

INFORME DE LA REUNIÓN ICCAT DE 2021 DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO

(En línea, 19-29 de julio de 2021)

Los resultados, conclusiones y recomendaciones incluidos en este informe reflejan solo el punto de vista del Grupo de especies de túnidos tropicales. Por tanto, se deberían considerar preliminares hasta que sean adoptados por el SCRS en su sesión plenaria anual y sean revisados por la Comisión en su reunión anual. Por consiguiente, ICCAT se reserva el derecho a emitir comentarios, objetar o aprobar este informe, hasta su adopción final por parte de la Comisión.

1. Apertura, adopción del orden del día y disposiciones para la reunión

La reunión se celebró en línea debido a la actual situación de COVID-19 pandemia. El Dr. David Die (Estados Unidos), coordinador del Grupo de especies de túnidos tropicales ("el Grupo") y relator de patudo dio la bienvenida a los participantes. El Dr. Miguel Neves dos Santos (Secretario ejecutivo adjunto de ICCAT) también dio la bienvenida a los participantes y agradeció los esfuerzos realizados por todos los participantes para asistir a esta reunión de forma remota.

La Secretaría proporcionó información sobre la forma de utilizar la plataforma en línea para la reunión (aplicación Zoom). Los presidentes revisaron el orden del día, que fue adoptado (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se incluye en el **Apéndice 2**. La lista de documentos y presentaciones de la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los resúmenes de todos los documentos y presentaciones SCRS presentados a la reunión se adjuntan en el **Apéndice 4**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 8	M. Ortiz, D. Die
Punto 2	A. Kimoto, M. Ortiz
Punto 3	M. Schirripa, B. Mourato, G. Merino
Punto 4	A. Norelli, S. Cass-Calay, B. Mourato, G. Merino, D. Gaertner, N. Taylor, D. Die
Punto 5	H. Murua, K. Kitakado
Punto 6	G. Diaz, A. Maufroy
Punto 7	J. Santiago, F. Sow

2. Resumen de los datos disponibles para la evaluación y actualizaciones realizadas desde la reunión de preparación de datos

La Secretaría ofreció una visión general de los datos pesqueros disponibles para la reunión de evaluación, incluidas las actualizaciones recopiladas desde la reunión de preparación de datos.

2.1 Estadísticas pesqueras, talla, y estimaciones de CAS

Siguiendo las recomendaciones y el plan de trabajo inter sesiones acordado por el Grupo durante la reunión de preparación de datos, la Secretaría proporcionó las siguientes estadísticas de pesca:

- Actualización de las capturas nominales (NC) de patudo de la Tarea 1, incluyendo los datos proporcionados antes del 30 de abril de 2021;
- Actualización de la Tarea 2 de capturas y esfuerzo (CE) para los túnidos tropicales, incluyendo las capturas y el esfuerzo del ETRO_PS1991-2020, separando las capturas por modalidad de pesca (lances PS sobre bancos libres y DCP/FOB). Esta actualización incluye una revisión completa (1991-2019) proporcionada por los científicos nacionales UE-Francia;
- Actualización de las estadísticas de pesca de Ghana para los túnidos tropicales (SKJ, BET, YFT) 2018-2020 (SCRS/2021/133);
- Actualización de los datos de talla de la Tarea 2 incluyendo la información de las pesquerías PS y BB de Ghana, las revisiones de UE-Francia y las revisiones de los datos de talla del palangre de Taipei Chino (SCRS/2021/113);
- Estimaciones de las capturas por talla (CAS) de Tarea 2 basadas en la actualización de SZ de la Tarea 2 y en la información sobre CAS proporcionada por las CPC;

- f) Estimaciones de la distribución de las capturas (CatDis) de patudo 1950-2019 por trimestres y cuadrículas de 5x5 lat-lon;
- g) Información actualizada sobre el marcado convencional del patudo hasta el 16 de julio de 2021.

La Secretaría, en colaboración con los equipos de modelación, también proporcionó las entradas de datos básicos para los modelos de evaluación preliminar, incluidos los siguientes datos:

- a) Estimaciones de las distribuciones de frecuencia de tallas para el patudo según la estructura de la flota acordada durante la reunión de preparación de datos (evaluación de stock de rabil de 2019, SCRS/2021/113) para su introducción en los modelos de stock synthesis. Los equipos de modelación revisaron y ajustaron los datos de frecuencias de tallas durante el trabajo intersesiones tras una cuidadosa evaluación de las tendencias de tallas, los cambios de selectividad y los ensayos preliminares del modelo de evaluación;
- b) Estimaciones de las capturas de cada componente de la flota en el modelo stock synthesis, incluida la distribución estacional de algunas de las flotas;
- c) Estimaciones de las extracciones totales para los modelos de producción excedente;
- d) Estimaciones de las extracciones de capturas para 2020, según las recomendaciones del Grupo en la reunión de preparación de datos.

Tarea 1 Capturas nominales de patudo

Desde la reunión de preparación de datos, y antes del comienzo de esta reunión de evaluación, dos CPC proporcionaron las capturas nominales de patudo de Tarea 1 UE-España y Ghana. La **Tabla 1** muestra las extracciones de capturas de patudo para el período 1950-2019 utilizadas como datos de entrada para los modelos de evaluación. En la reunión de preparación de datos, se acordó que 2019 sería el año final de la evaluación, ya que los datos de 2020 eran incompletos y preliminares. Durante la reunión de preparación de datos, el Grupo recomendó un protocolo para estimar las capturas de los años 2020 y 2021 que se utilizará a efectos de proyección (véase el Informe de la reunión de preparación de datos sobre el patudo, Anón. 2021). El Grupo revisó estas estimaciones para 2020 y observó lo siguiente:

- Los datos presentados por UE-España para 2020 tras la reunión de preparación de datos representaban únicamente las capturas de las flotas pesqueras canarias. Los científicos de la UE proporcionaron durante la presente reunión las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas en la cantidad de 6.050 t para 2020.
- Durante la reunión, Curazao proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas, que ascendían a 1.519 t para 2020.
- Durante la reunión, Guatemala proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas que ascendían a 906 t para 2020.
- Durante la reunión, Estados Unidos proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas que ascendían a 816 t para 2020.
- Algunas de las capturas reflejadas en los límites de captura de patudo adoptados en 2020 por la Comisión (incluidos los límites sugeridos (Rec. 19-02) representan asignaciones, pero no capturas realizadas. Es el caso de Nicaragua, la Federación rusa y Filipinas. La Secretaría confirmó que estas CPC no han notificado capturas de túnidos tropicales en los últimos años. Por lo tanto, el Grupo acordó no utilizar sus valores límite de capturas para la estimación de 2020 y sus capturas se fijaron en 0 para 2020.
- Además, para otras CPC con límites de captura de patudo (Rec. 19-02), el Grupo acordó utilizar las capturas declaradas en 2020 (Brasil, Canadá, Curazao, Taipei Chino, El Salvador, UE, Ghana, Guinea Ecuatorial, Guatemala, Japón, Rep. de Corea, Marruecos, México, Senegal, Trinidad y Tobago y Estados Unidos).
- Para las CPC que tienen límites de captura de patudo y que no habían notificado las capturas para 2020, se acordó utilizar el menor de los valores entre la media de capturas de 2017-2019 y el límite de captura de patudo adoptado por la Comisión.
- Por último, para aquellas CPC sin límites de capturas, se acordó aplicar un traspaso estimado como la media de las capturas de 2017-2019.

La Secretaría expresó las dificultades asociadas con el procesamiento de las capturas que se comunicaron durante la reunión, cerca de la fecha límite habitual para la presentación de datos, el 31 de julio. Se destacó la importancia de respetar los plazos de presentación de datos acordados por el Grupo en el plan de trabajo.

El Grupo estimó las capturas de patudo para 2020 (**Tabla 2**). Las estimaciones de capturas de patudo en 2020 incluían las estimaciones de faux poissons (1.030 t) (pabellones mezclados UE tropical) basadas en la media 2017-2019, ya que no se facilitó ninguna otra información. El total de capturas de patudo estimadas para 2020 fue de 59.919 t. Este valor se basó en lo siguiente: en primer lugar, las capturas comunicadas para 2020 representaban el 80 % de las capturas estimadas por el Grupo para 2020 y, en segundo lugar, las capturas de las CPC que comunicaron capturas para 2020 eran inferiores a las de años anteriores. Por lo tanto, se espera que el 20 % restante de las capturas estimadas también siga la tendencia de las capturas declaradas. Se observó que la captura de 2020 estimada durante la reunión (59.919 t) es inferior a la estimación inicial proporcionada al principio de la reunión a partir del protocolo aprobado durante la reunión de preparación de datos (68.825 t), en parte debido a los valores actualizados de las capturas comunicadas por algunas CPC, y a las recomendaciones sobre las capturas no comunicadas realizadas por el Grupo durante la reunión. Además, se observó que la pesquería de patudo en 2020 fue especialmente diferente a la de años anteriores, posiblemente debido en parte a los efectos de la pandemia de COVID-19 y a los cambios en el régimen de veda de los túnidos tropicales entre 2019 y 2020 (aunque no se revisaron las capturas finales por mes). El Grupo decidió utilizar 61.500 t, el TAC asignado por la Comisión para 2021, como la mejor estimación disponible de la captura de patudo para 2021.

Tarea 2 Muestreo de tallas de patudo

El SCRS/2021/113 presentó una revisión y un análisis preliminar de las muestras de talla de patudo del Atlántico disponibles para los modelos de evaluación de stock. Las muestras de tallas se revisaron y estandarizaron en unidades de longitud recta a la horquilla, y se agregaron a las muestras de frecuencia de tallas por flota/arte principal, año y trimestre. Se adoptó un mínimo de 50 mediciones para una muestra de talla, mientras que los indicadores de asimetría, curtosis y coeficiente de varianza se utilizaron para evaluar los datos atípicos. El muestreo de tallas global es suficiente desde los años 70. Entre las principales flotas, definidas según su contribución relativa al total de capturas, el muestreo de tallas sólo es suficiente para la flota de palangre.

El Grupo preguntó por la proporción relativa de muestras para las flotas de cerco. Se señaló que el estimador de ratio debería utilizar las mismas unidades para la comparación, es decir, el peso o el número de peces tanto para las muestras de capturas como para las de tallas. Tras revisar la información presentada, la Secretaría proporcionó una tabla actualizada con la proporción relativa de muestras de talla utilizando el peso de los peces medidos. Los resultados también indicaban que, en comparación con el total de capturas de cerco, el muestreo de tallas en estas pesquerías sigue siendo relativamente bajo en comparación con otras. Se observó que el equipo de modelación de stock synthesis tomó algunas decisiones sobre el uso de las muestras de frecuencia de tallas proporcionadas, basándose en una revisión detallada de las tendencias de tallas y en los posibles cambios de selectividad (SCRS/P/2021/047). En resumen, la selectividad por tallas de las flotas de cebo vivo y de cerco de Ghana mostró una distribución de tallas similar y no hubo cambios aparentes en la selectividad a lo largo del tiempo, por lo que se mantuvo como una sola flota, como en la evaluación anterior. Tal y como recomendó el Grupo en la reunión de preparación de datos, se excluyeron los datos de talla de Ghana de 1996 a 2008. La revisión de los datos de talla estacionales para la pesquería de cerco en bancos libres de la fase tardía no muestra ninguna evidencia que respalde la separación de la selectividad de esta flota en períodos trimestrales. Durante la reunión de preparación de datos se indicó que en la anterior evaluación de patudo y en la última evaluación de rabil se excluyeron algunos de los datos de talla de Taipei Chino, ya que el muestreo de tallas proporcionado entonces no incluía muestras de tallas de observadores científicos. Los científicos de Taipei Chino han proporcionado recientemente datos actualizados de talla que incluían información de los observadores, y estos fueron revisados exhaustivamente por el grupo de modelación. El equipo de modelación de stock synthesis llegó a la conclusión de que los datos eran coherentes y suficientes, y decidió no excluir ningún dato de talla de Taipei Chino. Los datos de la composición por tallas de BB de Sudáfrica fueron excluidos por el equipo de modelación de stock synthesis de la flota BB sur de Dakar. Para la flota de caña y carrete de Estados Unidos, el equipo de modelación de stock synthesis decidió utilizar únicamente los datos de talla del RR de Estados Unidos, excluyendo otros artes como las muestras de talla de GN/TW o CAN HL, ya que se observaron diferencias en la talla media de estas pesquerías y las capturas fueron menores que las del RR de Estados Unidos. Por último, el equipo de modelación de synthesis observó que para algunas flotas, BB Dakar 1962-1980 y Brasil HL, había muy pocas observaciones de muestras de talla, y estas no se utilizaron.

El documento SCRS/2021/133 presentó las estimaciones de las estadísticas pesqueras para las pesquerías de cebo y de cerco de Ghana 2012-2020. Los datos de captura y desembarque recopilados y gestionados

por la Fisheries Scientific Survey Division (FSSD) de Ghana incluían información de los desembarques y de los cuadernos de pesca desde 2005 hasta 2020. La estimación de las capturas totales, la composición de las capturas, el esfuerzo pesquero, las capturas por talla y el muestreo de tallas para rabil, patudo y listado, y otras especies de captura fortuita se estimaron siguiendo las recomendaciones del Grupo de especies de túnidos tropicales. Se proporcionaron estimaciones para el periodo 2012-2020 cuando se disponía de un muestreo y una cobertura suficientes por parte de los observadores de Ghana.

El Grupo observó que desde 2015 las capturas de patudo han disminuido tanto en los artes de pesca PS como BB, mientras que las capturas de rabil y listado han aumentado durante el mismo período. Se preguntó si ha habido algún cambio en las operaciones pesqueras de Ghana que pudiera explicar esta disminución de las capturas de BET. El Grupo solicitó que la Secretaría preparara algunos mapas de distribución del esfuerzo pesquero por 5x5 y por trimestre para evaluar si se han producido cambios en la distribución espacio-temporal del esfuerzo pesquero, así como en la proporción de la captura de patudo en comparación con la captura total de túnidos tropicales (SKJ, YFT, BET). Los autores del SCRS/2021/113 indicaron que los análisis anteriores han sugerido que las proporciones más altas de capturas de patudo se encuentran en las zonas de alta mar, mientras que más cerca de las zonas costeras aumenta la proporción de rabiles y disminuye la de patudos (**Figura 1**). Los mapas solicitados mostraron algunos cambios en la distribución del esfuerzo pesquero, con valores más altos en el centro del Golfo de Guinea y en las zonas costeras en los últimos años (**Figura 2**), donde normalmente se encuentran proporciones más bajas de patudo.

El Grupo observó que la distribución espacial de las capturas de BB y el esfuerzo de las pesquerías de Ghana mostraban que las actividades pesqueras se realizaban en alta mar, algo que no suele observarse en otras flotas de BB. Los científicos ghaneses confirmaron la exactitud de la información sobre la distribución espacial de las capturas de BB contenida en la base de datos de ICCAT.

Marcado convencional

La Secretaría proporcionó un resumen de la información sobre el marcado convencional del patudo (Tabla 3). Desde la reunión de preparación de datos se ha informado de un total de 34 nuevas recuperaciones de marcas de patudo, incluido un pez recapturado después de cuatro años en libertad tras su liberación por el AOTTP. El Grupo se interesó por los datos de experimentos de detección y comunicación de marcas, y solicitó un resumen de esta información. La Secretaría presentó un resumen actualizado de los experimentos de detección y comunicación de marcas (Tabla 4).

2.2 Índices de abundancia relativa

En la reunión no se presentaron nuevos índices ni actualizaciones de índices de abundancia. El equipo de modelación de stock synthesis indicó que la distribución espacial utilizada para los datos de capturas por flota y de frecuencias de tallas por flota de stock synthesis eran los mismos que los utilizados en la evaluación de stock de rabil de 2019. Esta decisión se tomó para armonizar las evaluaciones de los stocks de patudo y rabil para los futuros trabajos de MSE y para seguir la decisión tomada en la Reunión de preparación de datos de patudo (Anón. 2021). Esta estructura espacial de la flota es diferente de la estructura espacial utilizada en la estimación del índice conjunto del palangre adoptada durante la reunión de preparación de datos. La **Figura 3** muestra la comparación de las zonas geográficas utilizadas en cada caso. Sin embargo, se observó que las capturas y el número de observaciones de CPUE utilizadas en el índice conjunto de palangre correspondientes a las zonas no coincidentes (es decir, las zonas incluidas anteriormente en la cobertura del índice, pero no incluidas en la cobertura actual, la parte sur del golfo de México, el mar Caribe o el este de 5° este hacia la costa africana) son muy bajas. Por lo tanto, el equipo de modelación de stock synthesis llegó a la conclusión de que las diferencias en las zonas geográficas tendrían un impacto limitado en los modelos. El Grupo recomendó que se utilizara una estructura espacio-temporal coherente para los futuros índices combinados de abundancia relativa del palangre para los stocks de patudo y rabil.

Se informó al Grupo de que, debido a las limitaciones de tiempo, no se pudieron presentar a esta reunión los índices de cerco en bancos libres y de cerco en DCPd de la UE. Sin embargo, dado que actualmente se están utilizando los mismos enfoques de estandarización para desarrollar el índice del rabil de la UE con red de cerco en el océano Índico, en el futuro se aplicará el mismo tipo de modelos a las especies de túnidos tropicales en el océano Atlántico.

3. Métodos de evaluación de stock y otros datos pertinentes para la evaluación

Se utilizó el siguiente proceso para ejecutar los modelos de evaluación. Durante la reunión de preparación de datos para stock synthesis se acordó una matriz de incertidumbre que abarca los principales ejes de incertidumbre (mortalidad natural, inclinación y variación del reclutamiento). Se esperaba que los modelos de producción desarrollaran su propia matriz que abarcara el rango equivalente de incertidumbre para los dos ejes de incertidumbre que dichos modelos pueden considerar explícitamente (mortalidad natural e inclinación)). La incertidumbre en la variación del reclutamiento, representada por sigma R en el modelo de stock synthesis, no puede implementarse fácilmente en los modelos de producción.

El Grupo observó que en el informe de la reunión de preparación de datos se indica que "El Grupo consideró que la utilización de 17 como edad máxima debería ser el caso de referencia en el modelo de evaluación de 2021...". Esta recomendación se produjo durante los debates sobre las estimaciones de la edad máxima, antes del desarrollo de la matriz de incertidumbre que se acordó en la reunión de preparación de datos. El acuerdo sobre la matriz de incertidumbre incluía el apoyo a continuar con el método utilizado en la última evaluación para considerar que todas las combinaciones de parámetros de la matriz son igualmente válidas, a menos que una combinación deba ser rechazada sobre la base de diagnósticos insatisfactorios: «El Grupo decidió continuar utilizando el enfoque de la matriz de incertidumbre para cuantificar la incertidumbre del modelo... El equipo de modelación tenía la posibilidad de hacer los cambios necesarios en la configuración del modelo basándose en los problemas identificados o en el desempeño de los diagnósticos.» Teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en la reunión de preparación de datos, los equipos de modelación decidieron utilizar la combinación de edad máxima = 20, inclinación = 0,8 y sigma R = 0,4 como caso de referencia. Este modelo de caso de referencia se definió únicamente con el fin de construir los ensayos iniciales de la evaluación y para la comparación con los ensayos de sensibilidad. Se asignó al modelo del caso de referencia la misma ponderación que a cualquiera de los otros modelos de la matriz de incertidumbre en la estimación del estado del stock y el desarrollo de las previsiones. Se ejecutó un conjunto completo de diagnósticos para todos los modelos de la matriz de incertidumbre y para los ensayos de sensibilidad seleccionados.

Durante la reunión, se llevaron a cabo ensayos de sensibilidad adicionales tras examinar los resultados de los ensayos iniciales preparados antes de la reunión. La descripción de estos ensayos se incluye en la sección 4 de este informe.

3.1 Modelo estadísticamente integrado, Stock Synthesis

Stock Synthesis (Methot y Wetzel 2013) es un modelo estadístico integrado de capturas por edad que incorpora muchos de los procesos importantes (mortalidad, selectividad pesquera, crecimiento, reproducción, etc.) que operan conjuntamente para predecir la talla por edad anual, las extracciones totales (desembarcadas y descartadas), la composición por tallas de la flota, la composición por edades y las capturas de la flota por unidad de esfuerzo. Muchos de estos procesos están interrelacionados y, por lo tanto, los parámetros asociados del modelo están correlacionados. Stock synthesis proporciona una plataforma estadística para integrar estas diferentes métricas en una función objetivo global y, a su vez, tener en cuenta de incertidumbre conjunta de los procesos biológicos y la dinámica de la pesquería. Stock synthesis consta de tres subcomponentes: 1) un subcomponente poblacional que recrea una estimación del número/biomasa por edad utilizando estimaciones de la mortalidad natural, el crecimiento, la fecundidad, etc.; 2) un subcomponente observacional que consiste en cantidades observadas (medidas) como la CPUE o la proporción a la talla/edad; y 3) un subcomponente estadístico que utiliza probabilidades para cuantificar el ajuste de las observaciones a la población recreada.

Se construyó un modelo estacional para el patudo del Atlántico que abarca el periodo 1950-2019 (**Figura 4**). Se asumió que biomasa del stock inicial en 1950 estaba en una condición de stock virgen sin pescar. La estructura de la flota comprendía 22 flotas, incluidas cinco flotas de cerco, una flota combinada de barcos de cebo vivo y cerco de Ghana, cuatro flotas de barcos de cebo vivo, nueve flotas de palangre, dos flotas de palangre de mano y otros artes combinados (**Tabla 5**). Las definiciones de la estructura de la flota representaron una modificación significativa con respecto a la evaluación del patudo de 2018.

Se modelaron dos índices de abundancia, el índice conjunto del palangre dividido en dos periodos 1959-1978 y 1979-2019, y el índice trimestral de boya con ecosonda acústica asociada a los DCP que cubre el

periodo 2010-2019 (**Figura 5**). Se asumió que el índice de palangre conjunto tenía una selectividad de peces mayores, equivalente a la flota palangrera de Japón en el Atlántico tropical (flota 11). Se asumió que el índice de las boyas acústicas tenía la misma selectividad que la flota de cerco que opera sobre DCP. Los CV de los índices se escalaron a un CV medio = 0,2, conservando la variabilidad interanual estimada por los modelos de estandarización.

Los datos de talla para cada flota, año y temporada fueron proporcionados por la Secretaría una vez que se completaron todas las actualizaciones de datos de las CPC tras la reunión de preparación de datos (**Figura 6**). Las composiciones de talla se introdujeron como número de peces observados por cada intervalo de clase de talla de 4 cm. Los tamaños efectivos de las muestras fueron iguales al $\log_{10}$ (# de observaciones), para reducir el efecto de la pseudo-replicación en el muestreo y disminuir la ponderación de los datos de talla en la verosimilitud global del modelo.

El supuesto de crecimiento no ha cambiado con respecto a la evaluación anterior, modelado como una curva de Richards publicada por Hallier et al. 2005 (**Tabla 6**). El peso en kilogramos se estimó a partir de la longitud a la horquilla (SFL) en centímetros asumiendo la relación: $W_t = (2.396E-05) * SFL^{2.9774}$ (Parks et al., 1982).

Las hipótesis de madurez y fecundidad se mantienen sin cambios respecto a la evaluación anterior. La fecundidad se modeló como una función directa del peso corporal de las hembras. Los supuestos de madurez fueron los siguientes: 0 % de individuos maduros de 0 a 2 años, 50 % de individuos maduros de 3 años y 100 % de individuos maduros de 4 años en adelante.

Como se detalla en el informe de la reunión de preparación de datos de patudo de 2021, los supuestos de M por edad se modificaron significativamente con respecto a la evaluación anterior, basándose en la nueva información sobre la edad máxima observada y la regresión (Then et al. 2015) utilizada para estimar la escala de M en edades avanzadas. El grupo comparó esta nueva información con las estimaciones utilizadas por otras OROP de túnidos para los stocks de patudo y rabil (**Figura 7**). Al igual que en evaluaciones anteriores, la M por edad se modeló como una función de Lorenzen del peso por edad (Lorenzen, 1996) asumiendo tres edades máximas alternativas de i) 17, ii) 20 y iii) 25. Los vectores de mortalidad natural alternativos resultantes abarcan una gama más amplia de valores en comparación con los utilizados en la evaluación anterior (**Figura 8, Tabla 7**).

La selectividad se estimó directamente para cada una de las 21 flotas (la flota 20 calculó la de la flota 8), asumiendo una función spline cúbica para las flotas 1-5, 21 y 22 para modelar la bimodalidad de las observaciones de composición por tallas. Las flotas 7-16 y 19 se modelaron como funciones normales dobles, y se asumió que las flotas 17 y 18 tenían una selectividad logística asintótica (**Tabla 5**). Se permitió la inclusión potencial de peces de edad 0 en los cálculos de selectividad de todas las flotas. La selectividad por edad se obtuvo mediante stock synthesis, basándose en la selectividad por talla de la flota estimada por el modelo.

La relación stock-reclutamiento siguió una función Beverton-Holt con el reclutamiento virgen (R_0) estimado libremente a través de un rango de valores fijos de inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$) y de desviación del reclutamiento anual ($\sigma_r=0,2, 0,4$ y $0,6$) definidos por la matriz de incertidumbre. Las desviaciones anuales del reclutamiento se estimaron sólo para el período de 1974 a 2019. Antes de 1974 el reclutamiento se derivaba de la relación stock-reclutamiento. La corrección de sesgo lognormal ($-0,5\sigma^2$) para la media de la relación stock reclutamiento se aplicó con la rampa de corrección de sesgo tal y como recomienda Methot y Taylor, (2011).

Los ajustes de la varianza de los componentes de los datos de talla siguieron los métodos de Francis, 2011.

Para cada una de los ensayos del modelo, los parámetros estimados incluían 89 parámetros de selectividad, R_0 , parámetros de capturabilidad para cada índice de abundancia, tres asignaciones de reclutamiento estacional y desviaciones de reclutamiento anual. Las desviaciones estándar de los parámetros del modelo se derivaron de la matriz de varianza-covarianza. Se señaló que las estimaciones de la biomasa del stock reproductor (SSB) se refieren a la SSB de final de año, y la mortalidad por pesca se refiere a las tasas de mortalidad de todo el año.

Se construyó un ensayo del modelo de continuidad (SSM Continuity) para compararlo con la evaluación de 2018, basándose en los mismos supuestos biológicos, incluyendo M por edad y un índice de abundancia, el índice conjunto del palangre. Sin embargo, se utilizó la estructura de la flota de 2021 para el ensayo de continuidad. Los análisis de sensibilidad adicionales incluyeron ensayos con cada índice de abundancia eliminado, y un ensayo con una ponderación de CV más baja en los índices de abundancia. Se realizaron tres análisis de sensibilidad basados en las orientaciones iniciales de la reunión de preparación de datos (**Tabla 8**):

- Sensibilidad SSM 1: Se ha eliminado del modelo la serie conjunta LL temprana.
- Sensibilidad SSM 2: Se ha eliminado del modelo la serie del índice de boyas.
- Sensibilidad SSM 3: Se utilizó un índice de CV más bajo.

La matriz de incertidumbre comprendía 27 modelos con todas las combinaciones de supuestos alternativos fijos de mortalidad natural (edad máxima = 17, 20 y 25), inclinación ($h = 0,7, 0,8$ y $0,9$) y desviación estándar en el reclutamiento (σ_r) (0,2, 0,4, 0,6). Estos ensayos alternativos de matriz de incertidumbre se enumeran en la **Tabla 9**. El examen de los diagnósticos del modelo se hizo siguiendo las recomendaciones de Carvalho *et al.*, 2021.

3.2 Modelos de producción excedente, JABBA y MBP

Modelo de producción excedente (MPB)

Se realizó una evaluación preliminar del patudo del Atlántico utilizando el modelo dinámico de biomasa mpb (SCRS/2021/120). Este modelo utilizó la captura total de 1950 a 2019 y, el índice conjunto del palangre para dos periodos: inicial (1959-1978) y final (1979-2019) y los introdujo como dos índices separados con capturabilidad independiente. La primera versión del modelo se configura como modelo de Fox a partir de 1950. El Grupo acordó desarrollar escenarios de modelos de producción para que sean lo más equivalentes posible a los incluidos en la matriz de incertidumbre de stock synthesis. Esto se consiguió seleccionando parámetros de forma que imitan las relaciones SSB_{RMS}/SSB_0 estimadas en la matriz de incertidumbre de referencia adoptada para los ensayos del modelo de stock synthesis (B_{RMS}/K en los modelos de producción de biomasa). Estos parámetros de forma y sus ratios B_{RMS}/K asociadas se muestran en la **Tabla 10**.

Además de los modelos de la matriz de incertidumbre, el Grupo propuso una serie de ensayos de sensibilidad:

- Sensibilidad MPB 2: Utilización del modelo logístico (Schaefer).
- Sensibilidad MPB 3: Añadir la CPUE del palangre brasileño.
- Sensibilidad MPB 4: Añadir el índice de abundancia de boyas
- Sensibilidad MPB 5: Añadir tanto CPUE de palangre de Brasil como BAI.
- Sensibilidad MPB 6-8: Modificar el parámetro de forma para que la relación $B_{RMS} \sim K$ esté más sesgada hacia niveles más productivos (0,33, 0,31 y 0,27).

Se utilizaron los siguientes diagnósticos para examinar la fiabilidad y cualidad de los ajustes del modelo: Examen residual, perfiles de verosimilitud para r y K , análisis retrospectivo y rho de Mohn.

Solo otra evaluación bayesiana de biomasa (JABBA)

El Grupo revisó los resultados preliminares de la evaluación de stock del modelo de producción bayesiano de espacio estado JABBA (SCRS/2021/132; Winker *et al.* 2018a), del stock de BET del Atlántico actualizado con datos hasta 2019. Este modelo utilizó la captura total de 1950 a 2019 y el índice conjunto del palangre para dos periodos: inicial (1959-1978) y final (1979-2019). Estos índices se introdujeron como dos índices separados con capturabilidad independiente (los CV se escalaron a una media de 0,2). Para la biomasa en equilibrio no pescada K , se utilizó la configuración por defecto del paquete JABBA R en forma de distribución previa lognormal vagamente informativa con un gran CV del 100%. La distribución previa de la merma inicial ($\phi = B_{1950}/K$) para todos los escenarios se definió mediante una distribución beta con media = 0,93 y CV del 5 %. Todos los parámetros de capturabilidad se formularon como distribuciones previas uniformes no informativas. El error del proceso de $\log(B_y)$ en el año y para todos los escenarios se definió mediante una distribución gamma inversa con parámetro de forma igual a 9,606 y parámetro de tasa igual a 0,03, tal y como utilizaron Winker *et al.*, 2018b en la evaluación de stock de patudo del Atlántico de 2018.

Para dar continuidad, el ensayo inicial de la JABBA se parametrizó con las mismas distribuciones previas y estructura del modelo utilizadas en la evaluación de stock de patudo del Atlántico de 2018 (ICCAT, 2019). Además, los ensayos de JABBA se diseñaron para representar la matriz de incertidumbre acordada durante la reunión de preparación de datos de patudo de 2021. Sólo se consideraron las combinaciones de edad máxima e inclinación para JABBA, lo que dio lugar a nueve modelos distintos (**Tabla 11**), además del ensayo de continuidad. Para cada uno de estos ensayos, se desarrollaron distribuciones previas de r alternativas. Las distribuciones previas se asociaron a un parámetro de forma específico de una función de producción de Pella-Tomlinson y se obtuvieron a partir de un enfoque de modelo de equilibrio estructurado por edad (ASEM) con simulaciones de Monte-Carlo (Winker et al. 2019). Este enfoque dio lugar a distribuciones previas más informativas para r , que siguieron una distribución lognormal, y a que se fijara el parámetro de forma m ($BRMS/K$) derivado directamente del resultado de ASEM de EB_{RMS}/EB_0 (biomasa explotable EB ; ver detalles en Winker et al., 2019). También se proporcionaron ensayos adicionales del modelo permitiendo que el parámetro m fuera estimado libremente de forma interna por el modelo Pella-Tomlinson. La **Tabla 11** ofrece un resumen de la parametrización de los escenarios del modelo JABBA.

JABBA se implementa en R (equipo de desarrollo de R, <https://www.r-project.org/>) con la interfaz JAGS (Plummer, 2003) para estimar las distribuciones posteriores bayesianas de todas las cantidades de interés por medio de una simulación de las cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). El modelo JAGS se ejecuta desde R utilizando la función envolvente *jags()* de la biblioteca *r2jags* (Su y Yajima, 2012), que depende de *rjags*. En este estudio se utilizaron tres cadenas MCMC. Cada modelo se ejecutó para 30.000 iteraciones, muestreadas con un período de prueba de 5.000 para cada cadena y una tasa de disminución (filtrado) de cinco iteraciones. Los diagnósticos básicos de la convergencia del modelo incluyeron la visualización de las cadenas MCMC mediante trazados MCMC, así como los diagnósticos de Heidelberger y Welch (Heidelberger y Welch, 1992) y Geweke (1992) y Gelman y Rubin (1992) implementados en el paquete coda (Plummer et al., 2006).

Se proporcionaron amplios diagnósticos del modelo para evaluar sus ajustes, las pruebas de ensayos de valores residuales, los patrones retrospectivos y la habilidad de predicción. Para comprobar el sesgo sistemático en las estimaciones del estado del stock, se realizó también un análisis retrospectivo para cada modelo, eliminando sistemáticamente un año de datos cada vez de forma secuencial durante un periodo de ocho años ($n = 9$), a esto le siguió un reajuste del modelo tras cada eliminación de datos y una comparación de las cantidades que resultan de interés (a saber, biomasa, mortalidad por pesca, $B/BRMS$, F/F_{RMS} , B/B_0 y RMS) con el modelo de referencia ajustado a toda la serie temporal. Para comparar el sesgo retrospectivo entre modelos, se calculó el estadístico rho (ρ) de Mohn, utilizando la formulación definida por Hurtado-Ferro et al., 2014. Se aplicó una técnica de validación cruzada de la simulación retrospectiva (HCXval) sin modelo de Kell et al. 2016, en la que las observaciones se comparan con sus valores futuros predichos de CPUE calculando el error medio absoluto escalado (MASE) propuesto por Hyndman y Koehler, 2006, que escala el error medio absoluto de los valores residuales de la predicción a una predicción de nivel de referencia ingenuo, donde se dice que una "predicción" tiene "habilidad" si mejora el pronóstico del modelo cuando se compara con el nivel de referencia ingenuo.

4. Resultados del estado del stock

4.1 Modelo de captura integrado, stock synthesis

Diagnóstico de ajuste y convergencia del modelo stock synthesis del caso de referencia

Stock synthesis convergió en una solución estable, con una verosimilitud logarítmica negativa consistente en todos los valores iniciales de los parámetros sometidos a ligeras variaciones (**Figura 9**). El gradiente final del modelo fue de 0,000067, inferior al objetivo de 0,0001, y se consideró aceptable para la convergencia del modelo, sobre todo porque la solución era estable en diferentes valores de los parámetros iniciales.

El modelo mostró una falta de ajuste general al índice de boyas acústicas, pero un ajuste considerablemente mejor al índice conjunto de palangre (**Figura 10**). En general, los errores residuales en ambos índices mostraron patrones no aleatorios, evidenciados por el fracaso en la prueba de ensayos de diagnóstico (**Figura 11**). En particular, se observó una falta de ajuste a la tendencia decreciente del índice de boyas

acústicas a principios de la década de 2010, así como a la tendencia creciente en los años finales. El ajuste a la tendencia a largo plazo del índice conjunto del palangre fue considerablemente mejor, pero los cambios interanuales del índice no fueron captados adecuadamente por el modelo. El patrón residual en el período reciente del índice de palangre conjunto fue notablemente mejor que los patrones residuales del índice de boyas acústicas y del índice de palangre conjunto del período temprano.

Los ajustes a la composición global de tallas (**Figura 12**) y los valores residuales anuales del modelo asociados (**Figura 13**) proporcionaron un diagnóstico primario del desempeño del modelo. En general, el caso de referencia mostró un ajuste aceptable a los datos agregados de composición por tallas de todas las flotas. Los patrones de valores residuales anuales parecían en su mayoría distribuidos aleatoriamente y se consideraban adecuados para las principales flotas de captura, mientras que las flotas con extracciones relativamente menores mostraban algunos patrones no aleatorios en los valores residuales. Esto fue probablemente el resultado de la reponderación de la varianza, que dio como resultado un mejor ajuste del modelo a las flotas con grandes cantidades de datos de composición de tallas. En general, los patrones residuales de la composición por tallas mostraron una mejora en comparación con la evaluación de 2018, probablemente debido a la redefinición de las flotas para crear composiciones que son más consistentes a lo largo de la serie temporal.

Las desviaciones de la curva stock-reclutamiento estimadas como desviaciones del reclutamiento indicaron una alta variabilidad en las desviaciones del reclutamiento de un año a otro, pero fuertes correlaciones temporales, con períodos en los que las desviaciones del reclutamiento aumentaron seguidos de períodos en los que las desviaciones del reclutamiento disminuyeron. Las desviaciones del reclutamiento aumentaron de 1974 a 1983, de 1987 a 1998 y de 2006 a 2018, y disminuyeron en los años intermedios (**Figura 14**). En general, la desviación del reclutamiento fue no sesgada (**Figura 15**). En la **Tabla 12** se presenta una lista de los parámetros del modelo, lo que incluye los valores estimados y sus errores estándar asintóticos asociados, los valores iniciales de los parámetros, los valores mínimos y máximos, las distribuciones previas, si se han utilizado, y si el parámetro se ha fijado o estimado.

Dado que la inclinación (h) y σ_R de la curva Beverton-Holt se fijaron, el principal parámetro de productividad estimado en stock synthesis fue el nivel medio de reclutamiento de edad 0 en la biomasa reproductora de equilibrio sin pesca (R_0). Al igual que en la evaluación de 2018, el perfil de verosimilitud del caso de referencia indicaba una estimación de máxima verosimilitud de la inclinación cercana a 10 (escala logarítmica natural), equivalente a aproximadamente 27 millones de reclutas de edad 0: con un acuerdo relativamente bueno entre las fuentes de datos sobre la mejor estimación (**Figura 16**).

En el caso de referencia de la evaluación actual, se estimó que la biomasa del stock reproductor era relativamente constante en las últimas décadas (**Figura 17**). De forma similar a los resultados de la evaluación de 2018, las estimaciones de SSB estaban bien determinadas, como demuestran los intervalos de confianza del 95 % (**Figura 17**). Se asumió que la biomasa reproductora estaba cerca del nivel de no pesca en el año de inicio del modelo (1950), tras lo cual hubo un periodo de declive entre 1960 y 2000, seguido de niveles de biomasa estables desde entonces (**Figura 17**).

La tendencia de la SSB estimada por el ensayo de continuidad de stock synthesis (SS) de 2021 muestra una tendencia similar a la del caso de referencia de 2021, pero difiere de la tendencia de la SSB estimada por stock synthesis en 2018 (**Figura 18**). Las estimaciones de SSB obtenidas en 2018 sugieren un descenso continuo de SSB en la década de 2000.

La eliminación del período inicial del índice conjunto del palangre del caso de referencia de 2021 no cambió visiblemente los resultados. La eliminación del índice de boyas acústicas disminuyó ligeramente la SSB. El uso de un CV más bajo aumentó ligeramente la SBB. En general, el caso de referencia no fue demasiado sensible a ninguno de estos cambios (**Figura 19**).

Cambios respecto a la evaluación de stock de 2018

El Grupo observó que el caso de referencia¹ de la evaluación de 2018 que se utilizó para construir la matriz de incertidumbre estimó que el stock estaba sobrepescado ($SSB_{2017}/SSB_{RMS} = 0,51$) y experimentando

¹ M por edad de 2018 para la edad máxima =15, inclinación 0,8, σ_R 0,4, índice de palangre conjunto de 2018, estructura de la flota de 2018, datos de capturas y tallas de 2018

sobrepesca ($F/F_{RMS} = 1,89$). La estimación del caso de referencia 2021 para la biomasa relativa en 2017 ($SSB_{2017}/SSB_{RMS} = 0,79$) fue un 54 % mayor que la estimada para ese mismo año en el caso de referencia 2018; y la estimación de la mortalidad por pesca relativa ($F_{2017}/F = 1,15$) fue un 39 % menor.

Para investigar esta discrepancia, el Grupo realizó una segunda serie de análisis de sensibilidad escalonados para describir el efecto de los cambios clave en la configuración del modelo de stock synthesis entre la evaluación de 2018 y los casos de referencia de 2021. Las comparaciones escalonadas se construyeron utilizando el modelo de referencia de 2018 como modelo de partida.

1. Caso de referencia de 2018
2. Caso de referencia de 2018 que sustituye el índice de palangre conjunto de 2018 por el índice de palangre conjunto de 2021
3. Modelo anterior pero sustituyendo la mortalidad por edad de 2018 por la de 2021 para edad máxima =20.

Los resultados de la comparación escalonada de estos tres modelos con el caso de referencia de 2021 (**Figura 20**) sugieren que el nuevo índice de palangre conjunto, el nuevo vector de mortalidad por edad de 2021 y la inclusión del nuevo índice de boya influyeron significativamente en la percepción del estado de la stock, resultando todos ellos en un estado del stock más optimista que el caso de referencia de 2018. El uso de la CPUE conjunta de palangre de 2021 en lugar del índice de palangre conjunto de 2018 explica un aumento del 26 % en la percepción de la biomasa relativa en 2017 con respecto a las estimaciones de la evaluación anterior, y una reducción del 17 % en la estimación de la mortalidad por pesca relativa. El uso del nuevo vector M por edad explica un aumento del 28 % en la percepción de la biomasa relativa en 2017 respecto a las estimaciones de la evaluación anterior, y una reducción del 21% en la estimación de la mortalidad por pesca relativa. La inclusión del índice acústico de boyas, que hace referencia al patudo juvenil, también dio lugar a un estado reciente de la stock más optimista, probablemente debido al efecto de ese índice en las estimaciones recientes del reclutamiento. Los diagnósticos de estas diferentes pruebas de sensibilidad no fueron sustancialmente diferentes (**Figura 21, Tabla 14**).

El nuevo vector M por edad de 2021 y el índice de boya representan mejoras en la información utilizada en la evaluación. El método y los datos utilizados para elaborar el índice de palangre conjunto de 2021 se vieron influidos por los retos de la pandemia de COVID-19 y no se determinó que supusiera una mejora con respecto al enfoque utilizado para elaborar el índice de palangre conjunto de 2018; sin embargo, el índice conjunto de 2021 tiene la ventaja de ampliar la serie temporal hasta 2019. El Grupo consideró la posibilidad de incluir modelos en la matriz de incertidumbre que sustituyeran el índice conjunto de palangre de 2021 por el índice conjunto de palangre de 2018 o de incluir ambos índices, pero el Grupo no pudo llegar a un consenso de que fuera una opción mejor que mantener la matriz de incertidumbre previamente acordada con el índice conjunto de palangre de 2021.

Evaluación de la matriz de incertidumbre

La matriz de incertidumbre incluía tres vectores de mortalidad natural derivados de tres supuestos diferentes de edad máxima, tres valores de inclinación y tres valores de sigmaR (**Tabla 9**), lo que dio lugar a 27 ensayos del modelo para la matriz de incertidumbre.

Las estimaciones de reclutamiento no pescado oscilaron entre 18 y 56 millones de reclutas de edad 0 en la matriz de incertidumbre de 27 modelos (**Tabla 13, Figura 22**). Las diferencias en los supuestos de mortalidad natural fueron las que más contribuyeron a esta amplia gama de estimaciones. Las diferencias en los valores de inclinación contribuyeron menos a las estimaciones del reclutamiento sin pesca. Los supuestos de Sigma R fueron los que menos influyeron en las estimaciones de R0.

