

#### 4.4 CPUE y LPUE como índices de abundancia relativa

El apartado 4.2.4 presentaba fuentes de información sobre pesquerías de túnidos y señalaba que en su mayor parte están en relación con las pesquerías comerciales. Este apartado trata del uso de los datos dependientes de la pesquería respecto a desembarques o captura por unidad de esfuerzo (LPUE o CPUE respectivamente) como índices de abundancia relativa de peces. El párrafo final comenta brevemente acerca de los datos de CPUE independientes de las pesquerías.

Por lo general se considera que la CPUE es proporcional al número de peces,  $N$ , en el stock presente en una zona:

$$CPUE = q \cdot N$$

La constante de la proporcionalidad,  $q$ , se denomina “capturabilidad”. La ecuación podría reescribirse con subíndices,  $l$ , para referirse a clases de talla específicas si es necesario. Esta relación general asume fuertes supuestos (Paloheimo y Dickie, 1964; Maunder y Punt, 2004):

- La CPUE media se estima para el mismo periodo, profundidades y área geográfica que las que tienen los peces,  $N$ , del stock.
- $q$  es constante bajo todas las condiciones de la pesca.
- $q$  no varía con  $N$ .

La diferencia entre LPUE y CPUE crea, desafortunadamente, mayor incertidumbre si no se dispone de información sobre descartes u otras pérdidas de peces en la mar. Cuando se estima la abundancia como un índice basado en la LPUE o CPUE media por estrato espacio-temporal, es necesario tener en cuenta muchos factores:

- si la pesca tenía lugar en la misma zona del stock;
- si la pesca tenía lugar a las mismas profundidades del stock;
- cuales serían los efectos de las migraciones, tanto horizontales como verticales, sobre la abundancia local (o  $q$ );
- si los peces se congregan y son menos accesibles en un stock escaso; y
- si las tecnologías y estrategias en uso por la flota pesquera son suficientemente estables para asumir que  $q$  es constante. A menudo se observa una mejora gradual de la potencia pesquera a medida que el capitán adquiere mas experiencia en el terreno de la pesca y también cuando el barco adquiere mejores equipos de búsqueda de los peces, ocasionalmente acompañado de más capacidad para explorar los caladeros. Esto se conoce como “mejoras técnicas” (‘technical creep’).

Otros posibles temas específicos de los túnidos incluyen:

- efectos de las migraciones estacionales sobre los datos de CPUE de un solo país;
- efecto de los Dispositivos de Concentración de Peces (DCP) sobre la CPUE;
- colaboración entre diferentes artes cuando se pesca sobre DCP<sup>4</sup>;
- calcular la CPUE como índice de abundancia de la población para especies en cardumen;
- calcular la CPUE allí donde se capturan túnidos para su cría. Los datos de talla y peso obtenidos en el mercado (por ej. Japón) no son comparables a los correspondientes a los “peces salvajes”.

Rara vez hay respuestas claras a estas preguntas por lo que será necesario bien aceptar el supuesto de proporcionalidad con mucha prudencia, o bien recurrir al modelado para tratar de mejorar la LPUE o CPUE como índice de abundancia (Xiao *et al.*, 2004, Iª parte). Los árboles de regresión ofrecen otro método, menos preceptivo basado en un modelo (Watters y Deriso, 2000).

El modelado de CPUE es una tarea de investigación. Las variables de predicción han de ser normalmente seleccionadas de una larga lista de posibilidades que deberían incluir las interacciones entre las variables (Rodríguez Marín *et al.*, 2003). La omisión de una variable importante podría provocar un funcionamiento

---

<sup>4</sup> Los cerqueros pueden mantener un gran banco de atunes en el sitio mientras los cañeros pescan parte del banco. En este caso, cuando los cañeros son muestreados en el puerto, la composición de su captura será diferente a la que obtienen los cañeros en circunstancias normales. El esfuerzo desarrollado para capturar estos peces, será también diferente al desarrollado en circunstancias normales. Esto puede hacer necesario añadir una nueva categoría de arte para los cerqueros que cooperan con cañeros, lo que nos devuelve a la cuestión de definir claramente la pesquería que ha de muestrearse. Otro ejemplo es la de los cerqueros cooperando en el Mediterráneo en la búsqueda y captura de atún rojo. La CPUE de los barcos individuales resulta en estos casos inconsistente.

