

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

14^a REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

15-19 de mayo de 2023

DOCUMENTO SAC-14-09

PUNTOS DE REFERENCIA LÍMITE Y OBJETIVO PARA EL ATÚN BARRILETE EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Mark N. Maunder

RESUMEN

Análisis basados en supuestos sobre la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt ($h = 0.75$) para el atún barrilete en el OPO respaldan el punto de referencia de biomasa objetivo sustituto conservador $S_{RMS}/S_0 = 0.3$, propuesto anteriormente a partir de valores estimados para el atún patudo y el atún aleta amarilla en el OPO.

1. INTRODUCCIÓN

Durante 2022 se realizó una evaluación provisional del atún barrilete en el OPO ([SAC-13-07](#)). Se trata de la primera evaluación que el personal de la CIAT considera lo suficientemente fiable como para utilizarse con fines de asesoramiento de ordenación ([IATTC-100-04](#)). El término "provisional" resulta de mejoras adicionales que se esperan en la evaluación del barrilete bajo la metodología y plan de trabajo propuestos en 2021 para desarrollar una evaluación de referencia del barrilete en 2024 que incluya datos de mercado (ver Documento [SAC-12-06](#)). Esta próxima evaluación de referencia en 2024 tomará en consideración los resultados de la [1^a revisión externa](#) de la evaluación de la población de atún barrilete en el OPO realizada por el personal de la CIAT.

Aunque puede interpretarse que, por defecto, la Convención de Antigua establece puntos de referencia (PR) de RMS (Rendimiento Máximo Sostenible) para las pesquerías atuneras en la CIAT, esto no es tan sencillo en el caso del barrilete. Análisis de rendimiento por recluta para el barrilete en el OPO han indicado que se produce el rendimiento máximo a tasas de explotación muy altas o infinitas debido a la combinación de mortalidad natural y crecimiento que se utiliza en la evaluación y las selectividades estimadas ([SAC-13-07](#)). Estos resultados, en combinación con el supuesto de que el reclutamiento es independiente de la biomasa de la población reproductora (inclinación = 1), hacen que resulte problemático definir puntos de referencia basados en el RMS (rendimiento máximo sostenible) para el atún barrilete en el OPO. Por tal motivo, en el documento [SAC-13-07](#) se propuso un punto de referencia de biomasa objetivo sustituto conservador correspondiente al 30% de la biomasa reproductora no explotada ($0.3S_0$) a partir del rango estimado bajo diferentes supuestos para el atún aleta amarilla ([SAC-11-07 REV](#)) y el atún patudo ([SAC-11-06 REV](#)) en el OPO.

En este documento se reevalúan los puntos de referencia objetivo para el atún barrilete en el OPO y definimos los puntos de referencia límite. También se describe la regla de control de extracción (RCE) de la CIAT, definida en la [resolución C-16-02](#) de la CIAT. Finalmente, se evalúa la condición de la población

estimada por la evaluación de barrilete de 2022 respecto de estos puntos de referencia y se discuten los resultados con respecto a la RCE.

2. PUNTOS DE REFERENCIA LÍMITE

Los puntos de referencia límite se relacionan con los niveles de población o de mortalidad por pesca que deberían evitarse porque una mayor reducción de la población o mortalidades por pesca más altas 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) suponiendo que la relación reproductor-reclutamiento sigue la función de Beverton-Holt con una inclinación (h) conservadora de 0.75 ([SAC-05-14](#)). La biomasa reproductora en el punto de referencia límite es igual a 0.077 respecto de la biomasa reproductora no explotada de equilibrio (S_0 o B_0). El punto de referencia límite de mortalidad por pesca (F) corresponde al valor de F que, bajo condiciones de equilibrio, mantiene la biomasa reproductora en el punto de referencia límite de biomasa.