Las estimaciones del F_{RMS} oscilaron entre 0,09 y 0,22 (explotación en la biomasa), siendo la F_{RMS} más alta la que se estimó bajo el supuesto de alta mortalidad natural (edad máxima =17) y los supuestos de alta inclinación $h=0,9$. Las estimaciones globales del estado del stock abarcan desde la sobrepesca y la experimentando sobrepesca hasta no sobrepesca ni experimentando sobrepesca (**Figura 23**), en función de los supuestos de mortalidad natural, inclinación y sigma R. En general, una mortalidad natural más elevada (edad máxima más baja) y unos supuestos de inclinación más elevada condujeron a una percepción más optimista del estado del stock.

Los análisis de diagnóstico de las 27 ensayos de la matriz de incertidumbre no revelaron grandes diferencias en el desempeño, por lo que no se eliminó ningún caso de la matriz de incertidumbre (**Tabla 15**).

Tendencia histórica en las referencias de ordenación

Los puntos de referencia de ordenación (es decir, el RMS, la SSB_{RMS} y la F_{RMS}) dependen de la selectividad general de las pesquerías. Se calculó la tendencia histórica de RMS, SSB_{RMS} y F_{RMS} (**Figura 24**), que fue evaluada por el Grupo. El Grupo observó que las capturas en RMS han disminuido con el tiempo, mientras que la biomasa del stock reproductor necesaria para mantener el RMS ha aumentado (**Figura 24**, panel izquierdo). Además, la mortalidad por pesca que produce el RMS también ha disminuido con el tiempo (**Figura 24**, panel derecho). Se han registrado tendencias históricas similares en evaluaciones anteriores de patudo y de rabil. El Grupo debatió que estos cambios se deben al aumento de las capturas de las flotas de superficie (incluidas las que utilizan DCP), que explotan peces más jóvenes que la flota de palangre. A medida que aumentan las capturas de patudo asociadas a la superficie (DCP y barcos de cebo) y la selectividad se desplaza hacia peces más pequeños y jóvenes, el RMS se reduce y el tamaño del stock necesario para producir el RMS aumenta. Estas tendencias no son inesperadas y deben ser consideradas cuidadosamente por los gestores a la hora de tomar decisiones sobre las asignaciones de TAC entre los distintos componentes de la flota (por ejemplo, palangre, cerco, cebo).

4.2 Modelos de producción excedente, JABBA y MBP

Modelo de producción excedente (MPB)

El modelo tuvo dificultades para converger, pero los diagnósticos de ajuste fueron relativamente buenos, excepto el perfil de verosimilitud (SCRS/2021/120 **Figura 4**). También se observó que el modelo tenía dificultades para encontrar los mínimos globales de los dos parámetros biológicos del modelo [tasa de crecimiento intrínseco (r) y capacidad de transporte (K)].

El modelo presentado como caso de referencia (modelo de Fox) del modelo dinámico de biomasa mpb estimó que el stock está sobrepescado y sometido a sobrepesca (**Figuras 25 y 26**). Los residuos de ajuste, el análisis retrospectivo y al simulación retrospectiva indican que el modelo se ajustaba bien a las capturas y al índice conjunto del palangre. Sin embargo, el perfil de verosimilitud sugiere que el modelo tiene dificultades para encontrar los mínimos globales de los parámetros estimados (SCRS/2021/120). Las medianas y los intervalos asociados (CI del 95 %) de la distribución posterior de los parámetros biológicos y los puntos de referencia obtenidos a partir del ajuste bootstrap (500 iteraciones) del caso de referencia MPB se muestran en la **Tabla 16**.

La mayoría de los ensayos de sensibilidad solicitados inicialmente (eliminar el índice de palangre conjunto temprano, añadir el índice de boyas o el índice de palangre brasileño) no produjeron cambios importantes en el resultado de la evaluación ni en los parámetros estimados ni en los niveles de referencia, excepto los ensayos de sensibilidad en los que se introdujeron cambios en la productividad del stock (**Figura 27 y Tabla 17**).

Durante la presente reunión se desarrollaron escenarios de sensibilidad adicionales, para analizar el impacto potencial de la omisión/inclusión de ciertos índices de abundancia relativa y de supuestos alternativos sobre la productividad del stock (véase la sección 3.2). El Grupo acordó producir ensayos del modelo con la ratio B_{RMS}/K como representante de los parámetros utilizados en la matriz de incertidumbre desarrollada para stock synthesis 3 (**Tabla 10**).

Todos los modelos deterministas de la matriz de incertidumbre mostraron tendencias similares de la biomasa relativa (**Figura 25**) y de la mortalidad por pesca relativa (**Figura 26**), y todos fueron más optimistas que el caso de referencia inicial (Fox). Todos los modelos muestran que la biomasa disminuyó moderadamente en los primeros años de la pesquería (1960-1985) y de forma más acusada entre 1990 y 2005. Sin embargo, sólo los modelos con una inclinación de 0,7 (3 de un total de 9) estimaron que el stock estaba sobrepescado a mediados de la década de 2000, tras un periodo en el que los niveles de mortalidad por pesca superaban el RMS (1994-2004, con diferencias entre los modelos). Todos los modelos muestran una tendencia a la recuperación desde entonces y todos estiman que el nivel actual del stock está, por término medio, por encima del RMS. Indican que el stock no está sobrepescado ni experimentando sobrepesca.

Cambios respecto a la evaluación de stock de 2018

El Grupo también solicitó ensayos adicionales del modelo de sensibilidad que ajusten las estimaciones de capturas más recientes y el índice de palangre conjunto (1950-2017) utilizado en la evaluación de stock de 2018. Las tendencias estimadas y los niveles de referencia de los modelos que utilizan el índice de palangre conjunto de 2018 sugieren un estado del stock y unas tendencias históricas diferentes en comparación con el estado y las tendencias estimadas con las combinaciones de parámetros de la matriz de incertidumbre de 2021 utilizadas en la evaluación de stock de 2021. Los ensayos de sensibilidad que utilizaron el índice conjunto del palangre de 2018 sugieren un estado diferente del stock, es decir, se estimaría que el stock está sobrepescado y sometido a sobrepesca en 2017.

Solo otra evaluación bayesiana de biomasa (JABBA)

El Grupo discutió la matriz de incertidumbre desarrollada en la reunión de preparación de datos y acordó que cubriría gran parte de la incertidumbre de la dinámica de la población de patudo y que el escenario S06 (ASEM $M = 20$ | $h = 0,8$) (**Tabla 11**) puede considerarse como caso de referencia de la matriz de incertidumbre de JABBA. Todos los escenarios parecían ajustar razonablemente bien a ambos índices de palangre conjuntos (es decir, temprano y tardío), con algunas grandes desviaciones para algunos años particulares (SCRS/2021/132). La bondad del ajuste para todos los escenarios era satisfactoria, con las estadísticas RMSE en torno al 12 %. Para algunos ensayos de JABBA (S01, S02, S04, S07 y S09), el índice de palangre conjunto temprano fallaba en el procedimiento del diagnóstico de prueba de los ensayos, mientras que solo cuatro ensayos (S03, S06, S08 y S10) no proporcionaban evidencias de rechazar la hipótesis de patrones residuales distribuidos aleatoriamente para ambas CPUE conjuntas (SCRS/2021/132).

Las medianas y los intervalos de credibilidad asociados (CI del 95 %) de las distribuciones a posteriori marginales para los principales parámetros y puntos de referencia para todos los escenarios de JABBA se muestran en la **Tabla 18**. Para comparar con la evaluación de 2018, los diagramas de las distribuciones a posteriori y las desviaciones del error de proceso se presentaron solo para los escenarios S01 y S06 (Figura 28). Las desviaciones del error de proceso anuales para todos los escenarios presentaban un patrón estocástico similar con una media constante en torno a cero (**Figura 29**), lo que sugiere que no hay evidencias de especificaciones erróneas en el modelo ni conflicto entre los datos. Las medianas de las distribuciones a posteriori marginales de K oscilaban entre 1,259,079 t (S04) y 1,510,055 t (S01). La mediana de las distribuciones a posteriori marginales para r era muy similar entre los diferentes escenarios, oscilando entre 0,129 y 0,166 (**Tabla 18**), mientras que el rango de las estimaciones de la mediana de RMS era estrecha en los diez escenarios (S01: 79.351 t; S06: 83.946 t). Los bajos valores de la ratio de las medianas de la distribución a posteriori y la distribución a priori (PPMR) y de las ratios de las varianzas de la distribución a posteriori y la distribución a priori (PPVR) observadas para el parámetro K y la similitud de las distribuciones a posteriori marginales para r entre los diferentes escenarios (**Tabla 18**) pueden indicar que las estimaciones de la mediana para estos parámetros tenían mucha información aportada por los datos (**Figura 28**).

Todos los modelos mostraron tendencias similares para las medianas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} a lo largo del tiempo, y los escenarios con edad máxima en 17 produjeron estimaciones del estado del stock ligeramente más pesimistas (**Figura 30**). La trayectoria de B/B_{RMS} descendió desde mediados de los sesenta hasta aproximadamente los 2000, seguida de una tendencia estable hasta 2019. La trayectoria de F/F_{RMS} aumentó gradualmente desde el inicio de la serie temporal hasta finales de los 90, seguida de una tendencia descendente hasta mediados de los 2000. Posteriormente, la mortalidad por pesca relativa permaneció con una tendencia relativamente estable ligeramente por debajo del nivel de F_{RMS} (**Figura 30**). A pesar de algunas ligeras diferencias, todos los escenarios de JABBA eran coherentes en términos del estado del stock (F/F_{RMS} y B/B_{RMS}), lo que indica que el stock de patudo del Atlántico no está sobrepescado ni experimentando sobrepesca, con B_{2019} por encima de B_{RMS} y F_{2019} por debajo de F_{RMS} (**Tabla 18**). El Grupo se mostró de acuerdo en que estos ensayos del modelo de evaluación JABBA presentaban ajustes razonables a los datos, sin pruebas de una patrón retrospectivo no deseable y una capacidad de predicción satisfactoria para pronosticar el futuro (**Figuras 31 y 32**).

El Grupo indicó que las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca relativas estimadas por JABBA para el caso de referencia de 2021 eran más optimistas que las tendencias equivalentes estimadas en la evaluación de 2018. Por tanto, el Grupo solicitó ensayos de sensibilidad adicionales para evaluar estas discrepancias:

- Modelo de 2018 con el índice de palangre conjunto de 2018 y las estimaciones de captura actual para 1950-2017.
- Modelo de 2018 con el índice de palangre conjunto de 2021 y las estimaciones de captura actual para 1950-2017.

Estos dos ensayos de sensibilidad presentaban tendencias similares para las medianas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} hasta mediados de los 90. Después de 2000, la biomasa relativa para el modelo con el índice de palangre conjunto de 2018 mostraba que el stock de patudo continuaba sobrepescado y experimentando sobrepesca hasta 2017. El modelo con el índice de palangre conjunto de 2021 daba lugar a un stock que no estaba experimentando sobrepesca y no había estado sobrepescado en tiempos recientes (**Figura 33**).

4.3 Síntesis de los resultados de la evaluación

El Grupo examinó los resultados de la evaluación de stock para cada uno de los modelos de evaluación de stock alternativos considerados (Stock Synthesis, JABBA y MPB), y los diferentes supuestos acerca de la dinámica de la población incluidos en la matriz de incertidumbre. La matriz de incertidumbre para Stock Synthesis incluía 27 modelos, mientras que la matriz para cada modelo de producción incluía nueve, ya que se decidió que no era adecuado incluir un eje de incertidumbre relacionado con SigmaR en los modelos de producción. Para muchos escenarios de la matriz de incertidumbre, los resultados de los dos modelos de producción eran, por lo general, similares. Las trayectorias de la mediana de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos Stock Synthesis describían patrones similares, pero la escala de las ratios de biomasa y mortalidad por pesca en los modelos de producción y Stock Synthesis difería dependiendo del escenario considerado (**Figuras 34 y 35**). Los 27 modelos Stock Synthesis creaban amplios límites de incertidumbre para estas trayectorias y las trayectorias de la biomasa de todos los modelos de producción estaban dentro de estos límites. Las series temporales de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} de los diferentes modelos de producción en la matriz de incertidumbre eran muy similares para las dos últimas décadas, pero diferían en el primer periodo. Estas trayectorias diferían en la primera parte de la serie temporal para Stock Synthesis dependiendo del valor asumido de la inclinación (**Figuras 36 y 37**). Las trayectorias de la biomasa y la mortalidad por pesca estimadas por el modelo Stock Synthesis y los modelos de producción eran diferentes cuando ambos tipos de modelos utilizaban el mismo supuesto acerca de la edad máxima. Las estimaciones de Stock Synthesis de F/F_{RMS} para la última década eran inferiores que las estimaciones del modelo de producción cuando se asumía que la edad máxima era 17 (correspondiente a una mayor mortalidad natural) y eran superiores cuando se asumía que la edad máxima era 25 (**Figuras 36 y 37**). Por consiguiente, la conclusión clave fue que, aunque cada uno de los ejes de incertidumbre contribuye algo a la incertidumbre global en las estimaciones del estado del stock, el supuesto de edad máxima, y sus estimaciones asociadas de mortalidad natural, es el que tiene mayor influencia en el estado estimado del stock.

El Grupo discutió posibles razones para las diferencias observadas entre las trayectorias de las medianas entre los tipos de modelo. Las posibles razones para las divergencias incluían efectos de la mortalidad por edad, efectos de cohorte cambiantes y cambios en la selectividad. Muchos de estos cambios no pueden ser explicados por los modelos de producción ya que estos modelos no capturan los cambios en la selectividad o el paso de cohortes fuertes que afecta a la biomasa vulnerable y a las estimaciones de mortalidad por pesca. Entre los posibles cambios históricos en la selectividad discutidos por el Grupo se encontraban los cambios en la estructura de la flota, lo que incluye el creciente uso de DCP que se inició en los 90 y de los palangres profundos a mediados de los 80. Se indicó que los diagramas de impacto de la pesquería son una posible forma de identificar cualquier efecto específico de la flota en los resultados del modelo Stock Synthesis, pero este análisis no estaba disponible en esta reunión. El Grupo recomendó que los diagramas de impacto de la pesca se preparen para la reunión de septiembre de 2021 del Grupo de especies. El Grupo discutió más en profundidad el supuesto acerca de la selectividad utilizado en los modelos JABBA para derivar la distribución a priori de r . El Grupo indicó que, de acuerdo con la evaluación de 2018, la estimación puntual para la selectividad del palangre en la edad 1 se utilizó para derivar las distribuciones a priori.

El Grupo discutió cuál de las opciones para calcular la mortalidad por pesca se estaba utilizando en la matriz de Stock Synthesis de este año. En la evaluación de stock de patudo de 2018, la mortalidad por pesca comunicada era la media de las edades 1-7. Se indicó que la opción de Stock Synthesis utilizada para calcular la mortalidad por pesca en la evaluación de este año era la misma que la utilizada en la evaluación de rabil de 2019, en la que la mortalidad por pesca se declara como una tasa de explotación anual en biomasa

(obtenida ponderando la mortalidad por pesca de cada grupo de edad por la biomasa de dicho grupo de edad). Esto produce una estimación de la mortalidad por pesca más comparable con la facilitada por los modelos de producción y es un indicador más adecuado de la presión pesquera para los stocks que han sufrido cambios en la selectividad total. También significa que los valores de la mortalidad por pesca declarados en la evaluación de 2018 no son estrictamente comparables a los valores declarados en la evaluación actual.

Además, el Grupo discutió cuán comparables eran los modelos de producción con la matriz de modelos Stock Synthesis que utilizaba una edad máxima (y la correspondiente mortalidad natural) y supuestos de inclinación diferentes. El Grupo indicó que, para cada uno de estos escenarios, las distribuciones a priori de los modelos de producción en la tasa de crecimiento intrínseca habían sido recalculadas para cada combinación de edad máxima e inclinación. Estas distribuciones a priori recalculadas, sin embargo, no eran tan diferentes entre escenarios. El supuesto de la edad máxima era el que más influencia tenía en los resultados de los modelos de producción porque este valor determinaba la forma de la función de producción en el modelo Pella Tomlinson.

Las diferencias entre los resultados de los modelos de producción excedente (JABBA y MPB) y los de Stock Synthesis no eran imprevistas. Los modelos Stock Synthesis son representaciones más complejas de la pesquería porque pueden tener en cuenta cambios en la estructura de tallas y edad y la selectividad total de la flota. Los modelos estructurados por edad tienen en cuenta explícitamente los cambios específicos de la flota en la contribución de flotas de diferente selectividad a la captura global. Dado el mucho mayor número de parámetros estimados por los modelos Stock Synthesis en comparación con los modelos de producción, se prevé que las estimaciones de Stock Synthesis tendrá intervalos de incertidumbre más amplios. Por tanto, el Grupo acordó seguir el mismo enfoque que se utilizó en la evaluación del stock de 2018, es decir, facilitar estimaciones del estado del stock y desarrollar recomendaciones de ordenación basadas en los resultados de la matriz de incertidumbre de Stock Synthesis (27 modelos). Se acordó también, como en 2018, dar a cada modelo de la matriz de incertidumbre igual ponderación.

Se plantearon inquietudes respecto a las decisiones de los datos utilizados en la evaluación y a la idoneidad de las elecciones realizadas para construir la matriz de incertidumbre. Entre estas inquietudes se encontraba el cambio en la metodología utilizada para desarrollar el índice de palangre conjunto para esta evaluación (una consecuencia de la pandemia de COVID-19, que impidió las reuniones presenciales y, por tanto, impidió los análisis de datos conjunto por conjunto y la inclusión de un factor significativo en la estandarización). Otra inquietud planteada fue la idoneidad de las elecciones en la edad máxima incluida en la matriz de incertidumbre, que aumentaban el rango de los valores de mortalidad natural que fueron considerados en mayor medida que en la evaluación de 2018. Los análisis de sensibilidad demostraron que parte de los cambios en el estado del stock en la actual evaluación están parcialmente influidos por la adopción del índice de palangre conjunto de 2021 y las nuevas elecciones de mortalidad natural. Dado que el Grupo fue incapaz de llegar a un acuerdo sobre una forma mejor de incluir dichas fuentes de incertidumbre adicionales en la evaluación, el Grupo acordó que el actual estado del stock es más incierto de lo que el Grupo ha podido cuantificar.

El Grupo realizó un diagrama de Kobe para los 27 ensayos deterministas de Stock Synthesis (**Figure 38**) para representar la incertidumbre en los diferentes modelos de Stock Synthesis de la matriz de incertidumbre. Para incorporar también la incertidumbre del modelo en el estado del stock, se facilitó un diagrama de Kobe basado en una aproximación multivariante lognormal (MVLN) de la densidad posterior en la matriz de incertidumbre de los 27 modelos Stock Synthesis representando los valores de 2019 de la mortalidad por pesca relativa y la biomasa relativa (**Figura 39**). Para cada modelo Stock Synthesis de la matriz, la MVLN se muestreó 10.000 veces. Además, se realizaron diagramas de Kobe para tres factores en la matriz de incertidumbre: edad máxima (**Figura 40**), inclinación (**Figura 41**), y sigma R (**Figura 42**). A partir de estas figuras, puede observarse que el supuesto de edad máxima tiene mayor influencia en el estado del stock que la inclinación o SigmaR. La **Tabla 19** muestra la mediana y los intervalos de credibilidad del 95 % de las estimaciones de la matriz de incertidumbre de Stock Synthesis (en los 27 ensayos y las 10.000 muestras para cada ensayo) de la biomasa reproductora del stock relativa a $SSB_{RMS}(SSB/SSB_{RMS})$ y la mortalidad por pesca con respecto a $F_{RMS}(F/F_{RMS})$ para todos los años, desde 1952 hasta 2019. Para el año 2019, se estima que la probabilidad de estar sobrepecado siendo objeto de sobrepesca es del 48,9 % y la probabilidad de encontrarse en la zona verde del diagrama de Kobe es del 41,1 %.

Como fue comunicado en 2018, los cambios en la proporción histórica de la captura realizada por los principales artes ha conducido a cambios históricos en la selectividad total de la flota del Atlántico para el patudo. Dichos cambios en la selectividad total eran particularmente fuertes en el periodo en que las flotas de cerco aumentaron su captura y empezaron a usar DCP. El aumento de la selectividad de los peces más jóvenes ha reducido el RMS y aumentado la biomasa del stock reproductor requerida para producirlo. El RMS medio en la última década es aproximadamente un 20 % menor que el RMS medio en los 80 y la SSB media requerida para respaldar dicho RMS es aproximadamente un 10 % mayor que la SSB media requerida para respaldar el RMS en los 80 (**Figura 24, panel izquierdo**). Por algunas razones F_{RMS} ha ido descendiendo también y, en la última década, F_{RMS} es aproximadamente un 20 % menor de lo que F_{RMS} era en los 80 (**Figura 24, panel derecho**). Los cambios en RMS correspondientes a una mayor selectividad de los peces pequeños en la pesquería tienen consecuencias importantes para escenarios futuros de MSE y de evaluación de stock, que los procedimientos de ordenación que pueden lograr un objetivo de que el stock esté en el cuadrante verde de la matriz de Kobe podrían no lograr necesariamente otro objetivo - maximizar las capturas.

5. Proyecciones

El Grupo recomendó que el asesoramiento en materia de ordenación final se desarrolle a partir de la distribución de las proyecciones para los 27 ensayos de Stock Synthesis de la matriz de incertidumbre. El Grupo acordó realizar estas proyecciones utilizando las siguientes especificaciones:

- Intervalo de la proyección: el Grupo acordó realizar las proyecciones para un intervalo de 15 años, 2020-2034, ya que este es el año final del plan de recuperación establecido en la Rec. 19-02.
- La captura de 2020 se fijó en 59.919 t tal y como estimó el Grupo (véase la sección 2.1) y la captura de 2021 se fijó en el TAC para 2021 de 61.500 t.
- Escenarios de captura: proyecciones de captura constante, incluidas 0 t. u desde 35.000-90.000 t, en intervalos de 2.500 t.
- Reclutamiento: basado en la relación stock-reclutamiento estimada sin desviaciones de reclutamiento.
- Selectividad y contribución relativa de las flotas a las capturas: Para las proyecciones se utilizó la media de la selectividad de los últimos tres años del modelo (2017-2019). La captura trimestral de la flota de Stock Synthesis (**Tabla 20**) se calculó utilizando la media de los últimos tres años (2017-2019) del CATDIS (sección 2.1) y se utilizó para las proyecciones.
- Las proyecciones se realizaron utilizando la multivariante lognormal de Monte Carlo (MVLN) descrita en Walter et al. 2019 con 10000 iteraciones.

En aras de la coherencia con el resumen ejecutivo de 2018 y K2SM, las proyecciones de la biomasa del stock reproductor y la mortalidad por pesca relativas a los elementos de referencia SSB_{RMS} y F_{RMS} fueron calculadas para cada uno de los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de Stock Synthesis. La media de los 27 ensayos se calculó entonces para cada año de la proyección (**Figuras 43 y 44**). Como resultado de los supuestos realizados de las capturas en 2020 y 2021 y de las desviaciones del reclutamiento positivo estimadas para el periodo 2015-2019, estas proyecciones deterministas muestran que, independientemente de la captura proyectada, la SSB/SSB_{RMS} aumenta y que la F/F_{RMS} desciende en el periodo 2020-2022. A partir de 2023, capturas de 70.000 t o más producirán descensos del stock reproductor y capturas inferiores a 70.000 t producirán aumentos del stock. El TAC actual de 61.500 t produce un aumento lento pero continuo del stock reproductor.

Durante la reunión, el Grupo solo examinó proyecciones Monte Carlo preliminares. Las limitaciones de tiempo no permitieron su evaluación exhaustiva y las incoherencias en el comportamiento de las estimaciones preliminares de la matriz de estrategia de Kobe 2 (K2SM) provocaron que el Grupo acordara que los resultados preliminares obtenidos durante la reunión debían ser revisados en el periodo intersesiones por el Grupo de modelación y por el Grupo antes de ser considerados finales. Una vez finalizados, la K2SM se presentará al Grupo para su consideración durante la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales de septiembre. El presidente comunicará al Grupo de especies de túnidos tropicales cuando el equipo analítico haya finalizado el trabajo en el periodo intersesiones.

Como ocurrió con las proyecciones de 2018, para algunos ensayos, el stock modelado no pudo mantener un cierto nivel de captura constante para todo el periodo de proyección. En este caso, Stock Synthesis arrojó

valores implausibles para F/F_{RMS} o SSB/SSB_{RMS} , que eran, en algunos casos, tasas de mortalidad por pesca extremadamente grandes, asociadas con niveles muy pequeños de biomasa. Para impedir este indeseable comportamiento de la proyección, se utilizó un techo de 9 en F/F_{RMS} y un suelo de 0,1 o 0,2 en SSB/SSB_{RMS} , con el fin de impedir de forma eficaz que el stock colapse completamente durante los ensayos de proyección, como se hizo durante la evaluación de 2018. El porcentaje de proyecciones del modelo que llegan a estos límites de 0,1 o 0,2 para SSB/SSB_{RMS} o de 9 para F/F_{RMS} se presentó en la evaluación de 2018 y en la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales de septiembre lo presentará el Grupo de modelación.

El Grupo indicó que, considerando que los límites de captura adoptados en la Rec. 19-02 entraron en vigor en 2020, la asignación de captura entre las flotas podría haber cambiado y, por tanto, el supuesto utilizado en las proyecciones para calcular las proporciones de la flota a partir de las capturas de 2017-2019 podría no ser la mejor opción para las proyecciones. No obstante, en esta reunión no estaba disponible la información de captura detallada de 2020 para producir proporciones de captura alternativas por flota y, por tanto, el Grupo acordó más revisiones de este tema en la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales, cuando se disponga de capturas por flota para 2020 más precisas.

6. Recomendaciones

6.1 Ordenación

Los resultados de la evaluación, basados en la mediana de toda la matriz de incertidumbre muestran que en 2019 el stock de patudo estaba sobrepescado (mediana de $SSB_{2019}/SSB_{RMS} = 0,94$ e IC del 80 % de 0,71 y 1,37) y no estaba experimentando sobrepesca (mediana de $F_{2019}/F_{RMS} = 1,00$ e IC de 80 % de 0,63 y 1,35). La media de RMS fue estimada en 86.833 t con IC del 80 % de 72.210 y 106.440 a partir de los ensayos deterministas de la matriz de incertidumbre.

Aunque las proyecciones revisadas por el Grupo se consideraron resultados preliminares, estos resultados indicaban que una captura constante futura de 61.500 t, que es el TAC establecido en la Rec. 19-02, tendrán una probabilidad elevada de mantener al stock en el cuadrante verde del diagrama de Kobe desde ahora hasta 2034. Esto dejaría al stock en un estado coherente con el Convenio y con los objetivos del plan de recuperación de la Rec. 19-02.

La Comisión debería ser consciente de que mayores capturas de peces pequeños podrían haber tenido consecuencias negativas para la productividad de las pesquerías de patudo (por ejemplo, menor rendimiento en RMS y que se requiera una mayor SSB para producir RMS) (**Figura 24**). Por tanto, si la Comisión quiere incrementar el rendimiento sostenible a largo plazo, el Comité sigue recomendando que se conciben medidas eficaces para reducir la mortalidad por pesca del patudo pequeño.

La matriz de estrategia de Kobe 2 preliminar incorpora ciertas fuentes cuantificables de incertidumbre mediante el uso de una matriz de incertidumbre. Las principales fuentes de incertidumbre incluidas en la K2SM eran tres valores de mortalidad natural (calculadas usando estimaciones alternativas de edad máxima), tres valores de inclinación y tres valores de SigmaR, así como una aproximación de la incertidumbre del modelo. Sin embargo, a través de ensayos de sensibilidad, el Grupo identificó otras fuentes de incertidumbre importantes que no estaban incluidas en el desarrollo de la K2SM (lo que incluye la idoneidad del rango de mortalidades naturales usado en la matriz de incertidumbre y el cambio en la metodología utilizado para desarrollar el índice de palangre conjunto, véase la sección 4.3).

Dada la incapacidad del Grupo de llegar a un acuerdo sobre la forma adecuada de incorporar estas incertidumbres adicionales en la evaluación, el Grupo convino en que el actual estado del stock es más incierto de lo que el Grupo ha podido cuantificar y recomienda que la K2SM se interpretarse con precaución. Hasta que el SCRS pueda solucionar adecuadamente dichas fuentes de incertidumbre no cuantificadas, la Comisión debería considerar adoptar un TAC precautorio, uno que haría cambiar el estado del stock de patudo hacia la zona verde del diagrama de Kobe con una elevada probabilidad.

6.2 Investigación y estadísticas

El Grupo mantuvo una discusión sobre todas las necesidades de investigación en relación con el apoyo de las evaluaciones de stock, preparando la evaluación del stock de listado de 2022, progresando en las

iniciativas relacionadas con la MSE para los túnidos tropicales y respondiendo a las solicitudes de la Comisión. Cada una de ellas se aborda en subsecciones individuales a continuación.

Evaluaciones de stock

Considerando la sensibilidad de los resultados de las evaluaciones de stock de patudo y rabil a los supuestos de mortalidad natural, el Grupo recomendó, para todos los túnidos tropicales:

- Que se realice más trabajo con los datos de marcado del AOTTP para reducir la incertidumbre de las estimaciones de supervivencia/mortalidad natural.
- Explorar el uso de los datos de marcado electrónico de colocaciones pasadas o futuras para la estimación de la mortalidad natural.
- Se realice más trabajo en la determinación de la edad para mejorar la precisión de las estimaciones de edad máxima.
- El Grupo de trabajo sobre métodos de evaluación de stock (WGSAM) examine la metodología de regresión utilizada para estimar la escala de M en edades mayores (Then *et al.* 2015).
- Revisar las directrices que pronto estarán disponibles tras el taller sobre mortalidad de CAPAM (<https://capamresearch.org/Natural-Mortality-Workshop>) que se considerarán para futuras evaluaciones de stock de los túnidos tropicales.

El Grupo acordó también la necesidad de mejorar más los índices de abundancia relativa y recomendó, en particular, más mejoras del índice de CPUE de palangre conjunto, el índice de CPUE del cerco y el índice de boyas acústicas del cerco. En el caso del índice de la CPUE de palangre, el Grupo recomendó que el índice se desarrolle utilizando datos de lance por lance, incluidas más flotas, y que se evite agregar la información en la medida de lo posible. El Grupo recomendó también que el WGSAM use el simulador de palangre (LLSIM) para analizar los efectos de la metodología utilizada al estandarizar el índice de la CPUE de palangre conjunto.

Dado que la pandemia de COVID-19 u otras situaciones pueden impedir que los científicos nacionales se reúnan en persona en talleres y reconociendo los problemas relacionados con el intercambio remoto de datos de un gran nivel de resolución, el Grupo recomendó que la Comisión proponga un marco de trabajo mejorado para garantizar que los índices de CPUE conjuntos futuros se elaboran con los datos lo más detallados posible, incluso en el caso de una colaboración en remoto.

Dado que los índices de CPUE tienen una gran influencia en los resultados de la evaluación, el Grupo recomendó que la metodología que se utiliza para estimar los índices se armonice entre las evaluaciones de stock y las especies de túnidos tropicales.

El Grupo recomendó aumentar el rango de tallas y número de muestras de partes duras para la determinación de la edad del rabil con el fin de mejorar las estimaciones de crecimiento de esta especie.

Por último, el Grupo sugirió que un pequeño grupo liderado por el coordinador de túnidos tropicales trabaje con la Secretaría para estimar los posibles costes de que las recuperaciones del AOTTP para los próximos años 2022 y 2023 sean incluidas en la solicitud de financiación de la investigación del año próximo.

Dado que no se habían nominado expertos antes del inicio de la reunión de evaluación del stock de patudo de 2021, el Grupo recomendó que la revisión externa recomendada inicialmente para la evaluación del stock de patudo de 2021 fuera retirada.

Preparación de la evaluación de listado de 2022

El Grupo indicó que está prevista para 2022 una evaluación de los stocks de listado occidental y oriental del Atlántico y que el Grupo tiene la intención de usar modelos Stock Synthesis por primera vez para ambos stocks. Cambiar las plataformas de modelación de modelos de producción a Stock Synthesis requiere un trabajo adicional y, por tanto, el Grupo recomendó que el proceso de evaluación de stock incluya tanto una reunión de preparación de datos como una reunión de evaluación de stock. El Grupo recomendó también que estas reuniones se celebren antes de lo habitual en el año y que 2020 se utilice como año terminal.

El Grupo recomendó que se contrate a un experto externo para revisar el proceso de evaluación de stock de 2022 del listado y que dicho experto participe en la reunión de preparación de datos y en la reunión de evaluación de stock.

Teniendo en cuenta la importancia de los índices de abundancia relativa en la evaluación del stock, el Grupo recomendó que para la reunión de preparación de datos de listado de 2022 se preparen varios índices de abundancia relativa.

- Un índice de CPUE del cerco, que debería proporcionar información adicional sobre los componentes del esfuerzo pesquero en FOB (incluido el número de plantados de DCP, boyas FOB operativas y lances de pesca en FOB), así como la relación entre estos componentes.
- Un índice de boyas acústicas del cerco.
- Índices de CPUE de cebo vivo para las pesquerías de cebo vivo orientales y occidentales. El Grupo indicó que algunos de los índices de CPUE del cebo vivo habían sido preparados en el pasado por la Secretaría e instó a los científicos nacionales a proporcionar índices de CPUE de cebo vivo para la evaluación del stock de listado de 2022.
- Un índice larvario para el golfo de México.

A pesar de observar que la contribución relativa de las pesquerías de palangre a las capturas de listado es por lo general baja, el Grupo insta a los científicos nacionales de CPC con capturas significativas de listado a que estimen índices de abundancia relativa a partir de los datos de CPUE.

El Grupo recomendó también que se exploren métodos alternativos de estandarización de la CPUE, en particular para los índices de CPUE del cerco y el cebo vivo.

Los factores de conversión talla-peso son un componente importante del desarrollo de datos de entrada de captura básicos de las evaluaciones de stock. El Grupo recomendó, por tanto, que los científicos nacionales, en colaboración con la Secretaría, revisen y actualicen los factores de conversión talla-peso antes de la reunión de preparación de datos de listado.

El Grupo señaló la importancia de contar con orientaciones sobre la estructura de la flota y recomendó que la Secretaría prepare una tabla de los desembarques de listado por flota. El Grupo recomendó también que las decisiones sobre la estructura de la flota para el modelo Stock Synthesis que se van a usar en la evaluación del stock sean coherentes con la estructura de la flota previamente utilizada para rabil y patudo.

El Grupo indicó que deberían realizarse diversas tareas con los datos del programa de marcado del AOTTP, lo que incluye:

- Investigar las diferencias en las tasas de crecimiento entre los stocks de listado y las zonas y actualizaciones de cualquier otra estimación de crecimiento realizada con los datos de recuperación de marcas del AOTTP.
- Evaluar las tasas de movimiento entre regiones utilizando los datos de recuperación de marcas del AOTTP.
- Actualizar la matriz de captura/recaptura de marcas.
- Evaluar la utilidad de analizar las espinas de listado recopiladas en el marco del AOTTP para proporcionar información adicional sobre la determinación de la edad del listado. El Grupo recomendó que esta última tarea sea realizada antes de finales de 2021 para que los datos puedan estar preparados antes de la reunión de preparación de datos de listado de 2022.

MSE de los túnidos tropicales

El Grupo indicó que, en marzo de 2021, en la reunión del Grupo técnico sobre la MSE para los túnidos tropicales, se había propuesto una lista de tareas para la MSE de especies mezcladas y la MSE del listado occidental. El Grupo fue informado por el relator del listado occidental de que el equipo no podrá reunirse para cumplir el objetivo de recondicionar el modelo operativo para la MSE para el listado occidental antes de finales de 2021. El Grupo recomendó, por tanto, que dicha tarea, originalmente planificada para 2021, se posponga a 2022. La **Tabla 22** proporciona detalles actualizados de las tareas planificadas para las MSE en 2021 y 2022 y el plan global de actividades para este programa hasta 2025. Esta lista de tareas se utilizó

para desarrollar la hoja de ruta actualizada que se presentará a la Comisión para su aprobación y que aparece en la sección 7.1.8 de este informe.

Ordenación y vedas a la pesca en objetos flotantes (FOB)

El Grupo señaló las discusiones en curso que se están manteniendo en la Comisión y en la Subcomisión 1 sobre la ordenación de las pesquerías en FOB. El Grupo recomendó:

- (i) Explorar la relación entre las medidas de ordenación de los FOB, incluidas las limitaciones de lances pesqueros en FOB, el número de boyas operativas de los FOB y el número de plantados de DCP/boyas de FOB.
- (ii) Evaluar la eficiencia (por ejemplo, la reducción de las capturas de juveniles de rabil y patudo) y la idoneidad de la actual veda de 3 meses a los FOB (es decir, duración de la veda, elección del periodo de veda, etc.).

Observando que el Grupo había experimentado problemas al intentar abordar las solicitudes de la Comisión, a menudo debido a la imprecisa terminología relacionada con las pesquerías de FOB, e indicando que el Grupo de trabajo sobre DCP se reunió por última vez en 2017, el Grupo recomendó que en 2022 se revitalice el Grupo de trabajo sobre DCP.

El Grupo recomendó que se explore más la relación entre los límites de captura y las vedas completas a las pesquerías.

Por último, el Grupo indicó que algunos de los formularios ST-07 enviados (Tarea 3, actividad de los buques de apoyo tropicales autorizados a operar en la zona del Convenio de ICCAT) son incompletos. De manera más específica, no se está incluyendo la información en «Asociación de buques pesqueros» (columnas H, I, J del formulario ST-07). El Grupo recomienda que las CPC cumplimenten totalmente todos los campos requeridos en el formulario ST-07. No hacerlo disminuye enormemente la capacidad del SCRS de realizar los análisis solicitados por la Comisión-

6.2.1 Con implicaciones financieras

La **Tabla 21** resume las recomendaciones del Grupo sobre investigación y estadísticas y destaca las recomendaciones que se consideran de alta prioridad y/o que tienen implicaciones financieras.

7. Otros asuntos

7.1 Respuestas a la Comisión

El Grupo indicó que muchas respuestas a las solicitudes de la Comisión no se facilitaron el año pasado a causa de los problemas planteados por el COVID-19. Con el fin de actualizar las respuestas, se acordó seguir un proceso de tres etapas: 1) evaluar si el año pasado se ha facilitado información suficiente, 2) analizar cualquier información nueva facilitada al SCRS sobre los diferentes puntos y 3) identificar las tareas realizar desde ahora hasta la reunión de septiembre del SCRS.

7.1.1 Descartes en las pesquerías de cerco, Rec. 17-01, párrafo 4

El Grupo no pudo facilitar una respuesta detallada este año. Debe resaltarse que un estudio anterior (Sarralde *et al.* 2007) realizado con observadores a bordo de cerqueros españoles a mediados de los 2000 estimaba que estos descartes eran pequeños (0,2 t por lance en banco libre y 1,1 t por lance en FOB). Las nuevas directrices y mejores prácticas adoptadas por las flotas, así como la prohibición de descarte (Rec. 17-01) que entró en vigor en 2018, sugieren que los descartes actuales son probablemente menos que los niveles indicados por el estudio de Sarralde *et al.* 2007.

7.1.2 Descartes en las pesquerías de cerco, Rec. 17-01, párrafo 5

Se recordó al Grupo que es una obligación en ICCAT que las CPC faciliten información sobre descartes para todas las flotas y especies. La tabla de Tarea 1 muestra que los primeros informes de descartes de patudo

son de 2011, pero a partir de 2015 se han producido envíos esporádicos de descartes de patudo y están limitados a muy pocas CPC. El Grupo necesita datos fiables para facilitar una respuesta a esta petición, pero los informes de descartes son muy inconstantes para ser actualmente de uso para desarrollar una respuesta. Es probable que los descartes de la flota de cerco sean pequeños debido a 1) que la mayoría de la captura fortuita (particularmente especies de pequeños túnidos y otros peces óseos) forma parte del llamado faux poisson y 2) las prohibiciones de descarte de la Rec. 17-01.

La Secretaría aclaró que la información sobre peces descartados debería facilitarse como parte de la estimación de la captura nominal de Tarea 1 (ST02) y que el formulario de observadores (ST09) es para enviar información sobre captura fortuita. El formulario ST02 permite actualmente la comunicación de los desembarques, descartes y descartes de ejemplares vivos, pero no ocurre lo mismo con el ST09. Además, la información del ST09 se facilita en números y representa solo una parte del total, lo que da una imagen incompleta de los descartes.

Se indicó que sería útil para el SCRS y la Comisión revisar los informes de descartes de las flotas de cerco que los han comunicado en el ST02 y, desde 2019, en el ST09. La información para 2020 solo estará disponible después de la fecha límite del 31 de julio. La Secretaría informó de que el documento SCI-08 proporciona regularmente este tipo de información tanto al SCRS como a la Comisión.

Se constató que la Rec. 17-01 no está dirigida exclusivamente a las flotas de cerco (párrafo 5), sino también a otros artes principales que se dirigen a los túnidos tropicales. La **Tabla 23** muestra las CPC y los artes más importantes que contribuyen a la captura de patudo y que comunican descartes en el ST02 o el ST09.

7.1.3 TAC para 2022 y años futuros, Rec. 19-02, párrafo 3

Las proyecciones utilizadas para producir la K2SM se facilitarán en septiembre. Para esta respuesta véase la sección de Perspectivas del resumen ejecutivo.

7.1.4 Pesca con DCP prohibida, Rec. 19-02, párrafo 28

El Grupo discutió la información disponible para evaluar la actual veda temporal a las pesquerías con DCP. El Grupo indicó que un análisis de las capturas mensuales históricas sería de uso limitado porque no reflejaría el comportamiento de las flotas en la actual veda a los DCP. Además, se observó también que la solicitud de la Comisión se refiere a la captura en 2020 y 2021, pero que dichos datos de captura no están disponibles todavía.

El Grupo recordó un estudio presentado en el simposio del AOTTP (Perez *et al.*, Past and current dFADs fishing moratoria in Eastern Atlantic ocean: what can AOTTP data tell about the current dFAD moratorium efficiency for the conservation of juvenile tunas and about alternate protected time-areas). Este estudio evaluaba la eficacia de dos moratorias (Rec. 15-01 y Rec. 98-01) usando los datos de marcado del AOTTP. Aunque el estudio concluyó que ambas moratorias son eficaces para limitar las recapturas de listado y rabil durante el periodo de noviembre-febrero, no se pudo extraer ninguna conclusión para el patudo debido a la falta de limitaciones al número de patudos liberados dentro y fuera de la veda temporal a los DCP.

El Grupo acordó preparar una tabla con la reciente evolución de las capturas mensuales de túnidos tropicales de cerco por modo de pesca y especie utilizando la información de Tarea 2 desde 2010 a 2019, indicando las diferentes vedas espacio-temporales a los DCP que ha habido. La tabla incluirá porcentajes entre los meses por especies y entre las especies por mes. Esta tarea se terminará para la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2021.

