



INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

INVESTIGACIÓN RECURSOS BIOACUÁTICOS Y SU AMBIENTE

PROGRAMA PECES PELÁGICOS PEQUEÑOS

Modelos a Utilizar en la Evaluación del Estado de las Poblaciones de los principales Peces Pelágicos Pequeños

La metodología para establecer el estado de los stocks de pelágicos pequeños, inicia a partir de estimar los índices de abundancia (CPUE) que mejor exprese la relación entre la captura y esfuerzo, provenientes del seguimiento de la actividad comercial y que proveen una poderosa fuente de información de los cambios en los patrones de la biomasa de un stock, para lo cual se emplearán los Modelos Lineales Generalizados (GLM).

El enfoque de estos Modelos (GLM), consiste en aislar los factores que determinan la variabilidad de las tasas de captura (o rendimientos de pesca) de manera de concentrar el análisis en los efectos fijos por separado. Cabe destacar que los GLM son flexibles a diferentes formas de analizar la información, en especial en la exploración de diferentes alternativas para la distribución de la variable respuesta (Punt et al., 2000) y en la actualidad son ampliamente utilizados para generar índices de abundancia relativa (Maunder & Punt, 2004).

Se probarán como funciones de distribución de probabilidad candidatas para el logaritmo de la CPUE, la distribución Gaussiana (normal) y Gamma; los efectos explicatorios serán modelados considerando el efecto año (δ), trimestre (β), zona (ρ) y buque (B) con réplicas a nivel mensual.

$$\log\{CPUE_{i,j,k}\} = \mu + \delta_i + \beta_j + \rho_k + B + 0.5\sigma^2$$

La estimación de la CPUE estandarizada por año consideró el estimador:

$$CPUE_i = \exp(\mu + \delta_i + 0.5\sigma^2)$$

1. MODELOS DE EVALUACIÓN

Los modelos de evaluación que regirán para las especies que conformarían el 95% de las capturas en la pesquería de pelágicos pequeños, en base a la disponibilidad histórica de información se detallan a continuación:

1.1 Modelo de Captura a la Talla en Equilibrio (MODACT2); estructura y supuestos (datos limitados)

Este modelo de estimación comprende un análisis de equilibrio de dinámica en edades y observaciones en tallas, se lo denomina **MODACT2** implementado por Canales (2017), y de naturaleza similar a los propuesto por Ault et al., (2019) y Hordyk et al., (2014), a través de su aplicación permite generar estimaciones de mortalidad por pesca y selectividad a partir de datos de composiciones de tallas de las capturas para un conjunto de años; este modelo es utilizado en pesquerías con datos limitados, y supone que la ausencia de los individuos más grandes de la población se ha debido a la pesca. El modelo provee estimación de la mortalidad

por pesca del período de análisis y niveles de referencia de acuerdo al nivel de escape de la biomasa desovante que se desee establecer como política pesquera. Este modelo depende de parámetros de historia de vida (crecimiento, madurez y mortalidad) y supone condiciones de equilibrio, es decir, reclutamiento y mortalidad por pesca constante, razón por lo cual es propio para generar estimaciones promedio de un conjunto de años. Este modelo es particularmente útil cuando no se disponen de estadísticas de desembarques, pero sí de muestreo de tallas de las capturas.

Se propone para este tipo de recursos de forma preliminar y a falta de declaración explícita de Puntos Biológicos de Referencia (PBR), un criterio de escape el 40% de la biomasa desovante virginal B_0 (Clark, 1991; Clark, 1993; Mac and Sissenwine, 1993). El modelo además de estimar el valor de la mortalidad por pesca entre otros parámetros, proyecta la biomasa por recluta en el largo plazo y determina el valor de mortalidad de referencia que permitiría dejar en el mar la biomasa objetivo 40% B_0 , en este caso el criterio $F_{40\%}$.

1.2 Modelo de análisis integrados para datos ricos MESTOCKL

Comprende un análisis integrado de dinámica en edades y observaciones en tallas. Este modelo denominado MESTOCKL e implementado por Canales et al., (2014, 2015), corresponde a un modelo de dinámica en edades con variación anual del reclutamiento y las tasas de mortalidad por pesca. Este tipo de modelos, similar a A-SCALA (Maunder et al., 2003), integra todas las piezas de información disponibles con el objeto de modelar la dinámica del recurso y comprender las variaciones de su población en el tiempo; modelos similares de libre disposición para fines comparativos se encuentran en NOAA.

