



# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

Volumen 25, Números 1 y 2



### V PANEL INTERNACIONAL DE EXPERTOS EN EVALUACIÓN DE LA ANCHOVETA PERUANA

*Engraulis ringens*

Hacia un enfoque ecosistémico  
en la pesquería de la  
anchoveta peruana

Callao, 10 - 14 de agosto 2009

Enero - Diciembre 2010

Callao, Perú

# Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota industrial de cerco del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns)

## Standardization of the catch per unit effort (CPUE) of the industrial purse seine fleet extracting the north-center stock of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens* Jenyns)

DANTE ESPINOZA-MORRIBERÓN<sup>1</sup>

RICARDO OLIVEROS-RAMOS<sup>2</sup>

ERICH DÍAZ<sup>1</sup>

### Resumen

ESPINOZA-MORRIBERÓN D, OLIVEROS-RAMOS R, DÍAZ E. 2010. Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota industrial de cerco del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns). *Bol Inst Mar Perú* 25(1-2): 81-84.- Se trabajó utilizando una metodología basada en Modelos Lineales Generalizados (MLG). La CPUE fue expresada en toneladas por duración de viaje. Las variables explicativas utilizadas fueron el año, mes, capacidad de bodega, latitud, inercia espacial y distancia a la costa. El modelo tuvo un coeficiente de determinación de 0,485, explicando casi la mitad de la variabilidad de la CPUE observada. La variable con mayor influencia en el modelo fue la capacidad de bodega (49% de la varianza explicada), debido posiblemente a que la flota anchovetera posee una capacidad elevada de captura y que los recursos pelágicos tienden a hiper-agregarse, incluso cuando están siendo fuertemente explotados. La correlación entre la CPUE estandarizada y biomasa estimada por un modelo de captura a la edad ( $r=0,74$ ) indica que el método basado en MLG es recomendable para la estandarización de la CPUE. Se propone a esta CPUE como una alternativa para monitorear la biomasa de la anchoveta.

PALABRAS CLAVE: anchoveta peruana, CPUE, estandarización de la CPUE, MLG, capacidad de bodega.

### Abstract

ESPINOZA-MORRIBERÓN D, OLIVEROS-RAMOS R, DÍAZ E. 2010. Standardization of the catch per unit effort (CPUE) of the industrial purse seine fleet extracting the north-center stock of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens* Jenyns). *Bol Inst Mar Perú* 25(1-2): 81-84.- We used a methodology based on Generalized Linear Model (GLM). The CPUE was expressed as metric tons of catch per trip duration. The explicative variables used were year, month, holding capacity, latitude, spatial inertia and distance from the coast. The model had a determination coefficient of 0.485, explaining almost half of the variability observed in the CPUE. The variable with the highest influence was the holding capacity (49% of the explained variance), likely due to the high harvest capacity of the anchovy fleet and the hyper-aggregation of the pelagic resources, which occurs even if they are highly exploited. The correlation between the standardized CPUE and estimated biomass from a catch-at-age model ( $r=0.74$ ) indicates that the method based on GLM is recommendable for the standardization of CPUE. The resultant CPUE is proposed as an alternative for monitoring the anchovy biomass.

KEYWORDS: Peruvian anchovy, CPUE, standardization of CPUE, GLM, holding capacity.

### Introducción

La pesquería del Perú es sustentada, en términos de desembarque, empleo y divisas, por la anchoveta. Ésta, se constituye además como la pesquería mono-específica más grande del mundo (FAO 2008). Debido a ello, una gran cantidad de esfuerzos se dirigen cons-

tantemente a monitorear y evaluar esta pesquería, con el propósito de mantenerla sustentable; y la biomasa es la variable sobre la que se establece la estrategia de manejo. La biomasa de anchoveta se estima directamente por el método acústico; sin embargo, también se llevan a cabo estimaciones indirectas por

1 Unidad de Investigaciones en Dinámica Poblacional, IMARPE. Apartado postal 22 Callao, Perú. dante\_espinoza@hotmail.com

2 Centro de Investigaciones en Modelado Oceanográfico y Biológico Pesquero, IMARPE.

análisis de población virtual, modelos de producción excedente y la captura por unidad de esfuerzo. En la ciencia pesquera, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de una flota ha sido propuesta como un indicador relativo de la biomasa del stock sobre el que opera dicha flota; esto, bajo la asunción de que ambos son directamente proporcionales, con la proporcionalidad dada por el coeficiente de capturabilidad  $q$  (Baranov, 1918).

$$\frac{C}{f} = qB \quad \dots (1)$$

donde  $C$  es la captura,  
 $f$  es el esfuerzo pesquero,  
 $q$  es el coeficiente de capturabilidad y  
 $B$  es la biomasa.

