

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

NOVENA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

14-18 de mayo de 2018

DOCUMENTO SAC-09 INF-B

INVESTIGACIÓN DEL CAMBIO SUSTANCIAL EN EL MULTIPLICADOR DE F ESTIMADO PARA EL ATÚN PATUDO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Mark N. Maunder, Haikun Xu, Carolina Minte-Vera, y Alexandre Aires-da-Silva

ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	1
1. Introducción.....	1
2. Posibles fuentes del cambio interanual en el multiplicador de F	2
3. Plan para mejorar la evaluación.....	5
4. Plan de trabajo propuesto.....	5
Referencias.....	6

RESUMEN EJECUTIVO

Los multiplicadores de F estimados en las evaluaciones de los atunes patudo y aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental son usados como base para las recomendaciones del personal científico de la CIAT sobre medidas de ordenación, específicamente la duración de las vedas estacionales. Por lo tanto, son las cantidades de ordenación más influyentes estimadas por los modelos de evaluación. El multiplicador de F de patudo estimado en la evaluación SAC-09 (0.87; [SAC-09-05](#)) es sustancialmente menor que aquel estimado en la evaluación SAC-08 (1.15; [SAC-08-04a](#)). Esto se debe principalmente a los nuevos datos para los índices de abundancia relativa, basados en CPUE palangrera, que resultan en estimaciones más bajas de la biomasa reciente. Los nuevos datos de composición por talla incorporados en la evaluación SAC-09 también contribuyeron a un multiplicador de F más bajo; adicionalmente, existe una incertidumbre sustancial en las estimaciones del multiplicador de F y en los supuestos del modelo. El personal de la CIAT ha desarrollado un plan de trabajo completo para tratar esta incertidumbre y especificación errónea del modelo, que mejorarán mucho la evaluación de la población de atún patudo.

1. INTRODUCCIÓN

Los multiplicadores de F^1 estimados en las evaluaciones de los atunes patudo y aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental (OPO) son usados como base para las recomendaciones del personal científico de la CIAT sobre medidas de ordenación, específicamente la duración de las vedas estacionales. Por lo tanto, son las cantidades de ordenación más influyentes estimadas por los modelos de evaluación de poblaciones.

Un multiplicador de F de 1.0 significa que la pesquería está satisfaciendo la meta de ordenación de pesca en un nivel de rendimiento máximo sostenible ($F_{\text{actual}} = F_{\text{RMS}}$); si está por debajo de 1.0, la mortalidad por

¹ Multiplicador de $F = F_{\text{RMS}}$ (la mortalidad por pesca que producirá el rendimiento máximo sostenible) dividida por F_{actual} (la mortalidad por pesca promedio de los tres años más recientes).

pesca es excesiva ($F_{\text{actual}} > F_{\text{RMS}}$). Multiplicar la mortalidad por pesca (o el esfuerzo) por el multiplicador de F impulsará a la pesquería hacia esa meta; concretamente, el multiplicador de F de 0.87 estimado para el patudo en la evaluación SAC-09 significa que, para que la pesquería alcance esa meta, la mortalidad por pesca necesitaría ser reducida al 87% de su nivel promedio durante 2015-2017.

La resolución [C-17-02](#), la medida de ordenación de atunes tropicales actualmente en vigor, establece que “A fin de evaluar los avances hacia los objetivos de las presentes medidas, en cada año el personal científico de la CIAT analizará los efectos sobre las poblaciones de la aplicación de las presentes medidas y de las medidas de conservación y ordenación previas, y propondrá, en caso necesario, medidas apropiadas para aplicar en años posteriores.”

El multiplicador de F de 0.87 para el atún patudo estimado en la evaluación de SAC-09 (“SAC-09”; Documento [SAC-09-05](#)) es 24% menor que el 1.15 estimado en la evaluación de SAC-08 (“SAC-08”; [SAC-08-04a](#)). Este cambio sustancial y sorprendente representa la diferencia interanual más grande en el multiplicador de F observado en una evaluación actualizada² desde que el personal científico de la CIAT inició las evaluaciones integradas de poblaciones en 2000. Por lo tanto, el personal investigó cuidadosamente los motivos de este cambio antes de considerar el nuevo multiplicador de F como base para su asesoramiento de ordenación, y presenta sus conclusiones en este informe.

El informe considera los tres componentes que pudieran haber causado el cambio en el multiplicador de F (los años incluidos en el promedio trienal, datos nuevos o actualizados en la evaluación de la población, y diferentes supuestos del modelo), así como la incertidumbre en la evaluación y en la relación entre la mortalidad por pesca y el esfuerzo de pesca. Presenta también una síntesis del plan de trabajo del Programa de Evaluación de Poblaciones para mejorar la evaluación de poblaciones y el asesoramiento de ordenación.

2. POSIBLES FUENTES DEL CAMBIO INTERANUAL EN EL MULTIPLICADOR DE F

2.1. Años usados para calcular la mortalidad por pesca reciente

La evaluación SAC-08 usó 2014-2016 como los años “actuales” de mortalidad por pesca (F) estimada para calcular el multiplicador de F , mientras que la evaluación SAC-09 usó 2015-2017. Por lo tanto, el cambio en el multiplicador de F podría ser explicado en parte si la F en 2017 (el año añadido en la evaluación SAC-09) fuese mayor que la F en 2014 (el año eliminado en la evaluación SAC-09). Sin embargo, F_{RMS} depende también de la F por edad (una función de las proporciones de la captura tomadas por las distintas pesquerías), y por lo tanto será afectada por cualquier diferencia en la F por edad de 2014 y 2017. Hay poca diferencia en la F por edad relativa entre años, excepto que el aumento de F afecta principalmente a los peces más jóvenes, que son capturados por la pesquería de cerco sobre objetos flotantes ([Figura 1](#)). La F estimada por SAC-09 para las edades principales (trimestres 2-7) capturadas por esa pesquería en 2017 fue aproximadamente 60-70% mayor que en 2014.

La influencia del cambio de años fue investigada mediante una repetición de la evaluación SAC-08 con las capturas de 2017 incluidas en la evaluación SAC-09 (1). Los resultados fueron los siguientes:

	Descripción	Multiplicador de F resultante basado en:	
		2015-2017	2014-2016
	Evaluación SAC-09	0.87	0.97
	Evaluación SAC-08	n/a	1.15

² Evaluación “actualizada” significa que el modelo de caso base usado en la evaluación es el mismo que se usó en la evaluación completa previa, y que solamente los datos usados en el modelo han sido actualizados.