Se discutió el impacto de la moratoria en la eficiencia y las operaciones de la flota de cerco, particularmente se discutió sobre el significado de eficiencia en este contexto. Se sugirió redactar una recomendación de investigación sobre este tema debido al hecho de que no hubo una solicitud clara de la Comisión sobre este tema. Se sugirió también realizar un análisis del rendimiento por recluta y también analizar la información para identificar los meses que minimizan las capturas de rabil y patudo juveniles manteniendo las capturas de listado. Y todo esto en el contexto de los cambios de BRMS y RMS debido a cambios en la selectividad. Además de la tabla, el Grupo acordó obtener, a partir de los resultados más recientes de Stock Synthesis, la evolución de la mortalidad por pesca de patudo y rabil de un año para las flotas de flotas de superficie que

usan DCP (cerco y cebo vivo). Esto se preparará para la reunión de septiembre y podría ayudar en esta respuesta.

7.1.5 Número máximo de lances en DCP que debería establecerse por buque o por CPC, Rec. 19-02, párrafo 31

Un reciente documento SCRS (SCRS/2021/135) preparado para la Subcomisión 1 incluía tablas que podrían ser útiles para responder a esta solicitud. El documento contiene información sobre la captura, el esfuerzo en tiempo de pesca, el número de plantados de DCP, pérdidas de DCP, tipos de DCP y otras variables para las flotas de cerco. En la revisión del Grupo se actualizaron algunas figuras del documento para corregir algunos errores en la información sobre localización. Las figuras del documento que indican localizaciones de DCP perdidos indican la última posición que transmitió un determinado DCP. Dichas posiciones pueden representar DCP que están demasiado lejos para ser recuperados y, por tanto, perdidos para la flota cuando la baliza deja de transmitir. También pueden representar posiciones donde otro buque recupera el DCP y reusa el DCP, y en el proceso la baliza se desconecta.

El Grupo señaló que los datos solicitados a las flotas que plantan DCP en la Rec. 19-02 podrían no incluir necesariamente el envío de datos precisos que serían necesarios para evaluar las recomendaciones acerca de un número adecuado de lances en DCP. Por ejemplo, aunque el número de lances en DCP es una de muchas mediciones del esfuerzo que las CPC tienen la opción de elegir a la hora de comunicar la captura y el esfuerzo, la mayoría de las CPC eligen otras mediciones del esfuerzo en sus informes.

Para que el SCRS proporcione orientaciones sobre el número de DCP por flota sería necesario contar con información sobre el número presente y pasado de lances en DCP. Además, el esfuerzo pesquero sobre DCP es una compleja interacción de factores como el número de DCP plantados, los DCP objeto de seguimiento por el buque, la tecnología de la boya y el uso de buques de apoyo, entre otros.

Se acordó que no se dispone de información suficiente para proporcionar asesoramiento sobre el número de lances en DCP por buque, tal y como solicitó la Comisión. Asimismo, se aclaró que cualquier posible evaluación que el SCRS pudiera hacer sería respecto al número de DCP por flota y no respecto al número de DCP por CPC o buque. El Grupo concluyó que eran necesarias más orientaciones de la Comisión para poder facilitar una respuesta más precisa.

7.1.6 Impacto de los buques de apoyo en las capturas de juveniles de patudo y rabil, Rec. 19-02, párrafo 33

La Secretaría ha recibido poca información y a menudo incoherente para ayudar en la respuesta a esta solicitud. La **Tabla 24** muestra el número de CPC/pabellones que han enviado el formulario ST07 buques de apoyo por año y la **Tabla 25** el de CPC/pabellones que han indicado en el ST07 si han tenido o no actividad con buques de apoyo para las pesquerías de túnidos tropicales. Como se puede observar en estas tablas, la disponibilidad de datos es limitada. Para la mayoría de formularios ST07 enviados no hay información disponible para establecer el vínculo entre las capturas de los cerqueros y los buques de apoyo. El Grupo fue informado de que los científicos de la UE están realizando actualmente análisis en el contexto de la estandarización de la CPUE del cerco con DCP y de que incorporan un efecto buque de apoyo en el proceso de estandarización. Se prevé que este trabajo estará finalizado para la evaluación de listado de 2022 y que proporcionará información adicional a esta solicitud de la Comisión. El Grupo no puede proporcionar una respuesta final a esta solicitud de la Comisión.

7.1.7 Recomendación del SCRS sobre la presencia de un observador humano a bordo de conformidad con el Anexo 7 y/o un sistema de seguimiento electrónico, Rec. 19-02, párrafo 55

En la última reunión intersesiones del Grupo de especies de istiofóridos (marzo de 2021), se creó un subgrupo para empezar a abordar esta solicitud para las pesquerías de palangre o para otras pesquerías. Se definieron diversas tareas: 1) recopilación y análisis de la bibliografía (por ejemplo, informes y documentos) sobre los resultados de la comparación entre los observadores humanos y el EMS, 2) descripción de los conocimientos actuales y datos que puede recopilar el EMS, 3) posibles lagunas en los conocimientos y necesidades de ensayos experimentales adicionales y 4) revisión del borrador de directrices sobre seguimiento electrónico elaborado por el GT sobre IMM.

Este subgrupo está preparando un borrador e informará al Grupo de especies de istiofóridos durante la reunión de septiembre. El Grupo propuso incorporar este tema en las discusiones del Subcomité de

estadísticas de septiembre en el marco del punto «Otros asuntos» con el objetivo de ampliar el alcance del subgrupo sobre EMS a otros grupos de especies (por ejemplo, tropicales, pez espada, tiburones). Este trabajo continuará después de las sesiones plenarias del SCRS de 2021 y durante 2022 y el SCRS facilitará una respuesta a la Comisión sobre este tema en 2022.

7.1.8 Mejorar el proceso de MSE de acuerdo con la hoja de ruta del SCRS y continuar probando posibles procedimientos de ordenación, Rec. 19-02, párrafo 62

El coordinador del Grupo preparará para la próxima reunión del Grupo de especies de septiembre una hoja de ruta actualizada en el mismo formato que la elaborada por la Comisión utilizando la información incluida en la **Tabla 22**.

7.1.9 Eficacia que podrían tener las vedas completas de pesquerías en la línea de las respuestas en el documento PA1_505A/2019, Rec.19-02, párr. 66a

El Grupo esperaba una actualización de [workHerrera et al., 2020](#) por parte de los científicos que presentaron el documento al SCRS, pero la actualización no se ha recibido, por tanto el coordinador del Grupo contactará con los autores para saber si presentarán una actualización antes de la reunión del Grupo de especies de septiembre.

7.1.10 Estimación de la capacidad en la zona del Convenio, que incluya al menos todas las unidades pesqueras que sean de gran escala o que operen fuera de la ZEE de la CPC en la que estén registradas, Rec. 19-02, párrafo 66b

El Grupo acordó preparar tablas de la evolución del número de grandes cerqueros y palangreros a partir de la información facilitada en los formularios ST01. No estaba claro si algunas CPC facilitan esta información en términos de buques registrados/autorizados o activos. Por tanto, al menos para el componente de cerco, el Grupo convino en actualizar la tabla con el reciente número de evolución de grandes cerqueros por CPC que opera en el Atlántico, estimado como se hizo en Restrepo *et al.*, 2020.

7.1.11 Desarrollar términos de referencia para una evaluación de los mecanismos de seguimiento, control y vigilancia en vigor en las CPC de ICCAT, Rec. 19-02, párrafo 66c

La Secretaría preparará los términos de referencia antes de septiembre en colaboración con los científicos del SCRS.

8. Adopción del informe y clausura

Aunque algunas partes del informe se adoptaron durante la reunión, la mayoría de las secciones no pudieron adoptarse. Se solicitó a los participantes que aportaran sugerencias de cambios al informe del presidente antes del 31 de julio de 2021. El primer borrador completo del informe se puso a disposición de los participantes el 02 de agosto de 2021 y fue adoptado por correspondencia el 27 de agosto de 2021.

El presidente explicó el plan de trabajo propuesto en preparación para la reunión de un día del Grupo durante las reuniones de los Grupos de especies a finales de septiembre de 2021. El presidente y los relatores de tónidos tropicales prepararán borradores del resumen ejecutivo de patudo, las respuestas a la Comisión, el plan de trabajo de 2021 y las recomendaciones sobre investigación. Estos borradores se pondrán a disposición de los participantes de esta reunión en ownCloud y se circularán a los jefes científicos de cada CPC para su revisión y para realizar comentarios antes del 31 de agosto de 2021. Los comentarios deberían facilitarse al presidente antes del 10 de septiembre de 2021 para que el presidente pueda actualizar los documentos y presentarlos al SCRS en el ownCloud de la reunión de los Grupos de especies como segundo borrador antes del 15 de septiembre de 2021.

Los presidentes y la Secretaría dieron las gracias a todos los participantes por sus esfuerzos para trabajar de forma eficaz y eficiente durante toda la reunión. La reunión fue clausurada.

Referencias

- Anon 2019. Report of the 2018 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 1721-1855.
- Anon 2021. Report of the 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 46-143.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K.R. and Maunder, M.N., 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. Fisheries Research, 240, p.105959.
- Francis, R.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 68(6), pp.1124-1138.
- Gelman, A., Rubin, D.B., 1992. Inference from Iterative Simulation Using Multiple Sequences. Stat. Sci. 7, 457–472. <https://doi.org/10.2307/2246093>.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments., in: Berger, J.O., Bernardo, J.M., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting. Clarendon Press, Oxford, pp. 169–193.
- Hallier, J-P, B. Stequert, O. Maury, F-X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Heidelberger, P., Welch, P.D., 1992. Simulation run length control in the presence of an initial transient. Oper. Res. 31, 1109–1144. <https://doi.org/10.1287/opre.31.6.1109>.
- Herrera M., Sharma R., Calay S., Coelho R., Die D., Melvin G., Ortiz M., Restrepo V. and Neves dos Santos M. 2020. Progress report of the group evaluating the Decision Support Tool presented in Sharma & Herrera (2019) and proposal for further review and discussion by the SCRS. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 18-25.
- Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C.S., Valero, J.L., Anderson, S.C., Cunningham, C.J., Johnson, K.F., Licandeo, R., McGilliard, C.R., Monnahan, C.C., Muradian, M.L., Ono, K., Vert-Pre, K.A., Whitten, A.R., Punt, A.E., 2014. Looking in the rear-view mirror: Bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models, in: ICES Journal of Marine Science. pp. 99–110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- Hyndman and Koehler, 2006. Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting 22(4), 679-688.
- Kell, L. T., Kimoto, A. and Kitakado, T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research, 183:119–127.
- Kitakado T., K. Satoh, Si Lee, NJ Su, T Matsumoto, H Yokoi, K Okamoto, Kyung Lee M, Lim JH, Kwon Y, Wang SP, Tsai WP, Chang ST, and Chang FC. 2021. Update of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Chinese Taipei for producing joint abundance indices for the Atlantic bigeye tunas using longline fisheries data up to 2019. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 169-196.
- Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. Journal of fish biology, 49(4), pp.627-642.
- Methot, R.D. and Taylor, R.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68:1744-1760.
- Methot, R.D. and Wetzel C.R. 2013 Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management, Fisheries Research 142: 86-99.

- Plummer, M., 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling, 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003); Vienna, Austria.
- Plummer, M., Nicky Best, Cowles, K., Vines, K., 2006. CODA: Convergence Diagnosis and Output Analysis for MCMC. R News 6, 7–11.
- Restrepo V., Murua H., and Justel-Rubio A. 2020. Estimating the capacity of large-scale purse seiners fishing for tropical tunas in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 26-31.
- Sarralde *et al.*, 2007. Estimación de los descartes y de las capturas de especies accesorias en la pesquería española de cerco de túnidos tropicales en el Océano Atlántico, entre 2001 y 2006. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(6): 2130-2139.
- Schirripa, M. 2016. An assessment of atlantic bigeye tuna for 2015. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2): 428-471 (2016).
- Su and Yajima, 2012. R2jags-a package for running jags from R. <https://cran.r-project.org/web/packages/R2jags/index.html>.
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2019. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2283-2300.
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018a. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. Fish. Res. 204, 275–288. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.01>.
- Winker, H., Kerwath, S., Merino, G. Ortiz, M. 2018b. Bayesian state-space surplus production model JABBA assessment of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) stock. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2129-2168.
- Winker, H., Mourato, B., Chang, Y. 2019. Unifying parametrizations between age-structured and surplus production models: an application to Atlantic white marlin (*Kajika albida*) with simulation testing. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(4): 219-234.

TABLAS

Table 1. Capturas comunicadas de Tarea 1 (t) de patudo (*Thunnus obesus*) por área, arte y pabellón. (vr 2021-07-22).

Tabla 2. Estimaciones de las capturas de patudo de 2020 por CPC. Las columnas 2017-2020 muestran las capturas de la Tarea 1 comunicadas por las CPC. La captura media 2017/2019 representa el promedio de las capturas notificadas para el periodo 2017-2019. La captura BET de la Comisión muestra los límites de captura sugeridos en la Rec 19-02. La captura estimada 2020 proporciona la captura estimada derivada de las capturas notificadas y las estimaciones de las capturas no notificadas realizadas por el Grupo, (véase el texto de la Sección 2.1 para más detalles).

Tabla 3. Resumen de la información de las marcas convencionales de patudo por año de liberación a partir del 16 de julio de 2021. «Releases» representan el número de peces marcados liberados, «Recaptures», el número correspondiente de peces marcados recuperados y comunicados tras un determinado número de años en libertad. Las barras en las columnas de liberaciones y recapturas representan el histograma de números. «Unk» representa el número de peces recuperados para los que se desconoce el año de recuperación. «Recapture» representa el porcentaje de peces liberados en un año determinado que fueron recuperados. Los colores en las columnas de los años representan el número relativo de peces recuperados, el verde oscuro representa menos recuperaciones y el rojo oscuro más recuperaciones.

Tabla 4. Resumen de la base de datos de experimentos de detección y comunicación de marcas del AOTTP al 14 de julio de 2021. La primera tabla contiene detalles sobre el país y la institución que lleva a cabo el experimento y el número de peces utilizados para los experimentos de detección y comunicación de marcas (peces con una marca introducida en la captura sin el conocimiento de la tripulación) por año y equipo. La segunda tabla representa el número de peces utilizados para los experimentos de detección y comunicación de marcas por especie y tipo de flota. La tercera tabla contiene el número de peces utilizados en el experimento de detección y comunicación de marcas notificados. **Tabla 5.** Definición de la estructura de la flota para stock synthesis. PS = cerco, BB: cebo vivo, LL: palangre, RR: caña y carrete, HL: liña de mano, 5KCS: splines cúbicos de 5 nudos, normal doble; ASY: Normal doble; ASY Logística asintótica

Tabla 6. Parámetros de patudo del modelo de crecimiento de Richards

Tabla 7 Supuestos de mortalidad natural por edad utilizados en la matriz de incertidumbre de stock synthesis.

Tabla 8. Tabla de referencia y especificaciones del ensayo de sensibilidad.

Tabla 9. Supuestos alternativos de la matriz de incertidumbre. Max_age representan vectores de mortalidad natural obtenidos bajo diferentes supuestos de edad máxima (Ver **Tabla 7**). Los valores en negrita corresponden al caso de referencia.

Tabla 10. Parámetros de forma y sus ratios B_{RMS}/K asociadas para la matriz de incertidumbre considerada para los modelos mpb.

Tabla 11. Resumen de los escenarios de la matriz de incertidumbre para los ensayos de JABBA para el patudo del Atlántico.

Tabla 12. Estimaciones de los parámetros de selectividad, reclutamiento y capturabilidad, valores de partida y distribuciones de previas para el caso de referencia de stock synthesis (Edad_máxima =20, Inclinación 0,8, SigmaR=0,4).

Tabla 13. Función objetivo del modelo, estimaciones de R_0 y F_{RMS} a través de la matriz de incertidumbre de stock synthesis. El caso de referencia se ha resaltado en negrita.

Tabla 14. Resumen del análisis retrospectivo, el análisis de simulación retrospectiva, el gradiente final y los RMSE (error cuadrático medio) del índice y la composición por tallas para los ensayos de sensibilidad que exploran los efectos de los cambios entre la evaluación de 2018 y 2021. El periodo retrospectivo y de simulación retrospectiva (2018-2014) es el mismo para la matriz de incertidumbre, excepto para el índice de palangre. El índice de palangre está disponible antes de 2017 en la evaluación de stock de patudo de 2018. Al aplicar el análisis de la simulación retrospectiva al índice para el mismo periodo (2018-2014), solo se obtendrán resultados de tres años (2014-2016). Por lo tanto, se aplica un análisis simulación retrospectiva de siete años (2018-2012) para el índice LL para obtener resultados de cinco años (2016-

2012). Para su referencia, también se presentan los resultados (MASE) del palangre para el periodo de tres años (2014-2016).

Tabla 15. Resumen del análisis retrospectivo, el análisis de simulación retrospectiva, el gradiente final y los RMSE (error cuadrático medio) del índice y la composición por tallas para 27 ensayos de la matriz de incertidumbre.

Tabla 16. Parámetros biológicos y puntos de referencia basados en RMS, estado del stock y parámetros estimados del modelo para el caso de producción excedente MPB-Referencia (Fox), y la cuadrícula de incertidumbre calculada con bootstraps.

Tabla 17. Parámetros estimados del modelo y niveles de referencia para determinados ensayos de sensibilidad deterministas de MPB.

Tabla 18. Resumen, incluidos los niveles de referencia basados en el RMS, de los cuantiles posteriores que denotan la mediana y los intervalos de confianza del 95 % de las estimaciones de los parámetros para los escenarios de la JABBA (S01-S10).

Tabla 19. Estimaciones de la matriz de incertidumbre de stock synthesis (en los 27 ensayos) de la biomasa del stock reproductor en relación con la SSB_{RMS} y la mortalidad por pesca en relación con la F_{RMS} entre 1952 y 2019 para el patudo del Atlántico. La mediana y los intervalos de confianza del 80 % proporcionados se basan en 10.000 iteraciones de la aproximación MVNL.

Table 20. Captura asumida en 2020 y 2021 por trimestre y por flota.

Table 21. resumen de recomendaciones sobre investigación y estadísticas. Las recomendaciones que se consideran de alta prioridad / tienen implicaciones financieras están resaltadas en gris y en negrita.

Tabla 22. Detalle del desarrollo y de las actividades propuestas para las iniciativas de MSE para los túnidos tropicales. La hoja de ruta actualizada de la Comisión para las MSE se presenta en la sección 7.1.8 de este informe.

Tabla 23. Combinaciones de CPC y artes que declaran las capturas de patudo en la zona del convenio de ICCAT. Sólo se muestran los responsables de más de 1.000 t por década. Están ordenados de mayor a menor según el total de capturas en la década de 2010. Las barras azules indican los niveles de captura de patudo. En amarillo se destacan las combinaciones de CPC-año que han proporcionado informes de descarte.

Tabla 24. Número de CPC/Pabellones que han proporcionado formularios de buques de apoyo ST07 por año a la Secretaría de ICCAT.

Tabla 25. Número de CPC/Pabellones que han comunicado el ST07 y han indicado si tenían (YES) o no tenían (NO) actividad de buques de apoyo a la pesca del túnidos tropicales (valores rojos cero).

FIGURAS

Figura 1. Proporción de patudo en el total de capturas de especies tropicales (YFT, SKJ, BET) por año y trimestre 5x5. Se excluyó el trimestre 1 de enero-marzo debido a los efectos de los cierres espacio-temporales.

Figura 2. Esfuerzo pesquero total, días en el mar 5x5 y año de las flotas pesqueras tropicales de Ghana. Las cuadrículas mostradas representan una estimación del esfuerzo pesquero no nulo.

Figura 3. Comparación de la estratificación de la zona geográfica utilizada para la estructura de la flota de stock synthesis (izquierda) y para la estimación del índice de palangre combinado para la evaluación de stock de BET de 2021 (derecha) (Kitakado et al., 2021).

Figura 4. Desembarques (toneladas) de cada una de las flotas definidas en los modelos stock synthesis. (La **Tabla 5** contiene los detalles de las definiciones de las flotas).

Figura 5. Índices de abundancia utilizados en los modelos de stock synthesis. Índice trimestral de boyas acústicas (panel superior) para 2010 a 2019 e índice anual conjunto del palangre para 1959 a 2019 (panel inferior).

Figura 6. Gráficos de burbuja de frecuencia de tallas anuales para las flotas consideradas en los modelos synthesis (La **Tabla 5** contiene los detalles de las definiciones de las flotas).

Figura 7. Estimaciones de la edad máxima utilizadas en la evaluación de stock de patudo y rabil por diversas OROP. Los círculos rojos representan las estimaciones de patudo utilizadas en la IOTC, la IATTC y la WCPFC. Los símbolos azules corresponden a las estimaciones utilizadas en las evaluaciones de stock de ICCAT. Las cruces azules representan las estimaciones utilizadas por ICCAT en la evaluación anterior a la más reciente de cada stock. Los círculos representan las estimaciones de edad máxima utilizadas en las evaluaciones de ICCAT de rabil (2019) y de patudo (2021). La evaluación de ICCAT de 2021 sobre el patudo utilizó tres valores de edad máxima en la matriz de incertidumbre.

Figura 8. Supuestos de mortalidad natural por edad utilizados en los ensayos del modelo de stock synthesis. Las líneas rojas representan los supuestos utilizados en la evaluación del BET de 2018. Las líneas azules representan los supuestos realizados en la evaluación actual.

Figura 9. Función objetivo final para el caso de referencia de stock synthesis través de los valores de los parámetros iniciales sometidos a ligeras variaciones.

Figura 10. Ajustes del caso de referencia de stock synthesis (paneles de la izquierda) y valores residuales (paneles de la derecha) al índice de boyas acústicas (paneles superiores) y al índice conjunto del palangre (paneles inferiores). Las líneas azules continuas representan las predicciones y las barras representan las observaciones con sus CV.

Figura 11. Prueba de diagnóstico de los ajustes residuales de los índices de abundancia (panel superior del índice de boyas acústicas, panel inferior del índice conjunto del palangre) para el caso de referencia de stock synthesis. Los círculos rojos representan los valores atípicos y el recuadro rojo representa el fracaso global de la prueba de ensayos.

Figura 12. Ajustes a las composiciones de tallas agregadas para el caso de referencia de stock synthesis. Los puntos negros representan los datos de talla observados agregados para todos los años. Las líneas verdes representan las predicciones del modelo.

Figura 13. Valores residuales de los datos de composición por talla del patudo de las principales flotas de captura para el caso de referencia de stock synthesis. El diámetro del círculo representa el valor del residuo; los círculos blancos representan los valores residuales negativos y los oscuros los positivos.

Figura 14. Desviaciones de reclutamiento estimadas para el periodo 1974-2018 para el caso de referencia de stock synthesis.

Figura 15. Las correcciones de sesgo para el reclutamiento se desvían en el caso de referencia de stock synthesis.

Figura 16. Perfil de verosimilitud del reclutamiento virgen (escala logarítmica) del caso de referencia de stock synthesis.

Figura 17. Estimaciones de la biomasa reproductora del caso de referencia de stock synthesis.

Figura 18. Comparación de las estimaciones de biomasa del stock reproductor entre el ensayo de continuidad del modelo de 2021 (negro) y ensayo del caso de referencia de la evaluación de 2018 (azul).

Figura 19. Sensibilidad de las tendencias de SSB (t) del caso de referencia de stock synthesis a la eliminación de determinados índices de abundancia relativa o a la reducción del CV de los índices de abundancia relativa.

Figura 20. Tendencias de SSB/SSB_{RMS} y F/F_{RMS} a partir de ensayos de sensibilidad graduales de stock synthesis contruidos para evaluar la influencia de los cambios realizados desde la evaluación de stock de 2018. Las líneas representan los casos de referencia de 2018 (2018_ref) y 2021 (2021_ref), el caso de referencia de 2018 sustituyendo el índice de palangre conjunto de 2018 por el índice de palangre conjunto de 2021 (2018_ref_new_CPUE) y este último caso con la sustitución de la mortalidad natural de 2018 por la de 2021 (2018_ref_new_CPUE_new_M).

Figura 21. Comparación de los valores residuales del caso de referencia de stock synthesis de 2021 (paneles de la izquierda) y los valores residuales del ensayo de sensibilidad en el que se ha sustituido el índice de palangre conjunto de 2021 por el índice de palangre conjunto de 2018 (paneles de la derecha).

Figura 22. Estimaciones del reclutamiento en la biomasa del stock reproductor sin pescar y F_{RMS} para los 27 modelos de stock synthesis de la matriz de incertidumbre. El número de referencia del modelo en el eje de las abscisas corresponde a la configuración del modelo que figura en la **Tabla 13**.

Figura 23. Series temporales de las tendencias del estado del stock en los 27 modelos de stock synthesis de la matriz de incertidumbre. Los paneles de cada columna representan los diferentes supuestos de edad máxima y, por tanto, de mortalidad natural. Los paneles superiores representan las tendencias SSB/SSB_{RMS} y los paneles inferiores las tendencias F/F_{RMS} . Las líneas individuales representan diferentes combinaciones de inclinación y σ_R .

Figura 24. Dinámica SSB/SSB_{RMS} y capturas en RMS (panel de la izquierda) y F/F_{RMS} (panel de la derecha) por año de nivel de referencia, demostrando los efectos de los cambios en la selectividad del patudo utilizando el caso de referencia SS 2021.

Figura 25. Trayectorias de B/B_{RMS} de los ensayos deterministas de MPB para el caso de referencia y nueve ensayos de la matriz de incertidumbre.

Figura 26. Trayectorias de F/F_{RMS} de los ensayos deterministas de MPB para el caso de referencia y nueve ensayos de la matriz de incertidumbre.

Figura 27. Estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca a partir de ensayos de sensibilidad deterministas de MPB seleccionados.

Figura 28. Distribuciones JABBA previas y a posteriori de varios parámetros para los escenarios JABBA S01 (paneles superiores) y S06 (paneles inferiores) ajustados para el patudo del Atlántico. PPRM: Ratio de la distribución a posteriori y distribución previa de las medianas; PPRV: Ratio de la distribución a posteriori de las varianzas.

Figura 29. Las desviaciones del error del proceso JABBA (mediana: línea continua) con el área gris sombreada indicando los intervalos de credibilidad del 95 % para los escenarios JABBA S01 (panel izquierdo) y S06 (panel derecho).

Figura 30. Tendencias de la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles de la izquierda), la biomasa relativa al RMS (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa al RMS (F/F_{RMS}) (paneles del medio) y la curva de producción de excedentes (paneles de la derecha) para los escenarios de la matriz de incertidumbre del modelo bayesiano de producción de excedentes estado-espacio JABBA.

Figura 31. Análisis retrospectivo de JABBA realizado para los escenarios S01 (paneles superiores) y S06 (paneles inferiores) para el patudo del Atlántico, eliminando un año cada a vez de forma secuencial ($n=8$) y prediciendo las tendencias de la biomasa, la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto al B_{RMS} (B/B_{RMS}), la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles centrales), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 32. Resultados de validación cruzada de la simulación retrospectiva de JABBA (HC_{xval}) para los escenarios S01 (panel superior) y S06 (panel inferior) para el patudo del Atlántico, que muestran las previsiones de los valores de CPUE con un año de antelación (2011-2019), realizadas con ocho ensayos del modelo de simulación retrospectiva con respecto a la CPUE prevista. Las observaciones de CPUE usadas para la validación cruzada están resaltadas como círculos sólidos con código de colores con el intervalo de confianza asociado del 95 % sombreado en gris claro. El año de referencia del modelo se refiere a los puntos finales de cada previsión un año más allá y la observación correspondiente (es decir, año de extracción + 1).

Figura 33. Comparaciones de los escenarios de sensibilidad del JABBA utilizando el índice conjunto de 2021 o el índice conjunto de 2018. Tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 34. Comparación de las estimaciones de SSB/SSB_{RMS} (stock synthesis) o B/B_{RMS} (modelos de producción - MPB y JABBA) entre 1950 y 2019 para todos los ensayos para el patudo del Atlántico. Los gráficos de caja representan la distribución anual de las estimaciones de biomasa relativa de los modelos deterministas en la matriz de incertidumbre, las líneas representan la mediana de la distribución para cada tipo de modelo (stock synthesis, MPB, JABBA).

Figura 35. Comparación de las estimaciones de F/F_{RMS} entre 1950 y 2019 para todos los ensayos para el patudo del Atlántico. Los gráficos de caja representan la distribución anual de las estimaciones de

mortalidad por pesca relativa de los modelos deterministas en la matriz de incertidumbre, las líneas representan la mediana de la distribución para cada tipo de modelo (stock synthesis, MPB, JABBA).

Figura 36. Comparaciones de la mediana y de los intervalos de confianza o credibilidad al 95 % de las trayectorias B/B_{RMS} (modelos de producción) o SSB/SSB_{RMS} (stock synthesis) entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos de stock synthesis según los escenarios de edad máxima ($M=17, 20$ y 25) y la inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$). Para los modelos de stock synthesis, cada panel incluye tres supuestos diferentes de σR ($\sigma R=0,2, 0,4$ y $0,6$). Los intervalos de confianza se calcularon sobre la base de 5.000 iteraciones MVNL para stock synthesis y 500 iteraciones bootstrap para MPB, y los intervalos de confianza para JABBA se basaron en 30.000 iteraciones MCMC.

Figura 37. Comparaciones de la mediana y de los intervalos de confianza o credibilidad al 95 % de las trayectorias F/F_{RMS} (entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos de stock synthesis según los escenarios de edad máxima ($M=17, 20$ y 25) y la inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$). Para los modelos de stock synthesis, cada panel incluye tres supuestos diferentes de σR ($\sigma R=0,2, 0,4$ y $0,6$). Los intervalos de confianza se calcularon sobre la base de 5.000 iteraciones MVNL para stock synthesis y 500 iteraciones bootstrap para MPB, y los intervalos de confianza para JABBA se basaron en 30000 iteraciones MCMC.

Figura 38. Diagrama de fase de Kobe para los ensayos deterministas de los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis para el patudo del Atlántico. Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año. Los símbolos representan las estimaciones de la mortalidad por pesca relativa y de la biomasa relativa del stock reproductor para 2019. Las líneas representan la evolución histórica de las estimaciones deterministas.

Figura 39. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis para el patudo del Atlántico. Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. El punto azul muestra la mediana de 270.000 iteraciones para SSB_{2019}/SSB_{RMS} y F_{2019}/F_{RMS} para todo el conjunto de ensayos en la matriz. La línea negra con símbolos negros representa la evolución histórica de la mediana de todos los ensayos. Los puntos grises representan las estimaciones de 2019 de la mortalidad por pesca relativa y de la biomasa relativa del stock reproductor para 2019 para cada una de las 270.000 iteraciones. El gráfico superior representa la distribución de frecuencia suavizada de las estimaciones de SSB/SSB_{RMS} para 2019. El gráfico a la derecha representa la distribución de frecuencia suavizada de las estimaciones de F/F_{RMS} para 2019. El gráfico de tarta insertado representa el porcentaje de cada estimación de 2019 que se inscribe en cada cuadrante del diagrama de Kobe.

Figura 40. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre stock synthesis según tres supuestos diferentes de edad máxima (M) para el patudo del Atlántico (M : rosa=17; verde=20, azul=25). Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 41. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis según tres supuestos diferentes de inclinación (h) para el patudo del Atlántico (h : rosa=0,7; verde=0,8, azul=0,9) Para cada ensayo, los niveles de referencia se calculan a partir de la selectividad específica del año y las asignaciones de la flota, y se basan en 10.000 iteraciones de MVNL. Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 42. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis según tres supuestos diferentes de σR para el patudo del Atlántico (σR : rosa=0,2; verde=0,4, azul=0,6). Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 43. Proyecciones deterministas de SSB/SSB_{RMS} para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis con TAC constantes de 35-90 mil toneladas para el patudo del Atlántico. Las líneas son la media de 27 ensayos y la línea negra es para el TAC actual (61500t). La barra gris representa el periodo en el que las capturas para 2020 y 2021 se fijan en 59.919 t y 61.500 t, respectivamente.

Figura 44. Proyecciones deterministas de F/F_{RMS} para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis con TAC constantes de 35-90 mil toneladas para el patudo del Atlántico. Las líneas son la media

de 27 ensayos y la línea negra es para el TAC actual (61500t). La barra gris representa el periodo en el que las capturas para 2020 y 2021 se fijan en 59.919 t y 61.500 t, respectivamente.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día comentado

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos y presentaciones SCRS.

Apéndice 4. Resúmenes de documentos y presentaciones SCRS tal y como fueron presentadas por los autores.

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO - EN LÍNEA, 2021

Table 1. Task 1 reported catches (t) of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) by area, gear, and flag. (vr 2021-07-22).

		1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	
TOTAL	A+M	808	1,651	2,018	2,951	2,932	4,808	2,779	8,720	4,290	7,732	9,113	17,060	23,132	26,039	23,631	39,394	25,386	25,252	23,511	41,880	55,029	46,972	56,662	63,703	60,627	44,668	54,735	52,831	45,830	63,937	67,773	73,557	59,835	70,978	
1-Landings		Bait boat	808	1,651	2,018	2,951	2,932	4,808	2,769	8,266	3,837	6,254	6,127	5,805	7,112	10,927	5,698	9,822	11,434	3,792	10,296	11,617	9,296	13,620	17,922	14,632	10,380	13,469	14,708	9,725	12,350	10,124	6,950	9,853	11,480	
		Longline	-	-	-	-	-	-	10	454	453	1,478	2,986	11,255	16,020	15,112	17,928	29,572	20,046	13,726	19,683	28,526	39,904	33,293	38,453	39,935	41,347	27,847	29,531	28,796	27,560	41,787	41,658	51,851	33,757	43,303
		Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	90	146	256	115	244	103	247
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2-Landings (FP)		Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3-Discards		Longline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1-Landings	CP	Angola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Barbados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Belize	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Brazil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Cape Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		China PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Curacao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Côte d'Ivoire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-España	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-France	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-Ireland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-Italy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-Poland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU-Portugal	808	1,651	2,018	2,951	2,932	4,808	2,769	8,266	3,837	6,254	6,127	5,805	6,588	8,021	4,684	8,670	4,133	8,051	1,597	5,133	2,892	3,962	5,855	10,945	6,813	2,929	4,522	5,350	3,483	3,706	3,086	1,861	4,075	4,354
		El Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		FR-Si Pierre et Miquelon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gabon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Ghana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Great Britain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Grenada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Guatemala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Guinea Equatorial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Guinée Rep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Honduras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Iceland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Japan	-	-	-	-	-	10	454	453	1,478	2,904	11,044	15,746	14,505	17,366	28,663	17,578	9,012	11,345	9,504	21,299	19,665	22,014	22,946	17,548	8,170	10,144	9,963	12,150	20,922	22,091	33,513	15,212	24,870	
		Korea Rep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Liberia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Libya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Moroc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mauritania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Mexico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Namibia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Nigeria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Norway	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Panama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Philippines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Russian Federation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		S Tomé e Príncipe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Senegal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sierra Leone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		South Africa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		St Vincent and Grenadines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Trinidad and Tobago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UK-Bermuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UK-Sia Helena	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		UK-Turks and Caicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		USA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		USSR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Uruguay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Venezuela	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NCC		Chinese Taipei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																				

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO - EN LÍNEA, 2021

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
TOTAL	78,610	65,493	57,241	66,175	78,722	85,254	97,211	100,156	113,790	134,832	128,647	120,157	110,255	107,954	121,425	103,434	91,436	75,482	67,596	86,041	67,954	59,192	60,896	63,172	70,427	76,074	76,148	71,317	66,976	75,307	79,796	79,388	76,437	72,971	75,641	
1-landings																																				
Balt boat	17,518	15,661	13,444	9,747	12,073	18,283	17,748	16,238	16,472	20,358	25,097	18,152	21,381	19,100	22,203	12,150	14,388	8,465	11,377	20,244	13,122	10,831	10,579	6,335	11,565	7,853	12,849	10,510	9,214	8,726	8,014	6,787	8,436	7,977	7,344	
Longline	52,595	39,942	35,570	47,766	58,420	56,537	61,655	62,484	62,891	78,908	74,872	74,930	68,112	71,857	77,227	72,011	56,123	47,351	55,356	49,400	37,961	34,182	46,231	41,063	43,533	42,516	37,899	34,930	32,245	36,769	40,378	36,344	35,186	32,062	34,226	
Other surf	415	550	626	967	469	605	283	551	353	134	428	672	451	766	221	447	628	716	527	431	192	241	476	957	961	2,764	4,950	5,958	6,895	7,146	4,571	5,873				
Purse seine	7,435	9,121	7,269	7,793	6,380	9,413	15,535	19,216	21,515	22,667	25,360	26,582	19,177	15,480	20,139	17,460	20,103	19,562	19,689	19,091	15,139	13,110	11,962	14,810	20,071	24,235	23,767	24,080	22,122	24,251	24,418	26,638	27,284	27,108		
2-landings(FP)																																				
Purse seine	46	48	613	600	644	747	1,941	1,636	2,230	2,032	1,567	540	993	989	1,184	1,363	257	214	867	1,019	1,026	542	692	772	1,081	994	1,277	823	632	609	989	1,187	972	1,049	1,069	
3-Discards																																				
Longline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Angola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Barbados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Belize	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Canada	419	873	756	946	512	591	350	790	1,256	601	1,935	1,707	1,237	776	2,024	2,768	2,659	2,582	2,455	1,496	1,081	1,479	1,593	958	1,189	1,175	1,841	2,120	1,623	6,456	7,750	7,258	5,096	6,349		
Cape Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
China PR	112	86	60	117	100	52	151	305	319	385	271	299	228	140	9	2	1	1	1	1,077	1,406	1,247	444	545	554	1,037	713	1,333	2,271	2,764	1,680	1,107	1,418	880		
Curaçao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Côte d'Ivoire	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
EU-España	10,340	10,884	9,702	8,475	8,263	10,355	14,705	14,656	16,782	22,096	17,849	15,393	12,513	7,110	13,739	11,250	10,133	10,572	11,120	8,365	7,618	7,454	6,675	7,494	11,966	11,272	13,100	10,914	10,082	10,736	10,058	11,469	11,544	8,400	9,117	
EU-France	4,226	4,122	3,435	4,024	3,261	5,023	5,590	6,877	12,648	12,262	8,262	5,135	5,955	5,583	5,413	5,873	5,533	4,437	4,048	2,989	2,854	2,984	1,525	1,130	2,313	3,355	3,507	3,756	3,222	3,837	2,801	4,772	4,039	4,055	5,118	
EU-Ireland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EU-Italy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
EU-Poland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
EU-Portugal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
El Salvador	6,457	7,428	5,036	2,818	5,295	6,233	5,718	5,796	5,616	3,099	9,662	5,810	5,437	6,334	3,314	1,498	1,605	2,590	1,655	3,204	4,146	5,071	5,505	3,422	5,605	3,682	6,920	6,128	5,345	3,869	3,135	2,187	3,146	4,405	3,146	
FR-St Pierre et Miquelon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Gabon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ghana	1,887	1,720	1,178	1,214	2,158	5,031	4,090	2,866	3,577	4,738	5,517	4,751	10,174	10,647	11,704	15,02	9,632	9,864	6,480	9,061	17,888	8,860	2,307	2,559	3,372	4,515	6,253	3,541	4,468	2,963	4,175	5,918	5,194	3,838	3,636	2,917
Great Britain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Grenada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Guatemala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Guinea Ecuatorial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Guinea Rep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Honduras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Iceland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Japan	32,103	23,081	18,961	32,064	39,540	35,231	30,356	34,722	35,053	38,503	35,477	33,171	26,490	24,330	21,833	24,605	18,087	15,306	19,572	18,509	14,026	15,735	17,993	16,684	16,395	15,205	12,306	15,390	13,397	13,603	12,390	10,365	10,994	9,854	9,477	
Korea Rep	10,704	6,084	4,438	4,919	7,896	2,690	802	866	377	386	423	1,250	796	163	124	43	1	87	143	629	770	2,067	2,136	2,599	2,134	2,646	2,762	1,908	1,151	1,039	675	562	432	623	540	
Libya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Maroc	30	-	8	2	8	68	206	81	774	977	553	654	255	336	1,444	1,160	1,181	1,154	1,399	1,145	786	929	700	802	795	276	300	300	300	308	300	309	350	410	500	850
Mauritania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mexico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Namibia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Nigeria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Norway	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Panama	4,461	5,173	5,701	3,865	3,242	6,150	7,446	9,991	10,138	13,234	9,927	4,777	2,098	1,252	580	952	562	211	-	1,521	2,310	2,415	2,922	2,263	2,405	3,047	3,462	1,694	2,774	2,315	1,289	2,337	1,664	2,067	3,052	
Philippines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Russian Federation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
S Tome e Principe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Senegal	61	132	377	102	2	10	5	8	123	357	190	272	789	1,372	915	1,159	497	322	490	770	1,318	1,293	734	1,144	969	479	436	606	369	1,031	1,500	2,978	2,870	2,772		
Sierra Leone																																				

Table 2. Estimates of BET 2020 catches by CPC. Columns 2017-2020 show the Task 1 catch reported by CPCs. Avg Catch 2017/2019 represents the average of reported catches for the 2017-2019 period. Commission BET Catch shows the Catch limits suggested in Rec. 19-02. Estimate 2020 Catch provides the estimated catch derived from reported catches and estimates of unreported catches made by the Group (see section 2.1 text for further details).

Catch t							
CPC flag	2017	2018	2019	2020	Avg catch 2017/19	Commission BET Catch	Estimate 2020 Catch
Angola	3		253		128	3	3
Barbados	16	29	14		20	23	20
Belize	1,961	2,135	2,307		2,134	1,603	1,603
Brazil	7,258	5,096	6,249	6,284		6,043	6,284
Canada	214	237	193	102		1,575	102
Cape Verde	1,107	1,418	880		1,135	1,782	1,135
China PR	5,514	4,823	5,718		5,352	4,462	4,462
Chinese Taipei	11,845	11,630	11,288	9,226		11,201	9,226
Côte d'Ivoire	1,239	384	2,334		1,319	559	559
Curaçao	2,844	3,530	2,787	1,519		1,519	1,519
Dominica	0				0		0
El Salvador	1,826	2,634	2,464	1,518		1,553	1,518
EU-España	11,544	8,400	9,117	6,050		8,056	6,050
EU-France	4,077	4,057	5,128	2,036		4,429	2,036
EU-Ireland	0				0		0
EU-Italy		7			7		7
EU-Portugal	3,146	4,405	3,146	3,055		3,058	3,055
FR-St Pierre et Miquelon							
Ghana	3,838	3,636	2,917	2,933		3,716	2,933
Great Britain	0				0		0
Grenada	33	27	26		29		29
Guatemala	1,602	1,488	1,623	906		1,827	906
Guinea Ecuatorial	11	7	8	6			6
Guinée Rep						11	11
Guyana	34	53	2		29	29	29
Japan	10,994	9,881	9,492	9,302		13,080	9,302
Korea Rep	432	623	540	587		1,000	587
Liberia	98	1	3		34	32	32
Maroc	410	500	850	1,033		5,150	1,033
Mauritania							
Mexico	3	3	3	3		2	3
Mixed flags (EU tropical)	972	1,049	1,069		1,030		1,030
Namibia	141	109	79		110	301	110
Nigeria							
Panama	1,664	2,067	3,052		2,261	1,707	1,707
Philippines							
S Tomé e Príncipe	393	2	6		134	389	134
Saint Kitts and Nevis	1				1		1
Senegal	2,978	2,870	2,272	2,700		1,323	2,700
South Africa	257	282	432		324	226	226
St Vincent and Grenadines	889	428	504		607	509	509
Sta Lucia	24	13	13		17		17
Trinidad and Tobago	25	17	13	10		49	10
UK-Bermuda			0		0		0
UK-Sta Helena	70	45	4		40		40
UK-Turks and Caicos							
Uruguay							
USA	836	921	832	816		1,575	816
Vanuatu							
Venezuela	318	165	28		170	194	170
Totals	78,617	72,971	75,646	48,086			59,919

Table 3. Summary of the bigeye tuna conventional tag information by year of release as of 16 July 2021. Releases represent the number of tagged fish released and Recaptures, the corresponding number of tagged fish recovered and reported after given years at liberty. Bars in the releases and recaptures columns represent histogram of numbers. Unk represents number of recaptured fish for which the year of recapture is unknown. % recapture represents the percent of fish released in any given year that were recaptured. Colors in the year columns represent the relative number of recaptured fish, dark green representing fewer recaptures and dark red greater recaptures.