3. PUNTO DE REFERENCIA OBJETIVO

Los puntos de referencia objetivo se relacionan con los objetivos de ordenación. El Artículo VII 1(c) de la Convención de Antigua de la CIAT declara 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”. Conjuntamente con la [resolución C-16-02](#), esto puede interpretarse como la definición de puntos de referencia objetivo que corresponden al RMS.

Dado que los puntos de referencia de RMS no son definibles para el barrilete, en el documento [SAC-13-07](#) se propuso un punto de referencia de biomasa objetivo sustituto conservador de $S_{RMS}/S_0 = 0.3$ a partir del rango estimado para el atún aleta amarilla y el atún 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 gestionar el atún barrilete a partir de las evaluaciones del atún aleta amarilla y el atún patudo (es decir, que el barrilete es más productivo que las otras dos especies y presenta una susceptibilidad similar). Por ende, se considera un punto de referencia conservador. Se podrían utilizar también otros puntos de referencia sustitutos más arbitrarios, como el valor propugnado por el Marine Stewardship Council (MSC) para las poblaciones que no cuentan con puntos de referencia explícitamente calculados, $SPR = 0.4$. SPR equivale a S/S_0 cuando la inclinación = 1.

En este documento, se deriva explícitamente un punto de referencia objetivo conservador para el atún barrilete en el OPO, tomando la biología supuesta y las selectividades estimadas en la evaluación de la población y empleando estos datos para calcular un punto de referencia objetivo basado en un valor conservador de la inclinación de la relación población-reclutamiento (es decir, ejecutamos Stock Synthesis a partir del archivo par estimado de la evaluación de la población, sustituyendo el valor de inclinación por el valor deseado, y deshabilitamos la estimación fijando la fase máxima en cero). Utilizamos una inclinación de $h=0.75$ para coincidir con el supuesto utilizado en el cálculo del punto de referencia límite. Para el modelo de referencia, esto da como resultado $S_{RMS}/S_0 = 0.15$. Los valores de S_{RMS}/S_0 para la mayoría de los demás modelos alternativos son los mismos, siendo unos cuantos más elevados hasta 0.23 ([Tabla 2](#)). Estos valores corresponden todos a un nivel más reducido que el sustituto original propuesto ($0.3S_0$) basado en las evaluaciones del aleta amarilla y el patudo. Este análisis proporciona pruebas que apoyan que el sustituto de $0.3S_0$ propuesto como punto de referencia objetivo para el barrilete en el OPO es conservador y, por lo tanto, adecuado.

4. REGLA DE CONTROL DE EXTRACCIÓN

La RCE de la CIAT para los atunes tropicales, tal como se define en la [resolución C-16-02](#), requiere que se tome acción si la probabilidad de que la biomasa reproductora se encuentre por debajo del punto de referencia límite es mayor al 10% (es decir, $P(S_{act} < 0.077) > 0.1$). La RCE también requiere que se tome acción si la probabilidad de que la mortalidad por pesca actual se encuentre por encima del punto de referencia límite es mayor al 10% (es decir, $P(F_{act} > F_{S/S_0=0.077}) > 0.1$). Las recomendaciones científicas para la acción de ordenación, según la definición de la RCE, se basan en la población de los tres atunes tropicales (aleta amarilla, patudo y barrilete) que precisa la ordenación más estricta.

5. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN RESPECTO DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA

5.1. Condición actual

Para calcular la probabilidad de rebasar un punto de referencia, se supone que la distribución de probabilidad para la relación S/S_0 presenta una distribución normal. Fue necesario aplicar algunas aproximaciones porque S/S_0 se calculó utilizando un valor de S_0 basado en el reclutamiento promedio y no el parámetro R_0 , pero la desviación estándar estimada en Stock Synthesis corresponde a S/S_0 . Por lo tanto, primero se calculó el CV de S/S_0 y posteriormente lo aplicamos al valor ajustado por el reclutamiento para obtener la desviación estándar correspondiente. No se disponía de una estimación de desviación estándar para uno de los escenarios, entonces simplemente se utilizó el CV promedio de todos los demás escenarios. No se disponía de desviaciones estándar para la reducción dinámica y debido a la correlación entre dS_0 y S , es probable que la desviación estándar sea diferente, pero las conclusiones generales de las probabilidades deben ser similares.

