

CPUES ESTANDARIZADAS DE RABIL DE LA FLOTA DE CERCO TROPICAL

Soto M¹., P. Pallarés¹, D. Gaertner², J. Ariz³ y A. Delgado de Molina³

SUMMARY

This document presents the standardized purse seine catch rates corresponding to the adult yellowfin (>30 Kg.). The standardization has been conducted using Generalized Linear Models (GLM) under a delta method approach. The model included the year, country, boat category, age of the boat, and the skipjack catch as explanatory variables.

RÉSUMÉ

Le présent document décrit les taux de capture standardisés de l'albacore adulte (>30 kg) des flottilles de senneurs tropicaux. La standardisation a été réalisée au moyen de modèles linéaires généralisés (GLM) utilisant la méthode delta. Le modèle a inclus, comme variables explicatives, l'année, le pays, la catégorie du navire, l'âge du navire et la capture du listao, qui constitue l'autre espèce-cible des flottilles.

RESUMEN

En este documento se presentan tasas de captura estandarizadas de rabil adulto (>30 Kg.) de las flotas de cerco tropical. La estandarización se ha realizado mediante modelos lineales generalizados (GLM) utilizando el método delta. Como variables explicativas se han considerado el año, país, categoría, antigüedad del barco y la captura de listado, la otra especie objetivo de las flotas.

KEYWORDS

Yellowfin, CPUE, standardization, purse seining, Generalized Linear Models, delta method, tropical tunas.

¹ Instituto Español de Oceanografía. Corazón de María 8. 28002 Madrid (ESPAÑA).

E_mail: maria.soto@md.ieo.es; pilar.pallares@md.ieo.es.

² IRD (UR 109). Centre Halieutique Méditerranéen et Tropical. Avenue Jean Monnet BP 171, 34203 Sete Cedex. E-mail: gaertner@ird.fr.

³ Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Canarias. Apdo. de Correos 1373.

38080 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias (ESPAÑA). E_mail: tunidos@ieo.rcanaria.es.

1. Introducción

La evolución histórica de las capturas de rabil por arte muestra una tendencia descendiente del palangre, por el cambio de especie objetivo hacia el patudo, y un incremento importante del cerco que desde los años ochenta es la principal pesquería de rabil con capturas superiores al 65% del total de capturas de rabil en el Atlántico en los últimos años. El cambio de especie objetivo de rabil a patudo resulta difícil de integrar en la estandarización de las CPUEs del palangre japonés y de China Taipei, por lo que no suelen usarse como índices de abundancia en las evaluaciones. Por ello, en las últimas evaluaciones de rabil se han utilizado las tasas de captura estandarizadas del palangre USA, serie que se inicia en 1982, índices estandarizados del cerco venezolano desde 1987 y tasas de captura nominales de las flotas de cerco que faenan en el Atlántico tropical corrigiendo el esfuerzo con un incremento del 3% desde 1985. La corrección del esfuerzo se realiza para tener en cuenta el cambio en el esfuerzo efectivo por las mejoras técnicas de los barcos y el desarrollo de la pesca sobre objetos balizados.

El último informe detallado del rabil incluye una descripción de los procedimientos de obtención de los índices del cerco considerando dos períodos: anterior a 1980 (1969-1979) y posterior a 1980. El procedimiento seguido para el primer período (Fonteneau 1979, 1981, 1986) se puede considerar apropiado con el desarrollo de la pesquería. Sin embargo, los cambios en la potencia de pesca de los cerqueros iniciados en los años 80, la dificultad de obtener datos relativos a los cambios en el equipamiento de los barcos y la fuerte correlación existente entre los distintos aparatos ha hecho que no se hayan desarrollado procedimientos de estandarización de las tasas de captura del cerco. Como alternativa, los esfuerzos efectivos del cerco se han calculado a partir de esfuerzos nominales asumiendo niveles de incremento en la potencia pesquera del cerco.

Este documento presenta un procedimiento de estandarización de la CPUE del cerco (1980-2002) a partir de la información disponible, tanto a nivel de captura como de flota. Los resultados obtenidos constituyen aproximaciones que pueden ser interesantes en el trabajo de evaluación, bien utilizándose directamente como índices, bien como explicación de la evolución y estructura de las flotas de cerco.