Number of tag Bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)			Years at liberty							
Year	Releases	Recaptures	< 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5-6	Unk	% recapt*
1960	2	0								
1962	9	0								
1963	45	0								
1964	34	0								
1965	4	0								
1966	21	0								
1967	3	0								
1969	2	0								
1971	4	4	2	2						100.0%
1972	17	17	14						3	100.0%
1973	126	125	124	1						99.2%
1974	17	16	11	1					4	94.1%
1975	16	16	14	1					1	100.0%
1977	9	9	9							100.0%
1978	108	107	101	5		1				99.1%
1979	11	0								
1980	939	92	72	10					10	9.8%
1981	690	208	189	8	1				10	30.1%
1982	7	0								
1983	5	3	3							60.0%
1984	23	5	3	1					1	21.7%
1985	5	0								
1986	96	90	87						3	93.8%
1987	23	0								
1988	10	0								
1989	28	2	1	1						7.1%
1990	69	0								
1991	215	1		1						0.5%
1992	255	1	1							0.4%
1993	220	3		2	1					1.4%
1994	257	32	27	4					1	12.5%
1995	157	12	10	1				1		7.6%
1996	119	21	18	3						17.6%
1997	609	243	233	8	2					39.9%
1998	45	7	6	1						15.6%
1999	3659	1464	1381	58	9	1			15	40.0%
2000	1414	192	174	14	2	1			1	13.6%
2001	356	14	9	4					1	3.9%
2002	1212	138	129	6	1				2	11.4%
2003	272	46	43	3						16.9%
2004	4	0								
2005	24	1							1	4.2%
2006	11	0								
2007	3	0								
2008	1	1				1				100.0%
2009	8	0								
2011	8	2	1				1			25.0%
2013	18	0								
2014	1	1	1							100.0%
2016	9146	2558	2350	129	26	8	1		44	28.0%
2017	6403	1683	1557	74	9	1			42	26.3%
2018	5642	527	417	84	3				23	9.3%
2019	2004	304	286	8					10	15.2%
2019	1047	73	63	10						7.0%
Grand Total	35433	8018	7336	440	54	13	2	1	172	22.6%

Table 4. Summary of the AOTTP tag seeding experiments database as of July 14, 2021. First table has details on the country and institution conducting the experiment and the number of seeded fish (fish with a tag introduced in the catch without the knowledge of the crew) per year and team. Second table represents the number of seeded fish per species and fleet type. Third table contains the number of seeded fish reported.

Seeding releases			Year							
country	Institution	Team	unk	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Senegal (SEN)	ISRA (Dakar)	T02	11	4	96	30	75	35	10	261
Côte D'Ivoire (CIV)	CRO (Abidjan)	T03			76	158	38	45	3	320
España (EU.ESP)	IEO (Canarias)	T04					8	15		23
Cape Verde (CPV)	INDP (S.Vicente)	T05				5				5
South Africa (ZAF)	CapMarine (Cape)	T06			5	14				19
Ghana (GHA)	MFRD (Tema)	T07			146	28	157	50		381
Brasil (BRA)	FADURPE (Recife)	T09				68				68
Total			11	4	323	303	278	145	13	1077

Seeding releases						
Gear	BET	LTA	SKJ	UNK	YFT	Total
BB	44	7	178	40	179	448
PS	106	1	280	2	226	615
UNCL	3		6		5	14
Grand Total	153	8	464	42	410	1077

Reported tags from seeding releases						
Gear	BET	LTA	SKJ	UNK	YFT	Total
BB	41	5	146	35	116	343
PS	79	1	227	2	157	466
UNCL	3		6		5	14
Grand Total	123	6	379	37	278	823

Table 5. Definition of fleet structure for Stock synthesis. PS = Purse seines, BB: Baitboat, LL: longline, RR: Rod and Reel, HL: Handline; 5KCS: 5-Knot Cubic Spline, DN: Double Normal; ASY: Asymptotic logistic.

<i>N</i>	<i>Name</i>	<i>Area</i>	<i>Year</i>	<i>SelectivityFlags</i>	<i>Remarks</i>
1	PS early	2, 1	Before 1985	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>
2	PS transition	2, 1	1986-1990	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>
3	PS Free School	2, 1	After 1991	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>
4	PS FAD	2, 3	All	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>
5	BB+PS Ghana	2	All	5KCS	<i>Ghana</i>
6	BB-South Dakar	2(S10N)	All	5KCS	<i>All except Ghana</i> Size by South Africa is removed
7	BB-North Dakar early	2(N10N)	Before 1980	DN	<i>All except Ghana</i>
8	BB-North Dakar late	2(N10N)	After 1981	DN	<i>All except Ghana</i>
9	BB_North_Azores	1,3	All	DN	<i>All except Ghana</i>
10	LL North Japan	1	All	DN	<i>Japan</i>
11	LL Tropical Japan	2	All	DN	<i>Japan</i>
12	LL South Japan	3	All	DN	<i>Japan</i>
13	LL North Other	1	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i> Now excluding Chinese Taipei LL (#16-18), and the catches from other gears have also been separated to a new fleet (#22) and two new fleets (#19 and 20). See note for #13
14	LL Tropical Other	2	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i> See note for #13
15	LL South other	3	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i> See note for #13
16	LL North China Taipei	1	All	DN	<i>China Taipei</i> New fleet prior was part of #13
17	LL Tropical China Taipei	2	All	ASY	<i>China Taipei</i> New fleet prior was part of #14
18	LL South China Taipei	3	All	ASY	<i>China Taipei</i> New fleet prior was part of #15
19	RR West Atlantic	1	All	DN	<i>USA/Canada/UK-Sta Helena</i> New fleet prior was part of #13, use only size by USA RR, catch is "oth" in CATDIS
20	HL Brazil	2	All	Mirrored to fleet 8	<i>Brazil</i> New fleet prior was part of #14. catch is "oth" in CATDIS
21	PS West Atlantic	1	All	5KCS	<i>USA/Venezuela</i> New fleet prior was part of #13
22	Other	1,2,3	All	5KCS	<i>All others</i> New fleet prior was part of #13-15

Table 6. Parameters of the bigeye tuna Richards growth model.

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
<i>L_{at_Age min}</i>	<i>57.6</i>	<i>Richards</i>	<i>0.00034</i>
<i>L_{at_Age max}</i>	<i>178.6</i>	<i>CV_{young fish}</i>	<i>0.1</i>
<i>K</i>	<i>0.42</i>	<i>CV_{old fish}</i>	<i>0.067</i>

Table 7. Natural mortality at age assumptions used in the Stock Synthesis uncertainty grid.

Natural Mortality-at-Age			
Age	Max_Age = 17	Max_Age = 20	Max_Age = 25
0	0.978	0.820	0.668
1	0.613	0.514	0.419
2	0.481	0.403	0.329
3	0.414	0.347	0.283
4	0.375	0.314	0.256
5	0.350	0.293	0.239
6	0.333	0.279	0.228
7	0.322	0.270	0.220
8	0.313	0.263	0.214
9	0.307	0.258	0.210
10	0.303	0.254	0.207

Table 8. Table of reference and sensitivity run specifications.

Model	Name	Description
14	Reference	Max_age =20, Steepness 0.8, SigmaR=0.4
S1	sensitivity 1	Continuity run (no buoy index, M vector from 2018)
S2	sensitivity 2	Reference without early Combined LL index
S3	sensitivity 3	Reference without buoy index

Table 9. Uncertainty grid alternative assumptions. Max_age represent vectors of natural mortality obtained under different assumptions of maximum age (See **Table 7**). Bolded values correspond to the reference case.

Parameter	Value1	Value2	Value3
Max_Age	17	20	25
steepness	0.7	0.8	0.9
sigma R	0.2	0.4	0.6

Table 10. Shape parameters and their associated B_{MSY}/K ratios for the uncertainty grid considered for mpb models.

Scenario	shape (p)	B_{MSY}/K
M17_h7	-0.2560	0.315
M17_h8	-0.3806	0.284
M17_h9	-0.4960	0.251
M20_h7	-0.2150	0.324
M20_h8	-0.3350	0.296
M20_h9	-0.4450	0.266
M25_h7	-0.1879	0.33
M25_h8	-0.3081	0.303
M25_h9	-0.4180	0.274

Table 11. Summary of the uncertainty grid scenarios for JABBA runs for the Atlantic bigeye tuna.

Scenario	Parametrization	Model	r	B_{MSY}/K
S01	Continuity Model 2021	Fox	Range - $c(0.05, 0.5)$	0.37
S02	Maximum Age 17 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.230, 0.349)$	0.33
S03	Maximum Age 17 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.251, 0.389)$	0.33
S04	Maximum Age 17 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.272, 0.413)$	0.34
S05	Maximum Age 20 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.186, 0.288)$	0.32
S06	Maximum Age 20 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.198, 0.331)$	0.31
S07	Maximum Age 20 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.211, 0.369)$	0.30
S08	Maximum Age 25 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.149, 0.239)$	0.31
S09	Maximum Age 25 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.155, 0.260)$	0.29
S10	Maximum Age 25 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.161, 0.293)$	0.27

Table 12. Parameter estimates for selectivity, recruitment, and catchability, starting values, and priors for Stock Synthesis reference case (Max_age =20, Steepness 0.8, SigmaR=0.4).

	Value	Phase	Min	Max	Init	Parm	StDev	Gradient	Pr_type	Prior	Pr_SD
RecrDist_month_4	0.46	2	-1	1	0.46		0.053	-1.14E-06	No_prior	NA	NA
RecrDist_month_7	-0.06	2	-1	1	-0.06		0.054	-9.19E-07	No_prior	NA	NA
RecrDist_month_10	-0.79	2	-2	0	-0.79		0.074	-1.38E-06	No_prior	NA	NA
SR_LN(R0)	10.31	1	9.5	11	10.31		0.018	-8.43E-07	No_prior	NA	NA
LnQ_base_11_Japan_LL_TRO(11)	-12.30	1	-13	-12	-12.30		0.048	-1.20E-06	No_prior	NA	NA
LnQ_base_11_Japan_LL_TRO(11)_ENV_mult	-0.07	1	-2	2	-0.07		0.005	1.83E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_1_PS_6485(1)	0.36	5	1E-04	0.8	0.36		0.090	-3.35E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_1_PS_6485(1)	-0.08	5	-0.18	0	-0.08		0.024	1.22E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_1_PS_6485(1)	-3.37	6	-5	-2	-3.37		0.353	-4.35E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_1_PS_6485(1)	-0.93	6	-2	0	-0.93		0.152	-4.32E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_1_PS_6485(1)	-1.26	6	-2	-0.5	-1.26		0.146	-4.08E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_2_PS_8690(2)	0.49	5	0.3	0.7	0.49		0.046	9.24E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_2_PS_8690(2)	-0.03	5	-0.07	0	-0.03		0.007	1.19E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_2_PS_8690(2)	-3.79	6	-4.4	-3.2	-3.79		0.127	-1.31E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_2_PS_8690(2)	-1.18	6	-1.4	-0.9	-1.18		0.051	-1.11E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_2_PS_8690(2)	-0.89	6	-1.1	-0.7	-0.89		0.036	-1.28E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_3_PS_FSC_9119(3)	0.42	5	0.2	0.6	0.42		0.040	1.64E-05	Normal	0.42	0.042
SizeSpline_GradHi_3_PS_FSC_9119(3)	-0.08	5	-0.2	0	-0.08		0.029	-1.58E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_3_PS_FSC_9119(3)	-6.09	6	-7.5	-4.8	-6.09		0.376	-5.15E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_3_PS_FSC_9119(3)	-3.42	6	-4.2	-2.5	-3.42		0.179	-7.29E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_3_PS_FSC_9119(3)	-3.90	6	-5	-3	-3.91		0.199	-7.42E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_4_PS_FAD_9119(4)	0.61	5	0.2	1	0.61		0.074	-2.58E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_4_PS_FAD_9119(4)	-0.08	5	-0.2	0	-0.08		0.018	3.66E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_4_PS_FAD_9119(4)	-5.49	6	-6.5	-4.5	-5.49		0.158	-6.44E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_4_PS_FAD_9119(4)	-3.17	6	-3.6	-2.8	-3.17		0.062	3.36E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_4_PS_FAD_9119(4)	-2.32	6	-2.5	-2.1	-2.32		0.037	-2.32E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_5_BBPS_Ghana(5)	0.42	5	0.1	0.7	0.42		0.065	1.71E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_5_BBPS_Ghana(5)	0.02	5	-0.2	0.2	0.02		0.038	-1.31E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_5_BBPS_Ghana(5)	-6.56	6	-8	-5	-6.56		0.291	-2.56E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_5_BBPS_Ghana(5)	-3.68	6	-4.1	-3.2	-3.68		0.111	2.92E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_5_BBPS_Ghana(5)	-2.56	6	-2.8	-2.3	-2.56		0.057	9.67E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_6_BB_South_Dakar(6)	0.42	5	0.1	0.7	0.42		0.041	4.07E-05	Normal	0.42	0.042
SizeSpline_GradHi_6_BB_South_Dakar(6)	-0.12	5	-0.35	0.1	-0.12		0.048	2.92E-07	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_6_BB_South_Dakar(6)	-6.17	6	-8.5	-4	-6.17		0.605	1.14E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_6_BB_South_Dakar(6)	-3.09	6	-4.1	-2	-3.09		0.291	9.47E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_6_BB_South_Dakar(6)	-3.43	6	-4.5	-2	-3.43		0.308	-7.75E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_7_BB_North_Dakar_6280(7)	53.86	4	40	68	53.86		4.170	-5.53E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_7_BB_North_Dakar_6280(7)	-12.73	4	-19	-5	-12.73		1.300	1.27E-07	Normal	-12.7	1.3
Size_DblN_ascend_se_7_BB_North_Dakar_6280(7)	3.67	5	0	7	3.67		1.050	-3.07E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_7_BB_North_Dakar_6280(7)	8.20	5	5	12	8.20		0.217	-3.81E-07	Normal	8.2	0.82
Size_DblN_peak_8_BB_North_Dakar_8119(8)	48.56	4	42	55	48.56		1.258	-9.79E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_8_BB_North_Dakar_8119(8)	-1.22	4	-2	0	-1.22		0.103	1.62E-06	Normal	-1.22	0.12
Size_DblN_ascend_se_8_BB_North_Dakar_8119(8)	4.30	5	3.5	5.1	4.30		0.230	-8.89E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_8_BB_North_Dakar_8119(8)	7.30	6	6.5	8	7.30		0.156	-4.97E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_9_BB_North_Azores(9)	93.15	4	80	105	93.16		2.107	6.21E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_9_BB_North_Azores(9)	-9.48	4	-16	-6	-9.48		0.949	2.86E-07	Normal	-9.48	0.95
Size_DblN_ascend_se_9_BB_North_Azores(9)	6.43	5	6	7	6.43		0.126	2.00E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_9_BB_North_Azores(9)	8.00	6	7.5	8.5	8.00		0.117	1.82E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_10_Japan_LL_N(10)	116.63	4	110	125	116.64		1.548	1.45E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_10_Japan_LL_N(10)	-8.56	4	-15	-5	-8.56		0.860	2.26E-06	Normal	-8.56	0.86
Size_DblN_ascend_se_10_Japan_LL_N(10)	6.38	5	5.9	6.8	6.38		0.099	2.26E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_10_Japan_LL_N(10)	6.80	6	6.3	7.3	6.80		0.107	1.08E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_11_Japan_LL_TRO(11)	130.51	4	125	138	130.51		1.343	4.31E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_11_Japan_LL_TRO(11)	-9.23	4	-15	-6	-9.23		0.919	5.68E-06	Normal	-9.23	0.92
Size_DblN_ascend_se_11_Japan_LL_TRO(11)	6.77	4	6.5	7	6.77		0.067	9.43E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_11_Japan_LL_TRO(11)	7.33	5	6.9	7.7	7.33		0.104	3.08E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_12_Japan_LL_S(12)	126.83	4	115	140	126.83		2.100	4.96E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_12_Japan_LL_S(12)	-9.23	4	-15	-6	-9.23		0.919	5.52E-07	Normal	-9.23	0.92
Size_DblN_ascend_se_12_Japan_LL_S(12)	6.95	5	6.5	7.3	6.95		0.096	-1.53E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_12_Japan_LL_S(12)	7.21	6	6.4	8	7.21		0.150	-4.64E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_13_Other_LL_N(13)	111.65	4	105	120	111.65		1.237	-8.83E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_13_Other_LL_N(13)	-9.60	4	-15	-6	-9.60		0.959	1.06E-07	Normal	-9.6	0.96
Size_DblN_ascend_se_13_Other_LL_N(13)	6.28	5	5.8	6.8	6.28		0.083	-2.08E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_13_Other_LL_N(13)	6.89	6	6.4	7.3	6.89		0.091	-2.57E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_14_Other_LL_TRO(14)	130.94	4	125	136	130.95		0.830	5.29E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_14_Other_LL_TRO(14)	-9.91	4	-15	-6	-9.91		0.985	3.12E-07	Normal	-9.9	0.99
Size_DblN_ascend_se_14_Other_LL_TRO(14)	6.78	5	6.5	7	6.78		0.043	6.30E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_14_Other_LL_TRO(14)	6.89	6	6.6	7.2	6.89		0.067	-8.54E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_15_Other_LL_S(15)	141.39	4	130	155	141.39		2.367	-5.59E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_15_Other_LL_S(15)	-9.43	4	-15	-6	-9.43		0.939	1.21E-06	Normal	-9.43	0.94
Size_DblN_ascend_se_15_Other_LL_S(15)	7.18	5	6.8	7.6	7.18		0.092	-9.96E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_15_Other_LL_S(15)	7.50	6	6.5	8.3	7.50		0.226	-4.21E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_16_CTP_LL_N(16)	130.38	4	105	155	130.38		7.121	9.87E-07	No_prior	NA	NA
Size_DblN_top_logit_16_CTP_LL_N(16)	-2.14	4	-3.5	0.5	-2.14		0.209	1.23E-06	Normal	-2.14	0.21
Size_DblN_ascend_se_16_CTP_LL_N(16)	6.32	5	4.5	8	6.32		0.445	4.55E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_16_CTP_LL_N(16)	5.55	6	3	8	5.55		0.775	3.31E-06	No_prior	NA	NA
Size_inflexion_17_CTP_LL_TRO(17)	118.76	4	115	122	118.76		0.630	-8.85E-06	No_prior	NA	NA
Size_95%width_17_CTP_LL_TRO(17)	21.95	5	19	25	21.95		0.615	-1.65E-05	No_prior	NA	NA
Size_inflexion_18_CTP_LL_S(18)	104.68	4	95	115	104.68		1.957	1.33E-05	No_prior	NA	NA
Size_95%width_18_CTP_LL_S(18)	22.74	5	12	32	22.74		2.254	-3.74E-05	No_prior	NA	NA
Size_DblN_peak_19_RR_West(19)	130.29	4	80	180	130.30		10.025	2.57E-07	Normal	130	13
Size_DblN_top_logit_19_RR_West(19)	-2.52	4	-3.5	-1	-2.52		0.250	5.40E-06	Normal	-2.52	0.25
Size_DblN_ascend_se_19_RR_West(19)	7.21	5	5.8	8.5	7.21		0.440	-4.52E-06	No_prior	NA	NA
Size_DblN_descend_se_19_RR_West(19)	8.07	5	5	12	8.07		0.737	-1.67E-05	Normal	8.06	0.81
SizeSpline_GradLo_21_PS_West(21)	0.35	5	0.01	0.7	0.35		0.096	2.73E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradHi_21_PS_West(21)	-0.14	5	-0.4	0.1	-0.14		0.043	8.03E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_21_PS_West(21)	-6.38	6	-8	-4.5	-6.38		0.510	1.35E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_21_PS_West(21)	-3.39	6	-4.2	-2.5	-3.39		0.200	-2.03E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_21_PS_West(21)	-2.50	6	-3.1	-1.9	-2.50		0.119	-8.14E-06	No_prior	NA	NA
SizeSpline_GradLo_22_OTH(22)	0.17	5	0.1	0.3	0.17		0.016	6.17E-05	Normal	0.17	0.017
SizeSpline_GradHi_22_OTH(22)	-0.15	5	-0.5	0.2	-0.15		0.064	3.81E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_1_22_OTH(22)	-6.20	6	-8	-5	-6.20		0.445	1.43E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_2_22_OTH(22)	-4.44	6	-5.8	-3.5	-4.44		0.267	2.37E-05	No_prior	NA	NA
SizeSpline_Val_3_22_OTH(22)	-4.42	6	-6	-3	-4.42		0.336	-6.77E-06	No_prior	NA	NA

Table 13. Model objective function estimates of R_0 and F_{MSY} across the Stock Synthesis uncertainty grid. In bold is the reference case.

Model	Run name	MaxAge	Steepness	SigmaR	Obj_Function	R0_estimate	F_{MSY}
1	M17_h0.7_sigmaR0.2	17	0.7	0.2	5837.3	4.56E+07	0.13
2	M17_h0.7_sigmaR0.4	17	0.7	0.4	5848.0	4.88E+07	0.13
3	M17_h0.7_sigmaR0.6	17	0.7	0.6	5862.5	5.60E+07	0.13
4	M17_h0.8_sigmaR0.2	17	0.8	0.2	5836.8	4.26E+07	0.16
5	M17_h0.8_sigmaR0.4	17	0.8	0.4	5848.6	4.53E+07	0.16
6	M17_h0.8_sigmaR0.6	17	0.8	0.6	5861.4	5.15E+07	0.16
7	M17_h0.9_sigmaR0.2	17	0.9	0.2	5836.9	4.05E+07	0.19
8	M17_h0.9_sigmaR0.4	17	0.9	0.4	5848.7	4.30E+07	0.19
9	M17_h0.9_sigmaR0.6	17	0.9	0.6	5861.0	4.84E+07	0.199
10	M20_h0.7_sigmaR0.2	20	0.7	0.2	5868.3	3.13E+07	0.11
11	M20_h0.7_sigmaR0.4	20	0.7	0.4	5881.1	3.34E+07	0.11
12	M20_h0.7_sigmaR0.6	20	0.7	0.6	5904.4	3.82E+07	0.11
13	M20_h0.8_sigmaR0.2	20	0.8	0.2	5859.3	2.83E+07	0.14
14	M20_h0.8_sigmaR0.4	20	0.8	0.4	5872.7	3.00E+07	0.14
15	M20_h0.8_sigmaR0.6	20	0.8	0.6	5894.3	3.39E+07	0.14
16	M20_h0.9_sigmaR0.2	20	0.9	0.2	5853.6	2.62E+07	0.16
17	M20_h0.9_sigmaR0.4	20	0.9	0.4	5867.2	2.77E+07	0.17
18	M20_h0.9_sigmaR0.6	20	0.9	0.6	5887.5	3.10E+07	0.17
19	M25_h0.7_sigmaR0.2	25	0.7	0.2	5996.6	2.27E+07	0.09
20	M25_h0.7_sigmaR0.4	25	0.7	0.4	6005.0	2.43E+07	0.09
21	M25_h0.7_sigmaR0.6	25	0.7	0.6	6040.5	2.77E+07	0.09
22	M25_h0.8_sigmaR0.2	25	0.8	0.2	5968.6	2.02E+07	0.11
23	M25_h0.8_sigmaR0.4	25	0.8	0.4	5978.9	2.14E+07	0.11
24	M25_h0.8_sigmaR0.6	25	0.8	0.6	6011.8	2.41E+07	0.11
25	M25_h0.9_sigmaR0.2	25	0.9	0.2	5948.1	1.82E+07	0.13
26	M25_h0.9_sigmaR0.4	25	0.9	0.4	5959.4	1.92E+07	0.13
27	M25_h0.9_sigmaR0.6	25	0.9	0.6	5990.1	2.15E+07	0.13

Table 14. Summary of the retrospective analysis, hindcasting analysis, final gradient and RMSEs (root mean square error) of index and size composition for the sensitivity runs exploring the effects of changes between the 2018 and 2021 assessment. The retrospective and hindcast period (2018—2014) is same for the uncertainty grid except for the longline index. The longline index is available before 2017 in the bigeye tuna stock assessment in 2018. When the hindcast analysis is applied to the index for the same period (2018—2014), only three years results (2014—2016) will be obtained. Therefore 7 years (2018—2012) hindcast analysis for the LL index is applied to get 5 years results (2016—2012). For your reference, the results (MASE) of the longline for the three years period (2014—2016) is also presented.

run	Mohn's rho (hindcast)	MASE (index 11_LL) for 5 years (2016-2012)	MASE (4_PS_FAD _S1)	MASE (4_PS_FAD _S2)	MASE (4_PS_FAD _S3)	MASE (4_PS_FAD _S4)	MASE (index 11_LL) for 3 years (2016-2014)	Final gradient	RMSE Index (%)	RMSE size composition (%)
M17_h0.8_sig maR0.4_LL2 018	-0.2 (-0.24)	3.44	1.29	1.09	1.63	2.02	4.21	5.93E- 06	25.0	15.5
M20_h0.8_sig maR0.4_LL2 018	-0.16 (- 0.22)	3.04	1.21	1.11	2.41	2.94	4.24	6.30E- 05	24.6	15.8
M25_h0.8_sig maR0.4_LL2 018	-0.1 (-0.16)	1.88	1.27	1.17	3.09	3.86	3.06	9.12E- 05	25.0	16.1

Table 15. Summary of the retrospective analysis and hindcasting analysis and the final gradient and RMSEs (root mean square error) of index and size composition for the 27 runs of the uncertainty grid.

Model	Mohn's rho (hindcast)	MASE (index 11_LL)	MASE (4_PS_FAD_ S1)	MASE (4_PS_FAD_ S2)	MASE (4_PS_FAD_ S3)	MASE (4_PS_FAD_ S4)	final gradient	RMSE Index (%)	RMSE size composition (%)
1	-0.06 (-0.08)	2.68	1.42	1.28	2.77	3.10	6.09E-05	23.8	15.5
2	-0.11 (-0.15)	3.47	1.22	1.12	2.00	2.47	9.17E-05	23.2	15.6
3	-0.12 (-0.16)	3.70	1.23	1.04	1.74	2.15	6.96E-05	23.0	15.6
4	-0.03 (-0.05)	2.45	1.41	1.28	2.64	2.89	8.79E-05	23.8	15.5
5	-0.10 (-0.13)	3.35	1.22	1.11	1.87	2.34	9.66E-05	23.1	15.6
6	-0.11 (-0.15)	3.62	1.24	1.03	1.63	2.01	6.88E-05	22.9	15.6
7	-0.00 (-0.03)	2.27	1.40	1.27	2.54	2.76	8.56E-05	23.8	15.5
8	-0.09 (-0.12)	3.25	1.23	1.10	1.78	2.23	9.05E-05	23.1	15.6
9	-0.10 (-0.14)	3.53	1.26	1.03	1.58	1.93	8.64E-05	22.9	15.6
10	-0.04 (-0.08)	3.01	1.38	1.33	3.33	3.86	9.07E-05	24.4	15.7
11	-0.07 (-0.11)	3.46	1.24	1.14	2.55	3.14	6.42E-05	23.6	15.8
12	-0.07 (-0.11)	3.53	1.17	1.08	2.29	2.64	9.46E-05	23.5	15.8
13	-0.03 (-0.06)	2.88	1.38	1.30	3.14	3.58	9.42E-05	24.1	15.7
14	-0.07 (-0.11)	3.46	1.22	1.13	2.38	2.85	8.20E-05	23.5	15.8
15	-0.07 (-0.11)	3.57	1.15	1.07	2.13	2.45	8.78E-05	23.3	15.8
16	-0.01 (-0.05)	2.72	1.37	1.26	2.99	3.34	6.36E-05	24.0	15.7
17	-0.06 (-0.10)	3.43	1.21	1.12	2.24	2.63	8.37E-05	23.4	15.7
18	-0.06 (-0.11)	3.59	1.14	1.05	1.98	2.30	9.20E-05	23.2	15.8
19	0.01 (-0.04)	2.87	1.33	1.43	3.90	4.54	9.22E-05	25.7	16.0
20	0.00 (-0.04)	3.09	1.26	1.19	3.23	3.91	8.63E-05	24.8	16.1
21	0.01 (-0.04)	3.07	1.22	1.13	3.00	3.46	6.65E-05	24.9	16.2
22	0.02 (-0.03)	2.92	1.34	1.41	3.75	4.34	7.88E-05	25.3	16.0
23	0 (-0.05)	3.23	1.25	1.15	3.05	3.68	9.10E-05	24.5	16.1
24	0.01 (-0.04)	3.25	1.20	1.12	2.82	3.21	7.53E-05	24.5	16.1
25	0.03 (-0.02)	2.88	1.34	1.37	3.58	4.11	9.73E-05	25.0	16.0
26	0 (-0.05)	3.31	1.24	1.14	2.87	3.43	9.92E-05	24.2	16.0
27	0 (0.04)	3.38	1.19	1.10	2.64	2.93	7.64E-05	24.1	16.1

Table 16. Biological parameters and MSY based benchmarks, stock status and estimated model parameters for the surplus production MPB-Reference Case (Fox), and the uncertainty grid calculated with bootstraps.

Model	FOX		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	66973	76490	80070
BMSY	451080	545184	843543
F _{MSY}	0.084	0.140	0.176
r (yr-1)	0.084	0.140	0.176
K	1225550	1481222	2291842

Model	M17_h0.7			M17_h0.8			M17_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	69924	76106	83952	64167	73280	86971	68719	76570	93670
BMSY	426346	522954	721218	486373	598384	771948	433788	525243	661721
F _{MSY}	0.106	0.144	0.185	0.084	0.125	0.158	0.105	0.150	0.182
r (yr-1)	0.079	0.107	0.138	0.052	0.077	0.098	0.053	0.075	0.092
K	1353412	1660090	2289468	1712185	2106498	2717497	1726698	2090733	2633984

Model	M20_h0.7			M20_h0.8			M20_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	69301	75996	81954	70590	76412	85067	71555	77135	90279
BMSY	436187	528520	745153	420641	505168	668792	402143	478536	596512
F _{MSY}	0.102	0.143	0.181	0.116	0.149	0.189	0.132	0.159	0.198
r (yr-1)	0.080	0.112	0.142	0.077	0.099	0.126	0.073	0.088	0.110
K	1344779	1629446	2297333	1421682	1707366	2260382	1510090	1796956	2239967

Model	M25_h0.7			M25_h0.8			M25_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	68893	76031	80398	70105	76254	83561	71922	76881	89962
BMSY	434908	526921	752828	428500	506686	685448	398307	482229	619207
F _{MSY}	0.099	0.144	0.182	0.112	0.151	0.186	0.129	0.158	0.200
r (yr-1)	0.080	0.117	0.148	0.078	0.104	0.129	0.075	0.092	0.117
K	1316599	1595150	2279040	1416191	1674597	2265405	1454131	1760510	2260585

Table 17. Estimated model parameters and benchmarks for selected deterministic sensitivity runs of MPB.

	MSY	Fmsy	Bmsy	r	k
RefC: JointLL (Both)	77308	0.147	526397	0.147	1430183
Sens1: Logistic	82590	0.155	531459	0.311	1062919
Sens2: JointLL_1985	77677	0.157	494706	0.157	1344080
Sens3: add BRA_LL	77538	0.149	521115	0.149	1415832
Sens4: add BAI	75542	0.134	562611	0.134	1528570
Sens5: addBRALL and BAI	75820	0.136	556454	0.136	1511843
Sens6: BMSY at 0.331K	76961	0.153	505177	0.124	1528320
Sens7: BMSY at 0.311K	77006	0.157	490813	0.114	1576118
Sens8: BMSY at 0.271K	77633	0.172	452358	0.098	1671922

Table 18. Summary, including MSY based benchmarks, of posterior quantiles denoting the median and the 95% confidence intervals of parameter estimates for the JABBA scenarios (S01-S10).

	S01			S02			S03			S04			S05		
	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci
<i>K</i>	1510055	963714	2602941	1299586	914940	1967797	1295431	915770	1976656	1259079	880690	1931649	1284136	939889	1874208
<i>r</i>	0.143	0.076	0.238	0.157	0.100	0.232	0.157	0.100	0.230	0.166	0.105	0.246	0.153	0.101	0.216
ψ(psi)	0.964	0.825	0.999	0.963	0.821	0.999	0.963	0.825	0.999	0.963	0.821	0.999	0.964	0.822	0.999
σproc	0.053	0.041	0.072	0.054	0.041	0.073	0.054	0.041	0.074	0.054	0.042	0.073	0.054	0.041	0.073
<i>F</i>_{MSY}	0.143	0.076	0.237	0.193	0.123	0.286	0.194	0.124	0.283	0.194	0.123	0.287	0.200	0.132	0.282
<i>B</i>_{MSY}	555796	354708	958047	428977	302010	649545	427605	302284	652469	428207	299519	656945	411019	300835	599886
<i>MSY</i>	79351	64369	94062	82688	71483	97663	82652	71518	99916	82828	71417	98781	82104	71621	96483
<i>B</i>₁₉₅₀/<i>K</i>	0.954	0.798	1.081	0.953	0.796	1.081	0.953	0.802	1.082	0.952	0.793	1.082	0.952	0.799	1.080
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>K</i>	0.384	0.283	0.513	0.386	0.286	0.518	0.385	0.291	0.538	0.391	0.286	0.537	0.370	0.273	0.502
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>B</i>_{MSY}	1.042	0.770	1.394	1.168	0.866	1.570	1.166	0.881	1.629	1.150	0.842	1.580	1.155	0.853	1.568
<i>F</i>₂₀₁₉/<i>F</i>_{MSY}	0.922	0.609	1.372	0.786	0.515	1.134	0.789	0.481	1.122	0.800	0.505	1.168	0.801	0.520	1.157
	S06			S07			S08			S09			S10		
	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci
<i>K</i>	1313070	940614	1999410	1313276	929370	2010445	1420759	1027115	2033436	1353754	1002481	1982140	1375997	989492	2046832
<i>r</i>	0.148	0.095	0.214	0.144	0.090	0.211	0.135	0.093	0.190	0.135	0.090	0.191	0.129	0.084	0.185
ψ(psi)	0.963	0.824	0.999	0.962	0.823	0.999	0.963	0.820	0.999	0.962	0.816	0.999	0.964	0.820	0.999
σproc	0.054	0.042	0.073	0.054	0.042	0.073	0.053	0.041	0.072	0.054	0.041	0.072	0.054	0.041	0.072
<i>F</i>_{MSY}	0.204	0.131	0.296	0.211	0.132	0.310	0.187	0.129	0.263	0.211	0.141	0.297	0.227	0.148	0.326
<i>B</i>_{MSY}	407157	291666	619977	393828	278701	602896	440549	318488	630528	392580	290713	574808	371518	267162	552642
<i>MSY</i>	82852	71853	100966	83096	71644	98521	82056	71204	99655	82761	71837	98111	83946	72435	101152
<i>B</i>₁₉₅₀/<i>K</i>	0.953	0.796	1.080	0.951	0.797	1.079	0.953	0.795	1.081	0.951	0.793	1.079	0.954	0.798	1.080
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>K</i>	0.378	0.279	0.523	0.376	0.279	0.506	0.378	0.285	0.520	0.370	0.278	0.496	0.373	0.275	0.508
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>B</i>_{MSY}	1.220	0.898	1.687	1.254	0.929	1.687	1.220	0.919	1.675	1.275	0.957	1.712	1.381	1.020	1.882
<i>F</i>₂₀₁₉/<i>F</i>_{MSY}	0.752	0.463	1.097	0.732	0.474	1.065	0.759	0.474	1.079	0.720	0.471	1.028	0.653	0.412	0.962

Table 19. Stock Synthesis uncertainty grid estimates (across all 27 runs) of spawning stock biomass relative to SSB_{MSY} and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1952 and 2019 for Atlantic bigeye tuna. The median and 80% confidence intervals provided are based on 10000 iterations of the MVNL approximation.

	SSB/SSB_{MSY}			F/F_{MSY}				SSB/SSB_{MSY}			F/F_{MSY}		
	Median	80% LCI	80% UCI	Median	80% LCI	80% UCI		Median	80% LCI	80% UCI	Median	80% LCI	80% UCI
1952	3.370	3.050	3.870	0.010	0.010	0.010	1986	1.800	1.380	2.550	0.480	0.310	0.620
1953	3.360	3.050	3.860	0.010	0.010	0.010	1987	1.800	1.360	2.570	0.420	0.270	0.550
1954	3.360	3.040	3.860	0.010	0.010	0.010	1988	1.780	1.340	2.510	0.490	0.320	0.640
1955	3.350	3.030	3.840	0.020	0.020	0.020	1989	1.690	1.280	2.360	0.600	0.400	0.780
1956	3.340	3.030	3.840	0.010	0.010	0.010	1990	1.570	1.200	2.150	0.680	0.460	0.880
1957	3.330	3.020	3.820	0.030	0.030	0.040	1991	1.480	1.140	2.010	0.820	0.550	1.050
1958	3.320	3.010	3.810	0.020	0.010	0.020	1992	1.400	1.080	1.900	0.880	0.600	1.130
1959	3.310	3.010	3.800	0.030	0.030	0.040	1993	1.320	1.010	1.790	1.050	0.710	1.350
1960	3.300	2.990	3.780	0.040	0.030	0.040	1994	1.210	0.920	1.660	1.320	0.880	1.690
1961	3.270	2.970	3.750	0.070	0.060	0.080	1995	1.100	0.840	1.530	1.370	0.910	1.760
1962	3.240	2.950	3.700	0.090	0.080	0.110	1996	0.990	0.760	1.390	1.420	0.940	1.840
1963	3.200	2.920	3.650	0.110	0.090	0.120	1997	0.900	0.680	1.280	1.400	0.920	1.840
1964	3.170	2.890	3.610	0.100	0.080	0.110	1998	0.850	0.630	1.240	1.450	0.930	1.940
1965	3.110	2.840	3.540	0.170	0.140	0.190	1999	0.810	0.590	1.220	1.670	1.040	2.290
1966	3.090	2.820	3.520	0.110	0.090	0.130	2000	0.820	0.570	1.280	1.470	0.880	2.080
1967	3.080	2.810	3.500	0.110	0.090	0.130	2001	0.870	0.580	1.390	1.310	0.770	1.920
1968	3.070	2.800	3.500	0.100	0.090	0.120	2002	0.890	0.580	1.430	1.090	0.630	1.640
1969	3.040	2.770	3.460	0.160	0.130	0.190	2003	0.850	0.550	1.390	1.250	0.720	1.910
1970	3.000	2.740	3.410	0.180	0.150	0.210	2004	0.830	0.530	1.350	1.310	0.740	2.020
1971	2.940	2.690	3.320	0.240	0.200	0.280	2005	0.850	0.540	1.380	1.010	0.570	1.570
1972	2.890	2.650	3.270	0.210	0.180	0.250	2006	0.860	0.550	1.390	0.880	0.500	1.360
1973	2.840	2.600	3.200	0.260	0.210	0.300	2007	0.840	0.540	1.340	1.040	0.600	1.590
1974	2.770	2.540	3.120	0.300	0.250	0.350	2008	0.820	0.540	1.310	0.960	0.560	1.460
1975	2.710	2.490	3.050	0.290	0.240	0.340	2009	0.790	0.520	1.240	1.170	0.690	1.760
1976	2.620	2.410	2.960	0.220	0.190	0.260	2010	0.780	0.520	1.220	1.190	0.700	1.760
1977	2.440	2.250	2.770	0.290	0.240	0.330	2011	0.780	0.530	1.210	1.200	0.710	1.760
1978	2.270	2.080	2.590	0.290	0.240	0.340	2012	0.810	0.550	1.250	1.100	0.650	1.600
1979	2.170	1.960	2.530	0.270	0.220	0.310	2013	0.840	0.590	1.280	1.020	0.610	1.460
1980	2.070	1.830	2.480	0.390	0.310	0.460	2014	0.830	0.590	1.250	1.140	0.700	1.600
1981	1.940	1.690	2.380	0.440	0.340	0.520	2015	0.790	0.580	1.180	1.210	0.750	1.670
1982	1.840	1.570	2.330	0.500	0.370	0.600	2016	0.790	0.590	1.170	1.210	0.760	1.650
1983	1.810	1.500	2.370	0.420	0.300	0.510	2017	0.810	0.610	1.190	1.180	0.750	1.590
1984	1.790	1.440	2.410	0.510	0.350	0.630	2018	0.850	0.650	1.240	1.050	0.660	1.400
1985	1.780	1.400	2.470	0.570	0.380	0.710	2019	0.940	0.710	1.370	1.000	0.630	1.350

Table 20. Assumed catch in 2020 and 2021 by quarter by fleet.

By Fleet YrQTr		Avg% 2017/19				Catch_est 2020				Catch_est 2021			
Fleet ID	Fleet Name	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4
1	PS_6485					-	-	-	-	-	-	-	-
2	PS_8690					-	-	-	-	-	-	-	-
3	PS_FSC_9119	0.32	0.17	0.36	0.15	1,638.75	876.65	1,836.78	753.17	1,681.99	899.79	1,885.24	773.04
4	PS_FAD_9119	0.26	0.24	0.20	0.30	3,808.37	3,499.42	2,892.64	4,357.88	3,908.85	3,591.75	2,968.96	4,472.86
5	BBPS_Ghana	0.19	0.26	0.31	0.24	515.14	720.52	845.21	658.77	528.74	739.53	867.51	676.15
6	BB_South_Dakar	0.36	0.19	0.19	0.26	94.85	49.74	49.60	69.05	97.35	51.05	50.91	70.87
7	BB_North_Dakar_6280					-	-	-	-	-	-	-	-
8	BB_North_Dakar_811	0.20	0.31	0.32	0.17	155.63	246.95	250.69	136.85	159.74	253.47	257.31	140.46
9	BB_North25N_Azores	0.03	0.45	0.42	0.10	158.52	2,213.29	2,073.25	495.66	162.71	2,271.69	2,127.95	508.73
10	Japan_LL_N	0.07	0.16	0.17	0.61	5.33	12.88	13.84	49.43	5.47	13.22	14.21	50.74
11	Japan_LL_TRO	0.51	0.08	0.14	0.27	3,109.43	487.53	849.09	1,674.66	3,191.47	500.40	871.50	1,718.85
12	Japan_LL_S	0.07	0.24	0.40	0.28	134.53	430.76	727.66	512.04	138.08	442.12	746.86	525.55
13	Other_LL_N	0.16	0.23	0.33	0.28	208.21	290.25	420.71	351.10	213.70	297.91	431.81	360.37
14	Other_LL_TRO	0.42	0.20	0.14	0.23	3,245.78	1,545.26	1,104.89	1,807.06	3,331.42	1,586.03	1,134.04	1,854.74
15	Other_LL_S	0.10	0.19	0.33	0.38	64.97	116.99	202.97	236.76	66.68	120.08	208.33	243.01
16	CTP_LL_N	0.37	0.28	0.30	0.05	9.61	7.49	8.00	1.19	9.87	7.69	8.21	1.22
17	CTP_LL_TRO	0.27	0.19	0.17	0.37	2,415.91	1,658.08	1,486.30	3,287.80	2,479.65	1,701.82	1,525.52	3,374.55
18	CTP_LL_S	0.08	0.44	0.32	0.16	22.08	129.66	93.34	47.16	22.66	133.08	95.80	48.40
19	RR_West	0.01	0.30	0.60	0.09	1.97	85.37	168.24	24.67	2.02	87.62	172.68	25.32
20	HL_BRA	0.18	0.19	0.18	0.45	620.42	644.47	635.05	1,540.99	636.79	661.48	651.80	1,581.65
21	PS_West	0.18	0.48	0.07	0.27	20.21	55.66	8.22	30.67	20.75	57.12	8.44	31.48
22	OTH	0.22	0.28	0.29	0.21	205.49	252.38	265.85	193.21	210.91	259.04	272.87	198.31

Table 21. Summary of recommendations on research and statistics. Recommendations that are considered as high priority / have financial implications are highlighted in grey and bold characters.

