

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

14^a REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

15-19 de mayo de 2023

DOCUMENTO SAC-14 INF-O

PUNTOS DE REFERENCIA LÍMITE Y OBJETIVO PROVISIONALES PARA ATUNES, PECES PICUDOS Y OTROS PECES ALTAMENTE PRODUCTIVOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Mark N. Maunder, Alexandre Aires-da-Silva, Carolina Minte-Vera, y Juan Valero

RESUMEN

Aunque en la resolución [C-16-02](#) se establecen puntos de referencia basados en el RMS para las poblaciones de atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental (OPO), actualmente solo están definidos para los atunes aleta amarilla y patudo, y recientemente se presentó una propuesta para el atún barrilete. Los puntos de referencia se consideran un componente estándar de la ordenación pesquera contemporánea y son un componente integral de la mayoría, si no es que de todos, los programas de ecoetiquetado y certificación basados en el consumidor. Además, según el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO, las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) deben adoptar, con base en la mejor información científica disponible, puntos de referencia objetivo y límite por población, así como las medidas de ordenación correspondientes. Por lo tanto, se necesitan puntos de referencia para todas las especies asociadas con las pesquerías atuneras del OPO. Desgraciadamente, es posible que no se disponga de la información pertinente para estimar puntos de referencia fiables para todas las especies y la adopción formal de puntos de referencia puede llevar mucho tiempo. Por lo tanto, el personal de la CIAT propone puntos de referencia límite y objetivo *provisionales* que pueden ser usados para atunes, peces picudos y otros peces altamente productivos en el OPO. Estos puntos de referencia se basan en los puntos de referencia *provisionales* usados actualmente para el patudo y el aleta amarilla y el supuesto de un valor conservador para la inclinación ($h = 0.75$) de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt.

Punto de referencia límite: se define como la biomasa reproductora que produce el 50% del reclutamiento virgen (R_0) cuando la relación reproductor-reclutamiento sigue la función de Beverton-Holt con una inclinación (h) supuesta de 0.75. La biomasa reproductora en el punto de referencia límite es igual al 0.077 de la biomasa reproductora de equilibrio en ausencia de pesca (S_0 o B_0). El punto de referencia límite de mortalidad por pesca (F) es el valor de F que, en condiciones de equilibrio, mantiene la biomasa reproductora en el punto de referencia límite de biomasa.

Punto de referencia objetivo: se define como el 0.3 de la biomasa reproductora dinámica en ausencia de pesca (S_0 o B_0) o la biomasa reproductora que maximiza el rendimiento bajo la mortalidad por pesca por edad relativa actual cuando la relación reproductor-reclutamiento sigue la función de Beverton-Holt con una inclinación supuesta (h) de 0.75, la que sea mayor. El punto de referencia objetivo de mortalidad por pesca (F) es el valor de F que, en condiciones de equilibrio, mantiene la biomasa reproductora en el punto de referencia objetivo de biomasa.

Estos puntos de referencia límite y objetivo *provisionales* se adoptarían para las especies para las que no existen puntos de referencia, provisionales o de otro tipo, hasta que se disponga de información suficiente (es decir, hasta que se conozca suficientemente la relación población-reclutamiento o las ventajas y desventajas relacionadas con las selectividades por edad para las pesquerías) para una población con el fin de producir puntos de referencia por especie.