Los supuestos del modelo asumen que el reclutamiento ocurre a inicios de cada año y que son una representación estocástica tomada desde una relación S/R, y cuyos desvíos en escala logarítmica obedecen a una distribución normal con media cero y desviación supuesta conocida $\sigma_R=0.6$. La dinámica de sobrevivencia sigue un curso exponencial determinado por la mortalidad natural y la mortalidad por pesca edad-específica. El efecto edad-específico de la mortalidad por pesca, también conocido como selectividad o patrón de explotación, sigue una forma paramétrica logística y puede considerar bloques de años los cuales se refieren a variaciones sistemáticas en las composiciones de longitudes producto ya sea del ingreso de clases anuales fuertes o bien cambios en áreas de pesca.

La mortalidad natural es supuesta conocida e invariante entre años y edades. El crecimiento anual en longitudes se supone discreto, el que se representa de manera instantánea a mitad de año por medio del modelo de von Bertalanffy. Por su parte, el peso y la madurez a la longitud son representados respectivamente por una única curva de poder y otra logística teórica.

En relación con el modelo de las observaciones, las capturas se suponen representan una expresión continua del esfuerzo de pesca (mortalidad) al interior de cada año y siguen el modelo de captura de Baranov. Por su parte, la CPUE se supone una fracción de la biomasa explotable en cierta fracción del año. El modelo de observación de las composiciones de longitudes se sustenta en un modelo de probabilidad de la longitud respecto de la edad. Así se determina que la distribución de las longitudes para cada grupo de edad se representa por un arreglo matricial, el cual es aplicado directamente sobre las composiciones de edades predichas de las capturas para obtener las composiciones de longitudes. El modelo de probabilidad supone que la longitud es una variable aleatoria que sigue una distribución normal cuyos parámetros son la longitud esperada para el grupo de edad (proveniente del modelo de crecimiento de VB) y la desviación de las longitudes en ese mismo grupo de edad.

1.2.1 Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

Para la estimación de los PBR se empleó una rutina (PBRmodel2) implementada en ADMB, mientras que la configuración de los archivos de entrada considerará los vectores de selectividad, madurez y peso medio a la edad. Este modelo simula la biomasa por recluta en el largo plazo para distintos valores de mortalidad por pesca constante y grados de resiliencia (h). La madurez y peso medio a la edad se estimarán a partir de los parámetros biológicos disponibles, mientras la selectividad proviene del modelo de evaluación de stock; se considerará los PBR una exploración de valores de resiliencia $h=0.75, 0.9$ y 1.0 .

1.3 Estrategias de explotación y análisis de riesgo para el manejo pesquero

Se llevarán a cabo simulaciones del desempeño de la biomasa futura de cada recurso respecto de estrategias de mortalidad por pesca constante, o reglas de decisión de control de esta mortalidad respecto del valor de biomasa. Los escenarios de mortalidad por pesca se definieron como multiplicadores de la mortalidad por pesca del año más reciente. Estas configuraciones fueron enseñadas e implementadas en los archivos de entrada del modelo MESTOCKL.

Una estrategia de explotación basada en F constante implica que la mortalidad por pesca será mantenida estable independiente del nivel en que se encuentre la población, mientras que en una regla de control la mortalidad por pesca de referencia (objetivo) es mantenida constante mientras la biomasa sea mayor o igual a la biomasa objetivo, en su defecto, esta mortalidad es corregida por la razón B/B_{ref} , es decir, la proporción de biomasa respecto de la biomasa de referencia.

A continuación, se detalla el modelo de evaluación de acuerdo a la especie de acuerdo a la disponibilidad de datos.

Especie	Modelo de Evaluación	Tipo de Dato
Pinchagua	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Macarela	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Botella	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Picudillo	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Sardina Redonda	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Chuhueco	MESTOCKL	Serie extensa de datos
Trompeta	MODACT	Serie limitada de datos
Roncador	MODACT	Serie limitada de datos
Corbata	MODACT	Serie limitada de datos