

**USO DE UN RANGO DE CAPTURAS LIMITES PARA DETERMINAR CAPTURAS TOTALES PERMISIBLES.****USING A RANGE OF CAPTURE LIMITS TO DETERMINE TOTAL ALLOWABLE CATCHES.**

---

*Luis Cubillos S., Aquiles Sepúlveda O., Aldo Hernández R. y Leonardo Miranda A.*

**RESUMEN**

Con el objeto de determinar capturas totales permisibles (CTP), se propone el uso de un rango de capturas definido entre valores mínimos y máximos aceptables. El límite superior ( $Y_{max}$ ) debe fijarse sobre la base de criterios biológicos, mientras que criterios sociales y económicos deben ser considerado para fijar el límite inferior ( $Y_{min}$ ). El enfoque que se propone con el uso de un rango de capturas límites es determinar explícitamente cual es el nivel de captura recomendable según la incertidumbre en la estimación de una CTP, que esté dentro del rango, y que tenga un riesgo dado (probabilidad) de no superar  $Y_{max}$  y un nivel de riesgo calculado que la CTP sea menor que  $Y_{min}$ . De esta manera, cuando la incertidumbre en la estimación de la CTP tiende a ser mayor, la nueva CTP -basada en un nivel de riesgo mínimo aceptado (e.g. 10%) que la CTP actual excederá  $Y_{max}$ -, tenderá a ser más baja y más cercana a  $Y_{min}$ , produciendo un mayor riesgo para la pesquería. Las ventajas del uso de un rango de capturas límites son promover metodologías de evaluación más precisas y exactas para minimizar los riesgos para la pesquería (límite inferior). En otras palabras, para minimizar la presión política, económica y social por aumentar las cuotas anuales de captura.

*Palabras clave:* Puntos de referencia límites y blancos, manejo de pesquerías, capturas totales permisibles.

**ABSTRACT**

In order to determine total allowable catch (TAC), the use of a range of catches defined between acceptable minimum and maximum values is proposed. The upper limit of the range should be fixed using biological criteria, while social and economic criteria should be considered to fix the lower limit of catch. New values of TAC can be estimated using an acceptable level of risk (chosen by managers), expressed as a probability that the upper limit will be exceeded, and a given level of uncertainty of the current estimate of TAC (e.g. expressed as its coefficient of variation). In addition, the level of risk that TAC will be lower than the inferior limit of catch can be calculated (risk for the fishery). In this way, when the uncertainty in the estimation of TAC tends to be larger, the new TAC estimates, based on a given minimum level of risk (e.g. 10%) that current TAC will exceed the upper limit, will tend to be lower and closer to the lower limit of the range yielding a larger level of risk for the fishery. The advantages of the use of a

range of catch limits is promote better precision and accuracy in the results of stock assessment methodologies in order to minimize the risk for the fishery (lower limit). In other words, to minimize the political, economic and social pressure to increase annual quotas.

*Key words:* Targets reference points, Limit reference points, fishery management, total allowable catches.

· Fecha de recepción: 04-05-99

· Fecha de aceptación: 05-08-99

## INTRODUCCIÓN

En el análisis de muchas pesquerías, los objetivos biológicos de manejo se han desarrollado para guiar científicamente la explotación de un stock a un nivel recomendable: un punto biológico de referencia blanco (PRB). Para fijar dicho nivel recomendable, se deben analizar adecuadamente los criterios biológicos, los datos disponibles y la metodología de evaluación que se utilizará para cuantificar los indicadores de la situación del stock. Sin embargo, muchas veces la estimación de los indicadores de la situación del stock y la estimación de los puntos de referencia blanco puede ser muy imprecisa, con el consiguiente riesgo de superar el nivel recomendado de explotación. Sólo recientemente se ha puesto una mayor atención a los puntos de referencia límites (PRL), que definen una situación no deseable para la pesquería o el recurso, tal como las cantidades asociadas al máximo rendimiento sostenido (ver Caddy & Mahon, 1995; García, 1997; Rosenberg & Restrepo, 1997).