1. INTRODUCCIÓN

Los puntos de referencia se consideran un componente estándar de la ordenación pesquera contemporánea y son un componente integral de la mayoría, si no es que de todos, los programas de ecoetiquetado y certificación basados en el consumidor. En la 87ª reunión de la CIAT, celebrada en 2014, se adoptaron puntos de referencia objetivo basados en el rendimiento máximo sostenible (RMS) y puntos de referencia límite basados en el reclutamiento para los atunes tropicales en el OPO. Cuando se adoptaron, la Comisión señaló que estos puntos de referencia eran *provisionales* y "*consideró que el trabajo sobre este tema debería continuar para probar su robustez*". Aunque estos puntos de referencia están bien establecidos para el aleta amarilla y el patudo en el OPO, trabajos recientes han mostrado dificultades para definir los mismos puntos de referencia basados en el RMS para el barrilete, y el personal propuso puntos de referencia *sustitutos* basados en los puntos de referencia *provisionales* para el aleta amarilla y el patudo ([SAC-13-07](#)). Los puntos de referencia también son necesarios para la conservación y ordenación eficaz de otras especies asociadas con las pesquerías atuneras del OPO. Desgraciadamente, no es inusual que la información pertinente necesaria para estimar y adoptar puntos de referencia (por ejemplo, conocimientos sobre la relación población-reclutamiento) no esté disponible para muchas de estas especies. Por último, la adopción de puntos de referencia mediante resoluciones individuales para cada especie podría ser un proceso muy largo. Bajo estas circunstancias, podría ser conveniente establecer una definición *provisional* de puntos de referencia en la CIAT, aplicable a una gama más amplia de peces altamente productivos.

Aunque podría interpretarse que, por defecto, la Convención de Antigua establece puntos de referencia objetivo basados en el RMS para las pesquerías atuneras en el OPO, esta interpretación no es fácil de implementar. El RMS se define como el rendimiento máximo que se puede sostener de la población a largo plazo y generalmente se calcula usando condiciones de equilibrio. El RMS es una función de la biología de la población (crecimiento, mortalidad natural y relación población-reclutamiento) y de la talla/edad de los peces capturados (selectividad). Un factor que complica la situación es que, dado que el RMS depende de la talla/edad de los peces capturados, el RMS puede cambiar en función de la distribución del esfuerzo entre las diferentes pesquerías (por ejemplo, entre las pesquerías atuneras de palangre y de cerco en el OPO). Algunos estudios (por ejemplo, Maunder, 2002) han calculado el RMS más alto que puede obtenerse (es decir, optimizando la edad de entrada a la pesquería y suponiendo una selectividad de filo de cuchillo), pero debido a los problemas prácticos de la implementación de dicha estrategia de extracción, muchos cálculos del RMS se basan en la distribución actual del esfuerzo entre las distintas pesquerías que actúan sobre la población (Maunder, 2002). Además, el RMS depende en gran medida de la relación población-reclutamiento, que es esencialmente desconocida para las poblaciones de atunes. El RMS puede considerarse como el producto del rendimiento por recluta (RPR) y la relación

población-reclutamiento. Si se supone que el reclutamiento es independiente de la biomasa de la población reproductora, los cálculos del RMS son idénticos a los del RPR. Los análisis de rendimiento por recluta determinan a veces que el rendimiento máximo ocurre a tasas de explotación muy altas o infinitas debido a la combinación de la mortalidad natural y el crecimiento usados en la evaluación y las selectividades estimadas (por ejemplo, atún barrilete en el OPO, [SAC-13-07](#)). Estos resultados, junto con el supuesto de que el reclutamiento es independiente de la biomasa de la población reproductora (inclinación = 1), hacen que la definición de puntos de referencia basados en el RMS sea problemática para algunas poblaciones. Por este motivo, a menudo se proponen puntos de referencia conservadores para cada población, como en el caso del barrilete (por ejemplo, [SAC-13-07](#)).

En el presente documento se proponen puntos de referencia límite y objetivo para atunes, peces picudos y otros peces altamente productivos en el OPO. Hay dos conceptos precautorios clave detrás de los puntos de referencia propuestos: 1) los puntos de referencia precautorios se definen haciendo explícitamente un supuesto conservador sobre la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt ($h = 0.75$); y 2) hasta que se realicen análisis más detallados, deberían evitarse los puntos de referencia objetivo de biomasa bajos, posiblemente debido a los patrones de selectividad actuales. A falta de puntos de referencia adoptados para cualquier población de peces altamente productiva en particular, estos puntos de referencia *provisionales* se utilizarían hasta que se disponga de información (por ejemplo, conocimientos sobre la relación población-reclutamiento o las ventajas y desventajas relacionadas con las selectividades por edad para las pesquerías) de la que puedan derivarse puntos de referencia por población.

