

CAPTURAS TOTALES PERMISIBLES DE JUREL (*Trachurus murphyi*) EN EL PACIFICO SUR ORIENTAL

Eleuterio Yáñez¹, Antonio Aranís², Leonardo Caballero², Claudio Silva³

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

²Instituto de Fomento Pesquero

antonio.aranis@ifop.cl, leonardo.caballero@ifop.cl

³Investigador Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
claudio.silva@pucv.cl

Se analiza nuevamente la pesquería de jurel desarrollada en el Pacífico Sur Oriental (PSO), considerando la hipótesis de una sola unidad de stock. Para tal efecto se toman en cuenta, del período 1983-2019: la captura (C) de los países que explotan el recurso en el PSO; el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca estándar (CPUE), de la flota industrial de la zona centro-sur de Chile; el esfuerzo de pesca estándar ($E = C/CPUE$); y la temperatura superficial del mar (TSM), registrada con satélites NOAA, de la zona comprendida entre los 32° - 42° S y 71° - 80° W. Las capturas de la flota chilena industrial del centro-sur, registradas por el Instituto de Fomento Pesquero, representan en dicho período el 59% de las capturas realizadas en el PSO y entre ambas una relación lineal ($y = 0,6935 x - 232.288$) con un alto grado de ajuste ($R^2 = 0,86$). En el análisis se usan redes neuronales artificiales (RNA) del tipo perceptrón multicapa, ampliamente utilizadas en ciencia pesquera (Suryanarayana, 2008), y modelos de producción que consideran la variabilidad ambiental (CLIMPROD; Fréon & Yáñez, 1995). Adicionalmente se consideran correcciones de las capturas chilenas de jurel que implicarían aumentos en la zona centro-sur del orden de 1,79 (1998), 1,95 (1999), 1,63 (2000) y 2,15 (2001) (Yáñez et al., 2016). Estas diferencias se deberían a “dificultades” para identificar el recurso en presencia de otros abundantes como la sardina común (*Strangomera bentincki*) en la zona centro-sur, o la caballa (*Scomber japonicus*) en la zona norte. También se revisaron los datos mensuales de la flota industrial de cerco del centro-sur de Chile, afinando particularmente las del período 2017-2019, lo que las diferencia de las usadas por Yáñez et al. (2019).

En la aplicación de RNAs se descartan variables correlacionadas y de menor peso, determinando finalmente como variables de entrada la TSM registrada con satélites NOAA y el E (ambas con desfases en el tiempo), de acuerdo con lo planteado por Naranjo et al. (2015) y Yáñez et al. (2016). Este trabajo presenta una actualización del ajuste de los modelos presentados en dichos trabajos, entrenados y validados con datos seleccionados en forma aleatoria de los datos mensuales del período 1983-2018. Finalmente, el modelo seleccionado presenta una varianza explicada de 79%, un índice de persistencia (PI) de 0,82 (lo ideal es 1) y un error estándar de predicción del 50%, indicando un cierto grado de dispersión. Así, las capturas mensuales de jurel pueden ser explicadas con el esfuerzo de pesca del mes ($E_{(t-0)}$) y de meses anteriores ($E_{(t-36)}$ y $E_{(t-12)}$), y tres TSM desfasadas ($TSM_{(t-50)}$, $TSM_{(t-18)}$ y $TSM_{(t-14)}$). Estos resultados, consistentes con los publicados en los trabajos antes mencionados, muestran como las capturas del jurel pueden ser explicadas entonces por el esfuerzo de pesca (del mes y de meses previos) y adicionalmente con las condiciones ambientales en la zona de pesca (de meses previos), variables que afectan la abundancia y probablemente también

la disponibilidad del recurso. Con este modelo de RNA y replicando el esfuerzo de pesca y la TSM de 2019, y el esfuerzo de pesca de 2019 y la TSM del período más bien frío de 1999-2014, se simulan desembarques mensuales de jurel para el año 2020, estimando una captura anual permisible de 1.167.933 toneladas para ambas condiciones pesca-ambiente. Con el mismo modelo, pero ajustado sin considerar las correcciones de las capturas chilenas del período 1998-2001, se obtiene una varianza explicada de 59%, un PI de 0,60 y una dispersión del 66% en la validación del modelo, con el cual se estima una captura total permisible de 807.347 toneladas también para ambas condiciones pesca-ambiente. Al usar el esfuerzo de pesca de 2019 y ambas TSM no se produce ninguna diferencia en las estimaciones, mostrando la importancia del esfuerzo de pesca. Cabe señalar que Yáñez y Aranís (2019) estiman capturas permisibles utilizando una proyección de la TSM que considera el escenario A2 del cambio climático.