Usualmente, en el análisis de muchas pesquerías las decisiones de manejo se basan en los siguientes aspectos: (a) diagnóstico de la situación del recurso, donde se emplean modelos de evaluación que utilizan información biológica y pesquera (captura por edad, fecundidad, pesos promedio, mortalidad natural, biomasa estimada por cruceros

de evaluación, esfuerzo de pesca, etc.); (b) comparación de la situación actual con estados óptimos proyectados a partir del modelo de evaluación utilizado; (c) proyección de corto y mediano plazo de las variables que serán controladas para alcanzar dicho óptimo. A su vez, debido a que el esfuerzo de pesca es difícil de regular directamente, usualmente la explotación se controla indirectamente a través de cuotas anuales de captura, ya que esta variable se puede vigilar con mayor precisión que otras dentro del ciclo anual.

Una cuota de captura usualmente se basa en capturas totales permisibles (CTP), estimadas bajo criterios de explotación biológicamente aceptables. Actualmente, es cada vez más habitual realizar un análisis de riesgo de la CTP estimada sobre la base de un PRB (Restrepo et al., 1992; Powers & Restrepo, 1993). Bajo esta modalidad, un criterio muy utilizado es adoptar la CTP asociada a un nivel del 10% de riesgo, con el objeto de tener una chance de sólo 10 en 100 de alcanzar el nivel de explotación recomendado. Este argumento supone implícitamente que no hay ninguna chance de que la captura intentada se ajuste exactamente al nivel de cuota recomendado, pudiéndose superar o no la cuota establecida. Por otra parte, criterios como el descrito no toman

en cuenta los riesgos para la pesquería y para el stock. En efecto, puede ocurrir que la cuota recomendada sea demasiado baja con el consiguiente efecto social y económico, lo que podría poner en riesgo la viabilidad de la actividad pesquera en todos sus aspectos. Asimismo, y a pesar que la CTP se basa en un nivel recomendable de explotación, su magnitud también podría ser alta y atentar contra la biomasa del stock (Megrey et al., 1993).

En este trabajo, nosotros analizamos el uso de un rango de capturas límites para determinar capturas totales permisibles, tratando de minimizar el riesgo para el stock y cuantificar el riesgo para la pesquería. Los límites del rango de capturas deben ser fijados en base a estos dos tipos de riesgo existente en la explotación de un recurso pesquero: (a) riesgo para el stock, que es la probabilidad de que el tamaño poblacional disminuya por debajo de niveles que permitan mantener el reclutamiento en un nivel promedio y sustentable; y (b), riesgo para la pesquería, que es la probabilidad de que las capturas disminuyan por debajo de niveles que permitan mantener la actividad pesquera. Estos dos tipos de riesgo son importantes, el primero está presente en todo análisis biológico de la situación del recurso, mientras que el segundo tiene que ver con aspectos sociales y económicos derivados de la explotación comercial del recurso.

El objetivo del uso de un rango de capturas límites para una pesquería dada es resguardar que las CTPs y, por ende, los niveles de cuota que se recomienden contengan una cantidad mínima de riesgo para el stock y una cantidad conocida para la pesquería, suponiendo que la mayor incertidumbre estará en las estimaciones de CTP basada en puntos de referencia blanco.

## MATERIALES Y METODOS

Se sigue y utiliza el enfoque de Caddy & McGarvey (1996), quienes ofrecen una metodología para utilizar simultáneamente los conceptos de puntos de referencia blanco y puntos de referencia límites. Detrás del enfoque, se supone que se ha logrado algún acuerdo sobre los límites máximos y mínimos de captura a los que podría estar sujeto un recurso pesquero dado, el cual nosotros denominaremos  $Y_{max}$  e  $Y_{min}$ , respectivamente. El nivel máximo de captura fija el límite superior del rango y debería ser una cantidad límite que no ponga en riesgo al tamaño del stock, probablemente fijado como un punto de referencia límite o zona roja. Criterios biológicos se deben considerar para su estimación. A su vez, debe establecerse algún límite inferior que no ponga en riesgo a la pesquería. Este nivel inferior,  $Y_{min}$ , fija el límite inferior del rango y debe ser entendido como el nivel de captura minimum minimorum que podría permitir la viabilidad de la pesquería. Criterios sociales y económicos deberán ser considerados en su estimación.