2. PUNTOS DE REFERENCIA LÍMITE

Los puntos de referencia límite están relacionados con los niveles de la población o los niveles de mortalidad por pesca que deberían evitarse porque una mayor reducción de la población o una mayor mortalidad por pesca podrían poner en peligro la sostenibilidad biológica de la población. La CIAT adoptó un punto de referencia límite de biomasa *provisional* en 2014 para los atunes tropicales (resolución [C-16-02](#) de la CIAT). Este punto de referencia se define como la biomasa reproductora que produce el 50% del reclutamiento virgen (R_0) cuando la relación reproductor-reclutamiento sigue la función Beverton-Holt con una inclinación (h) conservadora supuesta de 0.75 ([SAC-05-14](#)). La biomasa reproductora en el punto de referencia límite es igual al 0.077 de la biomasa reproductora de equilibrio en ausencia de pesca (S_0 o B_0) y es independiente de la población a la que se aplique el punto de referencia. El punto de referencia límite de mortalidad por pesca (F) es el valor de F que, en condiciones de equilibrio, mantiene la biomasa reproductora en el punto de referencia límite de biomasa. Dado que la F correspondiente dependerá de la biología y la selectividad, la F diferirá entre poblaciones.

3. PUNTOS DE REFERENCIA OBJETIVO

Los puntos de referencia objetivo están relacionados con los objetivos de ordenación. El Artículo VII 1(c) de la Convención de Antigua de la CIAT establece que "[La Comisión desempeñará las siguientes funciones...] mantener o restablecer las poblaciones de las especies capturadas a niveles de abundancia que puedan producir el máximo rendimiento sostenible". En conjunto con la resolución [C-16-02](#) de la CIAT, se interpreta que los puntos de referencia objetivo son los correspondientes al RMS.

En el documento [SAC-13-07](#) se propuso un punto de referencia objetivo de biomasa *sustituto* conservador para el atún barrilete de $S_{RMS}/S_0 = 0.3$ basado en el rango de S_{RMS}/S_0 estimado para los atunes aleta amarilla y patudo en el OPO bajo diferentes supuestos (Tabla 1). La definición de este punto de referencia se basó en el mismo argumento de productividad-susceptibilidad que se ha utilizado anteriormente para la ordenación del atún barrilete con base en las evaluaciones de los atunes aleta amarilla y patudo (es decir, el barrilete es más productivo que las otras dos especies y tiene una susceptibilidad similar al patudo).

Dada la mayor productividad del barrilete, $S_{RMS}/S_0 = 0.3$ se considera un punto de referencia conservador. También podrían utilizarse otros puntos de referencia *sustitutos* más arbitrarios, como el valor recomendado por el Marine Stewardship Council (MSC) para las poblaciones que no cuentan con puntos de referencia explícitamente calculados, $SPR^1 = 0.4$. SPR equivale a S/S_0 cuando la inclinación = 1. Sin embargo, estos puntos de referencia no toman en cuenta las características de la mayoría de las especies capturadas en las pesquerías atuneras del OPO.