(1)	SAC-08 + captura de 2017 de SAC-09	1.13	1.15
-----	------------------------------------	------	------

El multiplicador de F resultante basado en el trienio de 2014-2016 (1.15; ver [Tabla 1](#)) fue idéntico a aquel estimado en la evaluación SAC-08 ([SAC-08-04a](#)), como es de esperar, ya que los datos usados en el modelo para estimar los parámetros no cambiaron. El multiplicador de F basado en el trienio de 2015-2017 disminuyó a 1.13, representando el 7% de la disminución total. Este análisis supone reclutamiento promedio en 2017, lo cual podría sesgar la estimación. A fin de investigar más a fondo el efecto de cambiar los años, se usó la evaluación SAC-09 para estimar también el multiplicador F usando el promedio de 2014-2016; el multiplicador de F resultante (0.97) explicó el 36% de la disminución total.

Estos resultados indican que la proporción de la disminución explicada por el cambio en los años incluidos en el periodo “actual” es probablemente entre el 7 y 36%. Cabe notar que debido al cambio en la mortalidad por pesca durante esos años es mayor en la evaluación SAC-09 que en la evaluación SAC-08 ([Figura 1](#)), se confunden los efectos de años usados y de datos nuevos y actualizados.

2.2. Datos nuevos y actualizados

La evaluación SAC-09 incluyó datos nuevos y actualizados no incluidos en la evaluación SAC-08. Los datos nuevos incluyeron datos cerqueros de captura y composición por tallas de 2017, datos de captura palangrera de 2017, y datos de CPUE palangrera del cuarto trimestre de 2016 (Q4) y los tres primeros trimestres de 2017 (no se usaron los datos del último trimestre de 2017 porque están incompletos). Los datos actualizados incluyeron una variedad de datos de captura de las pesquerías de cerco y palangre, datos de composición por talla de las pesquerías de cerco (último trimestre de 2016) y palangre (2014-2015), y datos de CPUE palangrera de los tres primeros trimestres de 2016. Para investigar el efecto de incluir los datos nuevos, se corrió la evaluación SAC-09 (1) sin los datos nuevos de CPUE o composición; (2) sin los datos nuevos de CPUE; y (3) sin los datos nuevos de composición. Los resultados fueron los siguientes:

	Descripción	Multiplicador de F resultante basado en:	
		2015-2017	2014-2016
	Evaluación SAC-09	0.87	0.97
	Evaluación SAC-08	N/A	1.15
(1)	SAC-09 sin 2017 LF o CPUE \geq Q4 2016	1.05	1.09
(2)	SAC-09 sin CPUE \geq Q4 2016	0.96	1.03
(3)	SAC-09 sin 2017 LF	0.91	0.99

Los datos de captura nuevos y actualizados (1) tuvieron un impacto moderado sobre el multiplicador de F (el multiplicador de F basado en 2014-2016 cambió de 1.15 a 1.09, por ejemplo), mientras que los datos nuevos de CPUE (3) y composición (2) redujeron mucho el multiplicador de F , con el efecto de la CPUE mayor. En la [Figura 1](#) se observa claramente el cambio en las estimaciones de la F reciente de SAC-08 a SAC-09, y los cambios interanuales más grandes en las estimaciones de SAC-09. En las evaluaciones se usan solamente los índices de abundancia relativa basados en la CPUE palangrera, y ambas muestran una reducción de la CPUE en los datos nuevos ([Figuras 2 y 3](#)). Estos datos de CPUE, en combinación con los datos nuevos de composición, resultaron en estimaciones más bajas de la biomasa reproductora y la biomasa total recientes en la evaluación SAC-09 que en la evaluación SAC-08 ([Figura 4](#)).

2.3. Incertidumbre en la evaluación de la población

La evaluación del patudo tiene una incertidumbre sustancial, causada tanto por la variación de muestreo supuesta en los datos como por la incertidumbre en los supuestos del modelo. La variación de muestreo es representada por el tamaño de muestra supuesto para los datos de composición por talla y las desviaciones estándar de los índices de abundancia relativa basados en la CPUE palangrera, y es manifestada en

la incertidumbre de la estimación de los parámetros. Ambos supuestos son seleccionados arbitrariamente. Se supone que los dos índices basados en la CPUE palangrera son los principales elementos de información para el modelo de evaluación. Se redujo de forma importante el tamaño de la muestra de los datos de composición, a fin de minimizar el cambio aparente de régimen de reclutamiento, que se cree ser consecuencia de una especificación errónea de la estructura espacial del modelo (ver [SAC-09-08](#)). Se ilustra la incertidumbre en el multiplicador de F usando un perfil de componentes de verosimilitud sobre el reclutamiento virgen (R_0), que define la escala absoluta en el modelo, y presentando cantidades de ordenación, siguiendo los métodos de Maunder y Starr (2001) y Wang *et al.* (2014). Los resultados señalan que existe una incertidumbre considerable en el multiplicador de F estimado ([Figura 5](#)), con una variación de los intervalos de confianza aproximados de 95% de entre 0.69 y 1.2. La CPUE tiene una influencia mucho mayor sobre el multiplicador de F , que parece ser estimado a partir de un balance entre la verosimilitud de la CPUE y la penalidad sobre las desviaciones trimestrales del reclutamiento.

El multiplicador de F es también sensible a los supuestos del modelo ([Figura 6](#)). Típicamente, los resultados de los modelos de evaluación de poblaciones muestran más sensibilidad a los supuestos del modelo que la incertidumbre de los parámetros. La evaluación del patudo muestra una incertidumbre sustancial a varios supuestos del modelo, entre ellos la ponderación asignada a los datos de composición, la inclinación de la relación población-reclutamiento, la tasa de mortalidad natural (Aires-da-Silva y Maunder 2014; [Figura 6](#)), y la talla asintótica (Zhu *et al.* 2016). Es también probable que el multiplicador de F sea sensible a la especificación errónea de la estructura de la población identificada en la evaluación del patudo, que es probablemente la causa del cambio aparente de régimen de reclutamiento ([SAC-09-08](#)). Otros parámetros especificados erróneamente en el modelo incluyen la curva de crecimiento (Maunder *et al.* 2018), selectividad con variabilidad temporal para las pesquerías de cerco, y cambios en la pesquería palangrera japonesa (por ejemplo, cambios de especie objetivo y una reducción de la distribución espacial del esfuerzo), cuya CPUE se usa como base para los índices de abundancia relativa.