2. Material y Métodos

2.1 Los Datos

Los análisis se han realizado a partir de los datos detallados de capturas y esfuerzos de los cuadernos de pesca, una vez corregida la composición específica de las capturas (Anon, 1984, Pallarés y Petit, 2001...) y de datos de flota pormenorizados. Los datos de capturas y esfuerzo se obtienen a nivel de lance, mientras que los datos de flota contienen información sobre antigüedad, características físicas (eslora, volumen de cubas, TRB, ..) e historia del barco. Se han analizado conjuntamente los datos procedentes de las flotas francesa, española y la llamada flota NEI. Para el análisis, la flota NEI se asimiló a la flota española en base a los resultados de análisis discriminantes (Soto et al., 2002). El período considerado se extiende de 1980 a 2002 años para los que se dispone de cuadernos de pesca detallados.

Tras observar que las características físicas del barco (longitud, potencia, tonelaje, volumen de cubas,..) estaban fuertemente correlacionadas, se definió el volumen de cubas, medido en m^3 , como variable para establecer las categorías de barcos por considerar que definía bien la capacidad del barco y que la probabilidad de sesgos y/o imprecisiones en su medida era menor que con otras variables como la capacidad de transporte. Las categorías establecidas son las siguientes:

categoría 1	< 550 m^3
categoría 2	550 – 749 m^3
categoría 3	750 – 949 m^3
categoría 4	950 – 1149 m^3
categoría 5	1150 – 1349 m^3
categoría 6	1350 – 1550 m^3
categoría 7	>1550 m^3

En la **Figura 1** se observa la distribución de las flotas según el volumen de cubas.

Se consideró un umbral mínimo de esfuerzo de 120 días de pesca. Umbral elegido tras analizar los rendimientos en función del tiempo de pesca de los barcos y observar que no existía correlación entre ambos, ni por flotas ni

en su conjunto, y que la variabilidad, mayor para los barcos con períodos cortos de pesca, se estabilizaba a partir de este umbral. Posteriormente se hizo una selección de los barcos presentes en la pesquería más de la mitad del período considerado.

Una vez seleccionados los barcos que más representación tenían durante el periodo completo se reestructuraron las categorías para equilibrar el análisis. El número de categorías se redujo a 5 tras unir las categorías 4, 5 y 6 en una sola (950 - 1550 m³).

La antigüedad se consideró como un factor estableciéndose categorías de cinco en cinco años hasta un total de 6 categorías (<5, entre 5-10 años, 10-15 años, 15-20 años, 20-25 años y >25 años). La **Figura 2** muestra la antigüedad media de las flotas a lo largo del período.

Los datos disponibles no permiten asignar el esfuerzo al lance por lo que las capturas se agruparon por días. Como medida de esfuerzo se tomó el día de pesca, considerando como tal las horas (12 horas) con luz que permiten que la actividad pesquera se realice. Como variable respuesta se tomó la captura diaria de rabil de peso mayor de 30 Kg. por día de pesca (captura rabil>30 Kg./día pesca). Se tomó esta categoría considerando que la pesquería de grandes rabiles ha sido objetivo de la flota de cerco a lo largo de todo el período y se realiza de forma casi exclusiva sobre bancos libres. Ello permite suponer que el efecto de la pesca sobre objeto balizado sobre la captura de grandes rabiles ha sido menor.

Teniendo en cuenta la estacionalidad de la pesca de grandes rabiles, relacionada con la puesta, el análisis se limitó al área ecuatorial durante el primer trimestre del año. La **Tabla 1** muestra la distribución de las capturas medias de grandes rabiles por área y mes para todo el período considerado.

2.2 El método Delta

El procedimiento de estandarización se realizó mediante GLMs a través del paquete estadístico S-plus, cuya opción de contraste de tratamiento permite los coeficientes estimados en los modelos queden referidos al primer nivel de cada factor, lo que facilita una interpretación directa de los resultados. Dado el gran número de ceros en las observaciones, alrededor de un 70% de estas, se utilizó el método delta, que trata separadamente las observaciones positivas y la probabilidad de que se produzca una observación positiva.