El CV promedio de S_{act}/S_0 es de 16% para todos los modelos, con un rango entre 12% y 19% ([Tabla 3](#)). Se supuso que el CV de S_{RMS}/S_0 era pequeño ya que sólo se estimaron las selectividades (el crecimiento, M y la inclinación estaban fijos en el modelo de evaluación de la población) y éstas no podían calcularse debido a la forma en que estaba definido el sustituto. Por lo tanto, las grandes diferencias en las probabilidades se ven influenciadas principalmente por la estimación de S_{act}/S_0 más que por la incertidumbre existente en S_{RMS}/S_0 .

La probabilidad estimada de encontrarse por debajo del punto de referencia límite es de cero para todos los modelos ([Tabla 3](#)). Todos los modelos, excepto tres, presentan una probabilidad igual o mayor al 95% de encontrarse por encima del punto de referencia objetivo propuesto de $S/S_0 = 0.30$. El modelo de población del este (el Modelo l) tiene una probabilidad del 91% y los modelos que evitan la selectividad en forma de domo para al menos una pesquería no asociada (Modelos j y o) tienen una probabilidad escasa o nula ([Tabla 3](#)). Existe un mayor rango de probabilidades de encontrarse por encima del punto de referencia objetivo de $S/S_0 = 0.40$ ([Tabla 3](#)).

5.2. Proyecciones

El modelo se proyecta a 10 años en el futuro utilizando la mortalidad por pesca actual (la mortalidad por pesca por edad promedio de 2019 a 2021); para ello, básicamente se consideró el futuro como parte del periodo de estimación. Lo anterior permite incorporar la incertidumbre en reclutamientos futuros, que son tratados como parámetros estimados penalizados por un supuesto distribucional, además de la incertidumbre en la estimación de parámetros. La penalización, que se basa en un supuesto distribucional para la variación en el reclutamiento, representa la incertidumbre sobre el reclutamiento futuro. Debido a que no existen datos sobre el reclutamiento futuro, la corrección de sesgo logarítmico normal no se aplica para años futuros. Se calculan las probabilidades de encontrarse por encima de los puntos de referencia de biomasa.

Hasta ahora, solamente se han realizado proyecciones para el modelo de referencia porque debe realizarse la matriz hessiana para calcular las desviaciones estándar, lo cual requiere mucho tiempo de cálculo. En la [Figura 1](#) se traza la proyección de S/S_0 (sin corregir) y la probabilidad de encontrarse por encima de los puntos de referencia objetivo de $S/S_0 = 0.3$ y $S/S_0 = 0.4$ en 2032 es de 0.98 y 0.90, respectivamente. La proyección muestra que existe una variación sustancial en S/S_0 en el futuro debido al reclutamiento, lo cual podría influir en la probabilidad de rebasar los puntos de referencia, particularmente en el caso de los modelos con un valor de S_{act}/S_0 estimado más bajo.

6. DISCUSIÓN

Los análisis muestran que el punto de referencia objetivo originalmente propuesto de $S_{RMS}/S_0 = 0.3$ ([SAC-13-07](#)), el cual se basó en las estimaciones para el atún aleta amarilla y el atún patudo, constituye un punto de referencia objetivo sustituto conservador razonable para el atún barrilete en el OPO. Los análisis también muestran que no existe riesgo de haber rebasado el punto de referencia límite durante el periodo de evaluación. Solamente ocurre una baja probabilidad de encontrarse por encima del punto de referencia objetivo de $S_{RMS}/S_0 = 0.3$ si se supone que alguna de las pesquerías NOA no tiene selectividad en forma de domo.