Sin embargo, en la práctica, esta proporcionalidad casi nunca se cumple, debido a que  $q$  es variable en el tiempo (CSIRKE 1989), y  $q$  es variable debido a la influencia de factores relacionados al comportamiento del pez (ROSE y KULKA 1999) y al comportamiento y grado de tecnificación de la flota pesquera. El proceso de estandarización es una forma de remover estas fuentes de variabilidad y hacer más realista el supuesto de proporcionalidad entre la CPUE de una flota y la biomasa de un stock. Una CPUE estandarizada mejora la utilidad de la CPUE como indicador de abundancia. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue estandarizar la CPUE de la flota industrial de cerco de la anchoveta peruana, utilizando una metodología basada en un Modelo Lineal Generalizado (MLG). Se propone la serie resultante como una alternativa para monitorear la biomasa relativa del stock norte-centro de la anchoveta peruana.

### Material y métodos

La información provino del Programa de observadores a bordo "Bitácoras de Pesca" (PBP) de IMARPE. El área de estudio correspondió a la región Norte - Centro del mar peruano, entre 4 y 16°S. La serie de estudio comprendió entre los años 1996 y 2008. La base de datos estuvo conformada por observaciones de 9280 viajes. La CPUE se expresó como toneladas de anchoveta capturada por duración de viaje en horas (t/h).

Para estandarizar la CPUE se utilizó un MLG. Las variables propuestas para explicar la CPUE fueron año, mes, capacidad de bodega (m<sup>3</sup>), latitud, inercia espacial (indicador de la dispersión entre los lances de un viaje) y distancia promedio a la costa. Interacciones entre las variables también fueron sugeridas como explicativas de la CPUE.

El modelo fue definido de la siguiente manera:

$$f(CPUE) = g(\text{año, factores}) + \varepsilon \dots (2)$$

donde  
 $f$  es la función de enlace y  
 $g$  es una función lineal.

La función de enlace utilizada fue la transformación Box-Cox, que permitió que la variable dependiente se distribuya normalmente, y cumplir de esta manera con los supuestos de regresión.

La CPUE modelada fue aquella con la que se logró el mejor ajuste ( $R^2$ ) entre las observaciones y las predicciones. Luego, la CPUE estandarizada fue entendida como la CPUE modelada a condiciones estándar. El estrato estándar sugerido fue el comprendido entre 101 y 200 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega.

La variable año fue asumida como la que representó la variación en los cambios de abundancia.

Finalmente, para efectos comparativos la serie estandarizada se correlacionó con la biomasa de anchoveta estimada por un modelo estadístico estructurado por edades.

### Resultados

Uno de los principales problemas con el uso del MLG fue cumplir con el supuesto de normalidad de la variable modelada. Para cumplir con este supuesto se aplicó la transformación Box-Cox. La prueba de Kolmogorov-Smirnov demostró que un vez transformada la CPUE, ésta presentó una distribución normal ( $p$ -value = 0,033) (Fig. 1).

Luego del análisis del nivel de aporte estadístico, pero con sentido biológico de las variables explicativas al modelo, éste tomó la siguiente forma:

$$f(CPUE_{hijkl}) \sim y_h + m_i + cb_j + lat_k + iv_l + y : m_{hi} + m : lat_{ik} + lat : cb_{kj} \dots (3)$$

donde  
 $y_h$  es el efecto del año  $h$ ;  
 $m_i$  es el efecto del mes  $i$ ;  
 $cb_j$  es el efecto de la capacidad de bodega  $j$ ;  
 $lat_k$  es el efecto de la latitud  $k$ ;  
 $iv_l$  es el efecto de la inercia espacial  $l$ ;  
 $y:m_{hi}$  es el efecto de la interacción entre año  $h$  y mes  $i$ ;  
 $m:lat_{ik}$  es el efecto de la interacción entre mes  $i$  y latitud  $k$ ; y  
 $lat:cb_{kj}$  es el efecto de la interacción entre latitud  $k$  y capacidad de bodega  $j$ .