Como variables explicativas se consideraron, el año, el país, la antigüedad, el volumen de cubas y la captura de listado, todas ellas consideradas como factores. La captura de listado se incluyó como proporción de la captura total. Dado el carácter multiespecífico de la pesquería de cerco, la introducción de esta variable explicaría el cambio de especie objetivo y también la alternancia de las dos modalidades de pesca, objeto y banco libre realizadas por la flota. Esta variable se incluyó como factor con 3 categorías asignándole los siguientes niveles, atendiendo a su distribución:

- 1 $0 < skj/total < media(skj/total)$
- 2 $media(skj/total) < skj/total < 0.5*(media(skj/total) + max(skj/total))$
- 3 $0.5*(media(skj/total) + max(skj/total)) < skj/total < max(skj/total)$

Para aplicar el método Delta se crearon dos conjuntos de datos. Por un lado, el de las observaciones cuya cpue era positiva y por otro lado, las proporciones de observaciones positivas para cada uno de los estratos formados por la combinación de los distintos niveles de los factores año, categoría-país, antigüedad y el factor skj.

Se analizó la distribución de la cpue>0 mediante varios gráficos descriptivos y la aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov, que aceptaba la hipótesis nula de que esta variable seguía una distribución Gamma. De esta forma, para explicar la variabilidad de la cpue positiva en función de los factores mencionados, se planteó un modelo glm con distribución Gamma y función link inversa, cuya formulación es la siguiente:

$$1/cpue \sim year + captáis + antigüedad + propskj + antigüedad:captáis$$

Por otro lado, a la distribución de la proporción de observaciones positivas de cpue, se la aplicó un modelo glm Binomial, con función link logit:

$$Log(p/1-p) \sim year + captáis + antigüedad + propskj + antigüedad:captáis$$

Las tasas de captura estandarizadas se obtienen calculando los valores predichos de cpue>0 con el modelo Gamma y probabilidad predicha con el modelo binomial, para todos los valores observados, calculando sus

medias anuales y multiplicánlos entre sí. Estos valores se dividen por el primero de ellos, de forma que el índice sea relativo al primer año de la serie. Además, se calculan las varianzas de los estimadores anuales de la cpue por el método Delta basado en el desarrollo de Taylor de la función $g(\mu, p) = \mu * p$.

3. Resultados y discusión

Con objeto de simplificar el modelo se definió una nueva variable mixta país -categoría que englobara los efectos de estos factores y su interacción. La nueva variable se definió como factor con diez niveles: 1 = barcos franceses <550 m³; 2 = barcos franceses entre 550 y 749 m³; 3 = barcos franceses entre 750 y 949 m³; 4 = barcos franceses entre 950 y 1549 m³; 5 = barcos franceses > 1550 m³; 6 = barcos españoles <550 m³; 7 = barcos españoles entre 550 y 749 m³; 8 = barcos españoles entre 750 y 949 m³; 9 = barcos españoles entre 950 y 1549 m³; 10 = barcos españoles > 1550 m³.

En la **Figura 3** aparece la distribución de la cpue>0, el gráfico de dispersión y gráfico de probabilidad normal de los residuos del modelo; en la **Figura 4** se muestran los gráficos de los residuos parciales del modelo, que dan una idea de la contribución de cada factor a la variación en la cpue>0. Se observa que en la distribución de los residuos no se alcanzan valores demasiado grandes y estos se ajustan relativamente bien a la recta normal de probabilidad.

En la **Tabla 2** se muestra la tabla de desviaciones resultado del test F del modelo GLM con distribución Gamma para la cpue>0. En la última columna de la tabla de desviaciones aparecen los p-valores de los estadísticos que miden la contribución de cada variable al modelo. Se observa que todos los factores son significativos. La antigüedad contribuye menos a la variabilidad de la cpue>0 por sí sola, sin embargo la interacción de esta con el factor mixto categoría-país sí resulta significativo, siendo un posible indicador de los cambios en la potencia de pesca de los barcos. La interacción catpaís:antigüedad podría explicar, entre otros, la diferencia en el envejecimiento de los barcos compensada, en parte, por las posibles mejoras técnicas introducidas en los barcos y que, presumiblemente, no son independientes ni de la categoría del barco, ni del país. Esta interacción explicaría parte de la varianza debida a cambios en capturabilidad, que de otra forma, quedaría enmascarada dentro del efecto año. En la **Figura 5** podemos observar un gráfico de las interacciones entre el factor categoría-país y antigüedad, donde se ve que la cpue observada evoluciona de forma distinta fijando cada nivel de categoría-país, para cada nivel de antigüedad del barco.