Category	Topic	Task	High priority	Financial implication
2021 BET and other TRO assessments	Natural mortality assumptions	Use of AOTTP and electronic data to reduce uncertainty in survival/natural mortality estimates	No	No
		Further work on ageing to improve the precision of maximum age estimates	No	?
		Examination of Then et al. methodology by WGSAM	No	No
		Adapt CAPAM guidelines	No	No
	Abundance indices	Improve all CPUE indices. Use of the LLSIM by the WGSAM to analyze the effects of the methodology used to standardize the joint LL CPUE index.	No	No
		Harmonize CPUE standardization methodology between stock assessments and TRO species	Yes	No
	AOTTP	Estimate potential cost of AOTTP tag recoveries in 2022 and 2023	Yes	No
2022 SKJ assessment	Logistics	Organize both a Data Preparatory and a Stock Assessment meeting. These meetings should be organized earlier than usual in the year. 2020 data should be ready for the Data Preparatory meeting.	Yes	No
	External review	Contract an external expert to review the full stock assessment process, prior to the start of 2022 SKJ Data Preparatory meeting.	Yes	Yes
	Abundance indices	National scientists - Prepare PS CPUE, PS acoustic buoy, BB CPUE and Gulf of Mexico larval indices. Explore alternative standardization methods.	Yes	No
		National scientists - If relevant, prepare LL CPUE indices	Yes	No
	Other data preparation and treatment	Secretariat – Update length-weight conversion factors	Yes	No
		Secretariat – Prepare a table of landings per fleet. This will be used to define fleet structure in stock assessment models and harmonized with other TRO stock assessments.	Yes	No
	AOTTP	Investigate differences in growth using AOTTP tag recovery data	Yes	No
		Evaluation exchange rates between regions using AOTTP tag recovery data	Yes	No
		Update of the tag capture/recapture matrix	Yes	No
		Improve SKJ ageing using spines collected in the frame of AOTTP	Yes	Yes

Table 21. Continued.

Category	Topic	Task	High priority	Financial implication
YFT data	Growth and natural mortality estimates	Increase sample size for YFT to improve growth estimates of this species, as well as estimates of natural mortality.	No	No
Tropical Tuna MSEs	WSKJ MSE Multispecies MSE	See Table 6.2.2 for details	Yes	Yes
FOB management and fishing closures		Explore the relationship between FOB management measures, including limitations of FOB fishing sets, number of FOB operational buoys, and number of FOB buoy / FAD deployments	Yes	No
		Assess the efficiency (e.g. reduction of BET and YFT juveniles catches) and the appropriateness of the current 3-month FOB closure (i.e. duration of the closure, choice of the closure period, etc)	Yes	No
		Revitalize the FAD WG	Yes	No

Table 22. Detail of development and proposed activities for the MSE initiatives for tropical tunas. The updated MSE Roadmap for the Commission is presented in section 7.1.8 of this report.

	SCRS	Commission ¹
2015		Commission provides initial guidance for the development of harvest strategies for priority stocks, including tropical tunas [Rec. 15-07]
2016		Commission identifies performance indicators for the MSE for tropical tunas (Annex 9 [Rec. 16-01]). Commission adopts MSE roadmap, including plan for activities for tropical tunas for 2016-2021
2017	SCRS reviews performance indicators for YFT, SKJ, and BET	SWGSM recommends a multispecies approach for development of MSE framework for tropical tunas
2018	SCRS develops MSE implementation plan for 2018-2021	
	SCRS conducts bigeye tuna stock assessment	
2019	SCRS conducts yellowfin tuna stock assessment SCRS agrees on developing a Western Skipjack (WSKJ) MSE and a Multispecies MSE (Eastern Skipjack, Bigeye and Yellowfin tuna)	Commission updates MSE roadmap for the period 2019-2024 ² and requests that the SCRS “refines the MSE process in line with the SCRS roadmap and continue testing the candidate management procedures. On this basis, the Commission shall review the candidate management procedures, including pre-agreed management actions to be taken under various stock conditions. These shall take into account the differential impacts of fishing operations (e.g., purse seine, longline and baitboat) on juvenile mortality and the yield at MSY.” [Rec 2019-02].

¹ Commission to decide if activities are best conducted in Panel 1 or in plenary² https://iccat.int/mse/en/COM_ROADMAP_ICCAT_MSE_PROCESS_ENG.pdf

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO - EN LÍNEA, 2021

2020	COVID slows progress on Multispecies MSE but SCRS develops a preliminary OM for WSKJ MSE.	
2021	SCRS agrees on major sources of uncertainty to be considered in the MSE and candidate performance indicators for Tropical tuna MSEs	Commission to review and provide feedback on: - management objectives and performance indicators to be used for tropical tunas MSE - proposed update if tropical tuna MSE roadmap
	SCRS conducts bigeye tuna stock assessment	
	SCRS modifies OM for WKSJ to include the whole of the western Atlantic.	
	JCAP/ICCAT Training workshops on MSE and HCR for Portuguese and Spanish speaking scientists and managers	
2022	SCRS conducts skipjack stockassessment	
	SCRS reconditions OMs for SKJ in WSKJ MSE model and ESKJ in mixed species MSE model in light of new SKJ assessments	
	SCRS initiates development and testing of candidate Management procedures (MP) for western SKJ	Commission considers WSKJ MSE simulations and initial candidate MPs developed by SCRS. Commission agrees on final set of MPs to be evaluated in the WSKJ MSE
	Independent review of tropical tuna MSE process and technical review of Western SKJ MSE	

2023	SCRS conduct Yellowfin assessment	
	SCRS reconditions yellowfin OM in light of assessment results	
	SCRS initiates development and testing of initial candidate MPs for multispecies MSE and final set of MPs for WSKJ	Commission considers multispecies MSE simulations and initial candidate MPs developed by SCRS. Commission agrees on final set of MPs to be evaluated in the multispecies MSE
	Independent technical review of Western Multispecies MSE	Commission considers final evaluation of WSKJ MPs
2024	SCRS tests final set of MP candidates for Multispecies MSE	Commission considers final evaluation of MPs for multispecies MSE.
	SCRS provides advice on exceptional circumstances for the implementation of the MP	Oct -Dec Final delivery of multi - stock MSE, including fully conditioned operating models and candidate management procedures to Commission
		Commission to: a) reviews and endorse guidance on management responses in the case of exceptional circumstances, and b) considers adopting interim MP(s) for BET, YFT and Eastern SKJ
2025 and beyond	Once an MP is adopted, SCRS to conduct periodic assessments to ensure that the conditions considered in MP testing are still applicable to the stock	Commission to continue use of the MP to set management measures on the predetermined timescale defined in the MP setting
	On the predetermined timescale for MP setting, SCRS to evaluate existence of exceptional circumstances	

Table 23. Combinations of CPCs and gears reporting bigeye tuna catches in the ICCAT Convention area. Only those that are responsible of more than 1000 tons in the decade are shown. They are ordered from high to low according to total catch in the 2010s. Blue bars indicate BET catch levels. In yellow are highlighted those combinations of CPC-gear-year that have provided discard reports.

Flag	GearGrp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Chinese Taipei	LL										
Japan	LL										
EU-España	PS										
China PR	LL										
EU-Portugal	BB										
Ghana	PS										
EU-France	PS										
EU-España	BB										
Brazil	HL										
Curaçao	PS										
Panama	PS										
Brazil	LL										
Cape Verde	PS										
Belize	PS										
Korea Rep	LL										
El Salvador	PS										
Guatemala	PS										
Senegal	PS										
EU-España	LL										
Philippines	LL										
Mixed flags (E	PS										
Guinée Rep	PS										
USA	LL										
Ghana	BB										
Senegal	BB										
Côte d'Ivoire	LL										
St Vincent and	LL										
Belize	LL										
USA	RR										
EU-Portugal	LL										
Maroc	HL										
South Africa	LL										
S Tomé e Prín	PS										
Canada	LL										
Côte d'Ivoire	PS										
Côte d'Ivoire	GN										
Brazil	BB										
EU-France	BB										
Panama	LL										
Namibia	LL										
Maroc	LL										
Venezuela	PS										
Namibia	BB										

Table 24. Number of CPC/Flags that have provided ST07 Supply vessel forms by year to the ICCAT Secretariat.

Num registers Year							
Flag	2013	2014	2016	2018	2019	2020	Yrs report
BLZ			1		6		2
BOL				1	1		2
CUW	1	1			1		3
EU_FRA					1	1	2
EU-ESP					1		1
FR_SPM					1		1
LBY				1			1
LCA					1		1
MEX					1	1	2
PAN					2		1
SEN					1		1
SLV						1	1
UK_BMU					1		1
UK_SHN					1		1
UK_TCA					1		1
UK_VGB					1		1
Grand Total	1	1	1	2	20	3	

Table 25. Number of CPC/Flags that have reported ST07 and indicated whether they had (YES) or did not have (NO) activity of support vessels for Tropical Tuna fisheries (red zero values).

N reports		Year					
Trop Tun	Flag	2013	2014	2016	2018	2019	2020
Supply Vess	LBY				1		
NO	BOL				0	0	
	EU_FRA					0	0
	FR_SPM					0	
	LCA					0	
	MEX					0	0
	UK_BMU					0	
	UK_SHN					0	
	UK_TCA					0	
	UK_VGB					0	
Yes	BLZ			1		6	
	CUW	1	1			1	
	EU-ESP					1	
	PAN					2	
	SEN					1	
	SLV						1

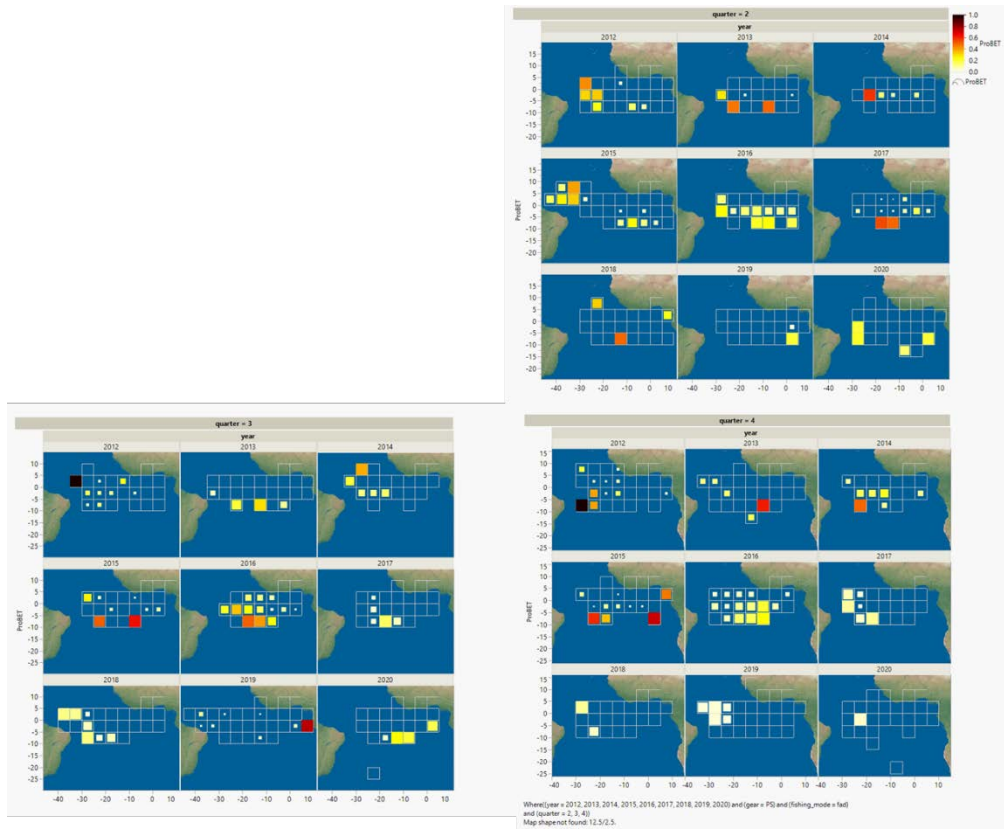


Figure 1. BET proportion in the total catch of tropical species (YFT, SKJ, BET) by 5x5 year and quarter. Quarter 1 Jan-Mar was excluded due to the time area closures effects.

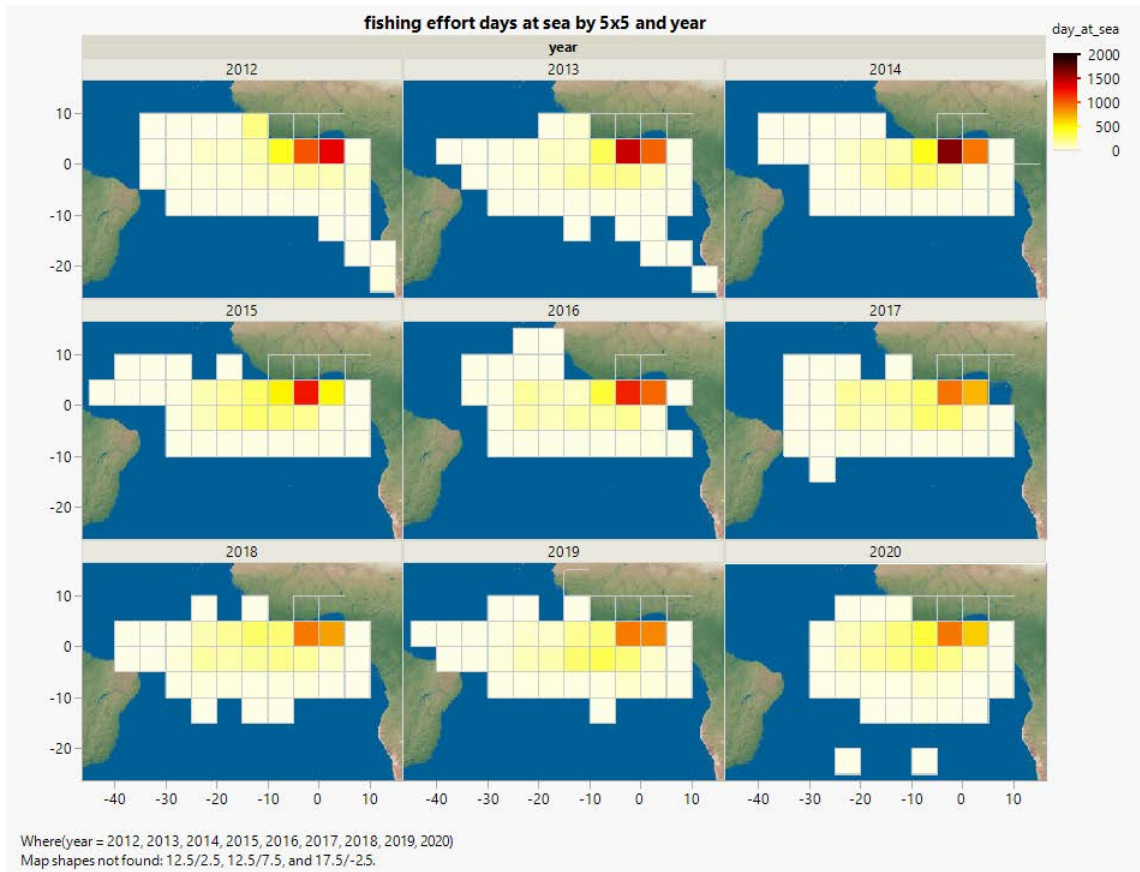


Figure 2. Total fishing effort, days-at-sea 5x5 and year from the Ghana tropical fisheries fleets. Grids shown represent a non-zero fishing effort estimate.

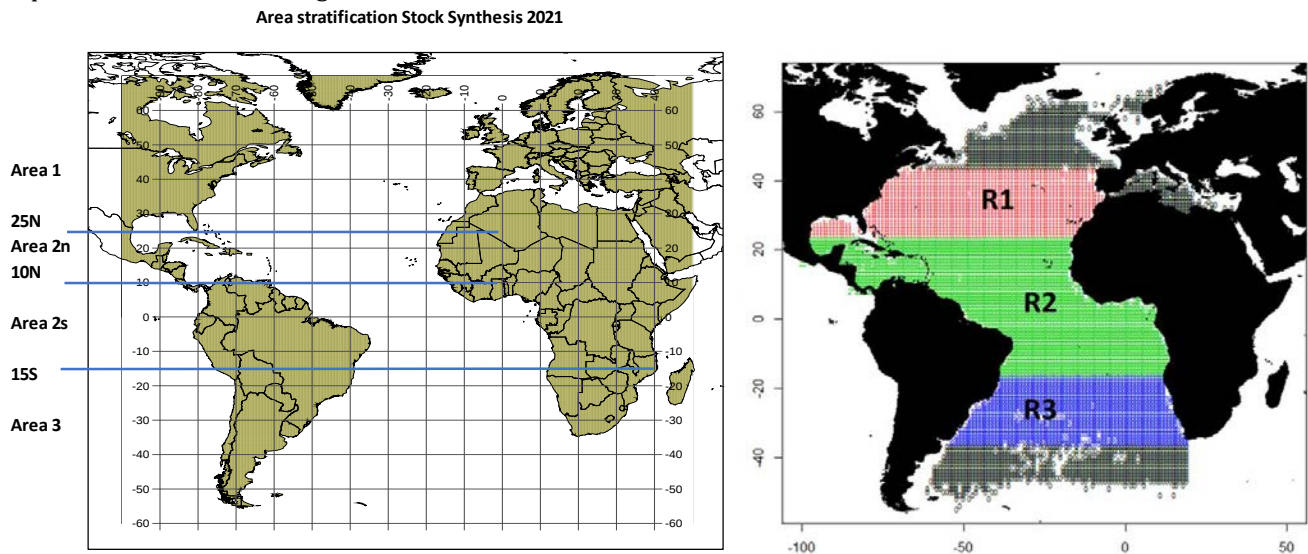


Figure 3. Comparison of the geographical area stratification used for the Stock Synthesis fleet structure (left) and for the combined longline index estimation for the 2021 BET stock assessment (right) (Kitakado *et al.*, 2021).

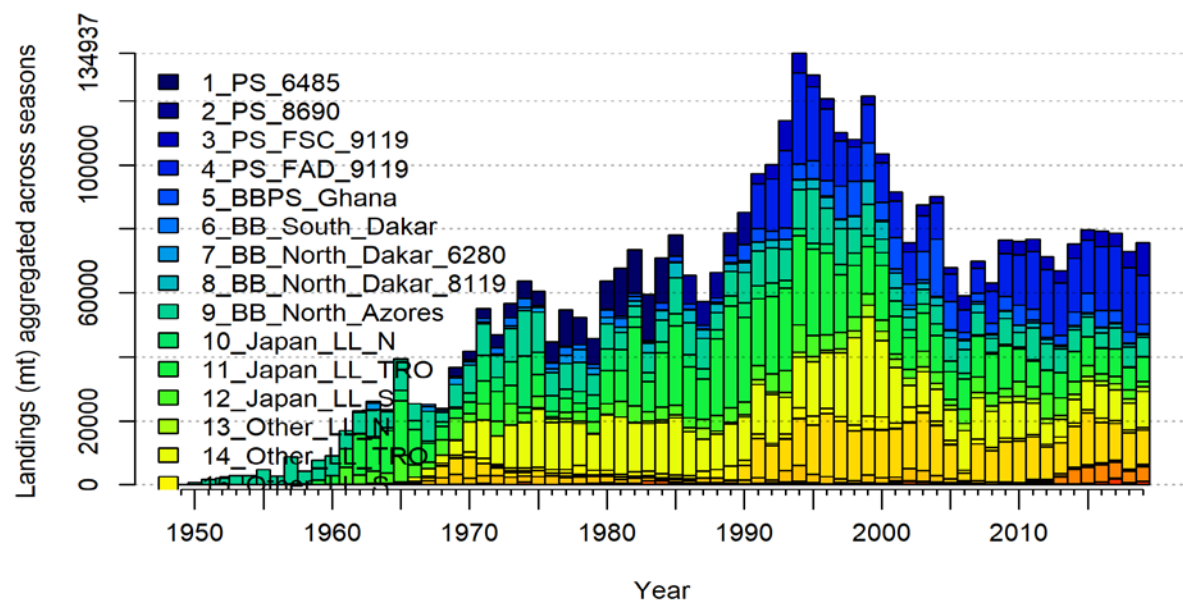


Figure 4. Landings (mt) for each of the fleets defined in the stock synthesis models. (Table 5 contains details of fleet definitions).

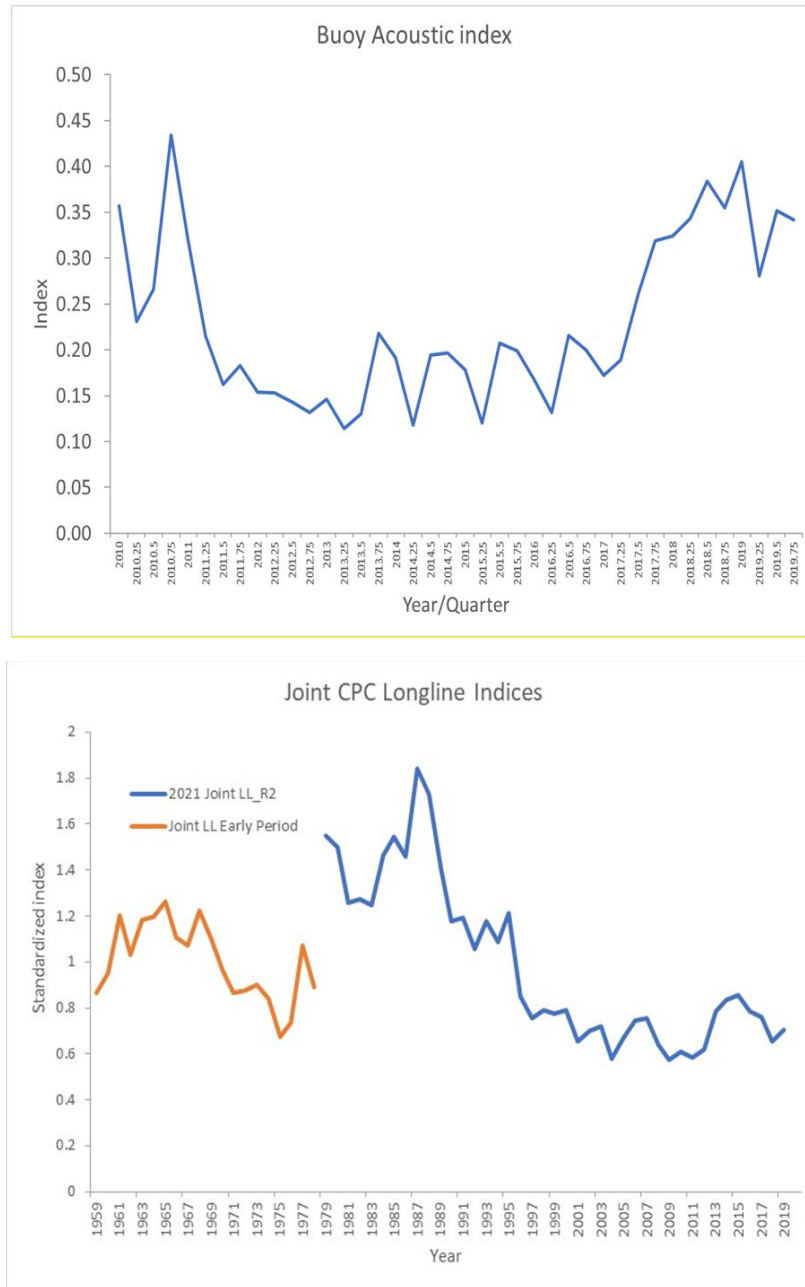


Figure 5. Abundance indices used for in stock synthesis models. Quarterly acoustic buoy index (top panel) for 2010 to 2019 and annual joint longline index for 1959 to 2019 (bottom panel).

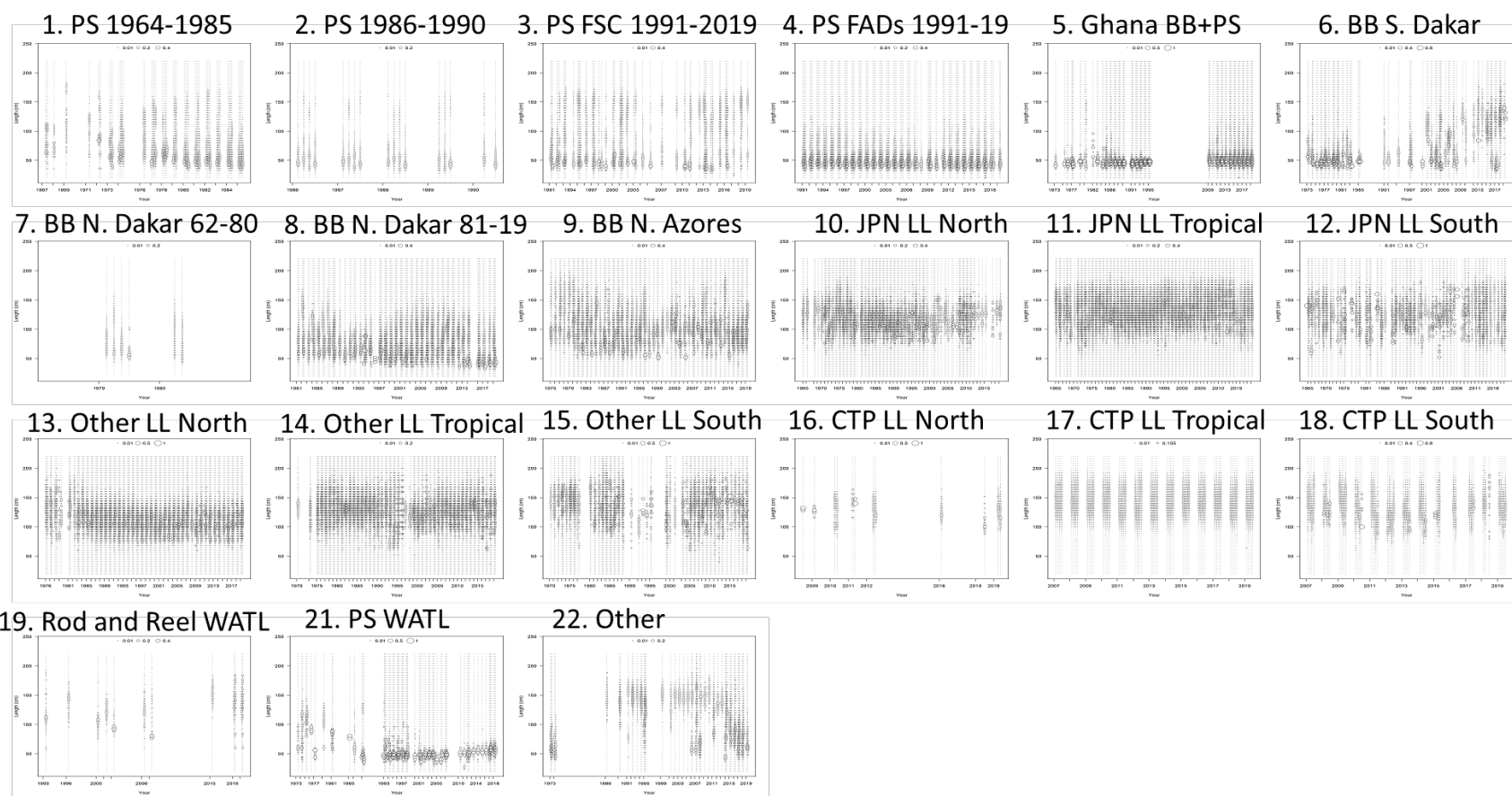
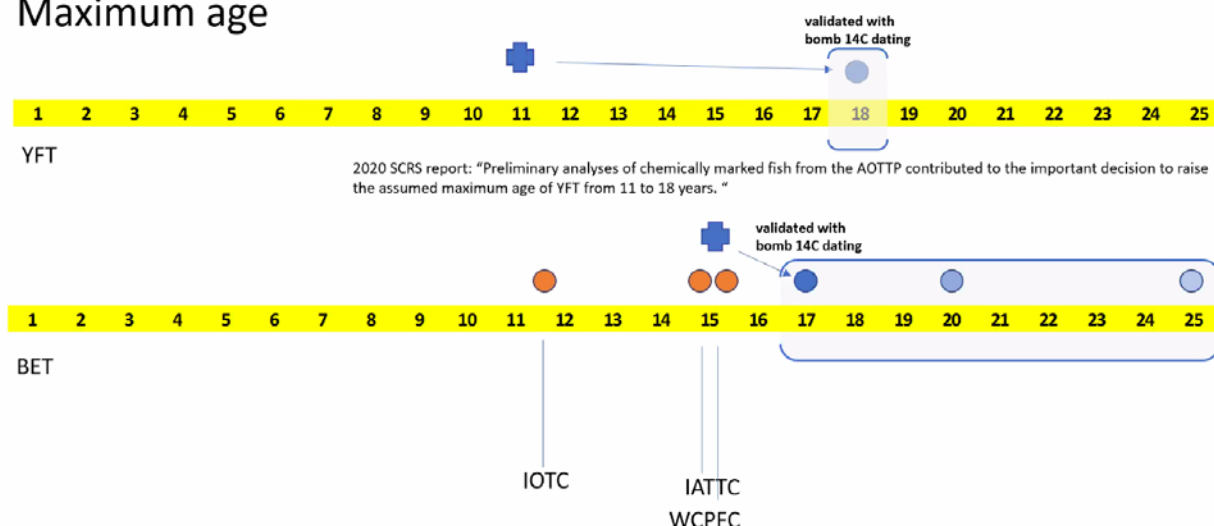


Figure 6. Annual length frequency bubble plots for fleets considered in stock synthesis models. (Table 5 contains details of fleet definitions).

Maximum age



EPO - IATTC, 2019. Natural mortality used in the EPO bigeye tuna assessment. 2nd Review of the stock assessment of bigeye tuna in the Eastern Pacific Ocean
WPO - Farley, J et al., 2020. Age and growth of yellowfin and bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean from otoliths. WCPFC-SC16-2020/SA-WP-02
IOTC - Fu, D., 2020. Preliminary Indian Ocean bigeye tuna stock assessment 1950-2018 (stock synthesis). IOTC-2019-WPTT21-61

Figure 7. Estimates of maximum age used in the assessment of stocks of bigeye tuna and yellowfin tuna by various RFMOs. Red circles represent estimates for BET used in IOTC, IATTC and WCPFC. Blue symbols correspond to estimates used in ICCAT stock assessments. Blue crosses represent estimates used by ICCAT in the assessment prior to the most recent assessment of each stock. Circles represent estimates of maximum age used in the ICCAT assessments of yellowfin (2019) and bigeye tuna (2021). The 2021 ICCAT assessment of bigeye used three values of maximum age in the uncertainty grid.

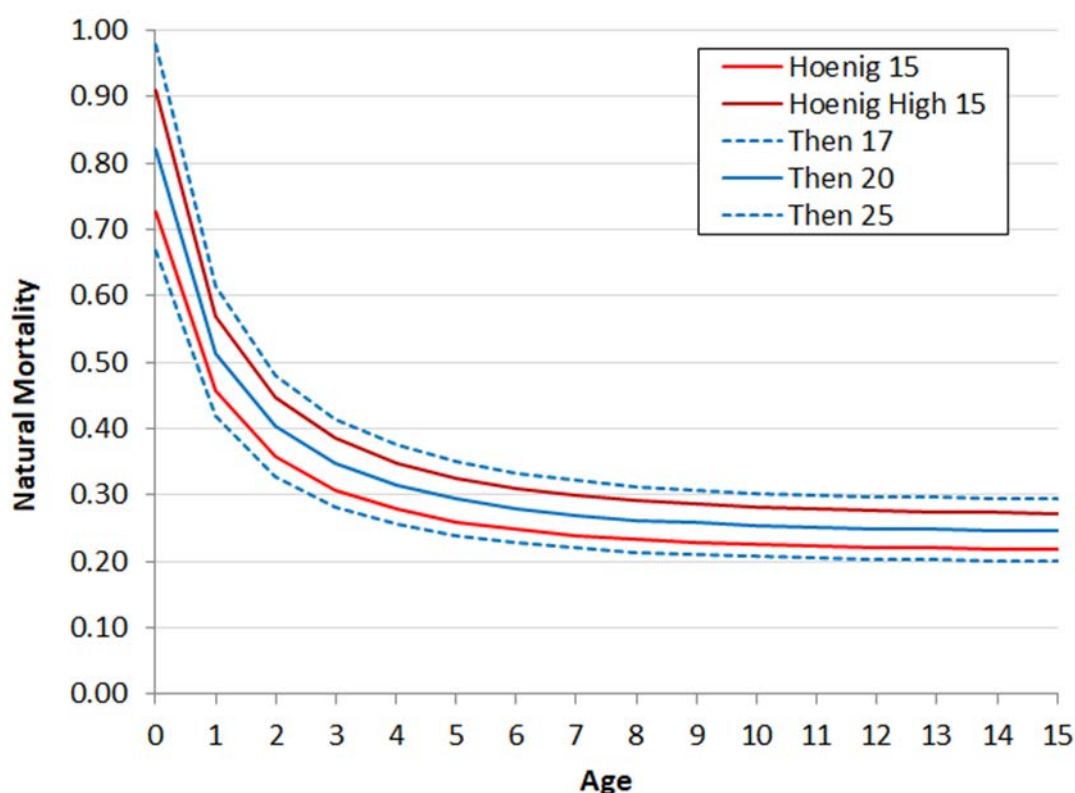


Figure 8. Natural mortality at age assumptions used for the Stock Synthesis model runs. Red lines represent assumptions used in the 2018 BET assessment. Blue lines represent the assumptions made in the current assessment.

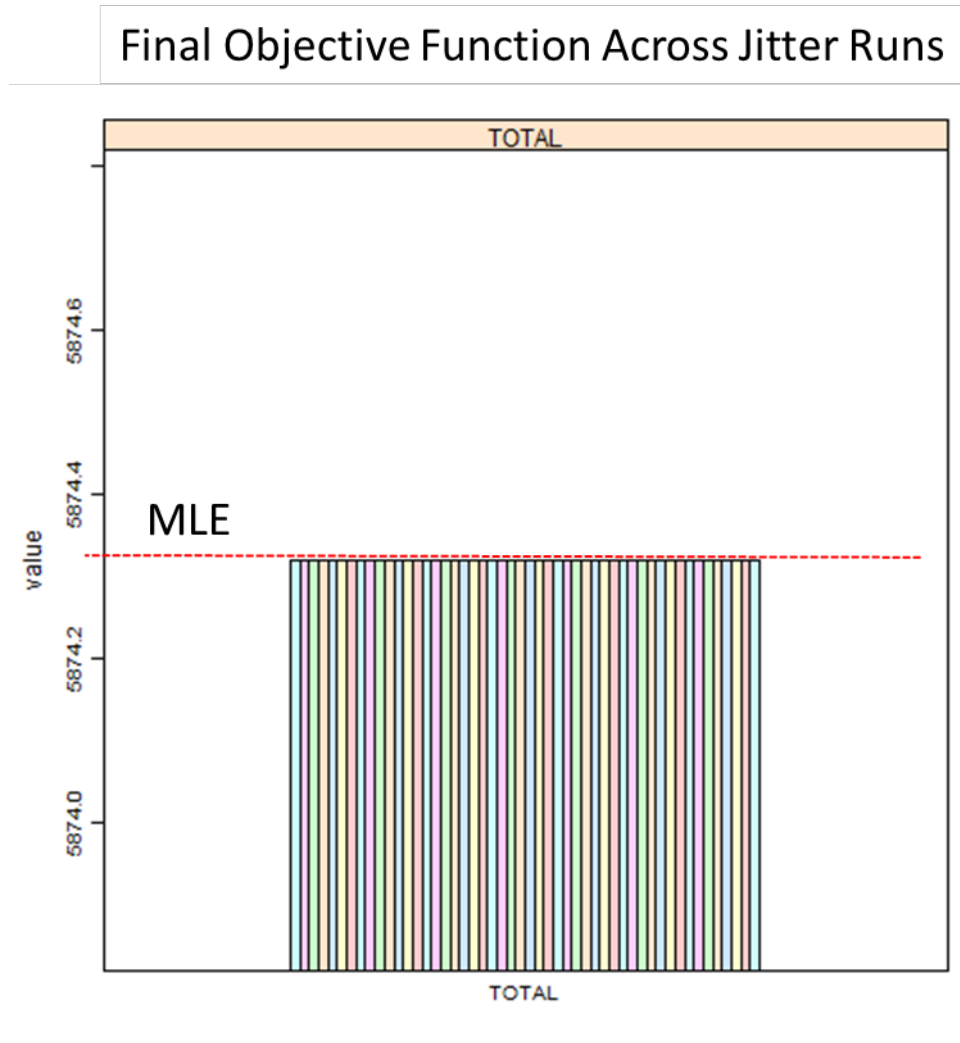


Figure 9. Final objective function for the stock synthesis reference case across jittered starting parameter values.

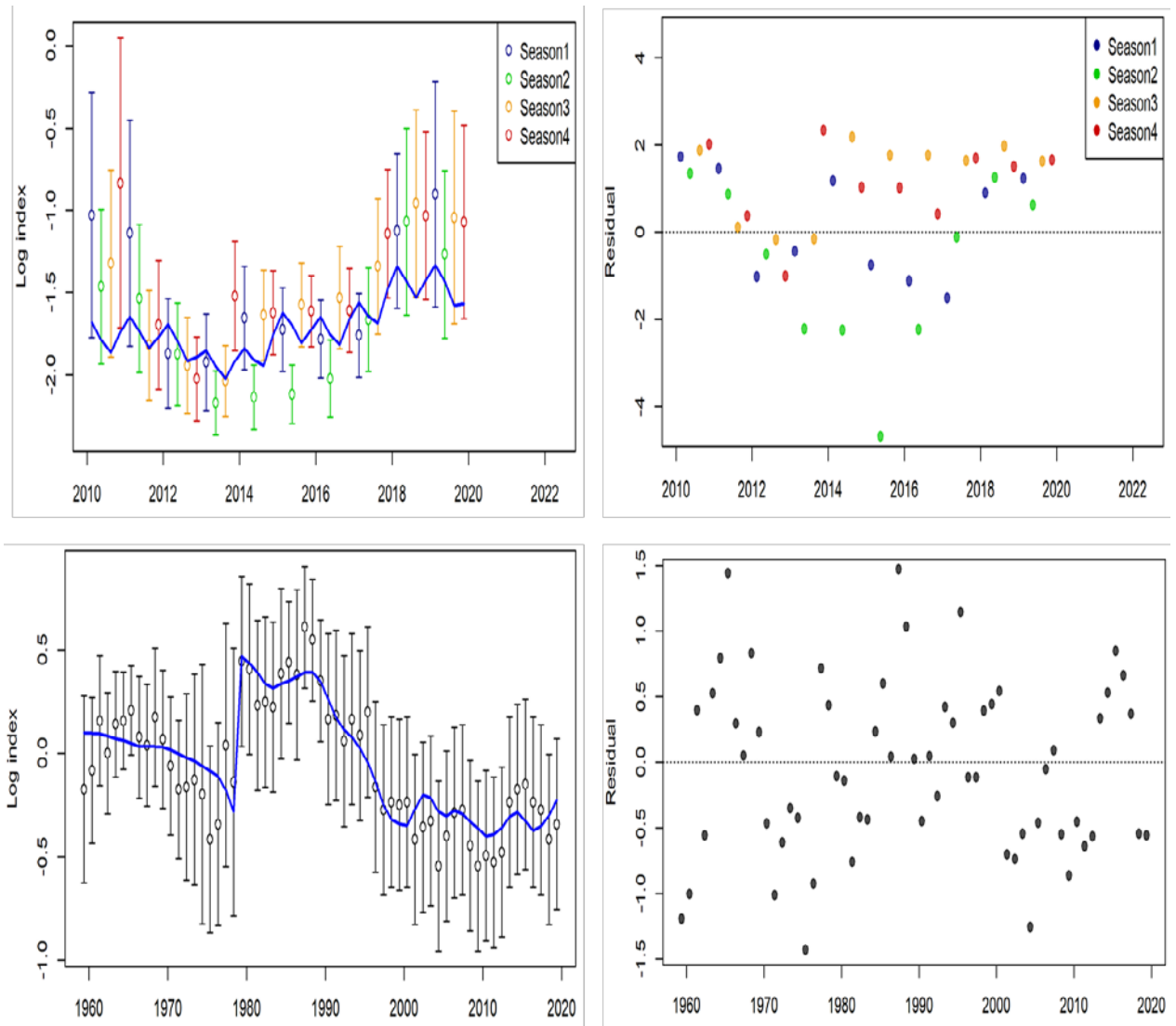


Figure 10. Stock Synthesis reference case fits (left panels) and residuals (right panels) to the acoustic buoy index (top panels) and joint longline index (lower panels). Solid blue lines represent predictions and bars represent observations with their CVs.

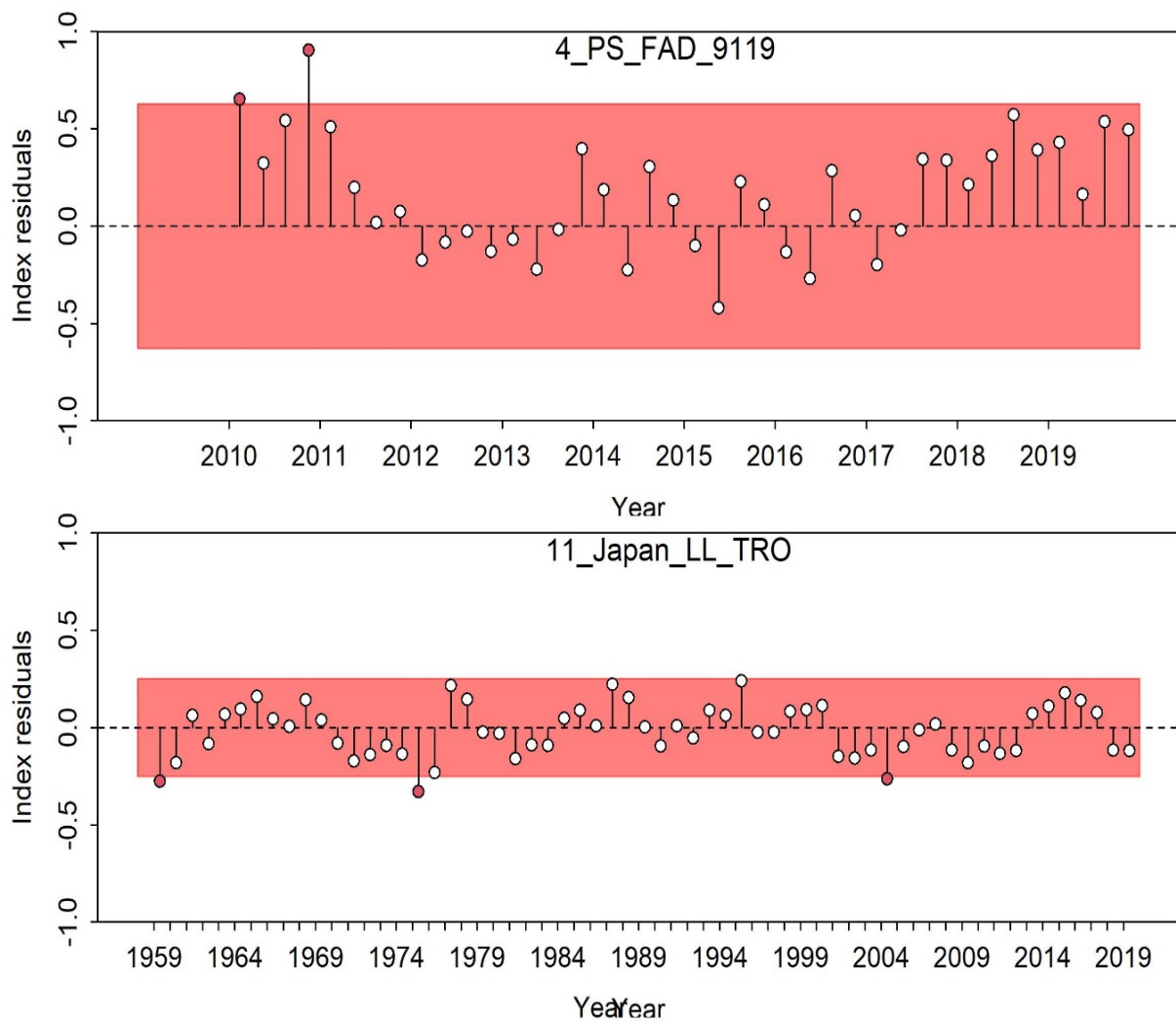


Figure 11. Diagnostic runs test on residual fits to indices of abundance (acoustic buoy upper panel, joint longline index lower panel) for Stock Synthesis reference case. Red circles represent outliers and the red box represents overall failure of the runs test.