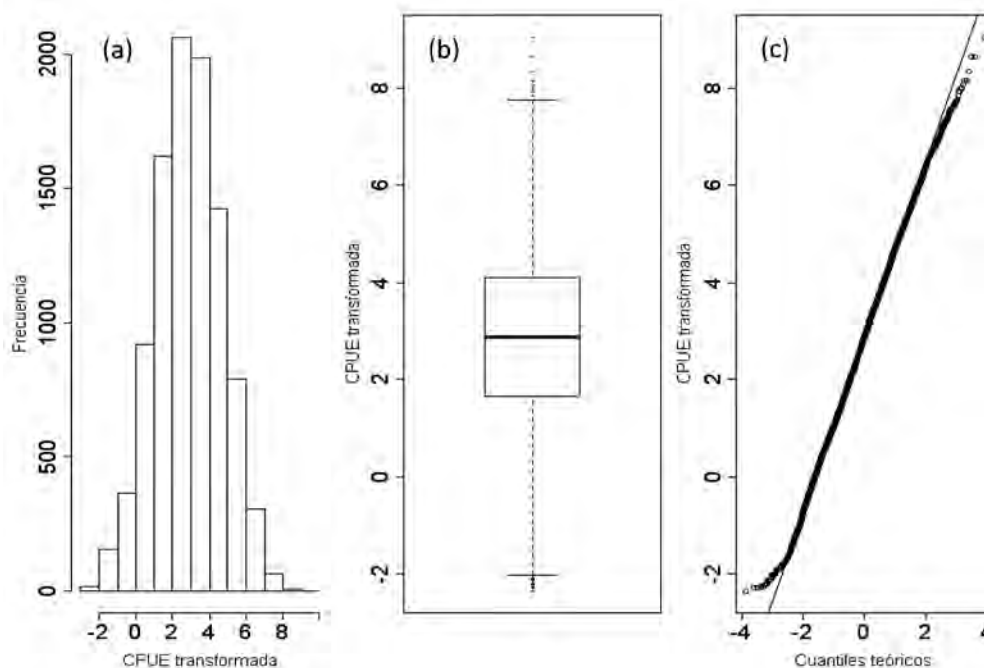


Figura 1.- Análisis de la distribución de la CPUE transformada: (a) Histograma de frecuencia; (b) Box-plot; (c) Gráfico Q-Q plot.

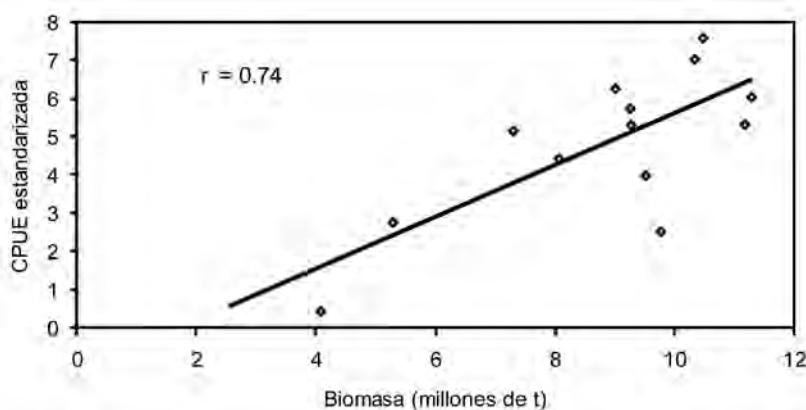


Figura 2.- Correlación entre la CPUE estandarizada de la flota anchovetera y la biomasa estimada por un modelo estadístico de captura a la edad.

El modelo final tuvo un nivel de ajuste de  $R^2=0,485$ , lo que significó que estuvo en capacidad de explicar casi la mitad de la variabilidad de la CPUE, siendo la capacidad de bodega (49,2%) y el año (19,7%) las variables que más influenciaron en el modelo. Dentro de las interacciones, la que tuvo mayor influencia fue año-mes (10,9%). Los residuos no mostraron una escala excesiva y se distribuyeron normalmente.

Finalmente se demostró que la CPUE estandarizada de la flota anchovetera se correlaciona de manera aceptable con la biomasa ( $r=0,74$ ) (Fig. 2).

