



INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

PROTOCOLO

“Estimación de la captura total permisible
del stock norte centro de la anchoveta peruana”

IMP-DGIRP / AFDPERP

Edición: 02

Revisión: 03

Fecha: abril 2015



INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

PROTOCOLO

**“Estimación de la captura total permisible
del stock norte centro de la anchoveta peruana”**

IMP-DGIRP / AFDPERP

Edición: 02

Revisión: 03

Fecha: abril 2015

Estimación de la Captura Total Permisible del stock Norte-Centro de la anchoveta peruana

Ricardo Oliveros–Ramos, Erich Díaz Acuña

Índice

1. Objetivo	3
2. Ámbito de aplicación	3
3. Responsabilidad	4
4. Procedimiento	4
4.1. Estimación de la biomasa y estructura por tallas del stock	4
4.2. Proyección de las estructuras por tallas bajo diferentes escenarios	5
4.2.1. Definición de escenarios	5
4.2.2. Proyección de la estructura por tallas	6
4.2.3. Estimación de la biomasa remanente, captura total y tasa de explotación	7
4.3. Elaboración de la tabla de decisión	8
5. Referencias	8

1. Objetivo

Establecer el procedimiento para la estimación de la Máxima Captura Total Permisible (MCTP) del stock Norte–Centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) para una temporada de pesca.

2. Ámbito de aplicación

Este procedimiento debe ser realizado una vez culminado el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos y antes de la apertura de una temporada de pesca, y es parte central del informe de evaluación del stock Norte–Centro de la anchoveta peruana, conteniendo el estado actual del stock y recomendaciones para el manejo emitidas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) al Vice–Ministerio de Pesquería del Ministerio de la Producción.

3. Responsabilidad

A los profesionales designados por el IMARPE, quienes deberán contar con el conocimiento y experiencia necesaria para realizar el procedimiento, incluyendo conocimientos de Dinámica de Poblaciones y Evaluación de Stocks.

4. Procedimiento

El procedimiento para la estimación de la MCTP consta de tres etapas:

1. Estimación de la estructura por tallas y biomasa del stock.
2. Proyección de las estructuras por tallas bajo diferentes escenarios.
3. Elaboración de la tabla de decisión.

4.1. Estimación de la biomasa y estructura por tallas del stock

La estimación de la estructura de tallas del stock se realiza por marcas de clase entre 3,0 y 20,0 cm de longitud total (LT), en grupos de medio centímetro (Bouchon et al. 2001). El número de individuos (abundancia) por marca de clase se estima siguiendo el método descrito por Simmonds et al. (2009), en donde la abundancia $N_i(l)$ dentro de cada estrato i (Área isoparalitoral) y talla l es calculada mediante la ecuación (Simmonds and MacLennan 2005):

$$N_i(l) = P_{il}\bar{\sigma}_i\bar{s}_A A_i, \quad (1)$$

donde

$$\bar{\sigma}_i = \sum_l P_{il} 10^{(b+m \log l)/10}, \quad (2)$$

P_{il} es la fracción de peces de talla l en el estrato i , y b y m son valores de la relación entre la fuerza de blanco y el logaritmo de las tallas (Simmonds and MacLennan 2005), s_A la ecoabundancia media del estrato y A_i el área del estrato. Los valores de b y m para la anchoveta peruana provienen de experimentos *in situ* (Mariano Gutierrez com. pers.) y consideran valores diferenciados para larvas, juveniles y adultos. Las proporciones por tallas son estimadas de los muestreos biométricos realizados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Las ecoabundancias medias de cada estrato son estimadas durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Para el cálculo de biomazas se utilizan relaciones longitud-peso (Sparre y Venema 1998) para cada estrato, estimadas a partir de los muestreos biológicos realizados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. La relación entre la longitud y el peso de la anchoveta es ajustada mediante el siguiente modelo potencial:

$$W_i(l) = a_i l^b \quad (3)$$

en donde $W_i(l)$ es el peso medio de los individuos de longitud l en el estrato i , a_i es el factor de condición para el estrato i y b el factor alométrico de crecimiento para la

anchoveta peruana. Los parámetros a_i y b son estimados para cada crucero. La biomasa total (BT) corresponde a la suma de las abundancias por tallas multiplicadas por los respectivos pesos medios de cada intervalo de tallas l en cada estrato i :

$$B_T = \sum_i \sum_l a_i l^b N_{il} \quad (4)$$

donde a_i es el factor de condición de cada uno de los estratos evaluados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Con la finalidad de considerar las fuentes de incertidumbre asociadas al proceso de muestreo, la estimación de la estructura por tallas se realiza 1000 veces luego de remuestrear las diferentes fuentes de información (acústica y biométrica) siguiendo el procedimiento descrito por Simmonds et al. (2009).