Respecto al modelo binomial aplicado a la proporción de positivos en la **Tabla 3** se muestra la tabla de desviaciones del modelo binomial resultado del test Chi, cuya columna de p-valores nos muestra, al igual que para el modelo Gamma, que todos los factores son significativos.

La **Figura 5** muestra las CPUE estandarizada con los intervalos dados por 0.5 veces su desviación típica. La **Tabla 4** muestra los valores del índice final obtenido para el rabil en los años 1980-2002 junto con los límites superior e inferior definidos anteriormente.

Bibliografía

- FONTENEAU A., 1979. Analyse de l'effort de pêche des senneurs FISM. ICCAT. *Col.Doc.Cient. Vol. 8 (1)*, pp:37-66.
- FONTENEAU A., 1981. Note sur le mode de calcul de la prise par unité d'effort des senneurs FISM. ICCAT. *Col.Doc.Cient. Vol. 15 (1)*, pp:407-411.
- FONTENEAU A., 1986. Note sur les indices d'abondance de l'albacore calculés à partir des pue FISM et espagnoles. ICCAT. *Col.Doc.Cient. Vol. 25*, pp:46-56.
- SOTO, M., Pallarés, P., Gaertner, D., Delgado de Molina, A., Fonteneau, A. y Ariz, J.; 2002. "Standardization of tropical purse seine fishing effort by generalized linear model (GLM)", IOTC, WPTT/02/26 (en prensa).
- SOTO, M., 2003. "Estandarización de series de cpue con S-Plus". <http://www.ieo.es>.

Tabla 1: Capturas medias de rabil mayor de 30 Kg. en t. por área y mes.

Area /Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Senegal	1	0	5	57	115	72	255	773	376	45	5	1
NW Piccolo	37	66	605	2532	2097	383	58	48	264	178	137	148
Piccolo	778	1599	3583	1291	109	17	131	48	160	628	1288	948
Equator NE	932	2237	1154	322	149	535	1187	1877	1213	1355	632	537
Cap Lopez	73	37	6	16	271	646	715	647	715	240	35	67
S. Equator	4257	4486	5644	2070	317	321	368	284	721	382	406	1134

Tabla 2: Tabla de desviaciones del test F del modelo glm para la cpue > 0

	Df	Deviance Resid.	Df	Resid. Dev	F Value	Pr(F)
NULL			5466	6608.42		
Year	22	411.011	5444	6197.409	19.1443	0
Catpais	9	117.9506	5435	6079.459	13.4297	0
Skjcat	2	968.8521	5433	5110.607	496.404	0
Antcat	4	4.9642	5429	5105.642	1.2717	0.278635
antcat:catpais	30	59.6001	5399	5046.042	2.0358	0.0007178

Tabla 3: Tabla de desviaciones del test Chi del modelo glm para la proporción de positivos.

	Df	Deviance Resid.	Df	Resid. Dev	Pr(Chi)
NULL			610	2390.799	
Year	22	415.3833	588	1975.416	0
Catpais	9	112.8804	579	1862.536	0
Antcat	4	10.032	575	1852.504	0.03989279
Skjcat	2	611.688	573	1240.816	0
antcat:catpais	30	89.4903	543	1151.325	0.00000008