### Discusión

En un principio se esperó que la variable año sea la más influyente en el modelo, debido a que se considera que ésta explica las variaciones anuales puras de la abundancia del recurso (HERNÁNDEZ y PERROTA 2006). Así, mientras mayor sea la influencia del año en el modelo, menor será la influencia de las demás variables explicativas. Para el caso de anchoveta peruana, son las características relacionadas al barco las que aportan más en la explicación de la variabilidad de la CPUE. Las embarcaciones pesqueras siempre

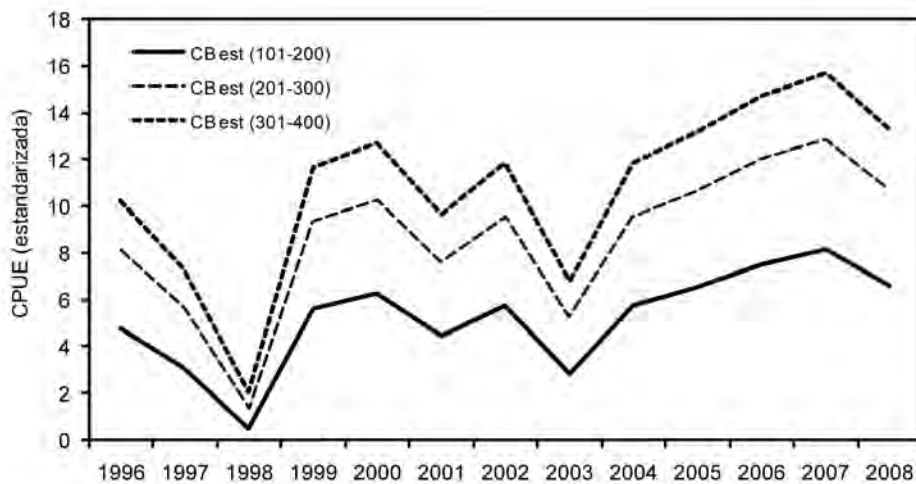


Figura 3.- Serie de la CPUE estandarizada tomando en cuenta diferentes flotas estándar: 101-200 m<sup>3</sup> (—), 201-300 m<sup>3</sup> (---), 301-400 m<sup>3</sup> (-·-·-), durante el periodo de estudio.

tratan de llenar su bodega a totalidad y, debido a la alta especialización, los barcos que poseen una mayor capacidad de bodega obtendrán una mayor captura, así existiera poco recurso. Debido a esto no es recomendable el uso de una CPUE expresada en términos de esfuerzo nominal (e. g. días, barcos, viajes, etc.).

El 50% no explicado se debería a la falta de incorporación de variables ambientales como la TSM, y la profundidad a la que el cardumen se encuentre. La TSM puede representar una buena aproximación de las condiciones del ambiente, y la profundidad de la termoclina puede ejercer un efecto significativo sobre la CPUE. Sin embargo, muchos de estos efectos pueden quedar enmascarados por la modelación anual, por lo que también resulta recomendable introducir la estacionalidad en el modelo (PUNSLY 1987). Otros factores importantes que podrían explicar en gran medida la variabilidad del modelo, son los relacionados a la administración, capacidad y experiencia del personal que dirige la pesquería.

Para la estimación de la CPUE estandarizada, la elección de la flota estándar es bastante importante, sobre todo si en un futuro se pretende proporcionar valores corregidos de esfuerzo pesquero. El presente estudio plantea que la flota estándar para tratar la información del Programa Bitácoras de Pesca sea la comprendida entre 301-400 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega (Fig. 3). La mayoría de embarcaciones muestreadas por el programa se ubican dentro de este rango.

En términos generales, la CPUE estandarizada logró captar de manera bastante aceptable las fluctuaciones anuales en la biomasa de anchoveta. De acuerdo al

nivel de correlación entre la CPUE (t/horas de viaje) y la biomasa estimada por una fuente totalmente independiente, se puede proponer a ésta como un indicador alternativo de la biomasa de anchoveta.

**Agradecimientos.-** Se agradece al personal de la Universidad de Investigaciones en Dinámica Poblacional del IMARPE por sus valiosas sugerencias y a la Blga. MSc. Marilú Bouchon encargada del Programa Bitácoras de Pesca.

## Referencias

- BARANOV IE. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Izv.nauch.-issl. ikhtiol.Inst.* 1(1): 81-128.
- CSIRKE J. 1989. Changes in the catchability coefficient in the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery. In D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. *ICLARM/IMARPE/GTZ*: 207-219 p.
- FAO (2008). State of world fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department, FAO, Rome, 196p.
- HERNÁNDEZ D, PERROTA R. 2006. Influencia de las interacciones con el factor año en los índices anuales de abundancia obtenidos por modelos lineales generales utilizando datos de captura por unidad de esfuerzo. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.* 18: 57-73.
- PUNSLY RG. 1987. Estimation of the relative annual abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean during 1970-1985. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 19: 265-306.
- ROSE GA, KULKA DW. 1999. Hyper aggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-increased as the northern cod (*Gadus morhua*) declined. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56 (Suppl. 1): 118 - 127.