errático del modelo, en el caso de aplicarlo para pronosticar fuera del marco temporal o espacial de las observaciones empleadas para ajustar el modelo. Un conocimiento biológico previo es la mejor guía en una selección inicial de variables de predicción que, posteriormente, pueden afinarse por métodos estadísticos (Burnham y Anderson, 2002). Debe evitarse la selección paso a paso entre todas las variables disponibles. Y ello porque el significado estadístico de un elemento de predicción con un conjunto de datos y un conjunto de elementos de predicción adicionales, cambiará con frecuencia sustancialmente cuando se dan condiciones algo diferentes. La distribución de los valores del “error” (= observado –ajustado) en torno al modelo, ha de ser seleccionada entre varias posibilidades estadísticas que incluyen la posibilidad de valores de CPUE cero (Ortiz y Arocha, 2004). El método de modelado se ha de seleccionar de acuerdo con la distribución de error. La situación más sencilla es cuando puede considerarse que el logaritmo de la CPUE tiene una distribución más o menos normal en torno a un modelo lineal que ignora los ceros; entonces, resultan adecuados los métodos de regresión lineal con mínimos cuadrados, descritos en muchos libros de texto. Otras distribuciones, por ejemplo la Poisson, requerirían un Modelo Lineal Generalizado (McCullagh y Nelder, 1989). Las relaciones no lineales pueden estimarse con modelos Aditivos Generalizados (Hastie y Tibshirani, 1990). Requieren una decisión respecto al grado de flexibilidad que se puede permitir en las curvas ajustadas, además de la especificación de la función del modelo. Otra consideración a tener en cuenta en el modelado es que las diferentes ponderaciones de las observaciones tendrían diferentes grados de fiabilidad (Cotter y Buckland, 2004). Venables y Dichmont (2004) tienen una teoría general de modelado en el contexto de las pesquerías.

Dada la flexibilidad asociada con los métodos del modelado en la estandarización de LPUE y CPUE, es **esencial** que quienes informen de los resultados del modelado a ICCAT presenten un resumen de todas las selecciones y supuestos aplicados y, en la medida de lo posible, expliquen las razones que les han guiado. Los gráficos de diagnóstico resultantes (por ej., residuales, gráficos QQ) deberán también presentarse para demostrar una adecuada selección del modelo y estructura de error. Un conocimiento general de las bases de un estudio de modelado y de sus ventajas e inconvenientes, será de gran ayuda para estimar la información resultante, a efectos de evaluación y gestión de un stock.

Las LPUE de los pesqueros pueden ser más o menos importantes de un lance a otro. Por ello, es importante emplear el factor de estimación adecuado para la LPUE media en un estrato espacio-temporal. Un método sencillo es considerar sólo dos lances marcados como  $i = 1, 2$  en los cuales se retuvieron  $L_i$  peces para su desembarque tras la aplicación de  $E_i$  unidades de esfuerzo de pesca. Dos diferentes factores de estimación de LPUE media son:

$$media_1(LPUE) = \frac{(L_1/E_1) + (L_2/E_2)}{2} \quad (1)$$

y

$$media_2(LPUE) = \frac{L_1 + L_2}{E_1 + E_2} \quad (2)$$

Suponiendo, por ejemplo, que se produjeron capturas de peces en contraste, tales como que  $L_1 = 1$ ,  $L_2 = 100$ ,  $E_1 = 1$ , y  $E_2 = 2$ . Entonces

$$media_1(LPUE) = 25.5$$

y

$$media_2(LPUE) = 33.66 .$$

El primer factor de estimación es la media no ponderada de los dos valores de LPUE, uno para cada lance. Este factor de estimación emplea la información sobre qué lances facilitaron cada par de valores  $L$  y  $E$  (cf. segundo párrafo bajo el título *Información*) y es el factor recomendado para la LPUE media porque cada uno de los lances, cualquiera que sea la captura, es una información igualmente válida sobre el éxito de la pesca. Por otra parte, el segundo factor de estimación da mayor importancia a la cifra de desembarque más alta,  $L_2$ . Este factor de estimación ha de aplicarse cuando los únicos datos disponibles son los desembarques totales y el esfuerzo total de lances múltiples. El sesgo en los datos del ejemplo es +32%.

Se podría contar con datos de CPUE procedentes de fuentes independientes de la pesquería, tales como las prospecciones con barcos de investigación o aviones de observación. La ventaja de estas fuentes es que no están influenciadas por decisiones de tipo comercial sobre lugares de pesca y épocas o, si están bien estandarizadas y documentadas, por cambios en el arte de pesca y en la técnica a lo largo del tiempo. Las desventajas de estas prospecciones consisten en que es poco probable que cubran toda la zona habitada por un stock y que el grado de solapamiento podría variar con la temporada, migraciones y posiblemente, de un año a otro. También es importante el diseño de la prospección. Una parrilla sistemática, por ejemplo, resultaría algo inadecuado para encontrar peces cuando el stock es escaso y se encuentra concentrado en unidades pequeñas y localizadas situadas entre los nudos de la parrilla. Por lo general, los índices de abundancia en una prospección tienden a presentar una mayor varianza que los valores de LPUE media de una pesquería comercial de amplia distribución. También es probable que contengan sesgos debido al desajuste de los lugares donde se encuentran los peces y los puntos de observación de la prospección. El uso de una serie temporal de resultados de una prospección requiere un firme supuesto respecto a que el sesgo de dicha prospección permanece constante en el tiempo.