Tabla 4: Índice relativo estimado de rabil en el periodo 1980-2002

Year	cpue	d.t	Cpue relativa 1980	L=cpue-0.5*d.t	U=cpue+0.5*d.t
1980	3,58	1,67	1,00	0,17	1,83
1981	14,91	9,29	4,16	-0,48	8,80
1982	12,19	6,74	3,40	0,03	6,77
1983	9,59	4,19	2,68	0,58	4,77
1984	5,43	2,51	1,52	0,26	2,77
1985	13,00	3,13	3,63	2,06	5,19
1986	12,28	4,24	3,43	1,31	5,55
1987	11,34	3,33	3,16	1,50	4,83
1988	7,89	2,51	2,20	0,95	3,46
1989	24,31	10,13	6,78	1,72	11,85
1990	18,20	8,02	5,08	1,07	9,09
1991	10,89	7,05	3,04	-0,49	6,57
1992	11,08	10,11	3,09	-1,96	8,15
1993	7,97	7,41	2,22	-1,48	5,93
1994	13,33	6,76	3,72	0,34	7,10
1995	11,79	6,45	3,29	0,06	6,52
1996	12,40	7,39	3,46	-0,23	7,15
1997	16,55	8,94	4,62	0,15	9,09
1998	9,27	6,86	2,59	-0,84	6,02
1999	9,23	4,76	2,58	0,19	4,96
2000	7,54	5,85	2,10	-0,82	5,03
2001	5,51	3,70	1,54	-0,31	3,39
2002	12,73	6,78	3,55	0,16	6,94

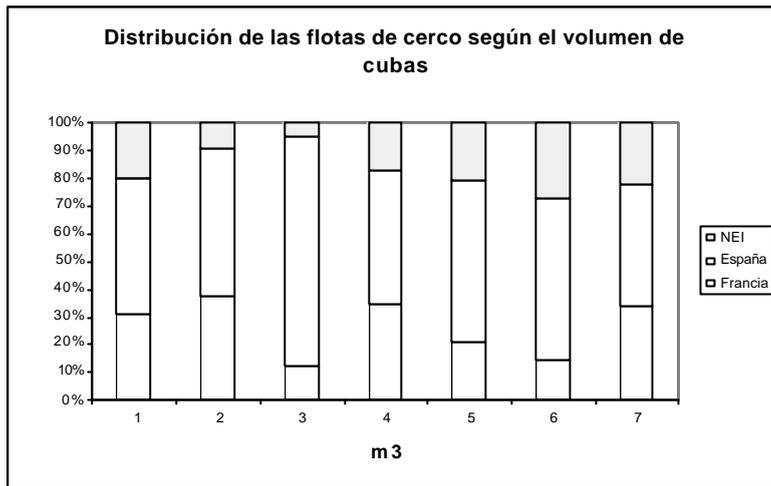


Figura 1. Distribución de flota por país y volumen de cubas

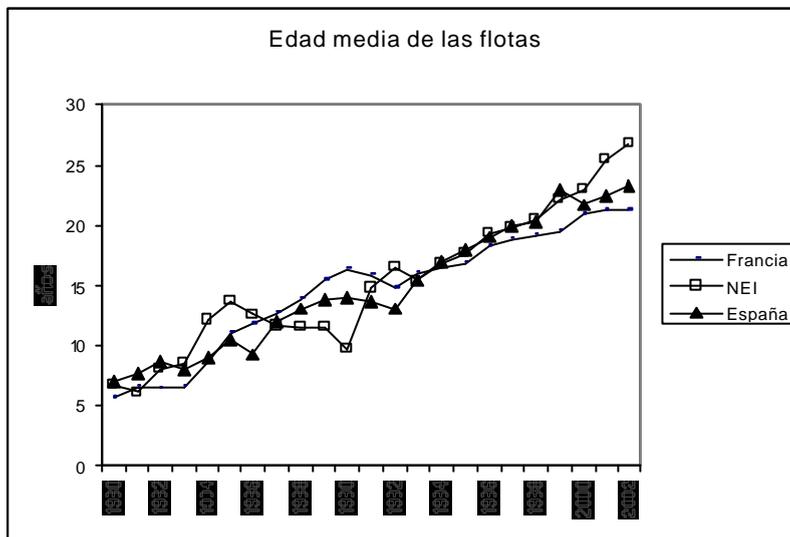


Figura 2. Antigüedad media de las flotas.