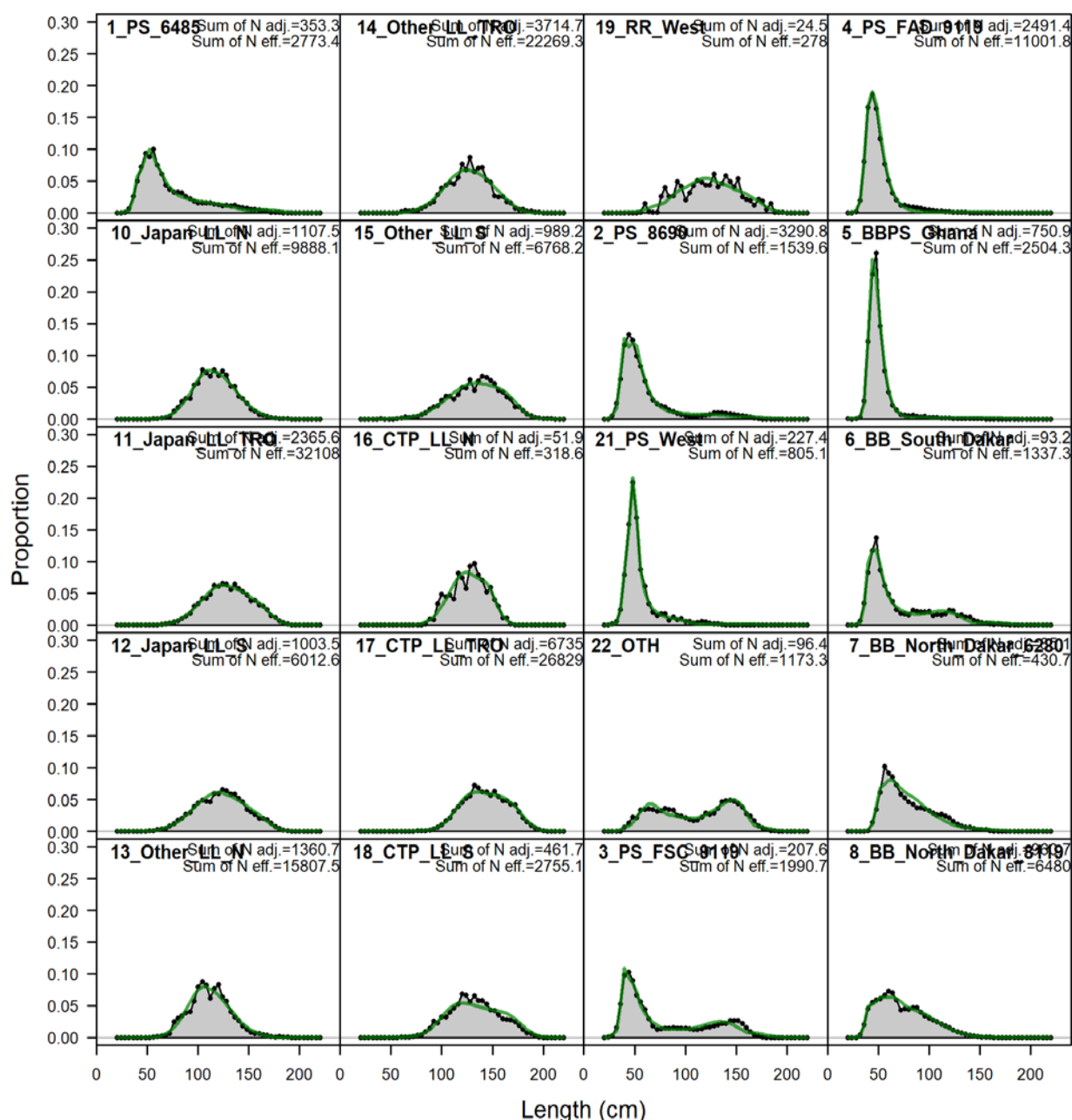


Figure 12. Fits to fleet aggregated length compositions for the Stock Synthesis reference case. Black dots represent the observed length data aggregated for all years. Green lines represent model predictions.

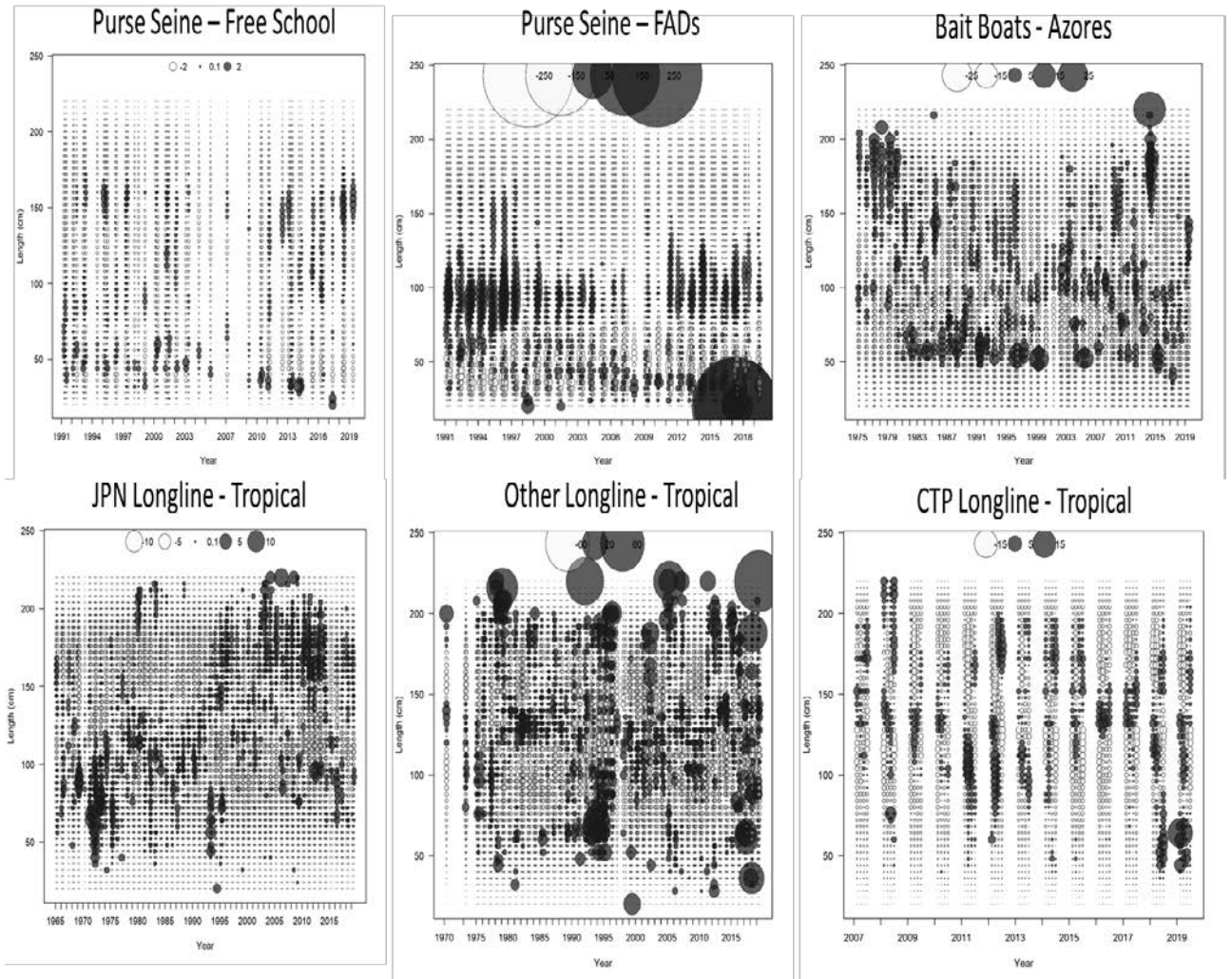


Figure 13. Residuals to bigeye tuna length composition data of the major harvesting fleets for Stock Synthesis reference case. Diameter of the circle represents the value of residual; white circles represent negative. residuals and dark circles positive residuals.

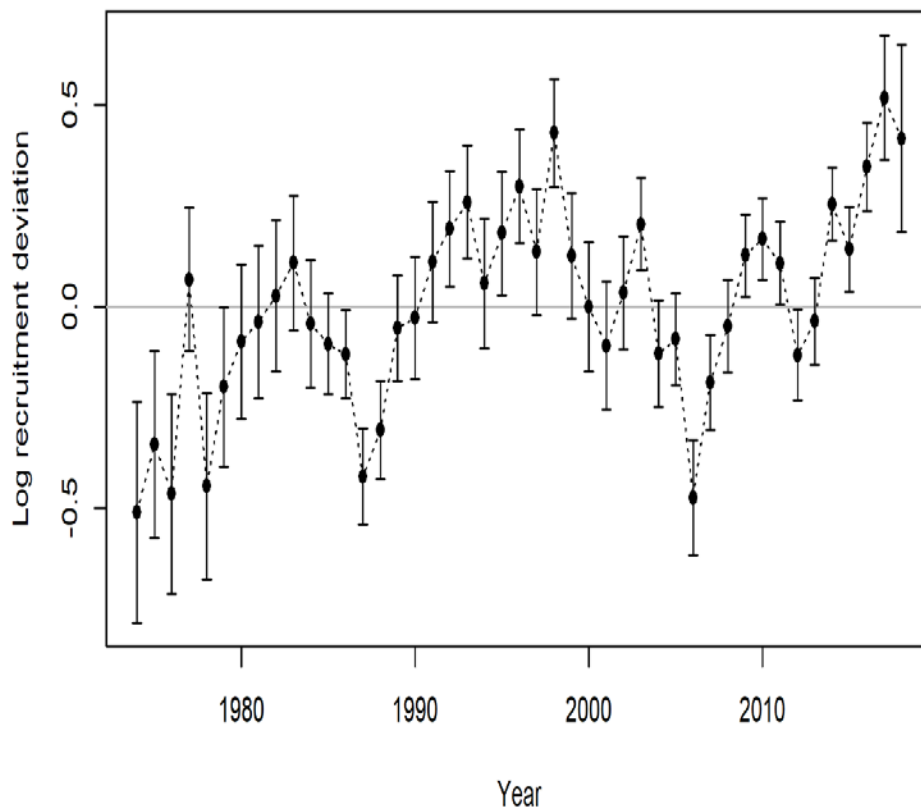


Figure 14. Estimated recruitment deviations for the period 1974-2018 for Stock Synthesis reference case.

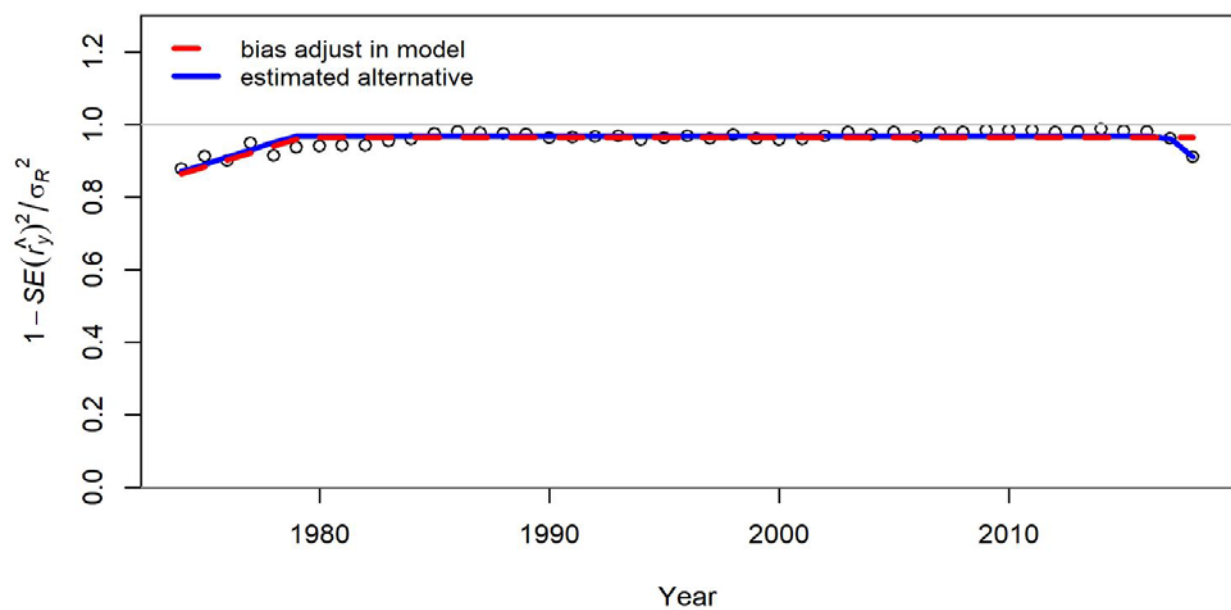


Figure 15. The bias corrections for recruitment deviates in the Stock Synthesis reference case.

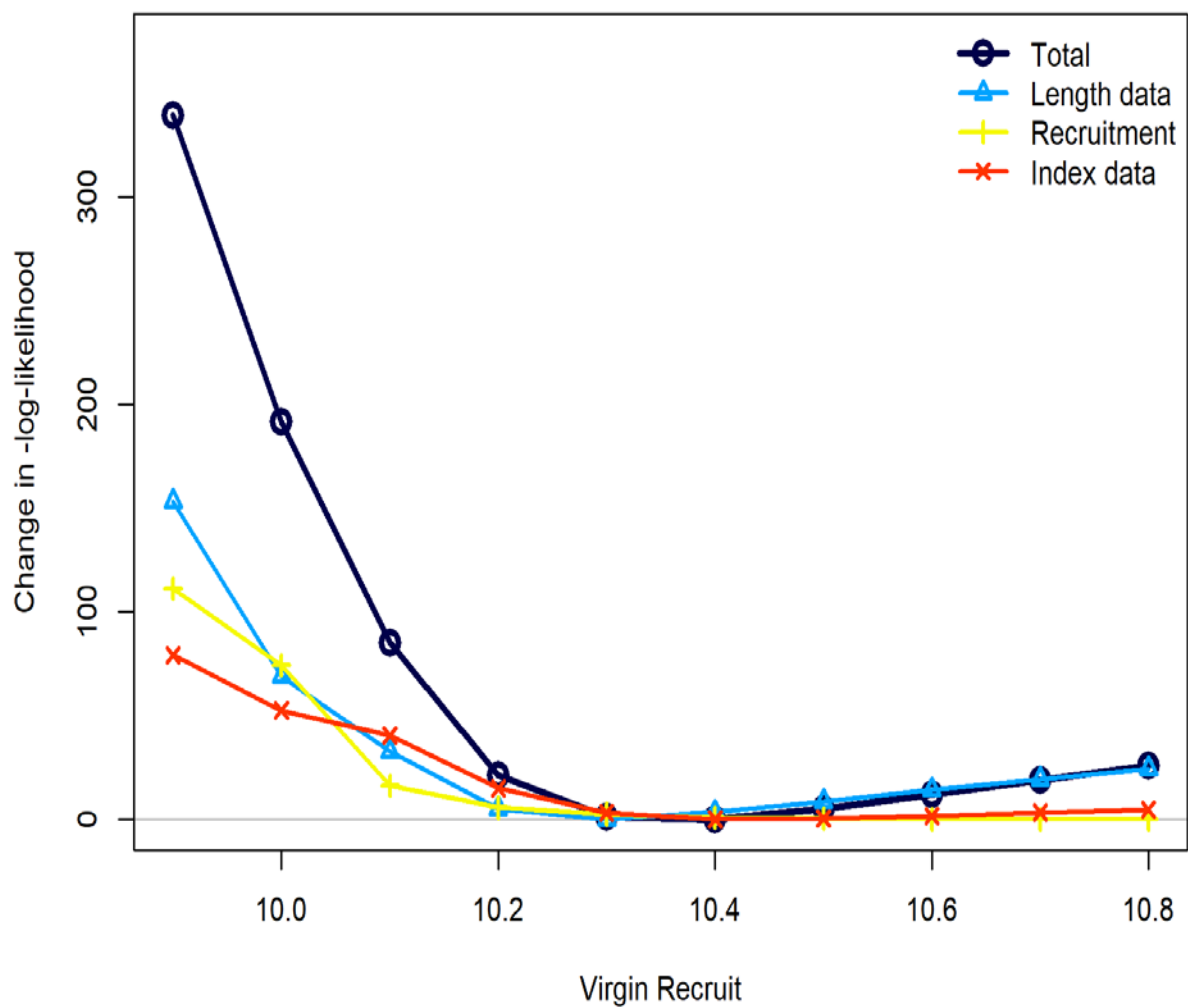


Figure 16. Likelihood profile of virgin recruitment (log scale) from Stock Synthesis reference case.

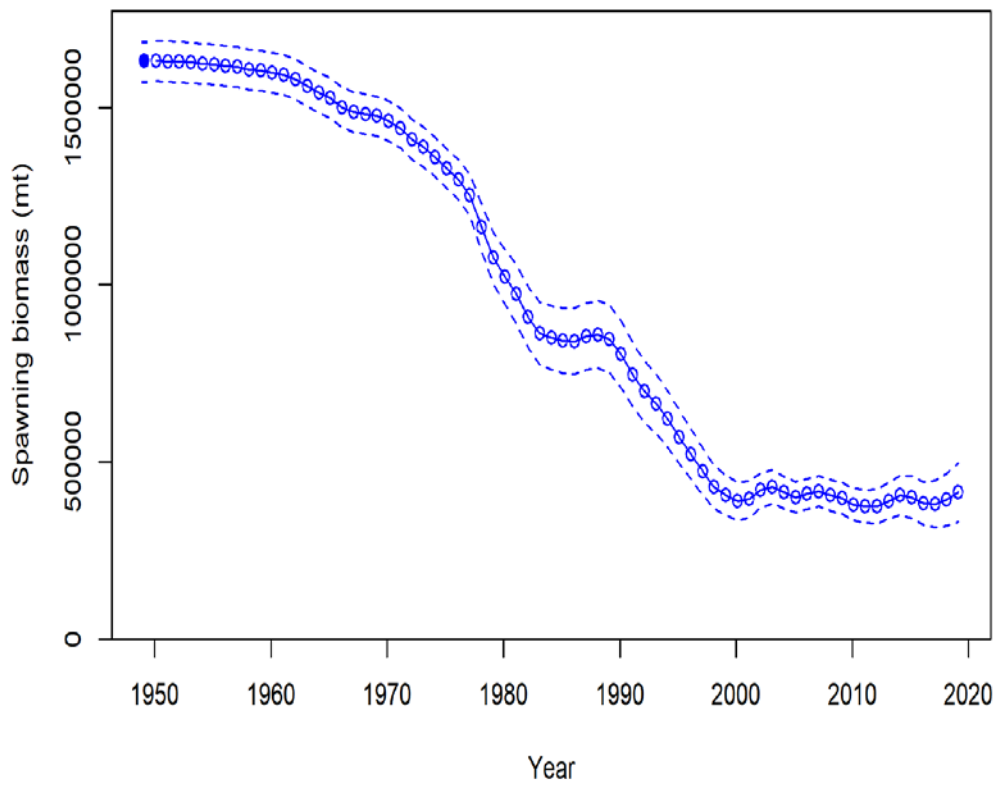


Figure 17. Spawning stock biomass estimates from the Stock Synthesis reference case.

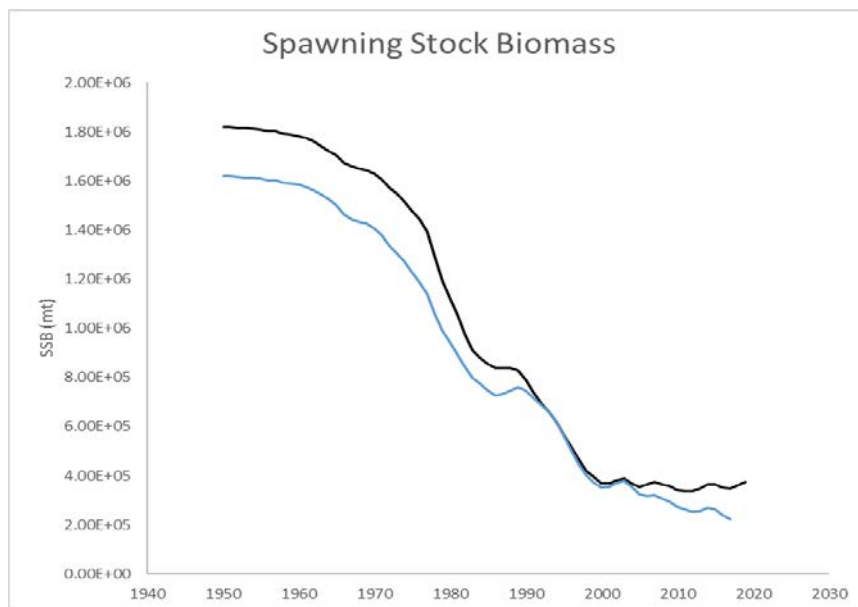


Figure 18. Comparison of spawning stock biomass estimates between the 2021 continuity model run (black) and 2018 assessment reference case run (blue).

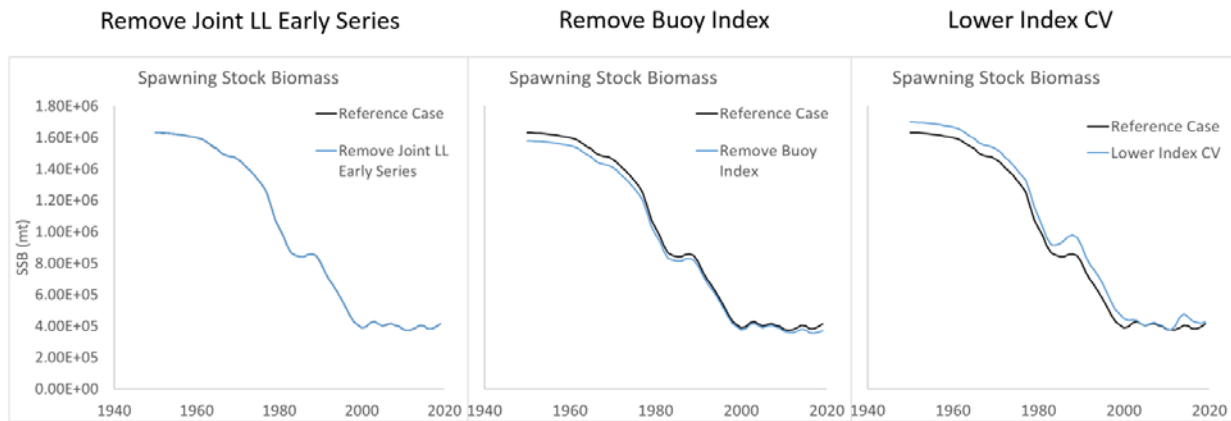


Figure 19. Sensitivity of SSB (mt) trends from the Stock Synthesis reference case to the removal of certain relative index of abundance or to lowering the CV for relative abundance indices.

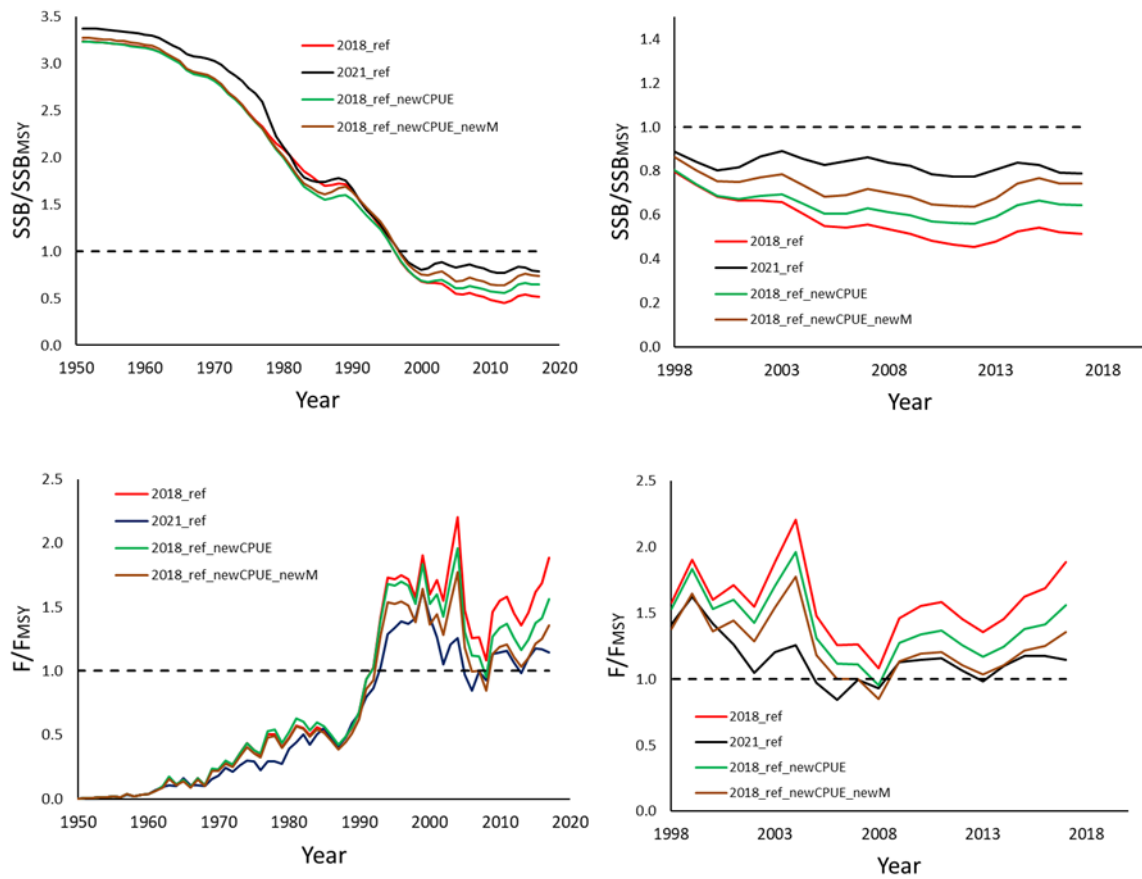


Figure 20. SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY} trends from stepwise sensitivity runs of Stock Synthesis built to assess the influence of changes made since the 2018 stock assessment. Lines represent the 2018 (2018_ref) and 2021 (2021_ref) reference cases, the 2018 reference case replacing the 2018 joint longline index with the 2021 joint longline index (2018_ref_new_CPUE) and this last case with the replacement of the 2018 natural mortality with the 2021 natural mortality (2018_ref_new_CPUE_new_M).

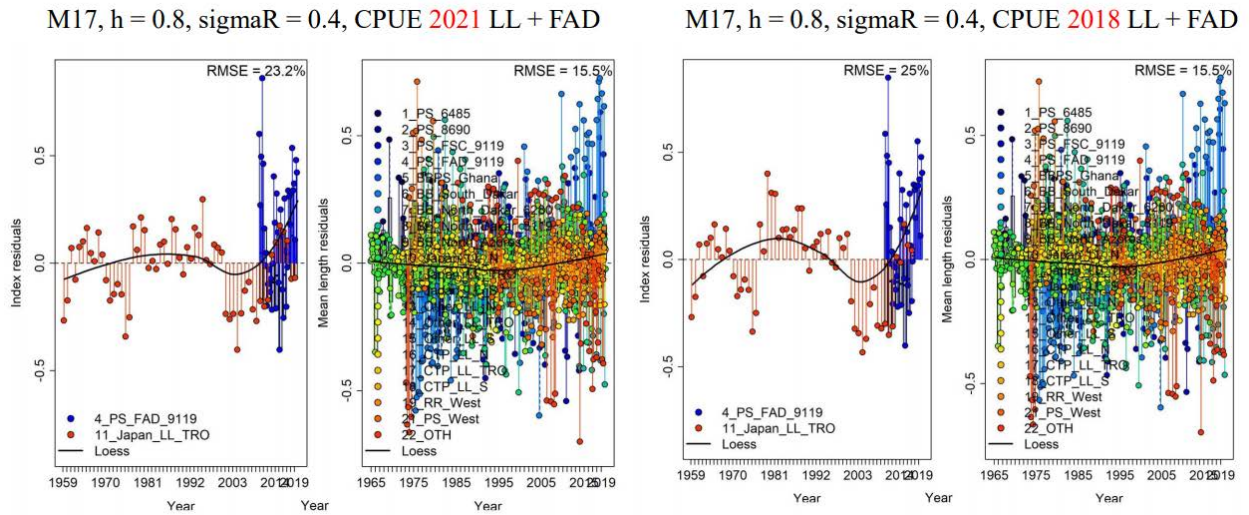


Figure 21. Comparison of residuals of the 2021 Stock Synthesis reference case (left panels) and the residuals of the sensitivity run where the 2021 joint longline index has been replaced with the 2018 joint longline index (right panels).

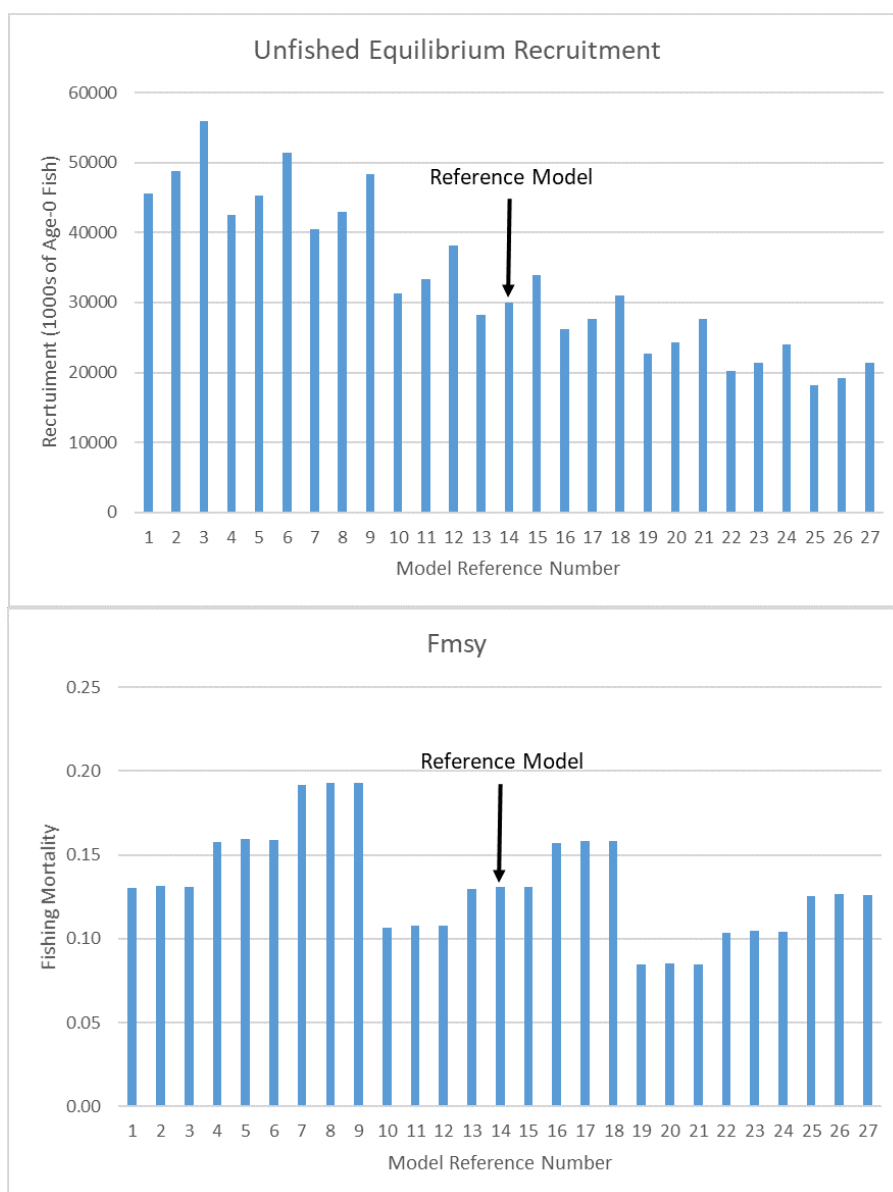


Figure 22. Estimates of recruitment at unfished spawning stock biomass and Fmsy for the 27 model Stock Synthesis models of the uncertainty grid. The model reference number on the x-axis corresponds to the model configuration listed in **Table 13**.

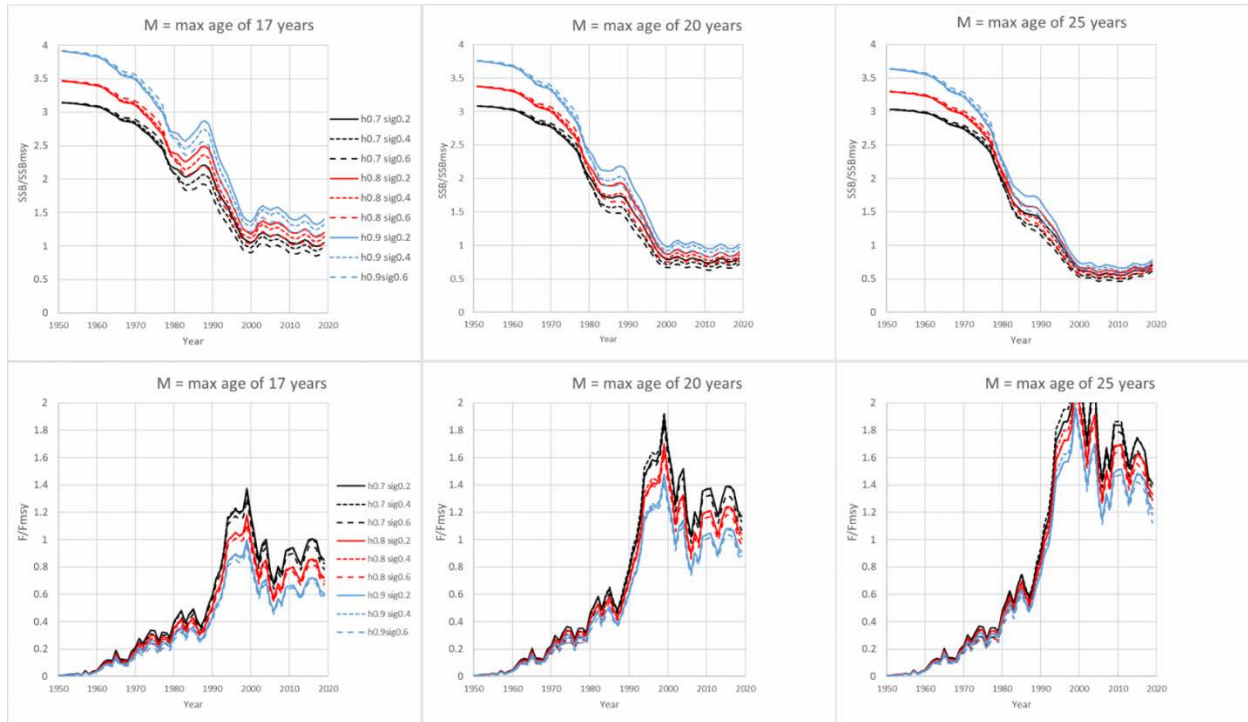


Figure 23. Time series of stock status trends across the 27 Stock Synthesis models of the uncertainty grid. Panels in each column represent the different assumptions of maximum age and thus natural mortality. Upper panels represent SSB/SSB_{MSY} trends and lower panels F/F_{MSY} trends. Individual lines represent different combinations of steepness and sigmaR.

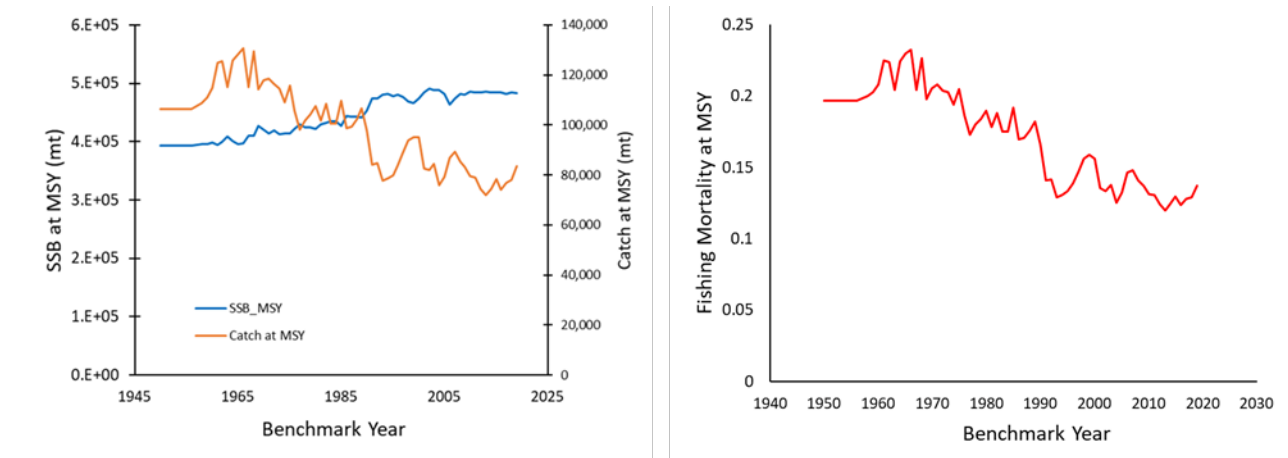


Figure 24. Dynamic SSB/SSB_{MSY} and catch at MSY (left panel) and F/F_{MSY} (right panel) by benchmark year, demonstrating the effects of changes in selectivity for bigeye tuna using the SS 2021 reference case.

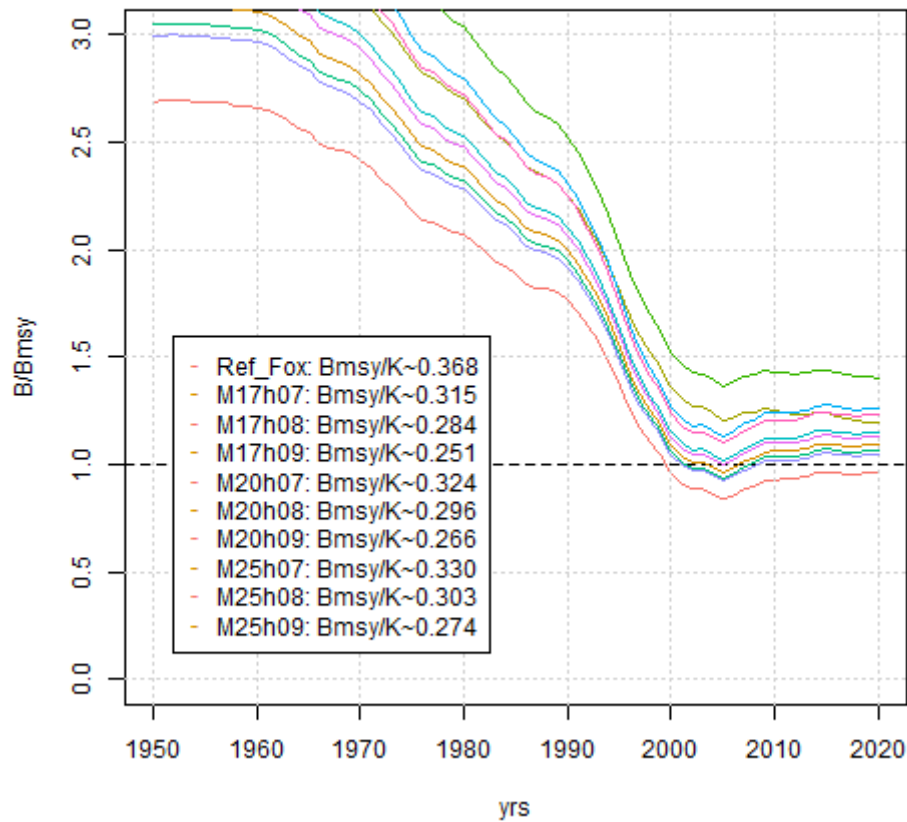


Figure 25. B/B_{MSY} trajectories from the deterministic MPB runs for the Reference Case and 9 uncertainty grid runs.

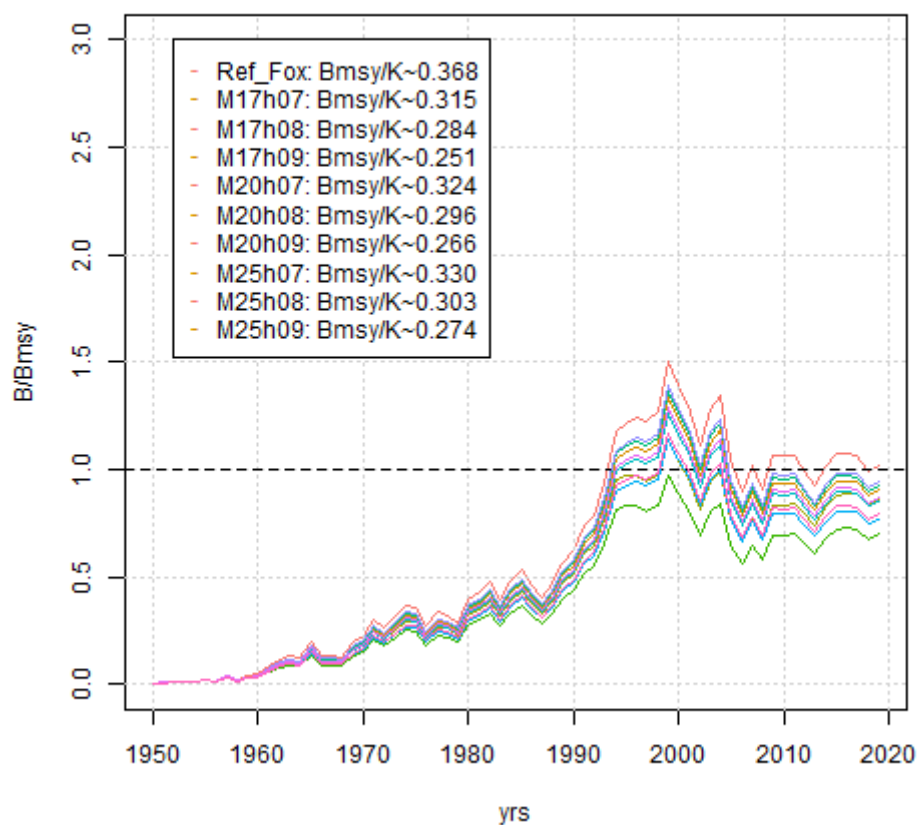


Figure 26. F/F_{MSY} trajectories from the deterministic MPB runs for the Reference Case and 9 uncertainty grid runs.