El cambio en el multiplicador de F de SAC-08 a SAC-09 es mayor que el crecimiento de la capacidad de la flota ([Tabla 2](#)) de 2016 a 2017, y por lo tanto el cambio no puede deberse solamente a cambios en la capacidad. Otros tres factores podrían estar involucrados: (1) incertidumbre en la evaluación; (2) que la CPUE no es proporcional a la abundancia; y (3) que la mortalidad por pesca no es proporcional a la capacidad de la flota. El cambio parece deberse principalmente a la inclusión de los datos nuevos, lo cual indica que el modelo está incorrectamente especificado: si estuviese correctamente especificado y los datos son informativos, son poco probables cambios tan grandes en el multiplicador de F . El cambio en la escala de la biomasa estimada ([Figura 4](#)), que se manifiesta en un cambio de la escala de los multiplicadores de F para todos los años ([Figura 7](#)), y es consistente con los grandes intervalos de confianza alrededor de las estimaciones de la biomasa ([Figura 4](#)) y del multiplicador de F ([Figura 5](#)), indica que el modelo es muy sensible a datos nuevos. El supuesto que la abundancia es proporcional a la CPUE palangrera podría estar erróneamente especificado (debido a cambios en el objetivo de la pesca, por ejemplo) y sesgar las estimaciones de la abundancia real, propagándose al multiplicador de F . Dado que la mayoría del patudo es capturado en la pesquería sobre objetos flotantes, y no se ejerce esfuerzo de búsqueda real para encontrar los atunes, es posible que la captura no dependa de la abundancia. Por lo tanto, aún si disminuye la población, la captura sigue alta, y la mortalidad por pesca aumenta. Sin embargo, ya que el atún barrilete compone la mayor parte de la captura en los lances sobre objetos flotantes, y la decisión de si realizar un lance se basará en la presencia de barrilete. En tal caso, la presencia de patudo en un objeto flotante seleccionado para un lance con la abundancia total del patudo y no la decisión de realizar un lance; por lo tanto, es posible que exista una relación entre la captura y abundancia del patudo. En resumen, se desconocen las contribuciones relativas al cambio en el multiplicador de F de SAC-08 a SAC-09 de la incertidumbre de la evaluación y la variabilidad en la relación entre la capacidad de la flota y la mortalidad por pesca.

El multiplicador de F estimado cada año para la ordenación está sujeto a los supuestos y datos usados en la evaluación de ese año, y será algo diferente de los multiplicadores de F estimados por el modelo actual para los mismos trienios “actuales” ([Figura 7](#)). Los multiplicadores de F estimados usando el modelo SAC-08 valor ligeramente mayores que aquellos estimados usando el modelo SAC-09 ([Figura 7](#)). En general, tanto la capacidad ajustada por veda³ y los multiplicadores de F de SAC-09 han sido moderadamente estables a lo largo del tiempo ([Figura 7](#)).

3. PLAN PARA MEJORAR LA EVALUACIÓN

Las deficiencias en la evaluación del patudo ya han sido identificadas (por ejemplo, Aires-da-Silva y Maunder 2014). La serie de talleres de CAPAM⁴ ha identificado un conjunto de buenas prácticas para el modelado de evaluación de poblaciones (Maunder *et al.* 2014, 2016, 2017) que se debería aplicar a la evaluación del patudo. La resolución de ordenación actual ([C-17-02](#)) vence en 2020, y serán necesarias medidas de ordenación nuevas para 2021 y años subsiguientes. Con esto en mente, el Programa de Evaluación de Poblaciones ha desarrollado un plan de trabajo exhaustivo para mejorar la evaluación del patudo (ver próxima sección), el cual incluye actividades que ya han sido realizadas en 2017 y 2018. Además, varios proyectos de investigación recientes son pertinentes a la mejora de la evaluación del patudo: Maunder *et al.* (2018) desarrollaron un nuevo modelo de crecimiento que representa mejor los datos disponibles para el atún patudo; Minte-Vera *et al.* (2017) identificaron problemas con algunos de los datos de composición usados en el modelo de evaluación; Maunder y Piner (2017) esbozaron un marco para identificar y corregir especificaciones erróneas en el modelo al desarrollar modelos de evaluación de poblaciones que se debería aplicar al patudo; y Valero *et al.* (2018) usaron análisis alternativos estructurados espacialmente para investigar la fuente de la especificación errónea que causó el patrón aparente de dos regímenes de reclutamiento de patudo. Una vez completado el plan de trabajo, se dispondrá de un modelo que rectifique las principales deficiencias de la evaluación actual del patudo y permitirá proporcionar el mejor asesoramiento científico para el próximo ciclo de ordenación de los atunes tropicales en el OPO. Además, se desarrollarán indicadores de condición de la población, similares a aquellos usados para el barrilete, como control adicional de la condición del patudo.

4. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO:

Octubre 2017	Taller de CAPAM sobre el reclutamiento: teoría, estimación, y aplicación en los modelos de evaluación de poblaciones	
2017	Colaboración con científicos japoneses en la identificación de cambios de objetivo de la pesca	Presentación en SAC-09
Febrero 2018	Taller de CAPAM sobre el desarrollo de modelos espacio-temporales de datos de captura por unidad de esfuerzo en pesquerías para derivar índices de abundancia relativa	Por ejemplo, SAC-09-09
2018	Investigación de la relación entre mortalidad por pesca y capacidad de la flota	CAF-05-04 , Proyecto 2
2018	Desarrollo de una evaluación de población estructurada espacialmente para el atún patudo y otras mejoras en el modelo	CAF-05-04 , Proyecto 1
Octubre 2018	Taller de CAPAM sobre modelos espaciales de evaluación de poblaciones, con énfasis en el atún patudo	CAF-05-04 , Proyecto 3

³ Capacidad de la flota multiplicada por la proporción del año cuando la pesquería no está vedada; ver [Tabla 2](#)

⁴ *Centre for the Advancement of Population Assessment Methodology*

Enero/febrero 2019	Taller propuesto sobre CPUE palangrera	Ver propuesta en SAC-09-02
Marzo 2019	Revisión independiente propuesta de la evaluación del atún patudo	Ver propuesta en SAC-09-02
Mayo 2019	Evaluación exploratoria del atún patudo	Presentación en SAC-10
Enero 2020	Taller de CAPAM sobre mortalidad natural	
Mayo 2020	Evaluación del atún patudo	Presentación en SAC-11
Julio-agosto 2021	Adopción de resolución sobre medidas de ordenación	

REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A. and Maunder, M.N. (2014) Status of bigeye tuna in the Eastern Pacific Ocean in 2012 and outlook for the future. IATTC Stock Assessment Report 14: 31-185.
- Maunder, M. N. and Piner, K. R. 2017. Dealing with data conflicts in statistical inference of population assessment models that integrate information from multiple diverse data sets. Fisheries Research. 192: 16-27.
- Maunder, M.N. and Starr, P.J. (2001) Bayesian Assessment of the SNA1 snapper (*Pagrus auratus*) stock on the northeast coast of New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 35: 87-110.
- Maunder, M. N., Crone, P. R., Valero, J. L., Semmens, B. X. 2014. Selectivity: Theory, estimation, and application in fishery stock assessment models. Fisheries Research, 158: 1-4.
- Maunder, M.N., Crone, P.R, Punt, A.E., Valero, J.L., Semmens B. X. 2016. Growth: Theory, estimation, and application in fishery stock assessment models. Fisheries Research, 180: 1-3.
- Maunder, M.N., Crone, P.R, Punt, A.E., Valero, J.L., Semmens B. X. 2017. Data conflict and weighting, likelihood functions and process error. Fisheries Research. 192: 1-4.
- Maunder, M.N., Deriso, R.B., Schaefer, K.M., Fuller, D.W., Aires-da-Silva, A.M., Minte-Vera, C.V., Campana, S.E. 2018. The growth cessation model: a growth model for species showing a near cessation in growth with application to bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Marine Biology (2018) 165:76.
- Minte-Vera, C. V., Maunder, M. N., Aires-da-Silva, A. M., Satoh, K., Uosaki, K. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. 2017. Fisheries research. 192: 114-125.
- Valero, J.L, Aires-da-Silva, A., Maunder, M.N., Lennert-Cody, C. 2018. Exploratory spatially-structured assessment model for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. IATTC, Document SAC-09-08
- Wang, S. P., Maunder, M. N., Piner, K. R., Aires-da-Silva, A. Lee, H. H. 2014. Evaluation of virgin recruitment profiling as a diagnostic for selectivity curve structure in integrated stock assessment models. Fisheries Research, 158: 158-164.
- Zhu, J., Maunder, M. N., Aires-da-Silva, A. M., Chen, Y. 2016. Estimation of growth within Stock Synthesis models: Management implications when using length-composition data. Fisheries Research, 180: 87-91.

TABLE 1. *F* multipliers for bigeye tuna estimated from various model combinations (see text)

TABLA 1. Multiplicadores de *F* para el atún patudo estimados de distintas combinaciones de modelos (ver texto).

Description- Descripción	<i>F</i> multiplier based on - Multiplicador de <i>F</i> basado en	
	2015-2017	2014-2016
Assessment- Evaluación SAC-09	0.87	0.97
Assessment- Evaluación SAC-08	n/a	1.15
SAC-08 + catch-captura 2017 from-de SAC-09	1.13	1.15
SAC-09 without-sin 2017 LF or CPUE >= Q4 2016	1.05	1.09
SAC-09 without-sin CPUE >= Q4 2016	0.96	1.03
SAC-09 without-sin 2017 LF	0.91	0.99

TABLE 2a. Quantities of interested related to the F multiplier for bigeye tuna. SAR: IATTC Stock Assessment Report

TABLA 2a. Cantidades de interés relacionadas con el multiplicador de F para el atún patudo. SAR: Informe de Evaluación de Stocks de la CIAT.

SAR	SAC	Assessment type	Year of assessment or data	F multiplier						Closure days		Resolution
				Year		Assessment	% change	SAC-09	SAC-08	EPO	Corralito	
				First	Last							
SAR	SAC	Tipo de evaluación	Año de evaluación o datos	Multiplicador de F						Días de veda		Resolución
				Año		Evaluación	% cambio	SAC-09	SAC-08	OPO	Corralito	
				Primero	Último							
	11	Full-Completa	2020			-				72	31	C-17-02
	10	Exploratory-Exploratoria	2019			-				72	31	C-17-02
	9	Update-Actualizada	2018	2015	2017	0.87	-24	0.87		72	31	C-17-02
18	8	Update-Actualizada	2017	2014	2016	1.15	10	0.97	1.15	72*	31	C-17-02
17	7	Full-Completa	2016	2013	2015	1.05	-8	1.04	1.11	62	31	C-13-01
16	6	Update-Actualizada	2015	2012	2014	1.14	10	0.96	1.01	62	31	C-13-01
15	5	Update-Actualizada	2014	2011	2013	1.04	-1	0.9	0.94	62	31	C-13-01
14	4	Full-Completa	2013	2010	2012	1.05	11	0.81	0.86	62	31	C-11-01
13	3	Update-Actualizada	2012	2009	2011	0.95	2	0.82	0.87	62	31	C-11-01
12	2	Update-Actualizada	2011	2008	2010	0.93	-18	0.87	0.92	62	31	C-11-01
11	1	Full-Completa	2010	2007	2009	1.13	40	0.98	1.03	62	31	C-09-01
10	-	Full-Completa	2009	2006	2008	0.81	-1	1.01	1.06	59	31	C-09-01
9	-	Full-Completa	2008	2005	2007	0.82	6	0.99	1.05	42**	0	
8	-	Full-Completa	2007	2004	2006	0.77	13	0.91	0.96	42	0	C06-02
7	-	Full-Completa	2006	2003	2005	0.68	19	0.9	0.95	42	0	C-04-09
6	-	Full-Completa	2005	2002	2004	0.57	-8	0.82	0.87	42	0	C-04-09
5	-	Full-Completa	2004	2001	2003	0.62	-22	0.83	0.88	42	0	C-04-09
4	-	Full-Completa	2003	2000	2002	0.79	-57	0.85	0.89	31	0	C-03-12
3	-	Full-Completa	2002	1999	2001	1.85	106	1.04	1.1	31	0	C-02-04
2	-	Full-Completa	2001	1998	2000	0.90	-2	1.11	1.17	0 [§]	0	C-01-06, C-01-07
1	-	Full-Completa	2000	1997	1999	0.92		1.14	1.19	0 [§]	0	C-00-02, C-00-03

*: Changed in season-Cambiada durante el año

** : Voluntary closure-Veda voluntaria

§: Catch limits-Límites de captura

TABLE 2b. Quantities of interest, in tons, related to the F multiplier for bigeye tuna. “Closure-adjusted capacity” is the fleet capacity multiplied by the proportion of the year that the fishery is open. SSB: spawning biomass.

TABLA 2b. Cantidades de interés, en toneladas, relacionadas con el multiplicador de F para el atún patudo. “Capacidad ajustada por veda” es la capacidad de la flota multiplicada por la proporción del año que no es vedada. SSB: biomasa reproductora.