Las proyecciones muestran que existe mayor incertidumbre sobre S/S_0 en el futuro debido al efecto de la incertidumbre sobre el reclutamiento, pero al menos en el modelo de referencia, todavía existe una muy alta probabilidad de que la biomasa del barrilete se encuentre por encima del punto de referencia objetivo y una probabilidad nula de encontrarse por debajo del punto de referencia de biomasa límite.

El valor de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt utilizado en los análisis ($h = 0.75$) es un valor arbitrario que se supone conservador (bajo) para el barrilete, que es un reproductor pelágico de corta vida y alta fecundidad que tiene una alta variabilidad de reclutamiento. Los datos proporcionan pruebas muy débiles de valores más bajos de inclinación ([Figura 2](#)), pero esta información es tenue porque ignora la autocorrelación y los cambios de régimen. 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 especificaciones erróneas del modelo y cambios de régimen (por ejemplo, Suzuwalski 2015).

7. REFERENCIAS

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. Estimates of S_{MSY}/S_0 for the different models when steepness is fixed at 0.75.

TABLA 2. Estimaciones de S_{RMS}/S_0 para los diferentes modelos al fijar la inclinación en 0.75.

	Modelo	S_{RMS}/S_0
	Referencia	0.15
a	Linf = 73	0.15
b	Linf = 83	0.15
c	Lcv = 0.05	0.15
d	Lcv = 0.07	0.15
e	Captura ajustada	0.15
f	Sin ecosonda	0.15
g	Sin LL	0.15
h	OBJ	0.15
i	NOA	0.15
j	NOA asintótico	0.22
k	OBJ asintótico	0.18
l	Este	0.19
m	M más alta para adultos	0.23
n	F alta	0.15
o	Reducción rápida en el crecimiento	0.16

TABLE 3. Probability of the spawning biomass being above the biomass reference points.

TABLA 3. Probabilidad de que la biomasa reproductora se encuentre por encima de los puntos de referencia de biomasa.

Modelo	S/S ₀	SE	CV	S/S ₀ ajustado por el reclutamiento	SE	Límite 0.077	Objetivo 0.3	Objetivo 0.4
Referencia	0.52	0.08	0.16	0.53	0.08	1.00	1.00	0.94
a	0.53	0.09	0.16	0.54	0.09	1.00	1.00	0.95
b	0.50	0.08	0.17	0.51	0.09	1.00	0.99	0.90
c	0.52	0.08	0.16	0.53	0.08	1.00	1.00	0.94
d	0.52	0.09	0.16	0.52	0.09	1.00	0.99	0.92
e	0.53	0.08	0.16	0.53	0.08	1.00	1.00	0.94
f	1.09	0.20	0.19	1.05	0.20	1.00	1.00	1.00
g	0.40	0.07	0.16	0.41	0.07	1.00	0.95	0.56
h	0.52	0.07	0.14	0.54	0.07	1.00	1.00	0.97
i	0.53	0.07	0.14	0.54	0.08	1.00	1.00	0.97
j	0.17	0.03	0.17	0.17	0.03	1.00	0.00	0.00
k	0.41		0.16	0.42	0.07	1.00	0.96	0.62
l	0.36	0.04	0.12	0.36	0.04	1.00	0.91	0.18
m	0.72	0.13	0.19	0.72	0.13	1.00	1.00	0.99
n	0.52	0.08	0.16	0.53	0.09	1.00	1.00	0.94
o	0.22	0.04	0.18	0.22	0.04	1.00	0.02	0.00