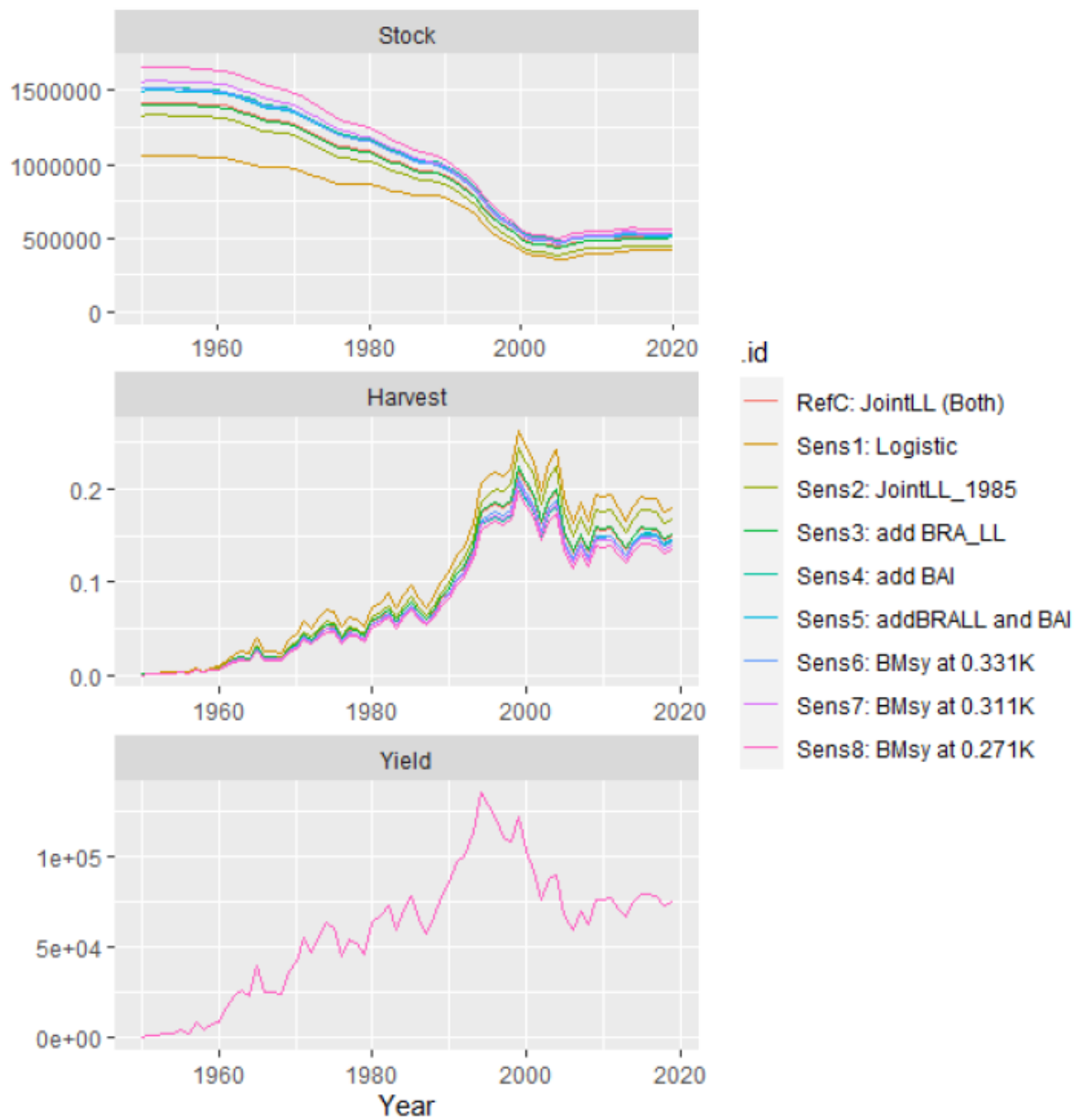


Figure 27. Biomass and Fishing mortality estimates from selected deterministic sensitivity MPB runs.

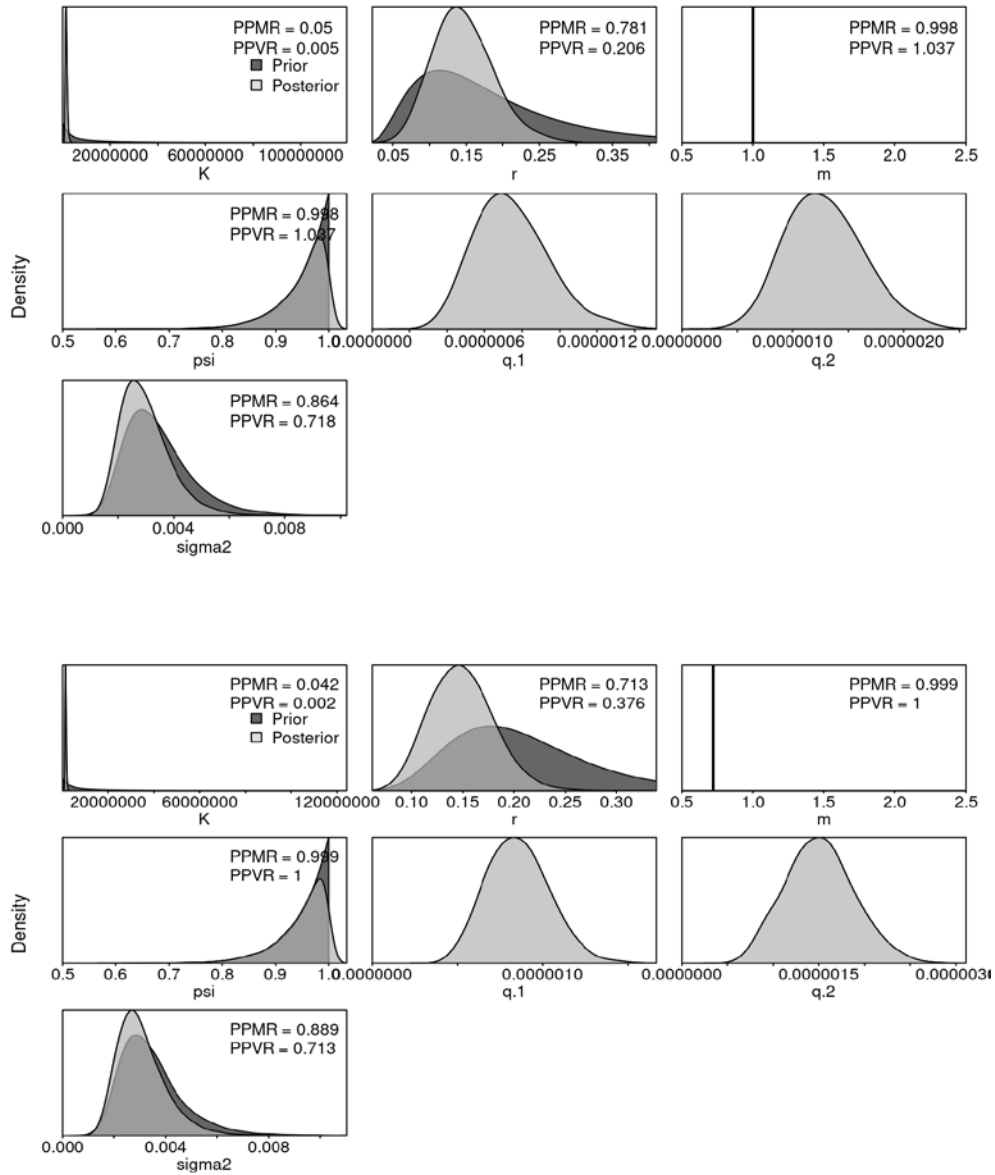


Figure 28. JABBA prior and posterior distributions of various parameters for the JABBA scenarios S01(upper panels) and S06 (bottom panels) fitted for the Atlantic bigeye tuna. PPRM: Posterior to Prior Ratio of Medians; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances.

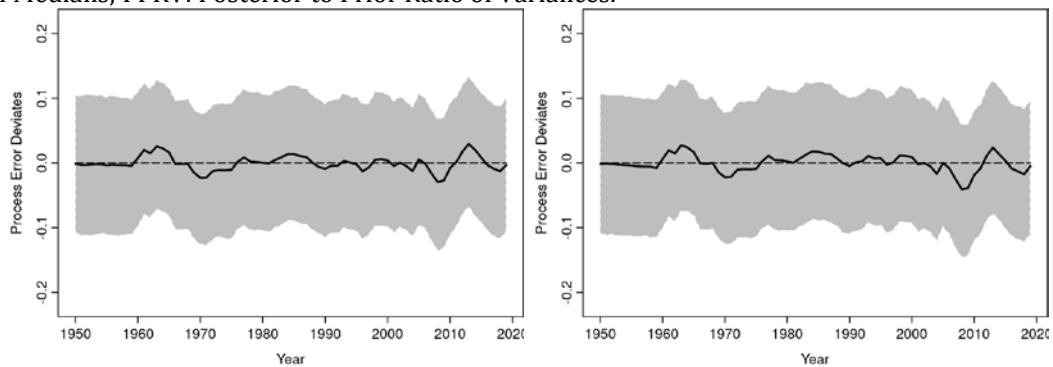


Figure 29. JABBA process error deviates (median: solid line) with shaded grey area indicating 95% credibility intervals for the JABBA scenarios S01(left panel) and S06 (right panel).

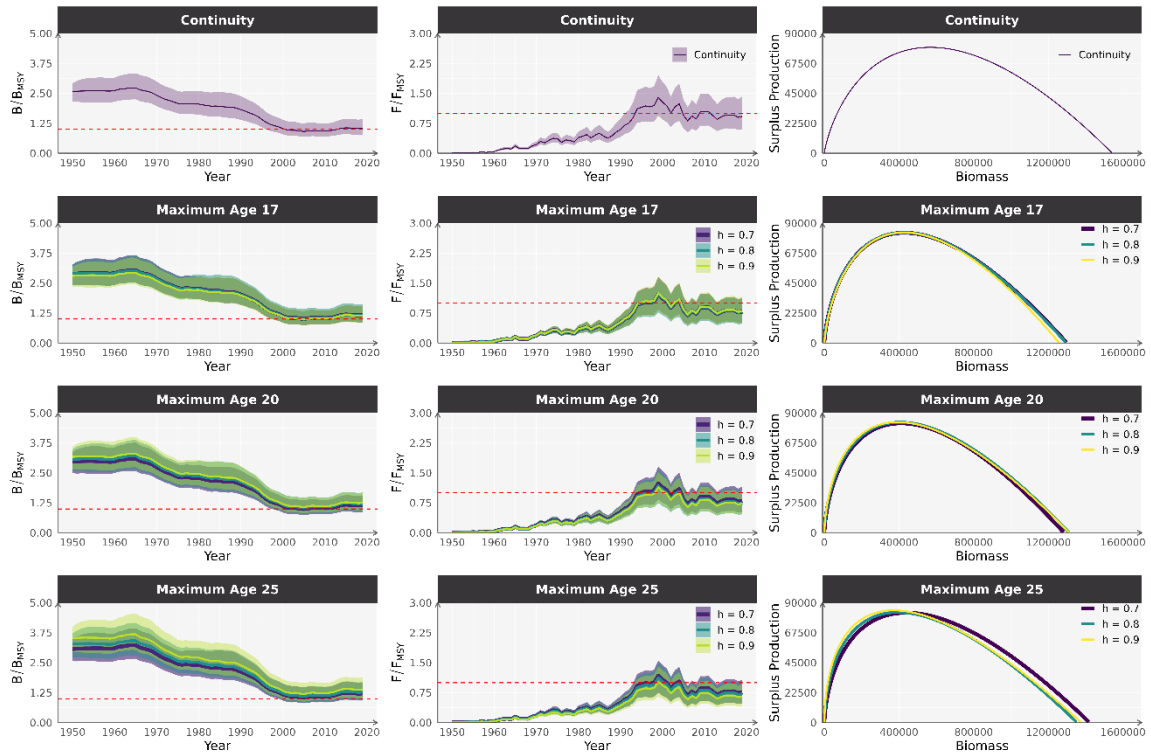
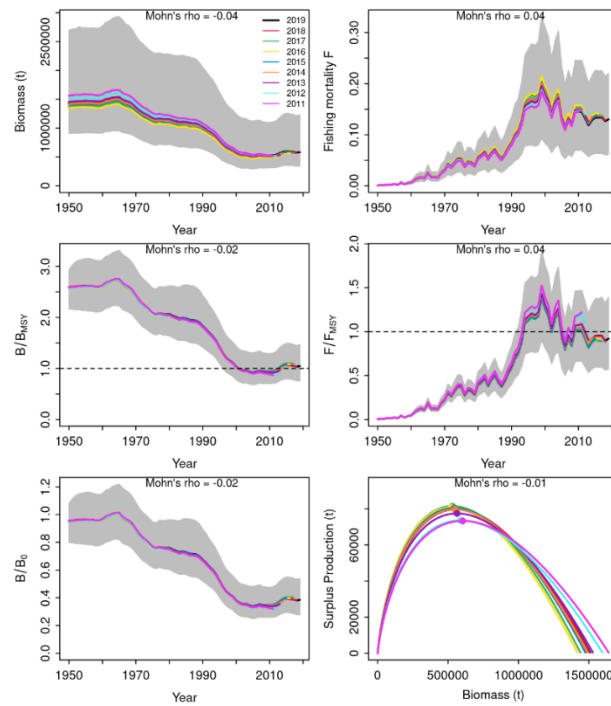


Figure 30. Trends in biomass and fishing mortality (left panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and surplus production curve (right panels) for uncertainty grid scenarios of the Bayesian state-space surplus production JABBA model.



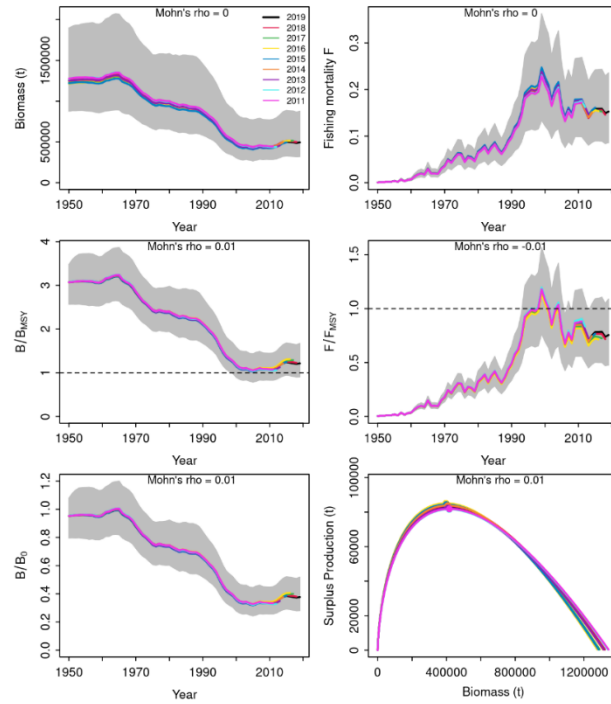
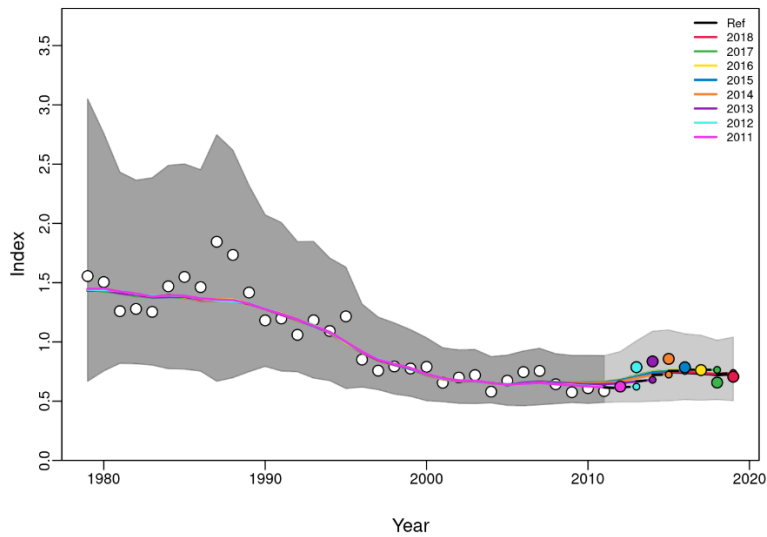


Figure 31. JABBA retrospective analysis conducted for the scenarios S01 (upper panels) and S06 (bottom panels) for Atlantic bigeye tuna, by removing one year at a time sequentially ($n=8$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).



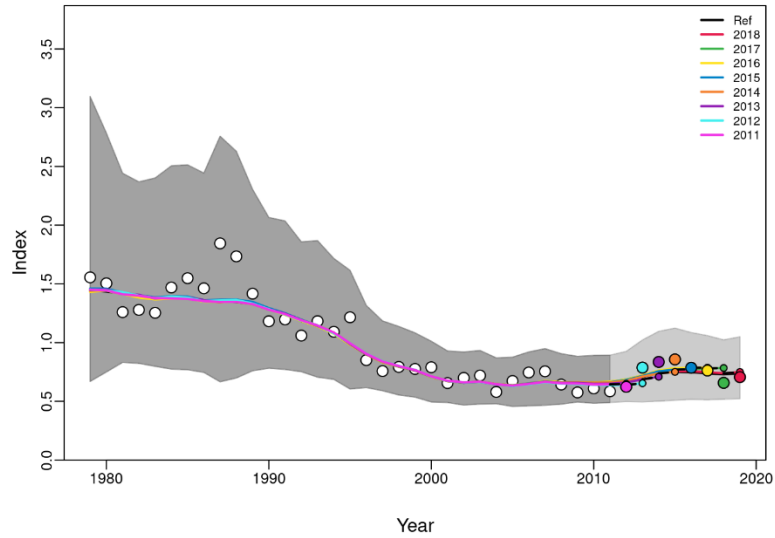


Figure 32. JABBA Hindcasting cross-validation results (HCxval) for the scenarios S01 (upper panel) and S06 (bottom panel) for Atlantic bigeye tuna, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2011-2019), performed with eight hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted as color-coded solid circles with associated light-grey shaded 95% confidence interval. The model reference year refers to the end points of each one-year-ahead forecast and the corresponding observation (i.e. year of peel + 1).

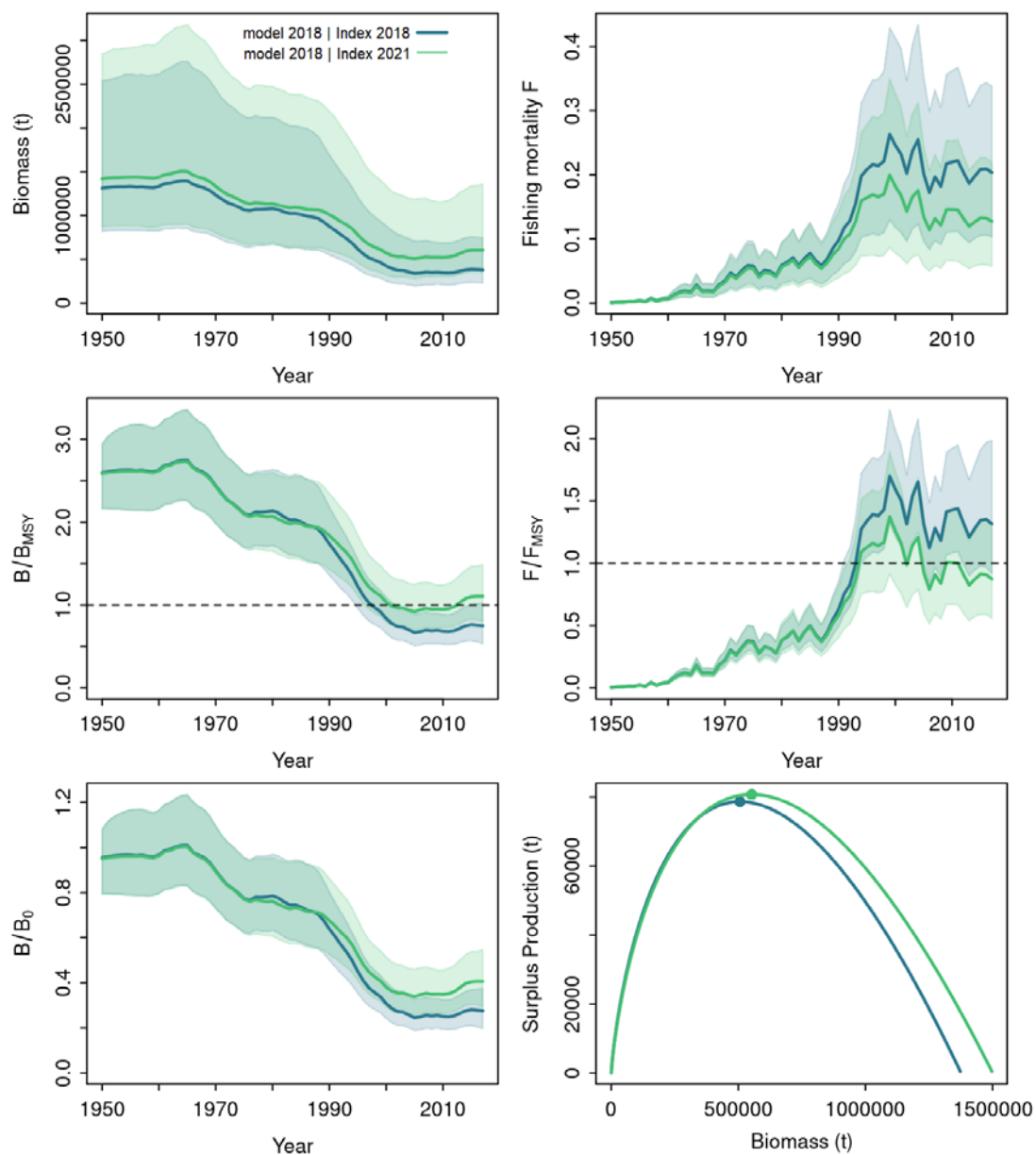


Figure 33. Comparisons of JABBA sensitivity scenarios using the 2021 joint index or the 2018 joint index. Trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

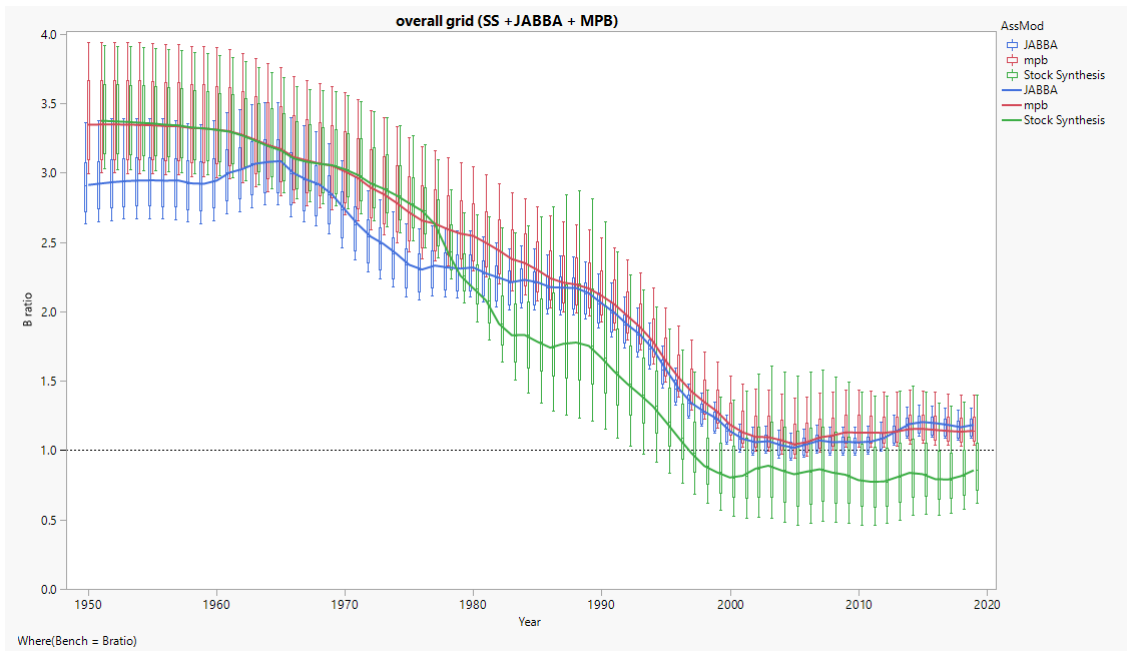


Figure 34 Comparison of estimates of SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) or B/B_{MSY} (production models – MPB and JABBA) between 1950 and 2019 by all runs for Atlantic bigeye tuna. The box plots represent the annual distribution of relative biomass estimates from deterministic models in the uncertainty grid, the lines represent the median of the distribution for each model type (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

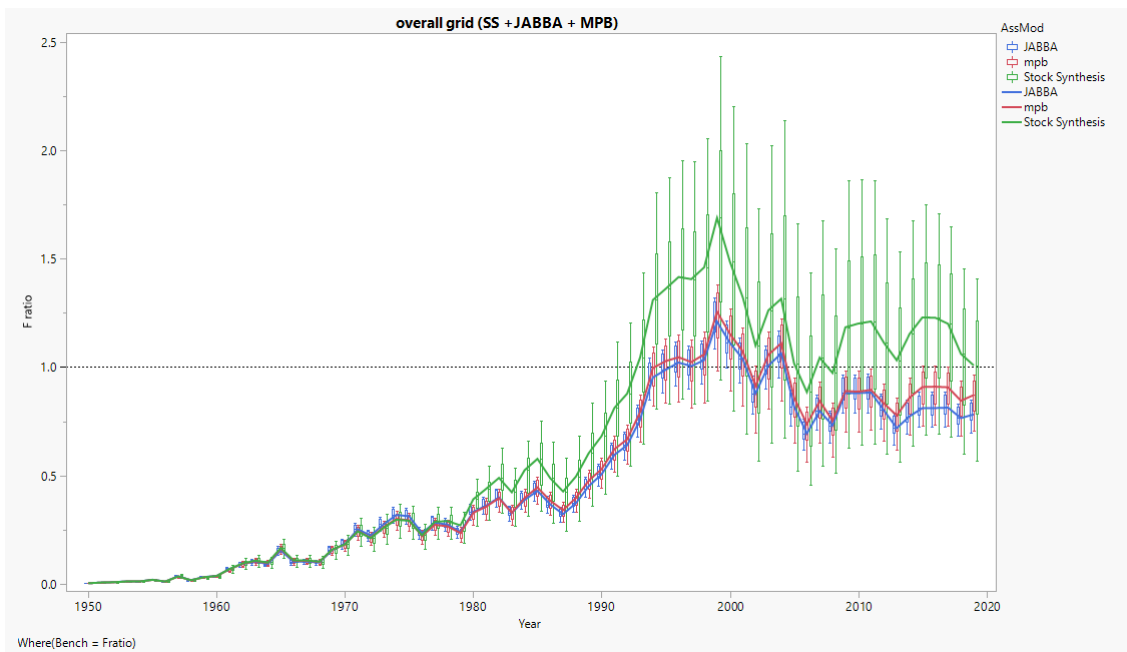


Figure 35. Comparison of estimates of F/F_{MSY} between 1950 and 2019 by all runs for Atlantic bigeye tuna. The box plots represent the annual distribution of relative fishing mortality estimates from deterministic models in the uncertainty grid, the lines represent the median of the distribution for each model type (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

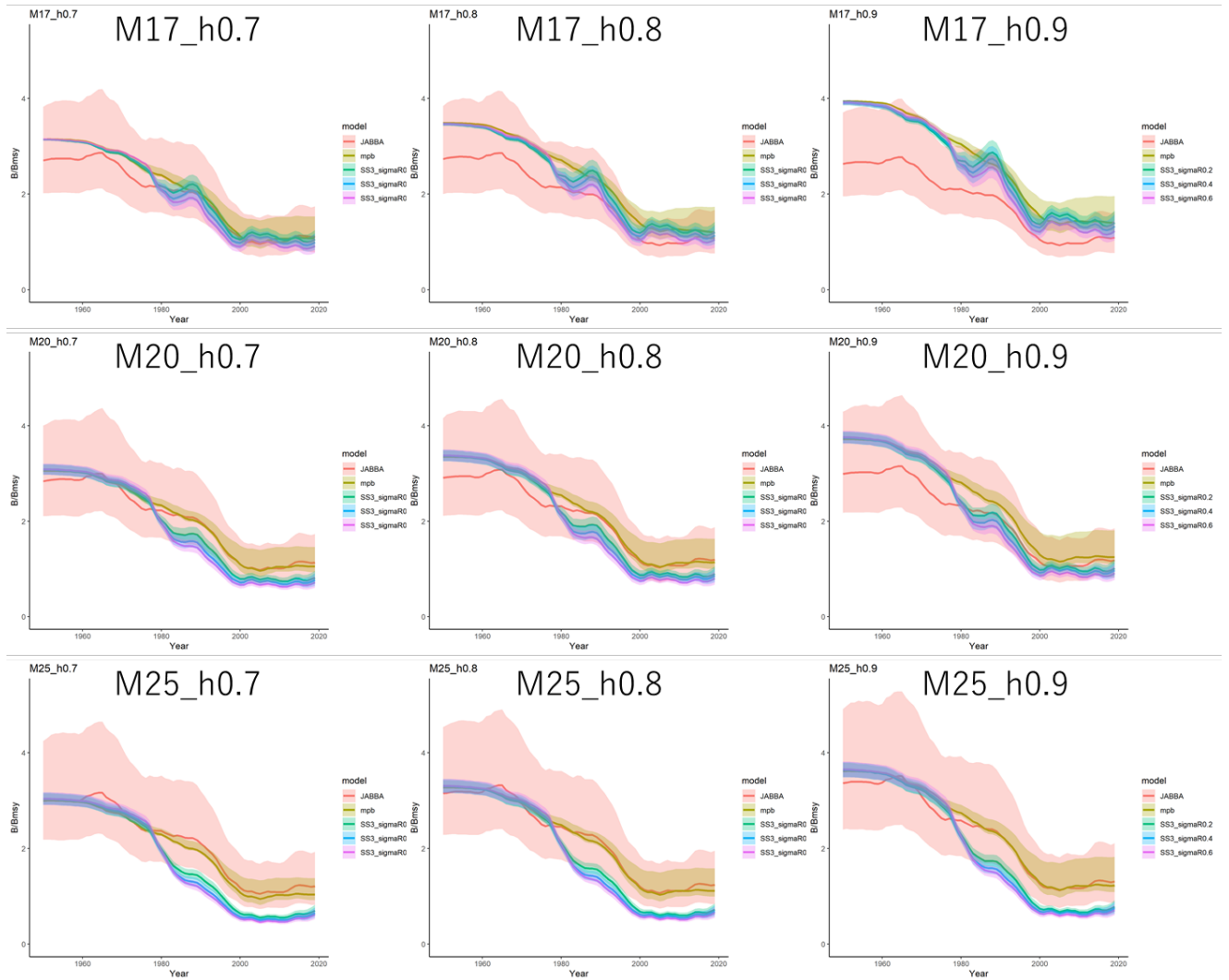


Figure 36. Comparisons of the median and 95 confidence or credibility intervals of B/B_{MSY} (production models) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) trajectories between the production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis models by the scenarios of maximum age ($M=17, 20$, and 25) and steepness ($h=0.7, 0.8$, and 0.9). For the Stock Synthesis models, each panel includes three different assumptions of σR ($\sigma R=0.2, 0.4$, and 0.6). The confidence intervals were calculated based on 5000 MVNL iterations for Stock Synthesis and 500 bootstrap iterations for MPB, and the credibility intervals for JABBA were based on 30000 MCMC iterations.

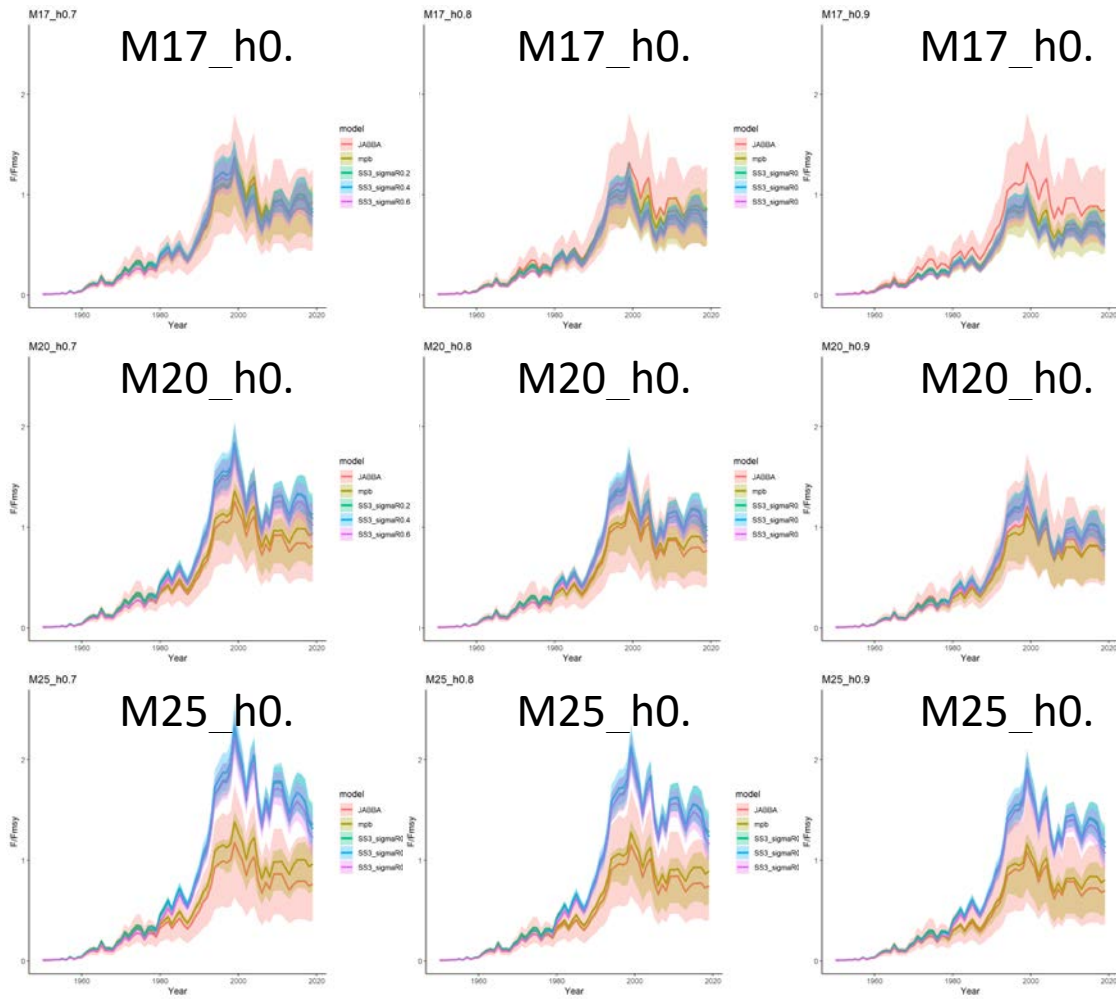


Figure 37. Comparisons of the median and 95 confidence or credibility intervals of F/F_{MSY} trajectories between the production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis models by the scenarios of maximum age ($M=17, 20$, and 25) and steepness ($h=0.7, 0.8$, and 0.9). For the Stock Synthesis models, each panel includes three different assumptions of sigma R (sigmaR=0.2, 0.4, and 0.6). The confidence intervals were calculated based on 5000 MVNL iterations for Stock Synthesis and 500 bootstrap iterations for MPB, and the credibility intervals for JABBA were based on 30000 MCMC iterations.

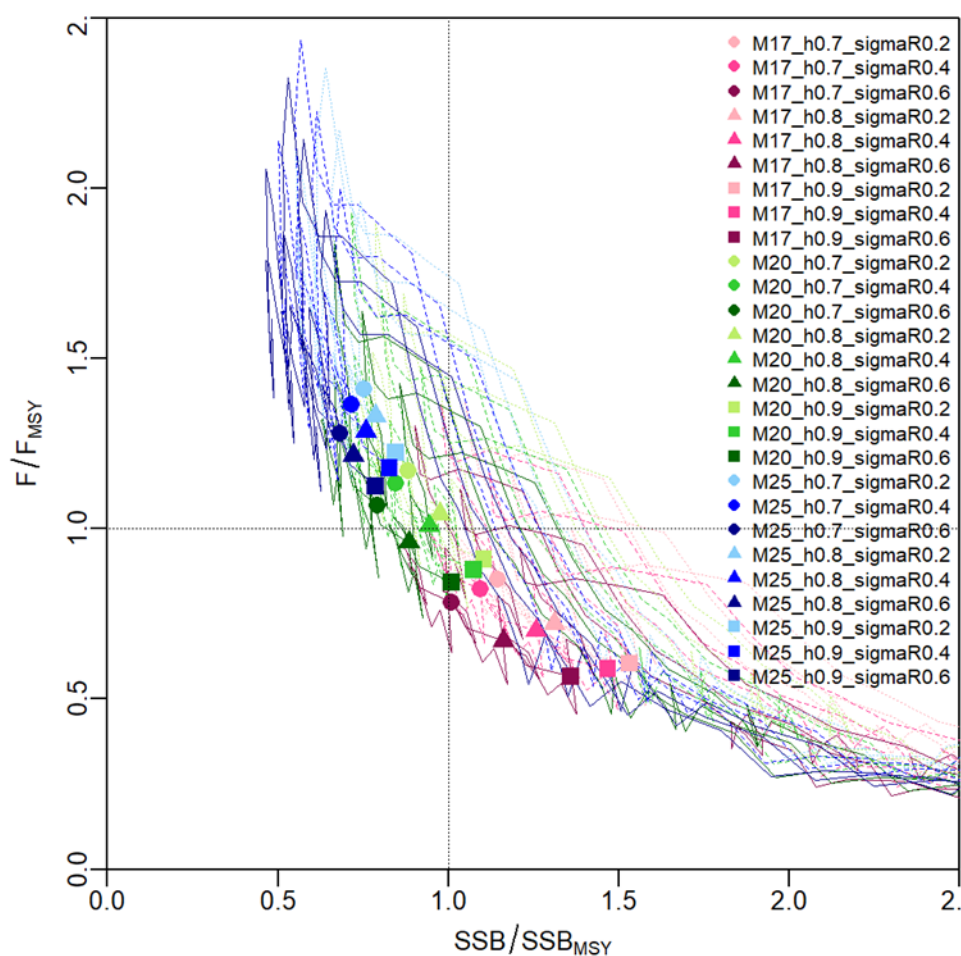


Figure 38. Kobe phase plot for the deterministic runs of the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs for Atlantic bigeye tuna. For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations. Symbols represent the estimates of relative fishing mortality and relative spawning stock biomass for 2019. Lines represent the historical evolution of the deterministic estimates.

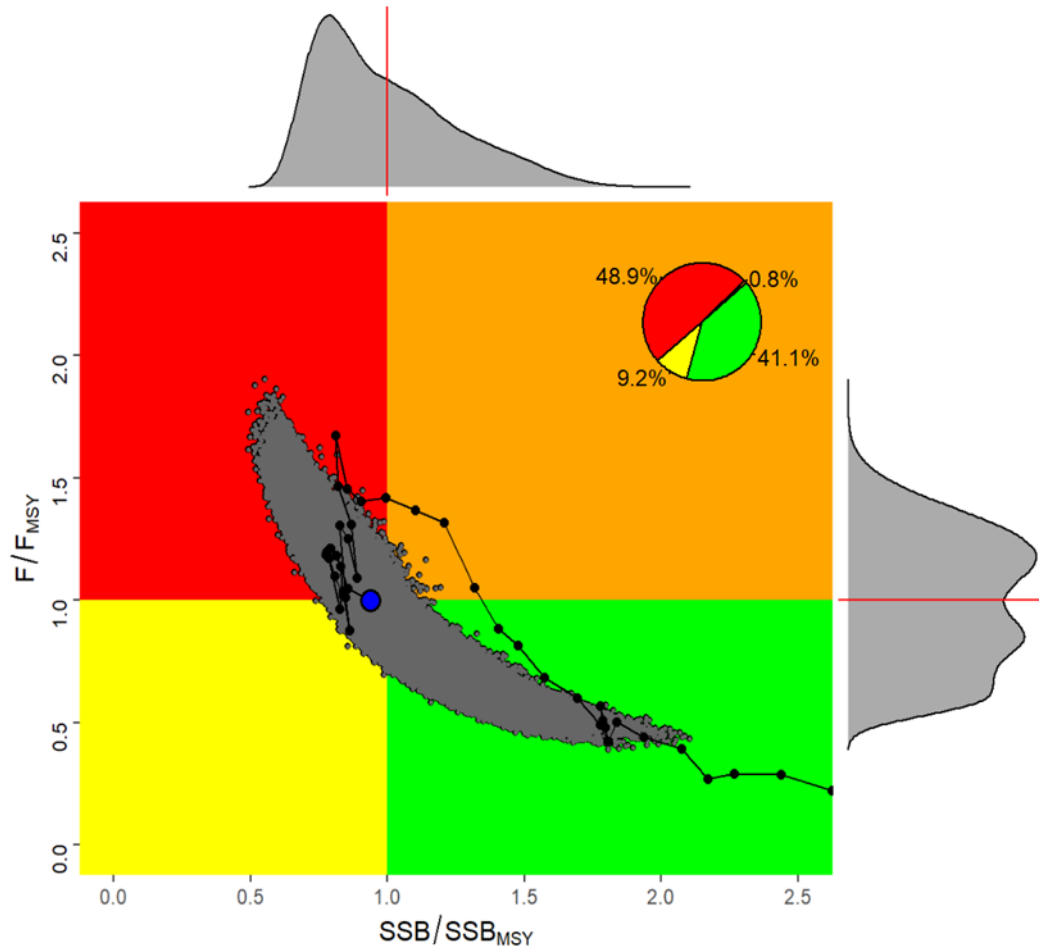


Figure 39. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs for Atlantic bigeye tuna. For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The blue point shows the median of 270,000 iterations for SSB_{2019}/SSB_{MSY} and F_{2019}/F_{MSY} for the entire set of runs in the grid. Black line with black symbols represents the historical evolution of the median of all runs. Grey points represent the 2019 estimates of relative fishing mortality and relative spawning stock biomass for 2019 for each of the 270,000 iterations. The upper graph represents the smoothed frequency distribution of SSB/SSB_{MSY} estimates for 2019. The right graph represents the smoothed frequency distribution of F/F_{MSY} estimates for 2019. The inserted pie graph represents the percentage of each 2019 estimate that fall in each quadrant of the Kobe plot.