Year of assessment/data	F multiplier		Catch (retained + discarded)	SSB SAC-09 (start of year)	Purse-seine vulnerable biomass (start of year)	Purse-seine capacity	Closure-adjusted capacity	% change in closure-adjusted capacity
	Bigeye	Yellowfin						
Año de evaluación/datos	Multiplicador de F		Captura (retenida + descartada)	SSB SAC-09 (principio de año)	Biomasa vulnerable a cerco (principio de año)	Capacidad cerquera	Capacidad ajustada por veda	Cambio porcentual en capacidad ajustada por veda
	Patudo	Aleta amarilla						
2018	0.87	0.99		94,732	86,770			
2017	1.15	1.03	66,381	101,484	88,709	263,018	211,135	-3%
2016	1.05	1.02	57,254	95,132	98,345	261,474	217,059	5%
2015	1.14	1.11	63,090	78,216	115,132	248,428	206,229	8%
2014	1.04	1.21	60,528	71,151	127,579	230,379	191,246	9%
2013	1.05	1.01	49,760	65,898	105,710	212,087	176,061	-3%
2012	0.95	1.15	66,493	74,425	97,521	217,687	180,710	2%
2011	0.93	1.13	57,143	90,940	93,214	213,237	177,016	2%
2010	1.13	1.33	58,316	106,334	79,329	210,025	174,350	-7%
2009	0.81	1.09	77,818	105,937	95,318	224,632	188,322	-5%
2008	0.82	1.13	77,114	98,783	119,827	223,804	198,051	-1%
2007	0.77	0.88	64,340	92,105	126,505	225,359	199,427	0%
2006	0.68	1.02	85,518	88,679	121,435	225,166	199,257	6%
2005	0.57	0.83	69,795	78,411	119,516	212,419	187,976	3%
2004	0.62	1.12	67,045	77,917	112,892	206,473	182,715	-1%
2003	0.79	1.2	55,378	92,184	109,320	202,381	185,193	1%
2002	1.85	1.12	58,370	117,101	103,988	199,870	182,895	-3%
2001	0.90	1.19	61,772	109,537	116,803	189,088	189,088	5%
2000	0.92	NA	100,699	104,273	156,118	180,679	180,679	

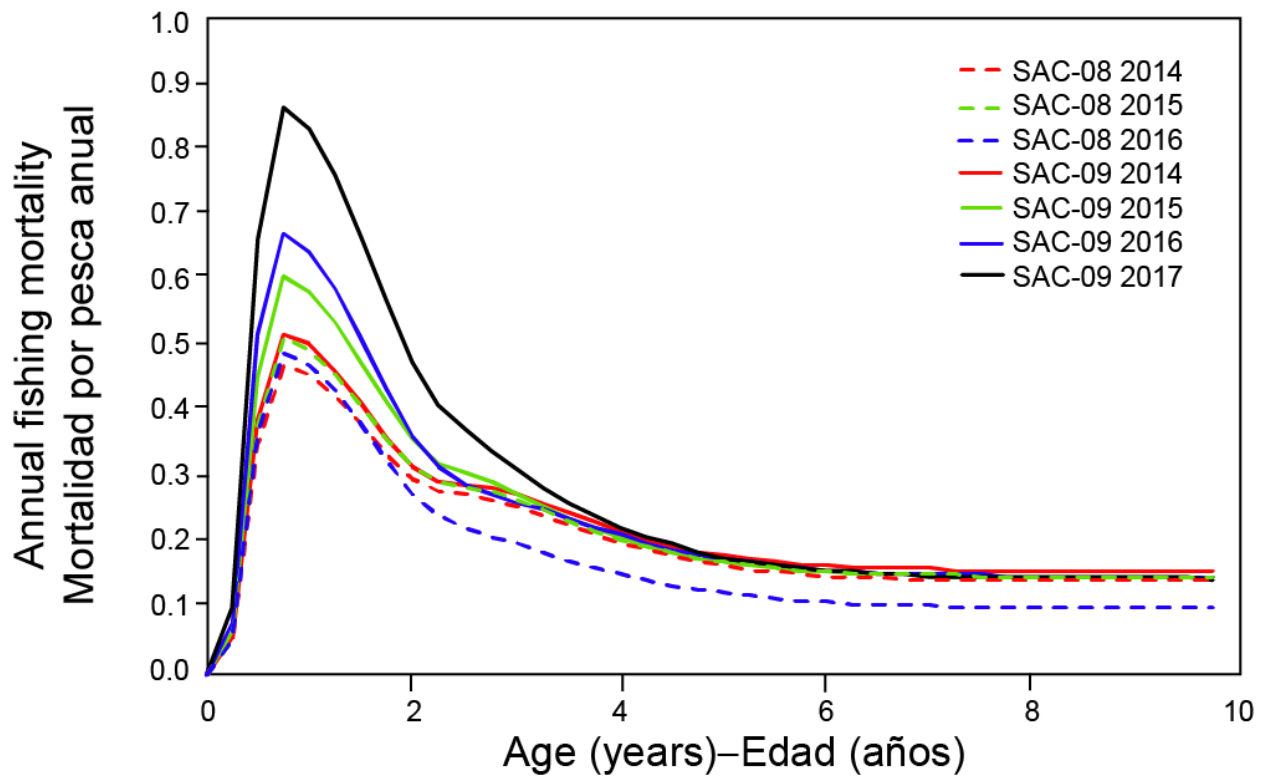


FIGURE 1. SAC-09 estimates of age-specific fishing mortality for the years used in the SAC-08 and SAC-09 estimates of F multiplier.

FIGURA 1. Estimaciones de SAC-09 de la mortalidad por pesca por edad correspondiente a los años usados en las estimaciones de SAC-08 y SAC-09 del multiplicador de F .