Estos límites deben ser considerados como referencias exactas (sin varianza). De esta manera, la problemática estará centrada simplemente en la incertidumbre de estimación de las capturas totales permisibles (CTP).

El enfoque que se propone con el uso de un rango de capturas límites es determinar explícitamente cuál es el nivel de captura recomendable dada la incertidumbre en la estimación de una CTP dada, que esté dentro del rango y que tenga un riesgo dado (probabilidad) que no sea mayor a  $Y_{max}$  y un nivel de riesgo calculado que la CTP no sea inferior a  $Y_{min}$ . Se supone los siguientes aspectos para un recurso pesquero hipotético:

a) El rango de capturas está dado por  $Y_{min} = 1800$  e  $Y_{max} = 3000$  ton, los cuales son límites sin varianza,

b) La incertidumbre en la CTP es descrita por una distribución normal con media CTPprom y desviación estándar conocida ( $\sigma$ ),

c) La incertidumbre en la CTP, alrededor de CTPprom, es conocida y representada por la desviación estándar o el coeficiente de variación ( $CV = \sigma / CTPprom$ ),

d) El ente administrador tiene acordado un cierto nivel de riesgo (probabilidad) de no exceder el límite superior del rango, i.e. la probabilidad de que el valor de CTP sea mayor que Ymax ( $P1: CTP > Ymax$ ); y,

e) La probabilidad que la CTP determinada sea menor que Ymin ( $P2: CTP < Ymin$ ) puede ser calculada.

En el punto (d), se asume la probabilidad que la CTP ha sido subestimada y que realmente

podría ser mayor que Ymax, mientras que en el punto (e), se asume la probabilidad que la CTP ha sido sobreestimada y realmente es menor que Ymin.

De acuerdo con estos supuestos, es posible estimar una nueva magnitud de CTPprom. El nuevo valor de CTPprom puede ser diferente del nivel de CTPprom calculado a partir del nivel recomendable de explotación, ya que estará referido a los límites del rango, a la incertidumbre de su estimación (CV) y al nivel de probabilidad dado de no exceder Ymax. Con el objeto de lograr la nueva estimación de CTPprom, se utilizó la aproximación a la solución de la ecuación normal dada por Abramowitz & Stegun (1970 fide Caddy & McGarvey, 1996), i.e.,

1)...

$$CTP_{prom} = \frac{Ymax}{1 + CV \left( t - \frac{2,30753 + 0,27061t}{1 + 0,99229t + 0,04481t^2} \right)}$$

donde:

$$t = \left( \ln \left[ \frac{1}{\{P(CTP > Ymax)\}^2} \right] \right)^{1/2}$$

En esta ecuación, CTPprom es dependiente del coeficiente de variación (CV) y del valor dado de probabilidad,  $P(CTP > Ymax)$ . Esta solución ofrece tres dígitos significativos. En consecuencia, se utiliza Ymax como referencia para determinar el nuevo valor de CTPprom, y a partir de éste se determina  $P(CTP < Ymin)$ . Bajo este esquema puede ocurrir lo siguiente:

a)  $P(CTP < Ymin) > P(CTP > Ymax)$ , donde el riesgo para la pesquería es mayor que el ries-

go para el stock,

b)  $P(CTP < Ymin) = P(CTP > Ymax)$ , donde la CTP fijada tendrá igual riesgo para la pesquería y para el stock, y

c)  $P(CTP < Ymin) < P(CTP > Ymax)$ , donde el riesgo para el stock es mayor que el riesgo para la pesquería.

Estos tres casos son discutidos en relación con niveles de riesgo adoptados para el stock y las consecuencias para la pesquería y la evaluación de stock.