La mayoría de los teleósteos capturados habitualmente en las pesquerías atuneras del OPO son peces altamente productivos. Son reproductores pelágicos altamente fecundos, presentan tasas de crecimiento rápidas y suelen tener una vida corta. Por lo general, estas especies tienen un reclutamiento muy variable, no muestran indicios de una relación población-reclutamiento y disponen de un amplio hábitat favorable para el desarrollo larvario en las áreas tropicales del OPO. Existen ejemplos de poblaciones muy reducidas capaces de producir niveles de reclutamiento similares a los alcanzados en niveles de biomasa reproductora mucho más elevados. Por ejemplo, el atún aleta azul del Pacífico norte se redujo a alrededor del 3% de su valor sin pesca y se recuperó rápidamente cuando se redujeron las tasas de explotación (International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean, 2022, Figuras 5-11). No existen pruebas de niveles de reclutamiento más elevados antes de que la población quedara muy reducida o cuando la población se recuperó hasta alcanzar una biomasa reproductora más elevada. Maunder (2022) se refiere a estas especies como especies con una estrategia de ciclo vital de saturación en la que el número de huevos producidos es muy superior al necesario para saturar el hábitat disponible, incluso con poblaciones con pocos adultos. Maunder y Deriso (2013) argumentan que la extensión espaciotemporal del desove es más importante que el número de reproductores. Con base en estos argumentos, el personal reitera que los puntos de referencia límite *provisionales* de la CIAT para los atunes tropicales calculados con el valor de $h = 0.75$ para la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt son conservadores. En ausencia de puntos de referencia objetivo adoptados (por ejemplo, de evaluaciones de poblaciones convencionales), se podría usar este mismo supuesto conservador para definir puntos de referencia objetivo para especies altamente productivas capturadas en las pesquerías atuneras del OPO.

El personal de la CIAT propone tomar los supuestos biológicos y las selectividades estimadas en la evaluación y usarlos para calcular un punto de referencia objetivo suponiendo un valor conservador para la inclinación de la relación población-reclutamiento². Utilizamos una inclinación de $h = 0.75$ para ser consistentes con el supuesto utilizado en el cálculo de los puntos de referencia límite. Sin embargo, para añadir una precaución adicional y evitar niveles bajos de S_{RMS}/S_0 debido a la selectividad de las pesquerías, también aplicamos un mínimo de $S_{RMS}/S_0 \geq 0.3$ basado en los atunes patudo y aleta amarilla. El punto de referencia objetivo de mortalidad por pesca es la F que produce el punto de referencia objetivo de biomasa en condiciones promedio.

Estos puntos de referencia se ilustran aquí utilizando el atún barrilete (ver [SAC-14-09](#)) y el pez espada del OPO sur ([SAC-14-15](#)). El modelo de referencia para el atún barrilete da como resultado $S_{RMS}/S_0 = 0.15$. Este valor se produce en un nivel más reducido que $0.3S_0$ y, por lo tanto, se utiliza $0.3S_0$ como punto de referencia objetivo. La evaluación de la población de pez espada del OPO sur utiliza cinco modelos como conjunto de referencia, que abarca diferentes hipótesis sobre la estructura de la población e hipótesis que explican el aumento simultáneo de las capturas y los índices de abundancia observado en los últimos 20

¹ La razón de potencial de desove (SPR , de *spawning potential ratio*) se define como la biomasa de la población reproductora (S)/reclutas (R) sobre la biomasa de la población reproductora en ausencia de pesca (S_0 dinámica)/reclutas en ausencia de pesca (R_0 dinámico).

² Se ejecuta Stock Synthesis partiendo del archivo de parámetros estimado a partir de la evaluación, reemplazando el valor de la inclinación por el valor deseado, y se desactiva la estimación haciendo que la fase máxima sea cero.

años. Debido a la incertidumbre sobre el proceso que generó este peculiar patrón, se considera que el RMS estimado con $h = 1$ no es apropiado. El S_{RMS}/S_0 para el pez espada del OPO sur calculado usando la mezcla de pesquerías en los últimos tres años de la evaluación (2017-2019) y una inclinación de 0.75 es en promedio 0.25 (Tabla 2; el promedio se realiza considerando igual peso para todos los modelos como se sugirió en [WRSRK-02](#)). Por lo tanto, para la población del OPO sur, un punto de referencia objetivo de $0.3S_0$ sería más precautorio y debería utilizarse.

El protocolo propuesto para definir puntos de referencia *provisionales* para atunes, peces picudos y otras especies altamente fecundas capturadas por las pesquerías del OPO es el siguiente:

1. Existe una evaluación de la población formal:

1.1. Los PR basados en el RMS son definibles. Adoptarlos. Ejemplo de YFT y BET (ver Tabla 1).

1.2. Los PR basados en el RMS no son definibles. Aplicar los PR *provisionales* propuestos (aplicar el mínimo de 0.3 y el valor de los parámetros de evaluación con $h = 0.75$) (ejemplo con el barrilete, ver [SAC-14-09](#)).