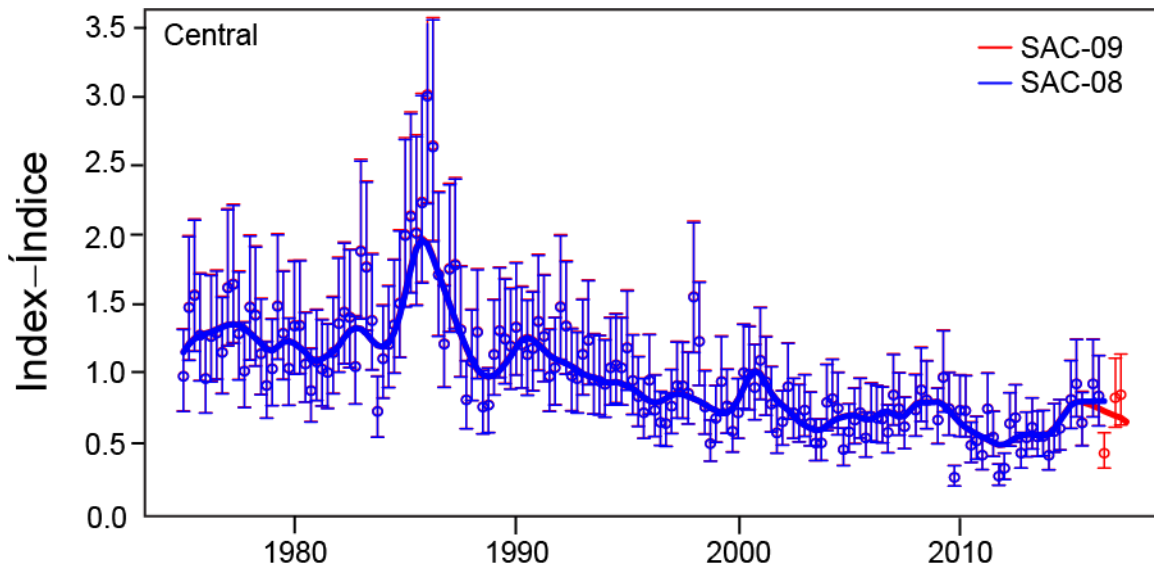


FIGURE 2. Comparison of the standardized longline CPUE for the Central area (dots), and the corresponding assumed 95% confidence interval, used as an index of relative abundance in the SAC-08 and SAC-09 stock assessment models for bigeye tuna. The solid lines represent the expected indices from the two models.

FIGURA 2. Comparación de la CPUE palangrera estandarizada del área Central (puntos), y el intervalo de confianza de 95% supuesto correspondiente, usada como índice de abundancia relativa en los modelos de evaluación de la población de atún patudo SAC-08 y SAC-09. Las líneas sólidas representan los índices esperados de los dos modelos.

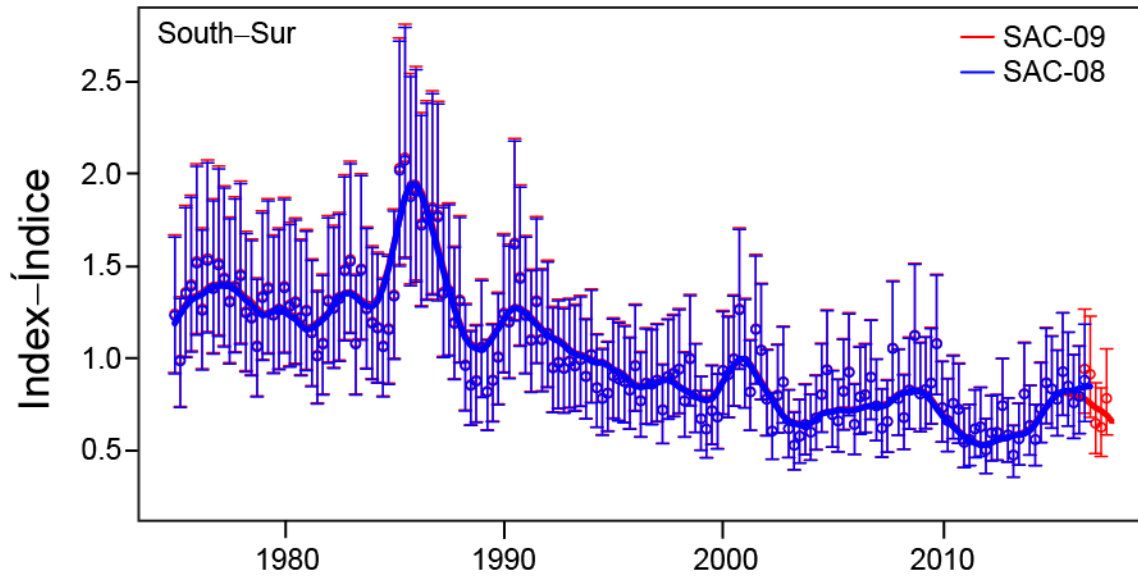


FIGURE 3. Comparison of the standardized longline CPUE for the Southern area (dots), and the corresponding assumed 95% confidence interval, used as an index of relative abundance in the SAC-08 and SAC-09 stock assessment models for bigeye tuna. The solid lines represent the expected indices from the two models.

FIGURA 3. Comparación de la CPUE palangrera estandarizada del área del Sur (puntos), y el intervalo de confianza de 95% supuesto correspondiente, usada como índice de abundancia relativa en los modelos de evaluación de la población de atún patudo SAC-08 y SAC-09. Las líneas sólidas representan los índices esperados de los dos modelos.