**RESULTADOS**

Bajo la ecuación normal, la probabilidad que un valor de CTP exceda el límite superior de captura (Ymax), en relación con la CTP promedio (CTPprom), queda definida por:

Dado que en la Ecuación (2), la probabilidad se cuantifica para todos los valores alternativos e igualmente probables de CTP(Ymax, y ya que es menos probable conocer el valor absoluto de la desviación estándar que como una fracción de CTPprom, el coeficiente de variación

2)...

$$P(CTP > Y_{max}) = \int_{CTP=Y_{max}}^{\infty} (1/\sqrt{2\pi}\sigma) \exp(-(CTP - CTP_{prom})^2 / 2\sigma^2)$$

P1:	CV(CTPprom)					
CTP>Ymax	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
30%	2924	2851	2717	2594	2482	2379
20%	2879	2768	2569	2397	2246	2113
15%	2852	2719	2486	2290	2122	1977
10%	2820	2660	2388	2168	1984	1829
5%	2772	2576	2258	2009	1810	1646
P2: CTP<Ymin						
30%	0%	0%	5%	15%	25%	31%
20%	0%	0%	7%	20%	31%	38%
15%	0%	0%	8%	24%	35%	43%
10%	0%	0%	11%	29%	41%	49%
5%	0%	0%	16%	36%	49%	57%

**Tabla 1. Estimaciones de capturas totales permisibles (CTPprom) en relación con un nivel dado de incertidumbre (CV(CTPprom)) y de riesgo ( P1: CTP>Ymax) de que la CTP exceda el límite superior de capturas (Ymax=3000 ton), y estimación del riesgo (P2: CTP<Ymin) de que la CTP sea menor al límite inferior de capturas (Ymin=1800 ton).**

Estimates of total allowable catch (CTPprom) in relation to the coefficient of variation of CTP (CV(CTPprom)) and to the risk ( P1: CTP>Ymax) that current CTP exceeds the upper limit of catch (Ymax=3000 ton), and estimates of the risk (P2: CTP<Ymin) that current CTP does not achieve the lower limit of catch (Ymin=1800 ton).

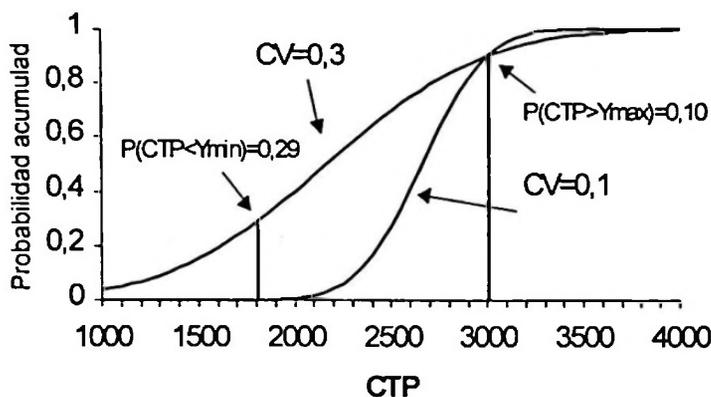


Figura 1. Curvas de riesgo asociadas con la estimación de  $CTP_{prom}$  utilizando un  $CV = 0,10$  y  $0,30$  para la incertidumbre de estimación de CTP, un nivel de riesgo de 10% para el stock ( $P(CTP > Y_{max})$ ) y riesgos calculados para la pesquería ( $P(CTP < Y_{min})$ ) (Tabla 1).

Risk curves related to the estimates of  $CTP_{prom}$ , obtained by using a  $CV = 0.10$  and  $0.30$  and a risk of 10% for  $P(CTP > Y_{max})$ . A computed risk for the fishery ( $P(CTP < Y_{min})$ ) is shown (see Table 1).

$(=CV(CTP_{prom}))$  se puede utilizar para reemplazar ( en la Ecuación (2) y resolver para  $CTP_{prom}$ . Así, el nuevo valor de  $CTP_{prom}$  es sólo función de la probabilidad  $P(CTP > Y_{max})$  y el coeficiente de variación  $CV$ , tal como queda definido en la Ecuación (1) utilizada al efecto.