4.2. Proyección de las estructuras por tallas bajo diferentes escenarios

La proyección de las estructuras por tallas de la población de anchoveta peruana se realiza tomando en cuenta diferentes escenarios de explotación, crecimiento y mortalidad; con un horizonte temporal T asociado a la duración de la temporada de pesca y hasta el proceso reproductivo inmediato posterior, utilizando un paso de tiempo fijo ($\Delta t =$ una semana). Los escenarios de explotación se definen a partir de la mortalidad por pesca definida para cada grupo de tallas. Los escenarios de crecimiento y mortalidad están asociados a las condiciones ambientales esperadas durante el horizonte temporal de la proyección.

4.2.1. Definición de escenarios

Escenarios de crecimiento y mortalidad Los escenarios de crecimiento y mortalidad permiten considerar la incertidumbre en estos procesos durante el horizonte de proyección. El escenario base consiste en los parámetros promedio de crecimiento (Carlos Goicochea com. pers.), y mortalidad para la especie (Oliveros-Ramos 2012). Dependiendo del escenario ambiental considerado para la proyección, se realizan simulaciones muestreando sobre una distribución log-normal con los valores medios y coeficiente de variación indicados en la Tabla 1.

Escenarios de explotación Los escenarios de explotación están basados en la aplicación de diferentes mortalidades por pesca (F) sobre la población. La mortalidad por pesca es variable en el tiempo y por tallas, siendo modelada de manera separable (Cadima 2003) mediante la ecuación:

$$F(t, l) = F(t)s(l) \quad (5)$$

en donde $F(t)$ es la mortalidad por pesca aplicada sobre las tallas completamente reclutadas a la pesquería en el tiempo t y $s(l)$ una ojiva de selectividad por tallas

$$s(l) = \frac{1}{1 + e^{S_1 - S_2 l}} \quad (6)$$

Tabla 1: Valores de los parámetros usados en las proyecciones para los diferentes escenarios ambientales. En las diferentes simulaciones se usan valores tomados de una distribución log-normal con la media indicada y coeficiente de variación (entre paréntesis). Referencias: a (Oliveros-Ramos R. 2012), b (Carlos Goicochea com. pers.) * no existen estudios que aporten información sobre los cambios en la mortalidad natural en condiciones ambientales favorables, por lo que se usan los valores de las condiciones neutras en aplicación del principio precautorio.

	Condiciones ambientales		
	Neutras	Favorables	Desfavorables
Mortalidad Natural			
M (adultos)	0.83 ^a (0.05)	0.83 ^{a*} (0.05)	1.00 ^a (0.05)
M (reclutas)	0.92 ^a (0.05)	0.92 ^{a*} (0.05)	1.08 ^a (0.05)
M (pre-reclutas)	1.29 ^a (0.05)	1.29 ^{a*} (0.05)	1.28 ^a (0.05)
Crecimiento (von Bertalanffy)			
k	0.83 ^b	0.95 ^b	0.64 ^b
L_∞	19.21 ^b	19.98 ^b	18.6 ^b
t_0	-0.21 ^b	-0.13 ^b	-0.30 ^b

con $S_1 = \frac{L_{50} \log 3}{L_{75} - L_{50}}$ y $S_2 = \frac{S_1}{L_{50}}$ (Sparre y Venema 1998), donde L_{50} y L_{75} son las tallas a las cuales se tienen probabilidades de 50% y 75%, respectivamente, de ser capturados por la flota. Los valores de $L_{50} = 11,5$ cm y $L_{75} = 12,5$ cm son usados de acuerdo a M. Espino (com. pers.). El rango de mortalidades por pesca va desde 0 (sin explotación) hasta un valor máximo de $F = 1$ año⁻¹, correspondiente al valor máximo que puede ser aplicado sobre la población de anchoveta sin un impacto perjudicial sobre otros componentes del ecosistema (Tam et al., 2010).

4.2.2. Proyección de la estructura por tallas

Las estructuras por tallas son proyectadas utilizando un paso de tiempo Δt , durante el cual se aplican las diferentes fuentes de mortalidad (natural y por pesca) antes de simular el crecimiento de la población, utilizando los parámetros definidos para cada escenario. El número de individuos en el tiempo $t + \Delta t$ para cada marca de clase son calculados a partir de las abundancias en el tiempo t utilizando el modelo de supervivencia exponencial (Sparre y Venema 1998, Quinn y Deriso 1999, Cadima 2003):

$$N_{t+\Delta t}(l) = N_t(l)e^{-(F_t(l)+M_t(l))\Delta t} \quad (7)$$

donde N_t es la abundancia en el tiempo t , $F_t(l)$ y $M_t(l)$ son respectivamente las tasas instantáneas de mortalidad natural y por pesca para cada marca de clase l en el instante t .

Luego de aplicada la mortalidad, las nuevas tallas de cada grupo son calculadas usando el modelo de von Bertalanffy (Sparre y Venema 1998, Quinn y Deriso 1999, Cadima 2003), parametrizado por la ecuación de recurrencia de Brody (Schnute and Richards, 2002), la cual es más flexible para considerar cambios en el parámetro k que puede estar influenciado por las condiciones ambientales:

$$L_{t+\Delta t} = L_\infty - (L_\infty - L_t)e^{-k\Delta t} \quad (8)$$

donde L_t es la talla en el tiempo t , L_∞ es la longitud asintótica y k el parámetro de curvatura.