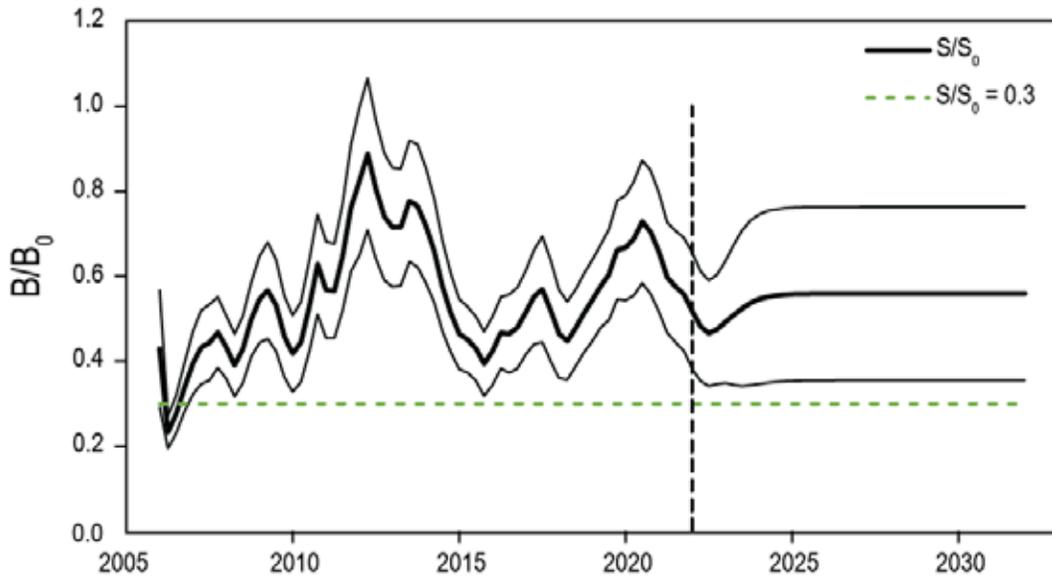


FIGURE 1. Estimated and projected S/S_0 (unadjusted) for the reference Model with 90% confidence intervals compared to the proxy target biomass reference point ($S/S_0 = 0.3$). The vertical dashed line is the start of 2022.

FIGURA 1. S/S_0 estimado y proyectado (sin ajustar) para el modelo de referencia con intervalos de confianza de 90%, en comparación con el sustituto de punto de referencia de biomasa objetivo ($S/S_0 = 0.3$). La línea vertical discontinua indica el inicio de 2022.

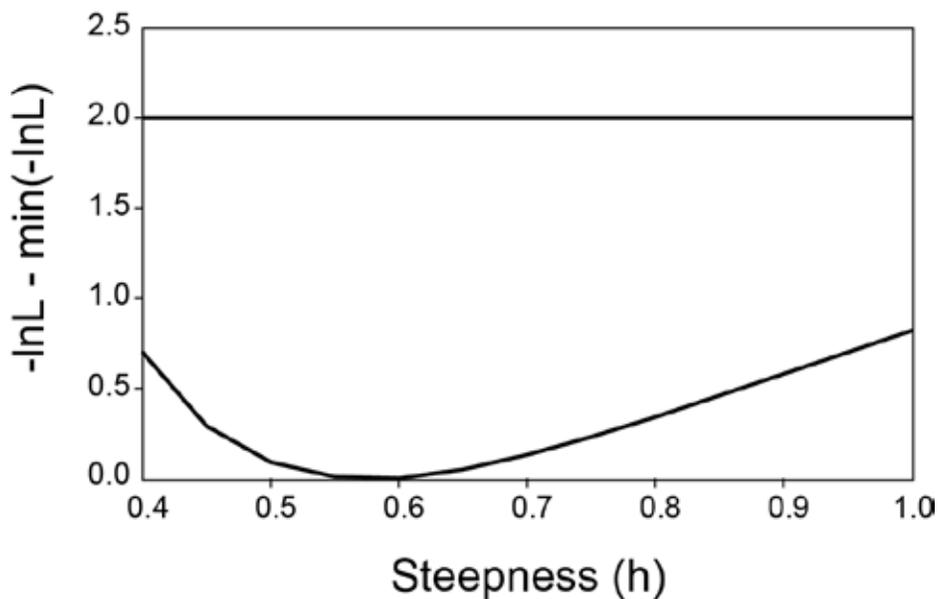


FIGURE 2. Scaled negative log-likelihood profile of steepness.

FIGURA 2. Perfil a escala de la verosimilitud logarítmica negativa de la inclinación.