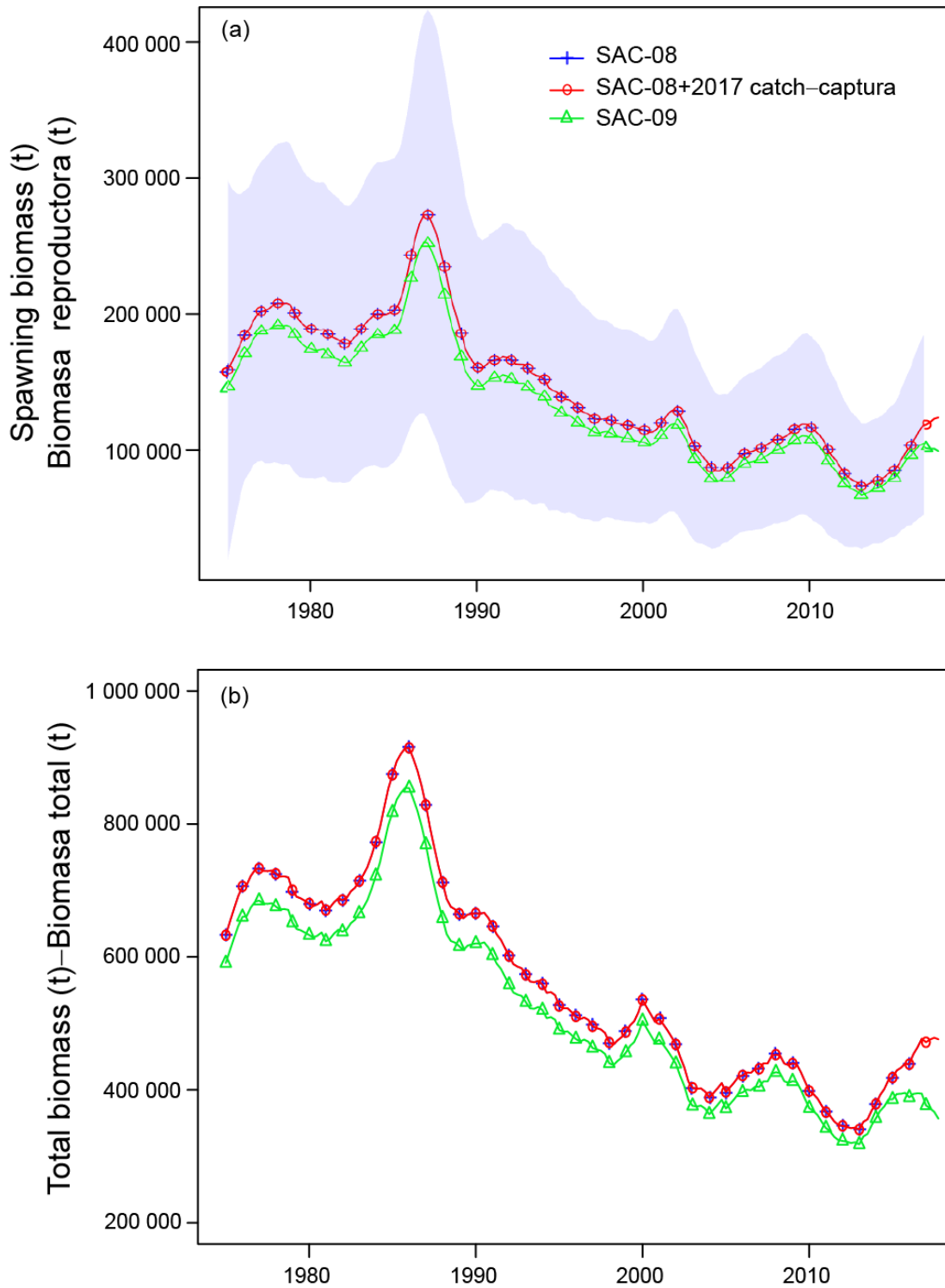


FIGURE 4. Estimates of spawning biomass (top) and total biomass (bottom) from SAC-08, SAC-09, and SAC-08 plus the 2017 catch from SAC-09.

FIGURA 4. Estimaciones de la biomasa reproductora (arriba) y biomasa total (abajo) de los modelos de evaluación SAC-08 y SAC-09, y SAC-08 más la captura de 2017 de SAC-09.

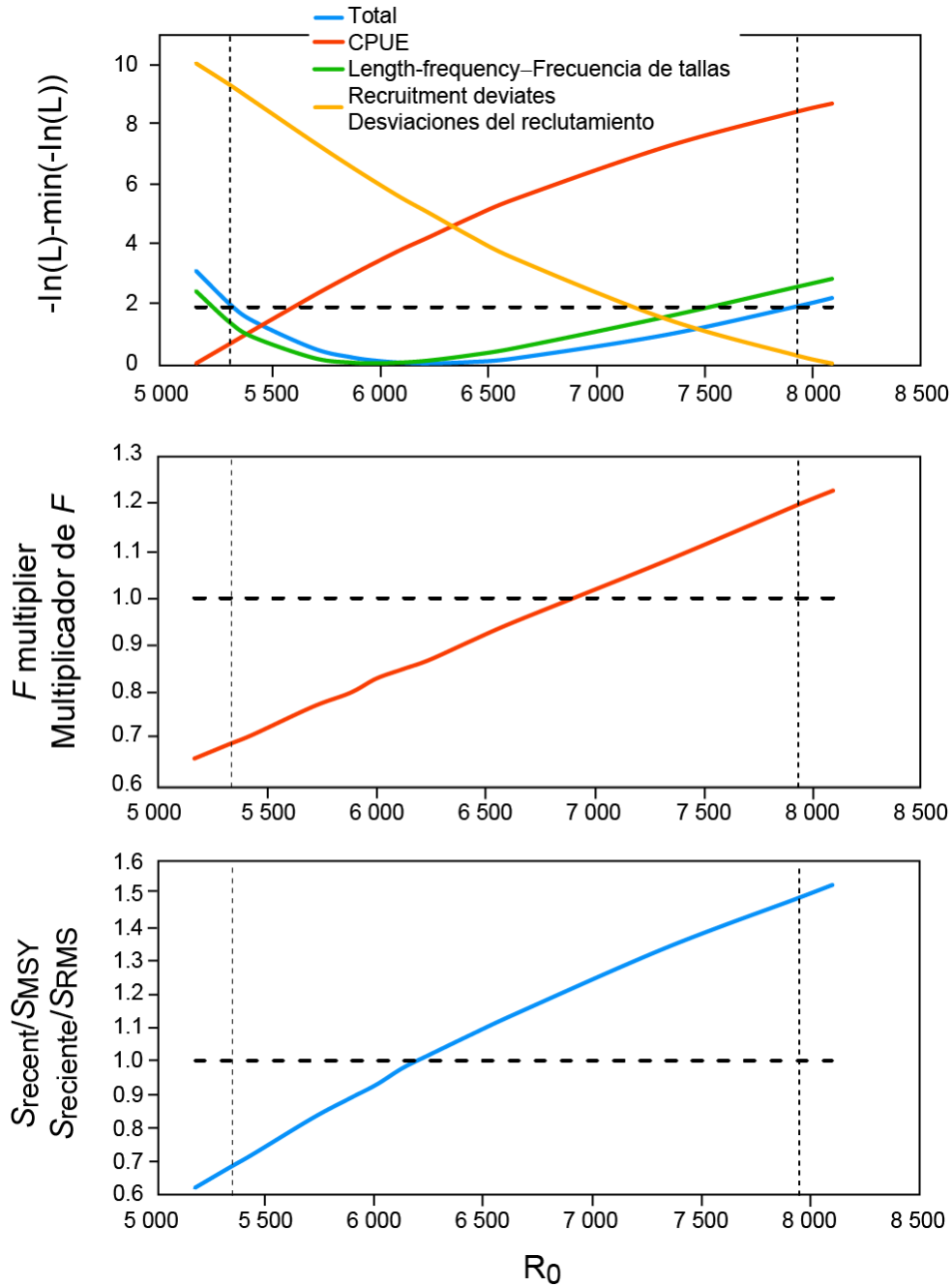


FIGURE 5. Likelihood component profiles and management quantities for different levels of virgin recruitment (R_0). The horizontal dashed line in the top panel indicates the likelihood value associated with a 95% confidence interval, which is represented by the vertical dashed lines.