#### **4.4.1 Cuestiones específicas de ICCAT**

Una cuestión que va adquiriendo cada vez más importancia es el solapamiento entre tiempo-espacio “muestreado” por el arte y el tiempo-espacio habitado por los peces; el grado de solapamiento ¿va cambiando con el tiempo?

En el caso de las especies de captura secundaria, como la aguja blanca del Atlántico, las únicas series temporales disponibles de la abundancia relativa son los índices de CPUE derivados de la pesquería. Los índices comerciales proceden de pesquerías de amplia distribución, pero estas pueden modificar su distribución espacial, arte (cambiando de palangre en aguas poco profundas a palangre más profundo) o de especie objetivo (los anzuelos colocados a mayor calado señalan un cambio hacia el patudo). Otros datos de CPUE proceden de pesquerías deportivas más localizadas que siempre han estado dirigidas a los marlines. Se han propuesto formulaciones alternativas de GLM en un intento de eliminar los sesgos causados por cambios que se producen en la profundidad de los lances de pesca (Babcock y McAllister, 2004).

Otro método para las especies de marlines es la aplicación de modelos de estandarización “basados en el hábitat” (Hinton y Nakano, 1996). Estos modelos incorporan el conocimiento de parámetros oceanográficos y de comportamiento (preferencia en cuanto a profundidad y temperatura) para estandarizar datos históricos de series temporales de CPUE, así como explicando los cambios experimentados por el arte a lo largo del tiempo. La idea básica es que si un anzuelo se cala en un medio preferido por la especie, tiene más probabilidad de capturar peces de dicha especie (Hinton y Maunder, 2004). Bigelow *et al.* (2002) han aplicado el modelo de estandarización basado en el hábitat para hallar índices de abundancia relativa basados en CPUE para patudo y rabil en el Pacífico. Estos índices se han empleado en las evaluaciones tanto del Pacífico centro-oeste por la SPC (Hampton, 2002) como en el Pacífico este por IATTC (Maunder, 2002). El debate acerca del uso de modelos de estandarización “basados en el hábitat” sigue en curso.

#### **4.4.2 Bibliografía**

- BABCOCK, E.A. and M.K. McAllister (2004). Modelling biases and contradictions among catch rate indices of abundance for Atlantic white marlin (*Tetrapterus albidus*). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 110-119.
- BIGELOW, K.A., J. Hampton, and N. Miyabe (2002). Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish. Oceanogr. 11(3): 143-155.
- BURNHAM, K.P. and D.R. Anderson (2002). Model Selection and Multimodel Inference. New York, Springer
- COTTER, A.J.R. and S.T. Buckland (2004). Using the EM algorithm to weight data sets of unknown precision when modeling fish stocks. Mathematical Biosciences 190: 1-7.
- HAMPTON, J. (2002). Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, SCTB 15, BET-1, 37 p.
- HASTIE, T.J. and R.J. Tibshirani (1990). Generalized Additive Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.335

- HINTON, M.G. and N. Nakano (1996). Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological or behavioural constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific. Bull. IATTC 21(4), 171-200.
- HINTON, M.G. and M.N. Maunder (2004). Methods for standardising CPUE and how to select among them. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 169-177.
- MAUNDER, M.N. (2002). Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Stock Assessment Report 3: 47-134.
- MAUNDER, M.N. and A.E. Punt (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res. 70(2-3): 141-159.
- MCCULLAGH, P. and J.A. Nelder (1989). Generalized Linear Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.511
- ORTIZ, M. and F. Arocha (2004). Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fish. Res. 70: 275-297.
- PALOHEIMO, J.E. and L.M. Dickie (1964). Abundance and fishing success. Rapports et Proces- verbaux des Reunions, Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer 155(28): 152-163.
- RODRÍGUEZ-MARÍN, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003). Standardisation of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic). ICES J. Mar. Sci. 60, 1216-1231.
- VENABLES, W.N. and C.M. Dichmont (2004). GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. Fish. Res. 70(2-3): 319-337.
- WATTERS, G.M. and R.B. Deriso (2000). Catch per unit of effort of bigeye tuna: a new analysis with regression trees and simulated annealing. Bulletin of the Inter-American tropical Tuna Commission 21(8): 531-571.
- XIAO, Y.S., A.E. Punt, R.B. Miller, T.J. Quinn, II, eds. (2004). Models in fisheries research: GLMs, GAMs and GLMMs., Fish. Res. 70:137-428.