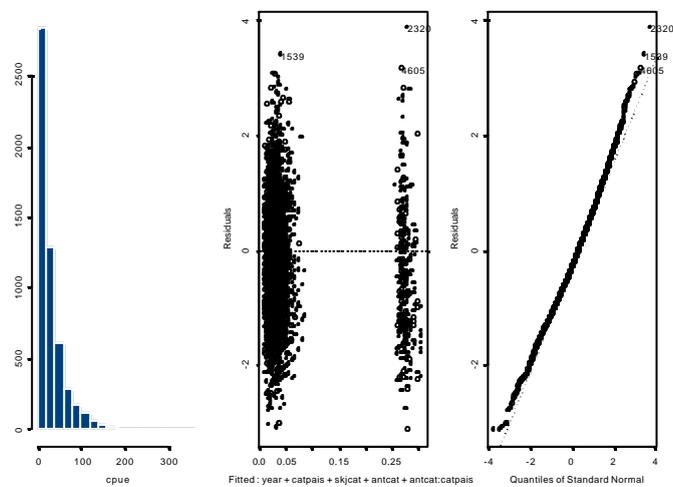


Figura 3. Histograma de la $cpue > 0$, residuos, y ajuste normal del modelo Gamma.

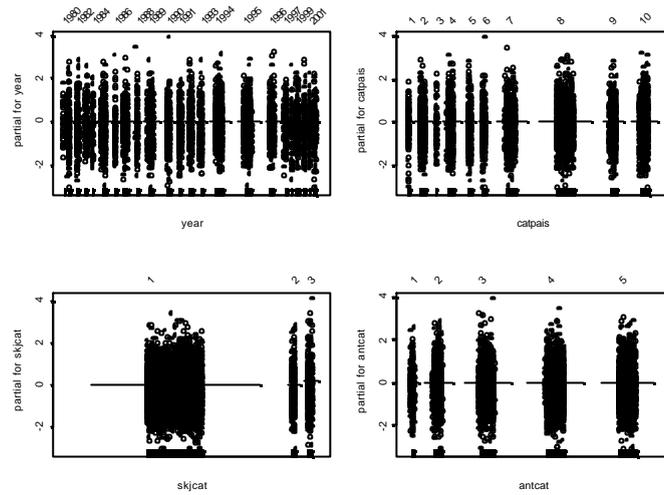


Figura 4. Residuos parciales del modelo Gamma para la $cpue > 0$.

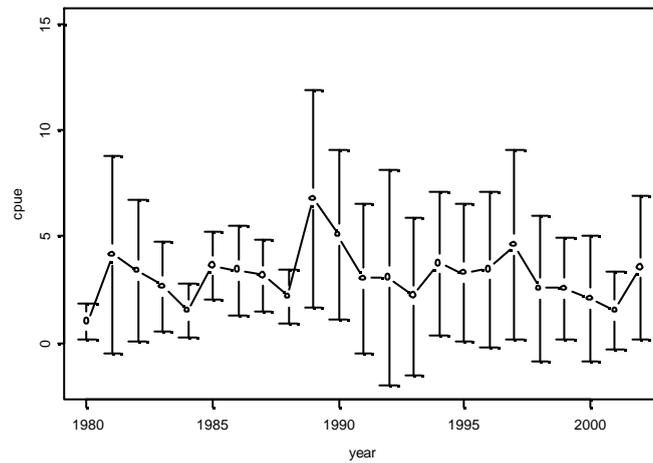


Figura 5. Evolución de la cpue nominal media para cada combinación de los niveles de categoría-país y antigüedad.

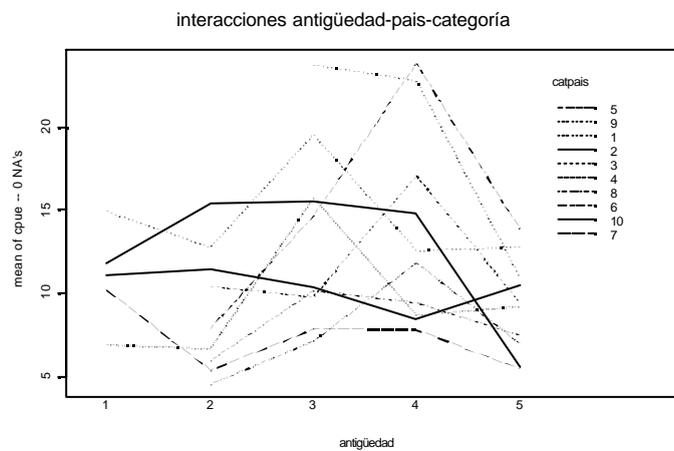


Figura 6 CPUEs estandarizadas relativas al año 1980 con límites verticales definidos por 0.5 veces la desviación típica.