Por otra parte, para la pesquería desarrollada en el período 1983-2019, se ajusta y valida el siguiente modelo de producción CLIMPROD:

$$\text{CPUE} = (a e^{-bE})$$

Con $k = 5$ clases significativas en las capturas, consideradas en el recalcu del esfuerzo de pesca promedio del año, se logra un $R^2 = 0,33$, con un R^2 Jackknife = 0,19 y un T Jackknife = bueno.

Sin embargo, también se ajusta y valida el siguiente modelo mostrando la influencia del ambiente:

$$\text{CPUE} = -a + b \text{ TSM}$$

Con $k = 5$ y R (reclutamiento) = 2 años, el cual es afectado por el ambiente (Espíndola *et al.*, 2016), se logra un $R^2 = 0,59$, con un R^2 Jackknife = 0,52 y un T Jackknife = bueno.

Finalmente, al considerar ambas variables explicativas se logra el siguiente modelo:

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

Con $k = 5$, $R = 2$ años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años, aunque también es altamente probable un efecto del ambiente sobre la disponibilidad (Yáñez *et al.*, 2016), se logra un $R^2 = 0,71$, con un R^2 Jackknife = 0,63 y un T Jackknife = bueno. La varianza de la CPUE = 0,011254 y la varianza residual = 0,003210. En tanto que los parámetros de la ecuación y sus desviaciones estándar (s) son: $a = -5,4634198158$ y $s = 1,48043458$, $b = 0,4314891253$ y $s = 0,1161389607$, y $c = -0,0000000424$ y $s = 0,0000000165$.

Cabe señalar que durante el 2015-2018 se desarrolla un período cálido asociado a fenómenos El Niño, eventos que aumentarían la disponibilidad y por ende la CPUE, y no necesariamente la abundancia del recurso. Luego con el modelo CLIMPROD se estimaron, con réplicas del esfuerzo de pesca de 2019 y de la TSM promedio anual de 2019, y con el esfuerzo de pesca

de 2019 y la TSM promedio anual del período 1999-2014, capturas permisibles de 965.653 toneladas y 439.617 toneladas para ambas condiciones ambientales respectivamente.

Si utilizamos el modelo de la misma manera, pero sin considerar las correcciones de las capturas de Chile y con $k = 4$ (porque con $k = 5$ el modelo nos da un T Jackknife = malo), el ajuste muestra un $R^2 = 0,61$, con un R^2 Jackknife = 0,49 y un T Jackknife = bueno. La varianza de la CPUE = 0,013496 y la varianza residual = 0,005247. En tanto que los parámetros de la ecuación y sus desviaciones estándar (s) son: $a = -4,8387775865$ y $s = 1,8070283578$, $b = 0,3835414691$ y $s = 0,1420907403$ y $c = -0,0000000397$ y $s = 0,0000000249$. Con este modelo se estiman respectivamente capturas totales permisibles de 946.477 y 472.123 t. El análisis no muestra diferencias significativas al usar los datos corregidos y los sin corregir, pero si al usar las dos TSM mencionadas.

Estamos considerando entonces una disminución de la TSM, al comparar el promedio anual del período cálido de 2015-2018 (13,6212°C), con el promedio anual de 2019 (13,1879°C); en tanto que el promedio del período 1999-2014 es de características más bien fría (12,9013°C). Cabe considerar que el período 1983-1998 muestra un período más bien cálido con un promedio anual de 13,7122 °C y capturas bastante más altas que las más recientes. Cabe señalar que el Comité Científico de la OROP del Pacífico Sur recomendó para el 2020 una captura total permisible de 680.000 toneladas, favoreciendo la recuperación del recurso.

Finalmente cabe recordar que este recurso implicó capturas cercanas a los 4,4 millones de toneladas en Chile (y 4,9 toneladas en el PSO) en 1995, las que caen a cerca de 300.000 t en Chile (y a cerca de 400.000 t en el PSO) en los últimos años. ¿Cómo entender esta dramática caída en las capturas de jurel?

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. & 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.
- Suryanarayana, I., Braibanti, A., Sambasiva Rao, R., Ramam, V. A., Sudarsan, D., & Nageswara Rao, G. 2008. Neural networks in fisheries research. *Fisheries Research*, 92(2-3), 115–139.
- Yáñez, E. & A. Aranís. 2019. Estimación de capturas permisibles de jurel en el Pacífico sur oriental. *Revista Versión Diferente*, Año 17, N° 31, 56-57.
- 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.

Yáñez, E., F. Plaza, C. Silva, F. Sánchez, M.A. Barbieri & A. Aranís. 2016. Pelagic resources landings in central-southern Chile under the A2 climate change scenario. *Ocean Dynamics*, Vol. 66, Issue 10: 1333–1351.