FIGURA 5. Perfiles de los componentes de verosimilitud y cantidades de ordenación correspondientes a distintos niveles de reclutamiento virgen (R_0). La línea de trazos horizontal en el panel superior indica el valor de la verosimilitud asociada a un intervalo de confianza de 95%, representado por las líneas de trazos verticales.

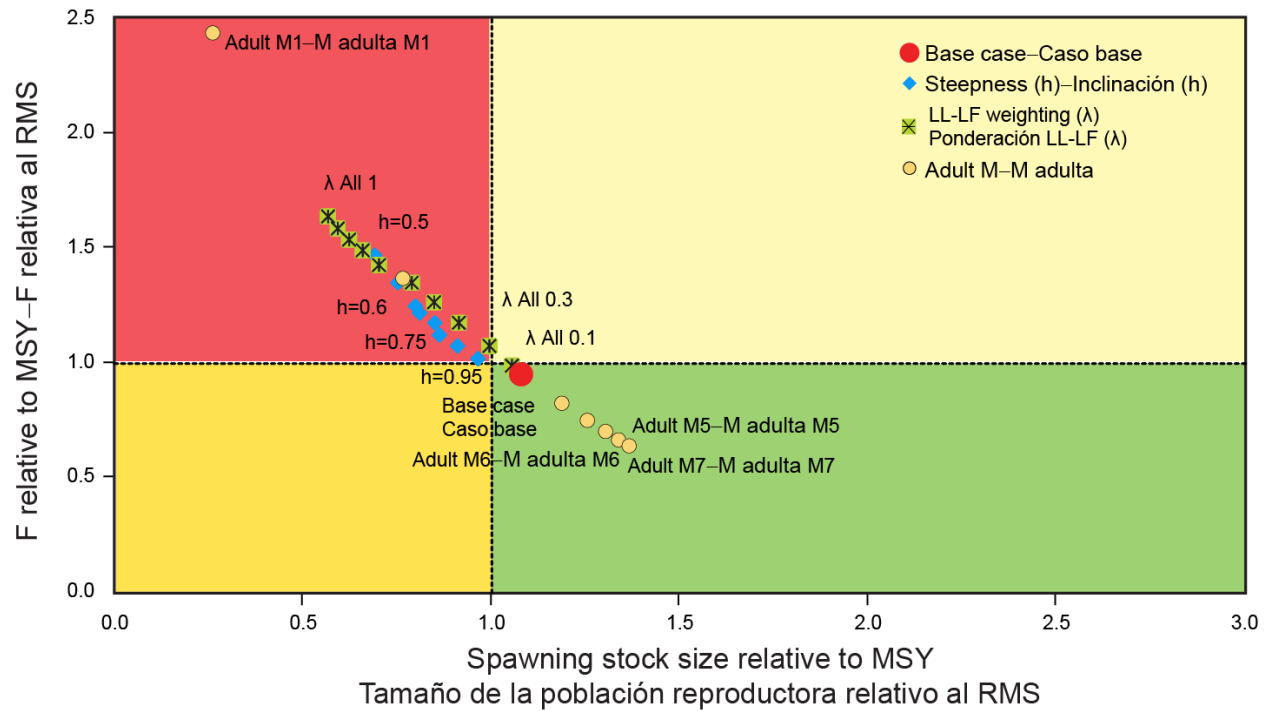


FIGURE 6. Phase plot of the most recent estimate of spawning biomass stock size and fishing mortality relative to their MSY reference points. Each point is based on the average fishing mortality rate over the most recent three years. (From Aires-da-Silva and Maunder 2014)

FIGURA 6. Gráfica de fase de la estimación más reciente del tamaño de la biomasa reproductora y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de RMS. Cada punto se basa en la tasa de explotación media del trienio más reciente. (De Aires-da-Silva and Maunder 2014)

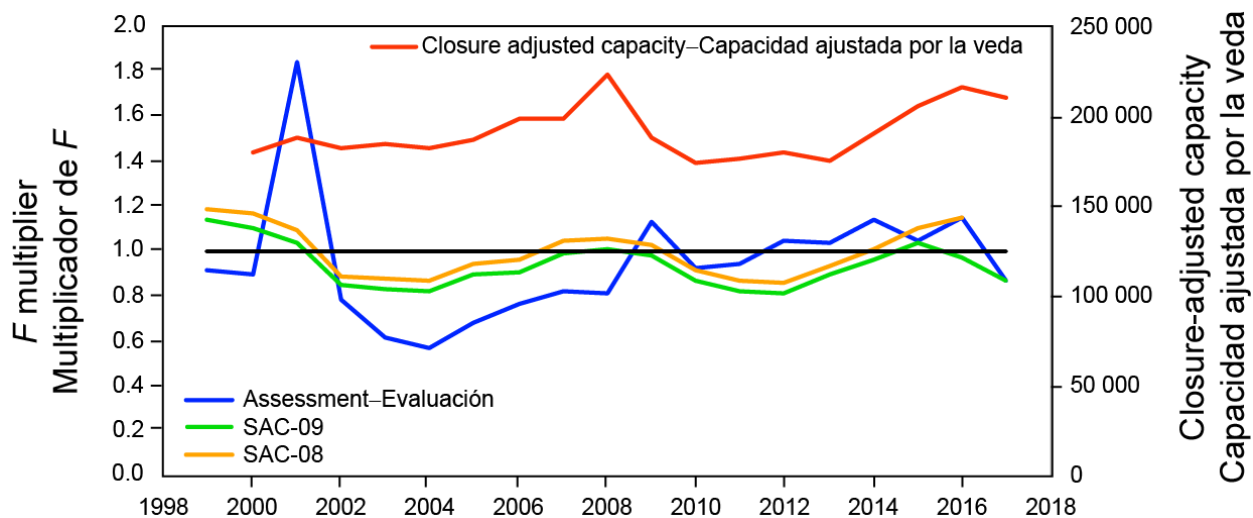


FIGURE 7. Comparison of three F multipliers series (SAC-08, SAC-09, and from that year's assessment) to the closure-adjusted capacity (fleet capacity multiplied by the proportion of the year the fishery is open), 1999-2017. The horizontal line at 1.0 represents the management objective of fishing at MSY ($F = F_{MSY}$).

FIGURA 7. Comparación de tres series de multiplicadores de F (SAC-08, SAC-09, y de la estimación del año correspondiente) con la capacidad ajustada por la veda (capacidad de la flota multiplicada por la proporción del año que no es vedada). La línea horizontal en 1.0 representa el objetivo de ordenación de pescar al nivel de RMS ($F = F_{RMS}$).