fréon & A. Aranís. 2022. La pesquería del jurel en el Pacífico Sur Oriental: estimaciones del rendimiento máximo sostenido. The jack mackerel fishery from the southeastern Pacific (1973-2021): maximum sustainable yield estimations. *Revista Versión Diferente*, Año 19, N°35: 64-67.
- Yáñez, E., C. Silva, M.Á. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranís, A. Parés & F. Plaza. 2016. Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático. Informe Final Proyecto FONDEF D11I1137, CONICYT, 46 pp. + Anexos.

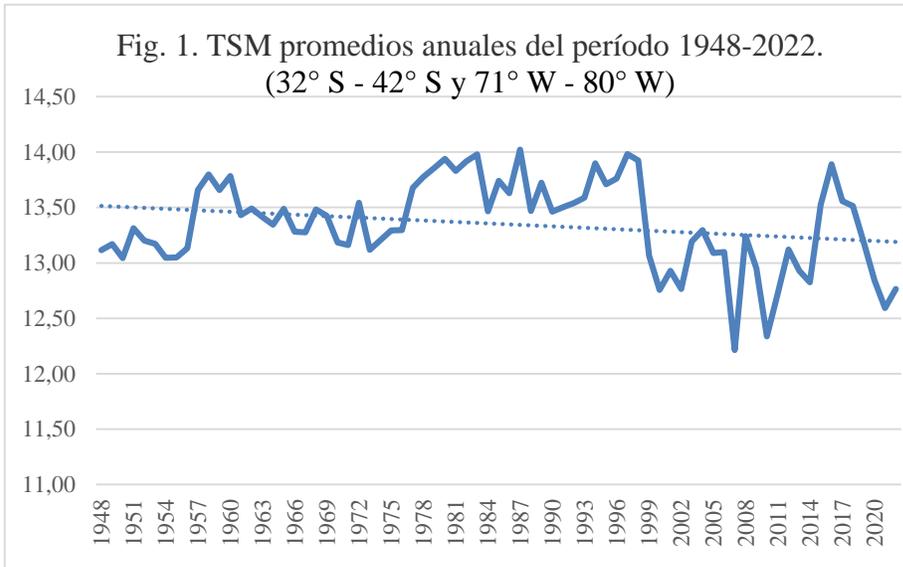


Fig. 2. RMS (máximos de las curvas) del jurel en el PSO para dos ambientes (más cálido arriba; más frío abajo).