Una vez estimado el nuevo valor de  $CTP_{prom}$ , sobre la base de  $Y_{max}$ ,  $P(CTP > Y_{max})$  y  $CV$ , se debe calcular la probabilidad para  $Y_{min}$ , la cual en términos de la ecuación normal, se define por:

Esta probabilidad debe ser cuantificada una vez estimado  $CTP_{prom}$ , con el objeto de cuantificar los riesgos para la pesquería, en función del nuevo valor de  $CTP_{prom}$  y su nivel de incertidumbre  $(=CV(CTP_{prom}))$ . En el caso del recurso hipotético, en la Tabla 1 se muestran los nuevos valores de  $CTP_{prom}$  para niveles dados de probabilidad de 5, 10, 15, 20 y 30% de superar  $Y_{max}$  y valores de  $CV$  de 5, 10, 20, 30, 40 y 50% como niveles de incertidumbre asociados con la estimación de  $CTP_{prom}$ . A su vez,

3)...

$$P(CTP < Y_{min}) = \int_{-\infty}^{CTP=Y_{min}} (1/\sqrt{2\pi}\sigma) \exp(-(CTP - CTP_{prom})^2 / 2\sigma^2)$$

dado los nuevos valores de  $CTP_{prom}$ , se utilizó la Ecuación (3) para calcular la probabilidad de que cada nuevo valor de  $CTP_{prom}$  sea inferior a  $Y_{min}$ . La Figura 1, ilustra los resultados según  $P(CTP > Y_{max})=0,10$  para dos valores de  $CV$  y el riesgo calculado para la pesquería.

## DISCUSIÓN

Si la incertidumbre en la estimación de las capturas totales permisibles es alta, la captura intentada podría ser mayor o menor que esta referencia. En este contexto, el uso de un punto de referencia blanco no resguarda por

sí mismo que el nivel de explotación recomendado sea alcanzado. Pequeñas perturbaciones, accidentales o no, producirán desviaciones positivas o negativas alrededor del nivel de captura intentado. De esta manera, el uso de un nivel de referencia límite (sin varianza) permite determinar de mejor manera un nuevo valor de CTP en función de su propia incertidumbre y del nivel de riesgo acordado de no superar el límite superior (Caddy & Mahon, 1995; Caddy & McGarvey, 1996).

La diferencia en el enfoque es que mientras la captura intentada (CTP) está basada en un nivel óptimo de explotación de acuerdo con los objetivos de manejo, el límite superior absoluto de captura está asociado con el límite de la zona roja que pone en peligro al stock. Por lo tanto, el límite superior se basa en criterios biológicos y las CTP deberían ser inferiores a dicho límite máximo. ¿Qué tan inferiores de la zona roja deberían ser las CTP?, tan bajas como sea necesario para mantener una baja probabilidad de superar el límite superior en función de la incertidumbre existente en la determinación de cualquier CTP. Sin embargo, si la incertidumbre es alta, las CTP podrían ser muy bajas, razón por la cual es necesario fijar un límite inferior de captura que no ponga en riesgo a la actividad pesquera en todos sus aspectos.

En nuestro ejemplo hipotético, si el ente administrador adopta un nivel de riesgo del 10% de que la CTP no supere el límite máximo de captura, y las CTP están siendo estimadas con un coeficiente de variación del 20%, la CTP determinada para el ejemplo hipotético es de 2388 ton; pero con un nivel de riesgo calculado de 11% de que las capturas podrían ser menores que el límite inferior (Tabla 1). En otras palabras, existe un 90% de probabilidad de que dicha CTP no supere el límite superior de 3000 ton resguardando el riesgo para el stock. Sin embargo, existe un 11% de ries-

go para la pesquería de no alcanzar el límite inferior de 1800 ton.