Al final de cada paso de tiempo, el número de individuos para cada una de las nuevas marcas de clase se redistribuyen en las marcas originales asumiendo una distribución continua dentro de cada marca de clase (Oliveros-Ramos sometido).

4.2.3. Estimación de la biomasa remanente, captura total y tasa de explotación

La biomasa total remanente es calculada como la suma de las abundancias por tallas al final de la proyección T multiplicadas por los respectivos pesos medios de cada intervalo de tallas.

$$B(t = T) = \sum_l \bar{a}l^b N_T(l) \quad (9)$$

donde a es el factor de condición promedio ponderado a la abundancia de todos los estratos evaluados durante el Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos y T es el horizonte temporal de proyección. La biomasa desovante remanente es calculada de manera análoga como la suma de las abundancias por tallas al final de la proyección multiplicadas por los pesos medios de cada intervalo de tallas y la proporción de individuos maduros estimada para dicho intervalo, dados por la ojiva de madurez sexual $m(l)$ más reciente (Julio Mori com. pers.)

$$m(l) = \frac{1}{(1 - e^{a-bl})} \quad (10)$$

donde a y b son parámetros de la ojiva de madurez. La captura total $C_t(l)$ por marca de clase en cada intervalo $[t, t + \Delta t]$ es calculada utilizando la ecuación de Baranov (Quinn y Deriso, 1999):

$$C_t(l) = \frac{F_t(l)}{F_t(l) + M_t(l)} N_t(l) (1 - e^{-(F_t(l) + M_t(l))\Delta t}) \quad (11)$$

La cuota Q asociada a cada proyección es calculada como la suma sobre todo el horizonte de simulación de las capturas por marca de clase por los pesos medios de la marca de clase respectiva.

$$Q = \sum_t \sum_l \bar{a}l^b C_t(l) \quad (12)$$

La tasa de explotación (Quinn y Deriso, 1999) es calculada mediante

$$E = \frac{F}{F+M} (1 - e^{-(F+M)\Delta t}) \quad (13)$$

4.3. Elaboración de la tabla de decisión

La tabla de decisión contiene los resultados para cada escenario evaluado para la biomasa desovante remanente (BD), captura total (Q) y tasa de Explotación (E). Los valores de la tabla corresponden a la mediana de los valores individuales de cada replica realizada durante el remuestreo. Así mismo, para cada escenario también se calcula el riesgo de que la BD se encuentre por debajo del punto biológico de referencia (PBR) para anchoveta, definido como la proporción de réplicas en que la BD al inicio del proceso reproductivo inmediato posterior es menor al PBR . Para el Stock Norte - Centro de anchoveta peruana, se asume un PBR objetivo igual a 5,0 millones de toneladas de biomasa desovante (R. Guevara-Carrasco com. pers.). El valor histórico promedio de la tasa explotación para anchoveta es de 0,35.

5. Referencias

Bouchon M, Ñiquen M, Mori J, Echevarría A, Cahuín S (2001). Manual de muestreo de la pesquería pelágica.

Cadima E. (2003). Fish Stock Assessment Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 393. FAO, Rome, 161p.

Oliveros-Ramos R. (2012). Resultados del modelo de evaluación de anchoveta (*Engraulis ringens*) 1950-2010. Documento interno, Instituto del Mar del Perú.

Oliveros-Ramos R. En revisión. A new model for population estimates of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) using length frequency dynamics. Sometido al III libro sobre la anchoveta peruana, editado por el IMARPE.

Quinn T. y Deriso R. (1999). Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press, New York, 542p. Sparre P. y Venema S. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 306/1, Rev. 2. FAO, Rome, 407p.

Simmonds EJ, Gutierrez M, Chipollini A, Gerlotto F, Woillez M y Bertrand A. (2009) Optimizing the design of acoustic surveys of Peruvian anchoveta. ICES Journal of Marine Science, 66: 1341-1348.

Simmonds, J. y MacLennan, D. (2006) Fisheries acoustics: theory and practice. Wiley-Blackwell, 456pp. Schnute J, Richards L. 2002. Surplus production models. In: Handbook of Fish Biology and Fisheries. Volumen 2: Fisheries. Hart P. and Reynolds J (eds), Blackwell Publishing, 426pp.

Tam J, Blaskovic V, Goya E, Bouchon M, Taylor M, Oliveros-Ramos

R, Guevara-Carrasco R, Purca S. (2010). Relación entre la anchoveta y otros componentes del ecosistema. Bol Inst Mar Perú 25(1-2): 31-37.



IMARPE
www.imarpe.gob.pe
Teléfono: (051) 2088650
Esquina Gamarra y General Valle s/n
Chucuito - Callao