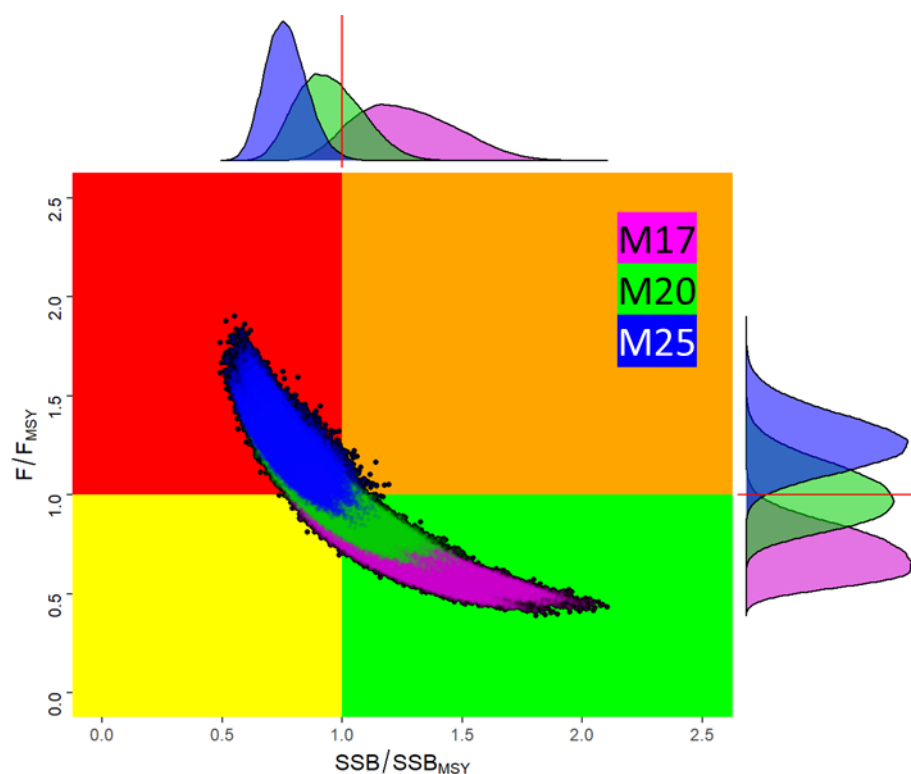


Figure 40. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different maximum age (M) assumptions for Atlantic bigeye tuna (M: pink=17; green=20, blue=25). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

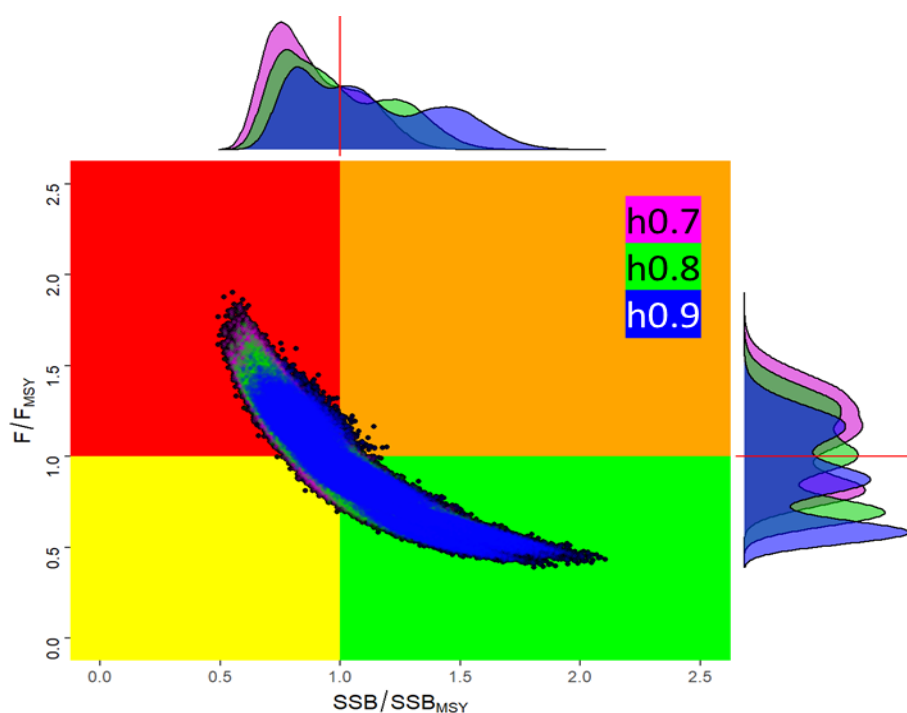


Figure 41. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different steepness (h) assumptions for Atlantic bigeye tuna (h: pink=0.7; green=0.8, blue=0.9). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

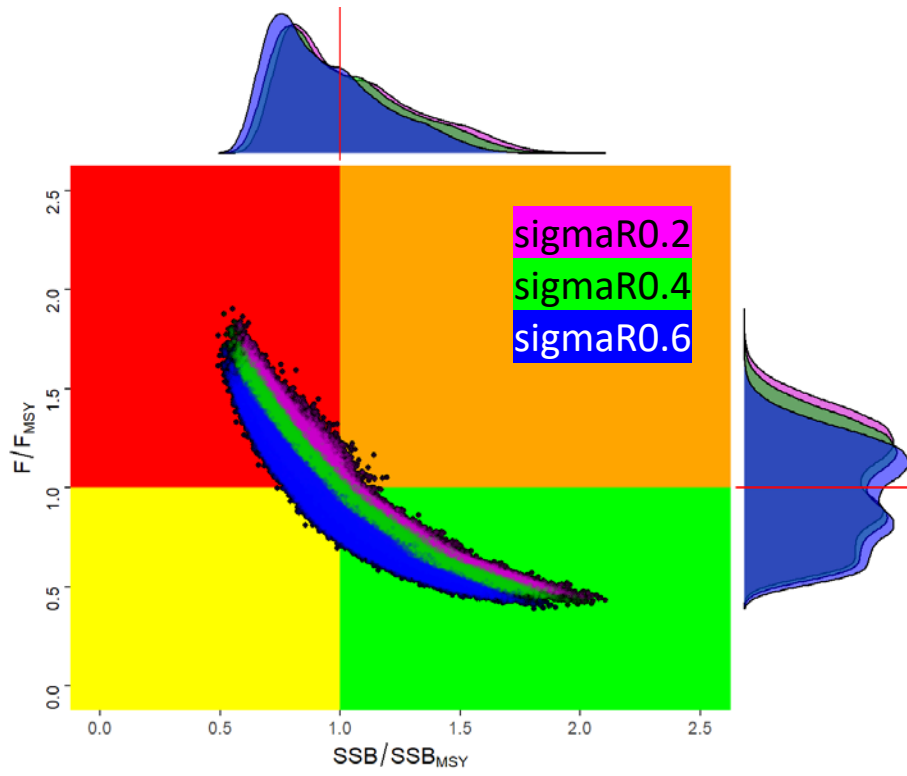


Figure 42. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different sigma R assumptions for Atlantic bigeye tuna (sigma R: pink=0.2; green=0.4, blue=0.6). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

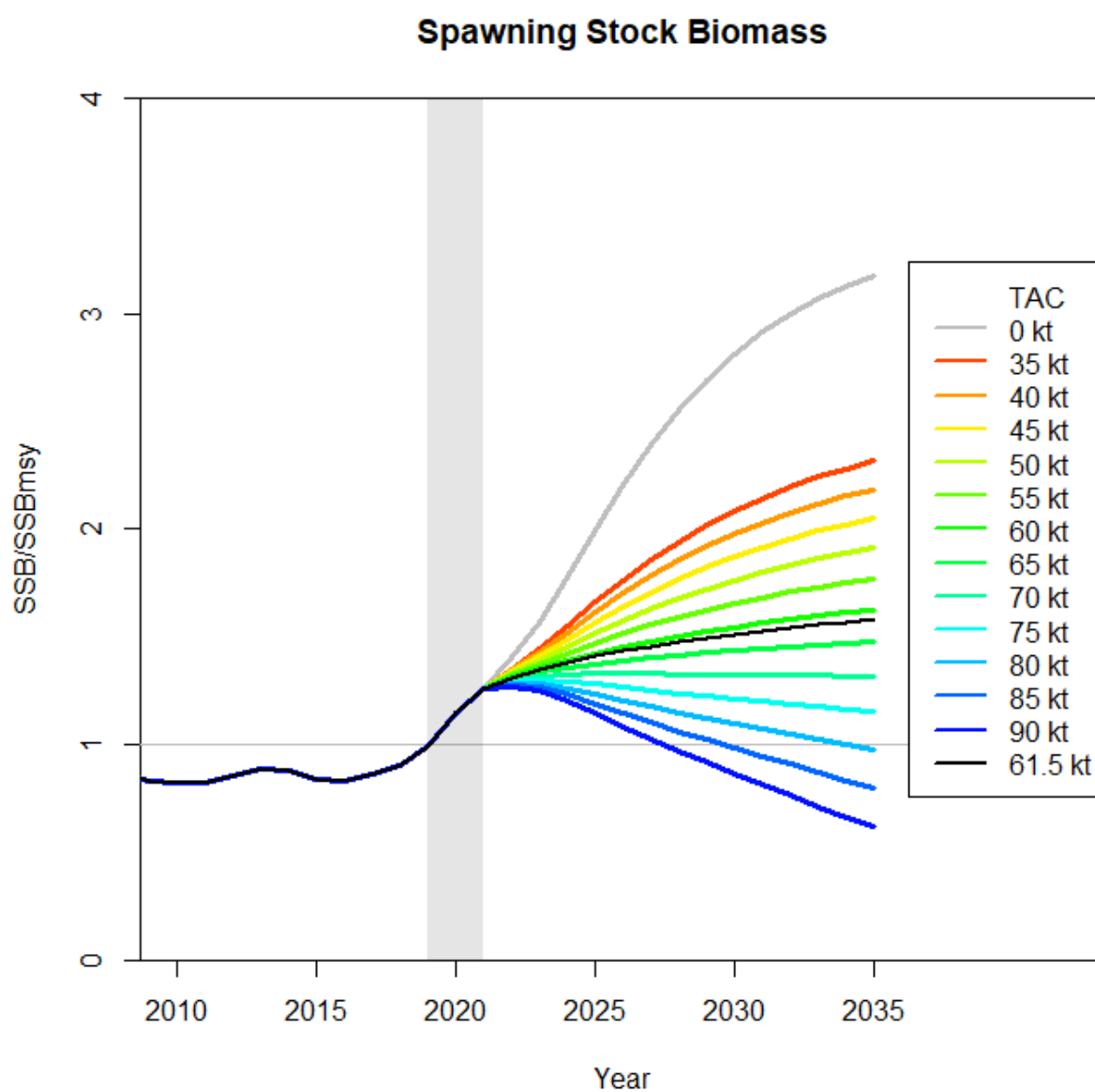


Figure 43. Deterministic projections of SSB/SSB_{MSY} for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs at 35-90 thousand mt constant TACs for Atlantic bigeye tuna. The lines are the mean of 27 runs and the black line is for the current TAC (61,500 t). The grey bar represents the period when catches for 2020 and 2021 are fixed to 59,919 mt and 61,500 t respectively.

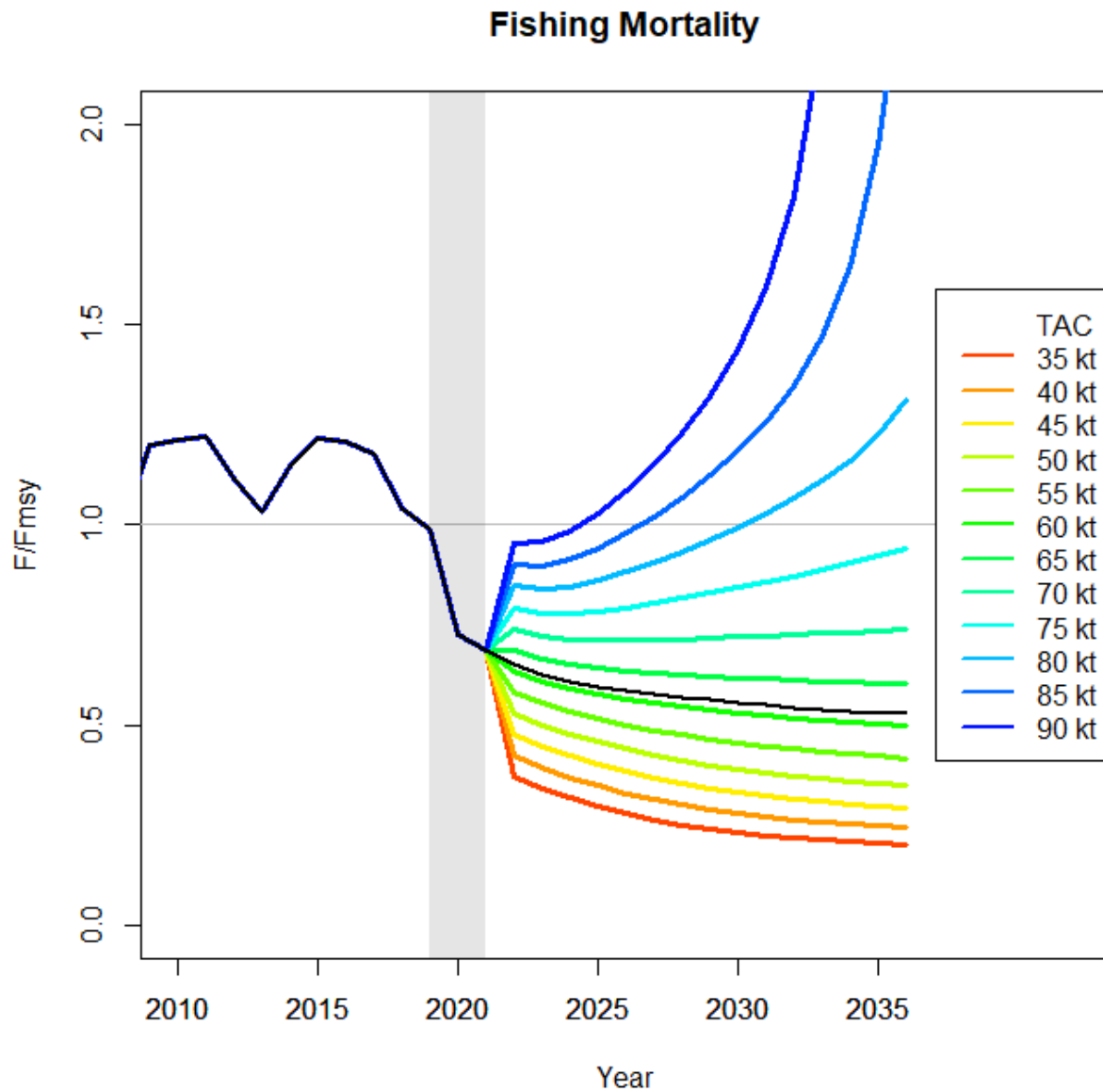


Figure 44. Deterministic projections of F/F_{MSY} for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs at 35-90 thousand mt constant TACs for Atlantic bigeye tuna. The lines are the mean of 27 runs and the black line is for the current TAC (61, 500t). The grey bar represents the period when catches for 2020 and 2021 are fixed to 59,919 mt and 61,500 mt respectively.

Annotated Agenda

1. Opening, adoption of Agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment and updates since Data Preparatory meeting
 - 2.1 Fisheries statistics, size, and CAS estimates
 - 2.2 Relative indices of abundance
3. Stock Assessment Models and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Statistically integrated model, Stocks Synthesis
 - 3.2 Surplus Production models, JABBA and MPB
4. Stock status results
 - 4.1 Catch integrate model, Stocks Synthesis
 - 4.2 Surplus Production models, JABBA and MPB
 - 4.3 Synthesis of assessment results
5. Projections
6. Recommendations
 - 6.1 Management
 - 6.2 Research and statistics
 - 6.2.1 With financial implications
7. Other matters
 - 7.1 Responses to the Commission
8. Adoption of the report and closure

List of participants

CONTRACTING PARTIES

BRAZIL

Leite Mourato, Bruno

Profesor Adjunto, Laboratório de Ciências da Pesca - LabPesca Instituto do Mar - IMar, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, Rua Carvalho de Mendonça, 144, Encruzilhada, 11070-100 Santos, SP
Tel: +55 1196 765 2711, Fax: +55 11 3714 6273, E-Mail: bruno.mourato@unifesp.br;
bruno.pesca@gmail.com; mourato.br@gmail.com

Sant'Ana, Rodrigo

Researcher, Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados - LEMA Ecola do Mar, Ciência e Tecnologia - EMCT, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Rua Uruquai, 458 - Bloco E2, Sala 108 - Centro, Itajaí, CEP 88302-901 Santa Catarina Itajaí
Tel: +55 (47) 99627 1868, E-Mail: rsantana@univali.br

Travassos, Paulo Eurico

Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Laboratorio de Ecologia Marinha - LEMAR, Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq, Avenida Dom Manuel de Medeiros s/n - Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife Pernambuco
Tel: +55 81 998 344 271, E-Mail: pautrax@hotmail.com; paulo.travassos@ufrpe.br

CANADA

Duprey, Nicholas

Senior Science Advisor, Fisheries and Oceans Canada - Fish Population Science, Government of Canada, 200-401 Burrard Street, Vancouver, BC, V6C 3R2
Tel: +1 604 499 0469; +1 250 816 9709, E-Mail: nicholas.duprey@dfo-mpo.gc.ca

Minch, Taryn

Fisheries and Oceans Canada, St. Andrews Biological Station, 125 Marine Science Drive, St. Andrews, NB New Brunswick E5B 0E4
Tel: +1 506 608 0171, E-Mail: taryn.minch@dfo-mpo.gc.ca

CHINA, (P. R.)

Feng, Ji

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai
Tel: +86 159 215 36810, E-Mail: f52e@qq.com

Zhang, Fan

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai
Tel: +86 131 220 70231, E-Mail: f-zhang@shou.edu.cn

CÔTE D'IVOIRE

Shep, Helguilè

Directeur de l'Aquaculture et des Pêches, Ministère des Ressources Animales et Halieutiques de Côte d'Ivoire, Rue des Pêcheurs; B.P. V-19, Abidjan
Tel: +225 21 35 61 69; Mob: +225 07 61 92 21, E-Mail: shelguile@yahoo.fr;
h.shep@ressourcesanimales.gouv.ci

EL SALVADOR

Aceña Matarranz, Sara

CALVO, C/ Príncipe de Vergara 110, 4ª Planta, 28002 Madrid, España
Tel: +34 686 061 921, E-Mail: sara.acena@calvo.es

Arranz Vázquez, Cristina

CALVO, C/ Príncipe de Vergara, 110 4ª Planta, 28002 Madrid, España
Tel: +34 682 589 986; +34 917 823 300, E-Mail: cristina.arranz@calvo.es

Chavarría Valverde, Bernal Alberto

Asesor en Gestión y Política pesquera Internacional, Centro para el Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA), Final 1ª Avenida Norte, 13 Calle Oriente y Av. Manuel Gallardo, 1000 Santa Tecla, La Libertad
Tel: +506 882 24709, Fax: +506 2232 4651, E-Mail: bchavarria@lsg-cr.com

Galdámez de Arévalo, Ana Marlene

Jefa de División de Investigación Pesquera y Acuícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Final 1a. Avenida Norte, 13 Calle Oriente y Av. Manuel Gallardo. Santa Tecla, La Libertad
Tel: +503 2210 1913; +503 619 84257, E-Mail: ana.galdamez@mag.gob.sv; ana.galdamez@yahoo.com

Sanisidro Araujo, Jorge

C/ Principe de Vergara 110 4ª Planta, 28033 Madrid, España
Tel: +34 91 782 3300, E-Mail: jorge.sanisidro@calvo.es

EUROPEAN UNION

Alzorriz, Nekane

ANABAC, Txibitxiaga 24 entreplanta, 48370 Bermeo, Bizkaia, España
Tel: +34 94 688 2806; +34 650 567 541, E-Mail: nekane@anabac.org

Ferreira de Gouveia, Lidia

Técnica Superior, Biologist, Direcção Regional das Pescas, Direcção Serviços de Investigação - DSI, Av. do Mar e das Comunidades Madeirenses, 23 - 1º Esq., 9004-562 Funchal, Madeira, Portugal
Tel: +351 291 203270, Fax: +351 291 229856, E-Mail: lidia.gouveia@madeira.gov.pt

Gaertner, Daniel

Institut de Recherche pour le Developpement (IRD) UMR MARBEC (IRD/Ifremer/CNRS/UMII), CRH, CS 30171, Av. Jean Monnet, 34203 Sète Cedex, France
Tel: +33 4 99 57 32 31, Fax: +33 4 99 57 32 95, E-Mail: daniel.gaertner@ird.fr

Guéry, Lorelei

TA A-120 / D Campus international de Baillarguet, 34000 Hérault Montpellier, France
Tel: +33 683 865 816, E-Mail: lorelei.guery@cirad.fr

Herrera Armas, Miguel Angel

Deputy manager (Science), OPAGAC, C/ Ayala 54, 2º A, 28001 Madrid, España
Tel: +34 91 431 48 57; +34 664 234 886, Fax: +34 91 576 12 22, E-Mail: miguel.herrera@opagac.org

Laborda, Ane

AZTI, Herrera Kaia. Portualdea z/g 20110 Pasaia, 48395 Gipuzkoa, España
Tel: +34 677 699 674, E-Mail: alaborda@azti.es

Maufroy, Alexandra

ORTHONGEL, 5 rue des sardiniers, 29900 Concarneau, France
Tel: +33 649 711 587, Fax: +33 2 98 50 80 32, E-Mail: amaufroy@orthongel.fr

Merino, Gorka

AZTI - Tecnalia /Itsas Ikerketa Saila, Herrera Kaia Portualdea z/g, 20100 Pasaia - Gipuzkoa, España
Tel: +34 94 657 4000; +34 664 793 401, Fax: +34 94 300 4801, E-Mail: gmerino@azti.es

Moniz, Isadora

OPAGAC, C/ Ayala, nº 54, 2º A, 28001 Madrid, España
Tel: +34 91 431 48 57; +34 608 927 478, E-Mail: fip@opagac.org

Pascual Alayón, Pedro José

Investigador, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Canarias, Vía Espaldón, Dársena Pesquera, Parcela 8, 38180 Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España
Tel: +34 922 549 400; +34 686 219 114, Fax: +34 922 549 500, E-Mail: pedro.pascual@ieo.es

Reis, Dália

Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia, Direção Regional das Pescas, Rua Cônsul Dabney - Colónia Alemã, 9900-014 Azores Horta, Portugal
Tel: +351 962 086 928; +351 292 202 496, Fax: +351 962 086 928, E-Mail: Dalia.CC.Reis@azores.gov.pt

Rojo Méndez, Vanessa

IEO Centro Oceanográfico de Canarias, C/ Farola del Mar nº 22, Dársena Pesquera, 38180 Santa Cruz de Tenerife, España
Tel: +34 922 549 400, Fax: +34 922 549 554, E-Mail: vanessa.rojo@ieo.es

Santiago Burrutxaga, Josu

Head of Tuna Research Area, AZTI-Tecnalia, Txatxarramendi z/g, 48395 Sukarrieta (Bizkaia) País Vasco, España
Tel: +34 94 6574000 (Ext. 497); +34 664 303 631, Fax: +34 94 6572555, E-Mail: jsantiago@azti.es; flarrauri@azti.es

GABON

Angueko, Davy

Chargé d'Etudes du Directeur Général des Pêches, Direction Générale des Pêche et de l'Aquaculture, BP 9498, Libreville Estuaire
Tel: +241 6653 4886, E-Mail: davyangueko83@gmail.com; davyangueko@yahoo.fr

GHANA

Arthur-Dadzie, Michael

Director of Fisheries, Fisheries Commission, Ministry of Fisheries & Aquaculture Development, P.O. Box GP 630, Accra
Tel: +233 244 735 506; +233 266 094 245, E-Mail: michyad2000@yahoo.com

Ayivi, Sylvia Sefakor Awo

Senior Manager, Ministry of Fisheries and Aquaculture Development, Fisheries Scientific Survey Division, P.O. Box BT 62, Tema
Tel: + 233 2441 76300, Fax: +233 3032 008048, E-Mail: asmasus@yahoo.com

Bannerman, Paul

Ministry of Fisheries and Aquaculture Development, Marine Fisheries Research Division, P.O. Box GP 630, Accra Tema
Tel: +233 244 794859, Fax: +233 302 208048, E-Mail: paulbann@hotmail.com

Kwame Dovlo, Emmanuel

Ag. Deputy Director, Fisheries Scientific Survey Division, P.O. Box GP 630, Accra Tema
Tel: +233 243 368 091, E-Mail: emkwadovlo@yahoo.co.uk

GRENADA

Calliste, Toby Francis

Fisheries Officer
E-Mail: tobex00@hotmail.com

GUATEMALA

López Bran, Rubén

Km 22 Carretera al pacifico, edificio la Ceiba 3er, nivel, 01064 Villa nueva Bárcenas
Tel: +502 409 18336, E-Mail: rubenlopezbran@yahoo.com

Martínez Valladares, Carlos Eduardo

Km 22 Carretera al pacifico, edificio la Ceiba 3er, nivel, 01064 Villa nueva Bárcenas
Tel: +502 452 50059, E-Mail: carlosmartinez41331@gmail.com

HONDURAS

Cardona Valle, Fidelia Nathaly

Colonia Lomo Linda Norte, Avenida FAO, Edificio SENASA, 11101 Tegucigalpa Francisco Morazán
Tel: +504 877 88713, E-Mail: investigacion.dgpa@gmail.com

JAPAN

Kitakado, Toshihide

Professor, Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology, Department of Marine Biosciences, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo, 108-8477
Tel: +81 3 5463 0568, Fax: +81 3 5463 0568, E-Mail: kitakado@kaiyodai.ac.jp; toshihide.kitakado@gmail.com

Matsumoto, Takayuki

Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1 Orido, Shimizu Shizuoka 424-8633
Tel: +81 54 336 6000, Fax: +81 54 336 9642, E-Mail: matumot@affrc.go.jp; takayukimatsumoto2016@gmail.com

Miura, Nozomu

Assistant Director, International Division, Japan Tuna Fisheries Co-operative Association, 2-31-1 Eitai Koto-ku, Tokyo, 135-0034
Tel: +81 3 5646 2382, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: miura@japantuna.or.jp; gyojyo@japantuna.or.jp

Nagai, Daisaku

Manager, Japan Tuna Fisheries Co-Operative Association, 31-1, EITAI 2-CHOME, Koto-ku, Tokyo, 135-0034
Tel: +81 356 462 382, Fax: +81 356 462 652, E-Mail: nagai@japantuna.or.jp

Okamoto, Kei

Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1 Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8633
Tel: +81 54 336 5835, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: keiokamoto@affrc.go.jp

Satoh, Keisuke

Bigeye and Yellowfin tunas Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, National Research and Development Agency, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA), 2-12-4 Fukuura, Kanazawa Yokohama 236-8648
Tel: +81 45 788 7927, Fax: +81 45 788 5004, E-Mail: kstu21@fra.affrc.go.jp

Uozumi, Yuji

Adviser, Japan Tuna Fisheries Co-operation Association, Japan Fisheries Research and Education Agency, 31-1 Eitai Chiyodaku, Tokyo Koutou ku Eitai 135-0034
Tel: +81 3 5646 2380, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: uozumi@japantuna.or.jp

Yokoi, Hiroki

Bigeye and Yellowfin tunas Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, National Research and Development Agency, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA), 2-12-4 Fukuura, Kanazawa Yokohama 236-8648
Tel: +81 45 788 7927, Fax: +81 45 788 5004, E-Mail: yokoih@affrc.go.jp

KOREA REP.

Lim, Junghyun

Scientist, National Institute of Fisheries Science (NIFS), 216, Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan
Tel: +82 51 720 2331, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: jhlim1@korea.kr

MEXICO

Ramírez López, Karina

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera - Veracruz, Av. Ejército Mexicano No.106 - Colonia Exhacienda, Ylang Ylang, C.P. 94298 Boca de Río, Veracruz

Tel: +52 5538719500, Ext. 55756, E-Mail: kramirez_inp@yahoo.com

MOROCCO

Baibbat, Sid Ahmed

Chef de Laboratoire des Pêches, Centre régional de DAKHLA, Institut National de Recherches Halieutiques (INRH), 2, BD Sidi Abderrahmane, ain diab., 20100 Dakhla

Tel: +212 661 642 573, E-Mail: baibat@hotmail.com; baibbat@inrh.ma

El Joumani, El Mahdi

Ingénieur Halieute, Institut National de Recherche Halieutique "INRH", Laboratoire de pêche au Centre Régional de l'INRH-Laayoune, Avenue Charif Erradi N 168 Hay el Ouahda 01, Laayoune

Tel: +212 661 114 418, E-Mail: Eljoumani.mehdi@gmail.com

SENEGAL

Ba, Kamarel

Docteur en Sciences halieutiques et modélisation, Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Centre de Recherches Oceanographiques de Dakar Thiaroye (CRODT), Pôle de Recherches de Hann, Route du Front de Terre, 2241 Dakar

Tel: +221 76 164 8128, Fax: +221 338 328 262, E-Mail: kamarel2@hotmail.com

Sow, Fambaye Ngom

Chercheur Biologiste des Pêches, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, CRODT/ISRA, LNERV - Route du Front de Terre - BP 2241, Dakar

Tel: +221 3 0108 1104; +221 77 502 67 79, Fax: +221 33 832 8262, E-Mail: ngomfambaye2015@gmail.com; famngom@yahoo.com

UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

Bradley, Kirsty

Fisheries Scientist, CEFAS

E-Mail: kirsty.bradley@cefas.co.uk

Reeves, Stuart

Principal fisheries scientist & advisor, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), Pakefield Road, Lowestoft Suffolk NR33 0HT

Tel: +44 150 252 4251, E-Mail: stuart.reeves@cefas.co.uk

Wright, Serena

Fisheries Scientist, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), ICCAT Tagging programme St. Helena, Pakefield Road, Lowestoft, NR33 0HT

Tel: +44 1502 52 1338; +44 797 593 0487, E-Mail: serena.wright@cefas.co.uk

UNITED STATES

Ailloud, Lisa

Research Mathematical Statistician, NOAA, 75 Virginia Beach Dr, Miami, FL 33149

Tel: +1 305 361 4200, E-Mail: lisa.ailloud@noaa.gov

Brown, Craig A.

Chief, Highly Migratory Species Branch, Sustainable Fisheries Division, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 586 6589, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

Cass-Calay, Shannon

Director, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 361 4231, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: shannon.calay@noaa.gov

Díaz, Guillermo

NOAA-Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 361 4227, E-Mail: guillermo.diaz@noaa.gov

Die, David

Research Associate Professor, Cooperative Institute of Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 421 4607, E-Mail: ddie@rsmas.miami.edu

Lauretta, Matthew

Fisheries Biologist, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 361 4481, E-Mail: matthew.lauretta@noaa.gov

Norelli, Alexandra

PhD Student, University of Miami, Cooperative Institute for Marine & Atmospheric Studies, CIMAS Office 303, RSMAS, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149

Tel: +1 203 918 0949, E-Mail: apn26@miami.edu; alexandra.norelli@rsmas.miami.edu

Schirripa, Michael

Research Fisheries Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 445 3130; +1 786 400 0649, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: michael.schirripa@noaa.gov

Walter, John

Research Fishery Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +305 365 4114; +1 804 815 0881, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: john.f.walter@noaa.gov

URUGUAY

Domingo, Andrés

Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, 11200 Montevideo

Tel: +5982 400 46 89, Fax: +5982 401 32 16, E-Mail: dimanchester@gmail.com; adomingo@mgap.gub.uy

Forselledo, Rodrigo

Investigador, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, CP 11200 Montevideo

Tel: +598 2400 46 89, Fax: +598 2401 3216, E-Mail: rforselledo@gmail.com

OBSERVERS FROM COOPERATING NON-CONTRACTING PARTIES, ENTITIES, FISHING ENTITIES

CHINESE TAIPEI

Chang, Feng-Chen

Specialist, Overseas Fisheries Development Council, 3F., No14, Wenzhou St. Da'an Dist., 10648

Tel: +886 2 2368 0889 ext. 126, Fax: +886 2 2368 1530, E-Mail: fengchen@ofdc.org.tw;

d93241008@ntu.edu.tw

Lin, Wei-Ren

Assistant, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, No. 2 Pei-Ning Rd. Keelung, 202301

Tel: +886 2 24622192 ext. 5046, Fax: +886 2 24622192, E-Mail: willy20535@gmail.com

Su, Nan-Jay

Assistant Professor, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, No. 2 Pei-Ning Rd. Keelung, Zhongzheng Dist., 202301

Tel: +886 2 2462 2192 #5046, Fax: +886-2-24622192, E-Mail: nanjay@ntou.edu.tw

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

ASSOCIAÇÃO DE CIENCIAS MARINHAS E COOPERAÇÃO - SCIAENA

Blanc, Nicolas

Incubadora de Empresas da Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Pavilhão B1, 8005-226 Faro, Portugal

Tel: +351 917 018 720, E-Mail: nblanc@sciaena.org

INTERNATIONAL SEAFOOD SUSTAINABILITY FOUNDATION – ISSF

Justel, Ana

ISSF-Spain, Plaza Santa María Soledad Torres Acosta 1, 5ª Planta, 28004 Madrid, España

Tel: +34 91 745 3075; +34 696 557 530, E-Mail: ajustel@iss-foundation.org

Murua, Hilario

Senior Scientist, International Seafood Sustainability Foundation (ISSF), 1440 G Street NW, Washington, DC 20005, United States

Tel: +34 667 174 433; +1 703 226 8101, E-Mail: hmurua@iss-foundation.org

PEW CHARITABLE TRUSTS - PEW

Wilson, Ashley

Pew Charitable Trusts, The Grove, 248A Marylebone Road, London, NW1 6JZ, United Kingdom

Tel: +44 794 016 1154, E-Mail: awilson@pewtrusts.org

SCRS CHAIRMAN

Melvin, Gary

SCRS Chairman, St. Andrews Biological Station - Fisheries and Oceans Canada, Department of Fisheries and Oceans, 285 Water Street, St. Andrews, New Brunswick E5B 1B8, Canada

Tel: +1 506 652 95783, E-Mail: gary.d.melvin@gmail.com; gary.melvin@dfo-mpo.gc.ca

SCRS VICE-CHAIRMAN

Coelho, Rui

Researcher, SCRS Vice-Chairman, Portuguese Institute for the Ocean and Atmosphere, I.P. (IPMA), Avenida 5 de Outubro, s/n, 8700-305 Olhão, Portugal

Tel: +351 289 700 504, E-Mail: rpcoelho@ipma.pt

ICCAT Secretariat/ Secrétariat de l'ICCAT/ Secretaría de ICCAT

C/ Corazón de María 8 – 6th floor, 28002 Madrid – Spain

Tel: +34 91 416 56 00; Fax: +34 91 415 26 12; E-mail: info@iccat.int

Manel, Camille Jean Pierre

Neves dos Santos, Miguel

Ortiz, Mauricio

Taylor, Nathan

Kimoto, Ai

Mayor, Carlos

García, Jesús

Appendix 3

List of SCRS Papers and Presentations

Reference	Title	Authors
SCRS/2021/113	Review and Preliminary Analyses of size samples of Atlantic bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)	Ortiz M., and Kimoto A.
SCRS/2021/120	Stock Assessment For Atlantic Bigeye Using A Biomass Production Model	Merino G., Urtizberea A., Santiago J., and Laborda A.
SCRS/2021/131	Datos estadísticos de la pesquería de túnidos de las Islas Canarias durante el periodo 2000 a 2020	Delgado R.
SCRS/2021/132	Just another Atlantic Bigeye Tuna Stock Assessment: Preliminary Results Using A Bayesian State-Space Surplus Production Model (JABBA)	Sant'Ana, R., Mourato B., Kimoto A., Ortiz M. and Winker H.
SCRS/2021/133	Estimation Of Ghana Tasks 1 and 2 Purse Seine And Baitboat Catch 2012 – 2020: Data Input 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment	Ortiz M., Carlos P., Aviyi S., and Bannerman P.
SCRS/2021/134	Atlantic Bigeye Tuna Stock Synthesis Analyses	Lauretta M., Schirripa M., Die D., Hiroki Y., Kimoto A., Norelli A., Okamoto K., Ortiz M., Satoh K., Takayuki M., and Urtizberea A.
SCRS/2021/135	Summary and review of the FOB/FADs deployed ST08-FADsDEP ICCAT database 2011-2019.	Ortiz M., and Mayor C.

Number	Title	Authors
SCRS/P/2021/047	Summary of some data treatment for BET 2021 SS3 input files	Kimoto A., Ortiz M., Lauretta M., and Urtizberea A.
SCRS/P/2021/048	Why is the estimate of stock status so different this time?	Schirripa M.

SCRS Documents and Presentation Abstracts as provided by the authors

SCRS/2021/113 - Size sampling data of Atlantic bigeye tuna was reviewed, and preliminary analyses were performed for its use within the stock evaluation models. Size data is normally submitted to the Secretariat by CPCs under the Task 2 requirements; for the major fisheries, CPCs have also to submit Catch at Size. The size samples data was revised, standardized, and aggregated to size frequencies samples by main fishery/gear type, year, and quarter. Preliminary analyses indicated a minimum number of 50 fish measured per size-frequency sample, with size information since 1965 for the purse seine, baitboat, and longline fishing gears. For Atlantic bigeye tuna, the size sampling proportion among the major fishing gears is consistent with the proportion of the catch.

SCRS/2021/120 - In this paper we present a stock assessment for Atlantic Ocean bigeye using a biomass dynamic model. Overall, using the Joint Longline CPUE index presented to the data preparatory meeting and the catch series made available by ICCAT Secretariat, we estimate that the stock is overfished and undergoing overexploitation with a 62% of probability. In this document we show the estimated trends, reference points and a set of diagnostics of fit for further discussion and possible refinement to be explored during the stock assessment session in July 2021.

SCRS/2021/131 - This document presents a summary of the development and current composition of the Canary Islands baitboat fleet and the catches made between 2000 and 2020. This paper also presents size histograms of the different species caught in 2019 and the average between 2014 and 2018. Until 2019, an estimate of the nominal fishing effort was made, distinguishing between vessels smaller and larger than 50 GRT, considering the former (vessels less than 50 GRT) carry out daily trips, whereas the latter carry out trips lasting more than a day, with an average of 9 days at sea. In 2020, the effort of part of the fleet has been obtained directly from the logbooks, while the unloadings without logbook have continued to be calculated as before, that is, vessels less than 50 tons with 1-day at sea and larger with 9-days at sea.

SCRS/2021/132 - Bayesian State-Space Surplus Production Models were fitted to Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) catch and CPUE data using the 'JABBA' R package. This update in the bigeye stock status is in accordance with the 2020 SCRS work plan. The five scenarios were based on the previous assessment and on uncertainty grid proposed during the 2021 BET Data Preparatory Meeting, which in summary corresponded to a continuity run based on a Fox production function and an uninformative lognormal r prior and to a 'maximum-age' and 'steepness-specific' alternatives for r prior lognormal distribution with an associated shape parameter of a Pella-Tomlinson production function from an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM). In general, all scenarios showed similar trend for the trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} over time, with a stepwise decreasing trend marked by a soft decrease among two sharply decrease patterns. The first sharply decrease moment can be observed between the years 1965 and 1975, the second one between the years 1990 and 2000, and the soft decrease among both (1975 – 1990). In general, kobe biplots shown a typical anti-clockwise pattern with the median quantity estimated for the last year observed in a green area. However, based on the continuity run scenario, when compared the cumulative probabilities of the green and orange regions (58.2%) against the cumulative probabilities of the red and yellow regions (41.8%) it suggests a quite similar chances of the current biomass levels are above or below the limit of the B_{MSY} or even close to the limit of the B_{MSY} .

SCRS/2021/133 - Information from the AVDTH Ghana fisheries and other sources was used to estimate the task I and II for the Ghanaian tuna baitboat and purse seine fisheries during 2012 – 2020. Catch and landing data collected and managed by the Marine Fisheries Research Division (MRFD) of Ghana included both landings and logbook information from 2005 up to 2020. The estimation of total Ghana catches catch composition, and quarterly spatial ($1^\circ \times 1^\circ$) distribution followed the recommendations from the SCRS Tropicals working group agreed during the bigeye data preparatory meeting. Sampling for species composition and size distribution were reviewed to determine appropriate sampling for the different components of the Ghana fleets by major gear type. In summary, estimates of total yellowfin catch from the AVDTH database were lower compared to prior reports.

SCRS/2021/134 - This paper presents the preliminary results of the Stock Synthesis analysis for bigeye tuna. Modifications from the last assessment included changes in fleet structure, different natural mortality assumptions, and addition of a relative abundance index based on acoustic biomass observations from FAD buoys. Growth, maturity, steepness and recruitment variation assumptions remained the same as prior analyses. Model structural uncertainty comprised a grid of 27 alternative parameterizations of steepness, annual recruitment deviation and natural mortality. Sensitivity analyses demonstrated the effects of recent data additions/treatments and the exclusion of different indices of abundance. Standard model diagnostics were conducted using SS and the SSdiags R package, and included fits to index and length compositions, jitter of starting parameters, randomness tests of model residuals, retrospective analyses, profiles of key estimated parameters, and hindcasting.

SCRS/2021/135 - A summary and preliminary review of the data submitted for the FOB/FADs deployment by CPCs to the ICCAT Secretariat is presented for the 2011-2019 period.

SCRS/P/2021/048 - To understand how the individual changes in observational data and parameter assumptions resulted in the overall change in the estimation of stock status, some changes were made stepwise to examine the effects of individual changes in isolation of the others. The first attempt to examine changes was made by starting with the 2021 reference model and working backwards, changing the model back to the 2018 configuration. Four changes were examined: model_1, replace the 2021 with the 2018 LL CPUE index and remove the acoustic CPUE; model_2, start with model_1 and add the acoustic CPUE; model_3, start with model_2 and change back to the maximum age; and model_4, start with model_3 and change the lambda on the length data from 1.0 to 0.1. The effects of the changes were examined by comparing the estimates of SSB, SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY}. Changing back to the 2018 CPUE and adding the acoustic CPUE accounted for a great deal of the change in the estimates of SSB. Changing back to the old maximum age and reducing the lambda on the length data accounted for more change, but not as much. Changing back to the 2018 CPUE while keeping the acoustic CPUE in accounted for the largest change in the SSB/SSB_{MSY}. Changing back to the 2018 CPUE and back to the old previous maximum age accounted for the largest difference in the F/F_{MSY}.

The second attempt (Part 2 of the presentation) worked forward by starting with the 2018 model configuration and working forward, changing the model to the 2021 configuration. Updating the 2018 model with the 2021 LL CPUE and using the new maximum ages accounted for approximately 50% of the difference in estimates of SSB. Regarding estimates of SSB/SSB_{MSY}, Updating the 2018 model only with the 2021 LL CPUE accounted for roughly 50% of the difference while also changing to the new maximum age accounted for roughly 75% of the total change. Similar trends were found for estimates of F/F_{MSY}. This work concludes that the difference between the 2018 and 2021 estimate of stock status can largely be accounted for by the use of the new treatment of the LL CPUE index and the change in the assumed maximum age of the fish.

SCRS/P/2021/047 - The BET SS3 modelling team has reviewed the data provided by the Secretariat, and some important decisions on the data treatment for the SS3 input file were summarized in this presentation. For example, it was recommended to use the YFT 2019 area stratification to harmonize the MSE work among species, and to use all size data by Chinese-Taipei because they are officially revised. Based on these data treatment, the SS3 runs were set up for BET.