Si la incertidumbre es mayor y se desea mantener un bajo riesgo para el stock, la CTP estimada estará más cerca del límite inferior del rango, con un mayor riesgo para la pesquería. Cuando la incertidumbre de estimación de CTP es menor, digamos asociada a un  $CV < 10\%$ , entonces en el ejemplo dado no existirán riesgos para la pesquería. Este solo hecho debería favorecer el desarrollo de la investigación orientada a la búsqueda de modelos de evaluación más exactos y precisos, ya que bajo la aplicación de dichos modelos las CTP serán menos inciertas, y por lo tanto los riesgos para la pesquería serán siempre menores a los riesgos para el stock, i.e.,  $P(CTP < Y_{min}) \ll P(CTP > Y_{max})$ . Por otra parte, cuando las CTP son más inciertas ( $CV > 30\%$ ), para un nivel bajo de riesgo para el stock (e.g., 10%), los riesgos para la pesquería podrían ser mayores a dicho nivel mínimo aceptable para el stock, i.e.,  $P(CTP < Y_{min}) \gg P(CTP > Y_{max})$ . En consecuencia, el uso de un rango de capturas límites tiene la ventaja de promover la utilización de metodologías de evaluación y de estimación de CTPs más precisas para evitar riesgos potencialmente altos para la pesquería. Además, el uso de un rango de capturas límites permite asegurar que las CTPs determinadas anualmente queden dentro de dicho rango, con una probabilidad mínima acordada (e.g., 10%) de poner en riesgo al stock y una probabilidad calculada de poner en riesgo a la pesquería. Usualmente, en el asesoramiento científico, sólo criterios biológicos se consideran para la estimación de las CTPs. Si a la recomendación de una CTP se le agrega el riesgo que podría tener la industria o los pescadores, entonces la presión política, económica y social por aumentar las cuotas recomendadas podría minimizarse evitando conflictos entre los usuarios del recurso y el ente

administrador.

Se podrá argumentar que en una pesquería sobredimensionada, fijar un límite inferior no tiene sentido ya que la probabilidad de superar el límite inferior será siempre mayor que de no alcanzarlo. Esto es probablemente cierto, razón por la cual la adopción del uso de un rango de capturas límites debe tratar de ser implementado antes que problemas asociados con la sobrecapitalización y la sobreexplotación ocurran. En efecto, se supone que el estado de sobreexplotación ocurre debido a que las modalidades o la intensidad de explotación actual supera los límites asociados con la zona roja y que el grado de agotamiento del recurso determina acciones de manejo diferentes a lo propuesto en este trabajo (i.e., régimen de pesquería en recuperación). Por lo tanto, el enfoque del uso de un rango de capturas límites debería implementarse antes que ocurran problemas de sobreexplotación. El Código para la conducta de una pesca responsable de la FAO sugiere que cada nación debería determinar puntos de referencia blancos para cada stock y también puntos de referencia límites. Las definiciones de sobreexplotación biológica deberían estar asociadas con los puntos de referencia límites, tal como el máximo rendimiento sostenido. La discusión que debe emerger, por lo tanto, es cómo fijar dichos puntos de referencia límites para cada stock y cómo mejorar la precisión y exactitud de las metodologías de evaluación para minimizar la incertidumbre en las variables control.

## LITERATURA CITADA

ABRAMOWITZ, M. & I.A. STEGUN. 1970. Handbook of mathematical functions. Dover, New York.

CADDY, J.F. & R. MAHON. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper 347: 83 p.

CADDY, J.F. & R. MCGARVEY. 1996. Targets or limit for management of fisheries?. North American Journal of Fisheries Management 16:479-487.

GARCÍA, S.M. 1997. The precautionary approach to fisheries and its implications for fishery research, technology and management: an updated review. In: Precautionary approach to fisheries, Part 2: Scientific papers, FAO Fisheries Technical Paper 350, Part 2, p. 1-76.

MEGREY, B.A., A.N. HOLLOWED & R.T.BALDWIN. 1993. Sensitivity of optimum harvest strategy estimates to alternative definitions of risk. ICES C.M. 1993/D:38, Statistical Committee, 14 p.

POWERS, J.E. & V.R. RESTREPO. 1993. Evaluation of stock assessment research for Gulf of Mexico king mackerel: benefits and costs of management. North American Journal of Fisheries Management, 13:15-26.

RESTREPO, V.R., J.M. HOENING, J.E. POWERS, J.W. BAIRD & S.C. Turner. 1992. A simple simulation approach to risk and cost analysis, with applications to swordfish and cod fisheries. Fish. Bull. U.S., 90:736-748.

ROSENBERG, A.A. & V.R.RESTREPO. 1997. Precautionary management reference points and management strategies. In: Precautionary approach to fisheries, Part 2: Scientific papers, FAO Fisheries Technical Paper 350, Part 2, p. 129-158.