Este protocolo es similar al sistema de niveles descrito por [Quiroz y Morán \(2023\)](#), excepto que nuestro nivel 1 propuesto tiene dos subcomponentes que se relacionan con su primer y segundo "nivel" y no definimos un punto de referencia para las poblaciones que no han sido evaluadas.

4. DISCUSIÓN

El valor propuesto de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt ($h = 0.75$) es un valor arbitrario que se supone conservador para reproductores pelágicos altamente fecundos que tienen una alta variabilidad de reclutamiento. Existen varios metaanálisis que intentan proporcionar información general sobre el valor de la inclinación para grupos de especies (por ejemplo, Myers, 2001), pero las estimaciones para los atunes y otras especies son muy dudosas debido a la especificación errónea de los modelos y los cambios de régimen (por ejemplo, Szuwalski, 2015). Debido a la falta de pruebas que sugieran que el reclutamiento se reduce cuando $S_{RMS}/S_0 \geq 0.3$ para las especies de teleósteos reproductores pelágicos altamente fecundos, creemos que los puntos de referencia propuestos son conservadores para estas especies.

5. REFERENCIAS

International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean. 2022.

Stock assessment of Pacific bluefin tuna in the Pacific Ocean in 2022. ANNEX 13 of the 22nd Meeting of the International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean, Kona, Hawai'i, U.S.A., July 12-18, 2022. Available from:

https://isc.fra.go.jp/pdf/ISC22/ISC22_ANNEX13_Stock_Assessment_for_Pacific_Bluefin_Tuna.pdf

Maunder, M.N. 2022. Stock-recruitment models from the viewpoint of density-dependent survival and the onset of strong density-dependence when a carrying capacity limit is reached. Fisheries Research 249, 106249.

Maunder, M.N. 2002. The relationship between fishing methods, fisheries management and the estimation of MSY. Fish and Fisheries, 3: 251-260.

Maunder, M. N., Deriso, R. B. 2013. A stock–recruitment model for highly fecund species based on temporal and spatial extent of spawning. Fisheries Research, 146: 96-101.

Myers, R.A., 2001. Stock and recruitment: generalizations about maximum reproductive rate, density dependence, and variability using meta-analytic approaches. ICES J. Mar. Sci. J. Cons. 58, 937–951.

Szuwalski, C.S., Vert-Pre, K.A., Punt, A.E., Branch, T.A. and Hilborn, R., 2015. Examining common assumptions about recruitment: a meta-analysis of recruitment dynamics for worldwide marine fisheries. *Fish Fish.*, 16, 633-648.

TABLE 1. Ranges of S_{MSY}/S_0 estimated in the bigeye ([SAC-11-06, Table 7](#)) and yellowfin ([SAC-11-07, table 8](#)) stock assessments.

TABLA 1. Rangos de S_{RMS}/S_0 estimados en las evaluaciones de las poblaciones de patudo ([SAC-11-06, Tabla 7](#)) y aleta amarilla ([SAC-11-07, Tabla 8](#)).

Inclinación (h)	Patudo	Aleta amarilla
1.0	0.20 – 0.24	0.23 – 0.32
0.9	0.25 – 0.27	0.28 – 0.35
0.8	0.28 – 0.30	0.32 – 0.37
0.7	0.31 – 0.32	0.35 – 0.40

TABLE 2. Potential target reference points for the reference set of models that compose the south EPO swordfish stock assessment ([SAC-14-15](#)) computed with steepness assumption = 0.75.

TABLA 2. Puntos de referencia objetivo potenciales para el conjunto de referencia de los modelos que conforman la evaluación de la población de pez espada del OPO sur ([SAC-14-15](#)) calculados con el supuesto de inclinación = 0.75.

Modelo	S_{RMS}/S_0
H1	0.263
1	0.244
2	0.242
3	0.244
4	0.244
Promedio	0.247