



## PROTOCOLO

### “ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA TOTAL PERMISIBLE DEL STOCK NORTE CENTRO DE LA ANCHOVETA PERUANA”

IMP-DGIRP / AFDPERP

Edición: 02

Revisión: 00

Fecha: marzo 2015

CONTROL DE LA REVISIÓN			
Revisión	Fecha	Sección	Detalle de la modificación

DISTRIBUIDO A:

DGIRP XXXXXXXXXX

Elaborado por: Ricardo Oliveros-Ramos Erich Diaz Acuña Fecha: marzo 2014	Revisado por: Marilú Bouchon Corrales Fecha: diciembre 2013	Autorizado por: Marilú Bouchon Corrales Fecha: diciembre 2013
---	---	---

### 1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para la estimación de la Máxima Captura Total Permissible (MCTP) del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) para una temporada de pesca.

### 2. ALCANCE

Este procedimiento debe ser realizado una vez culminado el crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos, 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 IMARPE al vice-ministerio de Pesquería del Ministerio de la Producción.

### 3. RESPONSABILIDADES

Al profesional designado por el Instituto del Mar del Perú, el cual deberá 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 Captura Total Permissible consta de tres etapas:

1. *Estimación de la estructura por tallas 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 y 20 cm en grupos de medio centímetro (Bouchon et al. 2001). El número de individuos (abundancia) por marca de clase se realiza 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):

$$N_i(l) = P_{il} \bar{\sigma}_{bsi} \bar{S}_A \cdot A_i$$

donde:

$$\bar{\sigma}_{bsi} = \sum_l P_{il} \cdot 10^{((b+m \cdot \log l))/10}$$

$P_{il}$  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 biomásas 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.

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 asociado a la duración de la temporada de pesca y hasta el proceso reproductivo inmediato posterior, utilizando un paso de tiempo de 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**

#### **a) 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 para el stock estimados durante el último crucero de evaluación hidroacústica y los estimados promedio de 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.

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 Goycochea 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
<b>Mortalidad natural</b>			
M (adultos)	0.83 <sup>a</sup> (0.05)	0.83 <sup>a*</sup> (0.05)	1.00 <sup>a</sup> (0.05)
M (reclutas)	0.92 <sup>a</sup> (0.05)	0.92 <sup>a*</sup> (0.05)	1.08 <sup>a</sup> (0.05)
M (pre-reclutas)	1.29 <sup>a</sup> (0.05)	1.29 <sup>a*</sup> (0.05)	1.28 <sup>a</sup> (0.05)
<b>Crecimiento (von Bertalanffy)</b>			
k (parámetro de curvatura)	0.83 <sup>b</sup>	0.95 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>
L <sub>∞</sub> (longitud asintótica)	19.21 <sup>b</sup>	19.98 <sup>b</sup>	18.6 <sup>b</sup>
t <sub>0</sub>	-0.21 <sup>b</sup>	-0.13 <sup>b</sup>	-0.30 <sup>b</sup>

### b) 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

$$F(t, l) = F(t)s(l)$$

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

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

con  $S_1 = \frac{\log(3)L_{50}}{L_{75} - L_{50}}$  y  $S_2 = \frac{S_1}{L_{50}}$  (Sparre y Venema 1998), donde L<sub>50</sub> y L<sub>75</sub> son las tallas a las cuales se tienen probabilidades de 50% y 75%, respectivamente, de ser capturados por una red de cerco. Los valores de L<sub>50</sub>=11.5 cm y L<sub>75</sub>=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<sup>-1</sup>, 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 evolución de la estructura por tallas

Las estructuras por tallas son proyectadas utilizando un paso de tiempo de una semana, durante la 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 la semana  $t+1$  para cada marca de clase son calculados a partir de las abundancias en la semana  $t$  utilizando la ecuación de supervivencia exponencial (Sparre y Venema 1998, Quinn y Deriso 1999, Cadima 2003):

$$N_{t+1}(l) = N_t(l)e^{-(F(l)+M(l))\Delta t}$$

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):

$$L_{t+1} = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_t) * e^{-K\Delta t}$$

Al final de cada paso de tiempo, el número de individuos para cada una de las nuevas marcas de clase se redistribuyen en las 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 multiplicadas por los respectivos pesos medios de cada intervalo de tallas. La biomasa desovante remanente es calculada 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 madurez (referencia) más reciente.

La captura total es calculada como la suma de las capturas por marca de clase  $C(l)$  durante el horizonte de la proyección, utilizando la ecuación de Baranov (Quinn y Deriso, 1999)

$$C(l) = \frac{F(l)}{F(l)+M(l)} N(l) (1 - e^{-(F(l)+M(l))\Delta t}),$$

donde  $\Delta t$  es el paso de tiempo usado para la proyección. La cuota 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. La tasa de explotación (Quinn y Deriso 1999) es calculada mediante

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

#### 4.3. ELABORACIÓN DE LA TABLA DE DECISIÓN

La tabla de decisión contiene los resultados para cada escenario evaluado, calculados como las medianas de las 1000 réplicas consideradas por el remuestreo, para la biomasa desovante remanente (BD), captura total (Q) y tasa de Explotación (E). Así mismo, 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 igual a 5 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. BIBLIOGRAFIA

- 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.